

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Genesa Andesit

Andesit berasal dari aktivitas gunung api yang mengalami erupsi dan membeku. Penyebarannya dari erupsi ini dapat mencapai beberapa kilometer. Magma andesit dapat juga menghasilkan letusan seperti bahan peledak yang kuat yang kemudian membentuk *arus pyroclastic dan surges* pada suatu kolom letusan yang sangat besar. Andesit terbentuk pada temperatur antara 900°C-1.100°C.

Kandungan andesit terdiri dari sekitar 52% dan 63% kandungan silika (SiO_2). Mineral-mineral penyusun Andesit yang utama terdiri dari plagioklas, feldspar, piroksin (*clinopyroxene dan orthopyroxene*), dan hornblenda dalam jumlah yang kecil.

Andesit adalah batuan leleran dari diorit, mineralnya berbutir halus, komposisi mineralnya sama dengan diorit, berwarna kelabu. Gunung api di Indonesia umumnya menghasilkan batuan andesit dalam bentuk lava maupun piroklastik. Batuan andesit yang banyak mengandung hornblenda disebut andesit hornblenda, sedangkan yang banyak mengandung piroksin disebut andesit piroksin.

Batuan ini banyak digunakan untuk pengerasan jalan, pondasi, bendungan, konstruksi beton, dan lain-lain. Adapun yang berstruktur lembaran banyak digunakan sebagai batu tempel.

3.2 Pertambangan

Pertambangan merupakan suatu rangkaian kegiatan penambangan mulai dari awal kegiatan penambangan sampai dengan kegiatan penutupan tambang / reklamasi tambang yang memiliki jangka waktu panjang dan berkelanjutan serta memiliki syarat modal yang besar. Rangkaian kegiatan penambangan ini diperlukan perencanaan tambang dan perancangan yang dimana perencanaan tambang dan perancangan tambang ini ditujukan untuk merencanakan seperti apa nantinya area potensial yang akan ditambang, baik dari cara penambangan, maupun estimasi umur tambang sehingga dapat diketahui tambang tersebut akan habis pada tahun kapan dan juga bagaimana rencana reklamasi tambang setelah tambang habis. Dalam UU No. 4 Tahun 2009, penggolongan bahan galian lebih menitikberatkan pada aspek teknis, yaitu berdasarkan pada kelompok atau jenis bahan galian, yang penggolongannya terbagi dalam empat golongan yaitu :

1. Bahan galian radioaktif.
2. Bahan galian mineral logam.
3. Bahan galian bukan logam.
4. Bahan galian batuan.

Dengan adanya penggolongan bahan galian tersebut maka dibutuhkan metode penambangan yang berbeda-beda sesuai dengan bahan galiannya, maka dari itu perlu adanya perencanaan tambang dan perancangan tambang agar dapat mengoptimalkan penambangan bahan galian serta tidak menyebabkan kerusakan lingkungan yang berkelanjutan.

Secara garis besar metoda penambangan dapat digolongkan kedalam menjadi tiga, yaitu :

1. Tambang terbuka (*surface mining*).

Metoda penambangan yang segala kegiatan atau aktifitas penambangannya dilakukan pada permukaan bumi, dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar.

2. Tambang bawah tanah (*underground mining*).

Metoda penambangan yang segala kegiatan atau aktifitas penambangannya dilakukan dibawah permukaan bumi, dan tempat kerjanya tidak berhubungan langsung dengan udara luar.

3. Tambang bawah air (*underwater mining*).

Metoda penambangan yang segala kegiatan atau aktifitas penambangannya dilakukan dibawah permukaan air, atau endapan mineral berharganya terletak dibawah permukaan air.

Metoda penambangan dipilih berdasarkan pada metoda yang dapat memberikan keuntungan yang terbesar, dan bukan pada dangkal atau dalamnya letak dari endapan bahan galian itu sendiri, serta memiliki perolehan tambang (*mining recovery*) yang terbaik. Hal ini dilakukan karena industri pertambangan dikenal sebagai *wasting asset* dengan resiko yang tinggi, sedangkan endapan bahan galiannya tidak dapat diperbaharui (*non renewable resources*).

3.3 Metode Tambang Terbuka

Secara garis besar tambang terbuka ada empat jenis, dimana akan diuraikan di bawa ini :

1. *Open Pit / Open Cast / Open Mine / Open Cut.*
2. *Quarry.*
3. *Strip Mine.*
4. *Alluvial Mine.*

Endapan bahan galian yang cocok untuk tambang terbuka ialah :

1. Endapan eluvial (*eluvial deposit*).
2. Endapan aluvial (*alluvial or placer or beach deposit*).
3. Urat bijih (*vein*) tebal dan dekat permukaan bumi atau tersingkap.
4. Endapan bijih yang tersingkap (*outcropping*).
5. Endapan mendatar yang luas.

Pada sub bab selanjutnya hanya akan dibahas tentang *quarry* saja.

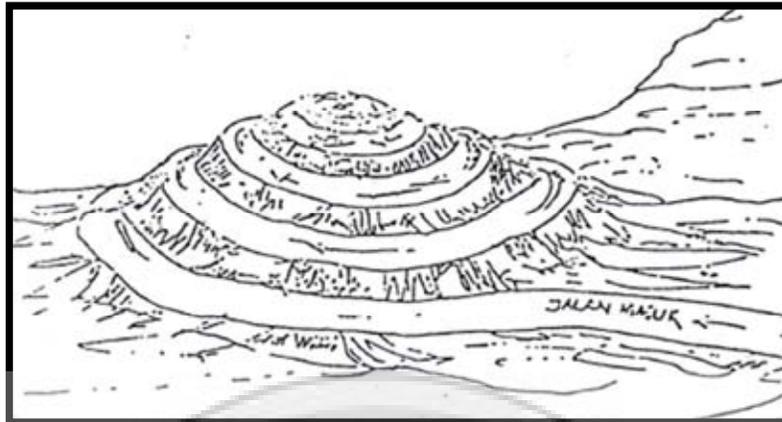
3.3.1 Quarry

Quarry adalah metoda pada tambang terbuka yang ditetapkan untuk menambang endapan – endapan bahan galian industri atau mineral industri (*industrial minerals*), misalnya penambangan batu gamping, marmar, granit, andesit, dan sebagainya.

Quarry dapat menghasilkan material atau hasil tambang dalam bentuk pecah-pecah (*loose/broken material*) ataupun dalam bentuk bongkah-bongkah yang teratur (*dimensional stone*). Berdasarkan letak endapan yang digali atau arah penambangannya secara garis besar *quarry* dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. *Side hill type*.

Side hill type quarry adalah sistem penambangan terbuka yang diterapkan untuk menambang batuan atau endapan mineral industri yang letaknya di lereng bukit atau endapannya berbentuk bukit. Berdasarkan jalan masuknya dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu : jalan masuk berbentuk spiral dan jalan masuk langsung (Gambar 3.1 dan Gambar 3.2).



Sumber : Buku ajar Tambang terbuka (UNISBA)

Gambar 3.1
Side Hill Type quarry dengan jalan masuk spiral



Sumber : Buku ajar Tambang terbuka (UNISBA)

Gambar 3.2
Side Hill Type quarry dengan jalan masuk langsung

2. Pit type.

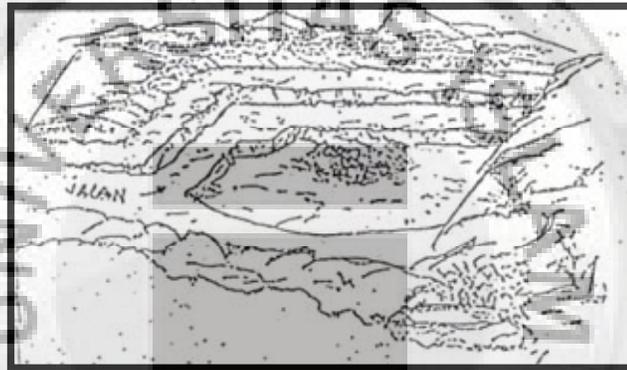
Pit type adalah sistem penambangan terbuka yang diterapkan untuk menambang batuan atau endapan mineral industri yang terletak pada suatu daerah yang relatif mendatar. Jadi tempat kerjanya digali kearah bawah sehingga membuat cekungan. Berdasarkan jalan masuknya *pit type* ini memiliki tiga tipe jalan yaitu : jalan masuk spiral, jalan masuk langsung, jalan masuk zig-zag (Gambar 3.3–Gambar 3.5).



Sumber : Buku ajar Tambang terbuka (UNISBA)

Gambar 3.3

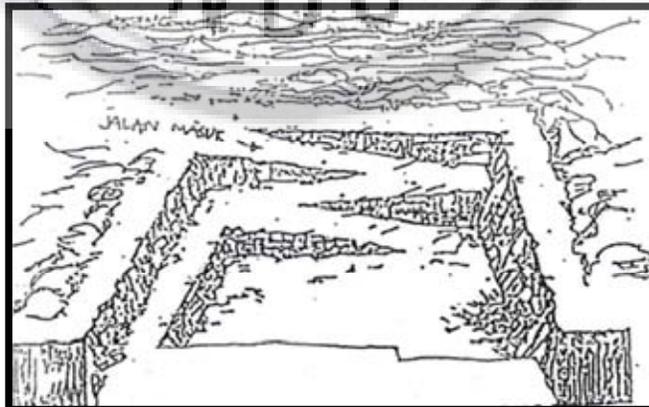
Pit Type quarry dengan jalan masuk Spiral



Sumber : Buku ajar Tambang terbuka (UNISBA)

Gambar 3.4

Pit Type quarry dengan jalan masuk langsung



Sumber : Buku ajar Tambang terbuka (UNISBA)

Gambar 3.5

Pit Type quarry dengan jalan masuk zig-zag

3.4 Pengolahan Bahan Galian (*Mineral Dressing*)

Pengolahan bahan galian merupakan suatu proses pemisahan mineral berharga dari pengotornya yang tidak berharga dengan memanfaatkan perbedaan sifat fisik dari mineral-mineral tersebut, tanpa mengubah identitas kimiawi dan fisiknya.

Proses pengolahan bahan galian ini secara umum dapat dipisahkan kedalam beberapa bagian atau beberapa langkah yang diantaranya ialah sebagai berikut :

1. *Comminution*
2. *Sizing*
3. *Concentration*
4. *Dewatering*

3.4.1 *Comminution*

Comminution atau penghancuran adalah langkah pertama yang bisa dilakukan dalam operasi pengolahan bahan galian yang bertujuan untuk memecahkan bongkah-bongkah besar menjadi fragmen yang lebih kecil. Dilihat dari fragmen-fragmen yang dihasilkan maka kominusi dapat dibagi dalam dua tingkat :

1. *Crushing*, kegiatan peremukan batuan dengan memanfaatkan efek tumbukan.
2. *Grinding*, kegiatan peremukan batuan dengan memanfaatkan efek dari penggerusan.

Proses peremukan atau pengecilan ukuran butir batuan harus dilakukan secara bertahap karena keterbatasan kemampuan alat untuk mereduksi batuan berukuran besar hasil peledakan sampai menjadi butiran-butiran kecil seperti yang

dikehendaki. Menurut Hukkie (1962) tahapan dasar dari reduksi ukuran butir batuan adalah seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1
Klasifikasi Reduksi Ukuran Butir

| 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 |
| Grinding Kasar | 10 mm | 1 mm |
| Grinding Halus | 1 mm | 100 μ |
| Grinding Sangat Halus | 100 μ | 10 μ |
| Grinding Ultra Halus | 10 μ | 1 μ |

Sumber : Diktat Pengolahan Bagan Galian (Hukkie 1962)

Peremukan batu pada prinsipnya bertujuan mereduksi material untuk memperoleh ukuran butir tertentu melalui alat peremuk. 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 yang digunakan biasanya berasal dari hasil peledakan dengan ukuran yang bisa diterima < 80 cm, dengan ukuran *setting* antara 5 – 8 in untuk *jaw crusher*. Ukuran terbesar dari produk peremukan tahap pertama biasanya kurang dari 8 inci.

2. *Secondary Crushing*

Merupakan peremukan tahap kedua, alat peremuk yang digunakan adalah *Cone Crusher*. Umpan yang digunakan berkisar 5 – 8 in. Produk terbesar yang dihasilkan adalah 5-20 mm (64, 5 %), Manufactured sand ukuran 0.5 - 5 mm (26,8%) dan 5 - 14 mm (8.7 %).

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.

3.4.2 *Sizing*

Sizing atau penyeragaman ukuran ialah proses untuk memisahkan atau mebagi-bagi campuran butiran butiran yang berbeda ukurannya menjadi bagian-bagian atau fraksi dimana tiap-tiap fraksi mempunyai ukuran yang hampir sama. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melakukan *sizing* terhadap butiran-butiran mineral, misalnya *lab sizing*, *screening*, *classifying* dan *hydrocyclone*.

Secara kegunaannya *screening* ini dapat di bagi kedalam dua klasifikasi yaitu skala labotratorium dan juga skala industri. Untuk *screening* skala laboratorium ini biasanya digunakan untuk kebutuhan pengujian laboratorium ataupun untuk pembelajaran, karena pada dasarnya prinsip yang digunakan sama saja, perbedaanya terletak pada ukuran saja. biasanya alat *screening* yang digunakan pada kegiatan *sizing* skala lab ini digunakan *sieve sheaker*.

3.4.3 *Concentration*

Agar bahan galian yang mutu atau kadarnya rendah (marginal) dapat diolah lebih lanjut, yaitu diambil (di-ekstrak) logamnya, maka kadar bahan galian itu harus ditingkatkan dengan proses konsentrasi. Sifat-sifat fisik mineral yang dapat dimanfaatkan dalam proses konsentrasi adalah:

1. Konsentrasi Gravitasi (*Gravity Concentration*)

Yaitu pemisahan mineral berdasarkan perbedaan berat jenis dalam suatu media fluida, jadi sebenarnya juga memanfaatkan perbedaan kecepatan

pengendapan mineral-mineral yang ada. Alat yang digunakan berupa *jig*, meja goyang (*shaking table*), konsentrator spiral (*Humprey spiral concentrator*) dan *sluice box*.

2. Perbedaan sifat kelistrikan untuk proses konsentrasi elektrostatis.

Merupakan proses konsentrasi dengan memanfaatkan perbedaan sifat konduktor (mudah menghantarkan arus listrik) dan non-konduktor (nir konduktor) dari mineral. peralatan yang biasa dipakai adalah Electrodynamic separator (high tension separator) dan Electrostatic separator

3. Perbedaan sifat kemagnetan untuk proses konsentrasi magnetik.

Adalah proses konsentrasi yang memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan (*magnetic susceptibility*) yang dimiliki mineral. Sifat kemagnetan bahan galian ada 3 (tiga) macam, yaitu *Ferromagnetic*, *Paramagnetic* dan *Diamagnetic*. Peralatan yang dipakai pada proses ini adalah *magnetic separator*

4. Perbedaan sifat permukaan partikel untuk proses flotasi.

Merupakan proses konsentrasi berdasarkan sifat "senang terhadap udara" atau "takut terhadap air" (*hydrophobic*). Pada umumnya mineral-mineral oksida dan sulfida akan tenggelam bila dicelupkan ke dalam air, karena permukaan mineral-mineral itu bersifat "suka akan air" (*hydrophilic*). Tetapi beberapa mineral sulfida, antara lain kalkopirit (Cu Fe S_2), galena (Pb S), dan sfalerit (Zn S) mudah diubah sifat permukaannya dari suka air menjadi suka udara dengan menambahkan reagen yang terdiri dari senyawa hidrokarbon. Sejumlah reagen kimia yang sering digunakan dalam proses flotasi adalah pembuih (*frother*), Kolektor / pengumpul (*collector*), penekan / pencegah (*depressant*) dan pengatur keasaman (pH regulator). Alat yang digunakan adalah *Mechanical flotation* dan *Pneumatic flotat*

3.4.4 *Dewatering*

Kegiatan ini bertujuan untuk mengurangi kandungan air yang ada pada konsentrat yang diperoleh dengan proses basah, misalnya proses konsentrasi gravitasi dan flotasi. Cara-cara pengurangan kadar air ini ada 3 (tiga), yaitu :

a) Cara Pengentalan/Pemekatan (*Thickening*)

Konsentrat yang berupa lumpur dimasukkan ke dalam bejana bulat. Bagian yang pekat mengendap ke bawah disebut underflow, sedangkan bagian yang encer atau airnya mengalir di bagian atas disebut overflow. Kedua produk itu dikeluarkan secara terus menerus (*continuous*).

b) Cara Penapisan / Pengawa-airan (*Filtration*)

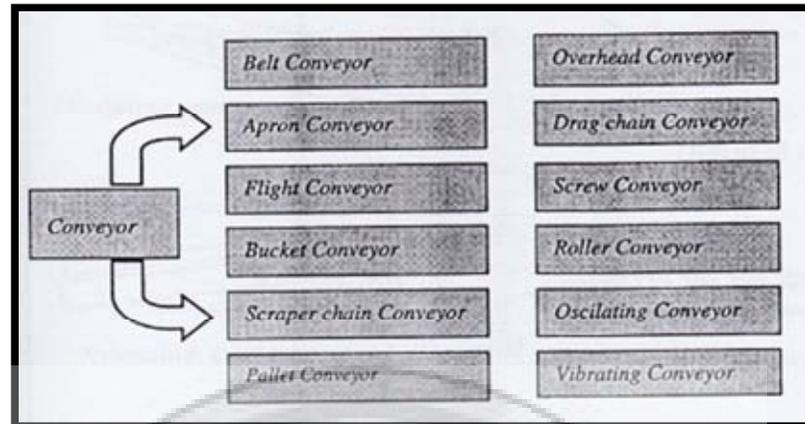
Dengan cara pengentalan kadar airnya masih cukup tinggi, maka bagian yang pekat dari pengentalan dimasukkan ke penapis yang disertai dengan pengisapan, sehingga jumlah air yang terisap akan banyak. Dengan demikian akan dapat dipisahkan padatan dari airnya.

c) Pengeringan (*Drying*)

Yaitu proses untuk membuang seluruh kandung air dari padatan yang berasal dari konsentrat dengan cara penguapan (*evaporization/evaporation*).

3.5 *Belt Conveyor*

Conveyor didefinisikan sebagai suatu alat yang digunakan untuk mengangkut / memindahkan material, baik material curah maupun material satuan, dari suatu tempat ke tempat yang lainnya secara terus menerus sepanjang garis lurus (*horizontal*) atau sudut inklinasi terbatas. *Conveyor* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, dan salah satunya *belt conveyor* (Gambar 3.6)

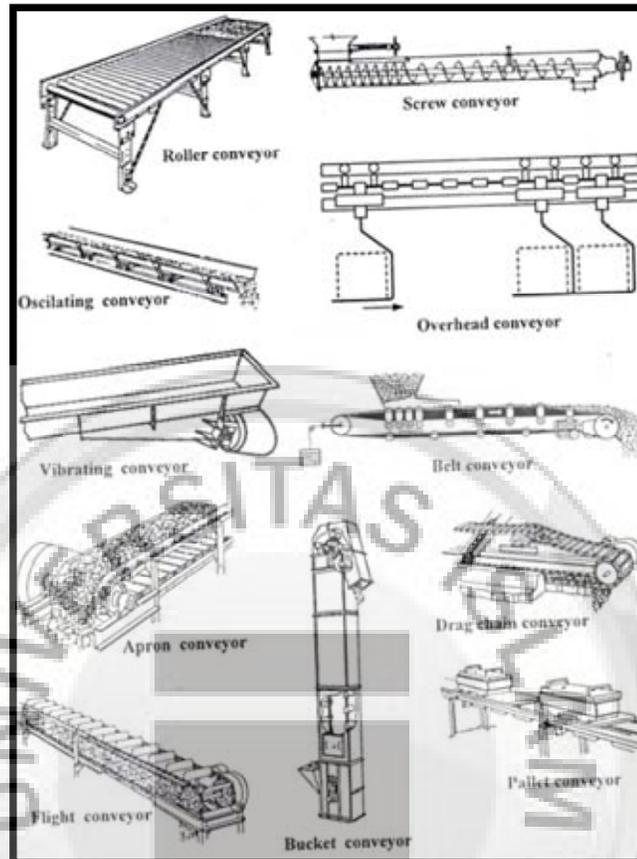


Sumber : *Konveyor sabuk dan peralatan pendukung*, Juanda Toha

Gambar 3.6
Klasifikasi Jenis Conveyor

Belt conveyor adalah conveyor yang menggunakan sabuk sebagai elemen pembawa material yang akan diangkut. *Belt conveyor* dapat digunakan untuk memindahkan material dalam jumlah besar, baik material yang memiliki bentuk beraturan maupun tidak beraturan. Material yang diangkut dibawa pada bagian permukaan atas sabuk. *Belt conveyor* secara intensif digunakan di setiap cabang industri dan memiliki bentuk yang berbeda-beda (Gambar 3.7).

Belt conveyor sebagai alat pengangkut andesit dari lokasi penambangan ke lokasi penumpukan, baik itu gudang batu ataupun *stockpile*, sebagai alat pengumpul (*stockpiling*) andesit di lokasi penumpukan dan sebagai alat pengambil kembali (*reclaiming*) material andesit dari *stockpile* dengan bantuan peralatan pengumpanan. Material yang diangkut dengan *belt conveyor* pada suatu sudut inklinasi tertentu yang bervariasi dari 2 derajat hingga 20 derajat. Ukuran material pada conveyor terbatas dengan lebar conveyor. Material dapat bervariasi dari yang sangat halus hingga yang besar, *stone*, *coal lump ore*. Material yang dapat mengakibatkan *sticking* atau *packing* jika ditransportasikan oleh alat lainnya dapat diatasi dengan *belt conveyor*.



Sumber : *Konveyor sabuk dan peralatan pendukung, Juanda Toha*

Gambar 3.7

Jenis – Jenis Conveyor

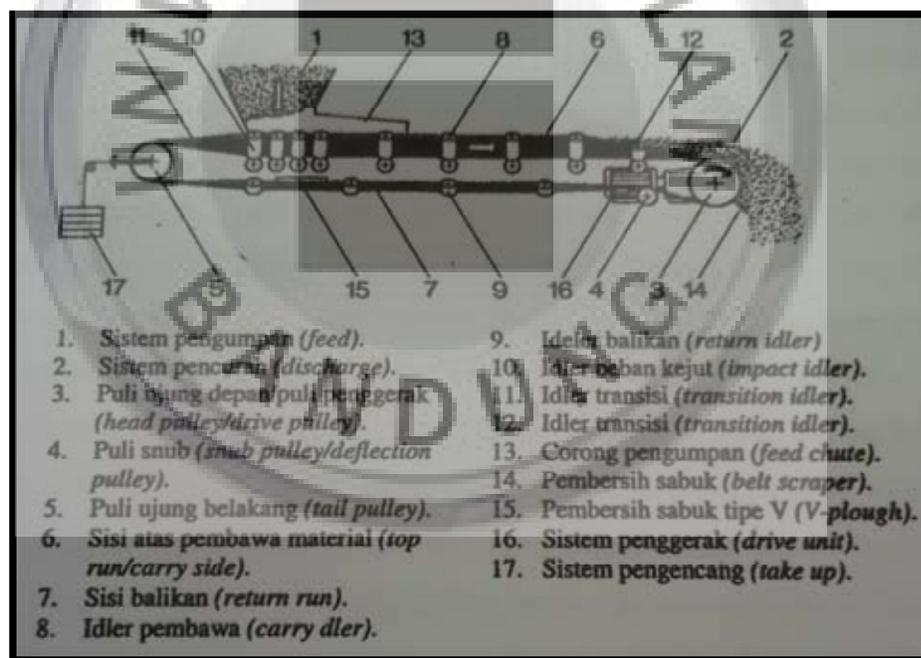
3.5.1 Bagian *Belt conveyor*

Umumnya *belt conveyor* terdiri dari kerangka (*frame*), dua buah *pulley*, *pulley* penggerak (*driving pulley*) pada *head end* dan *pulley* pembalik (*take – up pulley*) pada *tail end*, *belt*, *carry*, dan *return idler*, unit penggerak, cawan pengisi (*feed hopper*) dipasang diatas *conveyor*, saluran buang (*discharge spout*), dan pembersih *belt* (*belt cleaner*) yang biasanya dipasang dekat *head pulley*.

1. *Belt*

Ada banyak jenis sabuk (*belt*) yang umum digunakan ialah *belt conveyor*, hal ini tergantung dari penerapannya. Dalam hal ini sabuk yang digunakan untuk mengangkut bahan galian dan bahan tambang dengan jarak yang relatif

pendek digunakan sabuk yang terdiri dari rangka kain dengan penutup karet (*fabric carcass rubber belt*) dan sabuk. Untuk bahan tambang dengan jarak yang relatif panjang digunakan sabuk yang terdiri dari rangka kawat baja dengan penutup karet (*steel cord rubber belt*). *Belt conveyor* harus memenuhi persyaratan : tidak menyerap air (*low hygroscopicity*), kekuatan tinggi, ringan, pertambahan panjang spesifik rendah (*low specific elongation*), fleksibilitas tinggi, lapisan tidak mudah lepas (*high resistivity to ply separation*), dan tahan lama (*long service life*). Bagian permukaan *belt* ditutupi oleh karet yang berfungsi untuk menghindari terjadinya abrasi akibat gesekan material. Bagian-bagian *belt conveyor* dilihat pada Gambar 3.8.



Sumber : *Konveyor sabuk dan peralatan pendukung, Juanda Toha*

Gambar 3.8

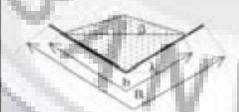
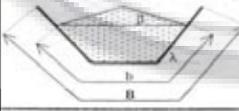
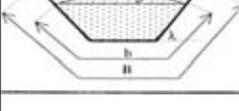
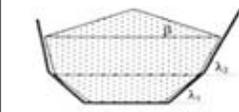
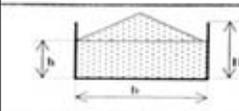
Susunan Umum Komponen Atau Peralatan Pada *Belt Conveyor*

2. *Idler*

Idler berfungsi untuk menyangga *belt*. Berdasarkan lokasi, *idler* dibedakan atas *idler* pembawa (*carry idler*) merupakan *idler* yang digunakan untuk

menyangga sabuk yang terletak pada sisi balikan atau sisi yang tidak membawa material, *idler* beban kejut (*impact idler*), idler pembalik (*turn over idler*), idler timbangan (*weighing idler*), idler pengarah (*training idler*), idler transisi (*transition idler*). Sedangkan berdasarkan jumlah rolnya, *idler* dapat dibagi menjadi *idler* dengan rol tunggal (*flat idler*) umumnya hanya digunakan sebagai *idler* pembawa untuk membawa mineral satuan atau sebagai *idler* balikan, *idler* dengan dua rol (*v - idler*) umumnya digunakan sebagai *idler* pembawa untuk sabuk yang memiliki lebar kecil dan *idler* balikan untuk sabuk yang lebar, *idler* dengan tiga rol yang merupakan *idler* yang paling umum digunakan sebagai *idler* pembawa pada *conveyor* sabuk yang digunakan untuk angkutan bahan tambang dan *idler* dengan lima rol yang hanya digunakan untuk ukuran sabuk yang sangat besar. Tabel 3.1

Tabel 3.2
Sketsa Penampang dan Formula Luas

| Sketsa penampang | Formula luas penampang |
|---|--|
|  | <p>A. Idler dengan rol tunggal</p> $S = \frac{b^2}{4} \cdot \tan \beta$ $h = \frac{b}{2} \cdot \tan \beta$ <p>h = tinggi material</p> |
|  | <p>B. Idler dengan 2 rol</p> $S = \frac{b^2}{4} \cdot \cos \beta \cdot \sin \lambda + \left(\frac{d}{2} \cdot \cos \lambda \right) \cdot \tan \beta$ $h = \left(\frac{d}{2} \cdot \sin \lambda \right) + \left(\frac{b}{2} \cdot \cos \lambda \cdot \tan \beta \right)$ |
|  | <p>C. Idler dengan 3 rol ukuran sama</p> $S = \left(l + \frac{(b-l)}{2} \cdot \cos \lambda \right) \frac{(b-l)}{2} \cdot \sin \lambda + \left(\frac{(b-l)}{2} \right)^2 \cdot \tan \beta$ $h = \frac{(b-l)}{2} \cdot \sin \lambda + \left(\frac{(b-l)}{2} \cdot \cos \lambda \right) \cdot \tan \beta$ <p>l = panjang rol</p> |
|  | <p>D. Idler dengan 3 rol ukuran beda</p> $S = \left(l + \frac{(b-l)}{2} \cdot \cos \lambda \right) \frac{(b-l)}{2} \cdot \sin \lambda + \left(\frac{(b-l)}{2} \right)^2 \cdot \tan \beta$ $h = \frac{(b-l)}{2} \cdot \sin \lambda + \left(\frac{(b-l)}{2} \cdot \cos \lambda \right) \cdot \tan \beta$ <p>l = panjang rol tengah</p> |
|  | <p>E. Idler dengan 5 rol ukuran sama</p> $S = (l + l \cdot \cos \lambda_1) l \cdot \sin \lambda_1 + \left(l + 2l \cdot \cos \lambda_2 + \frac{(b-l)}{2} \cdot \cos \lambda_2 \right) \left(\frac{(b-l)}{2} \cdot \sin \lambda_2 \right) + \left(\frac{l}{2} + l \cdot \cos \lambda_2 + \frac{(b-l)}{2} \cdot \cos \lambda_2 \right) \tan \beta$ $h = \frac{(b-l)}{2} \cdot \sin \lambda_2 + l \cdot \sin \lambda_1$ |
|  | <p>F. Sabuk dengan sisi bergelombang</p> $A = bh + \frac{b^2}{4} \cdot \tan \beta$ $h = 0,9 H$ |

Sumber : CEMA Edisi 5, Contitechnik Conveyor Belt System Design dan DIN 22101

3. Unit Penggerak

Komponen penggerak terdiri dari motor penggerak, roda gigi reduksi, puli penggerak (*drive pulley*), puli *snub* (*snub pulley*), dan kopling. Pada *belt conveyor*, daya motor ditransmisikan ke *belt* dengan friksi *belt* yang melalui *pulley* penggerak (*driving pulley*) yang digerakkan oleh motor listrik.

3.5.2 Kapasitas *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 ialah :

1. Berat jenis curah (*bulk density*) yang dinyatakan dalam kg/m^3 atau ton/m^3 .
2. Ukuran butir dan distribusi ukuran yang dinyatakan dalam mm atau dalam%
3. Kondisi material : basah/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.

Tabel 3.3
Hubungan Sifat Aliran Dengan Karakteristik Material

| Sifat aliran | | | | |
|--|---|--|--|--|
| Sangat lancar | Lancar | Normal | Kurang lancar | Tidak lancar |
| <i>Surcharge angle</i> | 10 ⁰ | 20 ⁰ | 25 ⁰ | 30 ⁰ |
| <i>Angle of repose</i> | 20 ⁰ - 29 ⁰ | 30 ⁰ - 34 ⁰ | 35 ⁰ - 39 ⁰ | >40 ⁰ |
| Karakteristik material | | | | |
| Ukuran butir halus dan seragam, bentuk relatif bulat sangat basah atau sangat kering seperti : pasir silica kering, semen dll. | Bentuk partikel relatif bulat, permukaan kering dan licin berat jenis medium, seperti Biji bijian dan kacang kacangan | Bentuk tidak beraturan, granular atau bongkahan dengan berat jenis medium seperti : batubara antrasit, tanah liat dll. | Material curah secara umum seperti batubara bitminus, batu, dan ijih tambang dll | Bentuk tidak beraturan, berserabut, berserat, saling mengunci seperti cacahan kayu, pasir untuk pengecoran yang sudah dikeraskan |

Sumber : CEMA – *Belt Conveyor for bulkMaterials*, edisi 5, halaman 30.

Selain dari sifat aliran dan karakteristik dari material yang di angkut (Tabel 3.2), perlu di perhatikan juga masalah karakteristik dari material itu sendiri yang mana material yang dimaksud ini ialah material curah (*bulk density*). Berikut merupakan beberapa contoh karakteristik dari material curah (Tabel 3.3).

Tabel 3.4
Karakteristik Beberapa Material Curah

| Material | Bulk Density (lbs/ft³) | Angle of repose, deg | Recommendation max. Inclination, deg |
|-------------------------------------|--|---------------------------------|---|
| Ash | 105 | 32 | 17 |
| Gravel, dry, sharp | 90 -100 | 30 - 44 | 15 - 17 |
| Lead silica, granulated | 230 | 40 | - |
| Quartz, 0,5 inch screenings | 80 - 90 | 20 - 29 | - |
| Quartz, 1,5 - 3 inch screenings | 85 - 95 | 20 - 29 | - |
| Rock, crushed | 125 -145 | 20 - 29 | - |
| Rock, soft, excavatedwith shovel | 100 - 110 | 30 - 44 | 22 |

Sumber : CEMA – *Belt Conveyor for bulkMaterials*, edisi 5, halaman 33 - 43.

Kecepatan *Belt conveyor* dan lebar sabuk (*belt*) merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan dalam memperhitungkan produktivitas *belt conveyor*, karena secara signifikan akan mempengaruhi produktivitas dari *belt conveyor*, karena kedua variabel tersebut sangatlah berpengaruh terhadap kapasitas *belt conveyor*. Secara umum, untuk nilai kecepatan *conveyor* tertentu, lebar *conveyor* dan kapasitas *belt conveyor* akan berbanding lurus.

Hubungan antara lebar sabuk, kecepatan sabuk, dan kapasitas *conveyor* dapat dituliskan dengan :

$$\text{Kapasitas conveyor} = f(\text{lebar belt, kecepatan belt})$$

Salah satu faktor yang dapat menentukan dalam penentuan lebar sabuk minimum adalah ukuran besar butir maksimum dari material yang diangkut, agar material dapat diangkut dengan optimum (Tabel 3.4).

Tabel 3.5
Ukuran Minimum Lebar Sabuk Berdasarkan Ukuran Butir Maksimum

| Besar butir maksimum (mm) | Lebar sabuk minimum (mm) | Besar butir maksimum (mm) | Lebar sabuk minimum (mm) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 100 | 400 | 500 | 1200 |
| 150 | 500 | 550 | 1400 |
| 200 | 650 | 650 | 1600 |
| 300 | 800 | 700 | 1800 |
| 400 | 1000 | 800 | 2000 |

Sumber : *Konveyor sabuk dan peralatan pendukung, Juanda Toha*

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 3.5)

Tabel 3.6
Rekomendasi Kecepatan Maksimum *Belt Conveyor* Berdasarkan Material Yang
Diangkut Dan Lebar *Belt*

| Material yang diangkut | Kecepatan maksimum (m/s) | Lebar sabuk (mm) |
|--|---|------------------|
| Biji – bijian, aliran lancar, material tidak abrasif | 2.5 | 450 |
| | 3.5 | 600 - 750 |
| | 4 | 900 - 1050 |
| | 5 | 1200 - 2400 |
| Batubara, tanah liat, bijih tambang, tanah penutup, batu pecah halus | 2 | 450 |
| | 3 | 600 - 900 |
| | 4 | 1050 - 1500 |
| | 5 | 1800 - 2400 |
| Beras, keras, sisinya tajam, batu pecah kasar | 1.8 | 450 |
| | 2.5 | 600 - 900 |
| | 3 | >900 |
| Pasir cor yang sudah siap atau belum siap | 1.8 | Semua ukuran |
| Pasir cor yang sudah siap dan material kering abrasif, keluar dari conveyor dengan belt plow | 1 | Semua ukuran |
| Material tidak abrasif keluar dari conveyor dengan belt plow | 1 Kecuali untuk cacahan kayu diijinkan 1.5 – 2.0 | Semua ukuran |
| Sabuk pengumpan, untuk pengumpanan material ukuran kecil, tidak abrasif atau sedang, dari hopper | 0.25 – 5 | Semua ukuran |

Sumber : CEMA – *Belt Conveyor for bulkMaterials*, edisi 5, yang dikonversikan ke satuan metrik

Kapasitas *conveyor* bergantung terhadap *surcharge angle*, sudut inklinasi, *bulk density*, kecepatan *conveyor*, lebar sabuk, kemiringan bagian rol (sudut *idler / troughing angle*). Untuk produktivitas dari belt conveyor dapat dibagi dua, yaitu untuk belt conveyor horizontal dan belt conveyor berinklinasi.

Kapasitas *belt conveyor horizontal* dapat ditentukan dengan formula :

$$Q = S \times V \times \gamma \times 3600$$

Dimana :

Q = Kapasitas *belt* (ton/jam).

S = Luas penampang material (m³).

V = Kecepatan *belt conveyor* (m/s).

γ = *Bulk density* (ton/ m³).

Kapasitas *belt conveyor* dengan sudut *inklinasi* dapat ditentukan dengan formula :

$$Q = S \times V \times \gamma \times 3600 \times k$$

Dimana :

Q = Kapasitas *belt* (ton/jam).

S = Luas penampang material (m³).

V = Kecepatan *belt conveyor* (m/s).

γ = Bulk density (ton/ m³).

K = Koef. Kemiringan

Tabel 3.7
Hubungan Antara Kemiringan dan Faktor *Inklinasi*

| Sudut Kemiringan | k |
|------------------|------|
| 2 ⁰ | 1 |
| 4 ⁰ | 0.99 |
| 6 ⁰ | 0.98 |
| 8 ⁰ | 0.97 |
| 10 ⁰ | 0.95 |
| 12 ⁰ | 0.93 |
| 14 ⁰ | 0.91 |
| 16 ⁰ | 0.89 |
| 18 ⁰ | 0.85 |
| 20 ⁰ | 0.81 |

Sumber : *Konveyor sabuk dan peralatan pendukung, Juanda Toha*

Metode lainnya dalam perhitungan produktivitas *belt conveyor* ialah dengan metode *beltcut*. Metode *beltcut* ini merupakan metode perhitungan produktivitas *belt conveyor* dengan cara pengambilan sampel material pada *belt conveyor* sepanjang 1 meter per pengambilan sampel. Semakin rapat pengambilan data maka hasilnya akan semakin baik. Perhitungan produktivitas dengan menggunakan *beltcut* dapat diketahui dengan cara sebagai berikut :

$$Q = \text{Berat Beltcut} \times V$$

Dimana :

Q = Kapasitas *belt* (ton/jam).

Berat *Beltcut* = Berat material dalam 1 meter belt (ton/meter)

V = Kecepatan Belt (Meter/jam)

3.6 Effisiensi Kerja Alat–Alat Mekanis

Effisiensi kerja alat mekanis merupakan faktor yang sulit ditentukan, karena dipengaruhi oleh berbagai hal seperti keterampilan operator, perbaikan dan penyetelan alat, keterlambatan kerja dan sebagainya. Namun berdasarkan data-data serta pengalaman dapat ditentukan effisiensi kerja yang mendekati kenyataan.

Dalam hubungan dengan effisiensi kerjanya, maka perlu juga diketahui mengenai kesediaan dan penggunaan alat mekanis. Karena hal ini mempunyai nilai kerja yang bersangkutan.

3.6.1 Ketersediaan Mekanis (*Mechanical Availability*)

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

$$MA = \frac{We}{We+R} \times 100\%$$

3.6.2 Ketersediaan Fisik (*Physical Availability*)

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

$$PA = \frac{We+S}{We+R+S} \times 100\%$$

3.6.3 Ketersediaan Penggunaan (*Use of Availability*)

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

$$UA = \frac{We}{We+S} \times 100\%$$

3.6.4 Penggunaan Efektif (*Effective of Utilization*)

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

$$EU = \frac{We}{We+R+S} \times 100\%$$

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.

3.7 Efisiensi Kerja Produksi

Dalam kajian produksi pasti menggunakan alat mekanis yang memiliki kapasitas tertentu. Namun alat tersebut tidaklah mungkin dipaksa untuk bekerja 100 %, karena jika alat ini dipaksakan untuk bekerja 100% dari kemampuannya maka alat mekanis ini akan cepat mengalami kerusakan. Maka dari itu efisiensi kerja produksi ini biasanya ditentukan guna untuk menjaga umur alat. Efisiensi kerja produksi dapat diketahui dengan perhitungan *production rate index*.

Production rate index merupakan faktor yang menunjukkan kinerja alat dalam melakukan produksi. *Production rate index* ini dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PRI = \frac{\text{Produktivitas aktual } \left(\frac{\text{ton}}{\text{jam}}\right)}{\text{Kapasitas terpasang } \left(\frac{\text{ton}}{\text{jam}}\right)} \times 100\%$$

Nilai dari *production rate index* ini menunjukkan persentase kinerja alat dalam melakukan produksi dengan pembandingnya ialah kapasitas alat itu sendiri. Dengan kata lain nilai *production rate index* ini menunjukkan seberapa besar alat tersebut telah bekerja dari kemampuan maksimalnya.