

TUGAS AKHIR

**PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN
LAPIS PONDASI ATAS PADA PROYEK PENINGKATAN
RUAS JALAN SUKUR-TATELU**

Oleh

Feronika Anjeli Paudi

19011024



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

POLITEKNIK NEGERI MANADO

JURUSAN TEKNIK SIPIL

PROGRAM STUDI DIII-TEKNIK SIPIL

2022

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	i
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Pembatasan Masalah.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Perkerasan Jalan	5
2.1.1 Kelas lapisan pondasi agregat	6
2.1.2 Fraksi agregat kasar	7
2.1.3 Fraksi agregat halus	7
2.1.4 Sifat-sifat bahan yang disyaratkan.....	7
2.1.5 Ukuran butir agregat	8
2.2 Alat Berat	8
2.3 Jenis-Jenis Dan Cara Kerja Alat Berat.....	10
2.3.1 <i>Excavator</i>	10
2.3.2 <i>Dump Truck</i>	11

2.3.3	Alat perata	13
2.3.4	<i>Motor Greder</i>	15
2.3.5	Alat Pemasatan (<i>Compaction</i>)	16
2.3.6	<i>Water Tank Truck</i>	22
2.4	Produktivitas Alat Berat	23
2.4.1	Waktu Siklus	24
2.4.2	Efisiensi Kerja	24
2.5	Metode Perhitungan Produktivitas Alat Berat	27
BAB III PEMBAHASAN		30
3.1	Gambaran Umum Proyek	30
3.2	Metode Penghamparan Dan Pemasatan Lapisan Pondasi Atas	30
3.3	Perhitungan Produksi Alat Berat	33
BAB IV PENUTUP		43
4.1	Kesimpulan	43
4.2	Saran	44
Lampiran		46
Daftar Pustaka		45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional sebagaimana tercantum dalam undang-undang No. 13 Tahun 1980 dan didalam peraturan pemerintah No. 26 Tahun 1985.

Negara indonesia sebagai negara berkembang, menghadapi banyak hambatan dan kendala dalam melaksanakan program-program pembangunan. Hambatan dan kesulitan antara lain disebabkan oleh kondisi prasarana yang kurang memadai terutama di dalam sektor transportasi darat. Salah satu tempat yang bertambah lokasi wisata serta titik-titik penambangan yang ada di indonesia adalah Minahasa Utara, keperluan masyarakat untuk menggunakan prasarana jalan raya semakin bertambah dan membuat jumlah kendaraan di jalan raya meningkat. Oleh sebab itu jalan-jalan di pedesaan yang sudah banyak dilalui oleh kendaraan-kendaraan khususnya kendaraan yang memiliki tonase besar seperti *dump truck*, *tronton* dan lain sebagainya. Perlu ditingkatkan kapasitasnya agar dapat mengimbangi pemakaian masyarakat akan prasarana jalan raya, dan juga untuk meminimalisir kerusakan jalan sebelum perencanaan umur rencana yang ditetapkan.

Pada pembuatan peningkatan jalan Sukur-Tatelu terdapat lapisan-lapisan perkerasan. Pemilihan material sangat penting karena dapat mempengaruhi kekuatan lapisan perkerasan, salah satu lapisan perkerasan jalan adalah lapisan pondasi atas. Lapisan pondasi atas sendiri terletak antara lapisan pondasi bawah dan lapisan antara (AC-BC).

Dalam pembuatan peningkatan jalan diperlukan alat-alat berat karena pada dasarnya diperlukan penggunaan alat berat pada pekerjaan-pekerjaan yang tidak dapat

dikerjakan oleh tenaga manusia. Menggunakan alat-alat berat untuk pembuatan kontruksi jalan perlu diperhatikan jenis kontruksi jalan, alat-alat berat yang dipakai pengetahuan tentang kapasitas dan kemampuan alat berat agar memenuhi syarat penggunaan yaitu tidak menimbulkan pemborosan tenaga kerja, modal, produktivitas serta memenuhi kebutuhan keselamatan.

Penjadwalan dan pemilihan peralatan secara seksama pada setiap jenis pekerjaan sangat penting agar kemampuan operasinya bisa optimal. Kontribusinya cukup besar (dominan) pada proyek ini, maka sangat diperlukan tindakan, dengan cara mendayagunakan seluruh meterial.

Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek. Alat berat yang dipilih haruslah tepat baik jenis, ukuran maupun jumlahnya. Ketepatan dalam pemilihan alat berat akan memperlancar jalannya pekerjaan. Kesalahan dalam pemilihan alat berat mengakibatkan proyek menjadi tidak lancar. Dengan demikian keterlambatan penyelesaian proyek dapat terjadi. Hal ini pada akhirnya dapat menyebabkan biaya proyek membengkak. Produktivitas yang kecil dan tenggang waktu yang dibutuhkan untuk pengadaan alat lain yang lebih sesuai merupakan hal yang menyebabkan biaya lebih besar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Menghitung kembali waktu pelaksanaan pekerjaan lapisan pondasi atas dalam peningkatan ruas jalan Sukur-Tatelu.
2. Berapa jumlah alat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan lapisan pondasi atas.

1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis produktivitas alat berat yang digunakan dalam pekerjaan lapisan pondasi atas pada proyek peningkatan ruas jalan Sukur-Tatelu.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan lapis pondasi atas

2. Mengetahui alat berat sesuai dengan kondisi pekerjaan
3. Mengetahui kebutuhan waktu dalam setiap metode pekerjaan lapis pondasi atas.

1.5 Pembatasan Masalah

Penyusunan tugas akhir ini mencakup banyak hal, tapi pada dasarnya ada beberapa hal yang ditinjau dengan menyesuaikan judul tugas akhir ini, yang peninjauannya mengenai beberapa hal berikut:

1. Peninjauan yang dilakukan dalam ruang lingkup proyek peningkatan ruas jalan Sukur-Tatelu (STA 3+750 – STA 4+100)
2. Standar yang digunakan sebagai acuan:
 - a. AHSP 2018
 - b. Basic Price Sulut 2020
3. Pekerjaan yang ditinjau berada dalam lingkup produktivitas alat berat pada pekerjaan lapisan pondasi bawah.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, metode penulisan yang digunakan adalah:

1. Studi Literatur

Dengan menggunakan buku-buku panduan yang berhubungan dengan pokok pembahasan guna dipelajari dan dimuat dalam pembahasan tugas akhir.

2. Studi Lapangan

Dilakukan pengumpulan data-data teknis dari Proyek dan pengamatan langsung pada saat praktek kerja lapangan yang menjadi objek dalam penyusunan tugas akhir yang didapatkan pada saat melakukan praktek kerja lapangan.

3. Konsultasi dengan dosen pembimbing.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, digunakan sistem bab per bab yang urainnya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang teori-teori penunjang tentang perkerasan jalan, alat-alat berat, produktivitas alat berat dan metode menghitung alat berat.

BAB III PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan mengenai gambaran umum proyek, metode pelaksanaan lapisan pondasi atas dan perhitungan produktivitas alat berat *vibration roller, excavator, dump truck, motor greder*.

BAB IV PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari maksud dan tujuan penulisan tugas akhir, serta berisi mengenai saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Apa pun jenis perkerasan lalu lintas, dia harus memfasilitas sejumlah pergerakan lalu lintas, apakah berupa jasa angkutan manusia, atau jasa angkutan barang berupa dari seluruh komoditas. Dengan beragam jenis kendaraan dengan angkutan barangnya, akan memberikan variasi beban ringan sampai sedang. Ini harus dapat didukung oleh perkerasan jalan. Jenis kontruksi perkerasan jalan pada umumnya, bertitik tolak pada prinsip bahwa perkerasan direncanakan dan dibangun untuk melayani lalu lintas secara nyaman, aman dan kuat, perwujudan perkerasan akan mencakup dua hal pokok, yaitu :

- a. Kerataan permukaan, yang mempengaruhi kualitas perjalanan.
- b. Kerusakan permukaan, yang mempengaruhi kemampuan struktural perkerasan dalam melayani beban lalu lintas.

Secara umum, perkerasan jalan raya harus cukup kuat terhadap tiga tinjauan kekuatan, secara keseluruhan harus kuat terhadap beban lalu lintas yang melaluinya, permukaan jalan harus tahan terhadap keausan akibat kendaraan, air dan hujan, permukaan jalan harus cukup tahan terhadap cuaca dan temperatur, dimana jalan berada. Material perkerasan yang umum digunakan di Indonesia, adalah :

1. Material untuk lapis permukaan
 - a. Agregat Kelas C
 - b. Stuktur jalan dengan campuran aspal
 - c. Struktur jalan dengan beton semen atau plat beton
2. Material untuk lapis pondasi atas
 - a. Agregat Kelas A
 - b. Stabilitas tanah dengan semen, kapur, atau dengan bahan kimia.
 - c. *Cement Treated Base*

3. Material untuk lapis pondasi bawah
 - a. Agregat Kelas B
 - b. Stabilitas tanah dengan semen, kapur, atau dengan bahan kimia.

Dalam proses perancangan perkerasan jalan bahan perkerasan jalan merupakan bagian yang diutamakan dalam pertimbangan analisis parameter perancangan, karena salah satu kekuatan konstruksi jalan, terletak pada pemilihan yang tepat.

Alat-alat berat yang dikenal didalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting didalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat.

Setiap perusahaan atau organisasi dalam menjalankan aktivitas, pasti dihadapkan pada teknologi yang akan mencerminkan kekuatan perusahaan dalam mencapai tujuan, maka dari itu setiap perusahaan dalam mencapai tujuan, maka dari itu setiap perusahaan berlomba-lomba dalam hal teknologi salah satunya penggunaan alat berat guna mencapai sasaran. Melaksanakan suatu proyek konstruksi berarti menghubungkan berbagai sumber daya untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan, pada proyek konstruksi kebutuhan untuk peralatan antara 7-15% dari biaya proyek.

2.1.1 Kelas lapisan pondasi agregat

Terdapat tiga kelas yang berbeda dari lapis pondasi agregat yaitu kelas A, kelas B, dan kelas C. Pada umumnya lapis pondasi agregat kelas A adalah mutu lapis pondasi atas untuk lapisan di bawah lapisan beraspal, dan lapis pondasi agregat kelas B adalah untuk lapis pondasi bawah. Lapis pondasi agregat kelas C akan digunakan untuk permukaan jalan (*aspal*). Tabel 2.1 menunjukkan lapis pondasi agregat sesuai masing-masing kelas sebagai berikut:

Tabel 2.1 Gradasi lapis pondasi agregat.

Ukuran ayakan		Persen berat yang lolos (%)		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2"	50	-	100	-
1 ^{1/2} "	37,5	100	88-95	100
1"	25,0	79-85	70-85	77-89
^{3/4} "	19,0	-	-	-
^{1/2} "	12,5	-	-	-
3/8"	9,50	44-58	30-65	41-66
No.4	4,75	29-44	25-55	26-54
No.8	2,36	-	-	-
No.10	2,0	17-30	15-40	15-42
No.16	1,18	-	-	-
No.40	0,425	7-17	8-20	7-26
No.200	0,075	2-8	2-8	4-16

Sumber Tabel 2.1 : Panduan Analisa Harga satuan. Direktorat Jendral Bina Marga 2018

2.1.2 Fraksi agregat kasar

Agregat kasar yang tertahan pada ayakan 4,75 mm harus terdiri dari pecahan batu atau kerikil yang keras dan awet. Bahan yang pecah bila berulang-ulang dibasahi dan dikeringkan tidak boleh digunakan.

Bilamana agregat kasar berasal dari kerikil maka untuk lapis pondasi agregat kelas A mempunyai 100% berat agregat kasar dengan angularitas 95/90 dan untuk lapis pondasi agregat kelas B yang berasal dari kerikil mempunyai 60% berat agregat kasar dengan angularitas 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua lebih.

2.1.3 Fraksi agregat halus

Agregat halus lolos ayakan 4,57 mm harus terdiri dari pertikel pasir alami atau batu pecah halus dan pertikel halus lainnya. Fraksi bahan yang lolos ayakan No.200 tidak boleh dua per tiga fraksi bahan lolos No.4

2.1.4 Sifat-sifat bahan yang disyaratkan

Seluruh lapis pondasi agregat harus bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki dan setelah dipadatkan harus memenuhi ketentuan gradasi (menggunakan ayakan basa) dan memenuhi sifat-sifat yang diberikan dalam Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Sifat-sifat lapis pondasi agregat

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi dari agregat kasar (SNI 2417-2008)	0-40%	0-40%	0-40%
Butiran pecah, tertahan ayakan No.4 (SNI 7619-2012)	95/90 ¹⁾	55/50 ²⁾	55/50 ³⁾
Batas cair (SNI 1967-2008)	0-25	0-35	0-35
Indek plastisitas (SNI 1966:2008)	0-6	4-10	4-15
Hasil kali indek plastisitas dengan % lolos ayakan No.200	Maks.25	-	-
Gumpalan lempung dan butiran-bitiran mudah pecah (SNI 4141:2015)	0-5%	0-5%	0-5%
CBR rendaman (SNI 1744-2012)	Min.90%	Min.60%	Min.50%
Perbandingan persen lolos ayakan No.200 dan No.40	Maks.2/3	Maks.2/3	-
Koefisien keseragaman : $C_v = D_{60}/D_{10}$	-	-	-

Sumber Tabel 2.2 : Panduan Analisa Harga satuan. Direktorat Jendral Bina Marga 2018

2.1.5 Ukuran butir agregat

Menurut Silvia Sukirman, (2003). Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berassal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun ukuran kecil atau fregmen-fregmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90%- 95% agregat berdasarkan presentase berat, atau 75%-85% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditrntukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.2 Alat Berat

Dalam ilmu teknik sipil alat berat merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan dibidang konstruksi. Terdapat keuntungan alat berat yaitu sebagai berikut :

1. Waktu Pengerjaan Lebih Cepat.

Mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target.

2. Tenaga Besar

Melakukan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh tenaga manusia.

3. Mutu Hasil Kerja Lebih Baik

Dengan memakai peralatan berat, mutu hasil kerja menjadi lebih baik dan presisi.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat dihindari antara lain adalah sebagai

Berikut :

- a. Fungsi yang harus dilaksanakan, alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya seperti menggali, mengangkat, meratakan permukaan, dan lain-lain.
- b. Kapasitas peralatan, pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
- c. Cara operasi, alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan dan lain-lain.
- d. Pembatasan dari metode yang dipakai, pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya dan pembongkaran. Selain itu, metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat berat berubah.
- e. Ekonomi, selain biaya inventasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting didalam pemilihan alat berat.
- f. Jenis proyek, ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek jalan, gedung, pelabuhan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dan sebagainya.
- g. Lokasi proyek, lokasi proyek merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.
- h. Jenis dan daya dukung tanah, jenis tanah dilokasi proyek dan material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras atau lembek.
- i. Kondisi lapangan, kondisi dengan medan yang sulit dengan kondisi yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

Selain itu hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat antara lain:

- 1) Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu.
- 2) Dengan volume pekerjaan yang ada tersebut dan waktu yang telah ditentukan harus ditetapkan jenis dan jumlah alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.
- 3) Dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat digunakan berapa pekerjaan yang dapat diselesaikan.

2.3 Jenis-Jenis Dan Cara Kerja Alat Berat

2.3.1 Excavator

Penggalian material tanah diawali dengan *excavator bucket* dijularkan ke depan ke tempat galian, bila *bucket* di ayun ke bawah seperti dicangkulkan, kemudian lengan *bucket* di putar ke arah alatnya. Setelah *bucket* terisi penuh lalu diangkat dari tempat penggalian parit, letak *track excavator* harus sedemikian rupa sehingga arahnya sejajar dengan arah memanjang parit, kemudian *excavator* berjalan mundur. Sebelum memulai bekerja dengan *excavator*, sebaiknya kita pelajari kemampuan alat yang diberikan oleh pabrik pembuatnya, terutama mengenai jarak jangkauannya, tinggi maksimal pembuangan, dan dalamnya galian yang mampu dicapai karena kemampuan angkat alat ini tidak banyak berpengaruh terhadap kemampuan angkat standar alatnya.

Tipe *excavator* dibedakan dalam beberapa hal antara lain dari alat kendali dan *undercarrige*-nya menurut alat kendali, *excavator* dibedakan atas :

1. Dengan kendali kabel (*cale controlled*)
2. Dengan kendali hidrolis (*hidroulic controlled*)

Sedangkan menurut *undercarigge*-nya, *excavator* dibedakan atas :

3. Roda rantai (*crowler mounted*)
4. Roda karet (*whwll mounted*)

Berikut Gambar 2.1 dibawah ini sebagai contoh alat berat *excavator*



Gambar 2.1 Hidraulic excavator
Sumber: (iakovenko, 2018)

2.3.2 *Dump Truck*

Untuk pekerjaan konstruksi sipil umumnya digunakan *truck* yang dapat membuang muatan dari bak secara otomatis. *Truck* semacam ini disebut dengan *dump truck* atau *tripping truck*. Penumpahan muatan (*dumping*) dilakukan dengan cara hidrolis yang menyebabkan bak terangkat satu sisi, sedangkan sisi lain yang berhadapan berputar sebagai engsel. Dengan membedakan arah muatan ditumpahkan. *dump truck* dibedakan dalam 3 macam yaitu :

- 1). *Rear dump truck* yang membuang muatan ke belakang
- 2). *Side dump truck* yang membuang muatan melalui ke samping
- 3). *Bottom dump truck* yang membuang muatan melalui bawah bak.

Operator atau sopir sangat berperan dalam menempatkan *dump truck* pada waktu muat, karena produksi dari organisasi alat angkut dan alat gali ditentukan pada saat muat ini. Menempatkan *dump truck* dengan cepat pada posisi untuk dimuati diusahakan agar *swing* dari alat gali sekecil-kecilnya. Operator alat gali biasanya akan mengatur tempat *dump truck* yang akan dimuati, khusus untuk *dump truck* yang besar, pembantu sopir sangat diperlukan dalam mengatur penempatan *dump truck* pada posisi muat yang baik. *dump truck* sebaiknya ditempatkan membelakangi alat gali atau searah dengan *swing* alat gali agar memudahkan pemuatan. Khusus pada pemuatan batu-batu yang besar dengan menggunakan alat gali yang besar sebaiknya *dump truck* menghadap ke alat gali, agar batu-batu tidak menimpa kabin *dump truck*.

dump truck adalah alat angkut jarak jauh, sehingga jalan angkut yang dilalui dapat berupa jalan datar, tanjakan dan turunan. Untuk mengendarai *dump truck* pada medan yang berbukit diperlukan keterampilan operator atau sopir. Operator harus segera mengambil tindakan dengan memindah gigi ke gigi rendah bila mesin mulai tidak mampu bekerja pada gigi tinggi. Hal ini perlu dilakukan agar *dump truck* tidak berjalan mundur karena tidak mampu menanjak pada saat telambat memindahkan pada gigi yang rendah. Untuk jalan yang menurun perlu dipertimbangkan menggunakan gigi rendah. Karena kebiasaan berjalan pada gigi tinggi dengan hanya mengandalkan pada rem (*brakes*) sangat berbahaya dan dapat berakibat kurang baik.

Pada waktu mengangkut ataupun kosong, perlu dihindari terjadinya selip. Selip adalah keadaan gerakan mendatar ke samping dari kendaraan yang tidak dapat dikuasai oleh operator. Selip ini biasanya terjadi jika roda berputar lebih cepat dari pada yang diperlukan untuk gerakan kendaraan, atau apabila putaran roda lebih lambat dari pada gerakan kendaraan, misalnya waktu di rem, atau dapat terjadi pada tikungan yang tajam dalam keadaan kecepatan tinggi. Mambuang muatan atau *dumping* operator harus hati-hati dan cermat. Operator harus yakin bahwa roda-roda berada diatas permukaan tanah yang cukup kuat dan keras untuk menghindari supaya ban-ban tidak terperosok ke hasil buangan sebelumnya. Di bawah ini, pada Gambar 2.2 dapat dilihat contoh gambar *dump truck*.



Gambar 2.2 Dump Truck
Sumber : (truckmagz.id,2016)

2.3.3 Alat perata

1. *Bulldozer*

Bulldozer adalah tractor yang dilengkapi dengan *dozer blade*, tetapi ada kalanya *blade* dipasang pada primer mover lain. *Bulldozer* sebenarnya adalah untuk mendorong atau memotong material yang ada didepannya. Jenis pekerjaan yang biasanya menggunakan *dozer* adalah :

- a. Mengupas *top soil* (lapisan tanah atas) dan pembersihan lahan dari pepohonan
- b. Pembuka jalan baru.
- c. Menyebarkan material.

Berdasarkan *blade*-nya *dozer* dapat dibagi atas :

- a. *Universal blade* pada umumnya digunakan untuk keperluan *Land reclamation* (reklamasi baru) dan *Stock pile work* (pekerjaan penyediaan tanah). Hal ini digunakan karena bentuk *blade* agak melengkung sehingga *bulldozer* dapat mendorong muatan lebih banyak dan cocok untuk mendorong muatan non kohesif.

Gambar 2.3 dibawah ini menampilkan gambar *Universal Blade*.



Gambar 2.3 Universal Blade
Sumber: (iakovenko, 2018)

- b. *Straight Blade (S-Blade) blade* ini paling cocok untuk digunakan disegala macam medan (*heavy duty blade*). Banyak digunakan untuk mendorong material *Cohesive* penggalian struktur dan penimbunan dengan mengirimkan *blade*. Ujung *blade* dapat berfungsi untuk menggali tanah keras atau *blouder* lain-lain. Untuk *blade* dasar dapat menggali tanah sedalam 600 cm dan 40 cm untuk *blade* kecil. Gambar 2.4 dibawah ini adalah contoh *Straight Blade*.



Gambar 2.4 Straight Blade
Sumber: (iakovenko, 2018)

- c. *Angling Blade* biasanya digunakan untuk membuang muatan kesamping pembukaan jalan perintisan, menggali saluran. Sangat efektif untuk pekerjaan *side hill cut* atau *back filling*. Gambar 2.5 menampilkan alat berat *Angling Blade*



Gambar 2.5 Angling Blade
Sumber: (iakovenko, 2018)

- d. *Chusion Blade (C-Blade)* dilengkapi dengan *rubber cushion* atau bantalan karet untuk merendam tumbukan. Biasanya *blade* ini digunakan untuk pemeliharaan jalan dan pekerjaan *dozing* lainnya, mengingat lebarnya *C-Blade*.

2.3.4 *Motor Greder*

Motor Greder merupakan salah satu alat berat yang berfungsi untuk meratakan permukaan tanah dan biasa digunakan untuk proses pembangunan ataupun peningkatan jalan. Bentuknya mirip dengan *traktor*, namun dilengkapi dengan *spare part* alat berat khusus disebut *blade* yang dipasang agar *motor greder* dapat melakukan pekerjaannya. Karena itu, tidak mengherankan jika *blade* motor greder, bagian yang amat memerlukan perhatian khusus dan harus dirawat supaya tetap prima unit Lt berat Komatsu-nya. Pasalnya dalam *motor grader*, *blade* inilah yang harus bekerja sedikit lebih keras untuk berhadapan langsung dengan material-material lapisan perkerasan dan tanah. Pada Gambar 2.3 adalah contoh *motor grader*



Gambar 2.6 motor grader
Sumber: (Hadi H. ST, 2019)

Motor grader termasuk ke dalam alat berat yang bisa bergerak dengan fleksibel karena bisa dikendarai di darat dengan menggunakan ban dan transmisi. *Motor greder* berfungsi untuk meratakan tanah, namun pengerjaannya tidak sebatas pada itu saja, selain meratakan permukaan tanah, ternyata *motor greder* juga memiliki keunggulan lain. Alat berat ini mampu mengupas tanah, menyebarkan material ringan, hingga membentuk permukaan tanah.

Alat ini juga dimanfaatkan untuk memotong gundukan dan membuat lubang. Meskipun dapat membuat lubang, alat berat ini tidak dapat digunakan untuk pertambangan bawah tanah yaitu *longwall mining*. Selain dapat bermanfaat ketika hendak menambahkan atau mengurangi material di permukaan tanah, sebelum dipadatkan dengan *compactor*. Komponen *motor grader* terbagi atas enam bagian utama.

Ada penggerak yang berupa roda ban, kerangka atau *frame* yang menghubungkan bagian penggerak dengan komponen lain, *blade* atau pisau yang dikenal sebagai *moldboard*, *sacrifier*, *cricle*, dan juga *drawbar*. Nantinya *moldboard* inilah yang akan mengeksekusi permukaan tanah dan bisa digerakan sedemikian rupa. *Cricle* atau cincin penggerak lah yang bisa membuat *moldboard* ini berputar dan bergerak. Selain dieksekusi dengan *moldboard*, material juga akan dihancurkan oleh *sacrifier* atau unit dari alat berat yang bergigi.

2.3.5 Alat Pemasatan (*Compaction*)

Untuk pekerjaan-pekerjaan landasan pesawat terbang, jalan raya, tanggul-tanggul, stabilitas tanah mutlak diperlukan. Berbagai cara dilakukan dalam usaha pemasatan tanah secara mekanis yaitu dengan cara penggilasan dengan menggunakan *roller* (penggilas). Klasifikasi *roller* yang banyak dikenal antara lain :

1. Berdasarkan cara Bergeraknya, ada yang bergerak sendiri (*selfpropelled*) dan ada yang ditarik traktor (*towed*).
2. Berdasarkan bahan roda-roda penggilasnya, ada yang terbuat dari baja (*steel wheel*) dan ada yang terbuat dari karet (*pneumatic*).
3. Dilihat dari bentuk permukaan roda, ada yang berbentuk permukaannya halus (*plain*), *segment grid*, *sheepfoot* (kaki domba dan lain-lain).
4. Dilihat dari bentuk permukaan roda-roda gilias, ada yang beroda tiga (*three well*), *tandem roller* (roda dua) dan *three axle tandem roller*.
5. Alat penggilas khusus, misalnya *vibration roller* bekerja menggunakan getaran sebagai unsur utama dalam pemasatan tanah.

Pemasatan tanah merupakan proses untuk mengurangi adanya antar partikel tanah sehingga volume tanah menjadi kecil. Pada umumnya proses ini dilakukan oleh

pemadat khusus yang berupa *roller*. Akan tetapi, dengan adanya lalu lintas diatas suatu permukaan maka secara tidak langsung material dipermukaan tersebut menjadi lebih padat, apalagi jika melewati permukaan tersebut adalah berat. Roda *crawel* pada alat berat memberikan tekanan terhadap permukaan tanah yang cukup besar, demikian juga pada roda ban. Ada beberapa macam roller yang sering digunakan yaitu :

1. Penggilas roda tiga

Penggilas roda tiga (*three whell roller*) merupakan alat penggilas yang tertua dan sampai sekarang masih digunakan dalam pekerjaan pemadatan. *three whell roller* ini digunakan untuk memampatkan lapisan yang terdiri dari bahan-bahan yang berbutir kasar, misal untuk pembuatan jalan *macadam* (sering disebut sebagai *macadam roller*). Gambar 2.7 menunjukkan alat berat *three whell roller*



Gambar 2.7 three whell roller
Sumber: (Ndayun, 2014)

three whell roller mempunyai berat antara 6-12 ton apabila di inginkan untuk pemadatan yang besar, roda selindernya dapat diisi dengan zat cair (minyak atau air) atau dapat juga diisi pasir dapat meningkatkan berat alat 15% - 35%. *Tandem roller* alat ini biasanya digunakan untuk penggilasan akhir, misalnya untuk pekerjaan penggilasan aspal beton agar diperoleh hasil permukaan yang rata. Jenis *tandem roller* ada dua macam yaitu *two axle tandem roller* (dengan dua as). *Tandem* ini memberikan lintasan yang sama pada masing-masing rodanya. Dan beratnya antara 8-14 ton. Dan bila diinginkan dapat diisi dengan air, sehingga akan menambah berat 25%-60%. Dibawah gambar 2.8 ini contoh alat berat *tandem roller*.



Gambar 2.8 Tandem roller
Sumber: (Ndayun, 2014)

2. *Vibration Roller*

Vibration Roller sendiri termasuk alat berat pemadat, yang cara penempatannya menggunakan efek getaran dan sangat cocok digunakan pada jenis tanah pasir atau kerikil berpasir. Efisiensi pemampatan yang dihasilkan sangat baik, karena adanya gaya dinamis terhadap tanah. Butir-butir tanah cenderung akan mengisi bagian-bagian kosong yang terdapat diantara butir-butirnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemampatan dengan *vibration roller* ialah frekuensi getaran, amplitude dan gaya sentrifugal. Pada gambar 2.9 adalah contoh alat berat *vibration roller*.



Gambar 2.9 vibration roller
Sumber: (Ndayun, 2014)

3. *Pneumatic tired roller*

Roller jenis ini mempunyai roda-roda dari ban karet (*pneumatic*) dengan permukaan yang dibuat rata. Dengan demikian gilasan dapat merata pada suatu lintasan *roller*. Jumlah roda-roda gilasan selalu gasal, misalnya 9 (4 roda depan, 5 roda belakang), 11 (5 roda depan, 6roda belakang), atau 13 (6 roda depan, 7 roda belakang). Berat *roller* jenis ini juga dapat ditambah dengan mengisi air atau pasir dalam bak-bak yang disediakan dalam dinding mesin, sehingga berat suatu *roller* dinyatakan dalam dua angka, misalnya 9 dampai 16 ton.

Tekanan roda pada tanah dapat diatur dengan tekanan udara dalam ban (*inflstion pressure*), makin keras ban dipompa, makin besar perseturuan luas permukaan tanah. Penggilasan dengan ban ini mempunyai ciri khusus dengan adanya *kneading effect*, ialah air dan udara dapat ditekan keluar (pada tepi-tepi ban) yang segera akan menguap pada keadaan udara yang kering. *kneading effec* ini sangat membantu dalam usaha pemampatan bahan-bahan yang banyak mengandung lempung atau tanah liat *kneading effect* ini juga diperbesar pengaruhnya dengan membuat sumbu roda yang dapat bergoyang mengikuti ketidak rataan permukaan tanah roda yang bergoyang demikian ini disebut *whole wheel*, yang sangat berguna dalam mempertahankan tekanan yang sama dan semua roda *roller*, karena tidak ada roda-roda yang menggantung bebas. Berikut gambar 2.10 mengenai *pneumatic tired roller*.

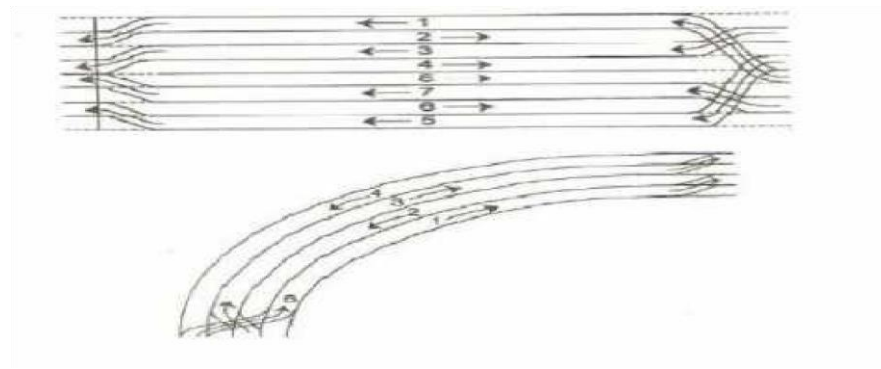


Gambar 2.10 pneumatic tired roller
Sumber: (Ndayun, 2014)

Bergoyangnya roda ini menyebabkan roller baik sekali untuk digunakan pada penggilasan pasir atau bahan-bahan dengan butir kasar, karena gerakan ban akan membantu dalam mengatur kedudukan butir untuk mencapai kemampatan yang optimal. Perlu diperhatikan pada penggilasn bahan dengan butir-butir kasar yang tajam ban-ban penggilas akan cepat rusak, sehingga *pneumatic tired roller* banyak digunakan dalam pekerjaan pengaspalan, misalnya pada *hot mix asphalt*, disamping itu juga baik untuk penggilasan lapisan-lapisan tanah yang tipis.

4. Cara kerja *compactor*

Pada kebanyakan *roller*, susunan roda adalah dengan *guide roll* berada didepan dan *drive roll* dibelakang, sehingga operator menghadap ke *guide roll* didepan, tetapi mudahnya kita anggap bahwa *roller* bergerak maju bila berjalan ke arah *guide roll*. Untuk menjaga kemiringan pada potongan melintang badan jalan, maka pekerjaan dimulai dengan jalur-jalur ditepi yang terendah. Hal ini karena bahan yang digilas mempunyai kecenderungan untuk menggeser ke tepi bawah. Dengan menempatkan lebih dulu bagian bawah, penggeseran tanah akan tertahan oleh jalur-jalur yang sudah dipampatkan. Untuk berpindah jalur, sangat dianjurkan pada waktu *roller* berjalan maju, hal ini untuk menghindari agar *guide roll* tidak tertarik menggeser kearah jalannya *drivr roller* dan merusak permukaan lapisan-lapisan yang sudah dibentuk permukaannya. Gambar 2.11 menunjukkan cara kerja *Compactor* pada Jalan Lurus dan Membelok

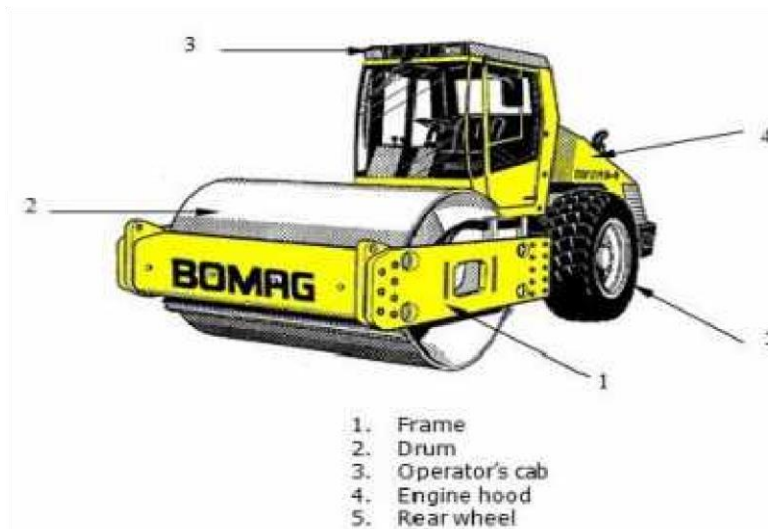


Gambar 2.11 cara kerja *Compactor* pada Jalan Lurus dan Membelok
Sumber: (Ndayun, 2014)

Pola penggilasan pada *compactor* di bawah seluruh lebar jalan dapat dijalani dalam 8 lintasan (*pass*), *pass 9 roller* kembali menuju ke alur yang pertama. Pengulangan ini dilakukan terus menerus sampai jumlah *pass* yang diperlukan untuk mencapai pemampatan yang dikehendaki pada tiap jalur sudah terpenuhi. *Ovelap* pada arah memanjang (A) juga perlu diberikan, karena dalam arah belok, *roller* ini jumlah *pass* yang diberikan lebih sedikit dan penggilasan pada tikungan jalan, *pass* pertama dimulai dari bagian bawah (bagian lintasan yang dalam) menuju ke bagian atas (bagian lintasan luar). Untuk lintasan-lintasan berikutnya diulang mulai dari lintasan pertama lagi.

5. Bagian-bagian *compactor*

Bagian-bagian dari alat berat *compactor* ditunjukkan pada Gambar 2.12 dibawah ini:



Gambar 2.12 Bagian-bagian dari alat berat *compactor*

Sumber: (Ndayun, 2014)

1. *Frame*

Frame berfungsi sebagai pelindung *drum* dari benturan yang terjadi dari arah depan dan samping pada saat proses pemadatan sekaligus sebagai kerangka dari *drum* tersebut. *Frame* juga berfungsi sebagai *scrap* untuk membersihkan material yang lengket pada *drum*.

2. *Drum*

drum adalah komponen utama pada *Vibration Roller* yang berfungsi untuk memadatkan tanah atau material lainnya dengan gerakan menggelinding.

3. *Operator Cabin*

Operator Cabin berfungsi sebagai ruangan tempat operator mengoperasikan dan mengendalikan *vibration roller* tersebut. Dibatasi seaman mungkin agar operator tidak mudah lelah dalam melakukan proses pemadatan yang membutuhkan waktu lama.

4. *Engine Hood*

Berfungsi sebagai penutup sekaligus pelindung mesin dari benturan atau keadaan yang tidak diinginkan.

5. *Rear Whell*

Rear Whell berfungsi sebagai penunjang beban sekaligus sebagai proses penggerak yang diterima dari mesin.

2.3.6 *Water Tank Truck*

Water tank truck adalah alat pengangkut air untuk proses pemadatan, air tersebut ada yang dimasukkan kedalam roda *tandem roller* pada saat pemadatan, ada juga yang langsung disiram di badan jalan yang akan dipadatkan. Pada gambar 2.13 dapat dilihat contoh alat berat *water tank*.



Gambar 2.13 Water tank truck
Sumber: (nuttapong, 2016)

Dapat ditarik suatu kesimpulan pengalaman yang ada bahwa alat-alat berat yang melewati suatu permukaan proyek telah memberikan suatu kontribusi sekitar 75% terhadap kepadatan yang diinginkan. Terdapat 3 faktor yang mempengaruhi proses pemadatan yaitu berikut ini:

1. Gradasi Material

Gradasi ialah distribusi (% berat) material dalam ukuran yang berbeda-beda. Tanah dikatakan bergradasi baik jika ukuran partikel kecil dan besar dan dinyatakan jelek bila tanah hanya terdiri dari satu partikel-partikel kecil yang mengisi dan mengikat partikel yang besar sehingga daya ikatan lebih tinggi.

2. Kadar air

Kadar air tanah pada lokasi yang satu dengan lokasi yang lain berbeda-beda. Air sangat diperlukan untuk memudahkan penyusupan partikel pada posisi yang paling padat, karena kemungkinan lempung saling mengikat dan memungkinkan material koefisien bekerja sesuai kualitas.

3. Usaha hasil pemadatan

Pemadatan tanah tergantung pada usaha yang ditempuh compactor atau alat pemadat dalam mengatur energi kedalaman tanah. Standart pemadat yang digunakan di Indonesia guna menghitung kepadatan, digunakan standart *AASHTO (American association of state Higway and Transport Officials)* yang dinyatakan dalam %*AASHTO*. Besarnya nilai *AASHTO* ini ditentukan di laboratorium melalui *standartproctor*. Energi yang dibutuhkan untuk memadat.

2.4 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *out put* dengan *input*, atau rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material, uang, metode, dan alat. Sukses atau tidaknya suatu proyek konstruksi tergantung pada efektifitas pengolahan sumber daya.

Produktivitas ialah kemampuan untuk menghasilkan sesuatu sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas alat berat adalah kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu persatuan waktu. Produktivitas alat berat bergantung pada tiga faktor, yaitu : waktu siklus, efisiensi kerja, dan material.

2.4.1 Waktu Siklus

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama didalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali ke kegiatan awal. Semua kegiatan tersebut dapat dilakukan oleh satu alat atau oleh beberapa alat.

Waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan disebut waktu siklus atau *cyle time* (CT). Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur yaitu, waktu muat atau *loading timr* (LT) Waktu siklus atau *hauling time* (HT), waktu kembali atau *return time* (RT), waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), dan unsur yang terakhir yaitu waktu tunggu *spotting time* (ST)

Loading time (LT) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam alat angkut sesuai dengan kapasitas angkut alat tersebut. Nilai LT dapat ditemukan walaupun tergantung dari jenis material, ukuran unit pengangkut dan metode dalam pemuatan sesuai efisiensi alat. Waktu angkut atau *hauling time* (HT), merupakan waktu yang diperlukan suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu tergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat, dan lain-lain. Pada saat alat kembali ke tempat pemuatan maka waktu yang diperlukan untuk kembali itu disebut *return time* (RT), waktu kembali lebih singkat karena keadaan kembali dalam keadaan kosong muatan, waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), tergantung dari jenis meterial, jenis alta, dan metode yang dipakai. Waktu stunggu *spotting time* (ST) adalah saat alat kembali ke tempat pemuatan dan menunggu sampai alat diisi kembali.

Waktu siklus memiliki pengaruh yang besar terhadap produksi kerja alat berat karena besar kecilnya sebuah waktu siklus akan sangat berpengaruh dan menjadi penentu produktivitas alat berat itu sendiri.

2.4.2 Efisiensi Kerja

Besar nilai efisiensi kerja sulit ditentukan secara tepat tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Efektivitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu :

1. Kemampuan operator pemakai alat

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

Nilai efisiensi kerja alat berat dapat dilihat dari kondisi operasi alat berat yang digunakan pada proyek pekerjaan. Nilai-nilai efisiensi kondisi operasi alat berat digunakan untuk menghitung produktivitas sebuah alat berat seperti yang dapat dilihat pada Table 2.3

Tabel 2.3 efisiensi kerja

Kondisi Operasi Alat Berat	Pemeliharaan Mesin				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,70	0,61	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Sumber Tabel 2.3: AHSP 2018

Untuk faktor operator, keterampilan operator mengoperasikan alat adalah faktor penting yang perlu diperhatikan, agar tidak terjadi keterlambatan kerja. Faktor efisiensi operator dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini

Tabel 2.4 Efisiensi operator

Keterampilan Operator	Factor Efisiensi
Baik	0,90 –1,00
Normal	0,75
Jelek	0,50 –0,60

Sumber Tabel 2.3: AHSP 2018

Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat-alat berat, seperti pada tabel 2.5 berikut ini

Tabel 2.5 Faktor kondisi pekerjaan

KONDISI PEKERJAAN	KONDISI TATA PEKERJAAN			
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik	0,84	0,78	0,72	0,63
Baik sekali	0,81	0,75	0,69	0,61
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

Sumber Tabel 2.5: Direktorat Jendral Bina Marga 2018

Dalam pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat-alat berat terdapat faktor yang mempengaruhi produktivitas alat, yaitu faktor efisiensi waktu dimana kondisi pekerjaan mempengaruhi alat-alat berat yang dipakai, seperti tabel 2.6 dibawah ini

Tabel 2.6 Efisiensi waktu kerja

KONDISI KERJA	EFISIENSI
Menyenangkan	0,90
Normal	0,83
Buruk	0,75

Sumber Tabel 2.6: Direktorat Jendral Bina Marga 2018

a. Faktor material

1). Faktor kohesif = 0,75 – 1,00

2). Faktor non kohefis = 0,60 – 1,00

b. Faktor cuaca

1). Baik = 1,00

2). Sedang = 0,80

2.5 Metode Perhitungan Produktivitas Alat Berat

1. *Dump Truck*

Produksi per jam total dari beberapa *dump truck* yang mengerjakan pekerjaan yang sama secara simultan dapat dihitung dengan persamaan (1.1) berikut ini.

$$Q_{dt} = \frac{V \times F_a \times 60}{C_t \times Bil} \dots\dots\dots(1. 1)$$

Dengan keterangan berikut:

- Q_{dt} = Produktivitas per jam (m^3 /jam)
- V = Kapasitas bak m^3
- F_a = Faktor efisiensi alat (m^3)
- f_1 = Kecepatan rata-rata bermuatan (m^3 /menit)
- f_2 = Kecepatan rata-rata kosong (m^3 /menit)
- Bil = Berat isi padat 1,81

Produksi per siklus (C_t) dapat diperoleh dengan persamaan (1.5) sebagai berikut

$$t_1 = \frac{V \times 60}{Q_{ex} \times Bil} \dots\dots\dots(1. 2)$$

$$t_2 = \frac{L}{v_1 \times 60} \dots\dots\dots(1. 3)$$

$$t_3 = \frac{L}{v_2 \times 60} \dots\dots\dots(1. 4)$$

$$C_t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \dots\dots\dots(1. 5)$$

- t_1 = Waktu memuat (menit)
- t_2 = Waktu tempu bermuatan (menit)
- t_3 = Waktu tempu kosong (menit)
- t_4 = Waktu lainnya (menit)
- V = Kapasitas bak *dump truck* m^3
- L = Jarak mobilitas

Dalam hal ini jenis dan jumlah alat yang dipakai sehingga diperoleh efisiensi dan efektivitas yang tinggi dapat dilihat penilaiannya pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 dibawah ini.

Tabel 2.7 Waktu bongkar muat

Kondisi Operasi Kerja	Baik	Sedang	Kurang
Waktu buang (menit)	0,5 – 0,7	1,0 – 1,3	1,5 – 2,0

Tabel 2.8 waktu tunggu dan tunda

Kondisi Operasi Kerja	Baik	Sedang	Kurang
Waktu buang (menit)	0,1 – 0,2	0,25 – 0,35	0,4 – 0,5

Secara umum jumlah alat dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (1.6) berikut

$$n = \frac{\text{produksi excavator}}{\text{produksi dump truck}} \dots\dots\dots(1.6)$$

2. *Motor grader*

Waktu siklus *motor grader* dapat dilihat pada persamaan berikut (1.7) berikut ini

$$t_1 = \frac{Lh}{(v \times 1000) \times 60} \dots\dots\dots(1.6)$$

$$W = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(1.7)$$

Dimana:

- W = Waktu siklus (menit)
- Lh = Panjang hamparan (m)
- v = Kecepatan rata-rata (Km/jam)
- t₁ = Perataan satu lintasan (menit)
- t₂ = Perataan/waktu lainnya (menit)

Produktivitas motor grader di hitung berdasarkan persamaan (1.8) dibawah ini:

$$Q_{mg} = \frac{Lh \times (N(b-b_0)+b) \times t \times F_a \times 60}{n \times W} \dots\dots\dots(1.8)$$

Dimana :

- Lh = Panjang hamparan (m)
- b = Lebar efektif kerja blade (m)
- Fa = Faktor efisiensi alat
- v = Kecepatan rata-rata (Km/jam)

- n = Jumlah lintasan
 N = Jumlah jalur lintasan
 bo = Lebar overlap (m)

3. *Water tank truck*

Produktivitas per jam untuk *water tank truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1.9) berikut ini

$$Q_{wt} = \frac{P_a \times F_a \times 60}{1000 \times W_c} \dots\dots\dots(1.9)$$

Dengan:

- Q_{wt} = Produktivitas per jam m^3
 P_a = Kapasitas pompa air L/menit
 F_a = Faktor efisiensi alat m^3
 W_c = Kebutuhan air m^3
 V = Volume tangki air m^3

4. *Vibration roller*

Produksi *vibration roller* dapat dihitung dengan persamaan (1.10) dibawah ini:

$$Q_v = \frac{(v \times 1000) \times (N(b-bo)+b0) \times t \times F_a}{n} \dots\dots\dots(1.10)$$

Dengan :

- Q_v = Produksivitas per jam (m^3 /jam)
 v = Kecepatan rata-rata alat Km/jam
 b = Lebar efektif pemadat m
 n = Jumlah lintasan
 N = Jumlah lajur lintasan
 F_a = Lebar overlap (m)

BAB III

PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek Peningkatan Ruas Jalan Sukur-Tatelu merupakan paket pekerjaan yang dibiayai oleh Pemerintah Provinsi melalui paket Pemulihan Ekonomi Nasional (PEN). Pekerjaan Peningkatan Jalan Sukur-Tatelu ini di bawah pengawasan Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Kabupaten Minahasa Utara, sebagai Pejabat Pengambilan Keputusan (PPK) dan pelaksana proyek adalah perusahaan kontraktor PT. Marabunta Adi Perkasa. Proyek Peningkatan Ruas Jalan Sukur-Tatelu terdiri atas beberapa bagian. Dengan pekerjaan sebagai berikut:

- a. Overlay (AC-WC) pada STA 0+000 - 3+750 dan STA 4+100 – 4+500
- b. Raising LPB, LPA dan AC-WC pada STA 3+750 – 4+100 dengan data-data proyek sebagai berikut:

- 1) Pekerjaan : Peningkatan Ruas Jalan Sukur – Tatelu
- 2) Nomor Kontrak : 07/SP/PPK-BT/PRJ-ST/2021
- 3) Nilai Kontrak : Rp. 7.275.224.585,40
- 4) Target : 4,5 Km
- 5) Tanggal Kontrak : 01 November 2021
- 6) Penyedia Jasa : PT. Marabunta Adi Perkasa
- 7) Sumber Dana : PEN
- 8) Lokasi : Kab. Minahasa Utara

3.2 Metode Penghamparan Dan Pematatan Lapisan Pondasi Atas

1. Penyiapan Formasi Lapis Pondasi Atas

- 1) Bila mana agregat lapis pondasi atas akan dihampar pada perkerasan jalan lama, pastikan semua kerusakan diperbaiki atau dipersiapkan terlebih dahulu dengan baik.
- 2) Bilamana agregat lapis pondasi atas akan dihampar pada suatu perkerasan lama atau tanah dasar yang baru dan lapis pondasi bawah yang disiapkan, maka lapisan harus diselesaikan sepenuhnya.

- 3) Lokasi yang telah disiapkan untuk pekerjaan LPA, harus disiapkan dan Mendapatkan persetujuan terlebih dahulu dari direksi pekerjaan paling sedikit 100 meter ke depan dari rencana akhir lokasi penghamparan LPA pada setiap saat. Untuk perbaikan dari tempat-tempat yang kurang dari 100 meter panjangnya. Seluruh informasi itu harus disiapkan dan disetujui sebelum agregat lapis pondasi atas dihamparkan.
- 4) Ketika LPA akan dihampar, langsung diatas permukaan LPB yang menurut pendapat pengawasan lapangan dalam kondisi tidak rusak dan sudah memenuhi syarat.

2. Penghamparan

- a. Material LPA harus di bawah ke badan jalan badan jalan sebagai campuran yang merata dan harus di hampar pada kadar air dalam rentang yang disyaratkan.
- b. setiap material harus dihampar pada suatu oprasi dengan takaran yang merata agar menghasilkan tebal padat yang diperlukan.
- c. Tebal padat minimum untuk pelaksanaan setiap lapisan material harus dua kali ukuran terbesar agregat lapis pondasi. Tebal padat maksimum tidak boleh melebihi 20 cm, kecuali lain oleh Direksi pekerjaan.

Contoh penghamparan material LPA pada gambar 3.1 dibawah ini



Gambar 3.1 penghamparan material LPA
Sumber: (Adi Putra berdikariyanto, 2014)

3. Pematatan

- a. Segera setelah pencampuran dan pembentukan akhir, setiap lapisan harus dipadatkan menyeluruh dengan alat pemadat yang cocok dan memadai serta disetujui oleh direksi pekerjaan. Contoh alat pemadat adalah *vibration roller*. Hinga kepadatan paling sedikit 100% dari kepadatan kering maksimum modifikasi seperti yang ditentukan oleh SNI 1743:2008, metode D
- b. Pematatan menggunakan mesin gilas yang sudah diperintahkan atau disetujui oleh direksi pekerjaan.
- c. Pematatan harus dilakukan hanya bila kadar air dari bahan dalam rentang 3% dibawah kadar air optimum sampai 1% diatas kadari air optimum.
- d. Operasi penggilasan harus dimulai dari sepanjang tepi dan bergerak sedikit demi sedikit ke arah sumbuh jalan.

Gambar 3.2 dibawah menunjukkan pematatan lapisan perkerasan atas.



Gambar 3.2 penghamparan material LPA
Sumber: (Ilmuproyek.com, 2019)

Setelah pelaksanaan pekerjaan lapisan perkerasan atas dikerjakan selanjutnya dilakukan pemeriksaan pengujian. Dalam pengujian *sand cone* sample diambil sampai pada perkerasan lapisan pondasi bawah, bertujuan untuk dapat mengetahui kepadatan kering maksimum lapisan pondasi atas dan lapisan pondasi bawah. Biasanya apabila kepadatan tidak memenuhi persyaratan maka kemungkinan akan dilakukan segregasi pada campuran agregat. Berikut Gambar 3.3 menunjukkan pengujian *sand cone*.



Gambar 3.3 Pengujian sandcone
Sumber: (feronika, 2022)

4. Alat yang digunakan dalam pelaksanaan Lapisan Pondasi Atas

1. *Dump truck* type hino dutro 130 HD
2. *Motor grader* type komatsu GD511A-1
3. *Water tank truck*
4. *Vibration roller* type hamm 311 D/P

3.3 Perhitungan Produksi Alat Berat

3.3.1 *Dump Truck Hino Dutro 130 HD*

Kapasitas bak *dumptruck* (v) = 4 m³

Faktor efisiensi alat (F_a) = 0,80 (Tabel 2.3)

Jarak mobilitas (L) = 13 Km (13000 m)

Jam kerja jam/hari = 7 jam (didapat dari pengamatan langsung pada lokasi proyek selama PKL)

Kecepatan bermuatan (v_1) = 30 km/jam (30000 m/jam) (didapat dari AHSP 2018)

Kecepatan kosong (v_2) = 40 km/jam (40000 m/menit) (didapat dari AHSP 2018)

Berat isi lepas (bil) = 1,65 m³ (didapat dari AHSP 2018)

Berat isi padat (bip) = 1,81 m³ (didapat dari AHSP 2018)

Luas = p x l
= 350 m x 6 m = 2100 m²

Volume pekerjaan = luas x tebal
= 2100 m² x 0,15 m = 315 m³

Waktu memuat (t_1)

Waktu tempu bermuatan (t_2)

Waktu tempu kosong (t_3)

Waktu lainnya (t_4)

Waktu siklus dari alat berat *dump truck* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t_1 = \frac{V \times 60}{Q_{ex} \times Bil}$$

$$t_1 = \frac{4 \times 60}{51,30 \times 1,65} = 2,83 \text{ menit}$$

$$t_2 = \frac{L}{v_1 \times 60}$$

$$t_2 = \frac{13000}{30000 \times 60} = 0,007 \text{ menit}$$

$$t_3 = \frac{L}{v_2 \times 60}$$

$$t_3 = \frac{13000}{40000 \times 60} = 0,005 \text{ menit}$$

$$C_t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

$$C_t = 2,83 + 0,007 + 0,005 + 2 \\ = 4,84 \text{ menit}$$

Perhitungan produktivitas per jam *dump truck* pada lapisan pondasi atas dihitung sebagai berikut:

$$Q_{dt} = \frac{V \times F_a \times 60}{C_t \times Bip}$$

$$Q_{dt} = \frac{4 \times 0,80 \times 60}{4,83 \times 1,81}$$

$$= 21,96 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas *dump truck* mencapai 21,96 m³/jam. Kemudian dari hasil produktivitas dapat ditentukan jumlah alat berat bekerja yang akan dibutuhkan. Berikut perhitungan jumlah waktu alat berat *dump truck*:

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produktivitas dump truck}}$$

$$\frac{315 \text{ m}^3}{21,96 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}(1 \text{ unit})} = 14,34 \text{ unit}$$

Jumlah unit *dump truck* keseluruhan membutuhkan 14,34 dibulatkan menjadi 15 unit. Jika produktivitas alat pemuat terhadap *dump truck* adalah 51,30 m³/jam maka *dump truck* didapatkan dari produktivitas alat tersebut dibagi dengan kapasitas bak *dump truck*, maka waktu kerja *dump truck* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\text{produktivitas excavator}}{\text{produktivitas dump truck}}$$

$$\frac{51,30 \text{ m}^3/\text{jam}}{22,96 \text{ m}^3/\text{jam}} = 2,33 \text{ jam (menyesuaikan dengan waktu alat berat excavator)}$$

Jika didapatkan waktu 2,33 jam dari jumlah produksi *excavator* dan 1 unit *dump truck*, dapat ditemukan kebutuhan keseluruhan waktu yang dibutuhkan *dump truck* dalam pekerjaan lapis pondasi atas ini, yaitu sebagai berikut:

Waktu yang didapatkan dari produksi *excavator* dan *dump truck*, dikalikan dengan keseluruhan jumlah unit untuk pekerjaan lapis pondasi atas ber volume 315 m³.

$$2,33 \times 14,34 = 33,41 \text{ jam}$$

Dibutuhkan 33,41 jam untuk *dump truck* bekerja dalam proyek ini, dari 33,41 jam dapat dikonferensikan ke hari 33,41 : 7 (jam kerja *dump truck*) = 4,77 dibulatkan menjadi 5 hari.

Gambar 3.4 dibawah ini meliputi alat berat *dump truck*



Gambar 3.4 Alat berat dump truck
Sumber: (feronika, 2022)

3.3.1.1 Biaya Operasional

Berdasarkan yang didapat:

1 m³ agregat kelas A = RP. 496.489.53 (didapat dari basic price 2020 Sulawesi Utara)

4 m³ (1 unit *dump truck*) x RP. 496.489,00 = Rp. 1.985.956,00

Dan jumlah unit yang dibutuhkan adalah 15 unit jadi dapat dihitung biaya keseluruhan *dump truck* sebagai berikut:

15 x Rp. 1.985.956,00 = Rp. 29.789.340,00

Jadi dari produktivitas per jam *dump truck* berjumlah 21,96 m³/jam dan waktu yang dibutuhkan sebanyak 5 hari, dapat dihitung biaya operasionalnya. Dari perhitungan diatas didapatkan biaya dalam penggunaan alat berat *dump truck* sebanyak Rp. 29.789.340,00

3.3.2 Motor Grader Kobelco G110

Panjang hamparan (L_h) = 50 m (didapat pada saat pengamatan langsung)

Lebar efektif (b) = 2,40 m (didapat dari AHSP 2018)

Faktor efisiensi alat (F_a) = 0,80 (Tabel 2.3)

Kecepatan (v) = 4 Km/jam (didapat dari AHSP 2018)

Tebal lapis agregat padat = 0,15 m (didapat pada saat pengamatan langsung)

Jumlah lintasan (n) = 6 lintasan

Jalur lintasan (N) = 3 lintasan

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar overlap (bo)} &= 0,30 \text{ m (didapat dari AHSP 2018)} \\
 \text{Luas} &= p \times l \\
 &= 350 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 2100 \text{ m}^2 \\
 \text{Volume pekerjaan} &= \text{luas} \times \text{tebal} \\
 &= 2100 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 315 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu siklus:

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \frac{Lh}{(v \times 1000) \times 60} \\
 t_1 &= \frac{50}{(4 \times 1000) \times 60} = 0,0002 \text{ menit} \\
 t_2 &= 2 \text{ menit} \\
 W &= t_1 + t_2
 \end{aligned}$$

$$W = 0,0002 + 2 = 2,0002 \text{ menit}$$

Setelah waktu siklus didapatkan, dapat menghitung jumlah produktivitas *motor grader* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{mg} &= \frac{Lh \times (N(b-bo)+b) \times t \times F_a \times 60}{n \times W} \\
 Q_{mg} &= \frac{50 \times (3(2,40-0,30)+0,30) \times 0,15 \times 0,80 \times 60}{6 \times 2,0002} \\
 &= 197,98 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Produktivitas *motor grader* mencapai 197,86 m³/jam. Kemudian dari hasil produktivitas dapat ditentukan jumlah alat yang dibutuhkan. Berikut perhitungan jumlah alat kerja alat berat *motor grader*:

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produktivitas per jam motor grader}} = \frac{315 \text{ m}^3}{197,98 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} = 1,59 \text{ jam}$$

waktu *motor grader* membutuhkan 1,59 jam mengikuti volume jalan. Jika produktivitas alat *dump truck* dalam membuang material ke badan jalan adalah 22,96 m³/jam maka *motor grader* didapatkan dari produktivitas alat tersebut dibagi dengan produktivitas *motor grader*, maka waktu kerja *motor grader* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\text{produktivitas per jam dump truck}}{\text{produktivitas per jam motor grader}}$$

$$\frac{22,96 \text{ m}^3/\text{jam}}{197,98 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,12 \text{ jam (untuk menyesuaikan dengan dump truck)}$$

Jika dalam satu unit *dump truck* 22,96 m³/jam maka alat berat *motor grader* dapat menghampar material dengan waktu 0,12 jam. Secara keseluruhan, waktu kerja *motor grader* tergantung dengan produktivitas *dump truck* untuk itu, mendapatkan waktu keseluruhan kerja *motor grader* dihitung demikian:

$$0,12 \text{ jam} \times 1,59 \text{ jam} \times 33,42 \text{ jam} \times 5 \text{ hari} = 31,88$$

$$31,88 : 7 \text{ (jam kerja motor grader)} = 4,55 \text{ hari}$$

Waktu *motor grader* menghamparkan material pada lapisan pondasi atas secara keseluruhan adalah 4,55 hari dan dibulatkan menjadi 5 hari dan sesuai dengan waktu kerja *dump truck*.

3.3.2.1 Biaya Operasional

Berdasarkan yang didapat

$$1 \text{ jam} = 8 \text{ liter}$$

$$\text{Per hari} = 8 \times 7$$

$$= 56 \text{ liter/hari}$$

$$\text{Biaya BBM } 56 \times 15.000 \text{ (didapat dari AHSP 2018)} = \text{Rp. } 840.000,00$$

$$\text{Biaya sewa operator} = \text{Rp. } 162.500,00$$

$$= \text{Rp. } 1.002.500,00$$

Gambar 3.5 dibawah ini meliputi alat berat *motor grader*



Gambar 3.5 Motor grader
Sumber: (Hadi H. ST, 2019)

Produktivitas *motor grader* mencapai 197,86 m³/jam. Kemudian dari hasil produktivitas dapat ditentukan jumlah alat yang dibutuhkan hanya 1 unit dan waktu yang diperlukan adalah 5 hari dengan biaya Rp. 1.002.500,00

3.3.3 *Water tank truck*

Kapasitas pompa air (Pa)	= 100 L/menit
Faktor efisiensi alat (Fa)	= 0,81 m (Tabel 2.3)
Volume tangki air (w_c)	= 0,07 m ³ (didapat dari spesifikasi <i>water tank</i>)
Kebutuhan air (V)	= 0,50 m ³ (pengamatan dilapangan)
Nilai perkalian dari kilometer kemeter	= 100
Luas	= p x l = 350 m x 6 m = 2100 m ²
Volume pekerjaan	= luas x tebal = 2100 m ² x 0,15 m = 315 m ³

Produktivitas *water tank* /jam

$$Q_{wt} = \frac{Pa \times Fa \times 60}{1000 \times W_c}$$

$$Q_{wt} = \frac{100 \times 0,83 \times 60}{1000 \times 0,07}$$

$$= 71,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas *water tank* mencapai 71,14 m³/jam. Kemudian dari hasil produktivitas dapat ditentukan waktu kerja alat berat yang akan dibutuhkan. Berikut perhitungan waktu kerja:

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{kapasitas bak dump truck}}$$

$$\frac{315}{71,14} = 4,42 \text{ jam}$$

Jumlah *water tank* yang dibutuhkan

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produktivitas} \times \text{lama waktu}}$$

$$\frac{315 \text{ m}^3}{71,14 \text{ m}^3 \times 4,42} = 1,001$$

Dari hasil perhitungan diatas, jumlah unit *water tank* yang dibutuhkan pada pekerjaan lapisan pondasi atas adalah 1,001 yang dibulatkan menjadi 1 unit.

3.3.3.1 Biaya Operasional

Berdasarkan data yang di peroleh, didapatkan kebutuhan operasional sebagai berikut :

1 jam = 7 liter solar

Hari = $7 \times 9 = 63$ liter

Biaya BBM 63×15.000 (didapat dari AHSP 2018) = Rp. 945.000,00 : 4.42
= Rp. 213.800,00

Sewa operator = Rp. 162.500,00

= Rp. 394.300,00

Berikut Gambar 3.6 menunjukkan alat berat Water tank



Gambar 3.6 Water tank truck

Sumber: (nuttapong, 2016)

Produktivitas *water tank* mencapai $71,14 \text{ m}^3/\text{jam}$. Kemudian dari hasil produktivitas dapat ditentukan jumlah alat yang dibutuhkan hanya 1 unit dan waktu yang diperlukan adalah 4,42 jam dengan biaya Rp. Rp. 394.300,00

3.3.4 *Vibration Roller Hamm type 311 D/P*

Pekerjaan tanah pemadatan pada STA 3+750 – STA 4+100

Kecepatan rata-rata (v) = 1,50 Km/jam (didapat dari AHSP 2018)

Lebar efektifitas *roller* (b) = 1,02 m

Jumlah jalur lintasan (N) = 3 (pengamatan pada lokasi proyek)

Jumlah lintasan (n) = 20 lintasan (pengamatan pada lokasi proyek)

Faktor overlap (bo) = 0,30 m (didapat dari AHSP 2018)

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor efisiensi alat (F}_a\text{)} &= 0,81 \text{ (Tabel 2.3)} \\
 \text{Tebal lapis agregat padat (t)} &= 0,15 \text{ m (pengamatan pada lokasi proyek)} \\
 \text{Luas} &= p \times l \\
 &= 350 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 2100 \text{ m}^2 \\
 \text{Volume pekerjaan} &= \text{luas} \times \text{tebal} \\
 &= 2100 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 315 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas per jam dari alat berat *vibration roller*:

$$\begin{aligned}
 Q_v &= \frac{(v \times 1000) \times (N(b-bo)+bo) \times t \times F_a}{n} \\
 Q_v &= \frac{(1,50 \times 1000) \times (3(1,02-0,30)+0,30) \times 0,15 \times 0,83}{20} \\
 &= 22,97 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Produktivitas *vibration roller* mencapai 22,97 m³/jam. Kemudian dari hasil produktivitas dapat ditentukan waktu kerja alat berat yang akan dibutuhkan. Berikut perhitungan waktu kerja:

$$\begin{aligned}
 &\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produktivitas per jam vibration roller}} \\
 &\frac{315 \text{ m}^3}{22,97 \text{ m}^3/\text{jam}} = 13,71 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Alat berat *vibration roller* memiliki waktu pekerjaan 5 jam per hari jika didapatkan hasil keseluruhan 13,71 jam yang dibutuhkan oleh alat berat ini, maka jika dihitung berapa hari *vibration roller* bekerja menyesuaikan dengan produktivitas *motor grader* dapat menghasilkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &\frac{\text{produktivitas per jam vibration roller}}{\text{produktivitas per jam motor grader}} \\
 &\frac{22,97 \text{ m}^3/\text{jam}}{197,88 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,12 \text{ jam (menyesuaikan motor grader)}
 \end{aligned}$$

Jika dalam produktivitas *motor grader* 197,98 m³/jam maka *vibration roller* dapat memadatkan material dengan waktu 0,12 jam. Secara keseluruhan, waktu kerja *motor grader* tergantung dengan produktivitas *motor grader* untuk itu, mendapatkan waktu keseluruhan kerja *motor grader* dihitung demikian:

$$\begin{aligned}
 &0,12 \text{ jam} \times 13,71 \text{ jam} \times 31,88 = 52,44 \\
 &55,73 : 7 \text{ (jam kerja vibration roller)} = 7,9 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Secara keseluruhan *vibration roller* membutuhkan 7,9 hari (dibulatkan menjadi 8 hari)

3.3.4.1 Biaya Operasional

Berdasarkan data yang di peroleh, didapatkan kebutuhan oprasional sebagai berikut :

1 jam = 7 liter solar

Hari = 7 x 7 = 49 liter

Biaya BBM 49 x 15.000 (didapat dari AHSP 2018) = Rp. 735.000,00

Sewa operator = Rp. 162.500,00

= Rp. 897.500,00

Gambar 3.7 menampilkan pemadatan lapisan perkerasan menggunakan *vibration roller*



Gambar 3.7 pemadatan lapisan perkerasan menggunakan vibration roller
Sumber: (Ndayun, 2014)

Produktivitas *water tank* mencapai 22,97 m³/jam. Kemudian dari hasil produktivitas dapat ditentukan jumlah alat yang dibutuhkan hanya 1 unit dan waktu yang diperlukan adalah 8 hari dengan biaya Rp. 897.500,00

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Isi kesimpulan ini mengenai analisa produktivitas kebutuhan alat berat yang digunakan pada pekerjaan lapis pondasi atas. dengan demikian, berikut ini yang beberapa produktivitas mengenai alat berat *dump truck*, *motor grader*, *vibration roller*.

1. *Dump truck*

Alat berat ini mendapatkan produktivitas 17,48 m³/jam dengan membutuhkan waktu 5 hari dan *dump truck* dalam pekerjaan lapisan pondasi atas ini. Secara keseluruhan *dump truck* yang digunakan sebanyak 15 unit atas volume pekerjaan 315 m³ biaya operasional *dump truck* Rp. 29.789.340,00

2. *Motor grader*

Jumlah alat yang dibutuhkan dalam Penghamparan material pada lapisan pondasi atas 1 unit *motor grader* dengan type kobelco G110 memerlukan produktivitas alat 197,86 m³/jam dengan jumlah waktu secara keseluruhan 5 hari Dengan biaya Rp. 1.002.500,00

3. *Water tank truck*

Jumlah Produktivitas *water tank* mencapai 71,14 m³/jam. Dan memerlukan jumlah keseluruhan waktu sebanyak 4,42 jam. Dan *water tank* dibutuhkan 1 unit dalam pekerjaan ini, dengan jumlah biaya Rp. 394.300,00

4. *Vibration roller*

Produktivitas per jam pemadatan alat berat *vibration roller* pada pekerjaan lapisan pondasi atas 22,97 m³/jam. Dan waktu yang diperlukan alat berat ini adalah 8 hari dan kebutuhan unit 1 dengan biaya Rp. 897.500,00

4.2 Saran

1. Dalam melakukan perhitungan produktivitas alat berat maka data-data harus betul dan benar-benar diperhatikan dari kapasitas, waktu siklus, dan efisiensi kerja alat. Karena hal tersebut akan menentukan produksi alat yang digunakan.
2. Jumlah alat yang akan digunakan hendaknya harus disesuaikan dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pelaksanaan pekerjaan tersebut.
3. Alat yang akan digunakan harus dengan menyesuaikan jenis lokasi yang ada dilapangan.
4. Melihat langsung keadaan proyek yang akan dikerjakan, dan meneliti kemungkinan-kemungkinan yang terjadi jika digunakan alat berat pada proses pengerjaannya.
5. Pemilihan material yang harus sesuai spesifikasi umum, agar tidak menimbulkan kerugian dan tidak merugikan pihak lain.

Daftar Pustaka

- AHSP 2018. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Basic Price 2020 Sulawesi Utara. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta,
- Dep. Pekerjaan Umum.2018.*Panduan Analisa Harga satuan*. Direktorat Jendral Bina Marga
- Rochmanhadi, *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1999
- Rochmanhadi, *Prehitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta 2016
- Rochmanhadi, 1986, "Alat-Alat Berat dan Penggunaanya" Dep.Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Rochmanhadi, 2014, "Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Menggunakan Alat-Alat Berat". Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- Wigroho.H.Y., & Suryadarma, 2000, "Pemindahan Tanah Mekanis". Institut Teknologi Malang
- Rostiyanti, Susy F., *Alat Berat untuk Konstruksi*, Badan penerbit pekerjaan umum Jakarta, 1990
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan lentur jalan raya, Badan penerbit pekerjaan umum Jakarta
- Wigroho,H.Y., & Suryadarma, 2018, "Alat.alat Berat". Penerbitit Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Wilopo, Djoko, *Metode kontruksi dan Alat-alat Berat*, Penerbitt Universitas Indonesia, Jakarta, 2009

Lampiran

1. Pekerjaan penempatan material LPA



Lampiran 1

2. Penghamparan material menggunakan *motor grader*



Lampiran 2

3. Penyiraman menggunakan *water tank truck*



Lampiran 3

4. Pemasatan menggunakan *vibration roller*



Lampiran 4