

**ESTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN AGREGAT LAPIS PONDASI KELAS B JALAN
SIMPANG PERTAMINA – JEMBATAN PULAU BIRANDANG
KECAMATAN KAMPAR**

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



OLEH :

AZLANSYAH MUDAHIR PUTRA

183110934

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ESTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN LAPIS
PONDASI AGEGAT KELAS B JALAN SIMPANG PERTAMINA –
JEMBATAN PULAU BIRANDANG KEC. KAMPAR TIMUR**

DISUSUN OLEH :

AZLANSYAH MUDAHIR PUTRA
183110934

**Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 07 November 2020 Dan
Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima**

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Dr. Elizar, ST., MT
Pembimbing


Sapitri, ST., MT
Dosen Penguji


Firman Syarif, ST., M.Eng
Dosen Penguji

Pekanbaru, Kamis 12 November 2020
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Hanya dengan kerendahan hati penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan nikmat iman dan islam yang diiringi dengan ilmu pengetahuan yang menjadi modal bagi manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini awalnya dimulai dari kondisi dari sebuah tanggung jawab sebagai seorang mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya dibangku perkuliahan. Kemudian kondisi dan tanggung jawab penulis menyelesaikan tugas akhir pada program studi Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang berjudul “**Estimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas B Jalan Simping Pertamina – Jembatan Pulau Birandang Kecamatan Kampar Timur**”.

Dalam analisa tugas akhir ini penulis ingin mengetahui komposisi alat berat termurah untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b tersebut dengan menggunakan tiga alternatif.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Pekanbaru, Sabtu 07 November 2020

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Dengan mengucapkan alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Tugas akhir ini merupakan proses kerja mandiri sehingga sangat terasa betapa besar arti bantuan dari pihak lain dalam pengumpulan data, pencarian literatur dan berbagai bantuan lainnya. Tanpa bantuan dari pihak lain akan sulit untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Selanjutnya melalui tulisan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH., MCL selaku rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiati, ST., M.Si selaku ketua Program Studi Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Ibu Dr. Elizar, ST., MT selaku Dosen Pembimbing.
9. Ibu Sapitri, ST., M.Si selaku Dosen Penguji.
10. Bapak Firman Syarif, ST., M.Eng selaku Dosen Penguji.
11. Seluruh Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

12. Kepala Tata Usaha beserta seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
13. Kedua Orang tua penulis serta kakak dan abang, Mama Sesmiati dan Papa Basri, Kak Aai dan Bang Ari yang telah memberikan doa, semangat, dukungan dan motivasi kepada penulis hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Program Studi Teknik Sipil S1 UIR.
14. Abang senior ku di Teknik Sipil Unri Muhammad Gala Garcya yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan berbagi ilmu dalam penelitian ini.
15. Seluruh Anggota Lab Beton Teknik Sipil UIR yang telah membantu penulis selama penelitian.
16. Teman senasib dan seperjuanganku dalam melaksanakan penelitian ini Muhammad Ridwan.
17. Seluruh teman-teman Teknik Sipil UIR.
18. Kepada senior dan junior Teknik Sipil UIR yang tidak bisa disebut satu persatu.

Akhir kata penulis mendo'akan agar Allah SWT memberikan balasan yang melimpah atas bantuan yang telah diberikan kepada saya, aamiin.

Pekanbaru, Sabtu 07 November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMAKASIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Peneliti Terdahulu	5
2.2. Keaslian Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1. Alat Berat	9
3.1.1. Dump Truck	10
3.1.2. Wheel loader	12
3.1.3. Motor Grader	13
3.1.4. Vibrator roller	15
3.1.5. Water Tank	17
3.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Alat Berat	18
3.2.1. Faktor Kondisi Peralatan	18
3.2.2. Faktor Kondisi Medan Dan Faktor Material	19

3.2.3 Faktor Cuaca	22
3.2.4 Job Faktor	22
3.3 Produktifitas Alat Berat	23
3.4 Waktu Dan Jumlah Kebutuhan Peralatan	24
3.5 Biaya Sewa Alat.....	25
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1. Alat Berat	27
4.2. Lokasi Penelitian	27
4.3 Pengumpulan Data	28
4.3.1 Pengumpulan Data Primer.....	29
4.3.2 Pengumpulan Data Sekunder.....	30
4.4 Tahapan Dan Jenis Pekerjaan	30
4.5 Tahapan Penelitian.....	36
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	
5.1. Umum	39
5.2. Perhitungan Kapasitas Produksi Alat Berat	39
5.2.1. <i>Wheel Loader</i>	39
5.2.2. <i>Dump Truck</i>	41
5.2.3. <i>Motor Grader</i>	44
5.2.4. <i>Vibratory Roller</i>	46
5.2.5. <i>Water Tank</i>	47
5.3. Menghitung Waktu dan Jumlah Alat Berat Yang dibutuhkan...	49
5.4. Analisa Biaya Sewa Alat	53
5.5. Analisa Total Sewa Alat	56
BAB VI KESIMPULAN	
6.1. Kesimpulan dan saran	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Sket lokasi penelitian	26
Gambar 4.2 Dump truck.....	29
Gambar 4.3 Wheel loader	31
Gambar 4.4 Motor grader.....	32
Gambar 4.5 Vibrator roller.....	33
Gambar 4.6 water tank	34
Gambar 4.7 Diagram bagan alir penelitian	36
Gambar 5.1 Wheel loader	39
Gambar 5.2 Dump truck.....	40
Gambar 5.3 Motor grader.....	43
Gambar 5.4 Vibrator roller.....	44
Gambar 5.5 water tank	46
Gambar 5.6 Grafik waktu dan jumlah alat	50
Gambar 5.7 Grafik wktu dan biaya	56
Gambar 5.8 Grafik alat berat dan biaya	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan hasil penelitian terdahulu	7
Tabel 3.1 Faktor bucket wheel loader	12
Tabel 3.2 Rata-rata kecepatan motor grader (km/jam)	13
Tabel 3.3 Kecepatan kerja.....	15
Tabel 3.4 Lebar pemadatan efektif.....	16
Tabel 3.5 Klasifikasi kondisi peralatan.....	17
Tabel 3.6 Faktor alat dan medan.....	18
Tabel 3.7 Conversion faktor.....	19
Tabel 3.8 Prestasi operator dan mekanik terhadap cuaca	21
Tabel 3.9 Faktor efesiensi alat berat	22
Tabel 5.1 Produktifitas alat berat	48
Tabel 5.2 Komposisi alat berat.....	51
Tabel 5.3 Harga sewa alat perjam	52
Tabel 5.4 Sewa alat berat perhari.....	55
Tabel 5.5 Perhitungan hasil kombinasi sewa alat berat	56

DAFTAR NOTASI

C	= Produksi persiklus (m ³)
C_1	= Kapasitas
C_m	= Waktu siklus (detik)
C_{mt}	= Waktu siklus (menit)
D	= Jarak kerja (m)
E	= Efisiensi
H	= Tebal pemadatan (m)
K	= Faktor bucket
L	= Panjang blade
Le	= Lebar efektif
Lo	= Lebar overlop
n	= Jumlah grading
N	= Jumlah lintasan
q	= Kapasitas produksi perjam
Q	= Kapasitas produksi maksimal perhari
t	= Waktu
t_1	= Waktu membuang + menunggu
t_2	= Waktu mencari posisi
V	= Kecepatan kerja
V_1	= Kecepatan dengan muatan
V_2	= Kecepatan tanpa muatan
W	= lebar jalan

DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|------------|------------------------|
| Lampiran 1 | Data harian alat berat |
| Lampiran 2 | Time schedule |
| Lampiran 3 | Harga sewa alat perjam |
| Lampiran 4 | Dokumentasi |
| Lampiran 5 | Surat izin penelitian |



**ESTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN LAPIS
PONDASI AGREGAT KELAS B JALAN SIMPANG PERTAMINA –
JEMBATAN PULAU BIRANDANG KECAMATAN KAMPAR TIMUR**

AZLANSYAH MUDAHIR PUTRA

NPM : 183110934

Abstrak

Kabupaten Kampar merupakan kabupaten yang terluas ke tiga di Provinsi Riau dengan luas 10.928,20 km², untuk itu pemerintah secara bertahap meningkatkan berbagai sarana dan prasarana yang bermanfaat bagi masyarakat, salah satu sarana dan sarana dan prasarana adalah peningkatan perkerasan jalan. Penggunaan alat berat dalam proses kegiatan atau pelaksanaan pekerjaan teknik sipil, pertambangan dan pemindahan pekerjaan tanah mekanis yang berskala besar hampir tidak bisa dihindarkan. Dalam bidang Teknik sipil, alat berat digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Saat ini alat berat merupakan faktor penting didalam proyek, terutama pembangunan proyek berskala besar. Alat berat tersebut merupakan faktor yang sangat menentukan keberhasilan dalam penyelesaian suatu pekerjaan dengan tepat waktu dan sesuai dengan kualitas yang telah ditentukan.

Penelitian ini menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui komposisi alat berat termurah untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b tersebut. Penelitian ini menggunakan 3 alternatif yaitu alternatif A, Alternatif B, dan alternatif C.

Hasil dari penelitian tersebut yaitu alternatif A yang bekerja selama 3 hari dengan total biaya Rp 97.662.000, alternatif B yang bekerja selama 4 hari dengan total biaya Rp 99.592.000, dan alternatif C yang bekerja selama 5 hari dengan total biaya Rp 104.990.000. Penelitian ini menunjukkan alternatif A yang bekerja selama 3 hari dengan menggunakan 1 unit wheel loader, 17 unit dump truck, 1 unit motor grader, 2 unit vibrator roller, dan 1 unit water tank dengan total biaya keseluruhan Rp 97.662.000 adalah alternatif yang paling murah dan ekonomis dibandingkan dengan alternatif B dan C untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B tersebut.

Kata Kunci : Alat Berat, Produktifitas, Waktu, Biaya

**ESTIMATED USE OF HEAVY EQUIPMENT IN THE WORK OF CLASS
B AGGREGATE LAYER, JALAN SIMPANG PERTAMINA -
BIRANDANG ISLAND BRIDGE, KAMPAR EAST KECAMATAN**

AZLANSYAH MUDAHIR PUTRA

NPM: 183110934

Abstract

Kampar Regency is the third largest district in Riau Province with an area of 10,928.20 km², for that the government is gradually improving various facilities and infrastructure that are beneficial to the community, one of the facilities and infrastructure is the improvement of road pavements. The use of heavy equipment in the process of activities or execution of large-scale civil engineering works, mining and mechanical earthwork removal is almost inevitable. In the field of civil engineering, heavy equipment is used to assist humans in carrying out the construction work of a building structure. Currently heavy equipment is an important factor in projects, especially large-scale project development. Heavy equipment is a very determining factor in the success of completing a job on time and in accordance with the predetermined quality.

This research uses the method of calculating the actual production capacity of heavy equipment. The purpose of this study was to determine the composition of the cheapest heavy equipment to complete the class b aggregate foundation layer work. This study uses 3 alternatives, namely alternative A, Alternative B, and alternative C.

The results of this study are alternative A that works for 3 days with a total cost of IDR 97,662,000, alternative B that works for 4 days with a total cost of IDR 99,592,000, and alternative C that works for 5 days with a total cost of IDR 104,990,000. . This study shows that alternative A which works for 3 days using 1 unit wheel loader, 17 units of dump trucks, 1 unit of motor grader, 2 units of vibrator rollers, and 1 unit of water tank with a total cost of Rp. 97,662,000 is the cheapest alternative. and economical compared to alternatives B and C to complete the subgrade for the class B aggregate.

Keywords: Heavy Equipment, Productivity, Time, Cost

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Kampar merupakan kabupaten yang terluas ke tiga di Provinsi Riau dengan luas 10.928,20 km² (*Riau.go.id*), untuk itu pemerintah secara bertahap meningkatkan berbagai sarana dan prasarana yang bermanfaat bagi masyarakat, salah satu sarana dan sarana dan prasarana adalah peningkatan perkerasan jalan. Penggunaan alat berat dalam proses kegiatan atau pelaksanaan pekerjaan teknik sipil, pertambangan dan pemindahan pekerjaan tanah mekanis yang berskala besar hampir tidak bisa dihindarkan. Alat tersebut merupakan faktor yang sangat menentukan keberhasilan penyelesaian pekerjaan tepat waktu sesuai dengan kualitas yang disyaratkan (Rostiyanti, 2008).

Jalan simpang pertamina – jembatan pulau birandang merupakan salah satu jalan akses keluar masuk nya kendaraan. Panjang pekerjaan 1,7 km dengan lebar 4,3 m dan tebal agregat lapis pondasi 0,15 m. PT. Sarana Indah Perkasa Abadi sebagai kontraktor pelaksana pekerjaan dan CV. Scala Mandiri Patama sebagai konsultan pengawas. Pelaksanaan pekerjaan pembangunan jalan ini sangat di dominasi oleh penggunaan alat berat. Penyelesaian suatu pekerjaan atau bagian pekerjaan proyek tertentu diperlukan pemilihan alat dimana pemilihan alat berat bergantung pada karakteristik masing - masing alat dan kondisi medan. Hal ini diperlukan agar alat tersebut dapat bekerja secara optimum sehingga pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu dengan biaya sehemat mungkin. Selain itu pelaksanaan suatu proyek juga terdapat kendala – kendala, baik kendala yang sudah diperhitungkan maupun diluar perhitungan perencanaan. Mengingat bahwa kendala – kendala tersebut dapat menjadi penyebab terhambatnya pekerjaan proyek dan pekerjaan proyek tidak berlangsung dengan lancar, maka dalam pelaksanaan suatu proyek kontruksi selalu ada kemungkinan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek tersebut akan melebihi waktu yang telah ditentukan dalam kontrak pekerjaan.

Perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk menghitung kapasitas produksi alat berat secara cepat dan tepat. Dengan menghitung kapasitas produksi secara cepat dan tepat tiap masing-masing alat berat maka dapat ditentukan kombinasi yang cocok dan pastinya bernilai ekonomis pada alat berat tersebut untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Didalam mengerjakan suatu project, pekerja harus bisa memperhitungkan penggunaan alat berat yang ekonomis dengan cepat dan tepat sasaran (Salahuddin, 2009).

Dalam pengerjaan proyek pembangunan jalan simpang pertamina – jembatan pulau birandang ini yang sering mengalami kendala pada pekerjaan seperti penimbunan, penghamparan base agregat kelas b, alat berat tidak bekerja secara optimal, kondisi medan yang kurang baik dan faktor cuaca yang kurang mendukung. Oleh karena itu peran aktif manajemen merupakan salah satu kunci utama keberhasilan pengelolaan proyek yaitu dalam peninjauan jadwal proyek untuk menentukan langkah perubahan mendasar agar keterlambatan penyelesaian proyek dapat dihindari atau dikurangi. Berdasarkan permasalahan diatas maka perlu penelitian tentang estimasi penggunaan alat berat pada pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b jalan simpang pertamina – jembatan pulau birandang, penelitian ini menggunakan metode penelitian perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan persamalahannya yaitu :

1. Berapa tingkat produktifitas setiap alat berat dalam pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b tersebut.
2. Berapa jumlah alat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.
3. Berapa total harga sewa alat untuk masing - masing alat untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agrgegat kelas b tersebut.
4. Bagaimana komposisi alat berat termurah untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi kelas b tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui besar produktifitas setiap alat berat dalam pekerjaan lapis pondasi agrgegat kelas b tersebut.
2. Mengetahui jumlah alat berat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.
3. Mengetahui total harga sewa alat berat untuk masing-masing alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b tersebut.
4. Mengetahui komposisi penggunaan alat berat yang termurah untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b tersebut

1.4 Batasan masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, proyek yang ditinjau yaitu peningkatan jalan simpang pertamina – jembatan pulau birandang. Adapun Batasan masalah yang ditinjau dalam penelitian ini meliputi :

1. Studi kasus pada lokasi yang terletak kecamatan di Kampar timur, yaitu pembangunan jalan simpang pertamina – jembatan pulau birandang sebagai saran prasaran jalan utama untuk masyarakat.
2. Pekerjaan yang ditinjau adalah pemindahan, perataan, dan pemadatan base agregat kela b.
3. Alat berat yang dihitung yaitu wheel loader sebagai pemuat material, dump truck sebagai pengantar material ke lokasi pekerjaan, motor grader meratakan material pekerjaan, vibrator roller sebagai pemadat material dan water tank.
4. Perhitungan jumlah kebutuhan peralatan dihitung berdasarkan volume pekerjaan.
5. Menentukan harga satuan pekerjaan berdasarkan jenis alat berat yang digunakan.
6. Jam kerja alat berat yang ditinjau adalah jam kerja normal dengan waktu kerja 8 jam.
7. Mengabaikan hambatan dilapangan seperti pembebasan lahan.

8. Tidak membahas faktor cuaca.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui produktifitas alat berat dari masing - alat yang digunakan pada setiap pekerjaan sehingga dapat dialokasikan dengan tepat.
2. Berdasarkan hasil perhitungan produktifitas alat berat, dapat diketahui durasi pekerjaan dan kebutuhan alat berat sehingga lebih terkontrol dan tidak menimbulkan pemborosan kerja, modal dan kebutuhan alat.
3. Evaluasi tingkat operasional kerja alat berat dan penataan peralatan secara efisien dapat tercapai produksi alat yang diharapkan.
4. Dapat memberikan produktivitas yang tinggi dari masing-masing peralatan, sehingga volume kerja yang diharapkan dapat tercapai dengan maksimal.
5. Solusi atau gambaran kemampuan operator dalam menjalankan peralatan alat berat baik masalah keadaan alam maupun situasi kerja yang dapat mempengaruhi terhadap produktivitas pemakaian suatu alat berat.
6. Sebagai referensi bagi kontraktor dan peneliti selanjutnya.
7. Sebagai sumbangan pemikiran bagi semua pihak di bidang Teknik sipil terutama dibidang yang berhubungan dengan alat berat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

Tinjauan pustaka merupakan pembahasan mengenai hasil penelitian yang terdahulu yang digunakan untuk landasan bagi peneliti untuk melakukan suatu penelitian yang menggunakan teori-teori yang relevan. Penulisan tinjauan pustaka bertujuan untuk menguatkan penelitian yang sedang dilakukan dengan berlandaskan penelitian yang sudah ada. Maka dari itu, dalam bab ini memuat beberapa referensi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Setiawati (2013), telah melakukan penelitian yang berjudul Analisis Produktifitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco IV Di Cilegon. Penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Analisis yang dilakukan yaitu mengetahui produktifitas masing masing alat berat yang digunakan, dengan menentukan waktu siklus alat, perhitungan produksi persiklus, produksi per jam, produksi perhari, besarnya harga sewa alat perjam, besarnya biaya dan waktu yang dibutuhkan selama alat ini bekerja dan menentukan harga satuan pekerjaan dan penentuan komposisi alat berat yang tepat. Berdasarkan penelitian ini diperoleh jumlah biaya sewa alat sebanyak Rp 37.547.895.680.

Septia (2018), telah melakukan penelitian yang berjudul Tinjauan Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas B Jalan Swakarya Kecamatan Tampan kota Pekanbaru. Tujuan penelitian ini membahas tentang penggunaan alat berat waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Penelitian yang telah dilakukan ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi alat yang termurah untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Penelitian yang telah dilakukan septia ini , Panjang pekerjaannya 550 meter lebar 6,7 meter dan tebal agregat lapis pondasi kelas B nya 0.20 m sehingga mendapatkan tiga alternatif komposisi alat berat. Alternatif A yang bekerja selama 1 hari total sewa alat untuk menyelesaikan

pekerjaan tersebut sebanyak Rp 108.395.940,66 , sedangkan untuk alternatif B yang bekerja selama 2 hari mendapatkan total harga sewa alat sebanyak Rp 119.181.369,86 , sedangkan untuk alternative C yang bekerja selama 3 hari mendapatkan total harga sewa alat Rp 125.433.159,18.

Putra (2018), telah melakukan penelitian yang berjudul Analisa Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Penimbunan Jalan Pekanbaru Bangkinang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui produktifitas alat berat waktu dan biaya untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut, serta mencari komposisi alat termurah untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Penelitian yang telah dilakukan putra ini total Panjang pekerjaannya 1.27 Km dengan lebar yang bervariasi 12 meter – 27 m dengan ketebalan timbunan 4 meter, sehingga mendapatkan 2 alternatif kombinasi sewa alat berat. Alternatif A dengan lama durasi pekerjaan selama 85 hari mendapatkan total biaya sewa alat untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah Rp 5.208.294.025,60. Sedangkan untuk alternative B dengan lama durasi pekerjaan selama 102 hari mendapatkan total biaya sewa alat untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah Rp 5.565.140.881,76.

Nugraha (2018), telah melakukan penelitian yang berjudul Analisis Biaya Dan Produktifitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV, Pekanbaru. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui kebutuhan unit alat berat yang lebih efisien, dan mengetahui waktu dan biaya minimum serta persentas selisih biaya dari penggunaan alat berat HPS owner dan alat berat kontraktor pada pekerjaan kegiatan pembangunan jalan akses siak IV pekanbaru. Penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Penelitian yang telah dilakukan nugraha ini memiliki Panjang pekerjaan 775 m dan lebar 21 m dengan nilai kontrak Rp 15.428.000.000 dalam masa pelaksanaan 210 hari. Berdasarkan perhitungan nugraha tersebut mendapat kan 2 hasil perhitungan, hasil hitungan yang pertama Total biaya dari semua item pekerjaan menggunakan alat berat dari HPS owner adalah Rp. 833.100.977,00 (Delapan Ratus Tiga Puluh

Tiga Juta Seratus Ribu Sembilan Ratus Tujuh Puluh Tujuh Rupiah), dan hasil perhitungan yang kedua Total biaya dari semua item pekerjaan menggunakan alat berat dari Kontraktor adalah Rp. 961.900.844,00 (Sembilan Ratus Enam Puluh Satu Juta Sembilan Ratus Ribu Delapan Ratus Empat Puluh Empat Rupiah). Penggunaan alat berat HPS owner dengan persentase penghematan biaya sebesar 13,39% terhadap biaya pemakaian alat berat Kontraktor.

Yadam (2018), telah melakukan penelitian yang berjudul Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Pada Pekerjaan Pembangunan Stock Yard Suzuki Negara, Kab. Jembrana, Bali. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui produktifitas alat berat waktu dan biaya untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut, serta mencari komposisi alat termurah untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Dari hasil perhitungan yadam ini, didapatkan empat alternatif untuk komposisi alat beratnya. Untuk komposisi yang pertama menggunakan 1 unit excavator 0,5 m³ dengan waktu kerja selama 72 hari, 3 unit dump truck 5 m³ dengan waktu kerja selama 72 hari, 2 unit bulldozer D3G dengan waktu kerja selama 71 hari dan total biaya Rp 808.740.000. untuk alternatif yang kedua menggunakan 1 unit excavator 0,9 m³ dengan waktu kerja selama 40 hari, 4 unit dump truck 8 m³ dengan waktu kerja selama 40 hari, 3 unit bulldozer D3G dengan waktu kerja selama 48 hari dan total biaya Rp 600.920.000. untuk alternatif yang ke tiga menggunakan 1 unit excavator 0,9 m³ dengan waktu kerja selama 40 hari, 3 unit dump truck 8 m³ dengan waktu kerja selama 40 hari, 3 unit bulldozer D3G dengan waktu kerja selama 48 hari dan total biaya Rp 594.920.000. untuk alternatif ke empat menggunakan 1 unit excavator 1,2 m³ dengan waktu kerja selama 34 hari, 3 unit dump truck 8 m³ dengan waktu kerja selama 34 hari, 3 unit bulldozer D3G dengan waktu kerja selama 48 hari dan total biaya Rp 560.960.000. Dari ke empat alternatif tersebut, untuk komposisi alat termurah nya yaitu komposisi alternatif ke empat dengan total biaya keseluruhan Rp 560.960.000.

2.2 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang produktifitas alat berat, yang bertujuan untuk mencari komposisi sewa alat termurah sudah banyak dilakukan peneliti sebelumnya. Untuk melihat keaslian peneliti terdahulu, perbandingan dari peneliti terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 perbandingan hasil peneliti terdahulu

Peneliti	Tujuan	Metode
Setiawati (2013)	Mengetahui komposisi alat termurah untuk pekerjaan Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco IV Di Cilegon.	Metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual.
Septia (2018)	Mengetahui komposisi alat termurah untuk pekerjaan Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas B Jalan Swakarya Kecamatan Tampan kota Pekanbaru.	Metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual.
Putra (2018)	Mengetahui komposisi alat termurah untuk pekerjaan Pekerjaan Penimbunan Jalan Pekanbaru Bangkinang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar.	Metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual.
Nugraha (2018)	Mengetahui kebutuhan alat yang lebih efisien pada pekerjaan Pembangunan Jalan Akses Siak IV, Pekanbaru.	Metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual.
Yadam (2018)	Mengetahui komposisi alat termurah untuk pekerjaan Galian Tanah Pada Pekerjaan Pembangunan Stock Yard Suzuki Negara, Kab. Jembrana, Bali	Metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual.

Tabel 2.1 merupakan perbandingan beberapa peneliti terdahulu, pada tujuan penelitian dan metode penelitian yang digunakan mendapat kesamaan, akan tetapi penelitian yang telah dilakukan pada lokasi yang berbeda dan jenis pekerjaan yang berbeda pula.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Alat Berat

Pada pekerjaan tanah dikenal beberapa jenis pekerjaan yang dilaksanakan dengan menggunakan alat berat sebagai pendukung utama pekerjaan diantaranya adalah pekerjaan *land clearing, excavation, hauling, embankment, soil stabilization, grading, compacting, drainage, subbase and base course, asphalt pavement, rigid pavement, bridge, quarrying, dewatering* dan lain-lain. Jenis peralatan berat yang biasa dipergunakan untuk pekerjaan tersebut adalah Traktor yang dilengkapi *bulldozer, raker, chain* dan *steel cable, Crane power shovel, Wheel loader / track loader, Motor Grader, Motor Scraper, Excavator* dengan sistem *bucket shovel, back hoe, dragline* atau *clamsheel, Blasting, Drilling, Dump truck, Soil stabilizer / Pulvi mixer, Compactor* dan lain-lain (Shalahuddin, 2009).

Menurut Soedrajat (1982), alat berat yang digunakan dalam ilmu teknik sipil adalah alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur. Peralatan atau alat berat dalam pekerjaan sipil banyak berkaitan dengan pemindahan tanah (*earth moving*) dan segala aspek yang timbul dari peralatan yang digunakan untuk memindahkan tanah tersebut.

Setiap perusahaan atau organisasi dalam menjalankan aktivitas / usahanya, pasti dihadapkan pada teknologi yang akan mencerminkan kekuatan perusahaan dalam mencapai tujuan. Maka dari itu setiap perusahaan berlomba-lomba dalam hal teknologi salah satunya penggunaan alat berat guna mencapai sasaran.

Menurut Rostyanti (2002), menyebutkan bahwa bonafiditas suatu perusahaan konstruksi tergantung dari aset-aset teknologi yang dimilikinya, salah satunya adalah alat berat. Alat berat yang dimiliki sendiri oleh perusahaan konstruksi akan sangat menguntungkan dalam memenangkan tender proyek konstruksi secara otomatis hal tersebut akan mencerminkan kekuatan perusahaan tsb.

Melaksanakan suatu proyek konstruksi berarti menggabungkan berbagai sumber daya untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan, pada proyek konstruksi kebutuhan untuk peralatan antara 7 – 15 % dari biaya proyek, Peralatan konstruksi yang dimaksud adalah alat/peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan konstruksi secara mekanis. Artinya pemanfaatan alat berat pada suatu proyek konstruksi dapat memberikan insentif pada efisiensi dan efektifitas pada tahap pelaksanaan maupun hasil yang dicapai.

3.1.1 *Dump truck*

Menurut Rochmanhadi (1984) *Dump truck* adalah alat pengangkutan yang sangat umum digunakan didalam proyek. Alat ini sangat efisien dalam penggunaannya karena kemampuan tembusnya yang sangat jauh dan volume angkut yang besar. Fungsi dari *Dump Truck* adalah untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan, dan lain lain.

Waktu siklus *Dump truck* tergantung dari beberapa faktor, yaitu :

1. Waktu muat adalah waktu dimana *dump truck* melakukan pengisian muatan oleh wheel loader.
2. Waktu berangkat atau pengangkutan adalah waktu dimana *dump truck* setelah di isi muatan material pekerjaan oleh wheel loader *dump truck* tersebut langsung menuju lokasi pekerjaan.
3. Waktu kembali adalah waktu dimana *dump truck* tersebut telah melakukan pembongkaran muatan material dan langsung kembali ke pabrik produksi.
4. Waktu antri adalah waktu dimana *dump truck* melakukan pengantrian dengan *dump truck* lain untuk diisi muatan dengan menggunakan wheel loader.

Waktu siklus *dump truck* sangat mempengaruhi tingkat produktifitas suatu *dump truck*. Untuk melihat kapasitas *dump truck* dapat dilihat pada Persamaan 3.1.

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_{mt}} \times M \dots\dots\dots 3.1$$

Diketahui :

Q = Produksi Per jam (M^3 / jam).

C = Produksi Per siklus (M^3).

E = Efisiensi Kerja .

CMT = Waktu Siklus (menit).

M = Jumlah Dump Truck yang bekerja.

Produksi persiklus wheel loader sangat mempengaruhi kinerja dump truck dalam tingkat produktifitas nya, maka perhitungan produksi persiklus nya sangat diperlukan. Untuk produksi persiklus wheel loader ke dump truck dapat dilihat pada Persamaan 3.2.

$$C = n \times ql \times K \dots\dots\dots 3.2$$

Diketahui :

n = Jumlah siklus yang dibutuhkan wheel loader untuk memuat ke dump truck

ql = kapasitas bucket wheel loader (m^3)

k = Faktor bucket wheel loader(m^3)

Selain faktor produksi per siklus wheel loader, waktu siklus dump truck pun juga akan mempengaruhi tingkat produktifitas dump truck itu sendiri, maka diperlukan juga perhitungan untuk waktu siklus dump truck ini. Untuk perhitungan waktu siklus dump truck dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$Cmt = n \times Cm \times (D/v1) + t1 + (D/V2) + t2 \dots\dots\dots 3.3$$

Diketahui :

Cm = Waktu siklus whel loader

D = Jarak angkut dump truck

$V1$ = Kecepatan rata-rata Dump Truck dengan muatan (menit)

$V2$ = Kecepatan rata-rata Dump Truck kosong (menit)

$t1$ = Waktu membuang muatan + menunggu dimuat

$t2$ = waktu mencari posisi dimuat

untuk n atau Jumlah siklus wheel loader untuk memuat ke dump truck dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan rumus 3.4 :

$$n = \frac{c1}{q1} \times K \dots\dots\dots 3.4$$

diketahui :

$C1$ = Kapasitas Dump Truck

3.1.2 Wheel loader

Menurut Darmansya (1998), Fungsi utamanya adalah untuk memuat material ke dalam alat pengangkut dimana hampir sama dengan dozer shovel yang berfungsi untuk mengangkut dari stock pile ke atas dump truck, mengisi hopper pada AMP, Batching plant dan Crushing Plant. Penggunaannya pada areal yang datar. Faktor yang mempengaruhi produktifitas wheel loader ini yaitu produksi per siklus nya. Untuk produksi persiklus dapat dilihat pada Persamaan 3.5.

$$Cm = \left(\frac{D}{F} \times 2\right) + \left(\frac{D}{R} \times 2\right) + Z \dots\dots\dots 3.5$$

Dimana :

Cm = cycle time (min)

D = hauling distance (m,yd)

F = forward speed (m/min, yd/min)

R = reverse speed (m/min, yd/min)

Z = fixed time

Menurut Tenrisukki (2003), waktu siklus wheel loader yang ada pada perhitungan loader terdiri dari beberapa komponen, pembagian menjadi beberapa komponen waktu, antara lain :

1. Raise time adalah waktu yang diperlukan untuk mengangkut bucket dari bawah ke suatu ketinggian yang diinginkan (detik).
2. Lower time adalah waktu yang diperlukan untuk menurunkan bucket yang telah kosong (detik).

3. Dump time adalah waktu yang diperlukan untuk membongkar muatan (detik).
4. Variable time adalah waktu untuk mengangkat dan mengatur posisi loader (detik).

Untuk menghitung tingkat produktifitas wheel loader per jam nya, dapat menggunakan Persamaan 3.6.

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \dots\dots\dots 3.6$$

Selain faktor produksi persiklus nya, factor bucket wheel loader juga sangat menentukan tingkat produktifitas wheel loader. Untuk menentukan factor bucket wheel loader dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Faktor *bucket Wheel loader*

No.	Keterangan	Faktor <i>bucket</i>
1	<i>Easy loading</i>	1.0 – 0.80
2	<i>Avarage loading</i>	0.80 – 0.60
3	<i>Rather difficult loading</i>	0.60 – 0.50
4	<i>Difficult loading</i>	0.50 – 0.40

Sumber : Prodjosumarto, 1995

Tabel 3.1 ini menunjukkan tingkat kesulitan muatan yang dilakukan oleh bucket wheel loader dan pastinya akan berpengaruh kepada tingkat faktor bucketnya. Selain faktor produksi persiklus, faktor bucket wheel loader, faktor kecepatan kerja juga sangat mempengaruhi tingkat produktifitas tersebut. Untuk menghitung kecepatan maju dan mundur wheel loader dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.7

$$F \text{ dan } R = 0.80 \times \text{kecepatan maksimum (torq flow)} \dots\dots\dots 3.7$$

3.1.3 Motor Grader

Motor grader merupakan alat perata yang mempunyai bermacam macam kegunaan, antara lain (Sjachdirin, 1998).

1. Meratakan dan membentuk permukaan jalan.
2. Merawat jalan.

3. Mengupas tanah.
4. Menyebarkan material ringan.

Menurut Rochmanhadi (1992), Pada pembuatan jalan, penggunaan dasar dari motor grader dalam membentuk permukaan dan final grading, tidak hanya permukaannya saja tetapi juga bahu jalan sekaligus. Motor grader dengan blade standar (yang dilengkapi oleh scarifier) sangat baik untuk mencampurkan dan menaburkan material, juga mengaduk dan meratakan gundukan tanah (windrow) yang belum lama ditempatkan pada badan jalan. Selain pekerjaan diatas, motor grader juga mampu beroperasi dalam variasi pekerjaan lainnya, dngan cara peralatan khusus pada motor grader, diantaranya :

1. Special short blade (blade pendek), berfungsi untuk menggali saluran dangkal yang berbentuk persegi empat dengan ukuran tertentu. Selain itu perlengkapan ini mampu mengerjakan pekerjaan jalan sebagai tambahan lebar pada jalan yang telah ada.
2. Elevating conveyor, perlengkapan ini berfungsi untuk memakan material lepas yang melewati blade, kemudian mengangkat dan dibuang kesamping.

Dari penjelasan diatas untuk jenis pekerjaan dan kecepatan rata-rata motor grader dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rata-rata kecepatan *motor grader* (km/jam)

No.	Pekerjaan	Kecepatan
1	Membuat <i>slope</i>	4.0
2	Menggali saluran	4.0 – 6.4
3	Perataan akhir	6.5 – 14.5
4	Perawatan jalan	6.4 – 9.7
5	Pencampuran	14.5 – 32.2
6	Penebaran material	9.7 – 14.5

Sumber : Tenriadjeng, 2003

Tabel 3.2 menjelaskan tentang jenis pekerjaan dan kecepatan motor grader. Untuk produktifitas *motor grader* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.7.

$$Q = \frac{V \times (L_e \times L_o) \times 1000 \times E}{N} \dots\dots\dots 3.7$$

Dimana :

Q = produksi per jam (m²/jam)

V = kecepatan kerja (dapat dilihat pada tabel 3.)

Le = Panjang efektif pisau (dapat dilihat pada tabel 3.)

Lo = Panjang *overlap* (m)

E = Efisiensi (dapat dilihat pada tabel 3.9)

Untuk mengetahui waktu penyelesaian pekerjaan dengan menggunakan motor grader dapat menggunakan Persamaan 3.8.

$$T = \frac{N \times D}{V \times E} \dots\dots\dots 3.8$$

Dimana :

T = Waktu kerja (jam)

N = jumlah *grading* (jumlah lintasan)

D = jarak kerja (km)

V = kecepatan kerja (km/jam)

E = efisiensi (dapat dilihat pada Tabel 3.6)

Untuk mengetahui jumlah trip (jumlah lintasan) untuk menyelesaikan pekerjaan penghamparan material base tersebut, dapat dilihat pada Persamaan 3.9.

Jika motor grader digunakan untuk operasional pelapisan permukaan, untuk perhitungan jumlah trip (jumlah lintasan) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{W}{Le - Lo} \times n \dots\dots\dots 3.9$$

Dimana :

n = jumlah *grading* yang dibutuhkan untuk permukaan yang akan dilapisi.

3.1.4 *Vibratory Roller*

Menurut Wigroho (1982), Vibrator roller merupakan alat berat yang berfungsi untuk pemadatan dengan cara memberikan getaran pada melintasi konstruksi jalan.

Dengan alat ini material dapat dipadatkan dengan lebih baik, karena tekanan dan getaran yang ditimbulkan dapat membuat partikel yang lebih kecil akan mengisi rongga diantara partikel partikel yang lebih besar.

Untuk mengetahui kapasitas produksi *vibratory roller* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.10.

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 1000 \times E}{N} \dots\dots\dots 3.10$$

Dimana :

V = kecepatan kerja (km/jam)

W = lebar pemadatan efektif per lintasan (m)

H = tebal pemadatan untuk satu lapis (m)

N = jumlah lintasan (jumlah pass)

E = efisiensi kerja (dapat dilihat pada Tabel 3.6)

Kecepatan kerja suatu alat berat sangat mempengaruhi tingkat produktifitas suatu alat tersebut, begitu juga untuk alat berat yang berfungsi untuk pemadatan material pekerjaan misalnya pemadatan tanah, agregat base, dan lain – lain. Untuk mengetahui kecepatan alat berat untuk pekerjaan pemadatan ini, dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kecepatan kerja

No	Jenis Alat	Kecepatan kerja (km/jam)
1	<i>Road roller</i>	20
2	<i>Pneumatic tyre roller</i>	25
3	<i>Vibratory roller</i>	15
4	<i>Soil roller</i>	4 – 10
5	<i>Stamper</i>	10

Sumber : Wilopo, 2011

Tabel 3.3 menunjukkan beberapa jenis alat berat yang berfungsi untuk memadatkan material pekerjaan dan juga menunjukkan kecepatan maksimal untuk masing-masing alat tersebut untuk menyelesaikan pekerjaannya. Selain kecepatan

kerja yang mempengaruhi tingkat produktifitas alat untuk tipe pemdatan ini, lebar pemadatan efektif juga salah satu yang mempengaruhi tingkat produktifitas alat berat ini.

Selain kecepatan kerja yang mempengaruhi tingkat produktifitas alat berat yang berfungsi untuk memadatkan ini, lebar pemadatan efektif suatu alat berat yang berfungsi untuk memadatkan tersebut juga mempengaruhi tingkat produktifitas alat berat tersebut. untuk mengetahui tingkat lebar pemadatan efektif untuk semua jenis alat berat yang berfungsi untuk pemadatan marteria ini, dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Lebar pemadatan efektif

No	Jenis alat	<i>Effective compaction width</i>
1	<i>Macadam roller</i>	<i>Driving wheel width – 0.2 m</i>
2	<i>Tandem roller</i>	<i>Driving wheel width – 0.2 m</i>
3	<i>Soil roller</i>	<i>Driving wheel width – 0.2 m</i>
4	<i>Pneumatic tyre roller</i>	<i>Outside to outside tyre – 0.3 m</i>
5	<i>Large vibratory roller</i>	<i>Roller width – 0.2 m</i>

Sumber : Wiranto, 2014

Tabel 3.4 menunjukkan beberapa jenis alat berat yang berfungsi untuk memedatkan material pekerjaan dan juga menunjukkan lebar pemadatan efektif yang dapat dilakukan oleh alat berat tersebut.

3.1.5 Water Tank

Menurut Asiyanto (2008), water tanker digunakan jika lapisan tanah atau agregat yang akan dipadatkan memiliki kadar air yang lebih rendah dari kadar air optimumnya. Untuk mengetahui tingkat produktifitas water tank ini, dapat dilihat pada Persamaan 3.11.

Kapasitas produksi per jam water tank ini dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{C1}{t} \dots\dots\dots 3.11$$

Dimana :

Q = kapasitas produksi (m^3/jam)

C_1 = kapasitas water tank truck (m^3)

t = total waktu penyiraman

3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat

Kemampuan alat dalam menghasilkan produksi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Ketelitian dalam menentukan faktor – faktor yang mempengaruhi kemampuan produksi alat akan memberikan nilai atas faktor-faktor tersebut. Diantaranya yakni akan menghasilkan ketepatan perhitungan produksi peralatan sekaligus memberikan ketepatan waktu penyelesaian dan ketepatan biaya produksi .

3.2.1 Faktor Kondisi Peralatan

Produksi suatu peralatan sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dari alat tersebut, hal ini terjadi akibat penurunan kondisi mesin akibat dari adanya keausan komponen mesin. Kondisi peralatan layak operasi ditinjau dari aspek ekonomi yakni sebagai berikut dan ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Klasifikasi kondisi peralatan

No.	Klasifikasi Kondisi	Nilai Kondisi (%)
1	Prima	100 – 90
2	Baik	90 – 80
3	Cukup	80 – 70
4	Sedang	70 – 60

Sumber : Dept. PU, 1998

Tabel 3.5 menunjukkan klarifikasi kondisi suatu alat berat dengan nilai kondisi alat berat tersebut. Pada pengoperasian normal 2000 jam per tahun, maka penurunan kondisi peralatan per jam secara garis lurus (*straight Line*) .

3.2.2 Faktor Kondisi Medan dan Faktor Material

Menurut Rostiyanti (2008), Kemampuan alat untuk memproduksi secara optimal akan sangat dipengaruhi oleh kondisi medan di lapangan, Salah satunya yakni kondisi tanah, yakni meliputi :

1. Keadaan asli yakni : keadaan tanah sebelum diadakan pengerjaan, dinyatakan dalam ukuran alam *Bank m18easure (BM)*.
2. Kondisi lepas, yakni : keadaan tanah setelah diadakan pengerjaan, yag dinyatakan dengan istilah *Loose Measure (LM)*
3. Kondisi padat, yaitu keadaan tanah setelah ditimbun kembali dan dipadatkan, dimana volume tanah setelah dipadatkan mungkin lebih besar atau sebaliknya lebih kecil dari volume keadaan *Bank Measure (BM)*, hal ini sangat dipengaruhi oleh usaha dalam pemadatan tersebut.

Menurut Yanto (2014), Faktor tanah yang dapat mempengaruhi produktifitas alat berat diantaranya:

1. Berat material, per M^3 yakni berpengaruh terhadap volume yang diangkut, hubungannya terhadap alat adalah tenaga tarik alat tersebut.
2. Kekerasan yakni makin keras tanah akan makin sukar untuk dikerjakan oleh alat, sehingga sangat berpengaruh terhadap produktifitas alat tersebut, dilain sisi alat tersebut akan bekerja ekstra dan akan berdampak pula terhadap kebutuhan biaya penggunaan alat tersebut.
3. Kohesivitas / daya ikat, yakni merupakan kemampuan ikat butir tanah tersebut, tiap-tiap jenis tanah mempunyai kohesivitas yang berbeda pula, sehingga akan berdampak kembali terhadap produktifitas alat tersebut.
4. Bentuk butir / Material, yakni besar kecilnya rongga, sehingga akan berpengaruh terhadap pengembangan dan penyusutan tanah yang pada akhirnya akan mempengaruhi produktifitas alat.

Faktor alat dan kondisi medan sangat berkaitan dalam menggunakan alat berat, karna itu saling berkaitan. Kondisi alat yang baik dan kondisi medan yang berbeda

beda sangat lah mempengaruhi kinerja alat berat tersebut. Untuk mengetahui factor alat dan kondisi medan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Faktor Alat dan Medan

No.	Kondisi Medan	Kondisi Alat			
		Prima	Baik	Cukup	Sedang
1	Ringan	0.90	0.852	0.805	0.757
2	Sedang	0.85	0.805	0.760	0.715
3	Berat	0.80	0.715	0.715	0.673

Sumber : Dept PU, 1998.

Tabel 3.6 faktor alat dan medan yang menunjukkan beberapa kondisi medan dengan kondisi alat. Kondisi alat berat dan kondisi medan ini sangat berkaitan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan karna kondisi alat yang prima atau baik pastinya akan mempengaruhi untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut baikitu dalam kondisi medan ringan, sedang maupun berat.

Volume tanah dari keadaan tanah asli menjadi lepas atau padat berbeda untuk berat yang sama dan perbedaan itu disebut Faktor konversi atau *Conversion factor*. Berikut fill faktor / faktor pengisian dan *conversion factor* yang dapat digunakan untuk perhitungan pengerjaan penggali *Excavating* dan muat *Loading* pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 *Conversion factor*

Pekerjaan	Tingkat kesulitan	Faktor material	Kondisi dan jenis material
Dozing	Mudah	1.10	Dapat digusur secara sempurna penuh blade, kadar air rendah, bukan tanah pasir dipadatkan, tanah biasa, onggokan material.
	Sedang	0.90	Tanah lepas tapi tidak digusur sepenuh blade, tanah kerikil, pasir batu pecah halus.
	Agak sulit	0.70	Kadar air tinggi, liat lengket, tanah liat keras kering, pasir kerikil.
	Sulit	0.60	Batu hasil ledakan atau batu berukyran kasar dan lumpur.

Sambungan Tabel 3.7

Pekerjaan	Tingkat kesulitan	Faktor material	Kondisi material dan jenis
Excavating	Mudah	1.20	Kondisi alam, tanah biasa, atau tanah lunak.
	Sedang	1.10	Kondisi alam tanah liat, tanah liat, tanah pasir atau pasir kering.
	Agak sulit Sulit	0.90 0.80	Kondisi alam tanah pasir, dengan kerikil Onggokan batu hasil peledakan, batuan karang atau kapur, dan lumpur
Loading	Mudah	1.00 – 1.10	Onggokan material, pasir, tanah berpasir, tanah liat dengan kadar air sedang
	Sedang	0.85 – 0.95	Onggokan tanah material dengan proses pengambilan diforsir, pasir kering, batu pecah dan kerikil halus
	Agak sulit	0.80 – 0.85	Batu pecah halus, tanah liat keras, sirtu, tanah pasir dan lumpur
	Sulit	0.75 – 0.80	Batu pecah kasar, hasil peledakan, batu kali, sirtu, tanah pasir, tanah liat

Sumber : Suryadharma, (1998)

Tabel 3.7 menunjukkan jenis pekerjaan dengan klarifikasi tingkat kesulitan pekerjaannya. Setiap tingkat kesulitan pekerjaan yang mempengaruhinya adalah kondisi material dan jenis material tersebut.

Faktor material (E_m) merupakan kapasitas atau *Pay Load* actual per siklus suatu peralatan yang tidak selalu sama dengan kapasitas spesifikasi yang dinyatakan pabrik. Hal ini disebabkan oleh sifat kondisi material yang akan dikerjakan, dapat terlihat dari isi *bucket* apakah terisi penuh atau terdapat rongga, yang akan berpengaruh terhadap maksimal muat dalam *bucket*. Volume tanah dari keadaan tanah asli menjadi lepas atau padat berbeda untuk berat yang sama dan perbedaan itu disebut Faktor konversi atau *Conversion factor*. Berikut fill faktor / faktor pengisian dan *conversion factor* yang dapat digunakan untuk perhitungan pengerjaan penggali *Excavating* dan muat *Loading* pada Tabel 3.7.

3.2.3 Faktor Cuaca

Menurut Iman (1997), salah satu penyebab yang membuat proyek gagal atau tidak sesuai dengan yang direncanakan adalah faktor cuaca, faktor cuaca yang tidak menentu akan mengakibatkan pengerjaan pekerjaan tersebut terlambat atau tidak sesuai dengan yang direncanakan. Cuaca merupakan suatu dampak yang tidak dapat diprediksi, secara tidak langsung cuaca akan berpengaruh terhadap kondisi operator itu sendiri, seperti waktu untuk istirahat sementara makin banyak untuk keperluan pemulihan stamina dari operator itu sendiri. Untuk setiap 1 Jam kerja yang tersedia akan terdapat waktu yang hilang sebagai akibat dari cuaca.

Untuk keperluan perhitungan, faktor pengaruh cuaca terhadap prestasi operator perlu ditetapkan seperti pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Prestasi operator dan mekanik terhadap cuaca

No	Cuaca	Operator dan Mekanik			
		Terampil	Baik	Cukup	Sedang
1	Terang, Cerah	0.90	0.85	0.80	0.75
2	Terang Panas, berdebu	0.83	0.783	0.737	0.691
3	Dingin, mendung, gerimis	0.75	0.708	0.666	0.624
4	Gelap	0.66	0.629	0.592	0.555

Sumber : Dep PU, 2013

Tabel 3.8 menunjukkan 4 jenis cuaca yaitu terang cerah, terang panas berdebu, dingin mendung gerimis, dan gelap yang pastinya akan sangat mempengaruhi terhadap kinerja operator dan mekanik alat berat tersebut.

3.2.4 Job Faktor

Job faktor merupakan job efisiensi yang sebenarnya. Job efisiensi dapat diartikan perbandingan antara besaran sumber daya yang dikerahkan dengan keluaran sumber daya yang nilainya baru dapat diketahui setelah pekerjaan selesai. Sebagai penggantinya digunakan Job Faktor (E_{TOT}) yang artinya kombinasi dari faktor-faktor yang telah diuraikan secara bersama-sama dan saling terikat mempengaruhi produksi

peralatan. Besarnya nilai gabungan tersebut dapat dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 3.12.

$$E_{total} = E_{am} + E_{co} + E_m + E_M \dots\dots\dots 3.12$$

Dimana :

E_{am} = Faktor gabungan alat dan medan

E_{co} = Faktor gabungan cuaca dan operator

E_m = Faktor sifat dan kondisi material

E_M = Faktor kondisi manajemen

3.3 Produktifitas alat berat

Menurut Soehendradjati (1987), secara umum produktifitas alat berat per jam tergantung dari produksi per siklus, jumlah siklus, waktu siklus dan efisiensi kerja. Produksi per siklus adalah kapasitas produksi yang dapat dihasilkan suatu alat berat dalam satu siklus.

Jumlah siklus adalah jumlah waktu yang dibutuhkan untuk produksi / jam. Waktu siklus terdiri dari waktu muat atau *loading time* (LT), waktu angkut dalam keadaan bermuatan atau *hauling time* (HL), waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), waktu kembali dalam keadaan kosong atau *return time* (RT) dan waktu tunggu atau *potting time* (ST). Perhitungan siklus dengan Persamaan 3.13.

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST \dots\dots\dots 3.13$$

Faktor efisiensi adalah perbandingan produksi alat berat aktual di lapangan dengan produksi alat berat secara teoritis. Faktor efisiensi dipengaruhi oleh :

1. keterampilan dan motivasi kerja operator
2. gerakan / posisi alat sewaktu beroperasi
3. pemeliharaan / perawatan alat.
4. pengaturan dan kombinasi alat yang tepat
5. pengawasan / kontrol dari operasional alat
6. kondisi operasional.

Dari beberapa pengalaman praktis, nilai efisiensi alat berat ditinjau dari sisi perawatan alat berat dan kondisi lapangan ditampilkan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Faktor efisiensi alat berat.

No.	Kondisi operasional	Perawatan mesin				
		Sangat baik	Baik	Normal	Agak jelek	Jelek
1	Sangat baik	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
2	Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
3	Normal	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
4	Agak jelek	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
5	Jelek	0.52	0.50	0.47	0.42	0.32

Sumber : PUPR, 2016

Tabel 3.9 menunjukkan faktor efisiensi alat berat yang berisikan tentang kondisi operasional oleh operator alat berat dan kondisi perawatan mesin oleh mekanik alat berat tersebut. Kondisi perawatan mesin yang baik pastinya akan mempengaruhi tingkat kondisi operasional alat berat oleh operator tersebut.

3.4 Waktu dan Jumlah Kebutuhan Peralatan

Menurut Sugeng (1984), penggunaan alat berat untuk mengerjakan suatu proyek, harus bisa memperkirakan jumlah hari kerja alat berat tersebut. Semakin lama alat itu bekerja tentu semakin besar pula biaya yang harus dikeluarkan, misalnya untuk sewa alat nya dan tentunya penggunaan bahan bakarnya dilapangan, kontraktor harus bisa memperhitungkan jumlah hari kerja optimal dilapangan suatu alat berat tersebut. Untuk mencari waktu dalam penggunaan alat berat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.13.

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Kapasitas Produksi}} \dots\dots\dots 3.13$$

Selain memperhitungkan jumlah hari kerja suatu alat berat untuk menekan biaya yang dikeluarkan untuk mengerjakan suatu pekerjaan, tentunya kita juga harus memperhitungkan jumlah alat berat yang diperlukan untuk bekerja dengan optimalnya.

Untuk mengetahui Jumlah alat berat yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.14.

$$\frac{\text{Jumlah hari}}{\text{Jumlah hari alat dijadikan standar}} \dots\dots\dots 3.14$$

3.5 Biaya Sewa Alat

Salah satu permasalahan penting yang selalu muncul dalam pelaksanaan proyek adalah mengenai pemakaian peralatan yang sesuai. Pelaksana kontraktor memikirkan bahwa investasi pengadaan peralatan yang dipergunakan dalam suatu proyek biasanya menghabiskan dana yang cukup besar dari presentase dana proyek. Kontraktor tidak mengeluarkan biaya bagi peralatan pelaksanaan, melainkan alat-alat tersebut membiayai dirinya sendiri dengan jalan menghasilkan uang yang lebih besar dari harga alat tersebut.

Menurut Amin (2014), pengadaan alat berat dari kontraktor berasal dari :

1. Alat berat yang dibeli dengan kredit.
2. Alat berat yang dibeli dengan bayaran kontan.
3. Alat berat yang disewa.

Menurut Tauro (2013), dalam melakukan penyewaan alat berat ada beberapa komponen yang harus diperhatikan, antara lain :

- a. Umur alat, karna umur alat sangat menentukan ferforma atau kinerja dari alat tersebut.
- b. Operator alat berat, didalam menyewa alat berat selalu dengan operator alat tersebut. Penyewa harus memperhatikan dan mengetahui skill dari operator tersebut, karna skil dan kemampuan operator tersebut sangat mempengaruhi kecepatan dan ketepatan dalam menyelesaikan pekerjaan tersbut. Semakin lama pekerjaan itu selesai semakin besar pula biaya yang harus dikeluarkan oleh sipenyewa alat berat tersebut.
- c. Kondisi mesin, kondisi mesin yang bagus, sangat besar mempengaruhi kinerja operator dengan alat beratnya.

Untuk menghitung biaya kombinasi harga sewa alat termurah dapat menggunakan Persamaan 3.15.

Sewa alat per hari x jumlah alat x jumlah hari..... 3.15

Pada pekerjaan ini alat yang digunakan adalah alat yang disewakan, untuk melihat harga sewa alat perjam nya dapat dilihat pada lampiran tiga.



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat Berat

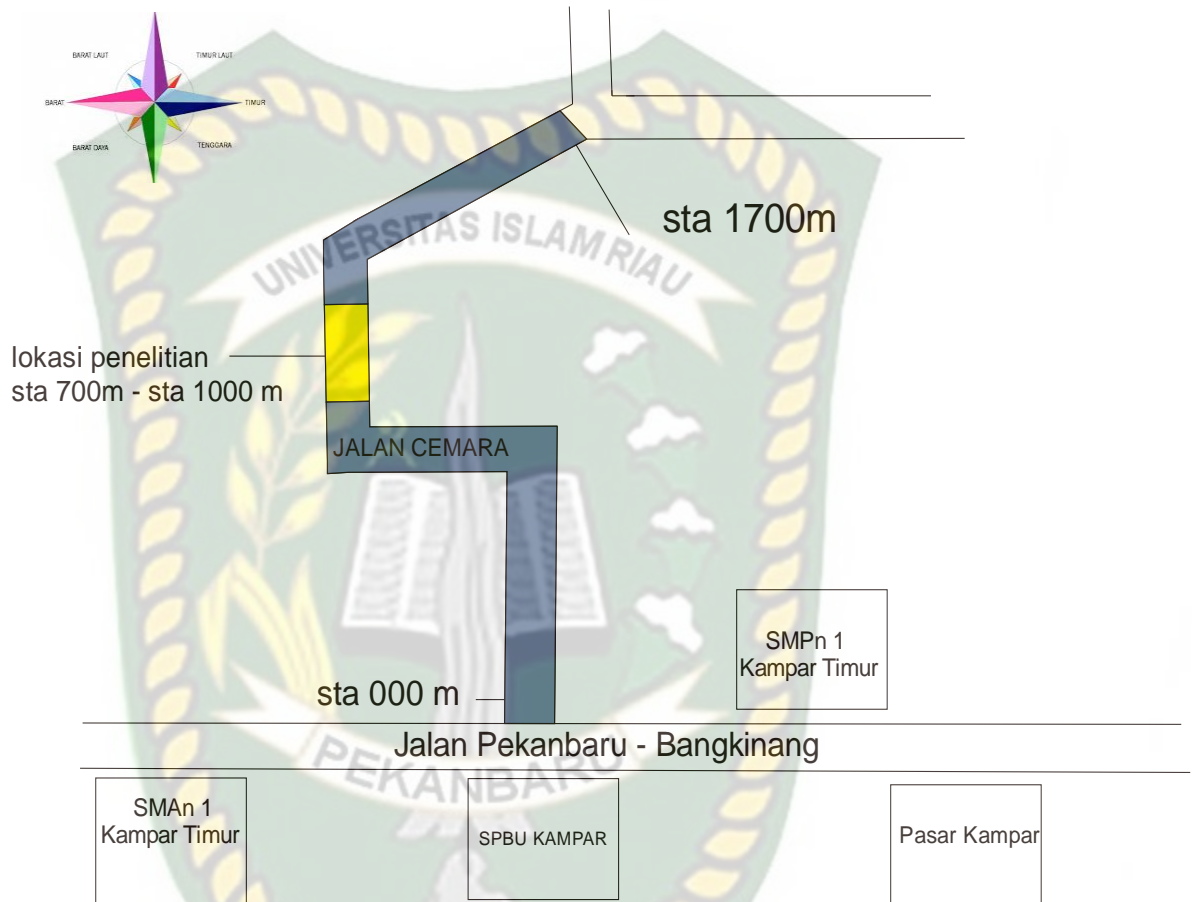
Objek penelitian ini adalah penggunaan alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan agregat lapis pondasi kelas B. Alat berat yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut yaitu :

1. Wheel loader, alat ini berfungsi untuk memuatkan material pekerjaan kedalam dump truck.
2. Dump truck, alat ini berfungsi sebagai kendaraan untuk mengantar dan menjemput material dari pabrik ke lokasi pekerjaan.
3. Motor grader, alat ini berfungsi untuk menghamparkan material pekerjaan yang ada dilapangan.
4. Vibrator roeller, alat ini berfungsi untuk memadatkan material pekerjaan dilapangan.
5. Water tank, alat ini berfungsi untuk mengangkut air untuk jika lapisan tanah atau agregat material pekerjaan dilapangan yang akan dipadatkan sudah memiliki kadar air yang lebih rendah dari kadar air optimumnya.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dimulai dari simpang Pertamina yang terletak di desa sawah baru sampai jembatan pulau birandang kecamatan Kampar timur. Penelitian ini dilakukan pada sta 700 m sampai dengan sta 1000 m. Penelitian ini dilakukan pada sta 700 m – sta 1000 m dikarenakan pada sta tersebut tidak banyak dilalui oleh pengendara bermotor, sehingga alat berat bisa bekerja dengan maksimal tanpa ada nya gangguan dari aktifitas warga sekitar. Lokasi penelitian ditandai dengan jalan berwarna kuning. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 01 November sampai pekerjaan itu berakhir pada tanggal 20 desember 2019. Untuk lokasi material nya

terletak di bangkinang seberang, tepatnya di sp v bangkinang seberang, sekitar 30 km dari lokasi pekerjaan.



Gamnbar 4.1 Sket Lokasi Pekerjaan

4.3 Pengumpulan Data

Menghitung besarnya produktivitas aktual, sebagaimana dikemukakan di atas diperlukan pengumpulan sejumlah data. Data yang sudah terkumpul lebih lanjut disesuaikan jenisnya dengan menggunakan teori-teori literatur. Sesuai dari volume yang didapat, selanjutnya dianalisa produktivitas peralatan dan waktu siklus dengan memperhatikan kendala-kendala yang ada. Dengan didapatkan unsur-unsur di atas menurut cara memperolehnya ada dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder

4.3.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh melalui pengamatan langsung, wawancara dengan pihak terkait atau hasil penelitian terhadap suatu objek, pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan pengamatan di lokasi pekerjaan, pengamatan tersebut yaitu :

- a. Pengamatan waktu yang dibutuhkan di lapangan untuk peralatan , dump truck, wheel loader, motor grader, vibrator roller, water tanker, untuk melaksanakan suatu kegiatan atau disebut dengan siklus.
- b. Jam kerja peralatan di mulai dari pagi jam 08.00 WIB dan berakhir pada sore hari jam 17.00 WIB (8 jam kerja efektif).

Data Primer :

1. Data harian alat berat

Adapun alat berat yang dimaksud penulis adalah *dump truck*, *wheel loader*, *motor grader*, *vibratory roller* dan *water tank truck* (seperti pada Lampiran

Berikut adalah urutan tahapan pengambilan data :

a. *Dump truck*

Data yang didapatkan dari *dump truck* adalah, kapasitas bak *dump truck*, jarak dari *quarry* ke lapangan, menghitung waktu yang dibutuhkan *dump truck* dalam keadaan kosong maupun bermuatan, menghitung waktu mencari posisi untuk dimuat, menghitung waktu muat dan bongkar.

b. *Wheel loader*

Pada *wheel loader*, data yang didapatkan adalah kapasitas *bucket wheel loader*, menghitung jarak angkut dari tumpukan material menuju *dump truck*, menghitung waktu maju bermuatan dan waktu mundur tanpa muatan, menghitung waktu *fixed time*. *Fixed time* antara lain adalah waktu mengoper gigi/perseneling, waktu mengeruk dan berputar.

c. *Motor grader*

Pada *motor grader*, data yang didapatkan yaitu, mengukur jarak kerja atau jarak penghamparan, mengukur lebar pisau/*blade*, mengukur lebar jalan, mengetahui

tebal hamparan, menghitung waktu yang ditempuh alat dalam satu lintasan. Untuk lebar efektif dan lebar *overlap* alat diketahui melalui program *autocad*. Untuk kecepatan alat diketahui melalui kalkulasi antara jarak hamparan dan waktu yang ditempuh.

d. *Vibratory roller*

Data yang didapatkan dari *vibratory roller* adalah, mengetahui kecepatan kerja, mengukur lebar pemadatan efektif alat, mengukur tebal pemadatan, dan menghitung jumlah lintasan alat.

e. *Water tank truck*

Data-data yang didapatkan adalah, mengetahui kapasitas tangki, mengukur panjang penyiraman, mengukur total tebal yang akan disiram, menghitung total waktu penyiraman.

2. Dokumentasi

4.3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sudah ada diperoleh pada suatu badan atau instansi dan dapat langsung dipakai tanpa adanya pengolahan yaitu data – data dari perusahaan PT. Sarana Indah Perkasa Abadi selaku kontraktor pelaksana pekerjaan tersebut.

4.4 Tahapan dan Jenis Pekerjaan

Adapun tahap dan jenis pekerjaan dengan menggunakan alat berat, antara lain yaitu :

1. Dump Truck

Dump truck merupakan alat angkut untuk mengangkut material pekerjaan. Lamanya pelayanan angkutan dump truck ini dipengaruhi oleh waktu muatnya, waktu menuju lokasi pekerjaan dan kembali lagi ke pabrik produksi, selain itu dipengaruhi juga oleh kondisi pada waktu pemuat dan waktu dumping. Jenis pekerjaan angkutan ini penulis mengamati dump truck ini berkapasitas $10,7 M^3$.

Perhitungan produktivitas dump truck dihitung dengan mengetahui berapa lama siklus dari dump truck tersebut. Dimulai dari berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengisi bak dump truck, berapa lama waktu yang diperlukan dump truck berjalan ke lokasi penuangan material, berapa lama waktu yang diperlukan untuk dump truck melakukan dumping dan berapa lama waktu siklus dump truck. Waktu siklus adalah didapat dengan menjumlahkan seluruh elemenelemen gerakan, dari dimuati, berjalan, dumping dan ke balik posisi dimuati. Produktivitas dump truck ditentukan oleh beberapa faktor meliputi waktu kerja, kondisi kerja dan tata laksana. Faktor lain yang mempengaruhi produktivitas dump truck adalah situasi dan kondisi jalan kerja untuk mendapatkan efisiensi kerja yang tinggi, maka produktivitas harus ditingkatkan. Alat berat dump truck dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Dump Truck (Dokumentasi, 2019)

Gambar 4.2 memperlihatkan kondisi dimana dump truck sebagai alat angkut material dari pabrik ke lokasi pekerjaan, dan muatan nya dibongkar sesuai arahan dari

pelaksana yang ada dilapangan atau dilokasi pekerjaan dengan kapasitas muatan dump truck tersebut sebesar 10,7 ton (lampiran 4).

2. Wheel Loader

Wheel loader bekerja dengan gerakan-gerakan dasar pada bucket dan cara membawa muatan untuk dimuatkan ke alat angkut (truck) atau alat yang lain. Gerakan bucket yang penting ialah menurunkan bucket di atas permukaan tanah, mendorong ke depan (memuat/menggosur), mengangkat bucket, membawa dan membuang muatan. Apabila material harus dimuatkan ke alat angkut (truck), misalnya truk, ada beberapa cara-cara pemuatan ialah :

- a. V loading, ialah cara pemuatan dengan lintasan seperti bentuk huruf V,
- b. Loading, truk berada di belakang loader, kemudian lintasan seperti membuat garis tegak lurus,
- c. Cross loading, cara pemuatan dengan truk juga ikut aktif,
- d. Overhead loading, dengan loader khusus, bucket dapat digerakkan melintasi di atas kabin operator. Untuk menghitung produksi wheel loader, faktor yang mempengaruhi adalah ukuran bucket, cycle time dan kondisi kerja/efisiensi kerja. Seperti halnya pada alat lain, cycle time untuk loader terdiri atas “fixed time” (waktu tetap) dan “variable time” (waktu tidak tetap), waktu tetap yang diperlukan ialah untuk gerakan-gerakan berikut :
 - a. Raise time, ialah waktu dalam detik, yang diperlukan untuk menurunkan bucket dari posisi dasar ke atas permukaan tanah,
 - b. Lower time, ialah waktu dalam detik, yang diperlukan untuk menurunkan bucket kosong dari posisi tertinggi pada posisi dasar,
 - c. Dump time, ialah waktu dalam detik, yang diperlukan untuk menurunkan bucket dari posisi muat maksimal untuk membuang muatan (dump).

Untuk melihat alat berat wheel loader ini sebagai alat berat untuk memuat material ke dalam dump truck dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Wheel Loader (Dokumentasi, 2019)

Gambar 4.3 memperlihatkan dimana wheel loader sedang melakukan pekerjaannya untuk memuat material ke dalam dump truck, dengan kapasitas bucket 2 ton (lampiran 1).

3. Motor Grader

Produktivitas dari motor grader dinyatakan dalam “waktu bekerjanya”, berbeda halnya dengan produksi bulldozer atau peralatan penggusur tanah lainnya, yang dihitung dalam satuan volume yang dikerjakan persatuan waktu. Hal ini bahwa yang penting adalah jumlah passing/lintasan yang diperlukan dalam mengerjakan suatu medan, karena yang diperlukan adalah waktu bekerja dari motor grader yang bersangkutan dalam pekerjaan peralatan medan. Waktu ini tergantung dari syarat ketelitian yang diperlukan untuk pekerjaan grading tersebut.

Umumnya kecepatan operasinya relatif rendah dan konstan, hal ini memberikan kesempatan agar lebih cermat kepada operator dalam pekerjaan gradingnya. Pengalaman operator sangat berpengaruh terhadap kondisi “gradingnya”, sehingga dapat ditentukan berapa laluan (passing) yang diperlukan dalam “grading operation”, tentu saja hal ini akan berpengaruh terhadap waktu bekerja, seperti termaksud di atas. Untuk alat berat motor grader dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Motor Grader (Dokumentasi, 2019)

Gambar 4.4 memperlihatkan motor grader sedang melakukan pekerjaannya yaitu meratakan material base yang telah dibongkar oleh dump truck sebelumnya.

4. Vibrator Roller

Vibrator roller adalah alat pekerjaan pemadatan dan efek yang diakibatkan gaya yang dinamis terhadap tanah. Sehingga akibat getaran ini tanah menjadi padat, dengan susunan yang lebih kompak, pekerjaan vibrator roller ini menggunakan arus bolak-balik yang dilakukan pada setiap siklus adalah rata-rata 6 kali arus bolak-balik. Sistem pendorong, vibrasi dan sistem mengemudi dioperasikan oleh tekanan hidrostatik, untuk menjamin penanganan yang termudah. Akan tetapi dalam menggunakan vibrator roller ini harus berhati-hati, karena jika memadatkan dalam suatu perumahan padat penduduk dan terlalu memberikan efek getaran yang berlebihan itu akan berakibat buruk pada rumah disekitarnya dan bias mengalami keretakan. Alat berat vibrator roller ini dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Vibrator Roller (Dokumentasi, 2019)

Gambar 4.5 memperlihatkan vibrator roller sedang melakukan pekerjaannya yaitu memadatkan material base b yang telah diratakan sebelumnya oleh motor grader.

5. Water Tank

Water tanker digunakan untuk menyiram permukaan material yang dipadatkan. Water tanker yang digunakan proyek ini memiliki kapasitas sebesar 5.000 liter. Alat berat water tank ini dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Water Tank (Dokumentasi, 2019)

Gambar 4.6 ini memperlihatkan water tank sedang menyirami material base b yang bertujuan untuk menjaga tingkat kadar air optimum material base tersebut dan diikuti oleh vibrator roller yang memadatkan material base b tersebut.

4.5 Tahapan Penelitian

Pada penelitian kali ini, ada beberapa tahap penelitian yang dilakukan. Tahap penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Persiapan

Persiapan yang dimaksud adalah bagaimana merencanakan suatu penelitian dan bagaimana agar penelitian yang dilakukan ini berhasil dan selesai dalam waktu yang ditentukan.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah dimana peneliti mengumpulkan data yang ada dilapangan misalnya data primernya dan data sekundernya. Data primer terdiri dari data harian alat berat dan dokumentasi. Sedangkan data sekunder terdiri dari studi literatur dan harga sewa untuk masing-masing alat berat.

3. Analisis Data

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan yaitu data primernya dan data sekundernya. Tahap selanjutnya yaitu analisis data, analisis data ini dimaksud mengolah data yang kita dapati dari lapangan maupun dari pihak kontraktornya. Biasanya analisis data ini dalam bentuk perhitungan.

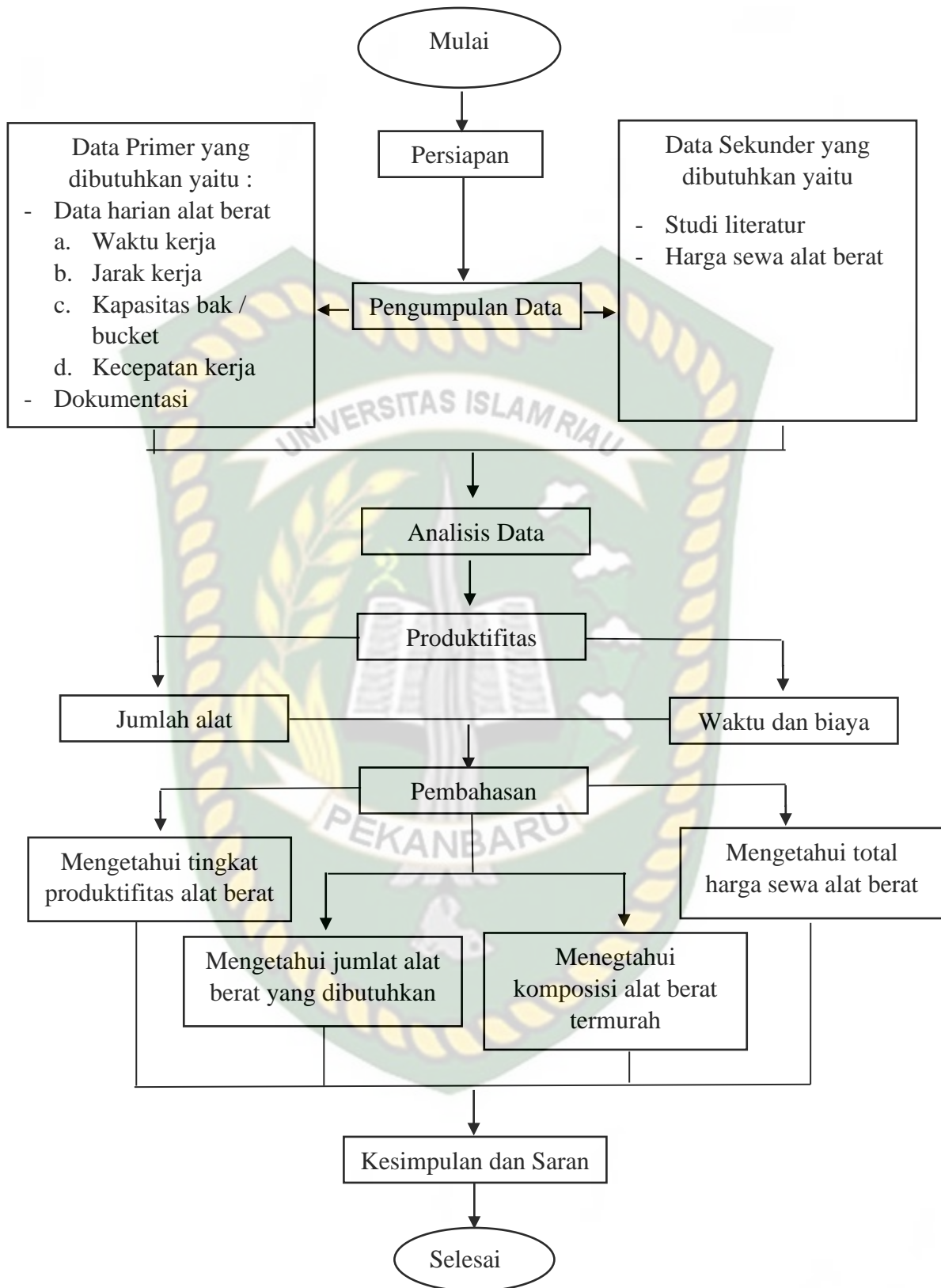
4. Pembahasan

Pembahasan ini berisi tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu berisi tentang mengetahui tingkat produktifitas alat berat, mengetahui total sewa alat berat, mengetahui jumlah alat berat yang dibutuhkan dan yang terakhir mengetahui komposisi alat berat yang termurah untuk menyelesaikan pekerjaan agregat lapis pondasi kelas b tersebut.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan adalah rangkaian atau rangkuman dari hasil penelitian , dan kesimpulan berisi tentang tujuan penelitian. Sedangkan saran biasanya untuk peneliti sendiri maupun untuk peneliti selanjutnya.

Untuk mempermudah melihat tahapan penelitian tersebut, maka dapat dilihat pada gambar 4.6 yaitu gambar diagram bagan alir penelitian.



Gambar 4.6 Diagram Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Lokasi penelitian terletak di kecamatan Kampar timur, depan simpang pertamina sampai jembatan pulau birandang. Pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B tersebut yang dimensinya adalah Panjang 1700 m, lebar 4,3 m, dan nya 0,15 m, dengan volume pekerjaan 2792 m³. Jarak quarry ke lokasi pekerjaan adalah 30 km dengan kondisi jalan yang bagus dan bebas dari kemacetan.

Alat berat yang digunakan adalah :

1. Wheel loader
2. Dump Truck
3. Motor Grader
4. Vibrator Roller
5. Water tank 5000 Liter

5.2 Analisa kapasitas produksi alat berat pada pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B.

Untuk perhitungan pekerjaan ini sinkronisasi alat berat nya dimulai dari wheel loader sebagai alat berat untuk memuat material pekerjaan, setelah itu dimuat ke dalam dump truck. Dump truck ini bertugas sebagai mengantarkan dan menjemput kembali material pekerjaan dari quarry ke lokasi pekerjaan. Setelah itu material dihamparkan menggunakan motor grader, setelah itu material pekerjaan tersebut dipadatkan oleh vibrator roller dengan dibantu water tank menyirami material tersebut dengan bertujuan untuk mempercepat pepadatan material base tersebut. Untuk perhitungan kapasitas produksi alat berat dapat dijelaskan pada perhitungan berikut.

5.2.1 Wheel loader

Untuk mencari produksi per siklus (q) dibutuhkan data kapasitas bucket (q1) dari Lampiran 1, dengan factor bucket (K) *easy loading* maka nilainya 1.0 dari

table 3.1, dengan kondisi operasional alat baik dan perawatan mesin yang baik, maka nilai efisiensi alat (E) = 0,75 dari Tabel 3.9. perhitungannya sebagai berikut dengan menggunakan persamaan 3.6



Gambar 5.1 Wheel Loader (Dokumentasi, 2019)

$$\text{Kapasitas bucket } (q^1) = 2,0 \text{ m}^3$$

$$\text{Faktor bucket } (K) = 1,0 \text{ (Tabel 3.1)}$$

Faktor bucket (K) dengan nilai 1,0 karena muatan yang dimuat oleh wheel loader ini termasuk mudah (easy loading) karena hanya memuat material agregat base kelas B, dapat dilihat pada Tabel 3.1

$$\text{Efisiensi } (E) = 0,75 \text{ (Tabel 3.9)}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi per siklus } (q) &= q^1 \times K \\ &= 2,0 \times 1,0 \\ &= 2,0 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk mencari kapasitas produksi per jam (Q) dibutuhkan data jarak angkut (D) dari Lampiran 1, waktu maju dari Lampiran 1, waktu mundur dari Lampiran 1, waktu lain-lain dari Lampiran 1.

$$\begin{aligned} \text{Jarak pengangkutan } (D) &= 10 \text{ m} \quad (\text{lampiran 1}) \\ &= 0,01 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu maju } (t) &= 4,2 \text{ detik} \quad (\text{lampiran 1}) \\ &= 0,00116 \text{ jam} \end{aligned}$$

Maka untuk mendapatkan kecepatan maju:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan maju/maks}(F) &= D/t \\ &= \frac{0,01}{0,00116} \\ &= 8,62 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan kecepatan mundur menggunakan Persamaan 3.7.

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan mundur (R)} &= 0,80 \times \text{kecepatan maksimum} \\ &= 0,80 \times 8,62 \text{ km/jam} \\ &= 6,85 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Sedangkan waktu lain-lain (Z) dari lampiran 1.

$$\begin{aligned} \text{Waktu lain-lain (Z)} &= 21 \text{ detik} \\ &= 0,0058 \text{ jam} \end{aligned}$$

Untuk mencari waktu siklus (cm) digunakan Persamaan 3.5

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus} \quad C_m &= \left(\frac{D}{F} \times 2 \right) + \left(\frac{D}{R} \times 2 \right) + Z \\ &= \left(\frac{0,01}{8,62} \times 2 \right) + \left(\frac{0,01}{6,85} \times 2 \right) + 0,0058 \\ &= 0,0023 + 0,0029 + 0,0058 \\ &= 0,011 \text{ jam} \end{aligned}$$

Untuk mencari kapasitas produksi per/jam (Q) digunakan Persamaan 3.6.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi (Q)} &= \frac{q \times E}{C_m} \\ &= \frac{2 \times 60 \times 0,75}{0,011 \times 60} \\ &= 136,36 \text{ m}^3/\text{jam}. \end{aligned}$$

Jadi, dari perhitungan diatas dapat diketahui untuk 1 siklus wheel loader membutuhkan waktu 0,011 jam dan untuk produktifitas wheel loader ini adalah 136,36 m³/jam.

5.2.2 Dump Truck

Untuk mencari kapasitas produksi dump truck, digunakan data kapasitas bak dump truck (C1) dari lampiran 1, jarak angkut (D) dari lampiran 1, waktu rata-

rata dengan muatan (T_{muatan}) dari lampiran 2, waktu rata-rata tanpa muatan (T_{kosong}), waktu bongkar dan muat (t_1) dari lampiran 1, waktu mencari posisi untuk dimuat (t_2) dari Lampiran 1. Perhitungannya sebagai berikut seperti pada Persamaan 3.1.



Gambar 5.2 Dump Truck (Dokumentasi, 2019)

Kapasitas bak *dump truck* (C_1) = 10,71 m³ (lampiran 1)

Jarak angkut (D) = 30 km (lampiran 1)

Waktu rata-rata dengan muatan (t_{muatan}) = 40 menit (lampiran 1)
= 0,66 jam

Waktu rata-rata tanpa muatan (t_{kosong}) = 30 menit (lampiran 1)
= 0,5 jam

Kecepatan rata-rata dengan muatan (V_1) = D/t
= $\frac{30 \text{ km}}{0,66}$
= 45,45 km/jam

Kecepatan rata-rata tanpa muatan (V_2) = D/t
= $\frac{30 \text{ km}}{0,5}$
= 60 km/jam

Waktu bongkar + waktu muat (t_1) dan waktu mencari posisi untuk muat (t_2) dari lampiran 1

$$\begin{aligned} &= 25,12 \text{ detik} + 30,14 \text{ detik} \\ &= 55,26 \text{ detik} \\ &= 0,015 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu mencari posisi untuk dimuat } (t_2) &= 25 \text{ detik} \quad (\text{lampiran 1}) \\ &= 0,007 \text{ jam} \end{aligned}$$

Maka didapatkan jumlah siklus *wheel loader* untuk satu *dump truck* adalah

$$\begin{aligned} \text{Wheel loader} \quad (n) &= \frac{C_1}{q_1} \times K \\ &= \frac{10,71}{2} \times 1,0 \\ &= 5,3 \text{ siklus} \sim 6 \text{ siklus} \end{aligned}$$

Faktor bucket (K) dengan nilai 1,0 karena muatan yang dimuat oleh wheel loader ini termasuk mudah karena hanya memuat material agregat base kelas B, dapat dilihat pada Tabel 3.1

Dari jumlah siklus *wheel loader* bisa didapatkan waktu siklus *dump truck* sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus } \textit{dump truck} \quad (Cmt) &= n \cdot C_m + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2 \\ &= 6 \times 0,011 + \frac{30}{45} + 0,015 + \frac{30}{60} + 0,007 \\ &= 1,25 \text{ jam atau } 75 \text{ menit persiklus.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah siklus } \textit{dump truck} \text{ perhari} &= \frac{\text{Jam kerja}}{\text{waktu persiklus}} \\ &= \frac{480 \text{ menit}}{75 \text{ menit}} \end{aligned}$$

$$= 6,4 \sim 7 \text{ siklus perhari.}$$

Dari waktu siklus *dump truck* maka bisa diketahui jumlah unit, produksi per siklus, kapasitas produksi *dump truck*

$$\text{Jumlah unit siklus DT} \quad (M) = \frac{Cmt}{n \times C_m}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,25}{6 \times 0.011} \\
 &= 18,93 \sim 18 \text{ unit} \\
 \text{Produksi per siklus} \quad (C) &= n \times q_1 \times K \text{ (dari persamaan 3.2)} \\
 &= 6 \times 2,0 \times 1,0 \\
 &= 12 \text{ m}^3 \\
 \text{Kapasitas total produksi dump} &= \frac{C \times E}{C_{mt}} \times M \text{ (dari persamaan 3.1)} \\
 \text{truck (Q)} &= \frac{12 \times 0,81}{1,25} \times 18 \\
 &= 139,97 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kapasitas satu unit dump truck} &= \frac{Q \text{ (kapasitas produksi total)}}{M \text{ (jumlah unit)}} \\
 &= \frac{139,97 \text{ m}^3/\text{jam}}{18} \\
 &= 7,77 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Jadi, dari perhitungan diatas dapat diketahui untuk 1 siklus dump truck membutuhkan waktu selama 1,25 jam (75 menit), dan kapasitas produksi dump truck untuk per unit nya adalah 7,77 m³/jam.

5.2.3 Motor Grader

Untuk mencari kapasitas produksi motor grader, digunakan data Panjang hampan (D) dari lampiran 1, lebar yang akan dilapisi (W) dari lampiran 1, tebal yang akan dilapisi (H) dari lampiran 1. untuk menghitung kapasitas produksinya dapat menggunakan Persamaan 3.7.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang hampan} \quad (D) &= 35 \text{ m} \quad (\text{lampiran 1}) \\
 &= 0,035 \text{ km} \\
 \text{Total lebar yang akan dilapisi} \quad (W) &= 4,3 \text{ m} \quad (\text{lampiran 1}) \\
 \text{Tebal} \quad (h) &= 0,15 \text{ m} \quad (\text{lampiran 1}) \\
 \text{Waktu} \quad (t) &= 8 \text{ menit} \quad (\text{lampiran 1}) \\
 &= 0,083 \text{ jam}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.3 Motor Grader (Dokumentasi, 2019)

Maka didapatkan kecepatan kerja *motor grader* Kecepatan kerja

$$\begin{aligned} (V) &= D/t \\ &= \frac{35}{8} \\ &= 4,3 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Adapun jumlah *grading*, lebar *blade*, dan sudut *blade*, terdapat pada lampiran 1

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \textit{grading} & \quad (n) = 3 \\ \text{Lebar } \textit{blade} & = 3,57 \text{ m} \\ \text{Sudut } \textit{blade} & = 45^\circ \end{aligned}$$

Untuk lebar efektif kerja *blade* (L_e) dan Lebar overlap (L_o) didapatkan dari lampiran 1.

$$\begin{aligned} \text{Lebar efektif kerja } \textit{blade} & \quad (L_e) = 2,1 \text{ m} \\ \text{Lebar overlap} & \quad (L_o) = 0,10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \textit{grading} & \quad (N) = \frac{W}{L_e - L_o} \times n \\ & = \frac{4,3}{2,1 - 0,10} \times 4 \\ & = 6,45 \sim 7 \end{aligned}$$

Dengan kondisi operasional alat yang sangat baik dan perawatan mesin baik, maka nilai efisiensi alat (E) = 0,81 didapat dari Tabel 3.9.

$$\begin{aligned} \text{Waktu penyelesaian yang dibutuhkan (T)} &= \frac{N \times D}{V \times E} \\ &= \frac{7 \times 0,035}{4,3 \times 0,81} \\ &= 0,071 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi per jam (Q)} &= \frac{V \times (L_e - L_o) \times 1000 \times E}{N} \\ &= \frac{4,3 \times (2,10 - 0,10) \times 1000 \times 0,81}{7} \\ &= 774 \text{ m}^2/\text{jam} \\ &= 774 \text{ m}^2/\text{jam} \times 0,15 \text{ m} \\ &= 116,1 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui untuk penghamparan material sepanjang 35 m, lebar 4,3 dan tebal 0,15 m dengan menggunakan motor grader membutuhkan waktu selama 0,071 jam, dan untuk kapasitas produksinya adalah 116,1 m³/jam.

5.2.4 Vibrator Roller

Untuk mencari kapasitas produksi perjam dari *vibratory roller* digunakan data jarak kerja (D) dari lampiran 1, waktu yang ditempuh dalam satu lintasan (t) dari lampiran 1, lebar pemadatan efektif (W) dari lampiran 1, tebal pemadatan (H) dari lampiran 1, jumlah lintasan (N) dari lampiran 1.



Gambar 5.4 Vibrator Roller (Dokumentasi, 2019)

Jarak kerja (D) = 50 m

$$\begin{aligned}
 &= 0,050 \text{ km} \\
 \text{Waktu rata-rata} \quad (t) &= 9,50 \text{ menit} \\
 &= 0,0158 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari data diatas bisa didapatkan kecepatan kerja *vibratory roller*.

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan kerja} \quad (V) &= D/t \\
 &= \frac{0,050}{0,0158} \\
 &= 3,17 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar pemadatan efektif} \quad (W) = 2,13 \text{ m} \quad (\text{lampiran 1})$$

$$\text{Tebal pemadatan} \quad (H) = 0,15 \quad (\text{lampiran 1})$$

$$\text{Jumlah lintasan} \quad (N) = 9 \quad (\text{lampiran 1})$$

Dengan kondisi operasional alat baik dan perawatan mesin baik, maka nilai efisiensi alat (E) = 0,75 didapat dari Tabel 3.9.

$$\text{Efisiensi} \quad (E) = 0,75$$

Dari data diatas didapatkan kapasitas produksi perjam dari *vibratory roller* sesuai dengan Persamaan 3.10.

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi perjam} \quad (Q) &= \frac{W \times V \times H \times 1000 \times E}{N} \\
 &= \frac{2,13 \times 3,17 \times 0,15 \times 1000 \times 0,75}{9} \\
 &= 84,40 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, untuk pemadatan sepanjang 50 m dengan lebar 4,3 m dan tebal 0,15 m vibrator roller ini membutuhkan waktu selama 0,0158 jam dan untuk kapasitas produksinya 84,40 m³/jam.

5.2.5 Water tank

Untuk mencari kapasitas produksi *water tank*, dibutuhkan data kapasitas tengki (C₁) dari lampiran 1, panjang penyiraman (D) dari lampiran 1, lebar yang akan disiram (W) dari lampiran 1, tebal pemadatan (H) dari lampiran dan total waktu penyiraman (t) dari lampiran 1. Perhitungannya sebagai berikut seperti pada Persamaan 3.11.



Gambar 5.5 Water Tank (Dokumentasi, 2019)

Kapasitas <i>water tank truck</i>	(C ₁) = 5000 liter = 5 m ³	(lampiran 1)
Panjang penyiraman	(D) = 50 m	(lampiran 1)
Total lebar yang akan disiram (W)	= 4,3 m	(lampiran 1)
Tebal pemadatan	(H) = 0,15 m	(lampiran 1)
Total waktu penyiraman	(t) = 17,06 menit = 0,28 jam	(lampiran 1)
Kapasitas produksi	(Q) = $\frac{C_1}{t}$ (persamaan 3.11) = $\frac{5}{0,28}$ = 17,85 m ³ /jam	

Dari perhitungan diatas dapat diketahui , dengan kapasitas water tank 5000 L dengan Panjang penyiraman 50 m dengan lebar 4,3 m dan tebal pemadatan 0,15 m dengan total waktu penyiraman 0,28 jam. Dan kapasitas produski water tank ini adalah 17,85 m³/jam

Hasil perhitungan kapasitas produksi alat berat (m³) untuk pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b, dapat dilihat pada Tabale 5.1

Tabel 5.1 Produktifitas alat berat

No	Alat berat yang digunakan	Produktifitas (m ³ /jam)
1	Wheel loader	136,36
2	Dump truck	7,77
3	Motor Grader	116,1
4	Vibrator Roller	84,40
5	Water tank	17,85

Tabel 5.1 menjelaskan tentang macam macam alat berat dan tingkat produktifitas nya per jam untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b tersebut.

5.3 Analisa waktu dan jumlah alat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan agregat lapis pondasi kelas B

Berdasarkan volume untuk pekerjaan agregat lapis pondasi kelas b adalah 2792 m³ (lampiran 2). Untuk menghitung jumlah alat yang dibutuhkan untuk pekerjaan ini, dapat menggunakan Persamaan 3.13. untuk perhitungannya sebagai berikut :

1. Wheel loader

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi x jam kerja}} = \frac{2792}{136,36 \times 8} = 2,55 \sim 3 \text{ hari (menggunakan 1 alat berat)}$$

2. Dump truck

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi x jumlah siklus / hari}} = \frac{2792}{7,77 \times 7} = 51,33 \sim 52 \text{ hari (menggunakan 1 Dt)}$$

3. Motor Grader

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi x jam kerja}} = \frac{2792}{116,1 \times 8} = 3,006 \sim 3 \text{ hari (menggunakan 1 alat berat)}$$

4. Vibrator Roller

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi jam kerja}} = \frac{2792}{84,40 \times 8} = 4,13 \sim 5 \text{ hari (menggunakan 1 alat berat)}$$

5. Water Tank ini biasanya dilapangan digunakan ketika alat vibrator roller bekerja, jadi hari kerja water tank ini mengikut hari kerja vibrator roller yaitu 5 hari.

Untuk perhitungan jumlah dump truck yang dibutuhkan perhitungannya sedikit berbeda dengan perhitungan untuk menghitung jumlah alat berat yang dibutuhkan pada alat berat lainnya yang tidak menggunakan jam kerja melainkan jumlah siklus per harinya, karena produktivitas dump truck itu tergantung kepada jumlah siklusnya. Jumlah siklus dump truck itu tergantung kepada jarak tempuhnya. Pada penelitian ini jam kerja dump truck itu 8 jam, didalam 8 jam kerja dump truck tersebut mendapatkan 7 siklus.

Perhitungan jumlah alat berat yang dibutuhkan pada alat berat dump truck, jika menggunakan 1 dump truck akan memakan waktu yang cukup lama yaitu 52 hari kerja. Didalam siklus alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B ini, dump truck ini berada siklus ke dua setelah alat berat wheel loader yang menjadi siklus pertama dalam pekerjaan ini, karena wheel loader sebagai pemuat material pekerjaan kedalam dump truck. Oleh karena itu dump truck ini akan dijadikan alat standar untuk perhitungan salah satu alternatif. Untuk mempermudah perhitungan maka jumlah hari kerja dump truck ini dipercepat ke 4 hari kerja. Untuk perhitungan jumlah dump truck yang dibutuhkan untuk bekerja selama 4 hari yaitu :

$$\frac{\text{Jumlah hari kerja DT awal}}{\text{Jumlah hari kerja DT dipercepat}} = \frac{52 \text{ hari}}{4 \text{ hari}} = 13 \text{ unit}$$

Untuk mencari keoptimalan dalam menggunakan alat berat pada pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B ini, maka menggunakan tiga alternatif. Alat yang dijadikan standar adalah alat yang sangat baik kondisinya dan bekerja selama 8 jam sehari tanpa berhenti.

1. Alternatif A

Untuk alternatif A ini, alat yang dijadikan sebagai standar adalah wheel loader dengan jumlah hari kerja 3 hari. Untuk menghitung jumlah alat berat yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan 3.14. perhitungannya sebagai berikut.

- a. $\text{Dump truck} = \frac{\text{Jumlah hari kerja dump truck}}{\text{Jumlah hari kerja wheel loader}} = \frac{52}{3} = 17,3 \sim 17 \text{ unit}$
- b. $\text{Motor grader} = \frac{\text{Jumlah hari kerja motor grader}}{\text{Jumlah hari kerja wheel loader}} = \frac{3}{3} = 1 \text{ unit}$

$$c. \text{ Vibrator Roller} = \frac{\text{Jumlah hari kerja vibrator roller}}{\text{Jumlah hari kerja wheel loader}} = \frac{5}{3} = 1,6 \sim 2 \text{ unit}$$

$$d. \text{ Water tank} = \frac{\text{Jumlah hari kerja water tank}}{\text{Jumlah hari kerja wheel loader}} = \frac{5}{3} = 1,6 \sim 1 \text{ unit}$$

Alternatif A bekerja selama 3 hari, dan alat yang dibutuhkan adalah 1 unit wheel loader, 17 unit dump truck, 1 unit motor grader, 2 unit vibrator roller, 1 unit water tank.

2. Alternatif B

Untuk alternatif B ini, alat yang digunakan sebagai standar adalah dump truck dengan jumlah hari kerja 4 hari dan jumlah dump truck yang digunakan yaitu 13 unit. Untuk menghitung jumlah alat yang dibutuhkan dapat menggunakan Persamaan 3.14. Perhitungannya sebagai berikut.

$$a. \text{ Wheel loader} = \frac{\text{Jumlah hari kerja wheel loader}}{\text{Jumlah hari kerja Dump truck}} = \frac{3}{4} = 0,75 \sim 1 \text{ unit}$$

$$b. \text{ Motor grader} = \frac{\text{Jumlah hari kerja motor grader}}{\text{Jumlah hari kerja Dump truck}} = \frac{3}{4} = 0,75 \sim 1 \text{ unit}$$

$$c. \text{ Vibrator Roller} = \frac{\text{Jumlah hari kerja vibrator roller}}{\text{Jumlah hari kerja Dump truck}} = \frac{5}{4} = 1,25 \sim 1 \text{ unit}$$

$$d. \text{ Water tank} = \frac{\text{Jumlah hari kerja water tank}}{\text{Jumlah hari kerja Dump truck}} = \frac{5}{4} = 1,25 \sim 1 \text{ unit}$$

Alternatif B ini bekerja selama empat hari, dan alat yang dibutuhkan adalah 13 unit dump truck, 1 unit wheel loader, 1 unit motor grader, 1 unit vibrator roller dan 1 unit water tank.

3. Alternatif C

Untuk alternatif c ini, alat yang dijadikan sebagai standar adalah vibrator roller dengan jumlah hari kerja 5 hari. Untuk menghitung jumlah alat berat yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan 3.14. perhitungannya sebagai berikut.

$$a. \text{ Dump truck} = \frac{\text{Jumlah hari kerja dump truck}}{\text{Jumlah hari kerja vibrator roller}} = \frac{52}{5} = 10,4 \sim 10 \text{ unit}$$

$$b. \text{ Motor grader} = \frac{\text{Jumlah hari kerja motor grader}}{\text{Jumlah hari kerja vibrator roller}} = \frac{3}{5} = 0,6 \sim 1 \text{ unit}$$

$$c. \text{ Wheel loader} = \frac{\text{Jumlah hari kerja wheel loader}}{\text{Jumlah hari kerja vibrator roller}} = \frac{3}{5} = 0,6 \sim 1 \text{ unit}$$

$$d. \text{ Water tank} = \frac{\text{Jumlah hari kerja water tank}}{\text{Jumlah hari kerja vibrator roler}} = \frac{4}{5} = 0,8 \sim 1 \text{ unit}$$

Alternatif C bekerja selama 3 hari, dan alat yang dibutuhkan adalah 1 unit wheel loader, 10 unit dump truck, 1 unit motor grader, 1 unit vibrator roller, 1 unit water tank.

Perhitungan diatas adalah prhitungan untuk mencari komposisi alat dengan menggunakan 3 alternatif dengan alat yang dijadikan standar berbeda pula. Untuk mempermudah melihat komposisi alat tersebut, komposisi alat tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2.

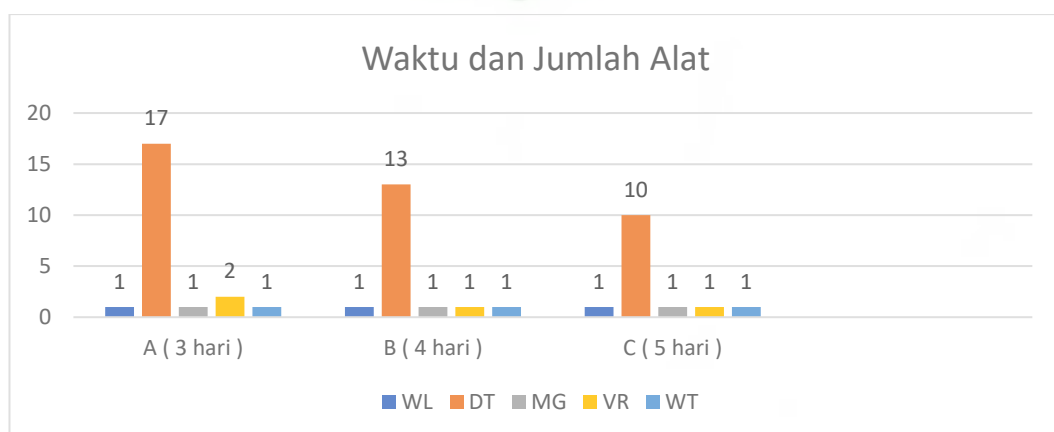
Tabel 5.2 komposisi alat berat

No	Nama Alat	satuan	Alternatif A (3 hari)	Alternatif B (4 Hari)	Alternatif C (5 Hari)
1	wheel loader	Unit	1	1	1
2	Dump truck	Unit	17	13	10
3	motor grader	Unit	1	1	1
4	vibrator roller	Unit	2	1	1
5	water tank	Unit	1	1	1

Tabael diatas adalah perbandingan antara komposisi alat berat antara alternatif A, alternatif B dan alternatif C. alternatif A bekerja selama 3 hari, alternatif B bekerja selama 4 hari, dan alternatif C bekerja selama 5 hari.

Untuk melihat lebih lengkap perbandingan antara waktu dan jumlah alat antara masing-masing alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.6.

Gambar 5.6 Grafik waktu dan jumlah alat



Gambar 5.6 Menunjukkan perbandingan waktu dan jumlah alat berat pada masing-masing alternatif. Pada gambar 5.6 bisa diketahui bahwa semakin sedikit jumlah hari kerja maka akan semakin banyak pula alat berat seperti dump truck yang dibutuhkan dan sebaliknya semakin banyak jumlah hari kerja maka akan sedikit pula jumlah alat berat seperti dump truck dibutuhkan.

5.4 Analisa biaya sewa alat

Manajemen alat berat sangat lah penting untuk suatu pekerjaan yang berskala cukup besar, untuk lancar nya suatu pekerjaan dengan biaya yang sesuai yang diperhitungkan. Begitu juga dengan pada proyek pembangunan jalan wilayah II jalan simpang pertamina – jembatan pulau birandang yang tentunya pasti menggunakan alat berat untuk membantu dan sekaligus untuk mempermudah pekerjaan tersebut. Sewa alat pasti perjam adalah patokan awal untuk memperhitungkan berapa biaya yang harus dikeluarkan oleh kontraktor tersebut. Untuk sewa alat berat dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 harga sewa alat perjam

No	Alat berat	Keterangan	Biaya yang dikeluarkan
1	wheel loader	Sewa alat	Rp 200.000 / jam
		Gaji Operator	Rp 19.000 / jam
		Gaji Pembantu Operator	Rp 13.000 / jam
		Bahan Bakar	Rp 600.000 / Hari
2	Dump Truck	Sewa alat	Rp 60.000 / jam
		Gaji Operator	Rp 2.000 / Km
		Gaji Pembantu Operator	-
		Bahan Bakar	Rp 400.000 / Hari
3	Motor Grader	Sewa alat	Rp 200.000 / jam
		Gaji Operator	Rp 19.000 / jam
		Gaji Pembantu Operator	Rp 13.000 / jam
		Bahan Bakar	Rp 600.000 / Hari
4	Vibrator Roller	Sewa alat	Rp 200.000 / jam
		Gaji Operator	Rp 19.000 / jam
		Gaji Pembantu Operator	Rp 13.000 / jam
		Bahan Bakar	Rp 600.000 / Hari
5	Water Tank	Sewa alat	Rp 50.000 / jam
		Gaji Operator	Rp 10.000 / trip
		Bahan Bakar	Rp 150.000 / Hari

Sumber : Lampiran 3

Tabel 5.3 menunjukkan harga sewa alat berat perjam. Untuk mempermudah perhitungan total sewa alat berat tersebut, maka perhitungan sewa alat berat dirubah kedalam sewa perhari. Untuk perhitungan sewa alat berat per hari, uraian nya sebagai berikut :

A. Wheel loader

Sewa alat perjam nya yaitu Rp 200.000,, sedangkan alat bekerja dilapangan selama 8 jam. Jadi sewa alat wheel loader ini per hari adalah Rp 1.600.000. Gaji operatornya perjam yaitu Rp 19.000, dan operator ini bekerja selama 8 jam perhari. Jadi gaji operator per harinya adalah Rp 152.000. Untuk gaji pembantu operator perjam nya yaitu Rp 13.000, dan wheel loader bekerja selama 8 jam perharinya. Jadi gaji pembantu operator perharinya adalah Rp 104.000. Untuk bahan bakarnya menghabiskan biaya Rp 600.000 perharinya. Jadi total keseluruhan biaya sewa wheel loader perharinya adalah Rp 2.456.000

B. Dump truck

Sewa dump truck perjam nya yaitu Rp 60.000, sedangkan dump truck ini bekerja selama 8 jam perharinya. Jadi untuk sewa dump truck ini perharinya adalah Rp 480.000. Gaji operator dump truck per km adalah Rp 2000. Jarak quarry ke lokasi pekerjaan adalah 30 km. Jadi gaji operator untuk satu kali muat atau untuk satu siklus adalah Rp 60.000. pada perhitungan kapasitas produksi dump truck ini, dump truck ini bekerja selama 8 jam mendapat kan waktu siklus nya 7 kali. Jadi gaji operator dump truck perharinya adalah Rp 420.000. Untuk bahan bakar dump truck ini perhari menghabiskan biaya Rp 400.000. Jadi total biasa sewa dump truck perharinya adalah Rp 1.300.000

C. Motor Grader

Sewa alat perjam nya yaitu Rp 200.000,, sedangkan alat bekerja dilapangan selama 8 jam. Jadi sewa alat motor grader ini per hari adalah Rp 1.600.000. Gaji operatornya perjam yaitu Rp 19.000, dan operator ini bekerja selama 8 jam perhari. Jadi gaji operator per harinya adalah Rp 152.000. Gaji pembantu operator perjam nya yaitu Rp 13.000, dan motor grader bekerja selama 8 jam perharinya. Jadi gaji pembantu operator perharinya adalah Rp 104.000. Untuk

bahan bakarnya menghabiskan biaya Rp 600.000 perharinya. Jadi total keseluruhan biaya sewa wheel loader perharinya adalah Rp 2.456.000

D. Vibrator Roller

Sewa alat perjam nya yaitu Rp 200.000,, sedangkan alat bekerja dilapangan selama 8 jam. Jadi sewa Vibrator roller adalah Rp 1.600.000. Gaji operatornya perjam yaitu Rp 19.000, dan operator ini bekerja selama 8 jam perhari. Jadi gaji operator per harinya adalah Rp 152.000. Gaji pembantu operator perjam nya yaitu Rp 13.000, dan vibrator roller bekerja selama 8 jam perharinya. Jadi gaji pembantu operator perharinya adalah Rp 104.000. Untuk bahan bakarnya menghabiskan biaya Rp 600.000 perharinya. Jadi total keseluruhan biaya sewa wheel loader perharinya adalah Rp 2.456.000

E. Water Tank

Sewa mobil water tank ini perjam nya adalah Rp 50.000, sedangkan alat ini bekerja selama 8 jam perharinya. Jadi sewa mobil water tank ini perharinya adalah Rp 400.000. Gaji operator nya per trip adalah Rp 10.000, ketika dilapangan satu trip penyiraman itu dari mencari airnya sampa menyirami nya bias menghabiskan waktu 1 jam. Dalam sehari alat ini bekerja selama 8 jam, jadi dalam satu hari itu ada 8 trip penyiraman. Jadi gaji operator perharinya adalah Rp 80.000. Untuk bahan bakar water tank ini menghabiskan biaya Rp 150.000 perharinya. Jadi total biaya sewa alat water tank ini perharinya adalah Rp 630.000

Uraian diatas adalah perhitungan sewa alat berat perharinya. Untuk mempermudah melihat sewa alat perharinya, maka akan dirangkum dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Sewa alat berat perhari

No	Alat berat	Sewa perhari (Rp)
1	wheel loader	2.456.000
2	Dump truck	1.300.000
3	Motor grader	2.456.000
4	Vibrator roller	2.456.000
5	Water tank	630.000

Tabel 5.4 menunjukkan harga sewa alat berat nya per hari untuk alat berat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan base agregat kelas b tersebut.

5.5 Analisa total sewa alat

Untuk mengetahui alternative mana yang paling ekonomis pada pekerjaan agregat lapis pondasi kelas b ini, yang perlu diketahui adalah :

1. Jumlah alat berat yang dibutuhkan (tabel 5.2)
2. Harga sewa alat perharinya (tabel 5.4)
3. Jumlah hari kerja, alternatif A bekerja selama 4 hari sedangkan alternatif B bekerja selama 3 hari.

Berikut perhitungan kombinasi harga sewa alat berat, untuk menghitung nya dapat menggunakan persamaan 3.15. perhitungan kombinasi alat tersebut menggunakan 3 alternatif yaitu alternatif A, alternatif B dan alternatif C. perhitungan nya sebagai berikut :

1. Alternatif A

Alternatif A ini bekerja selama 3 hari, untuk mengetahui harga kombinasi sewa alat tnya sebagai berikut :

- a. Wheel loader, untuk perhitungan nya menggunakan persamaan 3.15 yaitu
 Harga sewa alat perhari x jumlah alat x jumlah hari.
 $Rp\ 2.456.000 \times 1 \times 3 = Rp\ 7.368.000$
- b. Dump truck , untuk perhitungan nya menggunakan persamaan 3.15 yaitu
 Harga sewa alat perhari x jumlah alat x jumlah hari.
 $Rp\ 1.300.000 \times 17 \times 3 = Rp\ 66.300.000$
- c. Motor grader , untuk perhitungan nya menggunakan persamaan 3.15 yaitu
 Harga sewa alat perhari x jumlah alat x jumlah hari.
 $Rp\ 2.456.000 \times 1 \times 3 = Rp\ 7.368.000$
- d. Vibrator roller , untuk perhitungan nya menggunakan persamaan 3.15 yaitu
 Harga sewa alat perhari x jumlah alat x jumlah hari.
 $Rp\ 2.456.000 \times 2 \times 3 = Rp\ 14.736.000$
- e. Water tank, untuk perhitungan nya menggunakan persamaan 3.15 yaitu
 Harga sewa alat perhari x jumlah alat x jumlah hari.

$$\text{Rp } 630.000 \times 1 \times 3 = \text{Rp } 1.890.000$$

Untuk perhitungan kombinasi sewa alat alternatif A mendapatkan nilai sewa wheel loader senilai Rp 7.368.000, dump truck senilai Rp 66.300.000, motor grader senilai Rp 7.368.000, vibrator roller senilai Rp 14.736.000 dan water tank senilai Rp 1.890.000. Jadi total biaya keseluruhan untuk kombinasi alat berat pada alternatif A ini adalah sebesar Rp 97.662.000

Untuk perhitungan perbandingan kombinasi sewa alat berat antara alternatif A, alternatif B, dan alternatif C dapat dilihat pada tabel 5.5

Tabel 5.5 Perhitungan hasil kombinasi sewa alat berat

Nama Alat	Sewa alat per hari (Rp)	Alternatif Alat berat (unit)			Alternatif harga (Rp)		
		A	B	C	A	B	C
		3 Hari	4 hari	5 Hari	3 hari	4 hari	5 hari
WL	2.456.000	1	1	1	7.368.000	9.824.000	12.280.000
DT	1.300.000	17	13	10	66.300.000	67.600.000	65.000.000
MG	2.456.000	1	1	1	7.368.000	9.824.000	12.280.000
VB	2.456.000	2	1	1	14.736.000	9.824.000	12.280.000
WT	630.000	1	1	1	1.890.000	2.520.000	3.150.000
Total					97.662.000	99.592.000	104.990.000

Tabel 5.5 menunjukkan hasil kombinasi sewa alat berat antara alternatif A yang bekerja selama 3 hari dengan total harga sewa alat berat Rp 97.662.000, alternatif B yang bekerja selama 4 hari dengan total harga sewa alat berat 99.592.000, dan untuk alternatif C yang bekerja selama 5 hari dengan total harga sewa alat beratnya Rp 104.990.000.

Dalam menentukan komposisi alat berat yang efisien atau yang lebih ekonomis salah satu yang harus diperhatikan yaitu perbandingan antara waktu dan biayanya, untuk lebih mudah melihat perbandingan antara waktu dan biaya masing-masing alternatif, dapat dilihat pada tabel 5.6.

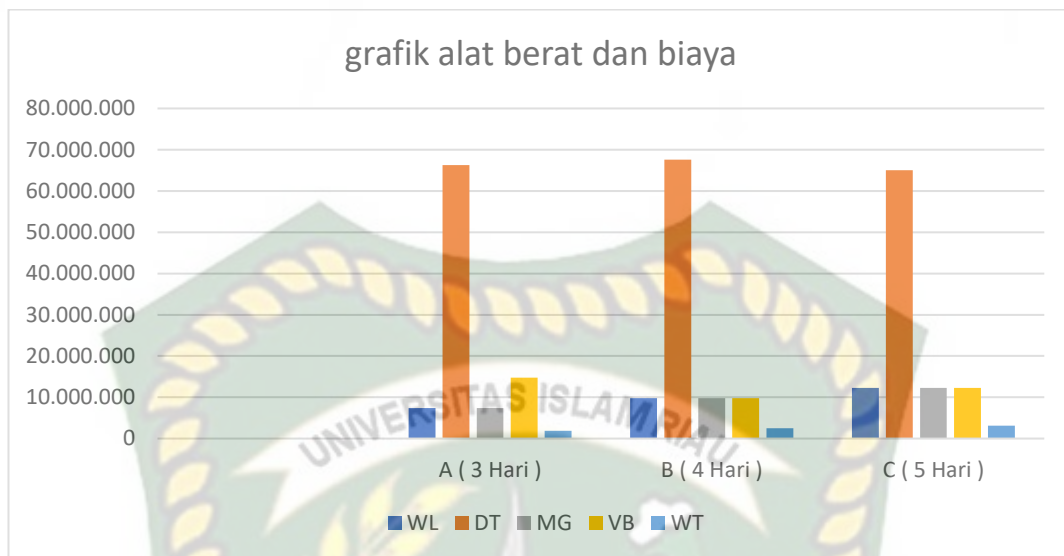
Gambar 5.7 Grafik waktu dan biaya



Gambar 5.7 menjelaskan perbandingan masing-masing alternatif antara waktu dan biaya. Diketahui bahwa semakin sedikit jumlah hari kerja alat berat maka semakin kecil pula biaya yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut, dan sebaliknya semakin lama hari kerja alat berat maka biaya yang harus dikeluarkan semakin besar pula.

Selain harus mengetahui perbandingan antara waktu dan biaya, kita juga harus mengetahui perbandingan alat berat dan biayanya dari masing-masing alternatif. Untuk melihat perbandingan alat berat dan biayanya antara alternatif A, alternatif B dan alternatif C, maka dapat dilihat pada gambar 5.8.

Gambar 5.8 Grafik alat berat dan biaya



Gambar 5.8 menunjukkan perbandingan antar alat berat dan biaya pada masing-masing alternatif. Pada Gambar 5.8 dapat diketahui semakin sedikit jumlah hari kerja alat berat maka semakin banyak pula alat berat yang dibutuhkan, akan tetapi biaya yang harus dikeluarkan juga akan sedikit. Semakin banyak jumlah hari kerja maka semakin sedikit jumlah alat berat yang dibutuhkan, akan tetapi biaya yang harus dikeluarkan semakin besar pula.

Jadi dari perbandingan antara alternatif A yang bekerja selama 3 hari yang membutuhkan alat berat 1 unit wheel loader, 17 unit dump truck, 1 unit motor grader, 2 unit vibrator roller dan 1 unit water tank dengan total harga sewa alat beratnya Rp 97.662.000. Untuk alternatif B yang bekerja selama 4 hari dengan membutuhkan alat berat 1 unit wheel loader, 13 unit dump truck, 1 unit motor grader, 1 unit vibrator roller, dan 1 unit water tank dengan total harga sewa alat beratnya Rp 99.592.000. Untuk alternatif C yang bekerja selama 5 hari dengan membutuhkan alat berat 1 unit wheel loader, 10 unit dump truck, 1 unit motor grader, 1 unit vibrator roller, dan 1 unit water tank dengan total harga sewa alat beratnya Rp 104.990.000. Jadi untuk komposisi alat berat yang paling ekonomis untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas b ini terletak pada alternatif A yang bekerja selama 3 hari dengan total biaya Rp 97.662.000.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian, maka dapatlah kesimpulan antara lain:

1. Besar produktifitas alat berat untuk pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B ini yaitu wheel loader sebesar 136,36 m³/jam, dump truck sebesar 7,77 m³/jam, motor grader sebesar 116,1 m³/jam, vibrator roller sebesar 84,40 m³/jam, dan water tank sebesar 17,85 m³/jam.
2. Jumlah alat berat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondas agregat kelas B ini yaitu 1 unit wheel loader, 17 unit dump truck, 1 unit motor grader, 2 unit vibrator roller, dan 1 unit water tank.
3. Total harga sewa alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B yang bekerja selama 3 hari yaitu wheel loader sebesar Rp 7.368.000, dump truck sebesar Rp 66.300.000, motor gRp 7.368.000, vibrator roller sebesar Rp 14.736.000, dan water tank sebesar Rp1.890.000.
4. Komposisi alat berat termurah terletak pada alternatif A yang bekerja selama 3 hari yang menggunakan 1 unit wheel loader, 17 unit dump truck, 1 unit motor grader, 2 unit vibrator roller, dan 1 unit water tank dengan total biaya Rp 97.662.000.

6.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian dan pengerjaan tugas akhir ini, kami dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Produktivitas alat berat dalam suatu proyek sangat dipengaruhi oleh umur ekonomis peralatan. Oleh karena itu, disarankan agar jika umur alat berat yang digunakan pada suatu jenis pekerjaan telah melebihi umur ekonomis maka sebaiknya alat berat tersebut tidak digunakan lagi agar waktu dan hasil pekerjaan dapat terkontrol dengan baik sehingga mengurangi faktor-faktor biaya yang tidak perlu.
2. Dianjurkan kepada kontraktor untuk faktor efisiensi alat yang dipergunakan sebaiknya sesuai dengan kondisi keadaan alat, operator, pemeliharaan alat dan kondisi lapangan yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi T. Tenrisukki, *Pemindahan Tanah Mekanis – Seri Diktat Kuliah*. Jakarta : Gunadarma, 2003.
- Asiyanto, 2008, *Manajemen Alat Berat Untuk Konstruksi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Azlansyah mudahir putra, 2018, *Analisa Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Penimbunan Jalan Pekanbaru-Bangkinang. Tugas Akhir*. FT. Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1998. *Pedoman Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Dengan Menggunakan Peralatan*. Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Devid Nugraha, 2018, *Analisa Biaya Dan Produktifitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV Pekanbaru*, Skripsi. FT, Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau.
- Djojowiriono, Sugeng. 1984. *Manajemen Konstruksi*. KMTS Fak. Teknik UGM, Yogyakarta.
- Dwi novi setiawati, 2013, *Analisa Produktifitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV*, Skripsi. FT, Teknik Sipil, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.
- H. Y. Wigroho, Suryadharma, *Pemindahan Tanah Mekanis – Bagian I*. Yogyakarta, 1993.
- Muhammad Shalahuddin, 2009, *Alat Berat dan Pemindahan Tanah Mekanis*, Penerbit PUSBANGDIK UNRI, Pekanbaru.
- N. Darmansya, “*Pemindahan Tanah Mekanis Dan Alat Berat*”, Skripsi, Universitas Sriwijaya, Palembang. 1998.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 09, 2013, *Tentang Persyaratan Kompetisi Untuk Subkualifikasi Tenaga Ahli dan Tenaga Terampil Bidang Jasa Kontruksi*.
- Peraturan Menteri PUPR No. 28, 2016, *Tentang Alat Berat*.

- Prodjosumarto, 1995. Pemindahan Tanah Mekanis, Jurusan Teknik Pertambangan, ITB.
- Puji Wiranto, Diktat Mata Kuliah PTM dan Alat-alat Konstruksi. Bogor : Universitas Pakuan, 2014.
- Refly Will Yadam, 2018, Optimalisasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah, Skripsi. FT, Teknik sipil, Universitas Udayana, Denpasar, Bali.
- Riduan R. Amin, Manajemen Peralatan Berat Untuk Jalan. Yogyakarta : Graha Ilmu, 2014
- Rifki Septia Putra, 2018, Tinjauan Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas B Jalan Swakarya Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru. Tugas Akhir. FT, Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau.
- Rochmanhadi, 1984, *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-alat berat*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rochmanhadi, 1992, *Alat-alat Berat Dan Penggunaannya*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- S. P. Tauro, “Analisis Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah”, Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2013
- Sjachdirin 1998. Pemindahan Tanah Mekanik, ITN. Malang.
- Soedrajad, 1982, Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Pengaspalan Jalan Raya, Nova, Jakarta.
- Soeharto, Iman, 1997, Manajemen Proyek, Erlangga, Jakarta
- Soehendradjati RJB, 1987, Manajemen Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suryadharma, (1998), Sifat-Sifat Beberapa Macam Tanah, Yogyakarta.
- Susy Fatena Rostiyanti, 2002, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi I* , RINEKA CIPTA, Jakarta.
- Susy Fatena Rostiyanti, 2008, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi II*, RINEKA CIPTA, Jakarta.
- Tenriadjeng, A.T, 2003. Pemindahan Tanah Mekanis, Universitas Gunadarma, Jakarta.

Wilopo, D., 2011, Metode Konstruksi dan Alat – Alat Berat, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.

Yanto Indonesianto, 2014, Pemindahan Tanah Mekanis, Program Studi Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta.

