

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

III. 1 Metode Penambangan

Ilmu pertambangan adalah Suatu cabang ilmu pengetahuan yang meliputi pekerjaan pencarian, penyelidikan, penambangan, pengolahan, pemrosesan, penjualan mineral-mineral serta batuan yang memiliki nilai ekonomis (berharga).

Secara umum metode penambangan dibagi atas dua, yaitu tambang terbuka (surface mining) dan tambang dalam (underground mining). Tambang terbuka dilakukan dengan cara pengupasan lapisan tanah penutup untuk mendapatkan material yang menjadi target produksi. Pada tambang terbuka ini para pekerja berhubungan langsung dengan udara luar. Sedangkan tambang dalam dilakukan dengan membuat jalan masuk menuju material target produksi sehingga para pekerja tidak berhubungan langsung dengan udara luar.

Pemilihan metode penambangan dilakukan berdasarkan pada :

- memberikan keuntungan optimum
- bukan pada dangkal dalamnya letak endapan bahan galian tersebut,
- mempunyai perolehan tambang (*mining recovery*) yang terbaik.

Produktivitas merupakan jumlah banyaknya material yang dapat dipindahkan dalam ukuran waktu tertentu (biasanya dihitung per jam). Umumnya pemindahan material dihitung berdasarkan volume baik dalam satuan m^3 , $yard^3$ ataupun ton.

Kapasitas alat adalah jumlah material yang diisi, dimuat atau diangkut oleh suatu alat. Pabrik pembuatan alat akan memberikan spesifikasi unit alat termasuk kapasitas teoritisnya. Kapasitas alat akan berkaitan dengan jenis material yang diisi, dimuat ataupun diangkut baik berupa tanah maupun batuan lepas.

Dalam pemindahan tanah mekanis ada tiga bentuk volume material yang mempengaruhi perhitungan pemindahannya yaitu dinyatakan dalam *bank cubic meter* (BCM), *loose cubic meter* (LCM) dan *compacted cubic meter* (CCM). Perubahan ini terjadi karena adanya perbedaan densitas akibat penggalian atau pemadatan dari densitas aslinya. Dalam perhitungannya, material tetap dihitung dengan volume aslinya (BCM) walaupun sebenarnya material yang dipindahkan sudah dalam keadaan lepas (LCM).

Kelancaran suatu kegiatan penambangan dapat ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kondisi Cuaca

Cuaca sangat mempengaruhi penambangan terutama pada tambang terbuka. Pada saat musim penghujan maka aktivitas penambangan akan terhambat. Apabila ada hujan maka operasi tidak dapat untuk dilakukan. Setelah terjadinya hujan perlu maka di perlukan perawatan jalan agar bisa dilakukan penambangan. Selain itu jalan akan lengket dan licin sehingga mempengaruhi *cycle time* pada alat angkut tersebut. Selain itu masalah lain yang akan di timbulkan pada material seperti clay yang mempunyai tingkat kohesivitas yang tinggi maka material itu ketika diisikan ke alat angkut maka sebagian material tersebut pada saat *dumping* ada sebagian yang masih lengket pada bak angkut alat angkut. Hal ini tentu akan mempengaruhi produktivitas dari alat angkut karena bak alat angkut tidak sepenuhnya kosong.

Kondisi lain yang terjadi karena cuaca bukan hanya pada saat musim hujan. Tetapi pada saat musim kemarau. Semua alat mekanis dapat bekerja dengan baik karena tidak di pengaruhi oleh jalan angkut yang licin atau lengket, tetapi karena musim kemarau maka masalah yang timbul adalah debu. Debu yang ditimbulkan oleh aktivitas penambangan akan mempengaruhi penglihatan operator sehingga pada kondisi ini kita perlu untuk menyiram jalan dengan *water tank*.

2. Ketersediaan Alat

Agar operasi penambangan dapat berjalan dengan lancar maka di perlukan kesediaan alat sehingga tidak terjadi hambatan pada saat penambangan dilakukan. Alat-alat yang akan di gunakan dalam penambangan di perlukan pemeriksaan agar tidak mengalami kerusakan pada saat operasi sehingga tidak mengganggu atau menghambat dalam penambangan.

3. Efisiensi Operator

Dalam menentukan efektifitas kerja operasi sangat diperlukan kemampuan operator dalam mengoperasikan alat yang dipakainya. Efisiensi operator sendiri sangat sulit untuk ditentukan efisiensinya secara tepat. Hal ini dapat diakibatkan karena suasana tempat bekerja, ketinggian area kerja, faktor cuaca dan lainnya. Turunnya efisiensi operator tidak dapat selalu diartikan sebagai kemalasan dari operator itu sendiri, hal ini dapat saja dikarenakan seperti menunggu perbaikan jalan, menunggu karena adanya peledakan didaerah yang akan dilalui, tidak adanya keseimbangan antara alat angkut dan alat gali-muat dilapangan.

4. Keadaan Lapangan

Bentuk topografi suatu daerah yang akan dilakukan suatu kegiatan pengupasan akan menentukan pada macam atau jenis alat yang digunakan untuk pengupasan. Alat gali yang digunakan harus dapat memanfaatkan gaya gravitasi untuk pendorongan material. Untuk penggunaan *wheel loader* lebih cocok dan baik jika digunakan untuk menggali permukaan topografi yang landai dan rata, sedangkan *excavator* lebih cocok digunakan pada topografi yang curam ataupun berjenjang.

5. Efisiensi Kerja

Dalam merencanakan suatu proyek, produktivitas per jam alat yang diperlukan adalah produktivitas standar dari alat tersebut pada kondisi ideal dikalikan dengan faktor efisiensi kerja. Efisiensi kerja tergantung faktor : topografi, keahlian operator, pemilihan standar pemeliharaan, dan sebagainya yang menyangkut operasi alat.

Dalam kenyataannya memang sulit menentukan besarnya efisiensi kerja alat, tetapi dengan dasar pengalaman dapat ditentukan efisiensi yang mendekati kenyataan.

III. 2 Pengupasan tanah penutup

Sebelum dilakukan penambangan batubara maka di perlukan pengupasan tanah penutup terlebih dahulu. Semakin cepat pengupas tanah penutup yang ada maka akan semakin cepat pula dalam memproduksi batubara. Yang dimaksud dengan tanah penutup disini adalah bagian teratas dari kulit bumi yang relatif lunak, tidak begitu kompak dan terdiri dari butiran-butiran lepas. Sedangkan yang dimaksud dengan batuan adalah bagian kulit bumi yang lebih keras, lebih kompak dan terdiri dari kumpulan mineral pembentuk batuan tersebut.

Didalam melakukan pengupasan *overburden* ini memerlukan peralatan mekanis, pada tambang pit 3 Bangko Barat peralatan yang di pergunakan untuk melakukan penggalian dan pemuatan *overburden* menggunakan *excavator backhoe* Caterpillar 385C sedangkan pengangkutan *overburden* ke *disposal* area menggunakan *dump truck* HD Caterpillar 773E. Dalam melakukan pengupasan tanah penutup, dibantu juga dengan menggunakan *bulldozer* Caterpillar D9R yang berfungsi untuk *ripping* lapisan yang keras.

III. 3 Produktivitas Peralatan Mekanis

Untuk menghitung kemampuan dari alat - alat mekanis tersebut, menurut para ahli (Hartman, Howard L, tahun 1992) dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

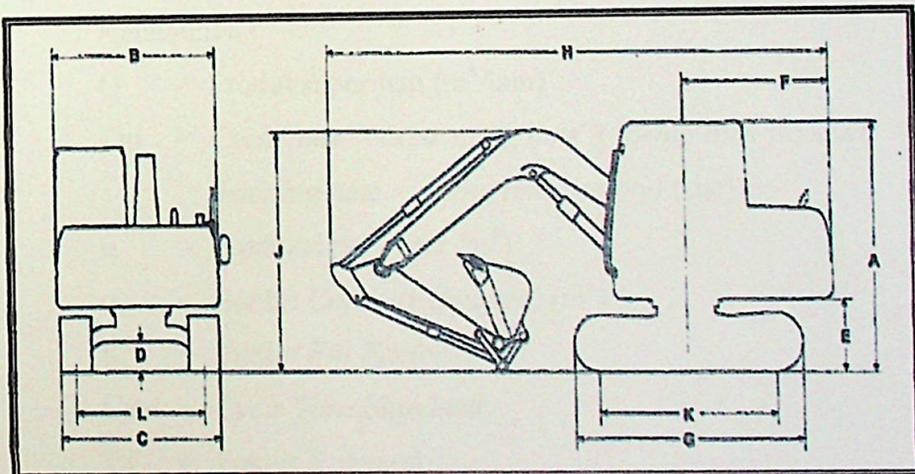
1. Produktivitas *Excavator backhoe*

Excavator backhoe pada lokasi penambangan dapat berfungsi sebagai alat gali-muat untuk penambangan batubara maupun *overburden* untuk dimuat ke alat angkut (Gambar 3.1). Adapun mengenai sketsa *excavator backhoe* beserta bagian - bagiannya, dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 3.2):



GAMBAR 3.1

HYDRAULIC EXCAVATOR BACKHOE CATERPILLAR 385C



Sumber : Caterpillar Performance Handbook Edition 38

GAMBAR 3.2

SKETSA BAGIAN EXCAVATOR BACKHOE

Keterangan :

A = Cab Height

B = House Width, Without Mirror

- C = *Track Width, Standard Shoe*
 D = *Ground Clearance, Frame*
 E = *Ground Clearance, Counterweight*
 F = *Tail swing radius*
 G = *Overall track length*
 H = *Overall transport length*
 J = *Shipping height*
 K = *Length of track on ground*
 L = *Track gauge*

Produktivitas Excavator Backhoe Cat 385C :

$$Q = q \times \frac{3600}{Cm} \times E \quad ^2)$$

$$q = q_1 \times K$$

$$Cm = Cstd \times Cf$$

Keterangan :

Q = Produksi per jam (m^3 /jam)

Cm = *Cycle time = excavating time + swing time (loaded) +
dumping time + swing time (empty) (sec)*

q = Produksi per cycle (m^3)

q_1 = *Bucket Capacity (heaped) (m^3)*

K = *Bucket Fill Factor*

Cstd = *Cycle Time Standard*

Cf = Faktor Konversi

E = Efisiensi Kerja

SF = *Swell Factor*

Catatan :

Jika faktor pengali = 3600, maka satuan waktu *cycle time* yang digunakan yaitu detik

Jika faktor pengali = 60, maka satuan waktu *cycle time* yang digunakan yaitu menit.

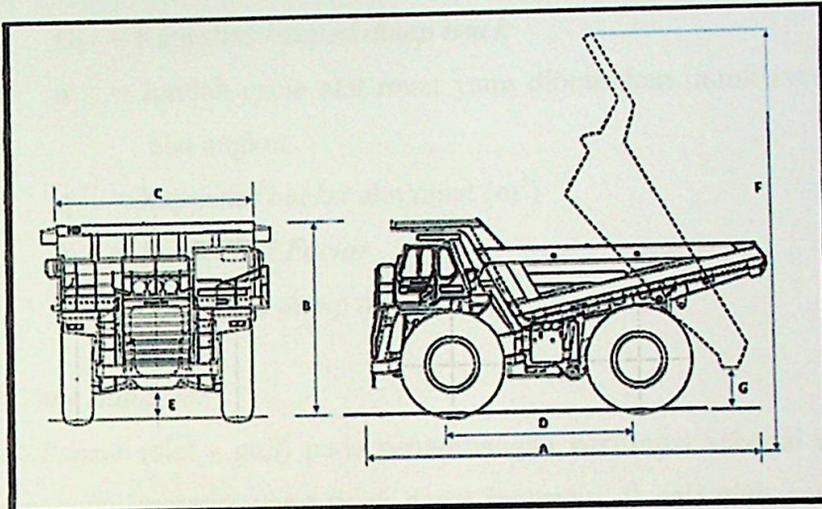
2. Produktivitas *Dump Truck*

Dump truck berfungsi untuk mengangkut material yang dimuat oleh *excavator* ke *disposal area* maupun ke *dump hopper*. Lihat (Gambar 3.3). Adapun mengenai sketsa *dump truck* beserta bagian - bagiannya, dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 3.4).



GAMBAR 3.3

DUMPT TRUCK CATERPILLAR 773E



Sumber : *Caterpillar Performance Handbook Edition 38*

GAMBAR 3.4

SKETSA BAGIAN *DUMP TRUCK*

Keterangan :

- A = *Overall Length*
- B = *Overall Height*
- C = *Overall Width*
- D = *Wheelbase*
- E = *Ground Clearance, Frame*
- F = *Loading Height*
- G = *Ground Clearance, Counterweight*

Produktivitas Dump Truck HD CAT 773E

$$P = C \times \frac{60}{C_{mt}} \times E \times M ; C = n \times q_1 \times K ; n = \frac{C_1}{q_1 \times K} \quad ^2)$$

Dimana :

- P = *Produktivitas Alat (BCM/jam)*
- E = *Efisiensi Kerja*
- M = *Jumlah dump truck yang dioperasikan*
- C = *Produksi per cycle*

C_1 = Kapasitas *heaped dump truck*

n = Jumlah *cycle* alat muat yang dibutuhkan untuk mengisi penuh alat angkut

q_1 = Kapasitas *bucket* alat muat (m^3)

K = *Bucket Fill Factor*

C_{mt} = *Cycle time dump truck*

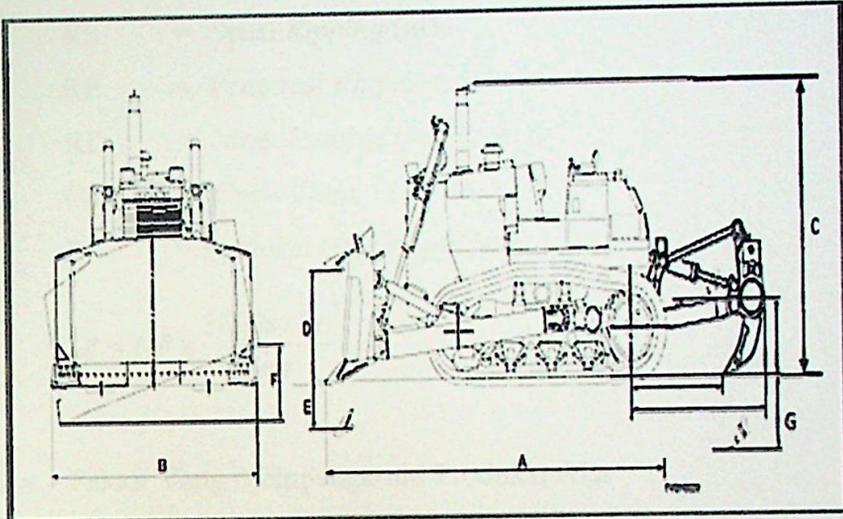
3. Produktivitas *Bulldozer*

Bulldozer (alat - gali) pada penambangan berfungsi sebagai alat *ripping* atau pembongkaran material yang tidak dapat langsung di gali oleh *excavator* dan sebagai alat dorong mengumpulkan material sehingga membantu proses penggalian dan pemuatan. Contoh gambar *bulldozer* (Gambar 3.5) Di bawah ini adalah sketsa *bulldozer* beserta bagian - bagiannya (Gambar 3.6).



GAMBAR 3.5

BULLDOZER CATERPILLAR D9R



Sumber : *Caterpillar Performance Handbook Edition 38*

GAMBAR 3.6

SKETSA BAGIAN BULLDOZER

Keterangan :

- A = Overall Length
- B = Overall Width
- C = Overall Height
- D = Max. Lift above Ground
- E = Max Drop Below Ground
- F = Max. Tilting Adjustment
- A, B, C = Dimension
- D, E, F = Dozer Equipment
- G = Ripper Digging depth

Produktivitas Ripping Bulldozer Caterpillar D9R

$$QR = RS \times RP \times RD^{2)}$$

Keterangan :

Full time ripping (no pushing or dozing assignment)

QR = Produktivitas Ripping per Cycle (BCM)

- RS = Spasi *Ripping* (m)
 RP = Penetrasi *Ripper* (m)
 RD = Jarak *Ripping* (m)
 Cmt = *Cycle Time*
 P = Produksi *ripping* per jam

$$P = QR \times \frac{3600s / hr^2}{Cmt}$$

III.4 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Alat

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas pada kegiatan penambangan. Adapun faktor - faktornya adalah sebagai berikut :

1. Keserasian Kerja Alat Mekanis (*match factor*)

Hubungan kerja yang serasi antara alat gali-muat dan alat angkut dapat diperoleh bila produksi alat gali-muat sesuai dengan produksi alat angkut. Faktor keserasian alat gali-muat dan alat angkut didasarkan pada produksi alat gali-muat dan produksi alat angkut, yang dinyatakan dalam *Match Factor* (MF).

Persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui *match factor* adalah sebagai berikut:

$$MF = \frac{CTm \times Na^6}{CTa \times Nm}$$

MF = *Match Factor* atau Faktor Keserasian kerja

Na = Jumlah alat angkut dalam kombinasi kerja, unit

Nm = Jumlah alat gali-muat dalam kombinasi kerja, unit

n = Banyaknya pemuatan tiap satu alat angkut

CTa = *Cycle Time* edar alat angkut, menit

CTm = Lamanya pemuatan ke alat angkut (menit), yang besarnya adalah jumlah pemuatan dikalikan dengan *cycle time* alat gali-muat (n x CTm)

Jika :

- a. $MF = 1$, berarti terjadi keserasian kerja
 - Produksi alat angkut sama dengan produksi alat gali-muat
 - Waktu tunggu alat gali-muat (WT_m)
 - Waktu tunggu alat angkut (WT_a)
- b. $MF < 1$, berarti alat angkut bekerja penuh dan alat gali-muat menunggu
 - Produksi alat angkut lebih kecil dari produksi alat gali-muat
 - Waktu tunggu alat angkut (WT_a)
 - Waktu tunggu alat gali-muat (WT_m)

$$WT_m = \frac{CT_a \times N_m}{N_a} - CT_m \quad 6)$$

- c. $MF > 1$, berarti alat angkut menunggu dan alat gali-muat bekerja penuh
 - Produksi alat angkut lebih besar dari produksi alat gali-muat
 - Waktu tunggu alat gali-muat (WT_m)
 - Waktu tunggu alat angkut (WT_a)

$$WT_a = \frac{CT_m \times N_a}{N_m} - CT_a \quad 6)$$

2. Pola Pemuatan

Pola pemuatan pada operasi pengangkutan di tambang terbuka dikelompokkan berdasarkan posisi *excavator* terhadap *front* penggalian dan posisi *dump truck* terhadap *excavator*. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan seperti berikut ini :

- a. Berdasarkan pada posisi alat gali muat

- a. *Top Loading*

Pada posisi ini kedudukan alat gali muat lebih tinggi dari alat angkut dimana alat gali muat berada di atas tumpukan material atau berada di atas jenjang.

b. *Bottom loading*

Pola pemuatan dimana alat gali muat dan alat angkut terletak pada satu ketinggian yang sama.

b. Berdasarkan penempatan posisi alat angkut

1) *Single back up*

Yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuat pada satu tempat dan alat angkut berikutnya menunggu alat angkut pertama dimuati sampai penuh, setelah alat angkut pertama berangkat maka alat angkut kedua memposisikan diri untuk dimuati dan seterusnya.

2) *Double back up*

Yaitu alat angkut memposisikan diri untuk dimuati pada dua tempat, kemudian alat gali muat mengisi salah satu alat angkut sampai penuh setelah itu mengisi alat angkut kedua yang sudah memposisikan diri di sisi lain sementara alat angkut kedua diisi, alat angkut ketiga memposisikan diri di tempat yang sama dengan alat angkut pertama dan seterusnya.

c. Berdasarkan Posisi Pemuatan

1) *Frontal Cut*

Pada pola ini *excavator backhoe* memuat pertama pada *dump truck* sebelah kanan sampai penuh dan berangkat, setelah itu dilanjutkan pada *dump truck* sebelah kiri.

2) *Parallel Cut With Turn Drive By*

Excavator backhoe bergerak melintang dan sejajar dengan *front* penggalian. Pola ini digunakan bila lokasi pemuatan berdekatan dengan lokasi penimbunan.

3) *Korelasi Cycle Time Excavator dan Dump Truck*

Kesesuaian antara *Dump Truck* dan *excavator backhoe* dapat mengoptimalkan produktivitas yang didapat. Waktu edar *dump truck* merupakan faktor yang sangat mempengaruhi produktivitas alat muat itu sendiri. Semakin kecil waktu edar maka produktivitas alat tersebut semakin baik, begitu juga dengan sebaliknya. Menurut Peurifoy, waktu edar *dump truck* terdiri dari beberapa bagian, yaitu *loading time* (waktu isi), *dumping time* (waktu membongkar muatan), *hauling time* (waktu

ngkut), *return time* (waktu kembali dalam kondisi kosongan), *spoting time* (waktu manuver di daerah penggalian ditambah dengan manuver di daerah penimbunan), dan *delay time* (waktu tunggu *dump truck* sebelum di isi oleh alat muat).

Waktu edar *excavator backhoe* adalah *fill dipper* (waktu yang dibutuhkan untuk mengisi *bucket*), *swing* (waktu manuver *bucket* untuk mengisi *dump truck*), *dump* (waktu *bucket* menumpahkan material), *return time*, (waktu kembali untuk mengisi *bucket*).

Coefficient of Traction

Coefficient of Traction (CT) adalah suatu faktor yang menunjukkan berapa bagian dari seluruh berat kendaraan itu pada ban atau *track* yang dapat dipakai untuk menarik atau mendorong kendaraan. Dengan kata lain CT adalah suatu faktor dimana jumlah berat kendaraan pada ban/truk penggerak harus dikalikan dengan permukaan jalan sebelum roda slip. Besarnya harga *coefficient of traction* tergantung pada :

- Keadaan ban atau *track*, yaitu keadaan dan bentuk kembangan ban.
- Keadaan jalan (basah/kering, keras/lunak, bergelombang/rata).
- Berat kendaraan yang diterima roda.

Besarnya harga *coefficient of traction* untuk macam-macam keadaan jalan dapat dilihat pada Tabel III.3 dibawah ini.

TABEL III.1

COEFICIENT OF TRACTION KONDISI JALAN

KONDISI JALAN	BAN KARET (%)
Jalan kering dan keras	80 - 100
Jalan tanah liat kering	50 - 70
Jalan tanah liat basah	40 - 50
Jalan berpasir basah dan berkerikil	30 - 40
Jalan berpasir kering yang terpisah/terpencar	20 - 30

Sumber : Partanto Prodjosumarto, 1993

4. *Rolling Resistance*

Rolling resistance merupakan tahanan gelinding/gulir yang terdapat pada roda yang sedang bergerak akibat adanya gaya gesek antara roda dengan permukaan tanah yang arahnya selalu berlawanan. Besarnya tergantung pada kondisi permukaan tanah yang dilewati (kekerasan dan kehalusan), tipe roda, dan berat dari kendaraan tersebut.

Untuk menentukan nilai tahanan gulir adalah sulit untuk dilakukan karena sebenarnya jenis dan tekanan ban serta kecepatan kendaraan ikut mempengaruhi harga *rolling resistance*. Jadi nilai *rolling resistance* ditentukan dalam persen berat,

TABEL III.2
HARGA TAHANAN GELINDING UNTUK RODA

KONDISI JALAN ANGKUT	RR Untuk Ban Karet
	lb/ton
Jalan keras dan licin	40
Jalan yang diaspal	45 - 60
Jalan keras dengan permukaan terpelihara baik	45 - 70
Jalan yang sedang diperbaiki dan terpelihara	85 - 100
Jalan yang kurang terpelihara	85 - 120
Jalan berlumpur dan tidak terpelihara	165 - 210
Jalan berpasir dan berkerikil	240 - 275
Jalan berlumpur dan sangat lunak	290 - 370

Sumber :Partanto Prodjosumarto, 1993

5. *Grade resistance*

Grade resistance adalah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilewati oleh kendaraan tersebut. Pengaruh kemiringan terhadap harga GR adalah naik untuk kemiringan positif (akan memperbesar rimpul) dan turun untuk kemiringan negatif (akan memperkecil rimpul). Besarnya GR tergantung pada kemiringan jalan (%) dan berat kendaraan tersebut (ton).

TABEL III.3
KEMIRINGAN DAN TAHANAN KEMIRINGAN PADA JALAN

KEMIRINGAN (%)	GR (lb/ton)	KEMIRINGAN (%)	GR (lb/ton)
1	20	11	218
2	40	12	238.4
3	60	13	257.8
4	80	14	277.4
5	100	15	296.6
6	119.8	20	392.3
7	139.8	25	485.2
8	159.2	30	574.7
9	179.2	35	660.6
10	199	40	742.8

Sumber :Partanto Prodjosumarto, 1993

6. Rimpull

Rimpull merupakan besarnya kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin atau alat tersebut kepada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalan angkut. Besarnya harga *rimpull* ini dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Rimpull = \frac{Hp \text{ kendaraan } \cdot 375 \cdot \text{Efisiensi mekanis}}{\text{Kecepatan (mph)}}$$

7. Aceleration (Percepatan)

Aceleration merupakan waktu yang diperlukan untuk mempercepat kendaraan dengan menggunakan *rimpull* yang tidak dipergunakan untuk menggerakkan kendaraan pada jalur tertentu. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mempercepat kendaraan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- Berat kendaraan, semakin berat kendaraan maka waktu yang dibutuhkan akan semakin lama untuk mempercepat kendaraan.

- b. *Grade* (kemiringan) jalan angkut yang dilalui.
- c. Kelebihan *rimpull*, semakin banyak *rimpull* yang berlebih maka akan semakin cepat kendaraan dipercepat.

8. Ketinggian Daerah Dari Permukaan Laut

Kadar oksigen didalam suatu daerah sangat mempengaruhi *horse power* pada suatu kendaraan yang dioperasikan. Apabila di lokasi tambang berada didaerah yang tinggi maka persediaan oksigen yang tersedia semakin sedikit dan akan mengurangi kemampuan alat yang bekerja di lokasi tersebut.

9. Faktor Material

Lapisan tanah penutup (*overburden*) adalah semua lapisan tanah/batuan yang berada di atas dan langsung menutupi lapisan bahan galian berharga sehingga perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum dapat menggali bahan galian berharga tersebut. Lapisan tanah penutup (*overburden*) yang dapat ditemui umumnya dikelompokkan menjadi beberapa sifat yaitu:

- a. Material yang sangat mudah digali (sangat lunak)
 - 1) Material yang mengandung sedikit air, misalnya pasir, tanah biasa, kerikil, campuran pasir dengan tanah biasa.
 - 2) Material yang banyak mengandung air, misalnya pasir lempungan, lempung pasiran, lumpur dan pasir yang banyak mengandung air.
- b. Material yang lebih keras (lunak)

Misalnya tanah biasa yang bercampur kerikil, pasir yang bercampur dengan kerikil, pasir yang kasar.
- c. Material yang setengah keras (sedang)

Misalnya batubara, *shale* (*clay* yang sudah mulai kompak), batuan kerikil yang mengalami sedimentasi dan pengompakan, batuan beku yang sudah mulai lapuk, dan batuan - batuan beku yang mengalami banyak rekahan.
- d. Material yang keras

Misalnya *sandstone, limestone, slate, vulcanic tuff*, batuan beku yang mulai lapuk, mineral - mineral penyusun batuan yang telah mengalami sementasi dan pengompakan.

e. Material sangat keras

Misalnya batuan-batuan beku dan batuan - batuan metamorf, contohnya granit, andesit, slate, kwarsit dan sebagainya. Keadaan material yang akan digali sangat mempengaruhi suatu proses penambangan. Misalnya material tanah penutup dijumpai dalam bentuk lapisan tanah pucuk (*top soil*) yang mengandung humus, tanah penutup lunak, dan tanah penutup keras. Jenis material tersebut akan menentukan besarnya produksi alat dan cara pengoperasiannya. Bentuk lapisan tanah penutup, ukuran ketebalan dan luasnya akan menentukan volume keseluruhan sehingga dengan faktor pengembangan tertentu dapat digunakan untuk mencari dan menentukan lokasi penampungan material hasil penggalian.

Pengembangan (*swell*) menurut para ahli (R. L. Peurifoy, W.B. Led Better, tahun 1988) adalah presentase pemberaian volume material dari volume asli yang dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah material yang harus dipindahkan dari kedudukan aslinya. Material di lapangan jika digali akan mengalami pengembangan. Perkembangan volume sebelum digali dan volume setelah digali diartikan sebagai faktor pengembangan. Faktor pengembangan juga dapat diketahui dari perbandingan densitas material lepas dan densitas material insitunya. Densitas adalah berat per unit volume dari suatu material.

$$\text{Swell Factor} = \frac{V_{insitu}}{V_{loose}} \times 100 \%$$

$$\text{Swell Factor} = \frac{D_{loose}}{D_{insitu}} \times 100 \%$$

Dimana :

V_{insitu} = Volume material dalam keadaan asli di alam (bcm)

V_{loose} = Volume material dalam keadaan lepas (lcm)

D_{loose} = Densitas dalam keadaan lepas (lb/cuyd atau ton/m³)

D_{insitu} = Densitas dalam keadaan asli di alam (lb/cuyd atau ton/m³)

10. Faktor Pengisian Bucket

Faktor isi (*fill factor*) adalah presentase volume yang sesuai atau sesungguhnya dapat diisikan ke dalam bak truk dibandingkan dengan kapasitas teoritisnya. Suatu bak *truck* yang mempunyai faktor isi 87%, artinya 13% volume bak itu tidak dapat diisi. Mangkuk (bucket) dari *excavator* memiliki faktor isi lebih dari 100% karena dapat diisi munjung (*heaped*).

$$Ff = \frac{Vn}{Vs}$$

Keterangan :

Ff = Faktor isian

Vn = Kapasitas nyata mangkuk alat gali - muat (m³)

Vs = Kapasitas baku mangkuk alat gali - muat, (m³)

Faktor - faktor yang mempengaruhi pengisian mangkuk adalah:

- a. Kandungan air, dimana semakin besar kandungan air maka faktor pengisian semakin kecil, karena terjadi pengurangan volume material.
- b. Ukuran material, semakin besar ukuran material maka faktor pengisian akan semakin kecil.
- c. Keterampilan dan kemampuan operator, dimana operator yang berpengalaman dan terampil dapat memperbesar faktor pengisian mangkuk.

11. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan alat mulai dari aktivitas pengisian atau pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*) untuk *truck* dan sejenisnya atau swing untuk backhoe dan shovel, pengosongan (*dumping*), kembali kosong dan mempersiapkan posisi (*manuver*) untuk diisi atau dimuat. Di samping aktivitas - aktivitas tersebut terdapat pula waktu menunggu (*delay time*) bila terjadi

antrian untuk mengisi atau memuat. Komponen waktu edar (*cycle time*) untuk alat dorong, misalnya *bulldozer* adalah waktu dorong material sampai jarak tertentu, waktu kembali mundur, manuver, maupun siap dorong kembali.

Waktu edar (*cycle time*) terdiri dari dua jenis, yaitu waktu tetap (*fixed time*) dan waktu variabel (*variable time*). Jadi waktu edar total adalah penjumlahan waktu tetap dan waktu variabel. Yang termasuk dalam waktu tetap adalah waktu pengisian atau pemuatan termasuk manuver dan menunggu, waktu pengosongan muatan, waktu membelok dan mengganti gigi dan percepatan, sedangkan waktu variabel adalah waktu mengangkut muatan dan kembali kosong.

a. Waktu edar alat gali - muat

Waktu edar alat gali muat dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ct_{gm} = Tg + Tsi + Tt + Tsk^{6)}$$

Keterangan :

Ct_{gm} = waktu edar alat gali-muat (s)

Tg = waktu menggali material (s)

Tsi = waktu putar dengan *bucket* terisi/*swing* isi (s)

Tt = waktu menumpahkan muatan (s)

Tsk = waktu putar dengan *bucket* kosong/*swing* kosong (s)

b. Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Ct_a = Tl + Tai + Tmd + Td + Tkk + Tml^{6)}$$

Keterangan :

Ct_a = waktu edar alat angkut (menit)

Tl = waktu diisi muatan/*loading* (s)

Tai = waktu mengangkut muatan/angkut isi (s)

Tmd = waktu mengambil posisi penumpahan (s)

Td = waktu pengosongan muatan/*dumping* (s)

Tkk = waktu kembali kosong/kembali kosong (s)

Tml = waktu mengambil posisi pengisian/*manuver loading* (s)

12. Ketersediaan Alat Dan Penggunaan Alat

Salah satu hal yang mempengaruhi produksi dari kebutuhan alat gali - muat dan alat angkut yang diinginkan dalam operasi penambangan adalah masalah ketersediaan alat.

Ketersediaan alat adalah faktor yang menunjukkan kondisi alat - alat mekanis dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu selama kerja. Kondisi peralatan mekanis dibagi menjadi:

a. Kondisi peralatan 90% - 100%

Berlaku untuk peralatan baru dan siap pakai, kemampuan minimal 70% dan belum mengalami perbaikan apapun serta dalam keadaan lengkap.

b. Kondisi peralatan 70% - 89%

Berlaku untuk peralatan lama yang dalam keadaan yang siap beroperasi dengan kemampuan minimal 70% namun sudah dipakai lebih dari satu tahun atau seribu jam kerja.

c. Kondisi peralatan 50% - 69%

Peralatan yang dalam keadaan rusak ringan operasi. Kemampuan alatnya minimal 60% dan sudah dioperasikan lebih dari dua tahun atau tiga ribu jam kerja. Untuk mengetahui kesedian alat yang dipergunakan untuk mengetahui waktu yang hilang karena kerusakan, jalan, atau faktor cuaca dapat dilihat dari *Physical Availability* (PA) atau *Operational Availability* (OA), merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan, persamaannya adalah :

$$PA = \frac{W + S}{W + R + S} \times 100\% \quad 6)$$

Keterangan :

S = *Standby hours*. Yaitu jumlah jam suatu alat yang tidak dapat dipergunakan padahal alat tersebut tidak rusak dan dalam keadaan siap beroperasi.

$T = \text{Total hours}$, Sama dengan $W + R + S = \text{Scheduled hours}$. Adalah jumlah seluruh jam jalan dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.

Physical Availability pada umumnya selalu lebih besar daripada *Mechanical Availability*. Tingkat efisiensi dari sebuah alat mekanis naik jika angka PA mendekati angka MA.

III.5 Dasar Teknis Pemilihan Alat Berat

Adapun dasar-dasar teknis pemilihan alat berat yaitu melihat kondisi umum daerah kerja, mengetahui karakteristik formasi dan sifat material yang ada, serta parameter penambangan lainnya. Berikut ini akan dijabarkan dasar teknis pemilihan alat seperti berikut ini :

1. Karakteristik Formasi dan Sifat Material

Material yang akan digali tentu memiliki karakteristik tersendiri, oleh karena itu alat berat yang akan digunakan dipilih agar dapat dioperasikan secara optimal pada material tersebut.

2. Parameter Penambangan

Adapun parameter penambangan yang dimaksud adalah batas akhir tambang, laju produksi, umur/lama pekerjaan, dan dampak lingkungan yang diakibatkan kegiatan penambangan.

3. Kondisi Umum Daerah Kerja

Kondisi umum daerah kerja harus dipertimbangkan agar alat berat yang akan digunakan sesuai dengan kondisi sesungguhnya dilapangan, sehingga alat dapat bekerja dengan optimal dan memberikan produktifitas yang optimal.

Kondisi daerah kerja atau medan kerja yang harus dipertimbangkan adalah keadaan topografi, pencapaian daerah, ketinggian lokasi kerja, iklim, dan kesanggupan pabrik dari alat-alat berat yang dipergunakan untuk menjamin kelangsungan operasional.

III.6. Jam Jalan Alat dan Kebutuhan Alat Mekanis

Untuk menghitung jam jalan alat dan kebutuhan alat mekanis, dapat menggunakan rumus-rumus di bawah ini :

$$\text{Jam Jalan Alat} = \frac{\text{Target Produksi (BCM)}^6}{\text{Produktivitas alat (BCM/jam)}}$$

$$\text{Kebutuhan Alat} = \frac{\text{Jam jalan alat mekanis (jam)}^6}{\text{Waktu kerja efektif (jam)}}$$