

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Batugamping Kristalin

Batugamping adalah batuan sedimen yang memiliki komposisi Produk utama dari kalsit dengan rumus kimia CaCO_3 . Teksturnya bervariasi antara rapat, afanitis, berbutir kasar, kristalin. Batu gamping dapat terbentuk baik karena hasil dari proses organik atau proses anorganik.

Batugamping kristalin adalah batuan yang terbentuk secara insitu, artinya batuan ini terbentuk tanpa mengalami yang namanya transportasi dan tempat terbentuknya di laut dan pinggir pantai. Batuan ini terbentuk dari kerangka kalsit yang mengalami proses pengendapan dan litifikasi yang direkatkan oleh *silt* atau *slay* sehingga batumannya memberikan kesan yang tersusun oleh kristal. Proses pembentukan batugamping kristalin terjadi pada saat diagenesis *neomorphisme* yang merupakan proses perubahan (rekristalisasi) dari komponen karbonat yang telah ada.

Batugamping memiliki banyak kegunaan salah satunya adalah sebagai bahan baku pembuatan bata ringan, industri kaca, bahan baku keramik, bahan baku semen, peleburan dan pemurnian baja, dan lain sebagainya



Gambar 3.1 Batugamping kristalin

3.2 Kominusi

Comminution atau peremukan adalah langkah pertama yang bisa dilakukan dalam operasi pengolahan bahan galian yang bertujuan untuk memecahkan bongkah-bongkah besar menjadi fragmen yang lebih kecil.

Menurut Hukkie (1962) tahapan dasar dari reduksi ukuran butir batuan adalah seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Reduksi Ukuran Butir Batuan (Hukkie, 1962)

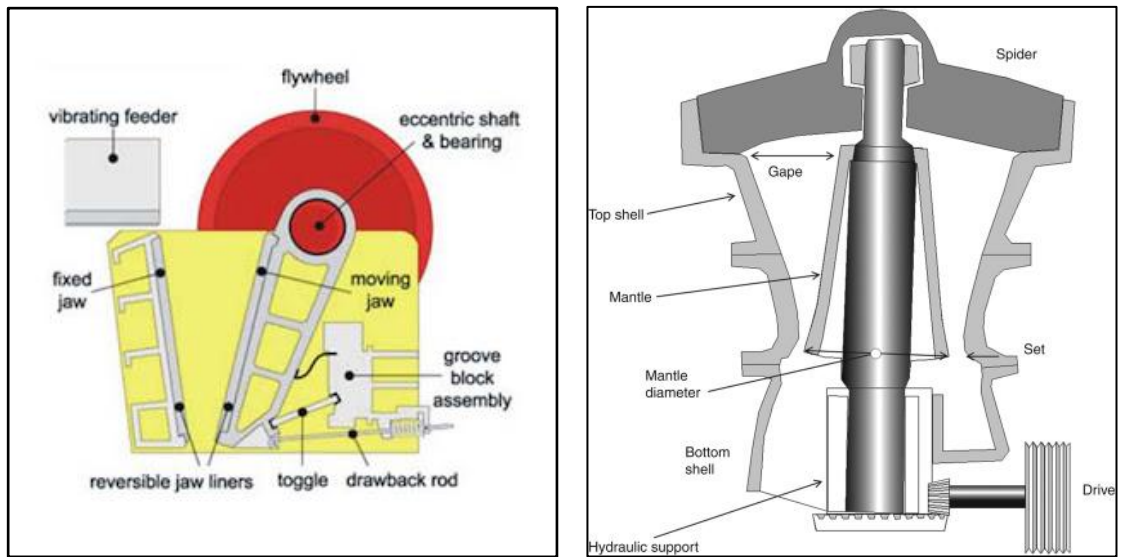
Tahapan Ukuran Butiran	Ukuran Terbesar	Ukuran Terkecil
Hasil Peledakan	Tak Terbatas	1 m
Peremukan Primer	1 m	100 mm
Peremukan Sekunder	100 mm	10 mm
<i>Grinding</i> Kasar	100 mm	1 mm
<i>Grinding</i> Halus	1 mm	100 μ
<i>Grinding</i> Sangat Halus	100 μ	10 μ
<i>Grinding</i> Ultra Halus	10 μ	1 μ

3.2.1 *Crushing*

Crushing adalah proses reduksi atau pengecilan ukuran dari bahan galian atau bijih yang langsung dari tambang dan berukuran besar menjadi ukuran yang lebih kecil. Dalam memperkecil ukuran pada umumnya dilakukan dengan 3 tahap, yaitu :

1. *Primary Crushing*

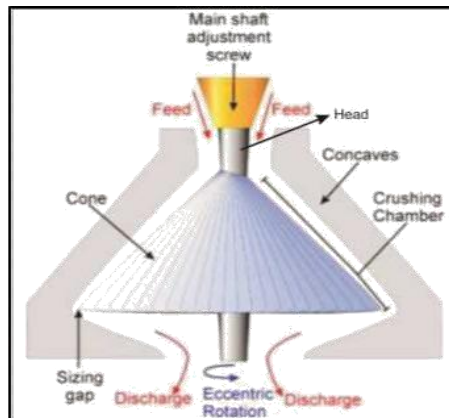
Merupakan peremukan tahap pertama, alat peremuk yang biasanya digunakan pada tahap ini adalah *jaw crusher* dan *gyratory crusher*. Umpan yang digunakan biasanya berasal dari hasil peledakan dengan ukuran yang bisa diterima < 100 cm, dengan ukuran seting antara 180 mm – 200 mm untuk *jaw crusher*. Ukuran terbesar dari produk peremukan tahap pertama biasanya kurang dari 200 mm.



Gambar 3.2 Alat *primary crushing* kiri-jaw crusher, kanan-gyratory crusher (Product Processing Technology, 2017)

2. Secondary Crushing

Merupakan peremukan tahap kedua, alat peremuk yang digunakan adalah *Cone Crusher*. Umpan yang digunakan berkisar 180 mm–200 mm. Produk terbesar yang dihasilkan adalah 200 mm (64, 5%), *Manufactured sand* ukuran 0.5-5 mm (26,8%) dan 5-14 mm (8.7%).



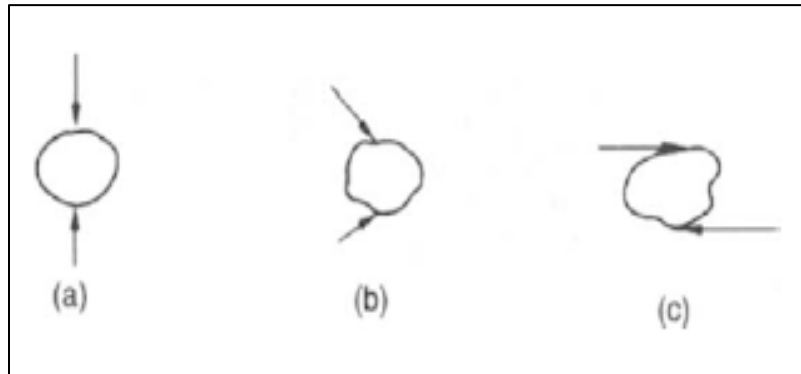
Gambar 3.3 *Cone Crusher* (www.engineeringintro.com, 2013)

3. Tertiary Crushing

Merupakan peremukan tahap lanjut dari *secondary crushing*, alat yang digunakan adalah *cone crusher*. Umpan yang biasanya digunakan adalah material yang tidak lolos diayak

3.2.2 Grinding

Grinding bertujuan untuk mereduksi ukuran partikel hingga lebih kecil daripada 25 mm setelah partikel melewati tahap *crushing* (peremukan).



Gambar 3.4 Mekanisme pecahnya partikel (B. A. Wills, .1982)

Keterangan:

a. *Impact or compression*

Energi yang diberikan pada permukaan partikel sangat cukup sehingga membuat partikel remuk dengan distribusi ukuran yang lebar.

b. *Chipping*

Chipping disebabkan pemberian tekanan dengan arah yang miring.

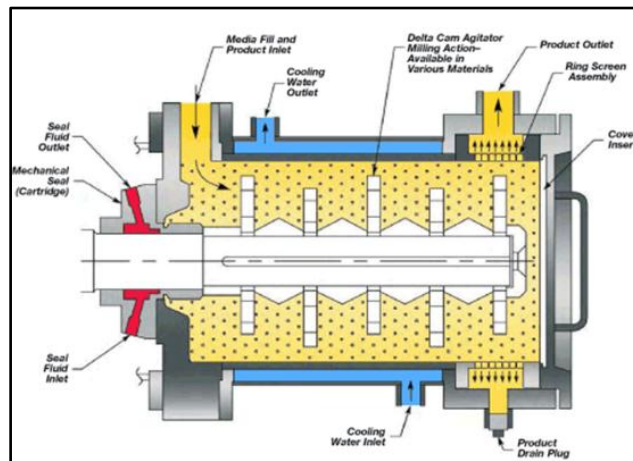
c. *Abrasion*

Berdasarkan pada media gerusnya, *grinding media*, alat penggerus dapat dibedakan:

1. *Ball Mill*

Menggunakan media gerus berbentuk bola yang terbuat dari baja. Diameter media gerus bervariasi mulai dari 25 sampai 150 sentimeter. Panjang *mill*, L dan diameternya, D relatif sama, $L = D$. Berdasarkan cara pengeluaran produknya, atau *discharge*, *ball mill* dibedakan menjadi *overflow mill* dan *grate discharge mill*. Pada *overflow mill*, produk hasil penggerusan keluar dengan sendirinya pada ujung satunya, ujung pengeluaran. Sedangkan pada *grate discharge mill*, produk keluar melalui saringan yang dipasang pada ujung pengeluaran. Produk dapat keluar dengan bebas, permukaan dalam *mill* rendah, lebih rendah dari *overflow*. Hal ini dapat menghindari terjadinya *overgrinding*.

Air yang digunakan pada *ball mill* akan membentuk kekentalan tertentu, sehingga *pulp* dapat melekat dan meyelimuti bola dan liner. *Pulp* harus relatif encer agar *pulp* dapat bergerak dengan leluasa di dalam *mill*. *Ball mill* biasanya beroperasi dengan 70 – 80 persen *solid*.



Gambar 3.5 *Ball mill* (B. A. Wills, .1982)

2. *Rod Mill*

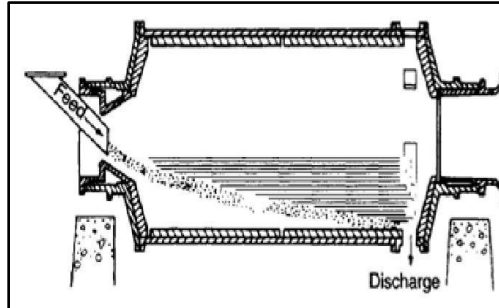
Menggunakan media gerus berbentuk batang silinder yang panjangnya hampir sama dengan panjang *mill*. Media gerus biasanya terbuat dari baja dan disusun sejajar dalam *mill*. Dimensi Panjang, L jauh lebih besar daripada diameter, D , $L > D$, biasanya panjang *mill* 1,5 sampai 2,5 kali diameternya.

Rod mill diklasifikasikan berdasarkan cara mengeluarkan produknya.

- a. *Overflow mill*, umpan masuk dari salah satu ujung *mill*, dan keluar dari ujung lainnya secara *overflow*. *Overflow mill* paling banyak digunakan pada penggerusan cara basah.
- b. *Centre peripheral discharge mill*, umpan masuk pada kedua ujung *mill*, dan produk keluar dari bagian tengah *shell*. Penggerusan dapat dengan cara basah maupun cara kering. *Mill* ini menghasilkan produk yang relatif
- c. kasar.
- d. *End peripheral discharge mill*, umpan masuk pada salah satu ujung *mill*, dan produk keluar dari ujung yang lainnya melalui *shell*. *Mill* ini biasanya digunakan untuk penggerusan cara kering.

Pada cara basah air berfungsi sebagai alat transportasi untuk membawa bijih yang sudah berukuran halus ke tempat yang sesuai dengan ukurannya. Bijih yang

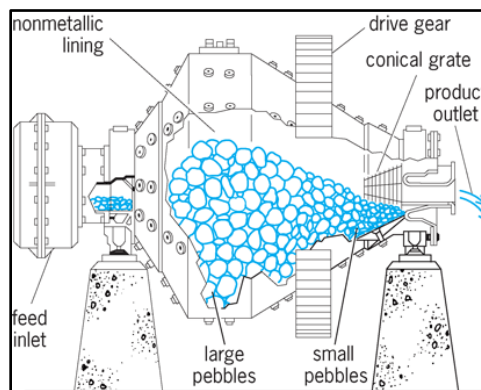
sudah halus akan terdorong air ke arah pengeluaran. *Rod mill* umumnya beroperasi dengan 30 – 35 persen *solid*.



Gambar 3.6 *Rod Mill* (B. A. Wills, .1982)

3. *Pebble Mill*

Media gerus menggunakan batuan yang sangat keras. *Mill* ini memiliki Dimensi panjang *mill*, L relatif sama dengan diameter *mill*, $L = D$



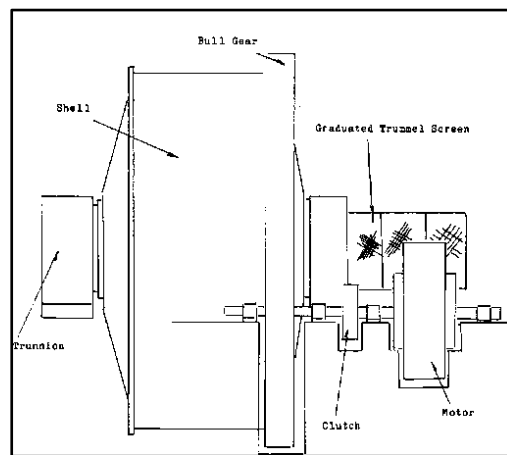
Gambar 3.7 *Pebble Mill* (B. A. Wills, .1982)

4. *Autogeneous Mill*

Media gerus menggunakan bijih itu sendiri. Dimensi panjang *mill*, L relatif lebih kecil daripada diameter *mill*nya, $L < D$. Pada *mill* ini bijih akan menggerus bijih. Penggerusan dilakukan terhadap bijih yang datang dari tambang atau bisa dari keluaran operasi peremukan tahap pertama. Penggerusan dapat dengan cara basah atau kering, dan mekanisme penggerusannya sama dengan *ball mill*.

Autogeneous Mill, dapat dilakukan dengan atau dalam *ball mill*, *cascade mill* atau *aerofall mill*. *Cascade mill* berupa *mill* yang memiliki diameter 3 sampai empat kali panjang *mill*. Sedangkan *aerofall* seperti *cascade*, namun pada liner dipasang sekat yang dapat membawa bijih ke tempat yang lebih tinggi.

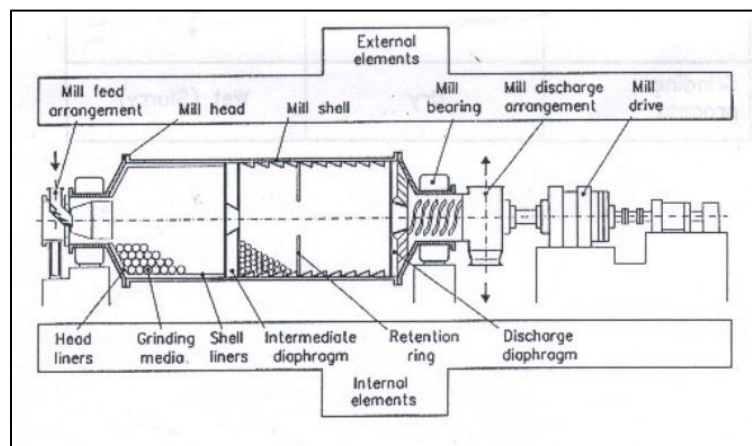
- a. *Autogeneous* seluruhnya, bijih dari tambang dapat masuk langsung ke dalam *mill*. Seluruh muatan *mill* adalah bijih dari tambang dan saling gerus.
- b. *Autogeneous* sebagian, muatan *mill* berupa bongkah-bongkah besar bijih dicampur dengan bijih yang telah diremuk dengan alat lain. Pada *mill* ini bongkah-bongkah besar bertindak sebagai media gerus.
- c. *Semi Autogeneous*, bijih dari tambang dicampur dengan media gerus, bola baja pejal. Jadi isi *mill* adalah bijih dari tambang langsung masuk *mill* dan tercampur dengan media gerus yang sudah ada dalam *mill*.



Gambar 3.8 *Autogeneous Mill* (B. A. Wills, .1982)

5. *Tube Mill*

media gerus menggunakan bola baja. Dimensi panjang *mill*, L biasanya jauh lebih besar dari diameternya, $L > D$. *Mill* terbagi dalam beberapa kompartemen. Bisa dua, tiga atau bahkan bisa empat kompartemen.



Gambar 3.9 *Tube Mill* (B. A. Wills, .1982)

3.3 Alat-alat *Crushing Plant* di PT. Cicitih Putra Sukabumi

3.3.1 *Jaw Crusher*

Jaw crusher adalah alat peremuk tingkat pertama (*primary crusher*) yang kegiatannya saling terkait dari beberapa peralatan, sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan yang dikehendaki. Pada prinsipnya *jaw crusher* terdiri dari dua buah bidang peremuk *crusher face* yang berbentuk rahang (*jaw*) yang umumnya terbuat dari plat baja berhadap-hadapan membentuk sudut kecil dibagian bawah, salah satu diantaranya *static* tetap bertahap pada kerangka yang disebut *fixed jaw*, sedangkan yang satu lagi dapat mendekat dan mejauh terhadap *fixed jaw* yang disebut *swing jaw*.



Gambar 3.10 *jaw crusher*

A. Bagian-Bagian dari *Jaw Crusher*

1. *Hopper* adalah alat pelengkap pada rangkaian unit peremuk yang berfungsi sebagai tempat penerima material umpan yang berasal dari lokasi penambangan sebelum material tersebut masuk ke dalam alat peremuk.



Gambar 3.11 *Hopper*

2. *Feeder* berfungsi sebagai pengumpan material untuk mesin *jaw crusher*.



Gambar 3.12 *Feeder*

3. Roda gila (*fly wheel*) berfungsi menyerap fluktuasi gaya tekan pemecah batu dan mengurangi getaran alat. Salah satu roda gila berfungsi juga sebagai *pulley* yang menerima daya penggerak dari sebuah motor listrik melalui *v-belt*.



Gambar 3.13 *Fly Wheel*

4. Poros eksentris (*Eccentric Shaft*) berfungsi menggerakkan (mengayun atau *swing*) *moving jaw* ke depan dan ke belakang.



Gambar 3.14 *Eccentric Shaft*

5. *Mouth*, bagian dari *jaw crusher* yang berfungsi sebagai tempat penerima umpan sebelum diremukan oleh *fix jaw* dan *swing jaw*.



Gambar 3.15 *Mouth*

6. *Fix Jaw*, bagian dari *jaw crusher* yang tidak bergerak atau diam.



Gambar 3.16 *Fix Jaw*

7. *Swing Jaw*, bagian dari *jaw crusher* yang dapat bergerak akibat gerakan dorongan *toggle*.



Gambar 3.17 *Swing Jaw*

8. *Toggle*, yaitu bagian dari alat peremuk yang sesuai berfungsi untuk merubah gerakan naik turun menjadi gerakan horizontal atau maju mundur.



Gambar 3.18 *Toggle*

9. *Throat*, bagian dari bagian bawah yang berfungsi sebagai lubang pengeluaran umpan.



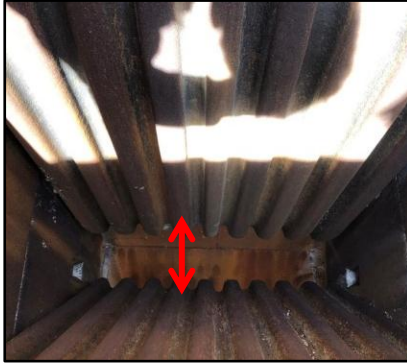
Gambar 3.19 *Throat*

10. *Setting blok*, yaitu bagian untuk mengatur agar lubang bukaan ukurannya sesuai dengan yang dikehendaki, bila *setting block* dimajukan maka jarak *fixed jaw* dan *swing jaw* menjadi lebih pendek atau lebih dekat, begitu pula sebaliknya.



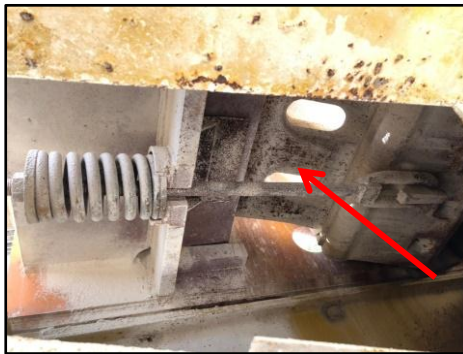
Gambar 3.20 *Setting Blok*

11. *Closed Setting*, jarak antara *fixed jaw* dengan *swing jaw* dengan *closed setting*.



Gambar 3.21 *Closed setting*

12. *Tension* dan *Spring Rod* berfungsi mengatur gerakan maju mundur dari *swing jaw*.



Gambar 3.22 *Tension dan Spring Rod*

13. *V-Belt* berfungsi menghubungkan motor penggerak dengan salah satu roda gila untuk menggerakkan poros eksentris.



Gambar 3.23 *V-Belt*

14. Motor penggerak berfungsi sebagai motor penggerak untuk mesin *jaw crusher*



Gambar 3.24 Motor Penggerak

B. Cara Kerja *Jaw Crusher*

Cara kerja *jaw crusher* adalah batuan dimasukkan melalui *feed opening* bagian *swing jaw* yang bergerak (*jaw plate*) ke depan ataupun ke belakang yang naik turun, akibat dari *eccentric shaft* yang digerakan oleh *fly wheel*, yang sumber pergerakannya adalah motor listrik, batu dihancurkan oleh kedua buah rahang *jaw crusher* karena gerakan *swing jaw*. Batu yang telah hancur melalui *discharger opening* akan dikeluarkan melalui *throat* yang berfungsi sebagai lubang pengeluaran. *Discharger opening* dapat diatur dengan menyetel baut *adjustment*, hasil ukuran batu yang pecah tergantung dari *jaw crusher* atau *discharger opening* tanpa menyebabkannya batu keluar pada waktu dipecahkan, tentu hal ini juga tergantung dari kekerasan batuan yang dipecah.

C. Mekanisme Pecahnya Batuan

Batuan pada proses peremukan pecahnya batuan disebabkan karena kuat tekan material batuan lebih kecil dari kuat tekan yang ditimbulkan oleh alat peremuk rahang, sudut singgung antara material (*nip angle*) dan resultan gaya akhir. Adapun gaya yang bekerja pada alat peremuk adalah :

- a. Gaya tekan merupakan gaya yang dihasilkan oleh gerakan *swing jaw* yang bergerak menekan batuan.
- b. Gaya gesek merupakan gaya yang bekerja pada permukaan antara *fixed jaw* maupun *swing jaw* dengan material batuan.

- c. Gaya gravitasi merupakan gaya yang bekerja pada batuan sehingga mempengaruhi arah gerak material ke bawah (gravitasi).
 - d. Gaya menahan merupakan gaya tahan yang dimiliki batuan atas gaya yang timbul akibat gerakan *swing jaw* terhadap *fixed jaw*.
- D. Faktor-faktor yang mempengaruhi peremukan batuan oleh alat peremuk rahang *jaw crusher* antara lain :
- a. Kuat tekan batuan dipengaruhi oleh kerapuhan (*brittleness*) dari produknya.
 - b. Lebar dari lubang pengeluaran atau *setting*, besar kecilnya *setting* alat peremuk dapat di atur dengan mengatur *toggle*. Dilakukan dengan mengencangkan atau mengendurkan pada *setting block* sampai didapat lebar *setting* yang diinginkan.
 - c. Variasi dari *throw*, untuk *jaw crusher* kecil selisih antara *open* dengan *closed setting* 3-8 inchi, sedangkan *jaw crusher* besar selisinya sebesar 1 inchi.
 - d. Ukuran *feed*, ukuran *feed* tergantung pada *gape*, *nip angle* dan dengan pertimbangan bahwa besar *feed* kurang dari 80% *gape*.
 - e. Kapasitas produk adalah perbandingan antara ukuran *feed* dengan ukuran produk. Menurut (currie 1973) *reduction* yang baik untuk *primary crushing* adalah 4 – 7 sedangkan untuk *secondary crushing* adalah 14 – 20 dan *fine crushing* 50 – 100.

3.3.2 Ayakan (Screen)

Ayakan dinamis dengan permukaan horizontal dan miring digerakan pada frekuensi 1000 sampai 7000 Hz, ayakan jenis ini mempunyai kapasitas tinggi, dengan efisiensi pemisah yang baik, yang digunakan untuk *range* yang luas dari ukuran partikel.

Vibrating screen bisa disebut juga sebagai (ayakan getar) umumnya bekerja untuk memisahkan padatan yang terkandung dalam minyak kasar (*dirt*

crude oil) dengan cara diayak digetar pada media saringan dengan ukuran *mesh* tertentu sesuai dengan kebutuhan.

A. Bagian-bagian *Vibrating screen*

1. *Screen Box*, merupakan bagian dari *vibrating screen* yang berfungsi sebagai tempat menempelnya *deck* dan *wiremesh*.



Gambar 3.25 *Screen Box*

2. *Support Base Frame*, merupakan kerangka dari *vibrating screen* yang berfungsi untuk menyangga *vibrating screen*.



Gambar 3.26 *Support Base Frame*

3. *Pully Cover* merupakan bagian yang berfungsi untuk melindungi *head pulley*.



Gambar 3.27 *Pully Cover*

4. *Vibrator* berfungsi untuk menggetarkan *vibrating screen*.



Gambar 3.28 *Vibrator*

5. *V-Belt*, berfungsi untuk menghubungkan *vibrator* dengan motor penggerak.



Gambar 3.29 *V-Belt*

6. *Head pulley*, merupakan bagian inti yang tersambung dengan *vibrator* untuk menggerakkan *vibrator screen*.



Gambar 3.30 *Head pulley*

7. *Deck* berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan *wiremesh screen* ayakan batu.



Gambar 3.31 *Deck*

8. *Wiremesh*, merupakan ayakan yang berfungsi untuk memisahkan material sesuai dengan ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.32 *Wiremesh*

9. *Chute*, bagian yang berfungsi sebagai tempat keluarnya material yang telah dipisahkan ayakan.



Gambar 3.33 *Chute*

10. Motor Penggerak, berfungsi untuk menggerakkan *vibrator* dan *head pulley*.



Gambar 3.34 Motor Penggerak

11. Motor *Support Frame* berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan motor penggerak.



Gambar 3.35 Motor *Support Frame*

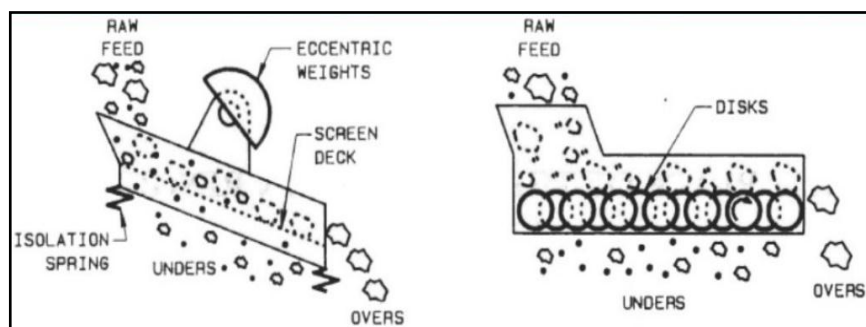
12. Pir pegas, berfungsi untuk membuat gerakan gaya vertikal pada *vibrating screen*.



Gambar 3.36 Pir Pegas

B. Prinsip Kerja *Vibrating screen*

Pada dasarnya prinsip kerja *vibrating screen* adalah proses pengayakan dengan cara menggetarkan. *Screen* yang sering kita sebut pengayakan dan *vibrating* yaitu menggetarkan. *Vibrating screen* secara bentuknya ada yang berbentuk lingkaran dan bentuk persegi, namun secara umum bentuk lingkaran lebih sering dipakai karena lebih banyak dipasaran. *Vibrating screen* disarankan 2 tingkat penyaringan dengan ukuran 30 *mesh* dibagian atas dan 40 *mesh* dibagian bawah. Dengan ukuran yang demikian akan memudahkan penyaringan. Prinsip kerja *vibrating screen* dapat dilihat pada gambar 3.37 dibawah ini.



Gambar 3.37 Cara kerja *Vibrating screen* (Cema, 2007)

C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Material untuk Lolos dari Lubang Ayakan

1. Ukuran bukaan ayakan

Semakin besar diameter lubang bukaan, semakin banyak material yang lolos.

2. Ukuran Partikel

Material yang mempunyai diameter sama akan memiliki kecepatan dan kesempatan masuk yang berbeda bila posisinya berbeda, yaitu satu melintang dan satu membujur.

3. Pantulan dari material

Pada waktu material jatuh ke *screen* maka material akan membentur kisi-kisi *screen* sehingga akan terpental ke atas dan jatuh pada posisi yang tidak teratur.

4. Kandungan Air

Semakin kecil kandungan air pada material maka material tersebut akan semakin mudah lolos.

3.3.3 Ban Berjalan (*Belt conveyor*)

Conveyor adalah suatu alat yang digunakan untuk mengangkut atau memindahkan material, baik material curah (*bulk material*) maupun material satuan (*unit good*), dari suatu tempat ke tempat lain secara terus menerus, sedangkan *belt conveyor* adalah *conveyor* yang menggunakan sabuk (*belt*) sebagai elemen pembawa material yang diangkut baik secara mendatar atau miring yang dapat bekerja secara berkesinambungan (*continuous transportation*). *Belt conveyor* dapat dipergunakan untuk mengangkut material baik yang berupa *unit load* atau *bulk material* menuju lokasi tujuan selanjutnya.

A. Bagian-Bagian *Belt conveyor*

1. *Belt* berfungsi untuk membawa material yang diangkut dari satu ujung suatu konstruksi *belt conveyor* ke ujung lainnya.



Gambar 3.38 *Belt*

2. *Idler* berfungsi untuk menahan atau menyangga *belt*. Menurut letak dan fungsinya maka *idler* dibagi menjadi :
 - a. *Idler* atas yang digunakan untuk menahan *belt* yang bermuatan.
 - b. *Idler* penahan yaitu *idler* yang ditempatkan ditempat pemuatan.
 - c. *Idler* penengah yaitu yang dipakai untuk menjajaki agar *belt* tidak bergeser dari jalur yang seharusnya.

- d. *Idler* bawah *Idler* balik yaitu yang berguna untuk menahan *belt* kosong.



Gambar 3.39 *Idler*

3. *Centering device* berfungsi untuk mencegah agar *belt* tidak meleket dari *roller* nya.



Gambar 3.40 *Centering device*

4. Unit Penggerak (*drive units*), pada *Belt conveyor* tenaga gerak dipindahkan ke *belt* oleh adanya gesekan antara *belt* dengan “*pulley*” penggerak (*drive pulley*), karena *belt* melekat disekeliling *pulley* yang diputar oleh motor.

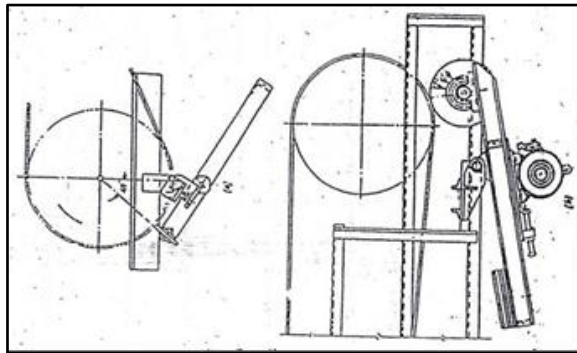


Gambar 3.41 Unit penggerak

5. *Bending the belt*

Alat yang dipergunakan untuk melengkungkan *belt* adalah :

- a. *Pully* terakhir atau pertengahan
 - b. Susunan *roller-roller*
 - c. Beban dan adanya sifat kelenturan *belt*.
6. *Trippers*, adalah alat yang berfungsi sebagai penempatan muatan yang ditumpahkan pada suatu tempat tertentu.
7. Pembersih *Belt* (*Belt-cleaner*), biasanya diletakkan pada bagian ujung bawah *belt* supaya material tidak kembali melekat pada *belt*.



Gambar 3.42 *Belt Cleaner* (Kadir Effendi,2008)

8. *Skirt*, atau dikenal dengan sekat atau pembatas yang dipasang pada bagian kiri dan kanan *belt* pada tempat pemuatan. Sekat ini biasanya terbuat dari logam maupun kayu sehingga dapat dipasang tegak atau miring, kegunaan dari sekat ini adalah untuk mencegah jatuhnya produk yang diangkut.



Gambar 3.43 *Skirt*

9. *Holdback*, adalah suatu alat untuk mencegah agar *belt conveyor* yang membawa muatan keatas tidak berputar kembali kebawah jika tenaga gerak tiba-tiba rusak atau dihentikan.



Gambar 3.44 *Holdback*

10. Kerangka (*frame*), adalah konstruksi baja yang menyangga seluruh susunan *belt conveyor* dan harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga jalannya *belt* yang berada di atasnya tidak terganggu.



Gambar 3.45 *Frame*

11. Motor penggerak, Biasanya dipergunakan motor listrik untuk menggerakkan *drive pulley*. Tenaga (HP) dari motor harus disesuaikan dengan keperluan, yaitu :
- Menggerakkan *belt* kosong dan mengatasi gesekan-gesekan antara *idler* dengan komponen lain.
 - Menggerakkan muatan secara mendatar.
 - Mengangkut muatan secara tegak (*vertical*).

- d. Menggerakkan *tripper* dan perlengkapan lain.
- e. Memberikan percepatan pada *belt* yang bermuatan bila sewaktu-waktu diperlukan.



Gambar 3.46 Motor Penggerak

B. Prinsip Kerja *Belt conveyor*

Prinsip kerja *belt conveyor* adalah mentransport material yang ada di atas *belt*, dimana umpan setelah sampai di *head* material ditumpahkan akibat *belt* berbalik arah. *Belt conveyor* digerakkan oleh *drive* atau *head pulley* dengan menggunakan motor penggerak. *Head pulley* menarik *belt* dengan prinsip adanya gesekan antara permukaan drum dengan *belt*, sehingga kapasitasnya tergantung gaya gesek tersebut.

3.4 Produktivitas *Vibrating Screen*

Untuk menghitung kapasitas teoritis *vibrating screen* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \text{Area} \times (A \times B \times C \times D \times E \times F) \quad (3.1)$$

(Denna Pramesti Romadhona Susanto, 2019)

Keterangan :

Q = Kapasitas teoritis screen (ton/jam)

Area = Luas Area *vibrating screen* (m²)

A = *Capacity in Tons Per Hour Passing*

B = *Estimate percentage of oversize in feed to screen*

C = *Slight inaccuracies are seldom objectionable in screening aggregate*

D = *Consider this factor carefully where sand or fine rock is present in feed*

E = *If material is dry, use factor 1.00. If there is water in material or if water is sprayed on screen, use proper factor given opposite*

F = *Factor Deck Position*

Efisiensi *vibrating screen* merupakan perbandingan antara material yang lolos lubang ayakan dengan material yang seharusnya lolos. Secara umum efisiensi ayakan tergantung pada lamanya umpan berada di atas ayakan, jumlah lubang bukaan yang terbuka, tebal lapisan umpan perimbangan ukuran material pada umpan (Telsmith.ltd).

$$\text{Eff} = \frac{a}{f} \times 100 \% \quad (3.2)$$

Keterangan :

Eff = Efisiensi *Screen* (%)

a = Berat produk yang lolos pada ayakan (ton/jam)

f = Berat produk yang seharusnya lolos pada ayakan (ton/jam)

3.5 Produktivitas *Belt Conveyor*

Untuk mengetahui Kapasitas dari suatu *belt conveyor* kita perlu mengetahui karakteristik material yang akan diangkut. Dalam hal ini material yang digunakan yaitu material curah (*bulk density*), maka hal – hal yang perlu untuk diamati lebih lanjut adalah:

1. Berat jenis curah (*bulk density*) yang dinyatakan dalam kg/m³ atau ton/m³.
2. Ukuran butir dan distribusi ukuran yang dinyatakan dalam mm atau dalam%
3. Kondisi material : basah atau kering, lengket, berdebu, dan lain lain.
4. Karakteristik material : keras, lunak, abrasif, sudut jatuh bebas (*angle of repose*), sudut tumpah (*angle of surcharge*) dan sifat mampu alir.
5. Temperatur.

Terdapat hubungan antara sifat mampu alir, karakteristik material, *angle of surcharge* dan *angle of repose*. Untuk jenis material yang berbeda maka sudut tumpah (*surcharge angle*) yang merupakan sudut antara bidang horizontal dengan permukaan material pada saat material tersebut diangkut dengan *belt conveyor*, juga berbeda. Begitu juga dengan sudut jatuh bebas (*angle of repose*) yang

merupakan sudut antara bidang horizontal dengan permukaan material pada tumpukan, jika material tersebut dijatuhkan secara bebas.

Untuk menentukan kapasitas suatu *belt conveyor* maka dapat digunakan rumus (*Bridgestone*) sebagai berikut :

$$Q_t = 3600 \times v \times A \times \gamma \quad (3.3)$$

Keterangan:

- Q_t : Kapasitas teoritis *belt conveyor* (ton/jam)
 v : Kecepatan *Belt* (m/detik)
 A : Luas Penampang
 γ : Berat Isi Batuan (ton/m³)

A. Kecepatan *Belt conveyor*

Kecepatan *belt conveyor* dapat dihitung berdasarkan waktu tempuh *belt* dari ujung alat hingga mencapai ujung lainnya dengan menggunakan *stopwatch*. Cara pengamatannya adalah dengan menandai sisi *belt* dengan selotip berwarna saat *belt conveyor* dalam posisi diam kecepatan *belt* meningkat sebanding dengan lebar *belt*. Rumus kecepatan adalah (A.S.Rahman, 2016) :

$$V = \frac{S}{t} \quad (3.4)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan (m/s)
 S = Jarak perpindahan *belt* (m)
 t = Waktu (s)

Kecepatan *belt conveyor* yang diizinkan bergantung pada karakteristik material yang diangkut dan lebar *belt*. Rekomendasi untuk kecepatan *belt* maksimum dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 3.2 Rekomendasi Kecepatan Maksimum *Belt Conveyor* Berdasarkan Material yang Diangkut dan Lebar *Belt* (Cema, 2007)

Material yang di Angkut	Kecepatan Maksimum(m/s)	Lebar Sabuk (mm)
Biji – bijian, aliran lancar, material tidak abrasif	2,5	450
	3,5	600-750
	4	900-1050

Material yang di Angkut	Kecepatan Maksimum(m/s)	Lebar Sabuk (mm)
	5	1200-2400
Batubara, tanah liat, bijih tambang, tanah penutup, batu pecah halus	2	450
	3	600-900
	4	1050-1500
	5	1800-2400
Berat, keras, sisinya tajam, batu pecah kasar	1,8	450
	2,5	600-900
	3	>900
Pasir cor yang sudah siapatau belum siap	1,8	Semua Ukuran
Pasir cor yang sudah siap dan material kering abrasif, keluar dari <i>belt conveyor</i> dengan <i>belt plow</i>	1	Semua Ukuran
Material tidak abrasif keluar dari <i>conveyor</i> dengan <i>belt plow</i>	1 Kecuali untuk cacahan kayu diizinkan 1,5- 2,0	Semua Ukuran
Sabuk pengumpan, untuk pengumpanan material ukuran kecil, tidak abrasif atau sedang, dari <i>hopper</i>	0,25-5	Semua Ukuran

B. Luas penampang

Luas penampang melintang adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Biasanya dihitung dari bagian atas jika muatannya yang disebut “busur”, dan bagian dasarnya disebut “trapesium”, perhitungan luas penampang dihitung dengan rumus, (*Bridgestone Conveyor Belt Handbook*, 2007), yaitu :

$$A = K \times (0,9B - 0,05)^2 \quad (3.5)$$

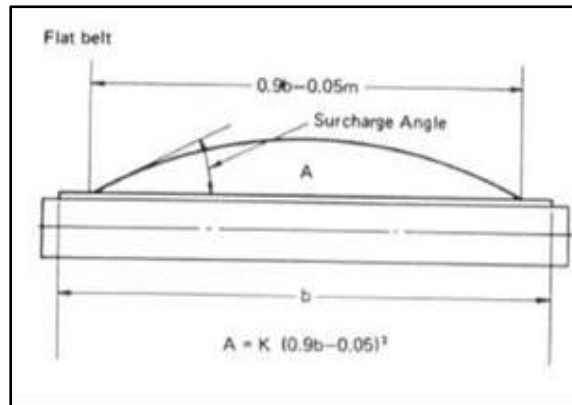
Keterangan:

A = Luas penampang (m²)

K = Koefisien *section area*

B = Lebar *belt* (m)

Nilai koefisien *section area* “K” didapat dari tabel 3.3 berikut memberikan nilai numerik sehubungan dengan pengaturan *belt* pembawa dan sudut kemiringan material.



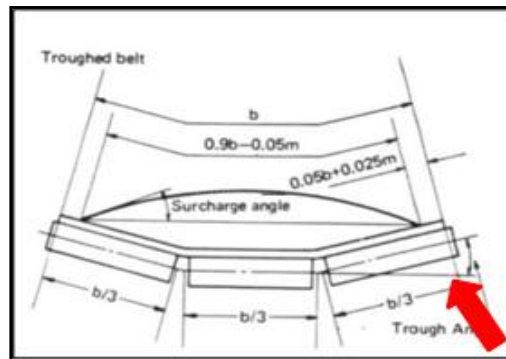
Gambar 3.47 *Cross Section Area* (Putri Elka Fadhillah, dkk,2017)

Tabel 3.3 Koefisien *Section Area* “K”

Tipe Bel	Sudut <i>Trough</i>	Sudut <i>Surcharge</i>		
		10°	20°	30°
<i>Flat</i>	0°	0,0295	0,0591	0,0906
<i>Idlerrolls trough</i>	10°	0,0649	0,0945	0,1253
	15°	0,0817	0,1106	0,1408
	20°	0,0963	0,1245	0,1538
	25°	0,1113	0,1381	0,1661
	30°	0,1232	0,1488	0,1754
	35°	0,1348	0,1588	0,1837
	40°	0,1426	0,1649	0,1882
	45°	0,1500	0,1704	0,1916
	50°	0,1538	0,1725	0,1919
	55°	0,1570	0,1736	0,1907
<i>5-Idlerrolls</i>	60°	0,1568	0,1716	0,1869
	30°	0,1128	0,1399	0,1681
	40°	0,1336	0,1585	0,1843
	50°	0,1495	0,1716	0,1946
	60°	0,1598	0,1790	0,1989
	70°	0,1648	0,1808	0,1945

Kemiringan sudut *idler* juga berpengaruh terhadap kapasitas angkut suatu *belt conveyor*, semakin besar sudut kemiringan *idler* maka akan semakin meningkatkan kapasitas angkut *belt conveyor*. Hal ini karena besarnya kemiringan sudut *idler* berpengaruh pada luas penampang material pada *belt conveyor*.

Perhitungan sudut *idler* dapat diketahui dengan cara sebagai berikut :



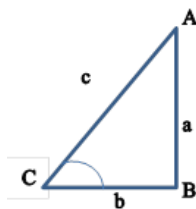
Gambar 3.48 Penampang Area *Belt conveyer* (Denna Pramesti Romadhona Susanto,2019)

1. Perhitungan ketinggian *Idler*

Untuk mencari ketinggian suatu *idler* dapat dicari dengan rumus pythagoras dibawah ini :

Rumus ketinggian *idler* :

$$AB = \sqrt{AC^2 - BC^2} \tag{3.6}$$



Keterangan :

AC = Kemiringan *idler*

BC = Lebar *idler*

2. Perhitungan sudut *idler*

Untuk mencari sudut kemiringan *idler* dapat diketahui dengan menggunakan rumus trigonometri dibawah ini :

$$\sin \alpha = \frac{\text{depan}}{\text{miring}} = \frac{b}{c} \tag{3.7}$$

Keterangan :

a = Depan

b = Samping

c = Miring

3.6 *Reduction Ratio*

Reduction Ratio merupakan perbandingan antara ukuran umpan dengan produk pada operasi pemecahan batuan. Nilai *reduction ratio* menentukan keberhasilan suatu proses peremuk, karena besar kecilnya nisbah reduksi ditentukan oleh kemampuan alat peremuk. Menurut Currie (1973), nilai *reduction ratio* yang baik pada proses peremuk untuk *primary crushing* adalah 4 – 7, untuk *secondary crushing* adalah 14 – 20 dan untuk *fine crushing* adalah 50 – 100. *Limiting Reduction Ratio*, *Working Reduction Ratio* dan *Apparent Reduction Ratio* digunakan dalam tahap desain sedangkan *Reduction Ratio* 80 dapat digunakan dalam tahap desain dan nyata. Ada 4 macam *reduction ratio*, yaitu :

1. *Limiting Reduction Ratio*

Limiting Reduction Ratio merupakan perbandingan antara tebal umpan terbesar (t_F) atau lebar umpan terbesar (w_F) dengan tebal produk terbesar (t_P) atau lebar produk terbesar (w_P). Besarnya nilai *limiting reduction ratio* dirumuskan :

$$RL = \frac{t_F}{t_P} = \frac{w_F}{w_P} \quad (3.8)$$

2. *Working Reduction Ratio*

Working Reduction Ratio adalah perbandingan antara tebal umpan (t_F) yang terbesar dengan *setting efective* (Se) peremuk. Nilai *working reduction ratio* dinyatakan dengan rumus :

$$RW = \frac{t_F}{Se} \quad (3.9)$$

3. *Apparent Reduction Ratio*

Apparent Reduction Ratio adalah perbandingan antara *effective gape* (G) dengan *setting efective* (Se) peremuk. Nilai *apparent reduction ratio* dinyatakan dengan rumus :

$$RA = \frac{0,85 G}{Se} \quad (3.10)$$

4. *Reduction Ratio* 80 (RR80)

Reduction Ratio 80 (RR80) adalah perbandingan antara lubang ayakan umpan (W_{80f}) dengan lubang ayakan produk (W_{80p}) pada komulatif 80%.

Besarnya *reduction ratio* dapat dihitung dengan rumus :

$$RR\ 80 = \frac{W80f}{W80p} \quad (3.11)$$

3.7 Perhitungan Produktivitas dengan Metode Uji *Belt Cut*

Metode lainnya dalam perhitungan produktivitas *belt conveyor* salah satunya ialah metode *belt cut*. Metode *belt cut* ini merupakan metode perhitungan produktivitas *belt conveyor* dengan cara pengambilan sampel material pada *belt conveyor* yang panjangnya sesuai dengan kebutuhan per pengambilan sampel. Semakin rapat pengambilan data maka hasilnya akan semakin baik. Perhitungan produktivitas dengan menggunakan *belt cut* dapat diketahui dengan cara sebagai berikut (A.S.Rahman, 2016) :

Dari data kecepatan *belt conveyor* maka perhitungan menggunakan rumus uji *belt cut* dapat dilakukan. Rumus uji *belt cut* yaitu :

$$Q = \left(\frac{w}{1000} \right) (V \times L \times 3600) (tojam) \quad (3.12)$$

Keterangan :

- Q = Kapasitas *Vibrating Screen* (ton/jam)
- V = Kecepatan *Belt Conveyor* (m/s)
- L = Panjang Pengambilan Sampel (m)
- W = Berat Material Per Meter (kg)

3.8 Waktu Hambatan Kerja

Hambatan kerja yang terjadi pada perusahaan peremuk terbagi menjadi dua yaitu hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari. Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu hambatan yang dapat dihindari dan tidak dapat dihindari yaitu : (Apriyanto,2016).

a. Hambatan yang dapat dihindari

Hambatan ini disebabkan karena faktor kerusakan alat (faktor teknis) dan beberapa faktor manusia yang dilakukan oleh operator terhadap waktu kerja yang telah dijadwalkan.

Faktor-faktor yang disebabkan oleh manusia (operator) diantaranya :

1. Keterlambatan pada awal kerja
2. Berhenti kerja sebelum jam istirahat dan jam kerja selesai
3. Keterlambatan kerja setelah istirahat

Sedangkan hambatan yang disebabkan karena faktor alat (teknis) adalah waktu hambatan yang terjadi karena kerusakan alat, sehingga alat berhenti beroperasi dan membutuhkan waktu perbaikan. Terjadinya hambatan ini menyebabkan pengurangan dalam waktu kerja sehingga menurunkan waktu produksi efektif alat yang menyebabkan efisiensi kerja alat rendah.

b. Hambatan yang tidak dapat dihindari

Hambatan ini umumnya terjadi pada saat rangkaian peralatan beroperasi yang menyebabkan tidak dapat beroperasinya unit peremuk meskipun kondisi alat dalam keadaan baik dan siap beroperasi. Hambatan ini antara lain disebabkan karena proses pemeliharaan alat (*preventive maintenance*), faktor alam (cuaca dan bencana), atau dihentikannya operasi karena pertimbangan faktor keselamatan kerja.

3.9 Waktu Kerja Efektif

Waktu kerja efektif adalah jumlah waktu sesungguhnya yang digunakan untuk melakukan operasi penambangan pada masing-masing perusahaan. Waktu kerja efektif di hitung berdasarkan waktu kerja formal dikurangi waktu kerja yang hilang karena adanya hambatan-hambatan atau gangguan dalam operasi produksi penambangan. Hal ini dikarenakan pada kondisi nyata di lapangan tidak semua waktu kerja formal yang telah disediakan oleh perusahaan benar-benar dapat dimanfaatkan secara optimal oleh para operator dan alatnya untuk beroperasi. Hambatan-hambatan yang terdapat dalam operasi penambangan tersebut tentunya akan mengurangi waktu kerja efektif dari alat-alat mekanis. Namun hambatan-hambatan tersebut dapat ditekan dengan berusaha sebaik mungkin untuk meningkatkan waktu kerja efektif dari alat mekanis, sehingga produksi yang dihasilkan dapat ditingkatkan.

3.10 Efektifitas Kerja Alat

Suatu peralatan memiliki kemampuan kerja yang nantinya menjadi salah satu faktor dalam pemilihan peralatan. Bentuk dari kemampuan kerja tersebut adalah kapasitas produksi. Kapasitas yang ada yakni berupa kapasitas teoritis. Kapasitas teoritis suatu peralatan didapat dengan menggunakan rumus serta dengan asumsi pada kondisi yang sangat ideal. Kenyataannya yang di lapangan, kapasitas nyata suatu peralatan yang digunakan akan sulit bekerja mencapai kapasitas teoritis. Pada umumnya kapasitas nyata suatu peralatan yang digunakan akan lebih rendah dari kapasitas teoritis. Hal ini dapat disebabkan proses kerja yang kurang dapat mendukung peralatan untuk bekerja pada kapasitas teoritis maupun karena menurunnya kemampuan kerja alat yang disebabkan oleh penggunaan.

Efektifitas alat yaitu perbandingan antara kemampuan atau kapasitas secara nyata dengan kemampuan standar pembuatan desain pada alat tersebut.

$$E = \frac{\text{Kapasitas Nyata}}{\text{Kapasitas Desain}} \times 100\% \quad (3.13)$$

Dari efektifitas ini dapat menunjukkan apakah suatu peralatan sudah bekerja dengan baik. Jika efektifitas suatu peralatan terlalu rendah maka peralatan tersebut masih dapat diberikan tambahan beban (nilai kapasitas nyata dapat di tambah kembali untuk mengimbangi kapasitas desain).

3.11 Ketersediaan Penggunaan Alat

Dalam hubungan dengan efisiensi kerjanya, maka perlu juga diketahui mengenai ketersediaan dan penggunaan alat mekanis. Karena hal ini mempunyai nilai kerja yang bersangkutan (Denna Pramesti Romadhona Susanto,2019).

3.11.1 Ketersediaan Mekanis (*Mechanical Availability*)

Merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan, dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$MA = \frac{we}{we+R} \times 100\% \quad (3.14)$$

3.11.2 Ketersediaan Fisik (*Physical Availability*)

Ketersediaan fisik merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan. Ketersediaan fisik pada umumnya selalu lebih besar daripada ketersediaan mekanis, dapat dinyatakan dengan persamaan.

$$PA = \frac{we+s}{we+R+s} \times 100\% \quad (3.15)$$

3.11.3 Ketersediaan Penggunaan (*Use of Availability*)

Ketersediaan penggunaan menunjukkan berapa persen (%) waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan (tidak rusak), dinyatakan dengan persamaan :

$$UA = \frac{we}{we+s} \times 100\% \quad (3.16)$$

3.11.4 Penggunaan Efektif (*Effective of Utilization*)

Penggunaan efektif menunjukkan berapa persen (%) dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dipergunakan untuk kerja produktif, dinyatakan dengan persamaan :

$$EU = \frac{we+s}{we+R+s} \times 100\% \quad (3.17)$$

Keterangan :

We = Waktu efektif yaitu waktu yang benar-benar digunakan untuk bekerja termasuk dari tempat kerja, dinyatakan dalam jam.

R = *Repair* (waktu perbaikan), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan, penggantian suku cadang, dinyatakan dalam jam.

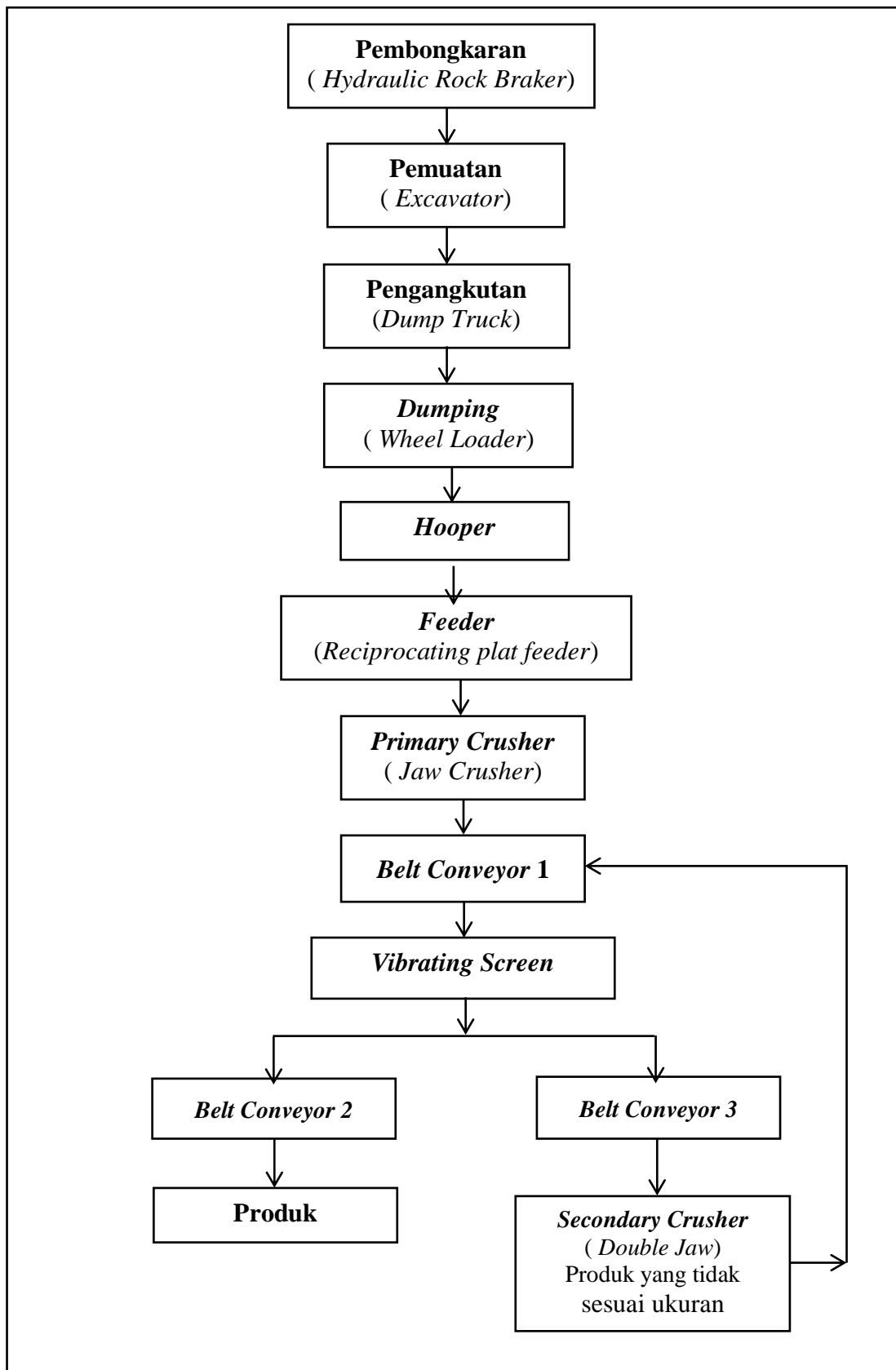
S = *Standby* (waktu menunggu), yaitu waktu dimana suatu alat tersedia untuk dioperasikan, tetapi tidak digunakan karena alasan tertentu seperti hujan deras, dan sebagainya, dinyatakan dalam jam.

1.12 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Batugamping

Tahapan pengolahan batugamping secara umum dimulai dari tahap pembongkaran material dari batuan induk menggunakan alat mekanis yaitu *hydraulic rock breaker*, dilanjutkan dengan tahap pemuatan menggunakan alat *excavator*. Setelah itu tahap pengangkutan dari *front* penambangan menuju area

pengolahan menggunakan *dump truck*. Setelah sampai di area pengolahan dilakukan proses *dumping* terlebih dahulu dengan bantuan *wheel loader*, selanjutnya material dimasukkan ke *hooper*, kemudian menuju *feeder* dan sampai pada tahap *primary crusher* menggunakan *jaw crusher*. Material yang keluar dari *jaw crusher* selanjutnya akan angkut menggunakan *belt conveyor 1*, menuju *vibrating screen* untuk memisahkan ukuran material sesuai yang ditargetkan. Material hasil *vibrating screen* yang telah sesuai dengan ukuran yang ditargetkan akan diangkut oleh *belt conveyor 2* dan menjadi produk, sedangkan material yang tidak sesuai ukuran akan diangkut oleh *belt conveyor 3* menuju *secondary crusher* untuk direduksi kembali ukurannya sampai menjadi ukuran yang ditargetkan.

Berikut diagram alir tahapan pengolahan batugamping dapat dilihat pada gambar 3.49 dibawah ini:



Gambar 3.49 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Batugamping