

Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Konstruksi Jalan Sewan Munukania, Papua

Aryaditya Wisnu Mangarso¹, 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: 201732003@widyakarya.ac.id

Abstract. The subgrade work and road pavement layer work carried out in the Sewan Munukania road project, Petam Village, South Sarmi District, Papua, were performed 14.900 km with a road width of 8 m. The analysis was conducted on the performance of heavy equipment used in the subgrade and pavement layer works in the Sewan Munukania road project. The results showed that the heavy equipment productivity for excavation work of 225 m³ used 1 excavator with a productivity of 1,519.672 m³/day and a duration of 0.14 days, while 3 dump trucks achieved 345.03 m³/day with a duration of 0.65 days. Coral fill work of 644.25 m³ used 1 excavator with a productivity of 736.75 m³/day and a duration of 0.87 days, 3 dump trucks with 7.89 m³/day in 3.88 days, 1 motor grader with 1,628.57 m³/day in 0.05 days, and 1 vibro roller with 73.45 m³/day in 1.21 days. Sand fill work of 4.56 m³ used 1 excavator with a productivity of 1,150 m³/day and a duration of 0.003 days, 3 dump trucks with 43.15 m³/day in 0.005 days, 1 motor grader with 1,680 m³/day in 0.0003 days, and 1 vibro roller with 112.84 m³/day in 0.005 days. The subbase layer work of 11,920 m³ used 1 excavator with a productivity of 105.25 m³/day in 16.17 days, 3 dump trucks with 7.89 m³/day in 71.94 days, 1 motor grader with 244.28 m³/day in 6.97 days, and 1 vibro roller with 528.15 m³/day in 22.56 days. The base layer work of 35,760 m³ used 1 truck mixer with a productivity of 44.59 m³/day in 801.97 days. The surface layer of 2,384 m³ used an asphalt finisher with a productivity of 267.19 m³/day in 8.9 days, and a tandem roller with 34.23 m³/day in 6.54 days.

Keywords: Excavator, Dump Truck, Motor Grader, Vibro Roller, Truck Mixer, Asphalt Finisher, CTB

Abstrak. Pekerjaan tanah dasar dan pekerjaan lapisan perkerasan jalan yang terlaksana di Proyek jalan Sewan Munukania, Kelurahan Petam, Distrik Sarmi Selatan, Papua, dilakukan sepanjang 14,900 km dengan lebar 8 m. Analisis dilakukan terhadap kinerja dari alat berat yang bekerja pada pekerjaan tanah dasar dan pekerjaan lapisan perkerasan, di proyek jalan Sewan Munukania. Hasil analisis menunjukkan produktivitas alat berat untuk pekerjaan galian 225 m³ menggunakan 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 1519,672 m³/hari dan durasi 0,14 hari sedangkan 3 Dump Truck sebesar 345,03 m³/hari dengan durasi 0,65 hari. Pekerjaan Timbunan Karang 644,25 m³ menggunakan 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 736,75 m³/hari dan durasi 0,87 hari, 3 Dump Truck 7,89 m³/hari dalam durasi 3,88 hari, 1 Motor Grader 1628,57 m³/hari dalam durasi 0,05 hari, dan 1 Vibro Roller 73,45 m³/hari dalam durasi 1,21 hari, Pekerjaan Timbunan Pasir Urug 4,56 m³ menggunakan 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 1150 m³/hari dan durasi 0,003 hari, 3 Dump Truck 43,15 m³/hari dalam durasi 0,005 hari, 1 Motor Grader 1680 m³/hari dalam durasi 0,0003 hari, dan 1 Vibro Roller 112,84 m³/hari dalam durasi 0,005 hari. Pekerjaan lapisan pondasi bawah 11920 m³ menggunakan 1 Excavator dengan produktivitas sebesar 105,25 m³/hari dalam durasi 16,17 hari, 3 Dump Truck 7,89 m³/hari dalam durasi 71,94 hari, 1 Motor Grader 244,28 m³/hari dalam durasi 6,97 hari, dan 1 Vibro Roller 528,15 m³/hari dalam durasi 22,56 hari. Pekerjaan lapisan pondasi atas 35760 m³ menggunakan 1 Truck Mixer dengan produktivitas sebesar 44,59 m³/hari dalam durasi 801,97 hari. Lapisan permukaan 2384 m³ yaitu Asphalt Finisher 267,19 m³/hari dalam durasi 8,9 hari, dan Tandem Roller 34,23 m³/hari dalam durasi 6,54 hari.

Kata kunci: Excavator, Dump Truck, Motor Grader, Vibro Roller, Truck Mixer, Asphalt Finisher, CTB.

1. LATAR BELAKANG

Peningkatan jumlah penduduk yang pesat di Indonesia menuntut perkembangan pembangunan untuk memfasilitasi kebutuhan masyarakat. Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan suatu daerah akan menyebabkan peningkatan perekonomian daerah. Pembangunan jalan akan menunjang perekonomian dengan mempermudah akses dan kelancaran transportasi menuju daerah tersebut. Hal ini menyebabkan kualitas,

Peralatan konstruksi yang dimaksud adalah alat/peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan konstruksi secara mekanis. Pemanfaatan alat berat di proyek konstruksi dapat memberikan insentif bagi efisiensi dan efektifitas pada tahap pelaksanaan maupun hasil yang dicapai. Pemanfaatan alat berat dioptimalisasi melalui proses untuk mencapai kinerja alat berat yang optimal sesuai dengan kemampuan, kapasitas dan produktivitas alat berat dalam satu siklus (Rohman, 2003).

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari, meliputi: (Rostiyanti, 2002)

1. Fungsi Alat Berat

Pemilihan alat berat harus disesuaikan dengan fungsinya, misalnya: untuk menggali, mengangkat, atau meratakan (*levelling*) permukaan

2. Kapasitas Peralatan

Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai dengan volume pekerjaan yang dikerjakan sehingga dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan, misalnya: berdasarkan volume total atau berat material yang harus dikerjakan.

3. Operasional

Sistem operasional alat berat menjadi pertimbangan dalam pemilihan sehingga sesuai dengan kebutuhan pekerjaan, misalnya: arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, atau frekuensi gerakan.

4. Keterbatasan Metode

Metode/standar/ketentuan yang diimplementasikan dalam suatu proyek dapat menjadi batasan dalam menentukan jenis alat berat yang digunakan, misalnya: peraturan lalu lintas, biaya, atau metode pelaksanaan sehingga metode yang digunakan dapat mempengaruhi pemilihan jenis alat.

5. Ekonomi

Biaya investasi, sewa peralatan, operasional serta pemeliharaan merupakan faktor penting dalam pemilihan alat berat.

6. Jenis Proyek

Proyek yang umum menggunakan alat berat meliputi proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, dan pembukaan hutan.

7. Lokasi Proyek

Lokasi proyek berdampak pada pemilihan alat berat, misalnya: proyek di lokasi dataran tinggi membutuhkan alat berat yang berbeda dengan dataran rendah.

8. Jenis dan Daya Dukung Tanah

Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai, misalnya: kondisi material padat, lepas, keras, atau lembek.

9. Kondisi Lapangan

Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

2.2 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas merupakan hasil optimasi kinerja dari suatu sumber daya. Produktivitas menunjukkan rasio atau perbandingan antara hasil produksi dengan sumber daya yang digunakan, atau $\text{Produktivitas} = \text{Output} / \text{Input}$ (Ervianto W.I., 2005).

Produktivitas alat berat dapat diukur pada saat pengoperasian alat berat tersebut yang meliputi fungsi dan tujuan alat berat. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/, 2013 menyebutkan bahwa hasil produksi yang sebenarnya dari suatu peralatan yang digunakan tidak akan sama dengan hasil perhitungan berdasarkan data kapasitas yang tertulis pada brosur. Hal ini disebabkan oleh adanya faktor efisiensi yang mempengaruhi proses produksi, meliputi:

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

Alat berat yang akan dianalisis produktivitasnya pada Tugas Akhir ini berdasarkan lapisan konstruksi jalan yang dikerjakan, yaitu:

1. Alat berat pada pengerjaan tanah dasar, yaitu: *Motor Grader, Excavator, Dump Truck, Vibrator Roller*.
2. Alat berat pada pengerjaan lapisan perkerasan, yaitu: *Excavator, Dump Truck, Vibrator Roller, Motor grader, Concrete Mixer Truck, Asphalt Finisher, Tandem Roler*.

2.2.1 Motor Grader

Motor Grader merupakan alat berat yang terdiri dari enam roda dan memiliki pisau besar di bagian tengah yang berfungsi untuk meratakan tanah dasar yang digunakan sebagai lapisan pondasi bawah. Motor grader memiliki 2 macam pekerjaan perataan yaitu: (Rostiyanti, 2008)

1. Pekerjaan perataan hamparan material padat
2. Pekerjaan perataan tanah
3. Pekerjaan pengupasan (*grading*)

**Gambar 2. Motor Grader**

Sumber: Global, (2001)

Spesifikasi *Motor Grader* yang digunakan dalam proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022b)

1. Tenaga 135 HP
2. Kapasitas 10.800 m³
3. Umur Ekonomis 5 Tahun
4. Jam Kerja/Tahun = 2000 Jam

Produktivitas *Motor Grader* dapat dihitung dengan rumus: (Permen PUPR No. 28, 2016)

$$Q = \frac{Lh[(n(b-bo))+bo]Fa \times 60}{N \times n \times Ts} \quad (1)$$

Dimana:

Q = Produktivitas (m³/jam)

Lh = Panjang panjang hamparan (m)

N = Jumlah Pengupasan lajur Tiap Lintasan (lintasan) = $w / (b - bo)$

n = Jumlah Lintasan (lintasan)

v = Kecepatan Rerata Alat (km/Jam)

b = Lebar Efektif *Blade* (m)

bo = Lebar *Overlap* (m)

w = Lebar Area Pematatan (m)

t_1 = Waktu untuk 1x Lintasan = $(Lh \cdot 60) / (v \cdot 1000)$ (mnt)

t_2 = Waktu Lainnya (mnt)

Fa = Faktor Efisiensi Alat

Ts = Waktu Siklus (mnt) = $t_1 + t_2$

Tabel 1. Faktor efisiensi kerja alat (Fa) *Motor Grader*

Kondisi operasi	Faktor efisiensi
Perbaikan jalan, perataan	0,8
Pemindahan	0,7
Penyebaran (<i>grading</i>)	0,6
Penggalian (<i>trenching</i>)	0,5

Sumber: Permen PUPR No. 28 (2016)

2.2.2 Dump Truck

Dump Truck merupakan alat berat yang menggunakan empat roda ban, memiliki bak penampung dengan berbagai jenis ukuran dan dilengkapi piston hidrolik di bawah bak penampung yang berfungsi untuk naik turunnya bak pada *dump truck* (Astutie, 2018).

Dump Truck sangat diperlukan dalam setiap proyek pekerjaan berguna sebagai alat untuk memindahkan material berupa, pasir, batu, karang, tanah dan lainnya. *Dump Truck* dapat ditemukan di berbagai macam proyek dimana isi muatan bak *Dump Truck* tergantung pada kuantitas material yang bisa diangkut oleh pengisinya (*Loader* atau *Excavator*). *Dump Truck* juga dimanfaatkan pergerakannya sebagai alat pemerataan jalan dimana setiap jalur yang dilewati *Dump Truck* membuat tanah atau material menjadi rata dikarenakan bobot *Dump Truck* yang relatif berat, berkisar 25-100 ton.



Gambar 2. *Dump truck*

Spesifikasi *Dump Truck* yang digunakan dalam proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022b)

1. Tenaga 100 HP
2. Kapasitas 4 m³
3. Umur Ekonomis 5 Tahun
4. Jam Kerja/Tahun = 2000 jam

Produktivitas *Dump truck* dapat dihitung dengan rumus berikut: (Permen PUPR No. 28, 2016):

$$Q = \frac{(V \times Fa \times 60)}{(D \times TsD)} \quad (2)$$

Dimana:

- Q = Produktivitas (m³/jam)
 V = Kapasitas Bak (ton)
 Fa = Faktor Efisiensi Alat
 D = Berat Isi Material (Lepas, Gembur) (ton/m³)
 v₁ = Kecepatan Rerata Isi (km/jam) = 15–25 km/jam
 v₂ = Kecepatan Rerata Kosong (km/jam) = 25–35 km/jam
 TsD = Waktu Siklus = t₁ + t₂ + t₃ + t₄

- t_1 = Waktu Muat (menit) = $(v / Q_{\text{Loader}}) \times 60$
 t_2 = Waktu Tempuh Isi (menit) = $(L / v_1) \times 60$
 t_3 = Waktu Tempuh Kosong (menit) = $(L / v_2) \times 60$
 t_4 = Waktu Lainnya (menit)

Tabel 2. Kecepatan Dump Truck dan Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan	Kondisi beban	Kecepatan (v), km/jam
Datar	isi	40
	kosong	60
Menanjak	Isi	20
	kosong	40
Menurun	isi	20
	Kosong	40
* Kecepatan tersebut adalah perkiraan umum, kecepatan dapat berubah sesuai dengan medan, kondisi jalan, kondisi cuaca setempat, serta kondisi kendaraan		

Tabel 3. Faktor Efisiensi Dump Truck

Kondisi kerja	Efisiensi kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kurang baik	0,75
Buruk	0,70

2.2.3 Excavator

Excavator merupakan salah satu alat berat yang digunakan untuk memindahkan material dan juga dapat digunakan sebagai alat pemotong kayu tergantung dari Attachment nya. Tujuan nya adalah untuk membantu dalam melakukan pekerjaan yang sulit agar menjadi lebih ringan dan dapat mempercepat waktu pengerjaan sehingga dapat menghemat waktu. Excavator banyak digunakan untuk: (Kosanke, 2019)

1. Menggali parit, lubang dan pondasi
2. Penghancuran gedung
3. Meratakan permukaan tanah
4. Mengangkat dan memindahkan material
5. Mengeruk sungai
6. Pertambangan
7. Memotong kayu

Excavator termasuk alat berat yang berguna sebagai alat penggali tanah dan memuat tanah kedalam *Dump Truck*, selain itu juga dapat berguna untuk menimbun tanah, mengangkat beban atau penghalang seperti kayu dan batu di area proyek, karena memiliki kemampuan untuk berputar sekitar 360 derajat.



Gambar 3. Excavator

Sumber: Sentrakalibrasiindustri, (1998)

Spesifikasi *Excavator* yang digunakan dalam proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022b)

1. Tenaga 133 HP
2. Kapasitas 0,93 m³
3. Umur Ekonomis 5 Tahun
4. Jam Kerja Dalam 1 Tahun = 2000 Jam

Produktivitas excavator dapat dihitung dengan rumus berikut: (Permen PUPR No. 28, 2016):

$$Q = \frac{(V \times Fa \times Fb \times 60)}{(Ts \times Fv)} \quad (3)$$

Dimana:

Q = Produktivitas (m³/jam)

Ts = Waktu Siklus (detik)

Fb = Faktor *bucket*

Fa = Faktor Efisiensi alat

Fv = Faktor Konversi (Kedalaman < 40%)

Tabel 4. Faktor Konversi Galian (Fv) untuk Excavator

Kondisi Galian (Kedalaman Galian)	Kondisi Membuang atau Menumpuk (<i>Dumping</i>)			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit
< 40%	0,7	0,9	1,1	1,4
(40-50)%	0,8	1	1,3	1,6
< 75%	0,9	1,1	1,5	1,8

Tabel 5. Faktor Bucket (Bucket Fill Factor) (Fb) untuk Excavator Backhoe

Kondisi operasi	Kondisi lapangan	Faktor bucket (Fb)
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut	1,1 -- 1,2
Sedang	Tanah biasa berpasir, kering	1,0 – 1,1
Agak sulit	Tanah biasa berbatu	1,0 – 0,9
Sulit	Batu pecah hasil	0,9 – 0,8

Tabel 6. Faktor efisiensi kerja alat (Fa) Excavator

Kondisi operasi	Faktor efisiensi
Baik	0,83

Sedang	0,75
Agak kurang	0,67
Kurang	0,58

2.2.4 Tandem Roller

Tandem Roller merupakan Jenis lain dari *smooth steel roller* yang terdiri atas berporos 2 (*two axle*) dan berporos 3 (*three axle tandem rollers*). Penggunaan dari penggilas ini umumnya untuk mendapatkan permukaan yang agak halus, misalnya pada penggilasan aspal beton dan lain-lain alat berat yang terdiri dari satu hingga dua roda besi yang besar, dan berbentuk seperti tabung dengan berat 8-14 ton yang berguna untuk pemadatan lapisan material (Nizar, 2016). *Tandem Roller* berfungsi untuk pemadatan dan meretaan material dan dilalui alat tersebut, alat ini digunakan untuk pemdatan lapisan permukaan.



Gambar 4. *Tandem Roller*

Spesifikasi Tandem Roller 6-8T yang digunakan dalam proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022b)

1. Tenaga 74,3 HP
2. Kapasitas 6,9 Ton
3. Umur Ekonomis 5 Tahun
4. Jam Kerja/Tahun = 2000 Jam

Produktivitas Tandem roller dapat dihitung dengan rumus berikut (Permen PUPR No. 28, 2016):

$$Q = \frac{(be \times v \times 1000) \times t \times Fa}{n} \quad (4)$$

Dimana:

Q = Produktivitas *Tandem Roller* (m^3/jam)

be = Lebar efektif pemadatan (m) = $b - bo$

b = Lebar efektif pemadatan (m)

bo = Lebar overlap (m)

v = Kecepatan Rerata (km/jam)

n = Jumlah Lintasan

Fa = Faktor Efisiensi Alat

t = Tebal Lapis Agregat (m)

1000 = Konversi km ke m (m)

2.2.5 Vibrator Roller

Vibrator Roller merupakan alat berat pemadatan dengan cara memberikan getaran pada melintasi kontruksi jalan, dengan alat ini material dapat dipadatkan dengan lebih baik, karena tekanan dan getaran yang ditimbulkan dapat membuat partikel yang lebih kecil akan mengisi rongga diantara parikel partikel yang lebih besar dan alat berat memiliki 1 roda depan terbuat dari besi dan 2 roda karet dibelakang, roda besi untuk pemadatan material, sedangkan roda karet digunakan untuk mempermudah *Vibrator roller* melalui material seperti batu, tanah dan pasir (Wigroho, 1982).

Vibrator Roller adalah alat berat yang terdiri dari alat berat memiliki 1 roda depan terbuat dari besi dan 2 roda karet dibelakang, roda besi berfungsi untuk memadatkan material yang dilaluinya, sedangkan roda karet digunakan untuk mempermudah *Vibrator roller* melalui material seperti batu, karang, tanah dan pasir, alat berat ini juga sering digunakan pada pekerjaan tanah dasar dikarenakan hanya alat berat ini yang memberikan mekanisme getaran untuk menekan material.



Gambar 5. *Vibrator Roller*
Sumber: TREK, (2016)

Spesifikasi *Vibrator Roller* 5-8 T yang digunakan dalam proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022b)

1. Tenaga 82 HP
2. Kapasitas 7,050 m³
3. Umur Ekonomis 5 Tahun
4. Jam Kerja/Tahun = 2000 Jam

Produktivitas Tandem roller dapat dihitung dengan rumus berikut (Permen PUPR No. 28, 2016):

$$Q = \frac{(be \times v \times 1000) \times t \times Fa}{N} \quad (5)$$

Dimana:

Q = Produktivitas *Vibrator Roller* (m³/jam)

be = Lebar efektif pemadatan (m) = b – bo

b = Lebar efektif pemadatan (m)

bo = Lebar overlap (m)

v = Kecepatan Rerata (km/jam)

N = Jumlah Lintasan

Fa = Faktor Efisiensi Alat

t = Tebal Lapis Agregat (m)

1000 = Konversi km ke m (m)

2.2.6 Concrete Mixer Truck

Concrete Mixer Truck adalah alat berat berupa *truck* pengangkut campuran beton yang tertutup berguna untuk menjaga kualitas campuran beton tetap bagus, mulai dari pengangkutan *ready mix concrete* dari *batching plant* ke lokasi pengecoran.



Gambar 6. *Truck Mixer*

Spesifikasi *Concrete Mixer Truck* yang digunakan dalam proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022a)

1. Tenaga 220 HP
2. Kapasitas 5 m³
3. Umur Ekonomis 5 Tahun
4. Jam Kerja/Tahun = 2000 Jam

Produktivitas *Concrete Mixer Truck* dapat dihitung dengan rumus berikut (Permen PUPR No. 28, 2016);

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{1000 \times Ts} \quad (6)$$

Dimana:

Q = Produktivitas (m³/jam)

V = Kapasitas Drum (m³)

Fa = Efisiensi Alat

Ts = Waktu Siklus Pencampuran (menit) = $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

t_1 = Waktu Muat (menit) = $(v / Q_{\text{Loader}}) \times 60$

t_2 = Waktu Tempuh Isi (menit) = $(L / v_1) \times 60$

t_3 = Waktu Tempuh Kosong (menit) = $(L / v_2) \times 60$

t_4 = Waktu Mengaduk dan Menumpahkan (menit) = 15 menit

1000 = Konversi km ke m (m)

2.2.7 Asphalt Finisher

Asphalt Finisher merupakan alat berat yang menggunakan roda ban dan memiliki tempat penampung *asphalt* yang semua digerakan dengan *system* hidrolik termasuk proses penghampar *asphalt*. *Asphalt Finisher* berfungsi untuk penghamparan material aspal untuk

lapisan permukaan, alat berat ini membutuhkan dua atau lebih pekerja dalam pengerjaannya, dua pekerja lain yang berfungsi untuk meratakan bagian samping penghampiran.



Gambar 7. *Asphalt Finisher*

Spesifikasi *Asphalt Finisher* yang digunakan dalam proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022b)

1. Tenaga 72,4 HP
2. Kapasitas 10 Ton
3. Umur Ekonomis 6 Tahun
4. Jam Kerja/Tahun = 1400 Jam

Produktivitas *Asphalt Finisher* dapat dihitung dengan rumus berikut (Permen PUPR No. 28, 2016):

$$Q = v \times b \times Fa \times 60 \times t \times D \quad (7)$$

Dimana:

- Q = Kapasitas Produksi (ton/jam)
b = Lebar Hamparan (m) = 3,00 – 3,30 m
v = kecepatan menghampar (m/mnt) = 4 – 6 m/mnt
Fa = Faktor Efisiensi Alat AMP
t = Tebal Lapis Agregat (m)
D = Berat Isi Material (ton/m³)

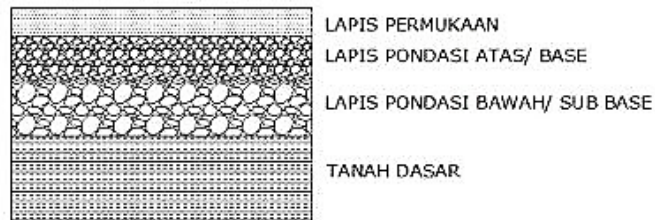
2.3 Konstruksi Jalan

Konstruksi jalan merupakan pembangunan fasilitas yang dibuat untuk mempermudah ataupun memperlancar aktivitas masyarakat berdasarkan fungsinya, yaitu (Clarkson H.Oglesby, 1999):

1. Jalan Arteri Jalan arteri ialah jalan umum yang melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rerata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien
2. Jalan kolektor ialah jalan umum yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rerata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan berdasarkan bahan pengikatnya, sebagai berikut: (Sukirman, 1992)

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) Konstruksi perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan ikat, Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.



Gambar 8. Konstruksi Jalan

Sumber: (Kusuma, 2014)

2.3.1 Pekerjaan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Pekerjaan Tanah Dasar merupakan dalam suatu proyek jalan merupakan salah satu bagian yang sangat vital. Pekerjaan tanah di sini meliputi pekerjaan galian, timbunan, pengangkutan, dan pemadatan tanah. Pada umumnya pekerjaan tanah dikerjakan dengan bantuan alat berat. Tujuan dari penggunaan alat – alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat. (Adatika, 2006)

Pekerjaan Tanah Dasar meliputi: (Kementrian PUPR Spesifikasi Pekerjaan Tanah, 2016)

1. Pekerjaan Penggalian

Perkerjaan ini berfungsi untuk menggali tumpukan tanah, batu ataupun kayu dan menyingkirkan hambatan yang diperkirakan mengganggu pekerjaan di lokasi proyek jalan, Pekerjaan penggalian harus mengikuti prosedur yang dibutuhkan dalam spesifikasi yaitu penggalian pada tanah dasar perkerasan dan bahu jalan, berm, selokan talud, serta prosedur penggalian untuk saluran dan pipa, perkerasan aspal serta sumber bahan yang dipergunakan. Prosedur penggalian tanah secara garis besar dikelompokkan dalam 5 jenis, yaitu:

- a. Prosedur umum.
- b. Prosedur penggalian pada tanah dasar perkerasan dan bahu Jalan, pembentukan berm, selokan dan talud.
- c. Prosedur penggalian untuk struktur dan pipa.
- d. Prosedur penggalian pada sumber bahan.
- e. Prosedur penggalian pada perkerasan aspal yang ada

2. Pekerjaan Penimbunan

Pekerjaan ini mencakup pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir berfungsi untuk menambah jumlah tanah dan batu sesuai dengan ketinggian yang ditentukan dalam proyek tersebut

3. Pekerjaan Persiapan Badan Jalan

Pekerjaan persiapan badan jalan berfungsi menyiapkan badan jalan mulai dari pembersihan dan pemadatan permukaan badan jalan, karena di atasnya akan dilapisi lapisan perkerasan.

Pekerjaan Tanah Dasar berupa: (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

- a. Pekerjaan yang mencakup penggalian, penanganan, pembuangan atau penumpukan tanah atau batu atau bahan lain dari jalan
- b. Pembuatan saluran air dan selokan untuk formasi galian atau fondasi pipa, gorong-gorong, pembuangan atau struktur lainnya, untuk pekerjaan stabilisasi lereng dan pembuangan bahan longsor, untuk galian bahan konstruksi dan pembuangan sisa bahan galian, untuk pengupasan dan pembuangan bahan perkerasan beraspal dan/atau perkerasan beton pada perkerasan lama, dan umumnya untuk pembentukan profil dan penampang yang sesuai dengan Spesifikasi ini dan memenuhi garis, ketinggian dan penampang melintang yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan
- c. Pekerjaan yang diperlukan untuk pembuangan bahan yang tak terpakai dan tanah humus.
- d. Pekerjaan galian yang berupa Galian Batu Lunak, Galian Batu, Galian Struktur, Galian Perkerasan Beraspal, Galian Perkerasan Berbutir, Galian Perkerasan Beton
- e. Galian Biasa yang mencakup seluruh galian yang tidak diklasifikasi sebagai galian batu lunak, galian batu, galian struktur, galian sumber bahan (*borrow excavation*), galian perkerasan beraspal, galian perkerasan berbutir, dan galian perkerasan beton, serta pembuangan bahan galian biasa yang tidak terpakai seperti yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana yang diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan
- f. Galian Batu Lunak yang mencakup galian pada batuan yang diuji sesuai dengan SNI 2825:2008.
- g. Galian batu yang mencakup galian bongkahan batu yang mempunyai kuat tekan uniaksial 12,5 mpa ($> 125 \text{ kg/cm}^2$) yang diuji sesuai dengan SNI 2825:2008, dengan volume 1 meter kubik atau lebih dan seluruh batu atau bahan lainnya yang menurut Pengawas Pekerjaan adalah tidak praktis menggali tanpa penggunaan alat bertekanan udara atau pemboran (*drilling*), dan peledakan.

2.3.2 Pekerjaan Lapisan Perkerasan

Lapisan Perkerasan adalah lapisan tempat terjadinya gaya gesek dan tekan di permukaan konstruksi jalan akibat kendaraan, karenanya lapisan perkerasan harus memiliki daya tahan yang kuat dan saling mengikat. Lapisan Perkerasan meliputi:

A. Lapisan Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase*

Lapis pondasi bawah (LPB) terdiri dari material pilihan, seperti kerikil alam yang stabil (awet), hanya material ini mungkin tidak sepenuhnya memenuhi syarat karakteristik seperti yang diisyaratkan dalam lapis pondasi (*base*). Tujuan penggunaan lapis pondasi bawah adalah untuk membentuk lapis perkerasan yang relatif cukup tebal untuk maksud penyebaran beban (Hardiyatmo, 2007)



Gambar 9. Penghamparan LPB (Karang)

LPB yang dianalisis berdasarkan LPB yang digunakan pada proyek yaitu pasir dan karang putih. Pekerjaan LPB berdasarkan pengamatan di lapangan dilakukan dengan cara agregat kasar yang berupa karang putih pilihan yang berasal dari *Bhesky* di angkut dengan menggunakan *dump truck* setelah itu di hamparkan pada badan jalan, dan dipadatkan menggunakan alat berat yaitu *Motor Grader* dan di padatkan berulang kali menggunakan *Tridum Roller (Macadam Roller)* dan *Tandem Roller* (Mangarso, 2022).

B. Lapisan Pondasi Atas (LPA) atau *Base*

Lapis pondasi atas (LPA) adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dan berfungsi sebagai perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda, menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya, dan menjadi bantalan terhadap lapisan permukaan (Nugroho, 2003)



Gambar 10. Penghamparan LPA (CBT)

LPA yang dianalisis berdasarkan LPA yang digunakan pada proyek yaitu *Cement-Treated Base (CTB)*. Pekerjaan LPA berdasarkan pengamatan di lapangan dilakukan dengan cara awal yaitu mencampurkan agregat kasar, halus, semen dan air kedalam *mixer* setelah itu dalam waktu yang ditentukan para pekerja, campuran beton cair tersebut dituangkan pada

badan jalan, penuangan campuran beton cair tersebut di lakukan dengan tahap, sisi kanan dahulu sekitar ± 100 meter setelah itu sisi kiri, penghamparan cairan beton dilapangan masih menggunakan tenaga kerja manusia, karena keterbatasan alat berat yang ada (Mangarso, 2022).



Gambar 11. Pemadatan LPA (CTB)

C. Lapisan Permukaan (*Surface*)

Lapis Permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan antara lain sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda dan merupakan lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca (Darlan, 2014). Lapisan Permukaan yang dianalisis berdasarkan Lapisan Permukaan yang digunakan pada proyek yaitu Latasir atau HRS. Pekerjaan Lapisan Permukaan berdasarkan pengamatan di lapangan dilakukan dengan cara memasukkan hasil pencampuran aspal panas dan pasir yang sudah di produksi oleh AMP (*Asphalt Mixing Plant*) sebelumnya kedalam alat yang bernama *Asphalt Finisher* untuk meletakkan aspal secara rata dan memberikan pemadatan kecil sebelum di padatkan roller (Mangarso, 2022).



Gambar 12. Penghamparan Latasir



Gambar 13. Pemadatan Latasir

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dimana data yang diproses dapat terukur atau berbentuk angka untuk menghasilkan informasi yang terstruktur.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan tanah dasar dan perkerasan lapisan perkerasan pada konstruksi jalan sepanjang 14,9 km dengan lebar 8 m.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi: Sewan Munukania, Kelurahan Petam, Distrik Sarimi Selatan, Papua, (panjang 14,9 km)

3.4 Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data sebagai berikut :

1. Data primer merupakan data yang diperoleh dari dokumentasi proses pelaksanaan di lapangan, Observasi pada proses pembangunan jalan lingkar petam secara langsung saat dilapangan, wawancara dengan konsultan perencana dan pengawas lapangan pembangunan jalan, spesifikasi alat berat, meliputi: jenis alat berat, waktu kerja alat berat dan volume pekerjaan.
2. Data sekunder merupakan data penelitian yang diperoleh dari referensi berupa jurnal, buku, pedoman atau standar yang terkait dengan perhitungan produktivitas alat berat, serta spesifikasi alat berat yang tidak didapatkan di lapangan.

3.5 Pengolahan Data

Produktivitas alat berat dihitung berdasarkan jumlah spesifikasi teknis dari masing-masing alat yang digunakan. Data yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan hasil dari tujuan penelitian. Tahapan analisis data adalah sebagai berikut:

1. Menghitung volume pekerjaan.
2. Menentukan rumus yang akan digunakan dalam perhitungan produktivitas dari alat yang digunakan.
3. Menentukan data yang akan digunakan dalam perhitungan produktivitas alat berat berdasarkan rumus yang digunakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Volume Pekerjaan

4.1.1 Tanah Dasar

Data dimensi lapisan permukaan didapatkan dari HPS (Harga Perkiraan Sendiri) proyek sebagai berikut: (PT Citra Karya Papua, 2022)

A. Galian

$$\text{Galian Tanah} = 225 \text{ m}^3$$

B. Timbunan

$$\text{Timbunan Karang Pilihan (Whesky)} = 644,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Pasir Urug} = 4,56 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Total Timbunan} = 648,81 \text{ m}^3$$

4.1.2 Lapisan Perkerasan

Data dimensi lapisan permukaan didapatkan dari Laporan PKN sebagai berikut: (Mangarso, 2022).

A. Lapisan Pondasi Bawah

Material = Karang
Panjang Jalan = 14900 m
Lebar Jalan = 8 m
Tebal = 10 cm = 0,10 m
Volume = $P \times L \times T = 11920 \text{ m}^3$

B. Lapisan Pondasi Atas

Material = CTB
Panjang Jalan = 14900 m
Lebar Jalan = 8 m
Tebal Beton = 0,3 m
Volume = $P \times L \times T = 35760 \text{ m}^3$

C. Lapis Permukaan

Material = Latasir Kelas A (SS-A)
Panjang Jalan = 14900 m
Lebar Jalan = 8 m
Tebal Latasir = 0,02 m
Volume = $P \times L \times T = 2384 \text{ m}^3$

4.2 Produktivitas Alat Berat

Durasi Kerja Efektif yang digunakan berdasarkan kondisi di lapangan yaitu 7 jam/hari. Durasi tersebut diberlakukan untuk semua perhitungan produktivitas alat berat dalam analisis ini. Durasi Kerja Efektif digunakan untuk menentukan produktivitas harian, kemudian dapat ditentukan durasi yang dibutuhkan oleh alat berat dalam mengerjakan pekerjaan berdasarkan volume pekerjaan. Implementasinya sebagaimana tercantum pada rumus berikut.

$$P = Q \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Durasi Kerja Efektif}$$

$$\text{Durasi Pekerjaan} = \text{Volume Pekerjaan} / P$$

4.2.1 Tanah Dasar

A. Pekerjaan Galian

Volume Pekerjaan = $225 \text{ m}^3 \rightarrow$ Subbab 4.1.1(A)

1. *Excavator* (Merk Komatsu, Tipe PC-200-8M0)

$$Q = (v \times F_b \times F_a \times 60) / (T_s \times F_v)$$

Dimana:

Waktu Gali dan Putar = 0,24 mnt → Permen PUPR No 28/PRT/M/2016

Waktu Buang = 0,08 mnt → Permen PUPR No 28/PRT/M/2016

Fb = 1,20 → Tabel *Factor Bucket*, untuk tanah biasa

Fa = 0,83 → Faktor Efisiensi Alat, untuk kondisi paling baik

Fv = 0,8 → Faktor Konversi, untuk kedalaman < 40%

v = 0,93 m³ → Kapasitas *Bucket*, untuk Excavator Komatsu PC-2008M0

Jumlah Alat = 1 *Excavator*

Maka:

$$T_s = 0,24 + 0,08 = 0,32 \text{ mnt}$$

$$Q = (0,93 \times 1,20 \times 0,83 \times 60) / (0,32 \times 0,80) = 217,096 \text{ m}^3$$

$$P = 217,096 \times 1 \times 7 = 1519,672 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 225 \text{ m}^3 / 1519,672 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,14 \text{ hari}$$

Volume pekerjaan galian relatif sedikit, semestinya tidak perlu menggunakan *Excavator* dimana penggalian dapat dilakukan dengan tenaga manusia sehingga akan mengurangi biaya operasional alat berat.

2. *Dump Truck*

$$Q = (V_{\text{Bak}} \times F_a \times 60) / (D \times T_{\text{sD}})$$

Dimana:

V_{bak} = V = Kapasitas *Bucket* = 4 m³ → HPS proyek, untuk *Dump Truck*

Fa = 0,83 → Tabel Faktor Efisiensi *Dump Truck*, untuk kondisi paling baik

D = 1,2 ton/m³ → Tabel Faktor *Bucket*., untuk Tanah Biasa

v₁ = 20 km/jam → Tabel Kecepatan Menanjak dan Menurun Kecepatan *Dump Truck*., untuk *Dump Truck* bermuatan.

v₂ = 40 km/jam → Tabel Kecepatan Menanjak dan Menurun Kecepatan *Dump Truck*., untuk *Dump Truck* Kosong.

L = 2 km → kondisi lapangan

$$Q_{\text{Loader}} = 217,096 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow \text{Subbab 4.2.1(A.1)}$$

Jumlah Alat = 3 *Dump Truck*

Maka:

$$V_{\text{Bak}} = 4 \text{ m}^3$$

$$t_1 = (4 / 217,096) 60 = 1,10 \text{ mnt}$$

$$t_2 = (2 / 20) 60 = 6 \text{ mnt}$$

$$t_3 = (2 / 40) 60 = 3 \text{ mnt}$$

$$TsD = 1,10 + 6 + 3 = 10,1 \text{ mnt}$$

$$Q = (4 \times 0,83 \times 60) / (1,2 \times 10,1) = 199,2 / 12,12 = 16,43 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P = 16,43 \times 3 \times 7 = 345,03 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 225 / 345,03 = 0,65 \text{ hari}$$

Produktivitas *Dump Truck* dipengaruhi oleh volume pekerjaan yang dikerjakan dimana dalam hal ini galian yang perlu diangkut relatif sedikit sehingga kinerja *Dump Truck* berdasarkan durasi pekerjaan juga kecil.

B. Pekerjaan Timbunan Karang Putih

$$\text{Volume Pekerjaan} = 644,25 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Subbab 4.1.1(B)}$$

1. Excavator (Merk Komatsu, Tipe PC-200-8M0)

$$Q = (V \times F_b \times F_a \times 60) / (T_s \times F_v)$$

dimana:

$$F_b = 0,8 \rightarrow \text{Tabel Faktor Bucket, untuk batu pecah}$$

$$F_v = 1,1 \rightarrow \text{Tabel Faktor Konversi, untuk kedalaman} < 40\%, \text{ agak sulit}$$

Ketentuan lainnya sama dengan 4.2.1(A.1)

Maka:

$$Q = (0,93 \times 0,8 \times 0,83 \times 60) / (0,32 \times 1,1) = 105,25 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P = 105,25 \times 1 \times 7 \text{ jam} = 736,75 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 644,25 / 736,75 = 0,87 \text{ hari}$$

Produktivitas *Excavator* yang dianalisis sedikit berbeda dengan HPS Proyek. Pekerjaan timbunan Karang pada HPS tidak menggunakan *Excavator* tetapi *Whell Loader*. Hal ini menyebabkan produktivitas alat berat pada pekerjaan ini berbeda karena penggunaan alat yang berbeda.

2. Dump Truck

$$Q = (V_{\text{Bak}} \times F_a \times 60) / (D \times T_{sD})$$

Dimana:

$$Q_{\text{Loader}} = 105,25 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow \text{Subbab 4.2.1(B.1)}$$

$$L = 13 \text{ km} \rightarrow \text{kondisi lapangan}$$

$$D = 0,8 \text{ ton/m}^3 \rightarrow \text{Tabel Faktor Bucket, untuk Batu pecah}$$

$$V_{\text{Bak}} = V = \text{Kapasitas} = 8 \rightarrow \text{HPS Poyek}$$

Ketentuan lainnya sama dengan 4.2.1(A.2)

Maka:

$$t_1 = (8 / 105,25) \times 60 = 4,56 \text{ mnt}$$

$$t_2 = (13 / 20) \times 60 = 39 \text{ mnt}$$

$$\begin{aligned}
 t_3 &= (13 / 40) \times 60 = 19,5 \text{ mnt} \\
 T_{SD} &= 4,56 + 39 + 19,5 = 63,06 \text{ mnt} \\
 Q &= (8 \times 0,83 \times 60) / (0,8 \times 63,06) = 7,89 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 P &= 7,89 \times 3 \times 7 = 165,69 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Durasi} &= 644,25 / 165,69 = 3,88 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Produktivitas *Dump Truck* berbeda dengan HPS Proyek, dikarenakan data untuk t_2 , t_3 dan Q_{loader} berbeda. HPS menggunakan $t_2 = 25 \text{ km/jam}$, $t_3 = 35 \text{ km/jam}$ dan $Q_{\text{loader}} = 117,58 \text{ m}^3/\text{jam}$.

3. Motor Grader

$$Q = (Lh [(n (b - b_0)) + b_0] Fa \times 60) / (N \times n \times Ts)$$

Dimana:

$Lh = 50 \text{ m} \rightarrow$ kondisi lapangan

$n = 4$ lintasan $\rightarrow$ HPS Proyek

$v = 4 \text{ km/jam} \rightarrow$ HPS Proyek

$b = 2,6 \text{ m} \rightarrow$ HPS Proyek

$b_0 = 0,30 \text{ m} \rightarrow$ HPS Proyek

$w = 3,5 \text{ m} \rightarrow$ HPS Proyek

$t_2 = 1 \text{ mnt} \rightarrow$ HPS Proyek

$Fa = 0,8 \rightarrow$ Faktor Efisiensi Alat., untuk kondisi paling baik.

Jumlah Alat = 1 *Motor Grader*

Maka:

$$t_1 = (50 \times 60) / (4 \times 1000) = 0,75 \text{ menit} \rightarrow \text{perataan 1 lintasan}$$

$$T_s = 0,75 + 1 = 1,75 \text{ mnt}$$

$$N = 3,5 / (2,6 - 0,30) = 1,2 \approx 2 \text{ kali lintasan}$$

$$Q = (50 \times [4(2,6 - 0,30) + 0,30] \times 0,8 \times 60) / (2 \times 4 \times 1,75) = 1628,57 \text{ m}^3$$

$$P = 1628,57 \times 1 \times 7 = 11400 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 644,25 / 11400 = 0,05 \text{ hari}$$

Produktivitas Motor Grader yang dianalisis berbeda dengan HPS Proyek, dikarenakan produktivitas pada HPS Proyek menggunakan data tebal hamparan padat, sedangkan pada rumus PUPR 2016 pada analisis ini tidak menggunakan data tersebut.

4. Vibrator Roller

$$Q = [(b \times v \times 1000) \times t \times Fa] / N$$

Dimana:

$B = 1,48 \text{ m} \rightarrow$ HPS Proyek

$b_o = 0,30 \text{ m} \rightarrow \text{HPS Proyek}$

$v = 4 \text{ km/jam} \rightarrow \text{HPS Proyek}$

$N = 8 \text{ lintasan} \rightarrow \text{HPS Proyek}$

$F_a = 0,83 \rightarrow \text{Faktor Efisiensi Alat, untuk kondisi paling baik}$

$T = 0,15 \text{ m} \rightarrow \text{kondisi lapangan}$

Jumlah Alat = 1 *Vibrator Roller*

Maka:

$b_e = 1,48 - 0,30 = 1,18 \text{ m}$

$Q = [(1,18 \times 4 \times 1000) 0,15 \times 0,83] / 8 = 73,45 \text{ m}^3$

$P = 73,45 \times 1 \times 7 = 528,15 \text{ m}^3/\text{hari}$

Durasi = $644,25 / 528,15 = 1,21 \text{ hari}$

Produktivitas *Vibrator Roller* yang dianalisis berbeda dengan HPS Proyek, karena pada HPS Proyek pekerjaan timbunan pasir tidak menggunakan *Vibrator Roller* tetapi *Tandem roller* bukan. Hal ini menyebabkan produktivitas alat berat pada pekerjaan ini berbeda karena penggunaan alat yang berbeda.

C. Pekerjaan Timbunan Pasir Urug

Volume Pekerjaan = $4,56 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Subbab 4.1.1(B)}$

1. Excavator (Merk Komatsu, Tipe PC-200-8M0)

$$Q = (V \times F_b \times F_a \times 60) / (T_s \times F_v)$$

dimana:

$F_b = 1,1 \rightarrow \text{Tabel Faktor Bucket, untuk Tanah berpasir}$

$F_v = 1,0 \rightarrow \text{Tabel Faktor Konversi, untuk kedalaman} < 40\%, \text{ Normal}$

Ketentuan lainnya sama dengan 4.2.1(A.1)

Maka:

$Q = (0,93 \times 1,1 \times 0,83 \times 60) / (0,32 \times 1,0) = 164,31 \text{ m}^3/\text{jam}$

$P = 164,31 \times 1 \times 7 \text{ jam} = 1150 \text{ m}^3/\text{hari}$

Durasi Pekerjaan = $4,56 / P = 0,003 \text{ hari}$

Produktivitas Excavator yang dianalisis berbeda dengan HPS Proyek, dikarenakan produktivitas pada HPS menggunakan data tebal hamparan padat, sedangkan pada rumus PUPR 2016 pada analisis ini tidak menggunakan data tersebut.

2. *Dump Truck*

$$Q = (V_{Bak} \times F_a \times 60) / (D \times T_{sD})$$

Dimana:

$Q_{Loader} = 164,31 \text{ m}^3/\text{jam} \rightarrow \text{Subbab 4.2.1(C.1)}$

$L = 2 \text{ km} \rightarrow$ kondisi lapangan

$V_{\text{Bak}} = V = \text{Kapasitas} = 8 \rightarrow$ HPS Poyek, Untuk *Dump truck*

Ketentuan lainnya sama dengan 4.2.1(B.2)

Maka:

$$t_1 = (8 / 164,31) \times 60 = 2,82 \text{ mnt}$$

$$t_2 = (2 / 20) \times 60 = 6 \text{ mnt}$$

$$t_3 = (2 / 40) \times 60 = 3 \text{ mnt}$$

$$T_{\text{SD}} = 2,82 + 6 + 3 = 11,82 \text{ mnt}$$

$$Q = (8 \times 0,83 \times 60) / (0,8 \times 11,82) = 43,15 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P = 43,15 \times 3 \times 7 = 906,18 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 4,56 / 906,18 = 0,005 \text{ hari}$$

Produktivitas *Dump Truck* berbeda dengan HPS Proyek, dikarenakan data untuk t_2 , t_3 dan Q_{loader} berbeda. HPS menggunakan $t_2 = 25 \text{ km/jam}$, $t_3 = 35 \text{ km/jam}$ dan $Q_{\text{loader}} = 23,88 \text{ m}^3/\text{jam}$.

3. Motor Grader

$$Q = L_h [(n(b - b_0)) + b_0] F_a \times 60 / N \times n \times T_s$$

Dimana:

$L_h = 50 \text{ m} \rightarrow$ kondisi lapangan

$n = 2 \text{ lintasan} \rightarrow$ HPS Proyek

$v = 4 \text{ km/jam} \rightarrow$ HPS Proyek

$b = 2,6 \text{ m} \rightarrow$ HPS Proyek $b_0 = 0,30 \text{ m} \rightarrow$ HPS Proyek

$w = 3,5 \text{ m} \rightarrow$ HPS Proyek

$t_2 = 1 \text{ mnt} \rightarrow$ HPS Proyek

$F_a = 0,8 \rightarrow$ Faktor Efisiensi Alat, untuk kondisi paling baik.

Jumlah Alat = 1 *Motor Grader*

Maka:

$$t_1 = (50 \times 60) / (4 \times 1000) = 0,75 \text{ menit, perataan 1 lintasan}$$

$$T_s = 0,75 + 1 = 1,75 \text{ mnt}$$

$$N = 3,5 / (2,6 - 0,30) = 1,2 \approx 2 \text{ kali lintasan}$$

$$Q = (50 \times [(2(2,6 - 0,30)) + 0,30] \times 0,8 \times 60) / (2 \times 2 \times 1,75) = 1680 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$P = 1680 \times 1 \times 7 = 11760 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 4,56 / 11760 = 0,0003 \text{ hari}$$

Produktivitas *Motor Grader* yang dianalisis berbeda dengan HPS Proyek, dikarenakan produktivitas pada HPS Proyek menggunakan data tebal hamparan padat, sedangkan pada rumus PUPR 2016 pada analisis ini tidak menggunakan data tersebut.

4. *Vibrator Roller*

$$Q = [(be \times v \times 1000) \times t \times Fa] / N$$

Dimana:

$b = 1,68 \text{ m} \rightarrow \text{HPS Proyek}$

$b_o = 0,20 \text{ m} \rightarrow \text{HPS Proyek}$

$v = 4 \text{ km/jam} \rightarrow \text{HPS Proyek}$

$N = 6 \text{ lintasan} \rightarrow \text{HPS Proyek}$

$Fa = 0,83 \rightarrow \text{Faktor Efisiensi Alat, untuk kondisi paling baik}$

$t = 0,15 \text{ m} \rightarrow \text{kondisi lapangan}$

Jumlah Alat = 1 *Vibrator Roller*

Maka:

$$be = 1,68 - 0,20 = 1,48 \text{ m}$$

$$Q = [(1,48 \times 4 \times 1000) \times 0,15 \times 0,83] / 6 = 122,84 \text{ m}^3$$

$$P = 122,84 \times 1 \times 7 = 859,88 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi} = 4,56 / 859,88 = 0,005 \text{ hari}$$

Produktivitas *Vibrator Roller* yang dianalisis berbeda dengan HPS Proyek, karena pada HPS Proyek pekerjaan timbunan pasir tidak menggunakan *Vibrator Roller* tetapi *Tandem roller* bukan. Hal ini menyebabkan produktivitas alat berat pada pekerjaan ini berbeda karena penggunaan alat yang berbeda.

4.2.2 Lapisan Perkerasan

Dengan menggunakan data dari subbab 4.1.2 dan mengacu pada perhitungan subbab 4.2.1, maka hasil perhitungan dapat direkapitulasi dalam Tabel 7. di bawah.

Tabel IV-1 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Alat

Pekerjaan	Volume (m ³)	Alat Berat	Jumlah (bh)	Produktivitas (m ³ /hari)	Durasi (hari)
Tanah Dasar					
Galian	225	<i>Excavator</i>	1	1519,672	0,14
		<i>Drum Truck</i>	3	345,03	0,65
Timbunan Karang	644,25	<i>Excavator</i>	1	736,75	0,87
		<i>Drum Truck</i>	3	165,69	3,88
		<i>Motor Grader</i>	1	11400	0,05
		<i>Vibrator</i>	1	528,15	1,21

Pekerjaan	Volume (m³)	Alat Berat	Jumlah (bh)	Produktivitas (m³/hari)	Durasi (hari)
Timbunan Pasir Urug	4,56	Excavator	1	1150	0,003
		Drum Truck	3	906,18	0,005
		Motor Grader	1	11760	0,0003
		Vibrator	1	859,88	0.005
Lapisan Perkerasan					
LPB	11920	Excavator	1	736,75	16,17
		Drum Truck	3	165,69	71,94
		Motor Grader	1	1710	6,97
		Vibrator	1	528,15	22,56
LPA	35760	Truck Mixer	1	44,59	801,97
Permukaan	2384	Asphalt Finisher	1	267,19	8,9
		Tandem Roller	1	34,23	6,54

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Produktivitas alat berat pada pekerjaan tanah dasar meliputi:

a. Pekerjaan Galian

Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian adalah *Excavator* dengan produktivitas = 1519,672 m³/hari dalam 0,14 hari dan *Dump Truck* = 345,03 m³/hari dalam 0,65 hari.

b. Pekerjaan Timbunan Karang

Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan timbunan adalah *Excavator* dengan produktivitas = 736,75 m³/hari dalam 0,87 hari, *Dump Truck* = 7,89 m³/hari dalam 3,88 hari, *Motor Grader* = 1628,57 m³/hari dalam 0,05 hari, serta Vibro Roller = 73,45 m³/hari dalam 1,21 hari.

c. Pekerjaan Timbunan Pasir Urug

Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan timbunan adalah *Excavator* dengan produktivitas = 1150 m³/hari dalam 0,003 hari, *Dump Truck* = 43,15 m³/hari dalam 0,005 hari, *Motor Grader* = 1680 m³/hari dalam 0,0003 hari, dan Vibro Roller = 122,84 m³/hari dalam 0,005 hari.

2. Produktivitas alat berat pada perkerasan jalan meliputi

a. Pekerjaan Lapisan Pondasi Bawah

Alat berat yang digunakan yaitu *Excavator* dengan produktivitas = 105,25 m³/hari dalam 16,17 hari, *Dump Truck* = 7,89 m³/hari dalam 71,94 hari, *Motor Grader* = 244,28 m³/hari dalam 6,97 hari, dan Vibro Roller = 528,15 m³/hari dalam 22,56 hari.

b. Pekerjaan Lapisan Pondasi Atas

Alat berat yang digunakan yaitu *Truck mixer* dengan produktivitas = 44,59 m³/hari dalam 801,97 hari,

c. Pekerjaan Lapisan Permukaan.

Alat berat yang digunakan yaitu *Asphalt Finisher* dengan produktivitas = 267,19 m³/hari dalam 8,9 hari dan *Tandem Roller* 34,23 m³/hari dalam 6,54 hari.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan analisis terhadap produktivitas alat berat pada proyek, yaitu:

1. Gambar kerja sebaiknya dilengkapi dengan detail potongan sehingga dapat dijadikan referensi untuk lebih jelas titik titik pekerjaan
2. Pekerjaan LPB perlu mengadakan tambahan unit dumptruck agar produktivitas harian meningkat dan durasi pun berkurang, dengan juga memperkirakan efisiensi harga
3. Pekerjaan LPA perlu mengadakan tambahan unit *Concrete Mixer Truck* atau menggunakan pekerjaan pengecoran manual di lokasi agar produktivitas harian meningkat dan durasi pun berkurang, dengan juga memperkirakan efisiensi waktu

DAFTAR REFERENSI

- Adatika. (2006). Pekerjaan Tanah dasar. http://eprints.undip.ac.id/34707/3/1709_CHAPTER_I.pdf
- Astutie, C. S. A. (2018). Dumptruc. 1–26.
- Clarkson H. Oglesby, 1999. (1999). Definisi Jalan. Jalan Raya, 4(1), 1–23.
- Darlan. (2014). Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement). 23 July 2014.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi umum 2018. September. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.07.008>
- Ervianto W.I. (2005). Produktivitas Tenaga Kerja Dengan Metode Work Sampling, Yanti G. Global, S. (2001). Motor Grader (Vol. 6, p. 40).
- Hardiyatmo. (2007). Lapis pondasi bawah. <Http://E-Journal.Uajy.Ac.Id/7244/4/3TF03686.Pdf>, C, 15–48.
- Heavy Equipment Management, N. S. (2014). II-1. <http://www.senyawa.com>
- Kementrian PUPR Spesifikasi Pekerjaan Tanah. (2016). Diklat Spesifikasi Umum Spesifikasi Pekerjaan Tanah 2016 Modul 4 Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia.
- Komalasari, M., Fardila, D., Dharmawansyah, D., & Kurniati, E. (2023). Analisis Produktivitas Alat Berat dan Pekerja di Pekerjaan Pengecoran Lantai Spillway pada Proyek Pembangunan Bendungan. 17(03). <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.03.5>

- Kosanke, R. M. (2019). Pengertian, Tipe dan Penggunaan Excavator. 5–22.
- Kusuma, D. (2014). Jalan 2.
- Mangarso, A. W. (2022). Laporan Praktek Kerja Nyata Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Karya Malang 2022.
- Nugroho, M. (2003). Bab iii landasan teori 3.1. [Http://E-Journal.Uajy.Ac.Id/7244/4/3TF03686](http://E-Journal.Uajy.Ac.Id/7244/4/3TF03686). Pdf, C, 15–48.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/. (2013). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Permen PUPR No. 28. (2016). Permen_PUPR_No 16.
- PT Citra Karya Papua. (2022a). Uraian analisa 2 alat berdasarkan 1 HPS Peningkatan Jalan Lingkar Petam-Pertigaan Sewan Munukania _Skripsi. 30.
- PT Citra Karya Papua. (2022b). Uraian analisa alat berdasarkan 1 HPS Peningkatan Jalan Lingkar Petam-Pertigaan Sewan Munukania _Skripsi. 30.
- Rohman. (2003). BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Tinjauan Umum.
- Rostiyanti. (2002). 3. BAB III.
- Rostiyanti. (2008). Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang Seksi Vi Pekanbaru-Bangkinang.
- Sentrakalibrasiindustri. (2023). excavator.
- Simbolon, J. M. (2021). Analisis Produktivitas Dan Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Pelaksanaan Pekerjaan Lapisan Perkerasan Lentur.
- Sinambela. (2020). Jenis prancangan Kuantitatif.
- Sokop, R. M., Arsjad, T. T., & Malingkas, G. (2018). Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Gali-Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dump Truck) Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Perumahan Residence Jordan Sea.
- Suhendra, A. R. (2022). Analisa Produktivitas Alat Berat Gali-Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dump Truck) Pada Proyek Rehabilitasi Jaringan Irigasi D.I Jurang Batu Kabupaten Lombok Tengah.
- Sukirman. (1992). Perkerasan kontruksi jalan. 5–20.
- Sulistyan Nizar, H. (2016). Rancang Bangun Simulasi Compactor Dengan Sistem Mekanis (Proses Pengujian). 1–23.
- TREK. (2016). vibra. https://www.google.com/imgres?q=vibratoryroller&imgurl=https%3A%2F%2Fassets-global.websitefiles.com%2F5cfe470c04ff07a25ad08aec%2F5d5b969fe5ce73a3cc6378b7_sv512d.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.trek.id%2Fvibroroller%2Fsaikai-sv512d&docid=HOAzDFp3Nh1ChM&t
- Umar, H. (2013). Metode Penulisan Laporan KKP, Yuniati Ulfa 2021. Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952., 2013–2015.
- Wigroho. (1982). Estimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Agregat Lapis Pondasi Kelas B Jalan Simpang Pertamina - Jembatan Pulau Birandang Kecamatan Kampar (Azlansyah Putra 2020).

