

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Bahan Bakar

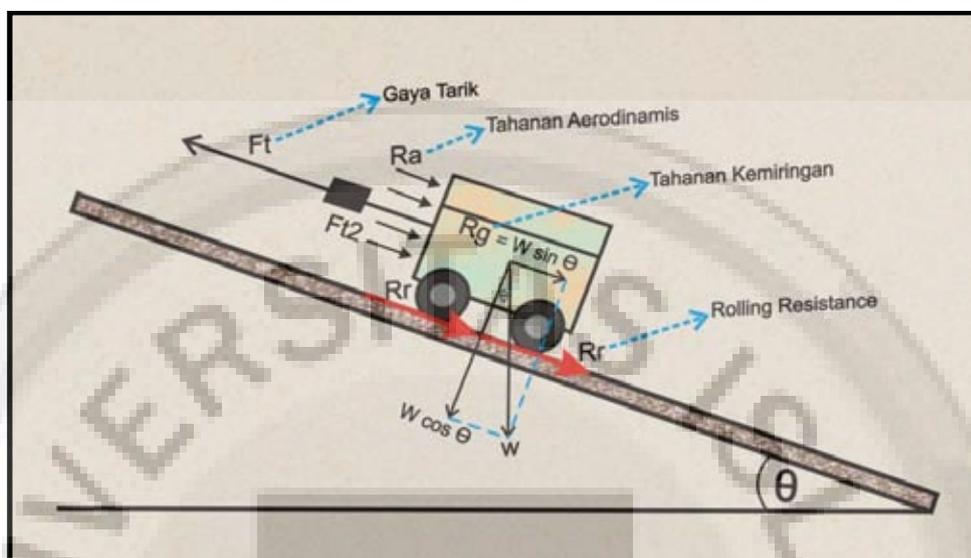
Faktor yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar dapat dibagi menjadi dua, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi : tipe dan ukuran mesin, daya keluaran, jenis transmisi, rasio gigi (*axle ratio*), konstruksi ban, berat kendaraan, dan bentuk aerodinamis kendaraan. Adapun faktor eksternal meliputi : pengguna (operator) yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar yaitu pola mengemudi, panjang lintasan dan banyaknya waktu berhenti, teknik mengemudi (akselerasi, kecepatan, perlambatan, dan jumlah ganti gigi), perawatan mesin, penggunaan fitur aksesoris, muatan alat, kondisi jalan, dan faktor cuaca.

Menurut **Wong J. Y.** dalam bukunya **Theory of Ground Vehicle (2001)**, pada kendaraan *off road*, konsumsi bahan bakar kendaraan tidak hanya bergantung pada karakteristik mesin saja, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik transmisi, tahanan dalam (*internal resistance*) dari gigi yang beroperasi, *drawbar pull (rimpull)*, gaya-gaya penghambat eksternal, jarak angkut, dan kecepatan pengoperasian.

3.1.1 Kemiringan Jalan (*Grade*)

Kemiringan jalan (*grade*) merupakan salah satu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kajian terhadap kondisi jalan angkut. Hal tersebut dikarenakan, kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut (baik dari penggunaan rem maupun dalam mengatasi tanjakan). Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan 1% berarti jalan tersebut naik atau turun 1 m untuk

setiap kemajuan 100 m. Secara umum kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut adalah 8% atau $4,5^{\circ}$.



Gambar 3.1
Gaya-gaya yang Bekerja pada Bidang Miring

Menurut **Partanto (1993)**, dalam bukunya yang berjudul *Pemindahan Tanah Mekanis*, kemiringan jalan secara keseluruhan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Grade} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan : Grade = Kemiringan Jalan (%)
 Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m)
 Δx = Jarak datar antara dua titik yang diukur (m)

Adapun untuk mengetahui persen kemiringan dalam derajat, dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$\tan \alpha = \frac{\% \text{ Kemiringan}}{\text{Jarak}} \dots\dots\dots(3.2)$$

3.1.2 Tahanan Gulir (*Rolling Resistance*)

Tahanan gulir dapat didefinisikan sebagai jumlah segala gaya-gaya luar yang berlawanan dengan arah gerak kendaraan yang berjalan di atas jalur jalan atau permukaan tanah (**Partanto Prodjosumarto, 1983**). Pada kecepatan rendah, tahanan gulir merupakan gaya utama yang menghambat gerak kendaraan. Sedangkan pada kecepatan tinggi, terdapat gaya-gaya lain yang menghambat gerak kendaraan selain tahanan gulir yaitu tahanan aerodinamis. Tahanan gulir semakin besar akan menyebabkan gaya yang diperlukan untuk menarik kendaraan di atas tanah semakin besar. Dalam hal ini, tenaga yang diperlukan ikut meningkat yang mengakibatkan konsumsi bahan bakar semakin besar.

Banyak peneliti yang mempelajari mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan gulir, (**Wood, 1995**) menyebutkan beberapa faktor yang mempengaruhi nilai dari tahanan gulir, yaitu :

1. Berat muatan : semakin besar berat muatan yang diberikan, akan memberikan nilai tahanan gulir yang semakin besar.
2. Kondisi jalan: semakin keras & rata kondisi jalan, maka semakin kecil tahanan gulir yang dihasilkan.
3. Gesekan dalam : jika terdapat kehilangan mekanis (*mechanical losses*) antara mesin dan ban akan meningkatkan nilai tahanan gulir.
4. Permukaan jalan : permukaan jalan yang halus & rata, dengan permukaan jalan yang kasar akan memberikan nilai tahanan gulir yang berbeda. Semakin kasar permukaan jalan, maka tahanan gulir yang dihasilkan akan semakin besar.
5. Bagian kendaraan yang bersentuhan dengan permukaan jalan, yaitu luas kontak ban dengan jalan.

Besarnya nilai tahanan gulir dinyatakan dalam *pounds* (lbs) dari *tractive pull* yang diperlukan untuk menggerakkan tiap *gross ton* berat kendaraan beserta isinya pada jalur jalan mendatar dengan kondisi jalur jalan tertentu. Beberapa angka tahanan gulir untuk berbagai macam kondisi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1
Nilai Tahanan Gulir untuk Berbagai Kondisi Jalan (Nichols, H. L., 1976)

No	Kondisi Jalan	RR ban karet (%)
1	Jalan dirawat dengan baik, permukaan rata & keras, cukup kering, dan alat kendaraan tidak terbenam.	2
2	Kondisi jalan sama dengan diatas, tapi permukaan jalan terbenam akibat beban kendaraan.	3,5
3	Jalan tidak dirawat dengan baik, terbenam karena beban kendaraan.	5
4	Perawatan jalan buruk, dasar jalan tidak termampatkan & tidak stabil, bekas ban terbentuk dengan mudah.	8
5	Jalan kerikil atau pasir lepas	10
6	Jalan tidak terrawat, bekas ban terbentuk cukup dalam.	15 - 20

Sumber : Partanto, *Pemindahan Tanah Mekanis*, 1993

3.1.3 Tahanan Kemiringan (*Grade Resistance*)

Tahanan kemiringan adalah gaya yang melawan dan membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya. Tahanan kemiringan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu :

1. Besarnya kemiringan jalan
2. Berat kendaraan

Berdasarkan buku *Peimndahan Tanah Mekanis* yang ditulis oleh **Partanto (1993)**, tahanan kemiringan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$\text{Grade Resistance} = W \times \sin \alpha \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan : GR = Tahanan Kemiringan (lbs)

W = Berat (lbs)

α = Kemiringan ($^{\circ}$)

Besarnya nilai tahanan kemiringan dalam berbagai kondisi kemiringan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa untuk kemiringan < 15%, nilai tahanan gulir 20 lbs untuk setiap *gross ton* dan setiap 1% kemiringan. Berdasarkan hal tersebut, untuk menyederhanakan perhitungan, maka besarnya tahanan kemiringan rata-rata dinyatakan dalam 20 lbs dari *rimpull* atau *tractive effort* untuk setiap *gross ton* berat kendaraan beserta isinya pada setiap kemiringan 1%. Hal tersebut didukung dengan kenyataan bahwa jalur jalan tambang sangat jarang yang menggunakan kemiringan hingga 15%.

Tabel 3.2
Pengaruh Kemiringan Jalan Terhadap Tahanan Kemiringan (GR)

Grade Jalan (%)	GR (lbs/ton)	Grade Jalan (%)	GR (lbs/ton)
1	20	12	238
2	40	13	257,8
3	60	14	277,4
4	80	15	296,6
5	100	20	392,3
6	119,8	25	485,2
7	139,8	30	574,7
8	159,2	35	660,6
9	179,2	40	742,8
10	199	50	894,4
11	218		

Sumber : Partanto, *Pemindahan Tanah Mekanis*, 1981

3.1.4 Tahanan Aerodinamis (*Aerodynamic Resistance*)

Tahanan aerodinamis pada suatu kendaraan disebabkan oleh dua hal yaitu, *pressure drag* karena bentuk mobil dan gesekan pada permukaan mobil.

Tahanan aerodinamis, **Suganda (1971)** dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$R_a = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho u \times A_F \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

- R_a = Tahanan Aerodinamis (N)
- C_d = Koefisien hambatan aerodinamis
- ρ_u = Density udara (Kg/m³)
- A_F = Luas bagian depan kendaraan (m²)

3.2 Klasifikasi Penggunaan Bahan Bakar *Dump Truck*

Alat muat yang digunakan untuk menggali material adalah *backhoe*, sedangkan alat angkut yang digunakan adalah *dump truck*. Untuk kategori pekerjaan yang dilakukan oleh alat angkut berdasarkan klasifikasi penggunaan bahan bakar dapat dibagi menjadi tiga kelas, yaitu :

1. Rendah : rasio waktu muat dengan waktu daur tinggi, kondisi jalan baik, dan efisiensi kerja *dump truck* rendah.
2. Menengah : rasio waktu muat dengan waktu daur sedang, kondisi & kemiringan jalan normal, dan *total resistance* 2% - 10%.
3. Tinggi : rasio waktu perjalanan dengan waktu daur tinggi, kemiringan tinggi & kondisi jalan normal, dan *total resistance* lebih dari 10%.

Sedangkan untuk kategori pekerjaan yang dilakukan oleh alat muat **KOBELCO SK 330** berdasarkan klasifikasi penggunaan bahan bakar dapat dibagi menjadi tiga kelas, yaitu :

1. Rendah : pekerjaan ringan, material mudah digali, dan efisiensi kerja kurang dari 65%.
2. Menengah : beroperasi secara kontinu, material tidak mudah digali, dan efisiensi kerja 65% - 80%.
3. Tinggi : beroperasi secara kontinu, material tidak mudah digali, dan efisiensi kerja lebih besar dari 80%.

Dalam *Specification & Application Handbook KOBELCO edisi 27*, dijelaskan bahwa konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) adalah total pemakaian bahan bakar untuk masing-masing alat muat dan alat angkut dalam satu *fleet* yang ditunjukkan dalam volume (liter) per jam. Konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$FC = \frac{\text{Total FC}}{\text{Operating Hours}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : FC = *Fuel Consumption* (Liter/Jam)
 Total FC = Total Konsumsi Bahan Bakar (Liter)
Operating Hours = Jam Kerja Beroperasi (Jam)

3.3 Waktu Edar (*Cycle Time*)

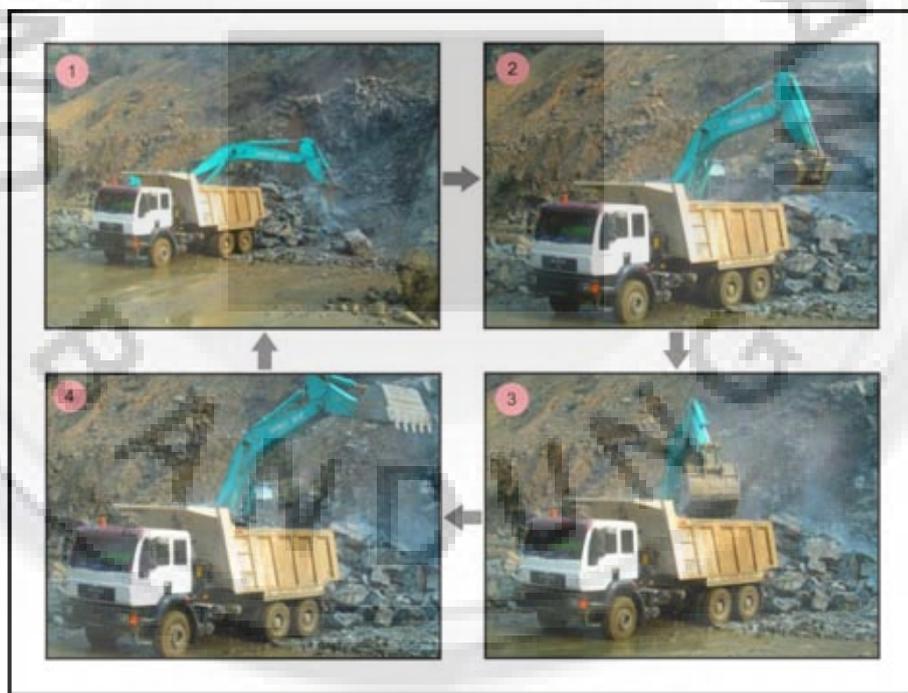
Waktu edar (*Cycle Time*) yaitu waktu yang dibutuhkan peralatan pemindahan tanah mekanis untuk menyelesaikan lingkaran operasi kerja yang terdiri dari pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*), dan pembuangan (*dumping*), hingga kembali ke tempat pemuatan disebut waktu edar. Secara garis besar, waktu edar dapat digolongkan menjadi dua kategori, yaitu waktu edar tetap dan waktu variabel. Waktu edar tetap adalah waktu yang digunakan untuk memuat dan membuang material (bagian siklus ini konstan dan tidak dipengaruhi oleh jarak angkut). Sedangkan, waktu variabel adalah lamanya perjalanan atau waktu yang

dibutuhkan untuk mengangkut material hingga kembali lagi ke tempat pemuatan. Waktu ini berubah-ubah sesuai dengan jarak dan kondisi jalan angkut antara *loading point* dan *dumping point*. Dengan asumsi kapasitas *bucket* tetap, semakin kecil waktu edar maka produksi alat akan semakin tinggi.

3.3.1 Waktu Edar Alat Muat

Waktu edar alat muat terdiri dari empat bagian (lihat Gambar 3.3), yaitu :

1. Waktu gali (*digging*).
2. Waktu ayunan bermuatan (*swing full*).
3. Waktu menumpahkan isi *bucket* (*dump*).
4. Waktu ayunan kosong (*empty swing*).



Sumber : Hasil Kegiatan Tugas Akhir di PT GSM, 2015

Gambar 3.2
Cycle Time Alat Muat

3.3.2 Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut terdiri dari lima bagian (lihat Gambar 3.4), yaitu :

1. Waktu muat (*loading time*), yaitu waktu yang dibutuhkan alat muat untuk mengisi penuh bak alat angkut.
2. Waktu mengangkut muatan (*hauling time*), yaitu waktu yang dibutuhkan alat angkut untuk mengangkut material dari *loading point* ke *dumping point*.
3. Waktu menumpahkan (*dumping time*), yaitu waktu yang diperlukan untuk mengosongkan muatan.
4. Waktu kembali (*returning time*), yaitu waktu yang diperlukan alat angkut untuk kembali dari *dumping point* ke *loading point*.
5. Waktu mengarahkan (*maneuver time*), yaitu waktu yang diperlukan untuk mengarahkan posisi di area *loading point* maupun *dumping point*.



Sumber : Hasil Kegiatan Tugas Akhir di PT GSM, 2015

Gambar 3.3
Cycle Time Alat Angkut

3.4 Faktor Pengisian (*Fill Factor*)

Faktor pengisian merupakan perbandingan antara volume sebenarnya (V_n) dengan volume kapasitas munjung teoritis (V_t). Faktor pengisian dipengaruhi oleh :

1. Ukuran material, semakin besar ukuran material maka faktor pengisian semakin kecil.
2. Kandungan air, semakin besar kandungan air maka faktor pengisian semakin kecil.
3. Keterampilan dan pengalaman operator, makin terampil operator berarti faktor pengisian akan semakin baik.

Secara teoritis, nilai *Fill Factor* dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah ini :

Tabel 3.3
Faktor Koreksi Bucket (*Fill Factor*)

No	Jenis Bahan yang Digali	Faktor Koreksi
1	Pasir, tanah, lempung	0,70 - 0,90
2	Batu halus, lempung halus	0,69 - 0,70
3	Bongkah, kerikil	0.6

Sumber : Partanto, *Pemindahan Tanah Mekanis*, 1993

3.5 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu kerja produktif dengan waktu kerja yang tersedia. Waktu kerja yang digunakan adalah waktu untuk produksi, berarti ada kehilangan waktu yang disebabkan oleh adanya hambatan-hambatan selama jam kerja. Pada umumnya efisiensi kerja dipengaruhi oleh keahlian operator, keadaan peralatan, keadaan medan kerja, cuaca dan keadaan material. Efisiensi kerja selalu berubah-ubah tergantung dari faktor-faktor diatas dan jarang sekali waktu yang digunakan sebenar-benarnya. Waktu kerja efektif adalah

waktu yang benar-benar dipergunakan untuk memproduksi atau waktu kerja yang tersedia dikurangi dengan waktu yang terbuang oleh adanya hambatan-hambatan.

Hambatan-hambatan tersebut dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Hambatan yang dapat dihindari / dikurangi.
2. Hambatan yang tidak dapat dihindari.

Dengan memperhitungkan hambatan-hambatan tersebut, maka jam kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$WP = Wt - Wi \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan : Wp = Waktu produktif (jam)

Wt = Waktu kerja tersedia (jam)

Wi = Waktu istirahat (jam)

$$WE = Wp - Wh \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan : We = Waktu kerja efektif (jam)

Wp = Waktu produktif (jam)

Wh = Waktu hambatan (jam)

Efisiensi kerja sangat berpengaruh terhadap tercapainya suatu produksi. Tinggi rendahnya efisiensi kerja sangat tergantung pada faktor motivasi dan disiplin kerja operator, sedangkan produktifitas kerja sangat tergantung kepada keadaan tempat kerja, keadaan material yang digali dan dimuat serta pengalaman operator itu sendiri. Efisiensi kerja dapat dihitung dengan persamaan seperti di bawah ini :

$$E = \frac{We}{Wp} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan : E = Efisiensi Kerja (%)

We = Waktu kerja efektif (jam)

Wp = Waktu kerja produktif (jam)

3.6 Produktivitas Alat

Faktor yang mempengaruhi produktivitas peralatan pemindahan tanah mekanis, dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan asal pengaruhnya, yaitu faktor internal (meliputi keadaan alat, yaitu *mechanical availability* dan *physical availability*) dan faktor eksternal, meliputi :

1. Material.

Beberapa sifat fisik material yang dapat mempengaruhi produktivitas dari peralatan pemindahan tanah mekanis adalah tahanan gali, berat jenis, kekerasan, kohesivitas, dan faktor pengembangan material.

2. Efisiensi.

Efisiensi kerja merupakan salah satu unsur yang paling rumit dalam menaksir produksi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : keterampilan operator, perbaikan, keterlambatan pegawai, dan keterlambatan yang disebabkan oleh rancangan kerja.

3. Kondisi Daerah Operasi.

Kondisi daerah operasi yang dapat mempengaruhi produktivitas dari peralatan pemindahan tanah mekanis adalah lebar *front loading* untuk alat muat, tahanan gulir & tahanan kemiringan untuk alat angkut, ketinggian dari permukaan air laut, dan faktor cuaca.

3.6.1 Produktivitas Alat Muat

Produksi alat muat adalah kemampuan suatu alat untuk menggali dan memuat material per satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam BCM/jam. Berdasarkan buku *Pemindahan Tanah Mekanis* yang ditulis oleh **Partanto (1993)**, produktivitas alat muat dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_m = \frac{H_m \times FF_m \times E_m \times SF \times 3600}{C_m} \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan : P_m = Produksi alat muat (BCM/jam)
 H_m = Kapasitas bucket alat muat (LCM)
 FF_m = *Fill Factor* = Faktor pengisian alat muat (%)
 E_m = Efisiensi kerja alat muat (%)
 SF = Faktor pengembangan material (%)
 C_m = Waktu edar alat muat (detik)

3.6.2 Produktivitas Alat Angkut

Produksi alat angkut adalah kemampuan suatu alat untuk mengangkut material per satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam BCM/jam. Berdasarkan buku *Peimndahan Tanah Mekanis* yang ditulis oleh **Partanto (1993)**, produktivitas alat angkut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_a = \frac{(H_m \times n) \times FF_m \times E_a \times SF \times 60}{C_a} \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan : P_a = Produksi alat angkut (BCM/jam)
 H_m = Kapasitas *bucket* alat muat (LCM)
 n = Jumlah pengisian *bucket* (kali)
 FF_m = *Fill Factor* = Faktor pengisian alat muat (%)
 E_a = Efisiensi kerja alat angkut (%)
 SF = *Swell Factor* = Faktor pengembangan material (%)
 C_a = Waktu edar alat angkut (menit)

3.7 Keserasian Alat Muat dan Alat Angkut (*Match Factor*)

Match Factor merupakan parameter yang menyatakan keserasian antara dua alat yang digunakan. Dalam hal ini, kedua alat yang digunakan adalah alat muat dan alat angkut.



Sumber : Hasil Kegiatan Tugas Akhir di PT GSM, 2015

Gambar 3.4
Alat Muat KOBELCO SK 330



Sumber : Hasil Kegiatan Tugas Akhir di PT GSM, 2015

Gambar 3.5
Alat Angkut MAN CLA 26.280

Perhitungan Nilai *Match Factor* dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

$$MF = \frac{n_a \times L_t}{N_m \times C_a} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan : MF = Faktor keserasian

n_a = Jumlah unit alat angkut (unit)

L_t = Loading time (menit)

n_m = Jumlah unit alat muat (unit)

C_a = Waktu edar alat angkut (menit)

Berdasarkan nilai *Match Factor* yang dihasilkan dapat diketahui efektifitas kerja dari peralatan yang digunakan (selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.4).

Tabel 3.4
Match Factor

No	Nilai <i>Matc Factor</i>	Keterangan
1	MF < 1	Dalam keadaan sibuk, alat muat bekerja kurang dari 100%, sehingga alat muat menunggu. Keadaan ini menunjukkan faktor kerja alat angkut 100%.
2	MF = 1	Keserasian kerja yang sempurna artinya faktor kerja antara alat muat dan alat angkut adalah 100% sehingga tidak ada waktu tunggu antara keduanya.
3	MF > 1	Dalam keadaan sibuk, faktor kerja alat muat 100%, sedangkan alat angkut kurang dari 100% sehingga alat angkut menunggu.

Sumber : Partanto, *Pemindahan Tanah Mekanis*, 1993

3.8 *Fuel Ratio*

Istilah *Fuel Ratio* merupakan nilai rasio yang menunjukkan perbandingan antara penggunaan bahan bakar (Liter/jam) dengan produksi yang dihasilkan (BCM/jam).. Penggunaan bahan bakar dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya pengaruh kemiringan jalan dan jarak angkut. Sedangkan hasil produksi (terutama produksi satu *fleet*) dipengaruhi oleh keserasian kerja alat muat dan alat angkut. Keserasian kerja dipengaruhi oleh *Cycle Time* alat dan jumlah alat yang bekerja dalam satu *fleet*. Nilai *Fuel Ratio* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$FR = \frac{FC}{P} \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan :FR = *Fuel Ratio* (Liter/BCM)

FC = Konsumsi Bahan Bakar (Liter)

P = Produksi (BCM)

3.9 Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin Kendaraan

Konsumsi bahan bakar merupakan fungsi dari tenaga (*power*) yang dibutuhkan kendaraan untuk menggerakkan mesin. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya : jarak angkut, kemiringan jalan, berat kendaraan, kecepatan, tenaga yang dibutuhkan kendaraan untuk bergerak, percepatan kendaraan, kualitas bahan bakar, tahanan gulir, tahanan aerodinamis, gesekan antara ban dengan permukaan jalan, tekanan pemompaan ban, suhu dan cuaca, cara mengemudi operator, dan perawatan kendaraan. Faktor berat dan kecepatan kendaraan menjadi faktor penting yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar karena menyebabkan timbulnya tahanan gulir dan tahanan aerodinamis. Untuk itu, konsumsi bahan bakar menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan alat angkut yang tepat karena pertimbangan ekonomi dan lingkungan.

Dalam industri pertambangan, alat angkut dipakai untuk mengangkut material sepanjang puluhan sampai ratusan ribu kilometer setiap tahun sehingga bahan bakar menjadi komponen utama yang berkontribusi besar pada biaya operasi penambangan. Untuk memperkirakan besarnya konsumsi bahan bakar alat angkut dapat menggunakan persamaan konsumsi bahan bakar (**Sahoo, Bandyopadhyay, Banerjee, 2010**) dengan memasukkan nilai – nilai parameter yang diperoleh dari produsen kendaraan (spesifikasi alat).

Untuk menentukan besarnya konsumsi bahan bakar (kg/jam), dapat dihitung dengan menggunakan turunan rumus fisika seperti yang terdapat pada persamaan 3.12.

$$m = m_a + m_k \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

m = Masa konsumsi bahan bakar (kg/jam)

m_a = Masa konsumsi bahan bakar dari *loading point* ke *dumping point*

m_k = Masa konsumsi bahan bakar dari *dumping point* ke *loading point*

Untuk memperoleh nilai m_a dan m_k dapat menggunakan rumus yang terdapat pada persamaan 3.13 hingga 3.22.

$$m_a + m_k = (P_a \times BF_a) + (P_k \times BF_k) \dots\dots\dots(3.13)$$

$$P_a = V_a \times (a \times V_a^2) + (b \times W_l) \dots\dots\dots(3.14)$$

$$P_b = V_k \times (a \times V_k^2) + (c \times W_e) \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan :

P_a = Tenaga yang dibutuhkan truk untuk mengangkut material dari *loading point* ke *dumping point* (kW)

P_k = Tenaga yang dibutuhkan truk untuk mengangkut material dari *dumping point* ke *loading point* (kW)

BF_a = *Brake Specific Fuel Consumption* untuk *loading point* ke *dumping point* (gram/kW.jam)

BF_k = *Brake Specific Fuel Consumption* untuk *dumping point* ke *loading point* (gram/kW.jam)

V_a = Kecepatan angkut rata-rata dari *loading point* ke *dumping point* (m/s)

V_k = Kecepatan angkut rata-rata dari *dumping point* ke *loading point* (m/s)

a,b,c = Konstanta

W_a = Berat kendaraan bermuatan (Kg)

W_k = Berat kendaraan kosong (Kg)

Untuk mencari nilai konstanta a, b, dan c dapat dilihat pada persamaan 3.16 hingga 3.18 dibawah ini :

$$a = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho u \times A_f \dots\dots\dots(3.16)$$

$$b = (g \times \cos \theta \times (f + C_{rr})) + (g \times \sin \theta) \dots\dots\dots(3.17)$$

$$c = (g \times \cos \theta \times (f + C_{rr})) - (g \times \sin \theta) \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan :

C_d = Koefisien hambatan aerodinamis

ρ_u = Density udara (Kg/m^3)

A_F = Luas bagian depan kendaraan (m^2)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

θ = Sudut kemiringan jalan ($^\circ$)

f = Koefisien gesekan ban dengan permukaan jalan

C_{rr} = Koefisien tahanan gulir

$$BF_a = \frac{r_a}{P_a} \dots\dots\dots(3.19)$$

$$BF_b = \frac{r_b}{P_b} \dots\dots\dots(3.20)$$

$$r = 0,86 \text{ Liter/Km} \times \text{Jarak Angkut} \times 840 \text{ gr/Liter} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$P = 9,53 \text{ HP/ton} \times \text{Berat Kendaraan (ton)} \times 0,746 \text{ kW/HP} \dots\dots\dots(3.22)$$

Keterangan :

r = Laju konsumsi bahan bakar (gram/jam)

P = Tenaga yang dihasilkan mesin (kW)

Berdasarkan rumus yang terdapat pada persamaan 3.12 hingga 3.22, dapat diketahui bahwa rumus tersebut digunakan untuk menghitung masa konsumsi bahan bakar (gram/jam) untuk setiap ritase alat angkut. Untuk memperoleh konsumsi bahan bakar per jam alat angkut dilakukan dengan menggunakan nilai konsumsi bahan bakar per ritase terhadap jumlah ritase per jam alat angkut. Hasilnya dibagi dengan densitas bahan bakar, sehingga diperoleh konsumsi bahan bakar per jam. (Lihat Persamaan 3.23)

$$FC = \frac{m \times \frac{60}{Ca}}{FD} \dots\dots\dots(3.23)$$

Keterangan :

FC = Fuel Consumption (Liter/jam)

m = Masa konsumsi bahan bakar (kg/jam)

Ca = *Cycle Time* alat angkut (menit)

FD = Fuel Density (gr/Liter)

