

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Alat berat merupakan salah satu faktor penting didalam proyek-proyek konstruksi dengan skala yang besar. Penggunaan alat berat bertujuan untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat dicapai dengan waktu yang singkat.

Berikut keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan alat berat antara lain (Wilopo, 2009) :

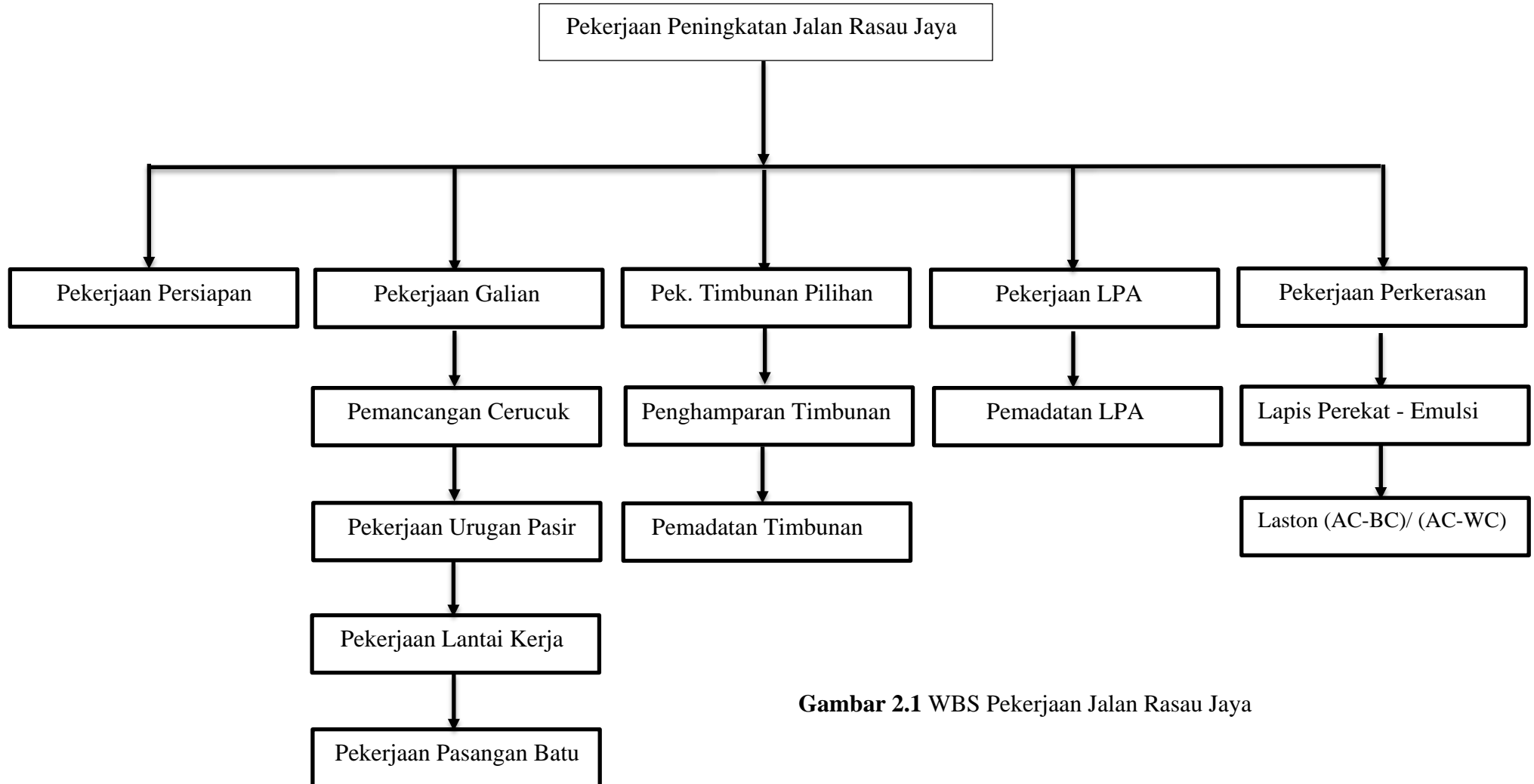
- a) Waktu pekerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
- b) Tenaga besar, melaksanakan pekerjaan yang tidak dapat dikerjalam oleh manusia.
- c) Ekonomis, karena efisien, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor ekonomis lainnya.
- d) Mutu hasil kerja yang lebih baik, dengan memakai peralatan berat, mutu hasil kerja menjadi lebih baik dan presisi.

2.1.1 Klasifikasi Alat Berat

Berdasarkan fungsinya alat berat dapat dibagi sebagai berikut

- a) Alat pengolah lahan, seperti *bulldozer*, *scraper*, dan *motor grader*
- b) Alat penggali, seperti *excavator*, *front shovel*, *backhoe*, dan *clamshell*
- c) Alat pengangkut material, seperti *dump truck* dan *trailer*
- d) Alat pemindah material, seperti *wheel loader* dan *bulldozer*
- e) Alat pemadatan, seperti *vibratory roller*, *pneumatic-tired roller*, *soil compactor*, *tandem roller*, dan lain-lain.
- f) Alat pemroses material, seperti *stone crusher* dan *asphalt mixing plant*
- g) Alat penempatan akhir material, seperti *asphalt finisher*
- h) Alat pengangkat material, seperti *truck crane* dan *tower crane*

WBS Pekerjaan Peningkatan Jalan Rasau Jaya



Gambar 2.1 WBS Pekerjaan Jalan Rasau Jaya

2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Alat Berat

Dalam merencanakan proyek-proyek yang dikerjakan dengan alat berat, satu hal yang penting adalah bagaimana menghitung kapasitas operasi alat berat. Biasanya kapasitas operasi dari suatu alat berat dinyatakan dalam m³/jam. Produksi alat dinyatakan dalam volume pekerjaan yang dikerjakan persiklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam kerja (Saefudin, Mudianto, & Wiranto, 2016).

Faktor yang mempengaruhi produksi alat dibagi menjadi 2, yaitu faktor dalam aspek teknis alat dan faktor dalam manajemen alat.

2.2.1 Aspek Manajemen Alat

a. Pengembangan dan penyusutan tanah

Pengembangan dan penyusutan tanah adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan tanah yang diganggu dari bentuk aslinya (digali, dipindahkan/diangkut atau dipadatkan). Dari faktor tersebut bentuk tanah dibagi dalam tiga keadaan yaitu:

1. Kondisi asli (*bank cubic meter/BCM*), ukuran alam yaitu keadaan tanah yang masih sesuai dengan kondisi asli alamnya. Dalam keadaan ini butiran-butiran tanah masih terkonsolidasi dengan baik.
2. Kondisi lepas (*loose cubic meter/LCM*), yaitu kondisi tanah sesudah mengalami gangguan atau telah tergali.
3. Kondisi padat (*solid measure/SM*), yaitu keadaan tanah setelah ditimbun kembali dan diadakan usaha pemadatan. Pada keadaan ini tanah mengalami proses pemadatan sehingga volumenya menyusut tanpa mengalami perubahan berat.

Untuk menghitung volume tanah yang telah diganggu dari bentuk aslinya, dengan melakukan penggalan material tersebut, atau pemadatan dari material yang sudah gembur ke padat, perlu dikalikan dengan faktor yang disebut faktor konversi .

Secara praktis nilai faktor konversi tanah dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Faktor Konversi Tanah

KONDISI TANAH YANG DIKERJAKAN				
JENIS MATERIAL	KONDISI AWAL	KONDISI ASLI	KONDISI LEPAS	KONDISI PADAT
Sand/Tanah Pasir	(A)	1.00	1.11	0.95
	(B)	0.90	1.00	0.86
	(C)	1.05	1.17	1.00
Sand Clay/Tanah Biasa	(A)	1.00	1.25	0.90
	(B)	0.80	1.00	0.72
	(C)	1.11	1.39	1.00
Clay/Tanah Liat	(A)	1.00	1.35	0.90
	(B)	0.70	1.00	0.63
	(C)	1.11	1.59	1.00
Tanah Campur Kerikil	(A)	1.00	1.18	1.08
	(B)	0.85	1.00	0.91
	(C)	0.93	1.09	1.00
Kerikil	(A)	1.00	1.13	1.03
	(B)	0.88	1.00	0.91
	(C)	0.97	1.10	1.00
Kerikil Kasar	(A)	1.00	1.42	1.29
	(B)	0.70	1.00	0.91
	(C)	0.77	1.10	1.00
Pecahan Cadas atau Batuan Lunak	(A)	1.00	1.65	1.22
	(B)	0.61	1.00	0.74
	(C)	0.82	1.35	1.00
Pecahan Granit atau Batuan Keras	(A)	1.00	1.70	1.31
	(B)	0.59	1.00	0.77
	(C)	0.76	1.30	1.00
Pecahan Batu	(A)	1.00	1.75	1.40
	(B)	0.57	1.00	0.80
	(C)	0.71	1.24	1.00
Batuan Hasil Ledakan	(A)	1.00	1.80	1.30
	(B)	0.56	1.00	0.72
	(C)	0.77	1.38	1.00

Sumber : Rochmanhadi 1984

Catatan:

A = Tanah Asli

B = Tanah Lepas

C = Tanah Padat

b. Efisiensi Kerja Alat (E)

Produktifitas kerja dari suatu alat yang diperlukan merupakan standar dari alat tersebut bekerja dalam kondisi ideal dikalikan suatu faktor dimana faktor tersebut merupakan faktor efisiensi kerja (E). Efisiensi sangat tergantung kondisi kerja dan faktor alam lainnya seperti keadaan topografi, keahlian operator, pemilihan standar perawatan dan lain-lain yang berkaitan dengan pengoperasian alat

Tabel 2.2 Efisiensi Kerja Alat

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Normal	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
Normal	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	0.30

Sumber : Rochmanhadi 1984

c. Faktor Kondisi Alat

Produksi suatu peralatan sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dari alat tersebut, hal ini terjadi akibat penurunan kondisi mesin akibat dari adanya keausan komponen mesin. Semakin tinggi jumlah jam operasional maka, potensi terjadinya kerusakan komponen-komponen mesin. Kondisi peralatan layak operasi ditinjau dari aspek ekonomi yakni sebagai berikut:

$K = 100\%$ sebagai kondisi umum

$K = 60\%$ sebagai kondisi minimum

Pada pengoperasian normal 2000 jam per tahun, maka penurunan kondisi peralatan per jam secara garis lurus (straight Line) yakni :

$$\Delta K = (100 - 60) / UE \dots\dots (\% \text{ jam})$$

Jadi kondisi peralatan saat penilaian sesuai dengan jam operasi yang sudah dicapai adalah :

$$K = 100 - \Delta K.t (\%)$$

$$= 100 - ((100 - 60)UE) \times t (\%)$$

Dimana :

UE = Umur ekonomis alat dalam jam

t = Jam operasi yang sudah tercapai

Tabel 2.3 Klasifikasi Kondisi Peralatan

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

Sumber : Dept.PU 1998

d. Faktor Operator dan Mekanik

Kemampuan kerja suatu peralatan sangat tergantung pada kemampuan operator dalam menggunakan alat dan mekanik sebagai teknisi yang berperan aktif dalam mengontrol kondisi alat agar dapat bekerja secara optimal.

e. Faktor Cuaca

Cuaca merupakan suatu dampak yang tidak dapat diprediksi, secara tidak langsung cuaca akan berpengaruh terhadap kondisi operator itu sendiri. Prestasi operator akibat dari pengaruh cuaca dapat diukur dalam satuan menit/jam atau % yakni perbandingan antara waktu efektif kerja dari tiap jam kerja dengan tiap jam waktu yang tersedia.

Tabel 2.4 Faktor Operator dan Mekanik Terhadap Cuaca

No	Cuaca	Operator dan Mekanik			
		Terampil	Baik	Cukup	Sedang
1	Terang, cerah	0,90	0,85	0,80	0,75
2	Terang Panas, berdebu	0,83	0,783	0,737	0,691
3	Dingin, mendung, gerimis	0,75	0,708	0,666	0,624
4	Gelap	0,666	0,629	0,592	0,555

Sumber : Dept. PU 1998

f. Faktor Manajemen

Manajemen merupakan seni untuk mendapatkan seluruh kegiatan dalam suatu sistem agar dapat berjalan lancar, efektif, ekonomis, aman, dan terkoordinir. Manajemen yang baik tergantung dari sistem yang dilakukan dengan kebijakan dari seorang manajer.

Tabel 2.5 Faktor Manajemen (EM)

Klasifikasi	Curriculum Vitae	Nilai Faktor (%)
Sangat Baik	Pendidikan, a. Formal : S1 – Teknik b. Informal : 1. <i>Large Project Managemen</i> 2. <i>Management Audit</i> 3. <i>Project Administration</i> Pengalaman 1. Proyek dengan nilai 1 M 2. Proyek dengan nilai 1,5 M	0,95
Baik	Pendidikan, a. Formal : S1 – Teknik b. Informal : 1. <i>Contraction Managemen</i> 2. <i>Engineering Management</i> 3. <i>Similiar Project Management</i> Pengalaman 3. Proyek dengan nilai 0,5 M 4. Proyek dengan nilai 1,5 M	0,90
Cukup	Pendidikan, a. Formal : S1 – Teknik b. Informal : 1. <i>Large Project Managemen</i> 2. <i>Similiar Project Management</i> 3. Pengalaman 5. Proyek dengan nilai 0,25 M 6. Proyek dengan nilai 0,5 M	0,85

Sumber : Rochmanhadi 1992

g. Job Faktor

Job faktor merupakan job efisiensi yang sebenarnya. Job efisiensi dapat diartikan perbandingan antara besaran sumber daya yang dikerahkan dengan keluaran sumber daya yang nilainya baru dapat diketahui setelah pekerjaan selesai. Sebagai penggantinya digunakan Job Faktor (ETOT) yang artinya kombinasi dari

faktor-faktor yang telah diuraikan secara bersama-sama dan saling terikat mempengaruhi produksi peralalatan. Besarnya nilai gabungan tersebut dapat dinyatakan dengan:

$$E_{total} = E_{am} + E_{co} + E_M$$

dimana:

E_{am} = Faktor gabungan alat dan medan

E_{co} = Faktor gabungan cuaca dan operator

E_M = Faktor kondisi manajemen

Tabel 2.6 Kondisi Medan

Klasifikasi	Kriteria
IDEAL	<ul style="list-style-type: none"> - Lapangan datar kering - Jalan hantar lurus, keras / aspal ,datar - Ruang gerak luas - Lingkungan bebas
RINGAN	<ul style="list-style-type: none"> - Lapangan datar lembab - Jalan hantar lurus - Ruang gerak luas - Lingkungan Bebas
SEDANG	<ul style="list-style-type: none"> - Lapangan kering bergelombang - Jalan hantar tidak lurus, bergelombang - Ruang gerak luas - Lingkungan bebas
BERAT	<ul style="list-style-type: none"> - Lapangan bergelombang dan becek - Jalan hantar berbelok-belok tajam - Ruang gerak sempit - Lingkungan terbatas

Sumber : Dept. PU 1998

Dari gabungan faktor alat dan medan sebagai berikut :

Tabel 2.7 Alat dan Medan

No	Kondisi Medan	Kondisi Alat			
		Prima	Baik	Cukup	Sedang
1	Ideal	0,95	0,90	0,85	0,80
2	Ringan	0,90	0,852	0,805	0,757
3	Sedang	0,85	0,805	0,760	0,715
4	Berat	0,80	0,715	0,715	0,673

Sumber: Dept. PU 1998

h. Pengaruh Kelandaian

Pada saat alat berat bergerak di permukaan yang menanjak, maka selain tahanan gelinding terdapat gaya yang menahan alat tersebut. Gaya tersebut dinamakan tahanan kelandaian. Yang dimaksud dengan kenaikan permukaan sebanyak 1 % adalah kenaikan sebanyak 1 m untuk setiap 100 m jarak horizontal. Untuk kenaikan 1 % diperlukan tahanan sebesar 10 kg untuk setiap 1 ton berat alat agar alat tersebut dapat bergerak naik . Rumus sebagai berikut:

$$GR = 10 \text{ Kg} \times 1\% \times \text{Berat Kendaraan (ton)}$$

i. Pengaruh Ketinggian

Makin tinggi suatu tempat, maka akan berpengaruh terhadap kepadatan lapisan oksigen, dimana hal ini akan berdampak langsung terhadap kinerja mesin alat berat. Mesin akan mengalami pengurangan tenaga mesin sebesar 3 % pada setiap kenaikan 100 m diatas ketinggian 750 m diatas permukaan air laut. Jadi sebelum diatas 750 m diatas permukaan air laut tenaga atau torsi mesin masih belum berkurang. Pengaruh ketinggian tersebut dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$3\% \times \text{Tenaga Mesin Hp} \times ((3000 - 750)/100)$$

2.3 Alat Berat Yang Ditinjau

Alat berat yang ditinjau pada pekerjaan peningkatan Jalan Rasau Jaya adalah *Excavator, Dump Truck, Motor Grader, Vibrator Roller, dan Asphalt Finisher.*

2.3.1 Excavator

Excavator adalah alat berat yang berfungsi untuk menggali dan memindahkan suatu material. Pada proyek peningkatan Jalan Rasau Jaya alat tersebut digunakan untuk menggali tanah dan pemancangan cerucuk.



Gambar 2.2 *Excavator*

Berikut adalah bagian utama dari *excavator* antara lain:

- a. Bagian atas *revolving unit* (berfungsi untuk berputar).
- b. Bagian bawah *travel unit* (berfungsi untuk berjalan).
- c. Bagian *attachment* yang dapat diganti sesuai keperluan.

Produktivitas dari *excavator* dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \left(\frac{m^3}{jam} \right)$$

Produksi persiklus (q) :

$$q = ql \times K$$

Dimana:

Q = produksi perjam (m^3 /jam)

q = produksi per siklus (m^3)

Cm = waktu siklus (menit)

E = Job faktor

ql = kapasitas bucket

K = faktor bucket

Tabel 2.8 Faktor Bucket

No	Klasifikasi	Kondisi pemuatan	Faktor
1	Ringan	Menggali dan memuat dari stock pile atau material yang telah dikeruk oleh excavator lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dibuat munjung dalam bucket. Tanah berpasir, pasir, tanah koloidal, dengan kadar air sedang.	1,0 – 0,8
2	Sedang	Menggali dan memuat dari lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hamper munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan membuat gravel langsung dari gravel asli.	0,8 – 0,6
3	Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat dengan kadar air tinggi, yang telah di stockpile oleh excavator lain. Suli untuk mengisi bucket dengan material tersebut.	0,6 – 0,5
4	Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan tak teratur dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batu bundar, pasir campur batu- batu bundar, tanah berpasir tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit dikeruk dengan bucket	0,5 -0,4

Sumber : Rochmanhadi 1984

Waktu siklus terdiri dari 4 komponen yaitu :

- a. Waktu muat bucket (*digging time*) t_m
- b. Waktu Putar bermuatan (*swing loaded time*), t_{pb}
- c. Waktu buang muatan (*dumping time*), t_b
- d. Waktu putar kosong / kembali (*swing empty time*), t_{pk}

Waktu siklus (*cycle time*) :

$$Ct = tm + tpb + tb + tp \text{ (satuan dalam menit)}$$

Tabel 2.9 Waktu Siklus

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	0,40
Tanah, lempung lunak	0,30	0,375	0,50
Batuan, lempung keras	0,375	0,462	0,60

Sumber : Akhmad Kholil, 2012

Tabel 2.10 Faktor Kedalaman Galian

Kedalaman galian (% dari maks.)	Sudut Putar (°)					
	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 : Akhmad Kholil, 2012

Pada tabel R diatas, yang dimaksud dengan:

- a. Mudah
 - Tanah lunak
 - Galian dangkal
- b. Sedang
 - Pembuangan bebas
 - Tanah biasa
 - Kedalaman sedang
- c. Sedang
 - Pembuangan bebas
 - Tanah biasa
 - Kedalaman sedang
- d. Agak Sulit
 - Tanah keras / tanah liat
 - Perlu kehati-hatian menggali

- e. Sulit
- Pembuangan tertentu
 - Tanah keras dan membantu
 - Galian kedalaman maksimum
 - Perlu kehati-hatian extra

2.3.2 *Dump Truck*

Dump Truck merupakan alat angkut yang sering kali digunakan pada proyek konstruksi terutama proyek pekerjaan jalan, dimana analisa produksi *dump truck* adalah untuk menghitung kemampuan alat dalam mengangkut material dalam satu jam kerja. *Dump truck* tidak dapat bekerja sendiri melainkan memerlukan alat berat lainnya untuk melakukan proses muat seperti *excavator*. Pada proyek peningkatan Jalan Rasau Jaya alat tersebut digunakan dalam pengangkutan galian biasa, timbunan pilihan, dan timbunan pasir.



Gambar 2.3 *Dump Truck*

Dump truck dibedakan dalam 3 macam, yaitu

- a. Rear dump truck yang membuang muatan ke belakang.
- b. Side dump truck yang membuang muatan ke samping.
- c. Bottom dump truck yang membuang muatan melalui bawah bak

Pemilihan *dump truck* harus memperhitungkan kapasitasnya, rata-rata diambil 4-5 kali kapasitas alat pemuatnya, hal ini berpengaruh terhadap efisiensi kerja secara menyeluruh terutama terhadap waktu. Jika perbandingan kurang proporsional, maka kemungkinan alat pemuat akan banyak menunggu.

Produksi per jam total dari beberapa *dump truck* yang mengerjakan pekerjaan yang sama secara simultan dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$P = \frac{c \times 60 \times E}{Cm} \times M$$

Dimana :

P = Produksi perjam (m³/jam)

C = Produksi per siklus (m³)

Cm = Waktu siklus *dump truck* (menit)

E = Job Faktor

Produksi persiklus (C) dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = ql \times K$$

Dimana :

ql = Kapasitas bucket dari *Dump Truck* (m³)

K = Faktor bucket dari *Dump truck*

Tabel 2.11 Kecepatan *Dump Truk* dan Kondisi Lapangan

Kecepatan	Datar		Menanjak		Menurun	
	Dengan Beban	Tanpa Beban	Dengan Beban	Tanpa Beban	Dengan Beban	Tanpa Beban
	30 km/jam	50 km/jam	20 km/jam	40 km/jam	20 km/jam	40 km/jam

Sumber : Rochmanhadi 1984

Waktu siklus *dump truck* terdiri dari waktu pemuatan, waktu pengangkutan, waktu pembongkaran muatan, waktu perjalanan kembali dan waktu antri. Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu-waktu tersebut adalah:

- a. Waktu muat tergantung pada:
 - Ukuran dan jenis alat pemuat
 - Jenis dan kondisi material yang dimuat
 - Kapasitas alat angkut
 - Kemampuan operator alat pemuat dan alat angkut
- b. Waktu berangkat atau pengangkutan tergantung pada:
 - Jarak tempuh alat angkut
 - Kondisi jalan yang dilalui (kelandaian, rolling resistance, dan lain- lain)
- c. Waktu pembongkaran pemuatan tergantung pada:
 - Jenis dan kondisi material
 - Cara pembongkaran material
 - Jenis alat pengangkutan
- d. Waktu kembali juga dipengaruhi hal-hal yang sama seperti waktu pengangkutan
- e. Waktu antri tergantung pada:
 - Jenis alat pemuat
 - Posisi alat pemuat
 - Kemampuan alat pengangkut untuk berputar

2.3.3 Motor Grader

Motor grader adalah suatu alat yang paling sesuai untuk meratakan tanah secara mekanis dan dapat dipakai dalam berbagai variasi dalam perjalanan pekerjaan konstruksi. Pada penggunaan *motor grader* dalam membentuk permukaan, penghamparan dan meratakan tanah yang belum lama ditempatkan pada areal penghamparan, sangat cocok karena kemampuan manuver yang baik menyebabkan motor grader digunakan pada pekerjaan perataan tanah.



Gambar 2.4 *Motor Grader*

Produktivitas kerja Motor Grader :

$$Q = V \times (L_e - L_o) \times 1000 \times E \times t$$

Dimana:

Q = Produktivitas Motor Grader (m³/jam)

V = Kecepatan operasi / kerja (Km/jam)

L_e = Panjang efektif blade (m)

L_o = Lebar overlap (meter), biasanya diambil 0,3 meter

E = Efisiensi kerja alat (Job Faktor)

t = Tembal hamparan material (m)

Tabel 2.12 Standar Kecepatan Kerja Alat Motor Grader

Nomor Item	Jenis Pekerjaan	Kecepatan Kerja (Km/Jam)
I	Perbaikan Jalan	2 - 6
II	Pembuatan Trens	1,6 - 4
III	Perapihan Tebing	1,6 – 2,6
IV	Perataan Medan	1,6 – 4
V	Lenelling	2 - 8

Sumber : Rochmanhadi 1984

2.3.4 Vibratorry Roller

Vibrator Roller mempunyai efisiensi pemadatan yang sangat baik. Alat ini memungkinkan digunakan secara luas dalam tiap jenis pekerjaan pemadatan. Efek yang diakibatkan Vibrator Roller adalah gaya dinamis terhadap tanah. Butir-butir cenderung mengisi bagian- bagian kosong yang terdapat di antara butir- butirnya. Sehingga akibat getaran ini tanah menjadi padat dengan susunan yang lebih kompak (Fardila Putri, Wiranto Puji, 2017).

Selama pekerjaan dilakukan alat ini digunakan untuk meratakan tanah sebelum dibangun jalan yaitu pada pekerjaan timbunan pilihan dan timbunan pasir.



Gambar 2.5 *Vibrator Roller*

Rumus yang digunakan yaitu:

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 100 \times E}{N}$$

Keterangan:

- Q = Produktivitas Vibratory Roller (m³/jam)
 W = Lebar efektif pemadatan tiap pass (m)
 V = Kecepatan operasi (km/jam)
 H = Tebal pemadatan efektif untuk setiap lapis (m)
 N = Jumlah pemadatan (jumlah pass oleh mesin gilas)
 E = Efisiensi Kerja (Job faktor)

2.3.5 *Asphalt Finisher/Paver*

Alat ini merupakan traktor beroda ban ataupun crawler yang dilengkapi dengan suatu sistem yang berfungsi untuk menghamparkan campuran aspal diatas permukaan pondasi jalan. *Paver* dengan roda ban sebaiknya dipilih jika pada pengaspalan jalan alat tersebut sering dipindahkan, sedangkan penggunaan dengan crawler akan lebih menguntungkan jika kondisi jalan yang akan dibangun menanjak atau menurun, karena paver beroda crawler lebih stabil



Gambar 2.6 *Asphalt Finisher*

Produktivitas dari *Asphalt Finisher* dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q = (V \times b \times JM \times 60) \times t$$

Keterangan :

Q = Produktivitas Asphalt Finisher (m³/jam)

v = Kecepatan operasi (km/jam)

b = Lebar hamparan (m)

JM = Kondisi manajemen dan medan kerja

t = Tebal hamparan (m)

2.3.6 *Wheel Loader*

Wheel loader adalah alat pemuat beroda karet (ban), penggunaannya hampir sama dengan dozer shovel. Perbedaannya terletak pada landasan kerjanya, dimana landasan kerja untuk wheel loader harus relatif rata, kering dan kokoh. Dipergunakan terutama pada pengoperasian yang menuntut kecepatan & mobilitas tinggi, serta tidak diperlukan traksi yang besar (umumnya material yang dikerjakan dalam keadaan gembur dan tidak berat).



Gambar 2.7 Wheel Loader

Produktivitas dari *Wheel Loader* dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \left(\frac{m^3}{jam} \right)$$

Produksi persiklus (q) :

$$q = ql \times K$$

Dimana:

Q = produksi perjam (m^3 /jam)

q = produksi per siklus (m^3)

Cm = waktu siklus (menit)

E = Job faktor

ql = kapasitas bucket

K = faktor bucket

2.4 Analisa Biaya Penggunaan Alat Berat

Peralatan dioperasikan untuk mencapai produksi yang tinggi, namun didalam pengoperasian tersebut harus selalu diusahakan agar biaya yang dikeluarkan sekecil mungkin. Biaya kepemilikan dan biaya operasi untuk alat berat tidak selalu tetap, karena dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Harga bahan dan pelumas yang berbeda antara satu tempat dengan yang lain
2. Harga beli alat yang berbeda
3. Jenis pekerjaan yang dilakukan
4. Suku bunga modal yang berlainan

2.4.1 Biaya Kepemilikan

Biaya pemilikan merupakan biaya yang harus diterima kembali oleh pemilik alat karena telah mengeluarkan biaya untuk pembelian alat, angkutan, pajak,

asuransi, setiap jam selama umur ekonomis alat. Bunga modal juga harus diterima alat, setiap jam selama umur ekonomis alat (Kusrin, ST,MT, 2008).

$$G = \frac{(B - C) \times D}{W} \times F$$

Dimana:

G = Biaya pemilikan (biaya pasti) perjam

B = Harga peralatan berat setempat

C = Nilai sisa (salvage value, biasanya diambil 10% dari initial cost) harga pokok alat yaitu nilai atau harga dari peralatan yang bersangkutan setelah umur ekonomisnya berakhir

D = Faktor pengembalian dan modal faktor angsuran, biasa disebut

C.R.F dan dapat dihitung dengan rumus :

$$D (C.R.F) = \frac{i \times (1 + i)^A}{(1 + i)^{A-1}}$$

A = Umur ekonomis alat

F = Biaya asuransi, pajak, dan lain-lain = (0,02 x B) / W

W = Jumlah Jam kerja alat dalam 1 tahun

Dimana:

I = Bunga tiap tahun

A = umur pemakaian dalam tahun atau umur ekonomis peralatan (*economic life years*) dalam tahun, yang lamanya tergantung dari tingkat penggunaan dan standar dari pembrik pembuatannya

1 = bilangan constant

Tabel 2.13 Nilai C.R.F.(D) Berdasar Bunga Pinjaman

Nilai (n) Umur Pemakaian	Faktor Biaya Pengambilan Modal			
	10%	12,50%	15%	20%
Umur 12 Tahun	0,14676	0,16519	0,18448	0,22526
Umur 11 Tahun	0,15396	0,17211	0,19107	0,23110
Umur 10 Tahun	0,16725	0,18062	0,19925	0,23852
Umur 9 Tahun	0,17364	0,19126	0,20957	0,24808
Umur 8 Tahun	0,18744	0,20483	0,22285	0,26061
Umur 7 Tahun	0,20541	0,22260	0,24036	0,27742
Umur 6 Tahun	0,22961	0,24668	0,26424	0,30071
Umur 5 Tahun	0,26380	0,28085	0,29832	0,33438
Umur 4 Tahun	0,31547	0,33271	0,35027	0,38629
Umur 3 Tahun	0,40211	0,41993	0,43798	0,47173
Umur 2 Tahun	0,57619	0,59559	0,61512	0,65455
Umur 1 Tahun	0,10000	0,12500	0,15000	0,20000

Sumber : Dept. PU 2005

2.4.2 Biaya Operasional

Biaya operasi merupakan biaya tidak tetap/biaya variabel yang hanya diperhitungkan selama alat-alat berat tersebut digunakan, jadi berbeda dengan biaya tetap yang tetap diperhitungkan baik alat-alat berat tersebut dioperasikan ataupun tidak. Besarnya biaya operasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti lokasi pekerjaan, kondisi medan pekerjaan, jenis peralatan, lama pengoperasiannya per hari serta keterampilan operator.

2.4.3 Bahan Bakar (H)

Untuk konsumsi bahan bakar alat tergantung dari besar kecilnya daya mesin yang digunakan di samping kondisi medan yang ringan atau berat juga menentukan. Besarnya bahan bakar yang digunakan untuk mesin oenggerak adalah tergantung dari besarnya kapasitas mesin yang baisesa diukur dengan Hourse Power (HP) Amin, Riduan R (2015).

Untuk menentukan biaya kebutuhan bahan bakar rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$H = (12,5\% - 17,5 \%) \times HP \times Ms \text{ (Harga Premium/liter)}$$

Dimana :

H = Besarnya bahan bakar yang digunakan dalam 1 jam dalam 1 liter

Hp = Kapasitas mesin penggerak dalam horse power

12,5% = Untuk alat bertugas ringan

17,5% = Untuk alat yang bertugas berat

2.4.4 Biaya Oli Pelumas (I)

Besarnya pelumas seluruh pemakaian pelumas termasuk grease) yang digunakan untuk alat yang bersangkutan dihitung berdasarkan kapasitas mesin yang diukur dengan HP (horse power/daya mesin)

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$I = (3\%) \times Pw \times Mp$$

Dimana :

I = Besarnya pemakaian pelumas (jam/liter)

Pw = Kapasitas mesin (HP)

Mp = Harga bahan bakar

(Berdasarkan Pada Analisa Teknik Jalan, Dinas PU)

2.4.5 Biaya Perbaikan dan Perawatan (J)

Untuk menghitung biaya spare part, ban, accu, dan perbaikan alat dan lain sebagainya yang berkaitan dengan perbaikan dalam per jam kerja dipakai pendekatan Amin, Riduan R (2015). :

$$K = (12,5\% - 17,5 \%) \times B/W$$

Dimana:

B = Harga pokok alat

W = Jumlah jam kerja alat dalam 1 tahun

12,5% = Untuk alat bertugas ringan

17,5% = Untuk alat yang bertugas berat

2.4.6 Biaya Operator (K)

Biaya operator tergantung dari lokasi pekerjaan dan jenis alat yang digunakan. Gaji operator biasanya dibayar secara bulanan ditambah dengan uang makan operator per hari, jadi biaya operator per bulan dapat dihitung dari gaji dan uang makan operator tersebut. Jumlah pekerjaan yang diperlukan untuk suatu alat berat berbeda-beda menurut jenis alatnya. Makin kompleks alatnya makin banyak pula pekerjaan yang dibutuhkan untuk mengoperasikannya. Besarnya upah pekerjaan sangat tergantung pada jenis pekerjaannya, operator untuk alat berat yang kompleks akan mempunyai upah yang lebih tinggi dari operator alat yang lebih sederhana.

2.4.7 Biaya Mobilisasi Demobilisasi

Biaya mobilisasi dan demobilisasi adalah biaya yang harus dibayarkan untuk mendatangkan alat dan mengembalikan kembali alat apabila tidak digunakan, biasanya pengangkutan ini menggunakan truk Lowbed Trealer mengenai biaya mengikuti hasil survey untuk Pontianak.

2.4.8 Biaya Penyewaan Alat

Perhitungan biaya dilakukan dengan mengalikan biaya sewa dengan jumlah peralatan dan lama waktu sewa

$$Total\ biaya = \frac{V}{N \times Q} \times Biaya\ sewa / jam$$

Dimana:

V = Volume Pekerjaan

N = Jumlah Unit

Q = Produktivitas per jam

2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.14 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Analisa	Hasil Penelitian
1	Eka Saputra, Fadrizal Lubis, Winayati (2018)	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat pada Proyek Jalan Desa Sawah – Kayu Aro di Kabupaten Kampar	Analisa data pada penelitian ini dilakukan menggunakan data yang dikumpulkan dari pihak terkait dan kondisi terakhir dilihat langsung dari lapangan	Hasil penelitian ini adalah hasil perhitungan dan pembahasan pada alternatif II optimal dari segi biaya yaitu selisih dengan kondisi lapangan Rp. 182.570.575,50 dan dari segi waktu yaitu 62 hari lebih cepat dari kondisi lapangan maka untuk proyek peningkatan jalan Desa Sawah - Kayu Aro di Kabupaten Kampar direkomendasikan digunakan alternatif II dengan waktu 48 hari (1 Bulan 18 hari) dan biaya sebesar Rp. 2.454.248.807,59.

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Analisa	Hasil Penelitian
2	Gusnandar Surya Miharja, Puji Wiranto, Arif Mudianto (2019)	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi, STA. 77+515 – STA. 82+000)	Metode yang digunakan adalah metode analisis data meliputi analisis tentang material dan jenis pekerjaan, alat berat yang digunakan, perhitungan produksi alat berat, jumlah alat berat, waktu dan analisis biaya alat tersebut.	Hasil perhitungan didapat bahwa alat berat excavator yang dibutuhkan yaitu 3 unit dengan biaya Rp1.888.159.385, dump truck 35 unit dengan biaya Rp 40.185.882.965, bulldozer 3 unit dengan biaya Rp. 3.263.125.989, dan motor grader 1 unit dengan biaya Rp 366.756.740

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Analisa	Hasil Penelitian
3	Dody Anggara (2021)	Optimalisasi Biaya dan Waktu Pada Penggunaan Alat Berat Untuk Proyek Perkerasan Lentur Jalan Jake Koto Kombu	Metode yang digunakan adalah menggunakan data Primer dan Sekunder. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dalam perhitungan. Pengolahan data meliputi melakukan survey ke lokasi penelitian, menentukan jenis alat berat yang digunakan, menghitung kapasitas penggunaan alat berat, menghitung biaya dan waktu penggunaan alat berat	Hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kombinasi V berada pada peringkat pertama yang memiliki biaya sewa alat terendah dan waktu pengerjaan yang singkat. Dimana kombinasi V menggunakan 1 unit excavator 0,9 m3 , 5 unit dump truck berkapasitas 6 m3 dan 1 unit motor gleder, dan 1 unit water tank. Waktu pengerjaan yang diperlukan adalah 150 hari untuk semua pekerjaan, dan total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp.13.000.000.000,

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Analisa	Hasil Penelitian
4	Annisa Citra, Harimurti, M. Hamzah Hasyim (2017)	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Tol Pandaan-Malang	Metode yang digunakan dimulai dari pengumpulan data primer di lapangan dan data sekunder. Kemudian dilakukan analisis produktivitas kombinasi alat berat, jumlah alat, waktu dan biaya sewa alat	Dari hasil perhitungan pada kombinasi alat berat, alternatif merupakan kombinasi yang paling optimal yaitu dengan menggunakan 7 unit excavator 0,5 m ³ dan 36 unit dumptruck 20 m ³ . Total waktu pengerjaan yaitu dalam waktu 338 hari dengan total biaya yang harus dikeluarkan untuk menyewa alat berat sebesar Rp. 86.868.566.462.

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Analisa	Hasil Penelitian
5	Irna Hendriyani, Hamriani Ryka (2017)	Optimalisasi Pemakaian Alat Berat Dalam Proyek Jembatan Di Lahan Gambut	Metode yang digunakan adalah Metode Precedence (Precedence Diagram Method) dan Metode Arrow Diagram Methode (ADM). Di dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah PDM (Precedence Diagram Method) dengan alasan seluruh kegiatan proyek dapat dimonitor.	Penggalian tanah untuk volume 469,90 m ³ menggunakan 1 unit Excavator dan selesai dalam 1 hari dengan biaya Rp.1.678.722,00. Pengangkutan tanah dengan volume 469,90 m ³ menggunakan 11 unit dan selesai dalam 1 hari dengan biaya Rp.16.783.063,00. Penghamparan tanah dengan volume 469,90 m ³ menggunakan 1 unit bulldozer dan selesai dalam 1 hari dengan biaya Rp.1.132.759,00. Pemasangan tanah dengan volume 398,88 m ³ menggunakan 1 unit vibration roller dan dapat diselesaikan dalam 1 hari dengan biaya Rp.1.231.175,00. Berdasarkan pekerjaan di laporan ini didapatkan bahwa nilai total proyek dan dapat diselesaikan dalam 1 hari dengan biaya sebesar Rp.20.825.719,00.

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Analisa	Hasil Penelitian
6	Denny Dwiputra (2017)	Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan <i>Underpass</i> Mayjen Sungkono Surabaya	Analisa yang digunakan untuk menentukan jumlah alat berat adalah dengan menggunakan program linier metode simpleks	Hasil analisa alat berat menggunakan program linier metode simpleks didapatkan alat berat yaitu, 2 buah Excavator, 2 buah Bulldozer, 1 buah Motor Grader dan 1 buah Vibratory Roller, dengan biaya Rp.791.164 /jam untuk pekerjaan galian, Rp.1.544.688 /jam untuk pekerjaan timbunan.

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Analisa	Hasil Penelitian
7	Asri, Dyah, Moch. Sholeh (2021)	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Dermaga PT. Berlian Manyar Sejahtera, Gresik	Analisa menggunakan data primer yang didapatkan dari pengamatan langsung dilapangan dan data sekunder yang berasal dari instansi terkait. Setelah itu dilakukan analisa perhitungan untuk mendapatkan komposisi alat berat yang optimal	Hasil analisa perbedaan spesifikasi, tipe, dan kapasitas milik penulis dan proyek didapatkan biaya alat berat milik penulis sebesar Rp 19.213.561.469,07. Sehingga ada selisih biaya anggaran alat berat milik proyek dan penulis sebesar Rp 32.815.718.148,84.