

Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Konstruksi Perkerasan Jalan Di Ruas Jalan Oeprigi-Haekto, Nusa Tenggara Timur

Agustinus Kenjam¹, Lila Khamelda², Sunik³

^{1,2,3}Prodi Teknik Sipil - Universitas Katolik Widya Karya Malang, Indonesia

Alamat: Universitas Katolik Widya Karya Malang – Jl. Bondowoso No 2 Malang

*Korespondensi penulis: 202032017@widyakarya.ac.id

Abstract. Subgrade work and road pavement layer work carried out on the Oeprigi–Haekto road project were implemented along 1,000 m with a road width of 6 m. The performance of heavy equipment used for foundation and pavement works on the Oeprigi–Haekto road project was analyzed. The results show that for excavation work of 1,229.3 m³, one Excavator has a productivity of 1,237.04 m³/day with a duration of 0.99 days, while nine dump trucks have a productivity of 4,888.08 m³/day with a duration of 0.26 days. Embankment work of 182.02 m³ uses one Excavator with a productivity of 1,237.04 m³/day and a duration of 0.16 days, nine dump trucks with 4,888.08 m³/day in 0.53 days, one motor grader with 5,953.52 m³/day in 0.43 days, and two vibro rollers with 283.52 m³/day in 9.07 days. The subbase layer work of 1,200 m³/day uses one Excavator with a productivity of 1,237.04 m³/day in 0.18 days, nine dump trucks with 2,333.05 m³/day in 0.53 days, one motor grader with 5,953.52 m³/day in 0.21 days, and two vibro rollers with 283.52 m³/day in 4.24 days. The base layer work of 800 m³/day uses one Excavator with a productivity of 1,237.04 m³/day in 0.65 days, nine dump trucks with 2,333.05 m³/day in 0.54 days, one motor grader with 5,953.52 m³/day in 0.14 days, and two vibro rollers with 283.52 m³/day. The surface layer of 160 m³ uses an asphalt finisher with a productivity of 47.81 m³/day in 0.42 days and a tandem roller with 24.11 m³/day in 0.83 days.

Keywords: Heavy equipment productivity, Subgrade work., Road pavement layers, Excavator and dump trucks, Motor grader, vibro roller, asphalt finisher

Abstrak. Pekerjaan tanah dasar dan pekerjaan lapisan perkerasan jalan yang terlaksana di Proyek jalan Oeprigi-Haekto dilakukan sepanjang 1000 m dengan lebar 6 m. Kinerja alat berat yang mengerjakan pekerjaan pondasi dan pengerasan jalan proyek jalan Oeprigi-Haekto dianalisis. Hasil analisis menunjukkan produktivitas harian alat berat dalam pekerjaan galian 1229,3 m³ yaitu 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 1237,04 m³/hari dan durasi 0,99 hari sedangkan 9 Dump Truck sebesar 4888,08 m³/hari dengan durasi 0,26 hari. Pekerjaan Timbunan 182,02 m³ yaitu 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 1237,04 m³/hari dan durasi 0,16 hari, 9 Dump Truck 4888,08 m³/hari dalam durasi 0,53 hari, 1 Motor Grader 5953,52 m³/hari dalam durasi 0,43 hari, dan 2 Vibro Roller 283,52 m³/hari dalam durasi 9,07 hari. Pekerjaan lapisan pondasi bawah 1200 m³/hari yaitu 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 1237,04 m³/hari dalam durasi 0,18 hari, 9 Dump Truck 2333,05 m³/hari dalam durasi 0,53 hari, 1 Motor Grader 5953,52 m³/hari dalam durasi 0,21 hari, dan 2 Vibro Roller 283,52 m³/hari dalam durasi 4,24 hari. Pekerjaan lapisan pondasi atas 800 m³/hari yaitu 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 1237,04 m³/hari dalam durasi 0,65 hari, 9 Dump Truck 2333,05 m³/hari dalam durasi 0,54 hari, 1 Motor Grader 5953,52 m³/hari dalam durasi 0,14 hari, dan 2 Vibro Roller 283,52 m³/hari. Lapisan permukaan 160 m³ yaitu Asphalt Finisher 47,81 m³/hari dalam durasi 0,42 hari, dan Tandem Roller 24,11 m³/hari dalam durasi 0,83 hari.

Kata kunci: Produktivitas alat berat, Pekerjaan tanah dasar, Lapisan perkerasan jalan, Excavator dan Dump Truck, Motor Grader, Vibro Roller, Asphalt Finisher.

1. LATAR BELAKANG

Pekerjaan teknik sipil dalam skala besar tidak dapat diselesaikan tanpa menggunakan alat berat. Sumber daya alat berat menjadi faktor utama dalam pelaksanaan proyek jalan pembangunan terutama dalam proyek jalan. Alat berat yang digunakan dalam proyek jalan meliputi alat penggalian, alat pengeboran, alat bongkar muat, alat angkut, alat pengerasan jalan, alat pemadatan, dan lainnya akan diproduksi oleh pabrik sesuai dengan karakteristiknya.

Pengguna perlu menggunakan alat berat secara efektif, perlu pemahaman terhadap jenis, kemampuan, keterbatasan dan biaya operasional alat (Sarwandy & Royan, 2021).

Peningkatan jumlah kendaraan berdampak pada peningkatan kepadatan lalu lintas. Hal tersebut juga terjadi di Kabupaten Timor Utara Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Timur sehingga sangat dibutuhkan prasarana transportasi dengan kondisi baik. Tahun 2023 telah dibangun konstruksi jalan yang menghubungkan wilayah Oeprigi dan Haekto di Kecamatan Noemuti Timur dengan panjang 5120 m, lebar 4 m dengan lebar bahu 1 m pada tiap sisi jalan.

Proyek jalan Oeprigi-Haekto terletak pada medan terjal dengan kondisi jalan eksisting yang rusak disebabkan sering terjadinya bencana alam sehingga alat berat sangat diperlukan untuk mempercepat proyek tersebut. Penempatan alat berat disesuaikan dengan kondisi lapangan karena akan berdampak terhadap produktivitas alat berat, tujuan, jadwal dan sasaran yang telah ditetapkan. Proyek tersebut menggunakan alat berat antara lain *Excavator*, *Dump Truck*, *Grader*, *Vibro Roller*, *Asphalt Finisher* dan *Tandem Roller*.



Gambar 1. Peta Lokasi
Sumber: Google Maps

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Pengertian Alat Berat

Alat berat yang digunakan dalam ilmu teknik sipil merupakan peralatan yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur (Rahmanto & Indriyana, 2023). 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. Alat berat merupakan hal yang paling penting dalam suatu proyek pada saat ini, terutama proyek konstruksi dengan skala yang cukup besar.

Tujuan dari penggunaan alat berat yaitu untuk mempermudah manusia dalam mengerjakan pekerjaannya dan mendapatkan hasil yang diharapkan serta dapat tercapai dengan lebih mudah dan dalam waktu yang relatif singkat. Kontraktor akan memilih alat berat yang

sesuai dengan proyek yang akan dijalankan ketika suatu proyek akan dimulai Penggunaan alat berat pada proyek juga untuk mengoptimalkan pekerjaan, termasuk dalam proyek pembangunan jalan, tetapi penggunaan alat berat yang berlebihan dapat menimbulkan kenaikan biaya yang cukup besar. Penggunaan alat berat dalam konstruksi jalan telah menjadi praktik umum dalam industri konstruksi modern. Pengetahuan terhadap fungsi alat berat merupakan langkah awal yang penting dalam memahami optimasi alat berat untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam proyek peningkatan infrastruktur jalan (Rostiyanti, 2008)

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat agar tidak terjadi kesalahan pemilihan alat, antara lain: (Rostiyanti, 2008)

1. Fungsi yang akan dijalankan.
2. Daya pengangkat.
3. Bagaimana bertindak
4. Batasan metode yang digunakan.
5. Ekonomi.
6. Jenis proyek.
7. Lokasi proyek.
8. Jenis tanah dan daya dukungnya.
9. Kondisi lapangan

2.2 Produktivitas Alat Berat

Kapasitas produksi atau produktivitas alat berat dapat diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap input (komponen produksi, misalnya: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Analisis produktivitas dapat dinyatakan sebagai rasio antara *output* terhadap *input* dan waktu (jam atau hari), jika *input* dan waktu kecil maka *output* semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi. Analisis produktivitas alat berat pada lapisan perkerasan jalan dalam konteks peningkatan ruas jalan bertujuan untuk mengevaluasi seberapa efisien dan efektif alat berat dalam melakukan tugas-tugas konstruksi yang diperlukan untuk proyek tersebut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2012).

Produktivitas aktual peralatan lapangan akan bervariasi dari produktivitas peralatan pada kondisi peralatan ideal disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya: medan, keterampilan operator, pengoperasian dan pemeliharaan peralatan. Produktivitas standar peralatan dalam kondisi ideal dikalikan dengan koefisien yang disebut Efisiensi Kerja Alat. Nilai Efisiensi Kerja sulit untuk ditentukan secara pasti. Departemen Pekerjaan Umum (DPU) memberikan Nilai Efisien Kerja dan faktor yang mempengaruhi hasil produksi peralatan berdasarkan

pengalaman penggunaan peralatan sebagai berikut: (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2012)

Tabel 1. Efisiensi Kerja Alat Berat

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2012)

Produktivitas alat berat yang dianalisis dalam tugas akhir ini berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan pada proyek pembangunan jalan Oeprigi-Haekto, antara lain: *Excavator*, *Motor*, *Grader*, *Vibro Roller*, *Asphalt Finisher* dan *Tandem Roller*.

2.2.1 *Excavator*

Excavator adalah alat berat yang digunakan untuk pekerjaan galian tanah, batu, pondasi, atau bahan lainnya dengan menggunakan bantuan lengan penggali yang dapat bergerak secara vertikal dan horizontal. *Excavator* memiliki tiga komponen utama, yaitu *rotating cab*, lengan, dan *bucket*. Komponen tersebut menyebabkan *Excavator* memiliki daya dan mobilitas penggalian yang unggul. *Excavator* sering digunakan karena dapat mempercepat waktu pengerjaan. *Excavator* juga berfungsi dalam mengangkat dan memindahkan material, mengeruk sungai, mempermudah dalam pekerjaan pertambangan, menggali parit, alat penghancur gedung, serta perataan permukaan tanah (Rostiyanti, 2008)



Gambar 2. *Excavator*

Industri yang sering menggunakan excavator antara lain konstruksi, pertambangan, dan infrastruktur. Faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas *Excavator*, yaitu : (Arparts, 2020)

1. Kondisi kerja, kondisi dan jenis tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi kerja. Jarak pembuangan dan kemampuan operator untuk mengendalikan alat berat serta banyak faktor lainnya mempengaruhi.
2. Kondisi mesin dan alat berat harus diperiksa secara berkala. Kapasitas *bucket* dan pelengkap yang akan digunakan direkomendasikan sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan.

3. Kapasitas pengangkatan, yang mempengaruhi kedalaman penggalian dan sudut *bucket*. Hal ini mempengaruhi lamanya waktu.
4. Siklus pengisian *bucket* sampai terisi dengan beberapa gerakan atau dengan mengisi dan membawa *bucket* yang berisi satu material hasil galian.

$$Q = V(60/CT)S \times BFF \times E \quad (1)$$

Dimana:

Q = Produktivitas (m^3/jam)

V = Kapasitas *Bucket* (m^3)

CT = Waktu Siklus (menit)

S = Faktor Koreksi untuk Kedalaman Sudut Putar

BFF = *Bucket Fill Faktor* untuk Alat Penggali

E = Efisiensi Alat

P = Produktivitas ($m^3/hari$) dari (Q x Jumlah Alat x Lama kerja 1 hari)

Tabel 2. Waktu Siklus *Backhoe Beroda Crawler* (menit)

Jenis material	Ukuran Alat		
	<0,76 m^3	0,94-1,72 m^3	>1,72 m^3
Kerikil, pasir, tanah organik	0,24	0,30	0,4
Tanah, lempung lunak	0,30	0,375	0,5
Bantuan, lempung keras	0,375	0,462	0,6

Sumber: Nunnally (1998)

Tabel 3. Faktor Koreksi Untuk Kedalaman dan Sudut Putar

Kedalaman Galian (% dari maks)	Sudut putar ($^{\circ}$)					
	45	60	75	90	120	180
30	1,33	1,26	1,21	1,15	1,08	0,95
50	1,28	1,21	1,16	1,10	1,03	0,91
70	1,16	1,10	1,05	1,00	0,94	0,83
90	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,75

Sumber: Nunnally (1998)

Tabel 4. Faktor Koreksi (BFF)

Material	BFF (%)
Tanah dan tanah organik	80-110
Pasir dan kerikil	90-100
Lempung keras	65-95
Lempung basah	50-90
Batuan dengan peledakan buruk	40-70
Batuan dengan peledakan baik	70-90

Sumber: Nunnally (1998)

Tabel 5. Faktor *Swing* Penggalian dan Sudut Putar

Kedalaman optimum (%)	Besar sudut <i>swing</i> (derajat)						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0,93	0,85	0,85	0,80	0,72	0,65	0,59
60	1,10	1,03	0,96	0,91	0,81	0,73	0,66

Kedalaman optimum (%)	Besar sudut <i>swing</i> (derajat)						
	45	60	75	90	120	150	180
80	1,22	1,12	1,04	0,98	0,86	0,77	0,69
100	1,26	1,16	1,07	0,85	0,88	0,79	0,71
120	1,20	1,11	1,03	0,97	0,86	0,77	0,70
140	1,12	1,04	0,97	0,91	0,81	0,73	0,66
160	1,03	0,96	0,90	0,85	0,75	0,67	0,62

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Tabel 6. Tabel Putar *Excavator*

Sudut Putar	Waktu Putar
45°-90°	4 - 7
90°-180°	5 - 8

Sumber: Rochmanhadi (1986)

2.2.2 *Dump Truck*

Dump Truck adalah alat angkut jarak jauh, dimana medan yang dilalui dapat berupa dataran, tanjakan (dataran tinggi, perbukitan, pegunungan) atau turunan (dataran rendah, lembah). Mengemudikan *Dump Truck* di medan perbukitan membutuhkan keterampilan pengemudi atau operator. Pengemudi harus segera bertindak untuk mengganti gigi ke gigi yang lebih rendah bila mesin tidak dapat digerakkan dalam kecepatan tinggi. Alat berat berpotensi tidak bergerak ke atas pada tanjakan jika terlambat memindah gigi ke rendah, yang akan menyebabkan *Dump Truck* bergerak mundur ke arah bawah. Penggunaan gigi rendah pada jalan menurun juga perlu dipertimbangkan, karena kebiasaan berkendara dengan kecepatan tinggi hanya dengan mengerem sangat berbahaya dan dapat berakibat buruk.

Ketika menempatkan *Dump Truck* selama pemuatan, pengemudi memainkan peran yang sangat penting, karena selama pemuatan, produksi organisasi pengangkutan dan penggalian peralatan ditentukan. Posisikan *dump Truck* dengan cepat pada posisi memuat sehingga *swing* dari alat kecil. Posisi Dumper yang akan dimuat biasanya dijaga oleh pengemudi *excavator*, apalagi jika *Dumper* berukuran besar, bantuan pengemudi sangat diperlukan untuk mengatur penempatan *Dump Truck* pada posisi pemuatan yang baik. Untuk memudahkan pemuatan, *dump truck* sebaiknya diletakkan dengan punggung menghadap penggali atau searah dengan pergerakan penggali. Saat memuat batu yang sangat besar dengan *excavator* besar, yang terbaik adalah mengarahkan *Dump Truck* ke *excavator* untuk mencegah batu jatuh ke dalam kabin *Dump Truck*.

Operator harus memastikan bahwa roda terletak di atas permukaan yang cukup keras, untuk menghindari ban terperosok ke dalam tanah yang kurang padat pada saat beroperasi dan menyebabkan selip. Selip harus dihindari yaitu ketika kendaraan bergerak ke samping yang tidak terkendali oleh operator. Selip biasanya terjadi ketika roda berputar lebih cepat dari yang harus, misalnya saat kendaraan melakukan rem, atau jika putaran roda lebih lambat dari

gerakan kendaraan. Hal ini juga dapat terjadi pada tikungan tajam dimana kendaraan melaju dalam kecepatan tinggi.



Gambar 3. *Dump truck*

Rumus umum untuk menghitung produktivitas alat berat *Dump Truck* berat sebagai berikut: (Onesimus Fran Ewal et al., 2020)

$$Q = V \left(\frac{60}{CT} \right) E \quad (2)$$

Dimana:

Q = Produktivitas (m³/jam)

V = Kapasitas *Bucket* (m³)

CT = Waktu Siklus (mnt)

E = Efisiensi Alat

Tabel 7. Kecepatan *Dump Truck* Secara Umum

Kondisi lapangan	Kondisi beban	Kecepatan (v), km/jam
Datar	isi	40
	kosong	60
Menanjak dan Menurun	Isi	20
	kosong	40

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Kecepatan tersebut adalah perkiraan umum. Besar kecepatan bisa berubah sesuai dengan medan, kondisi jalan, kondisi cuaca, serta kondisi kendaraan.

2.2.3 *Motor Grader*

Motor Grader adalah jenis alat khusus yang dilengkapi sebuah pisau panjang (*blade*) dan mesin sortir, yang biasanya dikenal sebagai sarana untuk meratakan permukaan pada medan konstruksi. Ciri khas *Motor Grader* yaitu mempunyai tiga roda, dan memiliki mesin serta kabin yang terletak dibagian belakang roda belakang. Penggunaan mesin *Motor Grader* bertujuan untuk proses akhir (meratakan dengan tepat) “permukaan yang keras/kasar” (Rostiyanti, 2008).



Gambar 4. *Motor Grader*

Rumus umum untuk menghitung produktivitas alat berat *Motor Grader* sebagai berikut: (Donald Donny Supit, 2024):

$$Q = \frac{Lh \times W \times T \times E \times 60}{CT} \quad (3)$$

Dimana:

Q = Produktivitas (m³/jam)

W = Lebar Efektif *Blade* (m)

E = Efisiensi Alat

T = Tebal Penghamparan (m)

Lh = Panjang Penghamparan (m)

CT = Waktu Siklus (mnt)

Tabel 8. Kecepatan *Motor Grader* Sesuai Dengan Pekerjaan

Pekerjaan	Kecepatan (km/jam)
Membuat Slope	4,0
Menggali Saluran	4,0 – 6,4
Perawatan Jalan	6,4 – 9,7
Perataan Akhir	6,5 – 14,5
Penebaran Material	9,7 – 14,5
Pencampuran	14,5 – 32,2

2.2.4 *Vibro Roller*

Vibro Roller adalah alat berat yang dipakai untuk pemadatan material dengan getaran. *Vibro Roller* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Single Drum* dan *Double Drum*. *Double Drum* memiliki tekanan yang lebih besar dari pada *Single Drum*. Cara kerja *Vibro Roller* adalah dengan menggerakkan silinder di dalamnya. Silinder ini akan berputar dan menghasilkan getaran yang ditransmisikan ke permukaan tanah. Getaran ini akan membuat partikel tanah saling mengisi ruang kosong dan menjadi lebih padat (Arparts, 2020).

Alat ini biasa digunakan dalam proyek konstruksi jalan dan pondasi. *Vibro Roller* memiliki beberapa fungsi, antara lain:

1. Menggilas aspal beton agar permukaan jalan lebih merata dan kuat.
2. Membasah dan membersihkan medan kerja dari debu yang berterbangan dengan tangki air berkapasitas 25 liter.
3. Mencegah penumpukan kotoran seperti debu dan kerikil di permukaan tanah.
4. Memadatkan serta meratakan permukaan tanah agar lebih solid dan optimal.

Vibro Roller dirancang khusus untuk digunakan dalam pekerjaan yang pemadatan tanah. *Vibro Roller* memiliki kemampuan menghasilkan pemadatan tanah menjadi lebih optimal. Keseluruhan permukaan akan menjadi lebih dinamis dan padat karena partikel tanah yang

dipadatkan dengan mesin ini akan mengisi seluruh rongga yang ada. Alat ini cocok untuk berbagai ukuran proyek konstruksi, baik skala kecil maupun skala besar.



Gambar 5. Vibro Roller

Rumus umum untuk menghitung produktivitas alat berat Vibro Roller sebagai berikut: (Onesimus Fran Ewal et al., 2020)

$$Q = \frac{100 \times V \times W \times H \times E}{N} \quad (4)$$

Dimana:

Q = Produktivitas (m³/jam)

V = Kecepatan Rerata (km/jam)

W = Lebar per *Pass* (m) → Lebar *Roller*

E = Efisiensi Alat

H = Tebal Pemadatan (m)

N = Jumlah *pass* (lintasan) pemadatan (lintasan)

2.2.5 Asphalt Finisher

Asphalt Paver atau *Asphalt Finisher* merupakan suatu alat berat yang mempunyai roda atau *crawler* yang dilengkapi dengan sistem penghamburan campuran aspal pada permukaan pondasi jalan. *Asphalt Paver* dengan roda ban sebaiknya digunakan pada pengaspalan jalan dimana alat tersebut sering dipindahkan.

Asphalt Paver dengan roda *crawler* berfungsi dengan baik dan lebih cocok pada kondisi jalan yang akan dibangun menanjak atau menurun. Hal ini karena pengerasan jalan jaringan lebih stabil dibandingkan penyebar pneumatik. Di depan terdapat *hopper* yang menerima campuran aspal dari belakang atau bawah *Dump Truck*. Alat penyebar aspal bekerja dengan cara menyebarkan campuran aspal pada permukaan pondasi jalan dengan menggunakan alat *conveyor* dan alat *auger*. *Conveyor* mendistribusikan campuran aspal secara merata dan menghindari segregasi.



Gambar 6. Asphalt Paver

Perhitungan produktivitas Asphalt Paver dapat memakai rumus berikut ini: (Handayani & Akbar, 2020)

$$Q = W \times V \times H \times E \times 60 \text{ mnt/jam} \quad (5)$$

Dimana :

Q = Produktivitas (m^3/jam)

W = Lebar Penghamparan (m)

V = Kecepatan Kerja (m/mnt)

H = Tebal Lapisan (m)

E = Faktor Efisiensi Kerja Alat

2.2.6 Tandem Roller

Tandem Toller adalah alat yang memberikan beban sama lintasan melalui tiap rodanya dengan berat 8-14 ton. Penambahan beban diakibatkan oleh pengisian zat cair (*ballasting*) berkisar antara 25% hingga 60% dari pada roda penggilas.



Gambar 7. Tandem Roller

Penambahan kepadatan pada pekerjaan penggilsan dapat dengan menggunakan *three axle roller*. Jangan menggunakan *Tandem Roller* sebagai *roller* pada batu yang keras dan tajam, karena dapat merusak roda *roller*. Campuran aspal cenderung mengisi ruang-ruang kosong antar agregat dasar, sehingga lapisan permukaannya dipadatkan dengan susunan yang lebih kompak. (Rochmanhadi, 1992).

Produktivitas *Tandem Roller* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut: (Rochmanhadi, 1992)

$$Q = \frac{W \times S \times L}{N} \times E \quad (6)$$

Keterangan :

Q = Produktifitas (m^3/jam)

W = Lebar Roller (m)

S = Kecepatan Gerak Alat (km/jam)

L = Tebal Pemadatan (m)

N = Jumlah Gerak Bolak Balik atau Lintasan

E = Efisiensi Kerja Alat

2.3 Pekerjaan Lapisan Perkerasan Jalan

Badan jalan yang menjadi media lintasan arus lalu lintas merupakan konstruksi yang terdiri dari lapisan perkerasan. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan. Lapisan perkerasan berfungsi memberikan pelayanan untuk sarana transportasi dimana selama masa layanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan (Sukirman, 2003).

2.3.1 Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Konstruksi Pekerjaan Lentur (*Flexible Pavement*) yaitu perkerasan menggunakan bahan ikat aspal yang sifatnya lentur terutama pada saat panas. Lapisan perkerasannya bersifat memikul beban dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (*subgrade*) (Sukirman, 1999).



Gambar 8. Konstruksi Perkerasan Lentur

Sumber: Bina Marga (2017)

Obyek dalam analisis ini adalah struktur perkerasan lentur pada badan jalan. Perkerasan lentur umumnya dibuat secara berlapis dan terdiri atas:

1. Lapisan permukaan (surface course) yaitu lapisan aus dan lapis antara.
2. Lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi atas (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan ini diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*).

Setiap elemen lapisan, termasuk lapisan dasar, memikul beban lalu lintas. Ketebalan struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sehingga membatasi kemampuan pondasi dalam memikul beban lalu lintas atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat bergantung pada kondisi atau daya dukung pondasi. Penjelasan mengenai tiap lapisan sebagai berikut:

A. Lapisan Tanah Dasar atau *Subgrade Coarse*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah bagian terbawah suatu konstruksi jalan raya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat. Lapisan tanah dasar ditinjau dari asalnya dibedakan atas: (Sukirman, 1999)

1. Tanah Galian.
2. Tanah Urugan.
3. Tanah Asli.

Persyaratan untuk lapisan tanah dasar lebih longgar karena hanya menerima muatan tanah dasarnya dan pondasi atas yang pengaruhnya sudah mengecil, sedangkan muatan pondasi bawah sudah tidak berpengaruh lagi (Permen PUPR, 2016).

Pekerjaan tanah dalam konstruksi jalan meliputi penggalian dan penimbunan yang merupakan persiapan badan jalan. Prinsip dasar pekerjaan tanah, baik dari tanah atau batuan mempunyai karakteristik yang kompleks dan tidak konsisten. Pekerjaan tanah juga sangat dipengaruhi oleh musim seperti cuaca, curah hujan, dan rembesan air.

B. Lapisan Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Pekerjaan pondasi terdiri atas penyiapan, penanganan, pengangkutan, penghamparan, pembasahan dan pemadatan material pondasi granular yang disetujui menurut gambar kerja dan atas petunjuk Direktur Teknik. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) terdiri dari material pilihan, misalnya kerikil alam yang stabil, tetapi material ini mungkin tidak sepenuhnya memenuhi syarat karakteristik seperti yang disyaratkan dalam lapis pondasi (*base*). Penggunaan lapis pondasi bawah bertujuan untuk membentuk lapis perkerasan yang relatif cukup tebal (untuk tujuan penyebaran beban), tetapi dengan biaya yang relatif lebih murah. Kualitas lapis pondasi bawah dapat sangat bervariasi, sejauh persyaratan tebal rancangan terpenuhi. (Hary Christady Hardiyatmo, 2007)

Fungsi dari lapis pondasi bawah perkerasan lentur:

1. Sebagai bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan.
2. Untuk efisiensi penggunaan material, agar lapisan yang lain dapat dikurangi tebalnya, sehingga menghemat biaya.
3. Untuk mencegah material tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
4. Sebagai lapisan pertama, agar pelaksanaan pembangunan jalan berjalan lancar.

C. Lapisan Pondasi Atas (LPA) atau *Base Coarse*

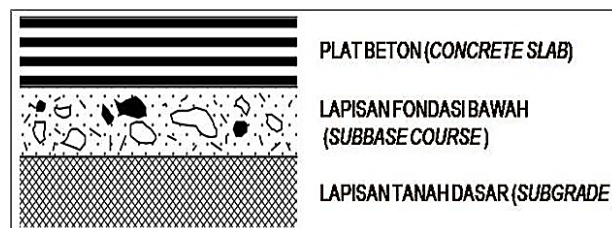
Lapisan pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak di antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah. Lapis pondasi atas merupakan lapisan struktur utama diatas lapis pondasi bawah (atau di atas lapis tanah dasar dimana tidak dipasang lapis pondasi bawah). Pembangunan lapis pondasi atas terdiri dari pengadaan, pemrosesan, pengangkutan, penghamparan, penyiraman dengan air dan pemadatan agregat batu atau kerikil alami pilihan. Adapun fungsi lapisan pondasi atas adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda yang menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
2. Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

2.3.2 Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan beton semen, atau sering juga disebut dengan perkerasan kaku, terdiri dari pelat (*slab*) beton semen sebagai lapisan pondasi dan lapisan dasar (bisa ada atau tidak) di atas lapisan dasar. Pada konstruksi perkerasan kaku, pelat beton sering disebut sebagai lapisan pondasi, karena di atasnya mungkin masih terdapat lapisan beton aspal yang berfungsi sebagai lapisan permukaan.

Perkerasan beton kaku dengan modulus elastisitas yang tinggi mendistribusikan basis beban pada area yang cukup luas, sehingga sebagian besar kapasitas struktur Perkerasan berasal dari pelat beton itu sendiri. Berbeda dengan perkerasan lentur, dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari ketebalan lapisan dasar, lapisan dasar, dan lapisan permukaan.

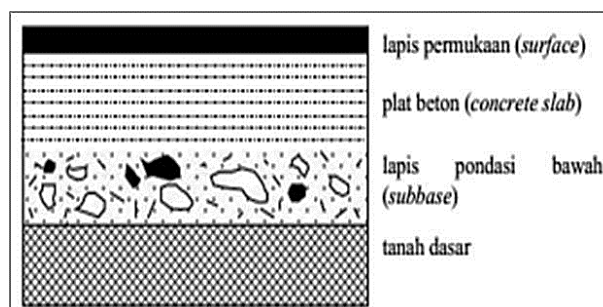


Gambar 9. Konstruksi Perkerasan Kaku

Sumber: Joseph E. Bowles (1986)

2.3.3 Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Struktur perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku yang dipadukan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku dengan perkerasan lentur.



Gambar 10. Konstruksi Perkerasan Komposit

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Analisis secara garis besar terbagi atas kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif bersifat deskriptif dan biasanya menggunakan analisis, sedangkan analisis kuantitatif dimulai dengan data, menggunakan teori yang sudah ada sebagai bahan penjelas, dan diakhiri dengan “teori” (Ghozali, 2016)..

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Produktivitas alat berat pada konstruksi jalan Oeprigi-Haekto di Kecamatan Noemuti Timur, Kabupaten Timor Tengah Utara, Nusa Tenggara Timur.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi: Ruas Jalan Oeprigi-Haekto, Kecamatan Noemuti Timur, Kabupaten Timor Tengah Utara, Nusa Tenggara Timur.

3.4 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan sekunder dengan metode pengumpulan sebagai berikut:

1. Data Primer: Data diperoleh secara langsung dari CV. Lami Jaya melalui wawancara dengan kontraktor dan konsultan serta pengamatan langsung di lapangan, berupa:
 - a. Hasil pengamatan di lokasi proyek untuk mengetahui kondisi yang ada di lapangan, pengukuran lokasi proyek, pengamatan pada jenis-jenis alat berat yang digunakan, dan dokumentasi.
 - b. Wawancara dengan konsultan, kontraktor, dan para pekerja mengenai pelaksanaan kerja di proyek tersebut.
2. Data Sekunder: Data sekunder merujuk pada informasi yang telah dikumpulkan sebelumnya oleh pihak lain untuk tujuan lain dan kemudian digunakan kembali untuk tujuan penelitian yang sedang dilakukan (Kuncoro, 2009). Pengumpulan data sekunder didapatkan melalui Literatur, Jurnal Basis Data, Laporan Statistik. Data sekunder dalam analisis ini berupa:
 - a. Laporan pemerintah
 - b. Penelitian terdahulu
 - c. Data pasar yang telah dipublikasikan

3.5 Pengolahan Data

Metode pengolahan data mengacu pada proses dimana data diorganisasikan, dianalisis, dan diinterpretasikan untuk menghasilkan informasi berguna yang dapat digunakan untuk mengambil keputusan (GreatNusa, 2023). Metode yang digunakan dalam pengolahan data adalah:

1. Menentukan volume pekerjaan berdasarkan kondisi lapangan.

2. Menentukan produktivitas alat berat yang digunakan di proyek berdasarkan perhitungan secara teoritis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Volume Pekerjaan

4.1.1 Tanah Dasar

Perhitungan volume galian dan timbunan berdasarkan data dari lapangan pada Sta. 0+300 s/d 0+1000. (Jaya., CV. Lami, 2023)

A. Galian

Tabel 9. Volume Galian

Sta	Luas	Jarak Per Sta	Volume (m ³)
0+300	0	50	0
0+350	0	50	0
0+400	3,708	50	185,4
0+450	3,093	50	154,65
0+500	3,213	50	160,65
0+550	4,098	50	204,9
0+600	4,605	50	230,25
0+650	4,984	50	249,2
0+700	0,885	50	44,25
700 - 1000	-	-	-
Jumlah Volume Galian			1229,3

B. Timbunan

Tabel 10. Volume Timbunan

Sta	Luas	Jarak Per Sta	Volume (m ³)
0+300	7,765	50	388,25
0+350	3,578	50	178,9
0+400	0,774	50	38,7
0+450	6,545	50	327,25
0+500	7,56	50	378
0+550	5,582	50	279,1
0+600	8,094	50	404,7
0+650	11,314	50	565,7
0+700	0,246	50	12,3
750 - 1000	-	-	-
Jumlah Volume Timbunan			2572,9

4.1.2 Lapisan Perkerasan

Data dimensi didapatkan dari shop drawing proyek Peningkatan Ruas Jalan Oeprigi-Haekto (Jaya., CV. Lami, 2023)

A. Lapisan Pondasi Bawah

Tebal = 20 cm $\rightarrow$ (0,20 m)

Lebar = 6 m

Panjang = 1000 m

Volume = Tebal Lapisan Pondasi Bawah x Lebar Jalan Pondasi Bawah x Panjang Jalan
 $= 0,20 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 1200 \text{ m}^3$

B. Lapisan Pondasi Atas

Tebal = 20 cm $\rightarrow$ (0,20 m)

Lebar = 4 m

Panjang = 1000 m

Volume = Tebal Lapisan Pondasi Atas x Lebar Jalan Pondasi Atas x Panjang Jalan
 $= 0,20 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 800 \text{ m}^3$

C. Lapisan Permukaan

Tebal = 0,04 m

Panjang = 1000 m

Lebar = 4 m

Volume = Tebal Lapisan Pondasi Atas x Lebar Jalan Pondasi Atas x Panjang Jalan.
 $= 0,04 \text{ m} \times 1000 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 160 \text{ m}^3$

4.2 Produktivitas Alat Berat

4.2.1 Tanah Dasar

A. Galian

1. Excavator (Merk CAT, Tipe 320CX)

Volume Bucket = 0,9

E = 0,83 $\rightarrow$ Tabel 1. Faktor Efisiensi Kerja Alat untuk Kondisi Alat = baik, Kondisi Operator = baik

CT = 0,30 mnt $\rightarrow$ Tabel 2. Waktu Siklus *Backhoe* untuk Roda *Crawler*

S = 1,15 $\rightarrow$ Tabel 3. Faktor koreksi (S) untuk kedalaman dan sudut putar 90 dan kedalaman penggalian 30 %

BFF = 90% $\rightarrow$ Tabel 4. Faktor Pemuatan Bucket (BFF) untuk Alat Penggali

Maka:

$Q = V (60 / CT) S \times BFF \times E = 0,9 (60/0,30) 1,15 \times 90\% \times 0,83 = 154,63 \text{ m}^3/\text{jam}$

Excavator bekerja mengisi muatan ke *Dump Truck*, dimana *Excavator* yang digunakan sejumlah 1 (satu). Jika 1 hari kerja = 8 jam, maka volume galian 1229,3 m³/jam dapat digali dan dimasukkan ke *Dump Truck* oleh *Excavator* yang membutuhkan waktu sebagai berikut:

$$P = 154,63 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ Excavator} \times 8 \text{ jam/hari} = 1237,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 1229,3 \text{ m}^3 / 1237,04 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,99 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan Q sesuai dengan penelitian Marus (2024) dan Co0 (2024). Marus (2024) mendapatkan $Q = 142,02 \text{ m}^3/\text{jam}$, sedangkan Co0 (2024) mendapatkan $Q = 116,06 \text{ m}^3/\text{jam}$. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian hasil perhitungan walaupun dengan metode perhitungan yang berbeda, sehingga metode perhitungan ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan produktivitas alat berat.

2. *Dump Truck* (Merk HINO, Tipe FM 260 JD)

$$\text{Kapasitas Bak (V)} = 6,026 \text{ m} \rightarrow (\text{Dutro}, 2022)$$

Jarak Tempuh = 500 m $\rightarrow$ jarak dari Quari ke Lokasi pekerjaan jalan sesuai data di lapangan

$$\begin{aligned} \text{Waktu Angkut} &= (\text{Jarak Tempuh} / \text{Kecepatan Angkut}) \text{ mnt/jam} \text{ } 60 \text{ mnt/jam} \\ &= (500 \text{ m} / 20000 \text{ m/jam}) 60 \text{ mnt/jam} = 1,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

Kecepatan Angkut = 20 km/jam $\rightarrow$ Tabel 7. Kecepatan *Dump Truck* dan Kecepatan Lapangan

$$\text{Waktu Isi} = 1,576 \text{ menit} \rightarrow (\text{Nugraha}, 2020)$$

$$\text{Waktu Bongkar} = 0,6 \text{ menit} \rightarrow (\text{Rochmanhadi}, 1986)$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kembali} &= (\text{Jarak Tempuh} / \text{Kecepatan Kosong}) 60 \text{ mnt/jam} \\ &= (500 \text{ m} / 40000 \text{ m/jam}) 60 \text{ mnt/jam} \rightarrow \text{Tabel 7. Kecepatan } \textit{Dump Truck} \text{ dan Kondisi Lapangan} = 0,74 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{CT} = 1,5 \text{ mnt} + 1,576 \text{ mnt} + 0,6 \text{ mnt} + 0,74 \text{ mnt} = 4,42 \text{ menit}$$

$$E = 0,83 \rightarrow \text{Tabel 1. Faktor Efisiensi Kerja Alat} = \text{Baik}$$

Maka :

$$Q = 6,026 \text{ m}^3 (60 \text{ mnt/jam} / 4,42 \text{ menit}) 0,83 = 67,89 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dump truck bekerja untuk memuat material yang telah digali dan jumlah *dump truck* dalam pengambilan material tersebut sebanyak 9 (sembilan). *Excavator* dapat mengisi 9 (sembilan) *dump truck* sebanyak 1229,3 m^3 yang dilakukan dalam 8 jam. Maka produktivitas total *dump truck* harian dan durasi yang dibutuhkan untuk pengangkutan galian tanah yaitu:

$$P = 67,89 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ dump truck} \times 8 \text{ jam/hari} = 4888,08 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 1229,3 \text{ m}^3 / 4888,08 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,26 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan Q sesuai dengan penelitian Marus (2024) dan Co0 (2024). Marus (2024) mendapatkan $Q = 48,60 \text{ m}^3/\text{jam}$, sedangkan Co0 (2024) mendapatkan $Q = 218,47 \text{ m}^3/\text{jam}$. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian hasil perhitungan walaupun dengan

metode perhitungan yang berbeda, sehingga metode perhitungan ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan produktivitas alat berat.

3. *Motor Grader* (Merk CAT, Tipe 120K)

$V = 9,7 \text{ km/jam} \rightarrow$ Tabel 8. Kecepatan Rerata untuk Penebaran Material

$W = 3,7 \rightarrow$ (Brochure, 2021.)

$T = 0,2 \text{ m} \rightarrow$ sesuai data di lapangan

$E = 0,83 \rightarrow$ Tabel 1. Faktor Efisiensi Kerja = Baik

$L_h = 1000 \text{ m} \rightarrow$ sesuai data di lapangan

$N = 8 \text{ lintasan} \rightarrow$ sesuai data di lapangan

Waktu Siklus = 1 kali lintasan $\rightarrow$ sesuai data di lapangan

$T = L_h / (V \times 1000) \times 60 = 1000 \text{ m} / (9,7 \text{ km/jam}) \times 60 = 6,19 \text{ menit}$

$CT = 6,19 \text{ mnt} \times 8 \text{ lintasan} = 49,52 \text{ mnt}$

Maka:

$Q = (L_h \times W \times T \times E \times 60) / CT$

$= (1000 \text{ m} \times 3,7 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,83 \times 60) / 49,52 \text{ mnt} = 744,19 \text{ m}^3/\text{jam}$

Motor Grader bekerja untuk perataan tanah dan jumlah *Motor Grader* dalam perataan tersebut sebanyak 1 (satu). *Motor Grader* dapat meratakan galian tanah sebanyak 1229,3 m³ yang dilakukan dalam 8 jam. Maka produktivitas total *Motor Grader* harian dan durasi yang dibutuhkan untuk perataan galian tanah yaitu:

$P = 744,19 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ Motor Grader} \times 8 \text{ jam} = 5953,52 \text{ m}^3/\text{hari}$

$\text{Durasi} = 1229,3 \text{ m}^3 / 5953,52 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,21 \text{ hari}$

4. *Vibro Roller* (Merk CAT, Tipe CS533E)

$V = 4,00 \text{ km/jam} \rightarrow$ (Brochure, 2020)

$W = 2,134 \text{ m} \rightarrow$ (Brochure, 2020)

$H = 0,20 \text{ m} \rightarrow$ sesuai data di lapangan

$E = 0,83 \rightarrow$ Tabel 1. Faktor Efisiensi Kerja = baik sekali

$N = 8 \text{ pass pemadatan} \rightarrow$ sesuai data di lapangan

Maka:

$Q = (100 \times V \times W \times H \times E) / N$

$= (100 \times 4,00 \text{ km/jam} \times 2,134 \times 0,20 \times 0,83) / 8 = 17,72 \text{ km}^3/\text{jam}$

Vibro Roller bekerja untuk pemadatan galian tanah dan jumlah *Vibro Roller* dalam pemadatan tersebut sebanyak 2 (dua). *Vibro Roller* dapat pemadatan galian tanah sebanyak 1229,3 m³ yang dilakukan dalam 8 jam. Maka produktivitas total *Vibro Roller* harian dan durasi yang dibutuhkan untuk perataan galian tanah yaitu:

$$P = 17,72 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ Vibro Roller} \times 8 \text{ jam} = 283,2 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 1229,3 \text{ m}^3 / 283,2 \text{ m}^3/\text{hari} = 4,34 \text{ hari}$$

B. Timbunan

1. *Excavator*

Produktivitas *Excavator* (Q) yaitu 154,63 m³/jam, adapun *Excavator* yang digunakan sejumlah 1 (satu), jika 1 hari kerja = 8 jam, maka produktivitas *excavator* untuk pekerjaan timbunan dengan volume 2572,9 m³ yaitu:

$$P = 154,63 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ Excavator} \times 8 \text{ jam/hari} = 1237,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 182,02 \text{ m}^3 / 1237,04 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,16 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan Q sesuai dengan penelitian Marus (2024) dan Coe (2024). Marus (2024) mendapatkan Q = 142,02 m³/jam, sedangkan Coe (2024) mendapatkan Q = 116,06 m³/jam. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian hasil perhitungan walaupun dengan metode perhitungan yang berbeda, sehingga metode perhitungan ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan produktivitas alat berat.

2. *Dump Truck*

Produktivitas *Dump Truck* (Q) yaitu 67,89 m³/jam, adapun jumlah *Dump Truck* yang digunakan sejumlah 9 (sembilan), jika 1 hari kerja = 8 jam, maka produktivitas *Dump Truck* untuk pekerjaan timbunan dengan volume 2572,9 m³ yaitu:

$$P = 67,89 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ Dump Truck} \times 8 \text{ jam/hari} = 4888,08 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 2572,9 \text{ m}^3 / 4888,08 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,53 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan Q sesuai dengan penelitian Marus (2024) dan Coe (2024). Marus (2024) mendapatkan Q = 48,60 m³/jam, sedangkan Coe (2024) mendapatkan Q = 218,47 m³/jam. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian hasil perhitungan walaupun dengan metode perhitungan yang berbeda, sehingga metode perhitungan ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan produktivitas alat berat.

3. *Motor Grader*

Produktivitas *Motor Grader* (Q) yaitu 744,19 m³/jam, adapun jumlah *Motor Grader* yang digunakan sejumlah 1, jika 1 hari kerja = 8 jam, maka produktivitas *Motor Grader* untuk pekerjaan timbunan dengan volume 2572,9 m³ yaitu:

$$P = 744,19 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ Motor Grader} \times 8 \text{ jam/hari} = 5953,52 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 2572,9 \text{ m}^3 / 5953,52 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,43 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan Q sesuai dengan penelitian Marus (2024) dan Coe (2024). Marus (2024) mendapatkan Q = 291,20 m³/jam, sedangkan Coe (2024) mendapatkan Q = 2921,6 m³/jam. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian hasil perhitungan walaupun

dengan metode perhitungan yang berbeda, sehingga metode perhitungan ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan produktivitas alat berat.

4. Vibro Roller

Produktivitas *Vibro Roller* (Q) yaitu 17,72 m³/jam, adapun jumlah *Vibro Roller* yang digunakan sejumlah 2, jika 1 hari kerja = 8 jam, maka produktivitas *Vibro Roller* untuk pekerjaan timbunan dengan volume 2572,9 m³ yaitu:

$$P = 17,72 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ vibro roller} \times 8 \text{ jam/hari} = 283,52 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 2572,9 \text{ m}^3 / 283,52 \text{ m}^3/\text{hari} = 9,07 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan Q sesuai dengan penelitian Marus (2024) dan Co (2024). Marus (2024) mendapatkan Q = 48,804 m³/jam, sedangkan Co (2024) mendapatkan Q = 21 m³/jam. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian hasil perhitungan walaupun dengan metode perhitungan yang berbeda, sehingga metode perhitungan ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan produktivitas alat berat.

4.2.2 Lapisan Perkerasan

Dengan mengacu pada perhitungan sub bab 4.2.1, maka dapat ditulis rekapitulasi hasil perhitungan pada Tabel 11. di bawah ini.

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan

Pekerjaan	Volume (m ³)	Alat Berat	Jumlah (bh)	Produktivitas (m ³ /hari)	Durasi (hari)
Tanah Dasar					
Galian	1229,3	Excavator	1	1237,04	0,99
		Dump Truck	9	4888,08	0,26
Timbunan	2572,9	Excavator	1	1237,04	0,16
		Dump Truck	9	4888,08	0,53
		Motor Grader	2	5953,52	0,43
		Vibro Roller	2	283,52	9,07
Lapisan Perkerasan					
Lapisan Pondasi Bawah	1200	Excavator	1	1237,04	0,18
		Dump Truck	9	2333,05	0,53
		Motor Grader	1	5953,52	0,21
		Vibro Roller	2	283,52	4,24
Lapisan Pondasi Atas	800	Excavator	1	1237,04	0,65
		Dump Truck	9	2333,05	0,54
		Motor Grader	1	5953,52	0,14
		Vibro Roller	2	283,52	2,83
Lapisan Permukaan	160	Asphalt Finisher	1	382,48	0,42
		Tandem Roller	1	192,88	0,83

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Produktivitas harian alat berat yang digunakan pada pekerjaan tanah dasar meliputi:

- a. Pekerjaan galian yaitu produktivitas *Excavator* = 1237,04 m³/hari dan *Dump Truck* = 4888,08 m³/hari.
- b. Pekerjaan timbunan yaitu produktivitas harian *Excavator* = 1237,04 m³/hari, *Dump Truck* = 4888,08 m³/hari, *Motor Grader* = 5953,52 m³/hari, dan *Vibro Roller* = 283,52 m³/hari.
2. Produktivitas harian alat berat yang digunakan dalam pekerjaan perkerasan jalan antara lain:
 - a. Lapisan Pondasi Bawah yaitu produktivitas *Excavator* = 1237,04 m³/hari, *Dump Truck* = 2333,05 m³/hari, *Motor Grader* = 5953,52 m³/hari, dan *Vibro Roller* = 283,52 m³/hari.
 - b. Lapisan Pondasi Atas yaitu produktivitas *Excavator* = 1237,04 m³/hari, *Dump Truck* = 2333,05 m³/hari, *Motor Grader* = 5953,52 m³/hari, dan *Vibro Roller* = 283,52 m³/hari.
 - c. Lapisan Permukaan yaitu produktivitas *Asphalt Finisher* = 47,81 m³/hari dan *Tandem Roller* = 24,11 m³/hari.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut terkait analisis produktivitas alat berat dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Analisis produktivitas alat berat membutuhkan pengamatan secara detail terhadap pelaksanaan di lapangan sehingga dapat dilakukan perbandingan antara produktivitas di lapangan dengan teori.
2. Data produktivitas lapangan idealnya didapatkan dari konsultan perencanaan, sehingga dapat menjadi pembanding yang valid terhadap produktivitas teori.

DAFTAR REFERENSI

- Arparts. (2020, September). Apa Itu Vibro Roller Serta Fungsi dan Cara Kerjanya. <https://Arparts.Id/Apa-Itu-Vibro-Roller-Serta-Fungsi-Dan-Cara-Kerjanya/>.<https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/624/jenis-alat-berat-dan-fungsinya>.
- Arparts. (2021). Jenis Excavator, Komponen Dan Fungsinya, <https://Arparts.Id/Jenis-Jenis-Excavator-Komponen-Penting-DanFungsinya>.
- Abdul Gafur. (2012). Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat pada Pelaksanaan Pematangan Lahan Untuk Pembuatan Work Shop di Kab. Malinau pada Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur. Fakultas Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Andi Rahmanto, & Dwi Indriyana. (2023). Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Jalan (Studi Kasus: Jalan Pasar Sore Kec.Sambong, Kab. Blora). Jurnal Konstruksi Ronggolawe, 2.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Departemen Pekerjaan Umum.
- Djurindar Heryandi Putra, & Fitri Nugraheni, S. T., M. T., Ph. D. (2018). Analisis Produktivitas Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII. Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII.

- Donald Donny Supit. (2024). Analisa Produktivitas dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah, dan Pekerjaan Perkerasan Berbutir (Studi Kasus: Proyek Rehabilitasi Ring Road II – Paniki). *Dynamic Saint*, 5(1).
- Dwi Novi Setiawati, & Andi Meddeppungeng. (2013). Analisis Produktivitas Alat Berat pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV di Cilegon. *Jurnal Konstruksia*, 4(2).
- Elvira Handayani, & Firman Akbar. (2020). Kajian Efisiensi Produktifitas Alat Berat pada Proyek Jalan (Studi kasus: Ruas Jalan Mendalo Darat (Sp.Tiga)Bts.Kota Jambi). *Jurnal Civronlit Unbari*, 5i1.63.
- Ghozali, I. (2016). Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program IBM SPSS 23. Edisi 8. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Google Maps. (2023). Peta Lokasi Oeprigi-Haekto.
- GreatNusa, B. (n.d.). <https://Greatnusa.Com/Artikel/Teknik-Pengolahan-Data/>.
- Hary Christady Hardiyatmo. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Gajah Mada University Press.
- Ir. Susy Fatena Rostiyanti, M. Sc. (2008). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi* (2nd ed.). Rineka Cipta.
- Joseph E. Bowles. (1986). *Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah: (Mekanika Tanah) (Vol. 2)*. Erlangga.
- Juwita Milka Simbolon. (2021). Analisis Produktivitas dan Biaya Penggunaan Alat Berat pada Pelaksanaan Pekerjaan Lapisan Perkerasan Lentur (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Struktur Jalan Siromb-Afulu) [Skripsi]. Universitas Medan Area Medan.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2012). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 11/PRT/M/2012 Tahun 2012 tentang Rencana Aksi Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Tahun 2012-2020 Kementerian Pekerjaan Umum. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kuncoro. (2009). <https://Raharja.Ac.Id/2020/11/08/Data-Sekunder/>.
- Mochamad Choliq Afandi. (2012). Perhitungan Produktivitas Alat Berat dalam Pekerjaan Longsoran pada Ruas Jalan Simpang Perdu – Batu Ampar STA 25 + 750 1 Titik Kec. Sangkulirang Kab. Kutai Timur. 2012, 1(1).
- Nunnally, S. W. (1998). *Construction Methods and Management* (4th ed.). Upper Saddle River, N. J.: Prentice Hall.
- Onesimus Fran Ewal, Muhammad Indrayadi, & Rafie. (2020). Analisa Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Simpang Manis Raya-Sekujam Timbai. Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, & Departemen Perumahan Rakyat. (2016). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2016 Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.
- Rochmanhadi. (1986). *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Rochmanhadi. (1992). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. YBPPU.
- Sarwandy, M. H. A., & Royan, N. (2021). Produktivitas Alat Berat Excavator Backhoe Pada Proyek Perumahan Al Zafa Tegal Binangun Kota Palembang. *Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 07(02), 121–125. jurnal.umpalembang.ac.id

Sekaran, U. & Bougie, R.J., (2016). (n.d.). No Title. Research Methods for Business: A Skill Building Approach. 7th Edition, John Wiley & Sons Inc. New York, US.

Silvia Sukirman. (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya. Penerbit NOVA.

Silvia Sukirman. (2003). Batan Aspal Campuran Panas (1st ed.). Granit.