

BAB III

LANDASAN TEORI

Peremukan batu pada prinsipnya bertujuan mereduksi material untuk memperoleh ukuran butir tertentu melalui alat peremuk dan pengayakan. Dalam memperkecil ukuran pada umumnya dilakukan dengan 3 tahap (Currie, 1973), yaitu :

1. Primary Crushing

Merupakan peremukan tahap pertama, alat peremuk yang biasanya digunakan pada tahap ini adalah *Jaw Crusher* dan *Gyratory Crusher*. Umpan material yang digunakan biasanya berasal dari hasil penambangan dengan ukuran berkisar 1500 mm, dengan ukuran setting antara 30 mm sampai 100 mm. Ukuran terbesar dari produk peremukan material tahap pertama biasanya kurang dari 200 mm.

2. Crushing

Merupakan peremukan tahap kedua, alat peremuk yang digunakan adalah *Jaw Crusher* ukuran kecil, *Gyratory Crusher* ukuran kecil, *Cone Crusher*, *Hammer Mill* dan *Rolls*. Umpan yang digunakan berkisar 650 mm. Produk yang dihasilkan adalah 50 mm.

3. Fine Crushing

Merupakan peremukan tahap lanjut dari *secondary crushing*, alat yang digunakan adalah *Rolls, Dry Ball Mills, Disc Mills* dan *Ring Mills*. Umpan material yang biasanya digunakan kurang dari 25,4 mm.

3.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Peremukan

Faktor-faktor yang mempengaruhi peremukan oleh *Roll Crusher* antara lain :

1. Kuat tekan batuan

Ketahanan batuan dipengaruhi oleh kekuatan (*friability*) dan kerapuhan (*brittlenes*) dari kandungan mineralnya. Struktur mineral yang sangat halus biasanya lebih tahan dari pada batuan yang berstruktur kasar.

2. Ukuran umpan material batuan

Ukuran umpan material batuan untuk mencapai produk yang baik pada peremukan adalah kurang dari 85 % dari ukuran bukaan dari alat peremuk.

3. Reduction Ratio

Nisbah reduksi (*Reduction Ratio*) sangat menentukan keberhasilan suatu peremukan, karena besar kecilnya nilai *Reduction Ratio* ditentukan oleh kemampuan alat peremuk untuk mengecilkan ukuran material yang akan diremuk. Untuk itu harus dilakukan pengamatan terhadap tebal material umpan maupun tebal material produk. *Reduction Ratio* adalah perbandingan ukuran terbesar umpan dengan ukuran terbesar produk. Pada *primary*

crushing besarnya *Reduction Ratio* adalah 4 –7 dan pada *secondary crushing* besarnya *reduction ratio* adalah 7 –20 (Curie,1973). Besarnya *reduction ratio* merupakan batasan agar kerja alat efektif.

$$RR = \frac{tF}{tP} - \frac{wF}{wP}$$

Dimana :

RR = *limiting reduction ratio*

tF = tebal umpan (cm)

tP = tebal produk (cm)

wF = lebar umpan (cm)

wP = lebar produk (cm)

Selain faktor –faktor di atas, faktor yang berpengaruh juga terhadap peremukan adalah cuaca, karena apabila hujan maka batubara pada ban berjalan akan tergelincir sehingga kegiatan peremukan bisa berhenti serta peremukan material batuan akan lebih lambat.

3.2 Peralatan pada Unit Peremuk

3.2.1. Hopper

Hopper merupakan salah satu alat bantu dari unit peremuk yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara dari material umpan batuan, selanjutnya material tersebut diumpankan ke alat peremuk oleh alat pengumpan *feeder*.

Hopper ini terbuat dari beton yang dilapisi oleh lembaran baja pada dinding dindingnya dengan tujuan agar terhindar dari keausan akibat gesekan dan benturan dinding dengan material. Kapasitas *hopper* dihitung dengan rumus berdasarkan volume trapesium yang terpancung, yaitu :

$$V_h = \frac{1}{3} \cdot t \cdot (\text{Luas Atas} + \text{Luas Bawah} + \sqrt{\text{Luas Atas} \times \text{Luas Bawah}})$$

Setelah volume *hopper* diketahui, maka kapasitas *hopper* tersebut adalah:

$$K = V_h \times B_i$$

Dimana :

K = Kapasitas hopper (ton)

V_h = Volume hopper (m³)

B_i = Bobot isi material berai (ton/m³)

3.2.2 Pengumpan (*Feeder*)

Feeder adalah alat pengumpan material dari *hopper* ataupun dari ROM ke unit peremuk atau ke atas *belt conveyor* dengan kecepatan konstan. Penggunaan alat pengumpan bertujuan agar proses pengumpanan dari *hopper* menuju ke alat peremuk dapat berlangsung dengan laju yang konstan, tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil, sehingga dapat mencegah terjadinya penumpukan batubara atau tidak ada umpan di dalam *hopper* ataupun pada alat peremuk.

3.2.2.1. Bentuk – bentuk Pengumpan (*Feeder*)

Macam – macam *feeder* yang sering digunakan dalam industri pertambangan batubara antara lain :

1. *Apron Feeder*, pengumpan yang berupa lembaran baja, masing-masing dihubungkan oleh *roller chain* (rantai berputar), *feeder* ini dirancang untuk memindahkan material yang berat dan besar dari *hopper* menuju ban berjalan atau ke unit peremuk.
2. *Vibrating Feeder*, merupakan tipe pengumpan yang didesain untuk memisahkan batubara dari debu-debu halus hasil penambangan. Pengumpan tipe ini terdiri dari lembaran baja bergelombang dengan jarak tertentu, cara kerjanya adalah berdasarkan getaran yang ditimbulkan oleh motor penggerak.
3. *Belt Feeder*, merupakan pengumpan yang terdiri dari *belt* (sabuk) karet yang dihubungkan dengan *pulley* seperti pada *belt conveyor*.
4. *Reciprocating Feeder*, merupakan tipe pengumpan yang cara kerjanya adalah mendorong material yang ada di dalam *hopper* dengan kecepatan teratur, pengumpan tipe ini terdiri dari alat pendorong yang terletak pada rel (jalur) yang dapat bergerak maju mundur secara teratur. Pengumpan ini biasanya dipakai pada alat peremuk sekunder.
5. *Chain Curtain Feeder/Ross Feeder* adalah pengumpan yang menggunakan rantai yang menjulur di bawah *hopper* yang ditahan oleh

lembaran baja, fungsinya adalah mengontrol pengumpanan pada alat peremuk primer dengan efek berat dari rantai tersebut.

6. *Grizzly Feeder*, pengumpan yang dirancang untuk memindahkan material yang cara kerjanya lebih selektif, dimana material yang lolos (*undersize*) langsung masuk dan berjalan sedangkan yang tidak lolos (*oversize*) akan masuk ke alat peremuk.



Gambar 3.1
Grizzly feeder

7. *Chain and Flight Feeder*, adalah pengumpan yang terdiri dari rangkaian *flight* (batangan baja) dengan ketebalan tertentu dan jarak tertentu yang berfungsi sebagai pendorong material menuju alat peremuk. *Flight* (batangan baja) tersebut dihubungkan dengan rangkaian rantai (*chain*) serta rantai yang berupa lembaran baja sebagai penahan material (*plate*).

3.2.2.2 Perhitungan Kapasitas Teoritis Pengumpan (*Feeder*)

Kapasitas teoritis pengumpan (*feeder*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan CEMA (*Conveyor Equipment Manufactures Association*), *Belt Conveyor For Bulk Materials, second edition 1979*) sebagai berikut :

$$Q = V \times T \times L \times d \times 60$$

Dimana :

Q = Kapasitas *feeder*, ton/jam

V = Kecepatan angkut *feeder*, m/menit

T = Tinggi tumpukan material di atas *feeder*, m

L = Lebar *feeder*, m

d = Densitas lepas material, ton/m³

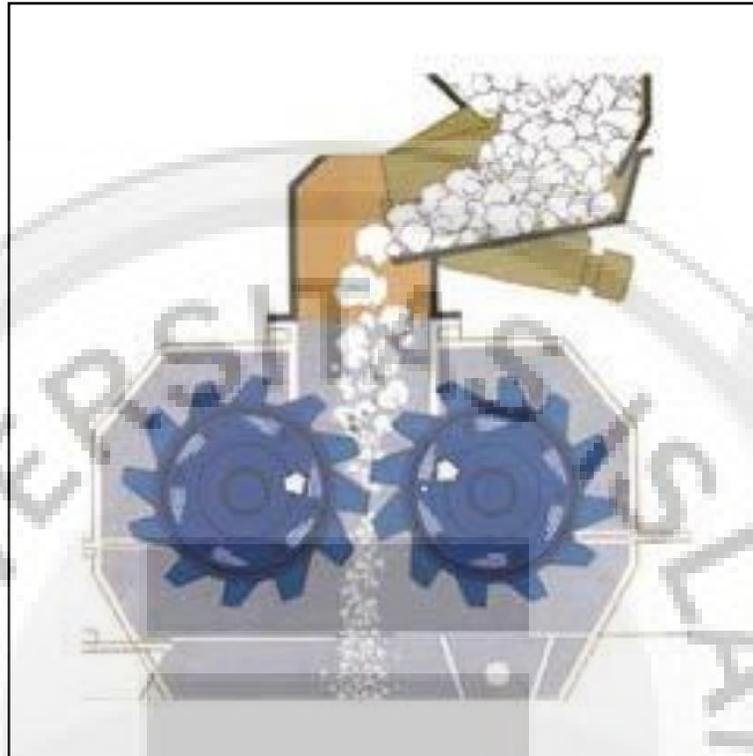
3.2.3 Alat Peremuk

Pada unit peremuk batubara jenis alat peremuk yang biasa digunakan antara lain : *Rotary Breaker, Roll Crusher, Hammer Mill* atau *Impact Breaker* (Mc.Nally, 1979).

1. *Rotary Breaker* adalah tabung yang dilengkapi dengan lubang-lubang dengan ukuran tertentu yang sekaligus berfungsi sebagai *screen*, digerakkan oleh suatu motor penggerak, biasanya mempunyai kecepatan rendah. Cara kerja *rotary breaker* adalah perputaran *rotary breker* itu memberikan efek benturan pada material yang berada di dalamnya (baik dengan dinding *rotary breaker*

maupun dengan material itu sendiri). Batubara yang telah hancur akan lolos pada lubang-lubang screen tersebut sedangkan batubara yang tidak lolos akan mengalami proses penghancuran kembali. Pengumpanan dilakukan dengan memasukkan material batubara dari satu sisi tabung.

2. *Roll Crusher/Roll Breaker* adalah *roll* (tabung) yang pada peremukannya memiliki gigi runcing (*pick breaker*). Cara kerjanya adalah kombinasi antara tekanan (*compression*) dan membelah (*shear*). *Sledging rolls* dapat berupa *single* atau *double roll crusher*. Tipe *roll crusher* ini terdiri dari *roll* (tabung) yang dilengkapi *pick breaker*, yang dihubungkan dengan *fly wheel* yang terhubung dengan mesin penggerak. *Roll crusher* mampu menangani umpan batubara hasil tambang dan mereduksinya sampai berukuran 2 inchi.
3. *Double roll crusher*, permukaan dari *roll* (tabung) berupa permukaan berpola/bertekstur (*pattern surface*) atau permukaan bergigi (*toothed*) untuk batubara. Alat ini terdiri dari dua buah silinder dan masing-masing dihubungkan pada as (poros) sendiri-sendiri (gambar 3.2).



Sumber : <http://www.aggdesigns.com/Jaw-Crusher-info.htm>

Gambar 3.2

Double Roll Crusher

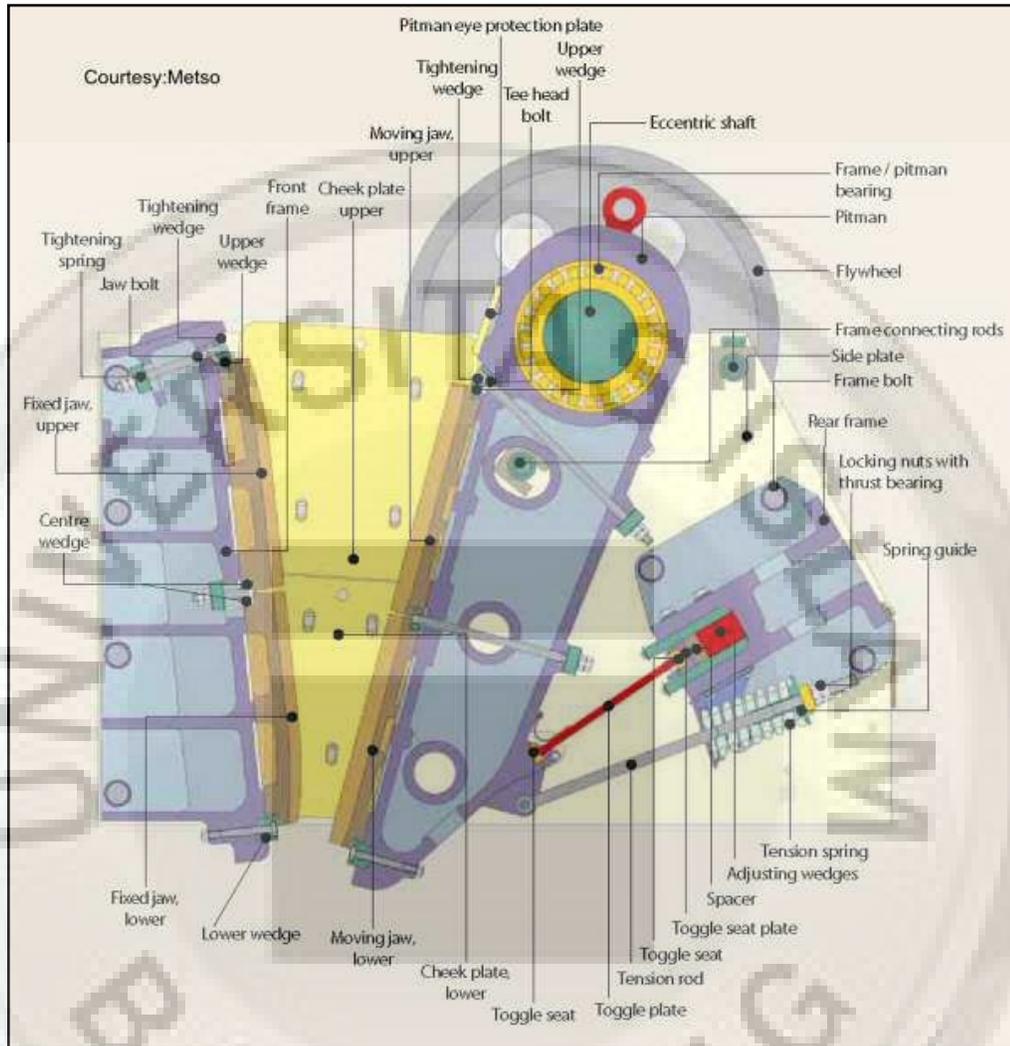
4. Jaw Crusher merupakan suatu mesin atau alat yang banyak digunakan dalam industri dibidang pertambangan, bahan bangunan, kimia, metalurgi dan sebagainya. Sangat cocok untuk penghancuran primer dan sekunder dari semua jenis mineral dan batuan dengan kekuatan tekan sekitar 320 MPa, seperti bijih besi, bijih tembaga, bijih emas, bijih mangan, batu kali, kerikil, granit, basalt, kuarsa, diabas , dan bahan galian lainnya.

Jaw crusher mempunyai keunggulan struktur sederhana, kinerja stabil, perawatan mudah, menghasilkan partikel akhir dan rasio penghancuran tinggi. Jadi jaw crusher merupakan salah satu mesin

penghancuran paling penting dalam lini produksi penghancuran batu. Secara umum mesin Crusher dapat digunakan untuk mengurangi ukuran atau mengubah bentuk bahan tambang sehingga dapat diolah lebih lanjut. Crusher sendiri merupakan alat yang digunakan dalam proses crushing. Sedangkan Crushing merupakan proses yang bertujuan untuk meliberasi mineral yang diinginkan dari mineral pengotornya.

Jaw Crusher banyak digunakan dalam pengerjaan konstruksi misalnya dalam pengerjaan jalan pembuatan beton, gedung, bendungan terutama rock fill dan filternya dan pengerjaan lainnya. Kadang kadang diperlukan syarat khusus untuk gradasi butiran pengisinya. Gradasi butiran-butiran tersebut sulit didapat dari alam tanpa pengerjaan apalagi secara besar-besaran.

Maka untuk mendapatkan butiran yang juga disebut agregat diperlukan proses pemecahan yang lebih lanjut, sehingga digunakan alat pemecah batu yang paling terkenal di dunia yaitu; Jaw Crusher yang sangat ideal dan sesuai untuk gradasi yang dapat digunakan, mendekati gradasi yang diinginkan oleh sebab itu dibutuhkan alat yang disebut Crusher.



Sumber : <http://www.aggdesigns.com/Jaw-Crusher-info.htm>

Gambar 3.3

Jaw Crusher

3.2 Ketersediaan Alat Peremuk

Ada beberapa pengertian yang dapat menunjukkan keadaan peralatan sesungguhnya dan efektifitas pengoperasiannya (Partanto, 1993), antara lain :

1. *Mechanical Availability (MA)*

Mechanical Availability adalah suatu cara untuk mengetahui kondisi peralatan yang sesungguhnya dari alat yang dipergunakan.

Persamaannya adalah :

$$MA = (W / (W+R)) \times 100\%$$

dimana :

W = Jumlah jam kerja, yaitu waktu yang di bebankan kepada suatu alat dalam kondisi yang dapat dioperasikan, artinya tidak rusak. Waktu ini meliputi pula tiap hambatan (*delay time*) yang ada.

R = Jumlah jam untuk perbaikan dan waktu yang hilang karena menunggu saat perbaikan termasuk juga waktu untuk penyediaan suku cadang serta waktu untuk perawatan preventif.

2. *Physical Availability* (PA)

Physical Availability adalah catatan ketersediaan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan.

Persamaannya adalah :

$$PA = ((W/S)/(W+R+S)) \times 100\%$$

dimana :

S = Jumlah jam suatu alat yang tidak dapat dipergunakan, akan tetapi alat tersebut tidak dalam keadaan rusak dan siap untuk dioperasikan.

3. *Use of Availability (UA)*

Angka *Use of Availability* biasanya dapat memperlihatkan seberapa efektif suatu alat yang sedang tidak rusak untuk dapat dimanfaatkan, hal ini dapat dijadikan suatu ukuran seberapa baik pengelolaan pemakaian peralatan.

Persamaannya adalah :

$$UA = ((W) / (W + S)) \times 100\%$$

4. *Effective Utilization (Eut)*

Effective Utilization merupakan cara untuk menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia yang dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif.

Persamaannya adalah :

$$Eut = ((W) / (W+R+S)) \times 100\%$$

3.3 Efektifitas Penggunaan Peralatan

Efektifitas alat peremuk berhubungan dengan produksi yang dihasilkan dari peralatan tersebut. Efektifitas digunakan untuk mengetahui sampai sejauh mana tingkat penggunaan dan kemampuan yang dicapai peralatan tersebut yaitu dengan membandingkan antara kapasitas yang dicapai saat ini dengan kapasitas desainnya dan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efektifitas pemakaian peralatan menggunakan persamaan :

$$EP = (\text{Kapasitas Nyata} / \text{Kapasitas Desain}) \times 100\%$$

3.4 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 yang mempengaruhinya.

Hambatan yang mempengaruhi efisiensi kerja dibedakan menjadi hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari. Dengan memperhitungkan hambatan-hambatan, maka jam kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$We = Wp - Wh$$

dimana :

We = Waktu kerja efektif, menit

Wp = Waktu untuk berproduksi / waktu yang tersedia, menit

Wh = Waktu-waktu hambatan, menit

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. Berikut tabel tinggi rendahnya efisiensi kerja (Tabel 3.1) :

Tabel 3.1
Tinggi Rendahnya Efisiensi Kerja

Klasifikasi	Efisiensi
Baik sekali	83 %
Cukup	75 %
Sedang	65 %

Sumber : Partanto, P. *Pemindahan Tanah Mekanis*, 1993

Sedangkan untuk menghitung efisiensi kerja digunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{W_e}{W_p} \times 100 \%$$

Dimana :

E = Efisiensi kerja, %

W_e = Waktu kerja efektif, menit

W_p = Waktu kerja produktif, menit

3.5 Biaya Produksi

Pemilihan suatu alat bukan didasarkan atas besarnya produksi atau kapasitas alat tersebut, tetapi didasarkan atas biaya termurah untuk tiap per ton nya. Oleh karena itu harus pula diketahui bagaimana caranya memperkirakan biaya produksi per ton suatu alat mekanis yang digunakan. Biaya untuk alat

berat dapat dihitung dengan perkiraan-perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut meliputi *owning cost* (biaya kepemilikan) dan *operating cost* (biaya operasi). Jika alat tersebut disewa maka kita hanya menghitung biaya operasional dan biaya sewa.

3.5.1 Biaya Kepemilikan

Biaya kepemilikan adalah biaya kepemilikan alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri. Biaya ini harus diperhitungkan karena alat semakin lama akan bekurang hasil produksinya, bahkan pada waktu tertentu alat sudah tidak dapat berproduksi lagi.

3.8.1.1 Penyusutan (Depresiasi)

Penyusutan atau depresiasi adalah harga modal yang hilang pada suatu peralatan yang disebabkan oleh umur pemakaian. Untuk menghitung besarnya biaya penyusutan perlu diketahui terlebih dahulu umur kegunaan dari alat yang bersangkutan dan nilai sisa alat pada batas akhir umur kegunaannya. Terdapat banyak cara yang digunakan untuk menentukan biaya penyusutan. Salah satu metode yang digunakan adalah depresiasi garis lurus (*straight line depreciation*). *Straight line depreciation* yaitu turunya nilai modal dilakukan dengan pengurangan nilai penyusutan yang sama besarnya sepanjang umur kegunaan alat tersebut, sebagai berikut :

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Harga Alat (Rp)} - \text{Harga Sisa (Rp)}}{\text{Umur Alat (jam)}}$$

3.8.1.2 Bunga Modal, Pajak, Asuransi, dan Sewa Gedung

Bunga modal tidak hanya berlaku bagi peralatan yang dibeli dengan sistem kredit, tetapi juga dari uang sendiri yang dianggap sebagai pinjaman. Jangka waktu peminjaman jarang yang lebih dari 2 (dua) tahun pada saat ini. Besar kecilnya nilai asuransi tergantung pada baru tidaknya peralatan, kondisi medan kerja, dan tipe pekerjaan yang ditangani. Biasanya diambil 10 % (bunga 6 %, pajak 2 % dan asuransi serta ongkos sewa gedung 2 % dari penanaman modal tahunan.

$$P = \frac{P(n+1) + S(n-1)}{2n}$$

Dimana :

P = Biaya rata-rata yang dikeluarkan per-tahun, Rupiah (Rp)

P = Harga beli alat, Rupiah (Rp)

S = *Salvage value* (nilai sisa), Rupiah (Rp)

n = Umur ekonomis alat, jam

3.5.2 Biaya Operasi Peralatan

Biaya operasi peralatan adalah biaya yang dikeluarkan hanya apabila alat tersebut dioperasikan. Biaya ini terdiri atas biaya bahan bakar, bahan pelumas, saringan (*filter*), ban, perbaikan (*reparasi*), dan gaji operator.

3.8.2.1 Biaya Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar dan pelumas per jam berbeda untuk setiap alat atau merk dari mesin. Data-data ini biasanya dapat diperoleh dari pabrik produsen alat atau dealer alat yang bersangkutan atau dari data lapangan. Pemakaian bahan bakar dan pelumas per jam akan bertambah bila mesin bekerja berat dan berkurang bila bekerja ringan. Biaya bahan bakar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Biaya bahan bakar} = \text{Keb. Bhn. Bakar per Jam} \times \text{Harga BBM per Liter}$$

3.8.2.2 Biaya Bahan Pelumas dan Filter

Untuk kebutuhan bahan-bahan tersebut, seperti pada kebutuhan bahan bakar, masing-masing alat besar dalam kebutuhan per jam berbeda sesuai dengan kondisi pekerjaan, bahan pelumas terdiri atas oli mesin, oli transmisi, oli hidrolis, oli final drive, dan grease.

$$\text{Biaya pelumas} = \text{Keb Pelumas} \times \text{Harga Pelumas per liter}$$

Banyaknya pemakaian minyak pelumas itu dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$q = \frac{\text{HP} \times 0,6 \times 0,003 \text{ kg/HP.jam}}{0,89 \text{ kg/liter}} + \frac{C}{t}$$

Dimana :

q = Jumlah minyak pelumas yang dipakai, liter/jam.

HP = Kekuatan mesin, HP.

C = Kapasitas “*crankcase*”, liter.

t = Jumlah jam penggantian minyak pelumas, jam.

Sedangkan biaya *filter* biasanya diambil 50% dari jumlah biaya pelumas di luar bahan bakar atau dalam rumus hitungan :

$$\text{Biaya Filter per Jam} = \frac{\text{Jumlah Filter} \times \text{Harga Filter}}{\text{Lama Penggantian (Jam)}}$$

3.8.2.4 Biaya Perbaikan

Biaya perbaikan ini merupakan biaya perbaikan dan perawatan alat sesuai dengan kondisi operasinya. Makin keras alat bekerja per jam makin besar pula biaya operasinya. Biaya perbaikan (reparasi) alat dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Biaya Perbaikan} = \frac{\text{Faktor Perbaikan} \times (\text{Harga Mesin} - \text{Harga Baru})}{\text{Umur Kegunaan Alat (Jam)}}$$

3.8.2.5 Gaji Operator

Gaji operator merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk seseorang yang menjalankan alat berat. Gaji operator alat berat biasanya akan disesuaikan dengan tingkat kecakapan dari operator tersebut.