

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Alat Mekanis

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang di desain untuk melaksanakan fungsi kontruksi seperti pengerjaan tanah (*earth working*) dan memindahkan material-material lainnya. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek, sangatlah penting, guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang, misalnya semen, batubara dll. Banyak keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat yaitu waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar, nilai-nilai ekonomis dan lainnya. Adapun juga penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan kondisi dan situasi lapangan pekerjaan akan berpengaruh berupa kerugian, antara lain rendahnya produksi, tidak tercapainya jadwal atau target yang telah ditentukan atau kerugian biaya perbaikan yang tidak semestinya. Oleh karena itu, sebelum menentukan tipe dan jumlah peralatan sebaiknya dipahami terlebih dahulu fungsinya.

2.1.1 Tiga Pengelompokan Alat Mekanis

Alat mekanis dikelompokkan menjadi tiga dengan kegunaannya masing-masing, yaitu alat gali muat, alat angkut dan alat bantu atau penunjang. Berikut penjelasan mengenai tiga jenis alat mekanis, yaitu sebagai berikut:

1. Alat Gali Muat

Alat gali muat merupakan alat yang digunakan untuk memuat atau memindahkan material ke dalam alat angkut. Hal ini bertujuan untuk memudahkan serta mempercepat pekerjaan manusia dalam memasukan bahan galian ke dalam alat angkut untuk dipindahkan ke area tujuan.

2. Alat Angkut

Alat angkut adalah alat yang digunakan untuk mengangkut bahan galian dari lokasi front kerja tambang ke *stock pile* atau proses selanjutnya atau langsung ke konsumen.

3. Alat Bantu atau Penunjang

Alat bantu atau penunjang adalah alat yang digunakan untuk kelancaran proses produksi pada tambang.

2.1.2 Jenis-Jenis Alat Mekanis

Alat mekanis memiliki berbagai jenis yang dibagi sesuai dengan fungsi kerja masing-masing pada kegiatan penambangan. Berikut adalah jenis-jenis alat mekanis yang sering digunakan pada dunia pertambangan, yaitu adalah:

1. Alat Gali (*Wheel Loader*)

Wheel loader adalah alat berat multiguna dengan bucket yang terletak didepan, alat yang digunakan untuk menggali, memuat dan menangkut untuk menentukan jumlah produksi yang diinginkan menentukan *cycle time loader* dan jumlah *cycle time* dalam 1 jam. *Wheel Loader* biasa digunakan untuk mengangkat material yang akan dimuat kedalam *dump truck* atau memindahkan material ke tempat lain. Saat *loader* menggali, *bucket* didorongkan pada material, jika bucket telah penuh maka traktor mundur dan bucket diangkat ke atas untuk selanjutnya dipindahkan.

Efisien untuk daerah kerja kering rata dan kokoh karena memiliki mobilitas yang tinggi. *Wheel Loader* juga bergerak dengan articulated yang memberikan ruang gerak fleksibel yang tidak bisa dilakukan oleh crawler loader.

Fungsi *loader* yang paling umum adalah untuk memuat material ke dalam alat pengangkut. Pada area yang datar alat

pengangkut dapat diletakkan didekat *loader* sehingga gerakan loader akan lebih mudah. Metode pemuatan pada alat pemuat/loader baik track shovel maupun *wheel loader* dikenal 3 macam yaitu:

- 1) I – *Shape /cross loading*
- 2) V – *Shape loading*
- 3) *Pass loading* dan metode lain yang jarang digunakan adalah “*load and carry*”.



Gambar 2. 1 Alat Gali Muat Excavator (CAT 320 TIER 3 2021)

2. Alat Angkut (*Dump Truck*)

Dump Truck adalah alat yang digunakan untuk memindahkan material pada jarak menengah sampai jarak jauh (500 meter atau lebih). Lebih spesifik *Dump truck* atau “*trippers*” adalah truk yang digunakan untuk mengangkut material (kerikil, pasir, dan beberapa jenis tanah) serta mengangkut alat berat untuk pekerjaan konstruksi.

Sebagian besar *dump truck* dilengkapi dengan rams hidrolik yang terdapat di bagian depan atau di bawah body dump truck, *ram hidrolik* tersebut berfungsi untuk mengangkat *body dump truck* dan memiringkan *bucket loadernya* ke samping atau ke belakang. Kebanyakan pompa hidrolik dikendalikan dari *gearbox power take*

off. *Dump truck* terdiri dari berbagai macam tipe, diantaranya *dump truck* roda empat dengan berat *payload* 2 ton – 3 ton, *articulated dump truck* untuk pekerjaan berat, dan *dump truck* dengan perlengkapan *drawbar* yang memiliki berat sampai 50 –60 ton lebih.



Gambar 2. 2 Alat Angkut Dump Truck (*Dokumentasi Lapangan Adindha*)

2.2.Jenis Material Sifat Fisik

Jenis material sifat fisik dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Material lepas (pasir, *Broken Rock*, *Aggregat Sungai*).
2. Material sedang (Hasil pelapukan, Lempung kering, Material hasil pemadatan, batu aspal dan lain-lain).
3. Material kompak (batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf).

Dalam kegiatan penambangan ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses penambangan, faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Ketinggian (*Altitude*)

Adalah ketinggian dari permukaan laut mempengaruhi kinerja mesin alat karena semakin tinggi *altitude* tekanan udara luar akan berkurang. Dari pengalaman diketahui bahwa tenaga mesin diesel akan berkurang 3% setiap kenaikan *altitude* 1000 ft. Hal ini menyebabkan penurunan

volume produksi per jam dan akan menambah ongkos gali per satuan *volume*.

2. Kapasitas

Kapasitas berkaitan dengan jumlah alat yang akan digunakan untuk memenuhi target produksi. Intinya untuk memenuhi target produksi tertentu akan digunakan alat lebih sedikit bila alat tersebut berkapasitas besar, sebaliknya menggunakan alat berkapasitas kecil diperlukan jumlah yang lebih banyak.

3. Sistem Penambangan

Sistem penambangan bisa sistem penambangan terbuka atau sistem penambangan bawah tanah. Pada operasi tambang bawah tanah digunakan peralatan yang lebih kecil di banding tambang terbuka karena ruang kerjanya terbatas.

4. Medan Kerja

Medan kerja kadang-kadang sulit dijamah oleh alat angkut dan muat konvensional, tetapi lebih ekonomis digunakan cara lain misalnya pipa gantung, *belt conveyor*, dll.

5. Ketersediaan Dana

Keterbatasan biaya biasanya cenderung mengurangi target produksi. Jumlah alat hasil evaluasi untuk mencapai target produksi perusahaan terpaksa dikurangi. Namun persoalan dana ini dapat diatasi dengan memperhitungkan pinjaman dari bank dibandingkan keuntungan yang bakal diraih.

2.3.Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Swell adalah pengembangan volume suatu material setelah digali dari tempatnya. Di alam, material didapati dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga hanya sedikit bagian-bagian kosong (*void*) yang terisi udara di antara butir-butirnya, terlebih jika butir-butir dari material tersebut halus sekali. Besarnya penambahan volume tergantung dari

faktor kembang tanah (*swelling factor*) dimana besarnya dipengaruhi oleh jenis tanah. Volume tanah dalam keadaan lepas dapat dihitung dengan persamaan berikut (Sjchdirin M, dkk, 1998).

Rumus untuk menghitung *swell factor* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\boxed{Swell Factor = \frac{V\ insitu}{V\ loose} \times 100\%} \dots\dots\dots (Pers\ 2.\ 1)$$

$$\boxed{Swell Factor = \frac{V\ loose}{V\ insitu} \times 100\%} \dots\dots\dots (Pers\ 2.\ 2)$$

Keterangan :

Vinsitu = Volume material dalam keadaan asli di alam (BCM)

Vloose = Volume material dalam keadaan lepas (LCM)

Dloose = Densitas dalam keadaan lepas (Ib/cu yd atau ton/m³)

Dinsitu = Densitas dalam keadaan asli di alam (Ib/cu yd atau ton/m³)

2.4.Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar adalah jumlah waktu yang diperlukan oleh alat gali muat dan alat angkut untuk melakukan satu siklus kegiatan produksi dimulai dari pemuatan material, pengangkutan material, hingga penumpahan material.

1. Waktu Edar (*Cycle Time*) Alat Gali Muat *Excavator*

Waktu edar alat gali muat *excavator* dimulai dari waktu penggalian, waktu *swing* isi, waktu menumpahkan, hingga waktu *swing* kosong. Dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\boxed{Cm = Tm1 + Tm2 + Tm3 + Tm4} \dots\dots\dots (Pers\ 2.\ 3)$$

Keterangan :

Cm = Cycle time gali-muat (detik)

Tm1 = Waktu menggali material (detik)

Tm2 = Waktu Swing loaded (detik)

Tm3 = Waktu dumping (detik)

Tm4 = Waktu Swing empty (detik)

2. Waktu Edar Alat Angkut *Dump Truck*

Waktu edar alat angkut merupakan penjumlahan dari waktu mengatur posisi, waktu isi muatan, waktu angkut muatan, waktu mengatur posisi untuk menumpahkan muatan.

$$\boxed{Cmt = Lt + Ht + Dt + Rt + Std} \dots\dots\dots (Pers 2. 4)$$

Keterangan :

Cmt = *Cycle time* alat angkut

(detik) Lt = *Loading time* (detik)

Ht = *Hauling time* (detik)

Dt = *Dumping time* (detik)

Rt = *Return time* (detik)

Std = *Spot & delay time* (detik)

2.5. Waktu Kerja Efektif

Di dalam penjadwalan pengupasan tanah penutup dibutuhkan waktu kerja efektif agar sesuai dengan hasil yang dicapai. Berikut parameter waktu kerja efektif :

1. Jumlah Hari Kerja.

Jumlah hari kerja dimana jumlah hari alat yang bekerja tidak dihitung hari libur.

2. Jumlah Jam Kerja.

Jumlah jam kerja dimana jumlah setiap jam alat bekerja secara efektif tidak termasuk jam istirahat dan jam *breakdown* alat.

3. Waktu *Delay*

Waktu *Delay* adalah waktu yang hilang karena telah direncanakan.

Berikut waktu *delay* ;

- 1) *Briefing* : diskusi sebelum melakukan pekerjaan agar para karyawan memastikan kembali kerjaan atau target yang harus dicapai di hari tersebut.
 - 2) Pengecekan dan pemeriksaan alat : sebelum kegiatan dimulai tim mekanik perusahaan harus selalu mengecek kondisi alat tersebut sebelum digunakan agar mengurangi *breakdown* alat tersebut.
 - 3) *Refueling* / pengisian bbm : pengisian bbm juga merupakan waktu tunggu karena sangat berpengaruh kepada target produksi.
 - 4) *Rest And Meal* : waktu istirahat merupakan waktu dimana operator berhenti sejenak untuk istirahat dan mengisi tenaga (makan).
 - 5) *Safety Talk* : waktu dimana sebelum dimulai kegiatan dijelaskan dan diingatkan tentang keselamatan agar operator dan karyawan selalu mengingat akan kondisi tidak aman dan tindakan tidak aman saat melaksanakan kegiatan masing-masing.
4. Waktu *Idle*
- Waktu *Idle* adalah waktu yang hilang disebabkan faktor alam dan faktor sosial:
- 1) Hujan : waktu yang terjadi akibat kondisi cuaca adalah hujan dimana saat hujan jalan akan menjadi licin dan tingkat bahaya akan semakin naik sebab itu untuk menghindari kecelakaan saat terjadinya hujan kegiatan akan diberhentikan.
 - 2) Pemalangan lokasi kegiatan penambangan : kondisi ini dapat terjadi kapan dan dimana saja dikarenakan pihak perusahaan yang mempunyai kesepakatan dengan masyarakat setempat tetapi belum dilaksanakan.
5. Waktu *Repair*
- Waktu *repair* adalah waktu yang hilang karena dilakukan perbaikan alat dan *maintenance* berkala.

2.6. Ketersediaan Alat

Ketersediaan alat terbagi menjadi tiga bagian yaitu mekanis, fisik, dan pemakaian.

1. *Mechanical Availability* (Ketersediaan Mekanis)

Ketersediaan Mekanis merupakan penghitungan hilangnya waktu kerja alat berat yang diakibatkan oleh kerusakan mekanis seperti kerusakan mesin atau bisa juga diakibatkan oleh perawatan *maintenance* berkala unit alat berat. Untuk menghitung ketersediaan mekanis alat berat dapat digunakan rumus berikut:

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \quad \dots\dots\dots \text{Pers 2. 5)}$$

Keterangan:

PA = Ketersediaan Fisik (PA)

W = *Working hours* atau waktu kerja (jam)

R = *Repair hours* atau waktu perbaikan (jam)

S = *Standby hours* atau waktu tunggu dimana alat tidak beroperasi (jam)

2. *Physical Availability* (Ketersediaan Fisik)

Ketersediaan Fisik merupakan penghitungan hilangnya waktu kerja alat berat yang diakibatkan oleh hal selain kerusakan mekanis, seperti hilangnya waktu kerja yang diakibatkan oleh hujan, jalan licin dan lainnya yang diakibatkan oleh alam. Untuk menghitung ketersediaan fisik alat berat tersebut dapat digunakan rumus berikut:

$$UA = \frac{W}{W+S} 100\% \quad \dots\dots\dots \text{(Pers 2. 6)}$$

Keterangan:

UA = Pemanfaatan alat yang tersedia (*UA*)

W = *Working hours* atau waktu kerja (jam)

S = *Standby hours* atau waktu tunggu dimana alat tidak beroperasi (jam).

3. *Utilization of Availability* (Ketersediaan Pemakaian)

Ketersediaan Pemakaian merupakan penghitungan waktu alat berat tersebut digunakan untuk beroperasi pada saat unit tersebut bisa dipergunakan. Untuk menghitung waktu ketersediaan pemakaian dapat digunakan rumus berikut:

$$EU = \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \dots\dots\dots(Pers 2. 7)$$

Keterangan:

EU = *Efektif* penggunaan alat (*EU*)

R = *Repair hours* atau waktu perbaikan (jam)

S = *Standby hours* atau waktu tunggu dimana alat tidak beroperasi (jam).

2.7. Produktivitas Alat

Produktivitas adalah sebuah kemampuan suatu alat dalam berkerja yang dihitung dalam satuan jam. (Anisari, 2016). Untuk mengetahui alat gali muat dan alat angkut bekerja maksimal maka diperlukan perhitungan produktivitas alat. Dalam menghitung produktivitas alat dibutuhkan beberapa data diantaranya adalah waktu siklus alat.

2.7.1 Produktivitas Alat Gali Muat

Produktivitas alat gali muat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = q_1 \times K \times \frac{3600}{C_m} \times E \quad \dots\dots\dots \text{(Pers 2. 8)}$$

Keterangan:

Q = Produktivitas alat gali muat (m³/jam)

q₁ = Kapasitas *bucket* alat gali muat

K = *Bucket fill factor* (%)

C_m = *Cycle time* alat gali muat (detik)

E = Efisiensi kerja (%)

2.7.2 Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut muat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = n \times q_1 \times K \times \frac{60}{C_{mt}} \times E \times M \quad \dots\dots\dots \text{(Pers 2. 9)}$$

Keterangan:

P = Produktivitas alat angkut (m³/jam)

n = Jumlah waktu pengisian alat angkut

q₁ = Kapasitas *bucket*

K = *Bucket fill factor* (%)

C_{mt} = *Cycle time* alat angkut (detik)

E = Efisiensi Kerja (%)

M = Jumlah alat angkut

2.8. Faktor Keserasian Alat (*Match Factor*)

Faktor keserasian biasanya digunakan untuk mengetahui jumlah alat angkut yang sesuai (serasi) dalam melayani satu unit alat muat (Burt, 2008). Suatu hubungan kerjayang serasi antara alat muat dan alat angkut dapat terjadi, apabila produksi alat muat harus sesuai dengan produksi alat angkut. Faktor

keserasian alat muat yang dinyatakan dalam faktor keserasian (*match factor*).

Faktor keserasian alat muat dan alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MF = \frac{Na \times n \times Ctm}{Nm \times Cta} \dots\dots\dots (Pers 2. 10)$$

Keterangan:

MF = Faktor keserasian alat

Na = Jumlah alat angkut

Nm = Jumlah alat gali muat

Ctm = *Cycle time* alat gali muat

Cta = *Cycle time* alat angkut

N = Banyaknya pengisian tiap satu alat angkut.

Bila dari hasil perhitungan faktor keserasian (*match factor*) diperoleh:

1) $MF < 1$

Produksi alat angkut lebih kecil dari produksi alat muat

1. Waktu tunggu alat angkut (Wta) = 0
2. Faktor kerja alat angkut (Fka) = 100%
3. Faktor kerja alat muat (Fkm) = MF x 100%
4. Waktu tunggu alat muat (Wtm) = $MF > 1$

$$\frac{Cta \times Nm - Ctm \times n}{Na} \dots\dots\dots (Pers 2. 11)$$

2) $MF > 1$

Produksi alat angkut lebih besar dari produksi alat muat

1. Waktu tunggu alat muat (Wtm) = 0
2. Faktor kerja alat muat (Fkm) = 100%
3. Faktor kerja alat angkut (Fka) $\frac{1}{MF} \times 100\%$

4. Waktu tunggu alat angkut (wta) =

$$\boxed{\frac{C_{tm} \times N_a}{N_m} - C_{ta}} \dots\dots\dots \text{Pers 2. 12)}$$

3) $MF = 1$

1. Produksi alat angkut sama dengan produksi alat muat
2. Waktu tunggu alat muat (W_{tm}) = 0
3. Waktu tunggu alat angkut (W_{ta}) = 0
4. Faktor kerja alat muat sama dengan faktor kerja alat angkut ($F_{km} = F_{ka}$).