

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini juga menggunakan pustaka penelitian-penelitian yang pernah dilaksanakan sebelumnya antara lain:

1. Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Dian Febrianti (2017) tentang Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Peningkatan Jalan Alun-Alun Suka Makmue-Jalan Lingkar Timur Ibu Kota Tahap II. tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis alat berat yang digunakan pada proyek peningkatan jalan alun-alun suka makmue-jalan lingkar timur ibu kota tahap II, dan mengetahui produktivitas kerja alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan, lapisan pondasi agregat kelas B, lapisan pondasi agregat kelas A.

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Pengelolaan dan pemanfaatan alat berat yang baik dapat mempercepat target waktu yang diharapkan.
- b. Jenis alat berat yang akan digunakan sangat berpengaruh terhadap proses pelaksanaan pekerjaan.
- c. Keadaan cuaca yang baik juga mempengaruhi proses pelaksanaan pekerjaan selesai tepat pada waktunya.
- d. Hasil perhitungan produktivitas alat berat didapatkan untuk *dump truck* 259,2 m^3 /hari, *motor grader* 1026,43 m^3 /hari, *vibrator roller* 518,4 m^3 /hari, *water tanker truck* 129,6 m^3 /hari.
- e. Hasil perhitungan waktu pemakaian alat berat didapatkan untuk *dump truck* pada pekerjaan timbunan pilihan selama 11 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas B selama 6 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas A selama 4 hari, *motor grader*

pada pekerjaan timbunan pilihan selama 3 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas selama 2 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas A selama 1 hari, vibrator roller pada pekerjaan timbunan pilihan selama 6 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas B selama 3 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas A selama 2 hari, *water tanker truck* pada pekerjaan timbunan pilihan selama 21 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas B selama 11 hari, pekerjaan lapisan agregat kelas A selama 8 hari.

2. Analisis Produktivitas Alat Berat pada pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zona IV di Cilegon.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Dwi Novi Setiawati (2013). Tentang Analisis Produktivitas Alat Berat pada pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zona IV di Cilegon. Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco yang mengalami kendala seperti pada pekerjaan penimbunan tanah, alat-alat berat tidak bekerja secara optimal, kondisi medan yang kurang baik bahkan cuaca yang kurang mendukung, oleh karena itu peran aktif manajemen merupakan salah satu kunci utama keberhasilan pengelolaan proyek yaitu dalam peninjauan jadwal proyek untuk menentukan langkah perubahan mendasar agar keterlambatan penyelesaian proyek dapat dihindari atau dikurangi. tujuan dari penelitian ini adalah Untuk menghitung produktifitas kerja masing-masing alat berat yang digunakan. dan untuk menganalisis biaya dan durasi proyek yang paling efektif dan efisien serta dengan pemilihan alternatif yang murah dan cepat pada proyek ini. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas alat berat dapat disimpulkan :

Exavator produksi perjam $76,204 \text{ m}^3/\text{jam}$, *Bulldozer* produksi perjam $114,207 \text{ m}^3/\text{jam}$, *Vibration Roller* produksi perjam $93,928 \text{ m}^3/\text{jam}$, *Dump Truck* produksi perjam $27,284 \text{ m}^3/\text{jam}$, *Motor Grader* produksi perjam $987,84 \text{ m}^2/\text{jam}$, *Wheel Loader* produksi perjam $89,227 \text{ m}^3/\text{jam}$. Harga satuan pekerjaannya *Exavator* Rp. 30.837 m^3 , *Bulldozer* Rp. $31.296/\text{m}^3$, *Vibration Roller* Rp. $27.882/\text{m}^3$, *Dump Truck*

Rp. 55.026/m³, *Motor Grader* Rp. 22.981/m³, *Wheel Loader* Rp. 29.054/m³, dan jumlah keseluruhan harga satuan per m³ adalah Rp.197.016. 3. Alternatif III yang paling efektif dan efisien, dengan waktu pelaksanaan 1760 jam atau 220 hari dan biaya Rp.37.852.116.440. Kombinasi adalah 8 unit *excavator*, 5 unit *bulldozer*, 5 unit *vibration roller*, 22 unit *dump truck*, 1 unit *motor grader* dan 5 unit *wheel loader*.

3. Analisa Produktivitas Alat Berat pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Syariah dan ilmu Hukum IAIN Tulungagung

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Aprilia Karlian (2018). Tentang Analisa Produktivitas Alat Berat pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Syariah dan ilmu Hukum IAIN Tulungagung. Dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis anggaran biaya sesuai analisa SNI (Standart Nasional Indonesia), Alat berat yang digunakan berupa *excavator*, *dump truck* dan *tower crane*, serta efesiensi penggunaan alat berat. Dari perhitungan analisa produktfitas pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum IAIN Tulungagung dapat disimpulkan sebagai berikut. Menggunakan Kombinasi I yaitu 2 unit *Excavator*, 3 *Dumptruck*, dan 1 *TowerCrane Crane*. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tersebut adalah 371,53 jam dengan biaya sebesar Rp.276.424.476,00 dan jumlah analisa sumber daya manusia sebesar Rp.14.030.262.009,00. Dan menggunakan Kombinasi II yaitu 2 unit *Excavator*, 3 *Dumptruck*, dan 1 *TowerCrane* waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tersebut adalah 262,58 jam dengan biaya sebesar Rp. 276.424.476,00 dan jumlah analisa sumber daya manusia sebesar Rp.9.962.920.644,00.

4. Aanalisis Produktivitas Alat Berat pada proyek pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Anto Budi Listyawan (2021). Tentang Aanalisis Produktivitas Alat Berat pada proyek pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan yang bertujuan untuk menganalisa kapasitas

produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan, Menganalisa waktu rencana dan waktu pelaksanaan pekerjaan alat berat dan menganalisa selisih biaya total rencana dan pelaksanaan dari semua alat berat yang digunakan untuk pekerjaan tanah pada proyek pembangunan RSUD Pondok Aren. hasil penelitian dan analisis pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut, Hasil dari perhitungan produktivitas alat berat *excavator Komatsu PC50*, *excavator Hitachi Zx 210-5*, *three wheel roller Sakai KD7610* dan *dump truck Colt FE SHD* yang berdasarkan dari data pabrikasi dan data lapangan bahwa produktivitas pabrikasi lebih besar dari produktivitas dilapangan. Dan berdasarkan hasil analisis didapatkan pelaksanaan pekerjaan tanah memerlukan waktu lebih lama 95 hari dibandingkan waktu rencana. Dari hasil analisis besarnya selisih biaya alat berat pada pekerjaan tanah saat rencana dengan biaya Rp.559.397.556 dan saat pelaksanaan dengan biaya Rp 205.800.000 dengan selisih sebesar Rp 353.597.556 dimana biaya pada saat pelaksanaan lebih murah dibandingkan dengan saat rencana.

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang. Banyak keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat yaitu waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar, nilai-nilai ekonomis dan lainnya.

Alat berat dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi. Menurut Rostiyanti (2008) Alat berat merupakan faktor penting dalam pelaksanaan proyek terutama proyek besar yang tujuannya untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat dan diharapkan hasilnya lebih baik.

2.1 Klasifikasi Alat Berat

Klasifikasi alat berat di kategorikan menjadi 2 (dua). Klasifikasi tersebut antara lain adalah klasifikasi fungsional alat berat dan klasifikasi operasional alat berat.

1. Klasifikasi Fungsional Alat Berat

Klasifikasi fungsional alat berat adalah pembagian alat berdasarkan fungsi utama alat. Kholil (2012) klasifikasi alat berat berdasarkan fungsi dapat dibagi sebagai berikut.

- a. Alat pengelola lahan, seperti *dozer, scraper, dan motor grader*
- b. Alat pengali, seperti *excavator, front shovel, backhoe, dragline*.
- c. Alat pengangkut material, seperti *dump truck*.
- d. Alat pemindah material, seperti *loader* dan *dozer*.
- e. Alat pemadat, seperti *tamping roller, concrete spreader*, dan alat pemadat.

2. Klasifikasi operasional alat berat

Klasifikasi operasional alat berat adalah pengelompokan alat berdasarkan pergerakannya. Berdasarkan pergerakannya alat berat dapat dibagi sebagai berikut:

- a. Alat dengan penggerak seperti, *crawler* atau roda kelabang dan ban karet.
- b. Alat statis, seperti *tower crane, batching plant*, dan *crusher plant*.

2.3 Manajemen Alat

Menurut Wilopo (2011) Manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari, antara lain adalah:

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan.

2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
3. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan.
4. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.
5. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting didalam pemilihan alat berat
6. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, dan pembukaan hutan.
7. Lokasi proyek. Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.
8. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi 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. Selain itu, hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat antara lain:
 - a. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu.
 - b. Dengan volume pekerjaan yang ada tersebut dan waktu yang telah ditentukan harus ditetapkan jenis dan jumlah alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. (Agus salim, 2014).

2.4 Keuntungan Alat Berat

Menurut Wilopo (2009) keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan alat berat antara lain:

1. Waktu pekerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar, melaksanakan pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
3. Ekonomis, karena efisien, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.
4. Mutu hasil kerja yang lebih baik, dengan memakai peralatan berat.

2.5 Pemilihan Tipe Alat

Menurut Kholil (2012) menyatakan, pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka terjadi ketelambatan dalam pelaksanaan suatu proyek. Tipe-tipe alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan antara lain ditentukan oleh macam-macam pekerjaan, volume pekerjaan, kemampuan atau kapasitas dari masing-masing tipe peralatan itu sendiri, serta waktu pelaksanaan. Berdasarkan kenyataan yang kita lihat, dimana alat-alat berat ini mempunyai daya kerja yang lebih besar, lebih cepat dan lebih teliti.

Penggunaan alat-alat berat dalam mengerjakan suatu proyek mempunyai maksud agar proyek yang bersangkutan dapat selesai dengan cepat dengan waktu yang dikehendaki, juga memungkinkan untuk mengerjakan suatu pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan secara manual. Dalam pemilihan peralatan yang akan dipakai terlebih dahulu hendak kita inventarisasi pekerjaan-pekerjaan yang akan dilakukan dilapangan sesuai dengan ketentuan, sehingga nantinya alat-alat dipakai betul-betul tepat guna.

Agar sasaran hasil kerja tercapai, maka faktor-faktor dapat mempengaruhi hasil kerja:

- a. Pertimbangan waktu yang tersedia untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Berdasarkan armada alat yang harus disediakan untuk menyelesaikan suatu proyek tergantung dari besar waktu yang tersedia. Terlalu banyak alat menyebabkan tidak efisien bagi kita untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, sedikit alat menyebabkan waktu penyelesaian bertambah panjang. Jumlah alat berat yang tersedia tergantung dari lebar kapasitas pekerjaan untuk menyelesaikan volume pekerjaan dalam batas waktu yang tersedia.

b. Pertimbangan lapangan.

Pertimbangan lapangan yang dimaksud sebagai penilaian terhadap keadaan dilapangan yang meliputi keadaan tanah yang dikerjakan, kering atau berawa serta keadaan atau daerah berbukit atau dataran sehingga memungkinkan untuk diperlukan tenaga-tenag tambahan.

c. Pertimbangan alat.

Pertimbangan alat yang dimaksudkan sebagai suatu penilaian dasar dan jenis alat yang dilaksanakan. Dalam pertimbangan alat ini juga perlu diketahui pengaruh dari peralatan baik baru dan konsisi lama, yang mengakibatkan hasil produksi peralatan bervariasi.

Kondisi peralatan 90% -100% dikatagorikan untuk peralatan baik dan baru dengan keadaan siap dipakai walaupun sudah dipakai tidak melebihi 1 (satu) tahun atau 1000 jam kerja.

1. Kondisi peralatan 70% - 89% dikatagorikan untuk peralatan baik dan lama juga dalam keadaan siap pakai. Peralatan tersebut adalah yang sudah dipakai dari 1 (satu) atau lebih dari 1000 jam kerja.
2. Kondisi peralatan 60% -70% yang dikatagorikan keadaan rusak ringan, tetapi masih layak dioperasikan. Peralatan tersebut adalah yang sudah lebih dari 2 (dua) tahun atau sudah 3000 jam kerja. Dan pertimbangan pekerjaan lapangan dapat disimpulkan alat-alat berat yang akan dipakai nantinya.

d. Pertimbangan operator dan mode kerja.

Faktor operator adalah sangat berpengaruh pada tingkat kemampuan, pengetahuan, pengalaman dan ketrampilan yang mengakibatkan hasil produksi bervariasi untuk jenis pekerjaan bahan dan peralatan tertentu.

e. Pertimbangan dalam memilih pabrik pembuat.

Jika memilih pabrik pembuat alat-alat berat yang akan dibeli, sebaiknya kita pertimbangkan harga sama baik dari pabrik atau perwakilan biaya operasi. Suatu hal yang merupakan faktor penting dalam pemilihan pabrik pembuat (*merk*) yaitu ada atau tidak adanya jaminan *service*.

f. Garansi

Garansi diberikan oleh pabrik kepada pembeli alat, untuk mengganti komponen-komponen atau unit-unit yang rusak akibat kesalahan pemasangan oleh pabrik atau kerusakan salah satu bagian dijamin masih dalam garansi. Waktu garansi itu tergantung dari tipe alat yang dinyatakan dalam batas waktu tertentu (beberapa bulan) atau bisa juga jam operasi (berapa ribu jam kerja). Waktu garansi berlaku sejak terjadinya transaksi dari alat bersangkutan.

g. Pertimbangan membeli atau menyewa alat.

Biaya yang harus dikeluarkan dalam mengerjakan suatu proyek dengan menggunakan alat-alat berat tidak hanya terdiri dari uang untuk membayar harga peralatan tetapi juga uang untuk biaya operasi peralatan tersebut.

2.6 Fungsi dan cara kerja Alat Berat

2.6.1 *Excavator*

Excavator adalah alat yang bekerjanya berputar bagian atasnya pada sumbu vertikal di antara sistem roda-roda, sehingga *excavator* yang beroda ban (*truck mounted*), pada kedudukan arah kerja *attachment* tidak searah dengan sumbu memanjang sistem roda-roda, sering terjadi proyeksi pusat berat alat yang dimuat berada di luar pusat berat dari sistem kendaraan, sehingga dapat menyebabkan alat berat terguling. Untuk mengurangi kemungkinan terguling ini diberikan alat yang

disebut *out-triggers*. *Excavator* dikhususkan untuk penggalian yang letaknya dibawah kedudukan *excavator* itu sendiri.



Gambar 2.1 *Excavator*
(sumber: Google, 2022)

Excavator yaitu alat untuk penggali, pengangkat maupun pemuat tanpa harus berpindah tempat menggunakan tenaga *power take off* dari mesin yang dimiliki, yang terdiri dari tiga bagian utama sebagai berikut:

1. Bagian atas yang dapat berputar (*revolving unit*).
2. Bagian bawah untuk berpindah tempat (*travelling unit*).
3. Bagian-bagian tambahan (*attachment*) yang dapat diganti yang sesuai.

Umumnya *excavator* mempunyai tiga mesin penggerak pokok, sedangkan untuk gerakan *excavator* dalam beroperasi adalah sebagai berikut.

1. Mengisi bucket (*land bucket*)
2. Mengayun (*swing loaded*)
3. Membongkar beban (*dump bucket*)
4. Mengayun balik (*swing empty*)

2.6.2 Waktu siklus *excavator*

Waktu siklus *excavator* terdiri dari 4 komponen, yaitu:

1. Waktu mengisi bucket (*excavating time*).
2. Waktu putar bermuatan saat, muatan penuh (*loaded swing time*).
3. Waktu membongkar muatan (*dumping time*).
4. Waktu putar bermuatan kosong/kembali (*empty swing time*).

Keempat gerakan tersebut menentukan lama waktu siklus *excavator*, namun waktu siklus ini juga tergantung dari ukuran *excavator* dan tentu saja kondisi kerja berpengaruh. Jenis material berpengaruh dalam perhitungan produktivitas *excavator*. Penentuan waktu siklus *excavator* didasarkan pada pemilihan kapasitas *bucket*.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam menghitung produksi kerja *excavator* yaitu:

- a. Menghitung kapasitas aktual bucket, yaitu menghitung volume material yang diangkut *bucket excavator* dalam satu siklus kerja.

Rumus yang digunakan:

$$\text{Kapasitas aktual bucket} = \text{kapasitas bucket} \times \text{carry faktor} \dots \dots \dots (2.1)$$

Tabel 2.1 *Carry faktor hydraulic excavator (Backhoe)*

Jenis material	Faktor
Tanah liat basah atau tanah liat pasir	1,00 - 1,10
Pasir dan kerikil	0,90 - 1,00
Tanah liat keras	0,75 - 0,85
Batu hasil ledakan sempurna	0,60 - 0,75
Batu hasil ledakan tidak sempurna	0,40 - 0,60

Sumber: (Modul kuliah pemindahan tanah mekanis dan alat berat, 2010)

b. Menghitung waktu siklus

Waktu siklus excavator terdiri dari waktu muat bucket, waktu mengayun bermuatan, dan waktu mengayun kosong.

c. Menghitung produksin kerja kasar (PKK) yaitu jumlah material yang sanggup digali excavator dalm satuan jam tanpa menghitung faktor-faktor efesiensi, rumus yang digunakan :

$$PKK = \text{Kapasitas aktual bucket} \times \text{jumlah siklus perjam} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$$PKK = \text{Produksi kerja kasar (m}^3/\text{jam)}$$

$$\text{Jumlah siklus perjam} = \frac{3600 \text{ detik/jam}}{\text{waktu siklus (detik)}}$$

d. Menghitung produksi kerja aktual (PKA), jumlah material yang sanggup digali *excavator* dalam satuan jam dengan memperhitungkan faktor-faktor efesiensi.

Rumus yang digunakan :

$$PKA = PKK \times \text{faktor-faktor efeseinsi} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$$PKA = \text{Produksi kerja aktual (m}^3/\text{jam)}$$

Tabel 2.2 Faktor efesiensi kerja *Excavator*

Kondisi Operasi	Faktor Efesiensi
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

Sumber: (Permen PUPR 28, 2016)

2.6.3 *Dump Truck*

Dump Truck adalah alat pengangkutan yang sangat umum digunakan di dalam proyek konstruksi. Alat ini sangat efisien dalam penggunaannya karena kemampuan tempuhnya yang jauh dengan volume angkut yang besar. Fungsi dari truk adalah untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, dan batuan pada proyek konstruksi. Pemuatan material ke dalam baknya diperlukan alat bantu lain seperti alat gali dan

loader. Pemilihan jenis alat pengangkutan tergantung pada kondisi lapangan, volume material, waktu dan biaya. Truk sangat efisien untuk pengangkutan jarak jauh. Kelebihan truk dibanding alat lain adalah.

1. Kecepatan lebih tinggi.
2. Kapasitas besar.
3. Biaya operasional kecil.
4. Kebutuhannya dapat disesuaikan dengan kapasitas alat gali.



Gambar 2.2 *Dump Truck*
(sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022)

Namun, alat ini juga memiliki kekurangan dibanding alat lain karena truk memerlukan alat lain untuk pemuatan. Dalam pemilihan ukuran dan konfigurasi truk ada beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu material yang akan diangkut dan excavator atau loader pemuat. Cara kerja pembongkaran alat ini adalah material dibongkar dengan cara menaikkan bak bagian depan dengan sistem hidrolis. *Rear dump truck* dipakai untuk mengangkut berbagai jenis material. Akan tetapi material lepas seperti tanah dan pasir kering merupakan material yang umum diangkut oleh *dump truck*. Material seperti batuan dapat merusak truk yang dipakai, oleh karena itu, pemuatan material harus dilakukan secara hati-hati atau bak truk dilapisi bahan yang tidak mudah rusak.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam menghitung produksi kerja *dump truck* sebagai berikut :

a. Menghitung isi aktual bak

Untuk mendapatkan kapasitas actual bak adalah dengan rumus :

$$\text{Kapasitas aktual bak} = \text{kapasitas bak} \times \text{faktor muat} \dots\dots\dots(2.4)$$

Faktor muat dapat digunakan pendekatan antara 0,8 sampai dengan 0,9 artinya tingkat kepenuhan bak *Dump truck* berkisar antara 80% sampai dengan 90%.

b. Menghitung waktu siklus

Waktu siklus dump truk terdiri dari waktu muat, waktu manuver, waktu menumpahkan muatan dan waktu angkut kembali. Waktu siklus *dump truck* dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut :

$$\text{Waktu muat} = \frac{\text{kapasitas dump truck (m}^3\text{)} \times 60 \text{ menit/jam}}{\text{PKA alat pemuat (m}^3\text{/jam)}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Waktu angkut / kembali} = \frac{\text{jarak angkut/jarakkembali (km)} \times 60 \text{ menit/jam}}{\text{kecepatan angkut/kecepatan kembali (km/jam)}} \dots\dots(2.6)$$

c. Menghitung produksi kasar (PKK)

Produksi kerja kasar dihitung dengan rumus :

$$\text{PKK} = \text{Kapasitas aktual bak} \times \text{jumlah siklus perjam} \dots\dots\dots(2.7)$$

d. Menghitung produksi kerja aktual

Produksi kerja aktual dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{PKA} = \text{PKK} \times \text{faktor efesiensi} \dots\dots\dots(2.8)$$

Table 2.3 Faktor efesiensi alat dump truck

Kondisi Operasi	Faktor Efesiensi
Baik	0,83
Sedang	0,80
Agak Kurang	0,75
Kurang	0,70

Sumber: (Permen PUPR 28, 2016)

2.6.4 Bulldozer

Bulldozer merupakan traktor yang dipasangkan pisau atau *blade* di bagian depannya. Pisau berfungsi untuk mendorong, atau memotong material yang ada di depannya. Jenis pekerjaan yang biasanya menggunakan dozer atau *bulldozer* adalah:

1. Pembersihan lahan dari pepohonan.
2. Pembukaan jalan baru
3. Memindahan material pada jarak pendek sampai dengan 100m.
4. Membantu mengisi material pada *scraper*.
5. Menyebarkan material.
6. Mengisi kembali saluran.
7. Membersihkan *quarry* (tempat galian).

Dozer terdiri dari tiga bagian, yaitu penggerak utama (*prime mover*), traktor dan pisau (*blade*) di bagian depan.



Gambar 2.3 *Bulldozer*
(Sumber: Google, 2022)

Adapun langkah-langkah perhitungan produksi kerja *bulldozer* adalah sebagai berikut:

a. Menghitung kapasitas blade aktual

Kapasitas *blade* aktual merupakan *blade bulldozer* yang melakukan pekerjaan pengusuran. Besarnya kapasitas blade aktual sama dengan besar volume gusur yaitu volume material yang dapat digusur *bulldozer* dalam satuan siklus kerja.

Untuk menghitung volume gusur ini beberapa anggapan yang mendekati kondisi lapangan adalah bentuk material yang berada di depan blade pada saat dilakukan pengusuran adalah prisma segitiga, dimana kemiringan material pada saat pengusuran didasarkan pada kemiringan material yang ditumpuk dalam blade dan bentuk material setiap kali pengusuran dianggap sama.

$$\text{Volume prisma segitiga} = \frac{1}{2} AB \times AC \times AD \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana $AB = 2 AC$ dengan anggapan bahwa tanah mengulung kedepan *blade* dengan jumlah maksimal, jika tanah sudah sampai setinggi *blade* akan jatuh kedepan sebanding dengan 2 : 1 sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume prisma segitiga menjadi} &= \frac{1}{2} \cdot 2 AC \times AC \times AD \\ &= AC^2 \times AD \\ &= H^2 \times L \dots\dots\dots(2.10) \end{aligned}$$

Namun jika anggapan tanah yang jatuh kedepan sebanding dengan 1,6 : 1, maka $AB = 1,6 AC$ dan volume prisma segitiga menjadi:

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \cdot 1,6 AC \times AC \times AD \\ &= 0,8 AC^2 \times AD \\ &= 0,8 H^2 \times L \dots\dots\dots(2.11) \end{aligned}$$

Dimana :

H = Tinggi *blade*

L = Lebar *blade*

Table 2.4 Faktor efesiensi Dozer

Kondisi Operasi	Faktor Efesiensi
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

Sumber: (Permen PUPR 28, 2016)

Table 2. 5 Faktor Koreksi Kerja Bulldozer.

Uraian Kondisi Kerja	Faktor Koreksi	
	Track	Whell
OPERATOR		
Bagus sekali	1,00	1,00
Sedang	0,75	0,60
Kurang	0,60	0,50
MATERIAL		
Timbunan gembur	1,20	1,20
Sukar digali, beku dengan silinder pengungkit	0,80	0,70
Tanpa silinder pengungkit	0,70	-
Blade dikendalikan dengan kabel	0,60	-
Sukar digusur, non kohesif, sangat lengket	0,80	0,80
Batu yang digaru atau diledakan	0,60 - 0,80	-
PENGGUSURAN		
Dalam celahan	1,20	1,20
Berdampingan	1,15 - 1,25	1,15 - 1,25
CUACA (KEJELASAN PANDANGAN)		
Debu,hujan,salju,kabut,dan gelap	0,8	0,70
EFESIENSI KERJA		
50 menit/jam	0,83	0,83
40 menit/jam	0,67	0,67
DIRECT DRIVE TRANSMISION		
Waktu tetap 0,10 menit	0,8	-

Sumber: (Modul kuliah pemindahan tanah mekanis dan alat berat,2010)

2.6.5 Wheel Loader

Wheel Loader adalah alat berat beroda karet (ban), kemampuan maupun kegunaannya hanya mampu beroperasi di daerah yang keras dan rata, kering tidak

licin karena traksi di daerah basah akan rendah, tidak mampu mengambil tanah sendiri atau tanpa dibantu lebih dulu oleh *bulldozer*.

Untuk menghitung produksi kerja loader adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung kapasitas aktual bucket

Kapasitas aktual *bucket* tergantung pada kapasitas bucket dan faktor isi. Pada tabel 2.6 dapat dilihat ukuran bucket dari *wheel loader*.

Tabel 2.6 ukuran *bucket wheel loader*

Model alat	Ukuran Bucket m^3
933	1,00
939	1,15
953 B	1,75
963 B	2,30
973	2,80

Sumber: (Modul kuliah pemindahan tanah mekanis dan alat berat, 2010)

Jadi rumus yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas aktual *bucket* :

$$\text{Kapasitas aktual bucket} = \text{Kapasitas Bucket} \times \text{Faktor isi} \dots \dots \dots (2.12)$$

- b. Menghitung waktu siklus

Waktu siklus dari *wheel loader* meliputi waktu muat, waktu angkut, waktu buang dan waktu kembali. Waktu siklus pada *loader* berbeda dengan alat lainnya mempunyai waktu standar untuk suatu siklus kerja yang bisa disebut dengan siklus dasar, maksudnya loader hanya bergerak dengan gerakan-gerakan dasar seperti pemuatan, pembuangan, pengolahan gerak, siklus hidrolis penuh dan perjalanan minimal.

Tabel 2.7 waktu siklus dasar *wheel loader*

Model Alat	Waktu Siklus (menit)
910 dan 950 B	0,45-0,50
966 dan 980 C	0,50-0,55
988 B	0,55-0,60
992 C	0,65-0,75

Sumber: (Modul kuliah pemindahan tanah mekanis dan alat berat 2010)

- c. Menghitung produksi kerja kasar (PKK)

$$PKK (m^3/jam) = \text{isi aktual bucket} \times \text{jumlah siklus perjam} \dots \dots \dots (2.13)$$

- d. Menghitung produksi kerja aktual PKA

$$PKA (m^3/jam) = PKK \times \text{faktor efesiensi kerja} \dots \dots \dots (2.14)$$



Gambar 2.4 *Wheel Loader*
(Sumber, Dokumentasi Pribadi, 2022)

2.7 Produktivitas

Menurut Shuryadharma dan Y. wingroho (1993) dalam jurnal perbandingan biaya penggunaan alat berat dalam Firman Akbar (2016), produktivitas dapat dibagi menjadi dua bagian:

1. Produktivitas tenaga kerja selain dari tenaga kerja yang tersedia, pelaksana juga harus mencari tenaga kerja baru untuk mencukupi keperluan tenaga kerja. Hal ini mengharuskan untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja yang dibutuhkan, seperti tenaga kerja berpendidikan tinggi, operator alat berat dan lain sebagainya yang tentunya memerlukan suatu perencanaan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik (Shuryadharma 1993).
2. Produktivitas alat berat adalah batas kemampuan alat berat untuk bekerja, hubungan antara tenaga kerja yang dibutuhkan, tenaga kerja yang tersedia dan tenaga kerja yang dimanfaatkan sangat berpengaruh pada produktivitas suatu alat berat (Y. wingroho, 1993).

Sedangkan menurut rostianty (2008) produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumberdaya yang digunakan (*input*).

Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat (*cycle time*). Dengan semikian siklus suatu alat berarti pula suatu nilai produksi, sesuai dengan kapasitas alatnya. Cepat atau lambatnya waktu siklus akan sangat menentukan tinggi rendahnya produktivitas.

Rumus untuk menghitung produktivitas adalah:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{kapasitas}}{CT} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan

CT = *Cycle Time*

2.8 Produktivitas Alat Berat

Analisis peralatan ini diarahkan pada produksi persatuan waktu yang disebut produktivitas, prinsipnya untuk mendapatkan produktivitas peralatan ini sangat ditentukan oleh volume. Masing-masing peralatan dicari produksinya dengan cara perumusan. Alat berat yang ada dilapangan berupa *Excavator, Bulldozer Wheel Loader, Dump truck*.

2.9 Produktivitas dan Waktu Pekerjaan

Produktivitas adalah kemampuan alat dalam satuan waktu (m^3/jam), dan alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek terutama proyek-proyek konstruksi skalayang besar. Tujuan penggunaan alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan bisa tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif singkat. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas, waktu siklus alat, dan efesiensi alat. Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan diatas disebut waktu siklus. Waktu siklus sendiri terdiri dari beberapa unsur, waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan disebut waktu siklus atau *Cycle Time* (CT).

Waktu muat merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material kedalam alat angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut. Kemudian waktu angkut atau *Hauling Time* (HT), waktu angkut merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu angkut tergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat, dan lain-lain. Pada saat kembali ketempat pemuatan maka waktu yang diperlukan untuk kembali tersebut (*Rerun time*). Dalam menentukan durasi pekerjaan maka hal-hal yang perlu diketahui adalah volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut. Produktivitas alat bergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat.

2.9.1 Efisiensi kerja produktivitas

Produktivitas kerja dari suatu alat yang diperlukan merupakan standar dari alat tersebut bekerja dalam kondisi ideal dikalikan satu 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. Pada kenyataan yang sebenarnya sulit untuk menentukan besar efisiensi kerja tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapatlah ditentukan faktor efisiensi yang mendekati kenyataan. Kondisi kerja tergantung dari hal-hal berikut ini

1. Apakah alat sesuai dengan topografi yang ada.
2. Kondisi dan pengaruh lingkungan seperti ukuran dan medan peralatan.
3. Pengaturan kerja dan kombinasi kerja antara peralatan dan mesin.
4. Metode operasioanal dan merencanakan prinsip kerja.
5. Pengalaman dan kepandaian operator dan pengawas untuk pekerjaan tersebut.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan alat adalah:

1. Pengantian pelumas atau *grease* (gemuk) secara teratur.
2. Persediaan suku cadang yang sering diperlukan untuk alat yang bersangkutan

Table 2.8 Efisiensi Kerja.

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

Sumber: Yogi Setyo Wibowo (2017)

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi peralatan, ditetapkan sebagai berikut:

- a. Faktor peralatan
 1. untuk peralatan yang masih baru = 1,00
 2. untuk peralatan yang baik (lama) = 0,90
 3. untuk peralatan yang rusak ringan = 0,80
- b. Faktor Operator
 1. untuk operator kelas I = 1,00
 2. untuk operator kelas II = 0,80
 3. untuk operator kelas III = 0,70
- c. Faktor material
 1. faktor kohesif = 0,75 - 1,00
 2. faktor non kohesif = 0,60 - 1,00
- d. Faktor manajemen dan sifat manusia
 1. sempurna = 1,0
 2. baik = 0,92
 3. sedang = 0,82
 4. buruk = 0,75
- e. Faktor cuaca
 1. baik = 1,00
 2. sedang = 0,80

f. Faktor kondisi lapangan

1. berat = 0,70
2. sedang = 0,80
3. ringan = 1,00

2.9.2 Efisiensi Operator

Faktor manusia sebagai operator alat sangat sukar ditentukan dengan tepat, sebab selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu, bahkan dari jam ke jam, tergantung pada keadaan cuaca, kondisi alat yang dikemudikan, suasana kerja dan lain-lain. Biasanya memberikan perangsang dalam bentuk bonus dapat mempertinggi efisiensi operator alat. Dalam kerja seorang operator tak akan dapat bekerja secara penuh, sebab selalu ada hambatan-hambatan yang tak dapat dihindari seperti pergantian komponen yang rusak, memindahkan alat ke tempat lain, dan sebagainya. (Setiadi, Effendi, Wiranto, & Mudianto, 2016)

2.9.3 Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian adalah proses pemindahan tanah atau batuan dari suatu lokasi ketempat lain dan memprosesnya sehingga memenuhi persyaratan lokasi, elevasi, dan kelembaban. Pekerjaan ini meliputi galian, pengangkutan, penempatan (pembuangan dan penyebaran), pemadatan gradasi dan finishing.

1. Metode pelaksanaan galian

Pemilihan metode pada proyek konstruksi memberikan dampak yang besar pada efisiensi dan keuntungan pada pelaksanaan konstruksi. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih metode pelaksanaan proyek. Untuk faktor efisiensi excavator dapat dilihat pada Tabel 2.1. Biasanya, namun tidak selalu, keuntungan maksimal ketika biaya terendah per unit produksi dapat tercapai. Faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam memilih metode pelaksanaan adalah peralatan termasuk kemungkinan penggunaan alat selanjutnya, ketersediaan, ketersediaan alat dan pelayanan, dan efek dari penghentian alat.

Fase akhirnya adalah kompetensi dari manajemen untuk memastikan kepatuhan terhadap rencana pelaksanaan dan penyesuaian terhadap kondisi tak terduga (Sutanto & Kosasi, 2014).

Table 2.9 Efisiensi kondisi kerja dan tata laksana

Kondisi pekerjaan	Kondisi Manajemen			
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik sekali	0,84	0,81	0,76	0,7
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

Sumber: (Sutanto & Kosasi, 2014)

2. Kondisi Manajemen termasuk:

- a. Kemampuan, pelatihan, dan motivasi pekerja.
- b. Pemilihan, pelaksanaan, dan pemeliharaan alat.
- c. Perencanaan, supervisi, dan koordinasi.

3. Kondisi Pekerjaan adalah kondisi fisik dari pekerjaan yang mempengaruhi produksi (tidak termasuk tipe material), termasuk:

- a. Topografi dan dimensi pekerjaan.
- b. Permukaan dan kondisi cuaca.
- c. Persyaratan spesifikasi untuk metode dan urutan pekerjaan.

2.10 Analisa produksi kerja alat

Secara umum produksi alat memiliki prinsip perhitungan yang sama. Adapun prinsip dasar dari perhitungan produksi kerja alat adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kapasitas aktual

Untuk menghitung kapasitas actual maka tergantung pada ukuran mangkok pembawa material yang ada pada setiap alat, misalnya blade pada bulldozer, bucket pada excavator dan wheel loader, bak pada dump truck dan lain sebagainya. Kapasitas aktual dihitung dalam satuan (m^3).

2. Menghitung waktu siklus

Waktu siklus merupakan waktu yang diperlukan untuk merampungkan satu siklus pekerjaan. Total waktu siklus terdiri dari waktu tetap dan waktu tidak tetap dalam satuan (menit atau detik).

3. Menghitung Produksi Kerja Kasar (PKK)

Produksi kerja kasar adalah produksi kerja yang dapat dihasilkan oleh alat berat dalam satuan jam tanpa memperhitungkan faktor-faktor koreksi dan faktor efisiensi dalam satuan (m^3/jam).

4. Menghitung Produksi Kerja Aktual (PKA)

Produksi kerja aktual merupakan produksi kerja yang dapat dihasilkan oleh alat berat dalam satuan jam dengan menghitung seluruh faktor-faktor koreksi dan faktor-faktor efisiensi yang ada dalam satuan (m^3/jam).

Perhitungan produksi kerja aktual didapat dari perhitungan produksi kerja kasardikalikan dengan faktor-faktor koreksi dan faktor-faktor efisiensi.

Dari keempat prinsip dasar diatas dapat dirangkum dalam satuan rumus produksi kerja yang umum digunakan yaitu:

$$Q = q \times N \times E \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

Q = produksi kerja perjam (m^3/jam).

q = produksi kerja per siklus (m^3)

N = jumlah siklus = $\frac{60 \text{ menit/jam}}{\text{Total waktu siklus (menit)}}$

E = efisiensi kerja.

2.11 jumlah alat berat yang dibutuhkan

Jumlah peralatan yang dibutuhkan sangat tergantung pada hal-hal berikut:

1. Volume pekerjaan yang dihitung dari gambar rencana dari hasil survei.
2. Pemilikan peralatan yang akan digunakan dalam penentuan cara-cara pelaksanaan pekerjaan.

3. Kondisi medan dimana pekerjaan akan dilaksanakan.
4. Keadaan cuaca pada waktu pelaksanaan pekerjaan dan sebagainya.

Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah alat adalah:

$$\text{Jumlah alat} = \frac{\text{Volume pekerjaan total}}{\text{Produksi kerja alat dalam waktu yang diinginkan}} \dots\dots\dots(2.8)$$

2.12 Biaya Pemilikan dan Operasi

Biaya pemilikan disebut juga biaya tetap atau biaya pasti atau *fixed cost* yaitu biaya yang harus dikeluarkan dalam pemakaian peralatan yang disebabkan oleh investasi. Terdapat empat komponen tetap, yaitu :

1. Biaya penyusutan atau depresiasi, yaitu biaya atas konsekuensi dengan menurunkan harga jual peralatan karena dipakai atau umur peralatan mulai saat pembelian.
2. Biaya asuransi, yaitu biaya yang harus ditanggung untuk menjamin penggantian biaya peralatan apabila terjadi kerusakan atau lkecelakaan atas penggunaan peralatan.
3. Biaya pajak/ pajak pertahunan, yaitu biaya yang harus ditanggung oleh adanya beban pajak atas peralatan.
4. Biaya bunga atau biaya modal, yaitu biaya yang harus ditanggung atau uang yang dipinjam dari bank untuk membeli peralatan. Jika membeli dengan modal sendiri bunga atas modal yang dikeluarkan apabila modal tersebut disimpan di bank.

2.12.1. Biaya penyusutan

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung biaya penyusutan adalah dengan metode langsung (*straigh line method*). Metode ini menggunakan

rumus:

$$D = P - S \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

D = Harga penyusutan

P = Harga pembelian

S = Harga jual bekas

2.12.2. Biaya Asuransi, Pajak, dan Bunga.

Perhitungan ketiga jenis biaya ini ditentukan oleh peraturan yang berlaku tiap-tiap tahunnya. Adanya kemungkinan inflasi ini juga harus dimasukan kedalam modal. Untuk mempermudah perhitungan, dibuat satu rumus biaya infestasi rata-rata pertahun. Biaya infestasi merupakan penjumlahan biaya asuransi, pajak, dan bunga atas modal. Rumus yang digunakan tersebut yaitu:

$$\frac{n+1}{it=\frac{2n}{Hpy}} \times P \times i \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

It = biaya infestasi

n = jumlah tahun infestasi

P = Harga pembelian

I = persen (bunga + pajak + asuransi)

Hpy = jumlah jam kerja rata-rata (jam / tahun)

2.13 Biaya Operasi dan Pemeliharaan

Biaya operasi dan pemeliharaan disebut juga biaya variabel yaitu semua biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan peralatan dalam pekerjaan konstruksi.

Secara teoritis biaya-biaya yang harus dibuat dalam biaya operasi dan pemeliharaan antara lain:

1. Biaya bahan bakar

Biaya bahan bakar dihitung dengan mengalikan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi alat dengan satuannya. Jumlah konsumsi bahan bakar ini agak sulit ditentukan secara akurat karena banyak faktor yang mempengaruhinya, misalnya HP mesin, efisiensi kerja, faktor lapangan dan faktor alat itu sendiri. Konsumsi bahan bakar secara umum dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{Mesin Diesel} \rightarrow qf = Hp \times f \times 0,15$$

$$\text{Mesin Bensin} \rightarrow qf = Hp \times f \times 0,23 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

qf = jumlah bahan bakar yang diperlukan

f = faktor efisiensi

2. Biaya pelumas dan filler

merupakan biaya yang diperlukan untuk kebutuhan minyak pelumas dan gemuk pelumas. biaya yang dikeluarkan tergantung dari kebutuhan setiap jam yang bervariasi sesuai dengan ukuran HP mesin, kapasitas bak mesin, kondisi ring piston, interval penggantian pelumas dan banyaknya bagian yang memerlukan pelumas serta kondisi kerja.

3. Biaya ban

Biaya ban dihitung untuk alat-alat yang beroda ban dan biasanya dipengaruhi harga satuan ban dan usia pelayanan ban itu sendiri. Untuk menentukan usia pelayanan ban memang agak sulit karena usia ban ini banyak dipengaruhi kondisi kerja lapangan, terutama untuk medan kerja yang sangat bervariasi. Usia pelayanan ban rata-rata dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.10 Usia pelayanan rata-rata

Type Ban	Usia Pelayanan Ban		
	Jam	Mil	Km
E-3Std Blas Belt	2510	25100	40400
E-4 Xtra Tread	3510	35100	56500
Radial R1 4 Xtra	4200	42000	67600

(Sumber : Cartepillar Performance Handbook, dalam Nabar, 1998)

Dengan mengetahui usia pelayayn ban maka biaya ban dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Biaya ban (Rp/jam)} = \frac{\text{Harga ban (Rp)}}{\text{Usia pelayan ban (Jam)}} \dots\dots\dots(2.12)$$

4. Biaya roda rantai

Ada empat faktor yang mempengaruhi baiya roda rantai, antara lain yaitu:

a. *Undercarriage basic factor*

Merupakan faktor basis untuk biaya roda rantai. Faktor ini mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap biaya roda rantai. Angka faktor ini berbeda-beda pada setiap alat dan selalu berubah sesuai dengan pergesaran waktu

b. *Impact faktor*

Merupakan angka faktor yang menunjukkan tingkat benturan yang terjadi pada roda rantai saat beroperasi dilapangan. Dalam parakteknya faktor benturan ini didasarkan pada tiga kondisi yaitu:

1. Benturan tinggi : terdapat benjolan-benjolan pada permukaan jalan setinggi lebih dari 15 cm.
2. Benturan sedang : sebgaian permukaan jalan dapat digilas, dengan tinggi benjolan antara 7,5 sampai 15 cm.
3. Benturan rendah : seluruh permukaan jalan dapat digilas dan benjolan dapat masuk kedalam tanah.

c. *Abrasiveness factor*

Merupakan angka faktor yang menunjukkan tinggakat keausan pada roda rantai ketika melewati suatu jenis permukaan jalan. Tingkat keausan ini dibagi dalam tiga kondisi yaitu:

1. Keausan tinggi : bila suatu jenis alat melewati permukaanjalan tanah basah, mengandung pasir dan ketrakil tajam.
 2. Keausan sedang : permukaan jalan tanah agak basah mengandung pasir dan kerikil tajam.
 3. Keausan rendah : permukaan jalan tanah yang kering mengandung sedikit bahan tajam.
- d. “Z” Faktor.

Merupakan angka faktor yang menunjukkan tingkat pemeliharaan dan pengoperasian alat.

Faktor basis untuk roda rantai dari faktor ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.11 faktor basis roda rantai

Model Alat	Faktor
D11N	17,50
D10N	12,00
D9R	9,50
D8, 973, 594, 245 dan D7 LGP	8,50
D7, 968, 583, D6 LGP, D7 SA	8,00
D6, 953, 572, 235, D5 LGP, D7 SA	6,20
D5, 934, 571, 227, D4 LGP, dan D6 SA	5,00
D4, 831, 561, 225, 215 SA, D3 LGP	3,70
D3, D4 SA, 215	2,50

(Sumber : *Cartepillar Performance Handbook*, dalam Nabar, 1998)

Dari angka-angka faktor basis roda rantai, *impact*, *abrasiveness* dan “Z” , dapat ditentukan biaya roda rantai dengan rumus:

$$\text{Biaya ronda rantai} = \text{faktor basis} \times (I + A + Z) \times \text{krus} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

Krus = krus merupakan mata uang karena faktor basis dibuat berdasarkan standar Amerika.

5. Biaya reparasi

Biaya reparasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk reparasi dalam pemeliharaan alat secara periodik. Biaya reparasi sangat sulit ditentukan karena adanya variasi yang sangat tinggi. Untuk lebih memudahkan perhitungan, biaya reparasi dimulai dari peralatan beroperasi sampai dengan dihapuskan (sepanjang umur ekonomis), diperkirakan 80% sampai dengan 90% dari biaya penyusutan total.

6. Biaya perlengkapan khusus.

Biaya perlengkapan khusus merupakan biaya yang dikeluarkan untuk perlengkapan seperti *cutting edges*, *ripper tip*, *bucket teeth*, dan lain-lain. Biaya ini sangat bervariasi tergantung pada penggunaannya, jenis material dan teknik operasinya. Secara umum untuk menghitung biaya perlengkapan khusus ini sama dengan biaya ban. Ada dua faktor yang mempengaruhinya yaitu harga satuan dan usia pelayanannya. Rumus yang dapat digunakan yaitu:

$$\text{Biaya perlengkapan khusus} = \frac{\text{Harga perlengkapan khusus (Rp)}}{\text{Usia pelayanan (jam)}} \dots\dots\dots 2.14)$$

7. Biaya operator

Biaya operator relatif sudah dapat ditentukan karena hal ini merupakan ketentuan yang dibuat langsung sebelum operator bekerja. Bisa ditetapkan berdasarkan ketentuan yang berlaku atau kesepakatan bersama kedua belah pihak. Biasanya dihitung upah dalam setiap jam operasi alat. Rumus –rumus perhitungan pendektan biaya operasi dan pemeliharaan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Biaya bahan bakar (H)

Besar bahan bakar yang digunakan untuk mesin penggerak adalah tergantung dari besar kapasitas mesin yang bisa diukur dengan HP (*House Power*).

$$H = (12,50\% \text{ s/d } 17,50\%) \times M_s \times HP \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

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

HP = Kapasitas mesin penggerak dalam HP

12,50% = Untuk alat yang bertugas ringan

17,50% = Untuk alat yang bertugas berat

b. Biaya pelumas (L)

Besarnya pelumas (seluruh pemakaian pelumas) yang digunakan untuk alat yang bersangkutan dihitung berdasarkan kapasitas mesin yang diukur dengan HP.

$$L = (100\% \text{ s/d } 2,00\%) \times M_p \times HP \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

L = Besarnya pemakaian pelumas dalam 1 jam dalam 1 liter

HP = Kapasitas mesin penggerak dalam HP

1% = Untuk peralatan sederhana

2% = untuk peralatan cukup kompleks

c. Biaya perbaikan dan perawatan

Untuk menghitung biaya spare, ban, accu, perbaikan alat dan lain sebagainya yang berkaitan dengan perbaikan dalam perjam kerja digunakan pendekatan:

$$K = (12,50\% \text{ s/d } 17,50\%) \times \frac{B}{W} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

B = Harga pokok alat

W = Jumlah jam kerja dalam 1 tahun

12,5% = untuk alat bertugas ringan

17,5% = untuk alat yang bertugas berat

d. Biaya operator (M)

Upah didalam biaya operasi biasanya dibedakan antara upah untuk operator/driver upah untuk pembantu operator. Adapun besarnya upah untuk operator/driver dan pembantunya tersebut diperhitungkan sesuai dengan

perhitungan upah kerja. Diaman upah operator dan upah pemabantunya diperhitungkan dalam jam.

2.14 Biaya satuan dan biayantotal pekerjaan

Setelah kita menghitung biaya-biaya kepemilikan dan biaya operasi untuk tiap-tiap alat maupun untuk satuan armada alat dan juga kita telah menghitung kapasitas atau produksi tiap-tiap alat atau pun produksi satuan armada alat, maka kita bisa menentukan biaya persatuan produksi. Sebelum menghitung biaya pelaksanaan pekerjaan hal lain yang perlu diperhatikan adalah harga satuan bahan-bahan bangunana pada lokasi pekerjaan atau tempat-tempat disekitarnya.

Untuk menghitung biaya total pekerjaan maka biaya perunit alat ataupun aramada pada suatu pekerjaan dikalikan dengan volume pekerjaan, selanjutnya dijumlahkan, sehingga didapatkan biaya total pekerjaan. Perhitungan ini juga harus mempertimbangkan harga material dan upah tenaga kerja.