

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Eko Rudy Nurcahyanto dkk (2010) dari penelitiannya tentang optimasi proses pemisahan di unit penggilingan semen. Pada penelitian tersebut, yang diamati adalah kecepatan aliran udara pada *separator* dan jumlah partikel yang *direcycle (tailing)* sehingga didapatkan kesimpulan bahwa kecepatan aliran udara mempengaruhi kinerja *separator* dan jumlah *tailing separator* berkurang sebesar 15% dari sebelumnya 40% menjadi 25% dari produk *finish mill*.

2.2 Roller Mill (Vertical Mill)

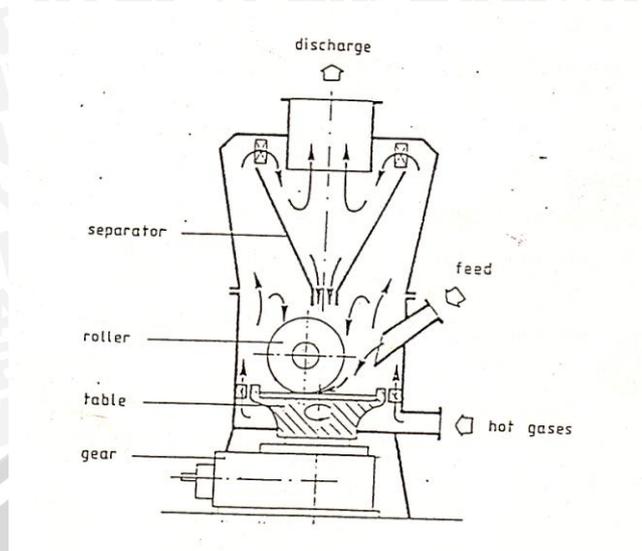
Roller Mill adalah alat giling dimana media penggilingnya. menggunakan gaya tekan *roller* pada meja putar.

Penggilingan terjadi karena material bergerak kearah tepi meja, karena adanya gaya sentrifugal dan material akan hancur waktu melewati *roller*. Setelah melewati *roller* dan sampai dibagian tepi meja, material yang sudah halus akan terbawa aliran gas panas keatas *mill*.

Pada bagian atas *mill* ada alat pemisah (*classifier*) yang akan memisahkan material kasar dan halus.

Oleh karena udara panas dipakai sebagai pengering dan sekaligus alat *transport* material, maka proses yang terjadi adalah pengeringan selama penggilingan (*Drying during grinding*). Seperti pada gambar 2.1.

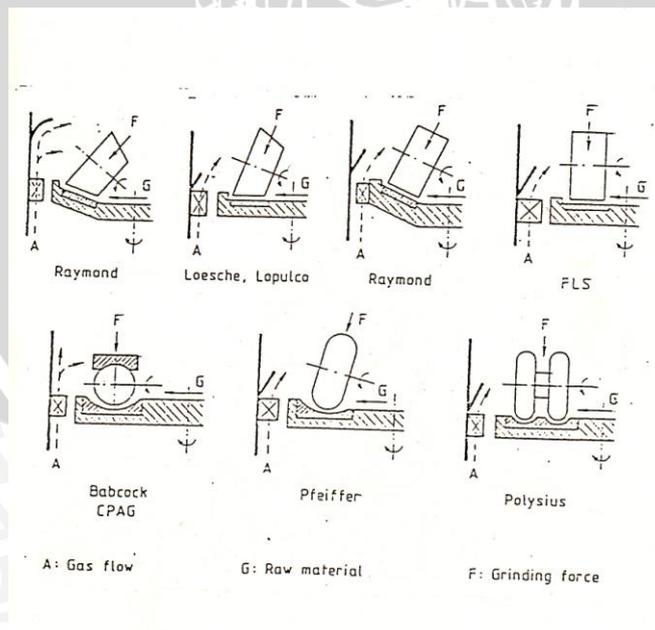




Gambar 2.1 *Roller Mill*
 Sumber : Arsha Putra (1994: 99)

2.2.1 Beberapa Contoh *Roller Mill*

Roller mill yang dipakai ada bermacam-macam bentuk *rollernya* seperti: *cylindrical roller*, *truncated-conical shape* atau mempunyai permukaan yang datar atau cembung tergantung perusahaan pembuatnya. Tekanan oleh *roller* pada *bed material* bisa karena gravitasi dan gaya sentrifugal.



Gambar 2.2 Macam-Macam *Roller* Pada *Roller Mill*
 Sumber : Arsha Putra (1994 : 102)

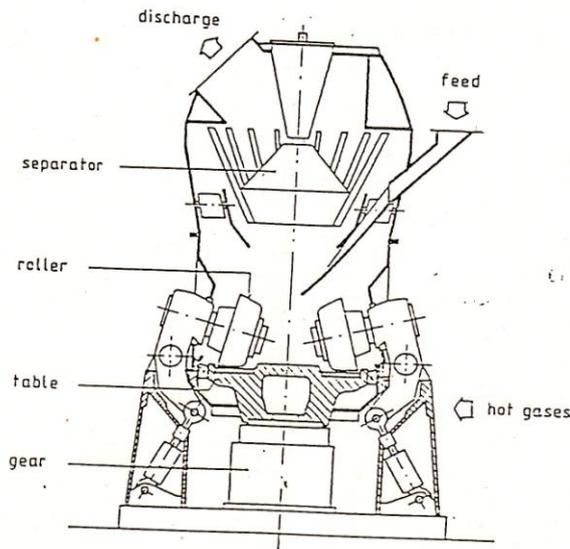
Seperti pada gambar 2.2, material yang digunakan untuk membuat *roller* pada tipe-tipe *mill* tersebut adalah sebagai berikut:

1. Untuk tipe *Raymond Mill*, material yang digunakan adalah *wear resistant steel* atau baja tahan gesek.
2. Untuk tipe *Loesche Mill*, material yang digunakan adalah *mild steel* atau baja karbon rendah.
3. Untuk tipe *FLS Mill*, material yang digunakan adalah *HiCr steel* yang termasuk dalam baja karbon tinggi.
4. Untuk tipe *Babcock Mill*, material yang digunakan adalah *white cast iron*.
5. Untuk tipe *Pfeiffer Mill*, material yang digunakan adalah *chromium alloy cast iron* atau besi tuang paduan unsur krom.
6. Untuk tipe *Polysius Mill*, material yang digunakan adalah keramik.

Untuk berbagai macam tipe *roller*, ada tiga jenis *roller mill* yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Roller Mill* dengan *Conical Mill*

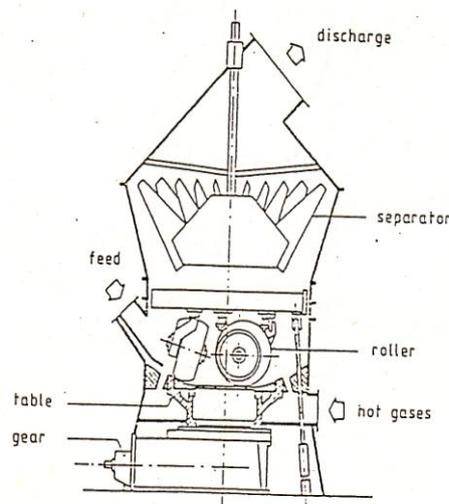
Pada tipe ini, dua atau lebih *rollernya* yang berbentuk tirus dipasang diatas meja giling berputar yang merupakan tempat material yang masuk akan digiling. Contoh dari tipe ini adalah *roller mill* dari Loesche yang mempunyai dua atau lebih *roller* yang berbentuk *conical* (tirus) yang bergerak diatas meja penggiling. Seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Loesche Mill*
 Sumber : Arsha Putra (1994 : 103)

2. *Roller Mill dengan Convex Surface Roller*

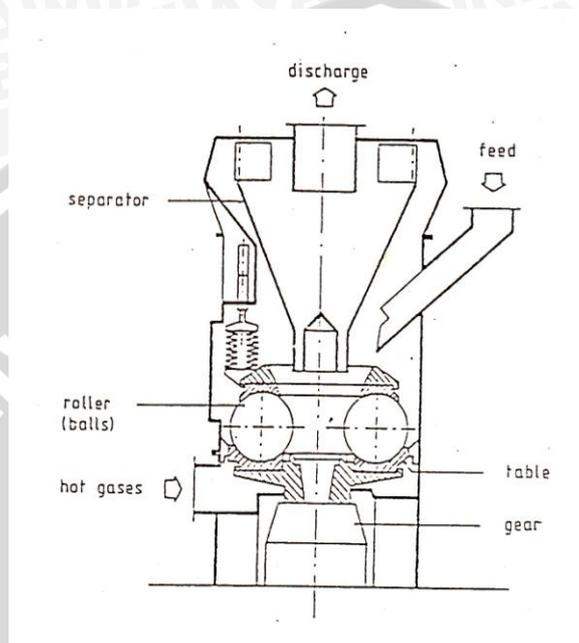
Prinsip kerjanya hampir sama dengan *loesche mill*, yang dilengkapi dengan 3 *roller mill* yang permukaannya cembung. Material yang masuk dari arah samping *roller* dan jatuh ke meja yang berputar sebelum digiling oleh *roller*. Contoh dari tipe ini adalah *Pfeiffer Roller Mill*. Seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Pfeiffer Roller Mill*
 Sumber : Arsha Putra (1994 : 104)

3. Roller Mill dengan Spherical Roller

Tipe ini juga dikenal dengan sebutan “Ring Ball Mill” sebab penggilingannya berupa bola. Material jatuh ditengah dan karena meja berputar menimbulkan gaya sentrifugal sehingga akan bergerak keluar kearah *ball mill*. Contoh dari tipe ini adalah *Babcock Roller Mill*. Seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Babcock Roller Mill*
Sumber: Arsha Putra (1994 : 105)

2.2.2 Gaya-gaya yang Bekerja Pada *Vertical Mill*

Gaya gravitasi, F_G , akan mengarahkan partikel turun dari alat pemisah, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Rumus F_G adalah:

$$F_G = m \cdot g$$

Klumpar (1986: 85) (2.1)

Keterangan:

m = massa partikel (menggunakan rumus $m = \frac{\rho \pi d^3}{6}$) (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

ρ = massa jenis partikel (kg/m^3)

d = diameter partikel (m)

Gaya hambat (F_D) merupakan gaya yang menghambat pergerakan partikel dalam suatu aliran fluida. *Drag Coefficient* (C_D) adalah koefisien hambatan dari suatu objek atau benda yang ada dilingkungan fluida seperti air dan udara. Semakin besar nilai C_D objek atau partikel tersebut, maka gaya hambat (F_D) yang terjadi pada objek atau partikel tersebut semakin besar, sehingga menyulitkan partikel untuk terangkat. Rumus gaya hambat (F_D) adalah:

$$F_D = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot C_D$$

Klumpar (1986: 85) (2.2)

Keterangan:

d = diameter partikel (m)

ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

v = kecepatan udara (m/s)

C_D = koefisien hambat partikel

Gaya sentrifugal *rotor* (F_C) merupakan gaya yang berguna untuk melemparkan partikel ke dinding *mill*. Semakin besar kecepatan sudut (ω) yang diberikan, gaya sentrifugal *rotor* yang dihasilkan semakin besar, sehingga partikel kasarnya akan terlempar menuju dinding *mill*. Rumus F_C adalah:

$$F_C = \frac{m \cdot v_{\alpha}^2}{r}$$

$$F_C = \frac{m \cdot (\omega \cdot r)^2}{r}$$

Klumpar (1986: 85) (2.3)

Keterangan :

m = massa partikel (kg)

ω = kecepatan sudut *rotor air classifier* (rad/s)

r = jari-jari *rotor air classifier* (m)

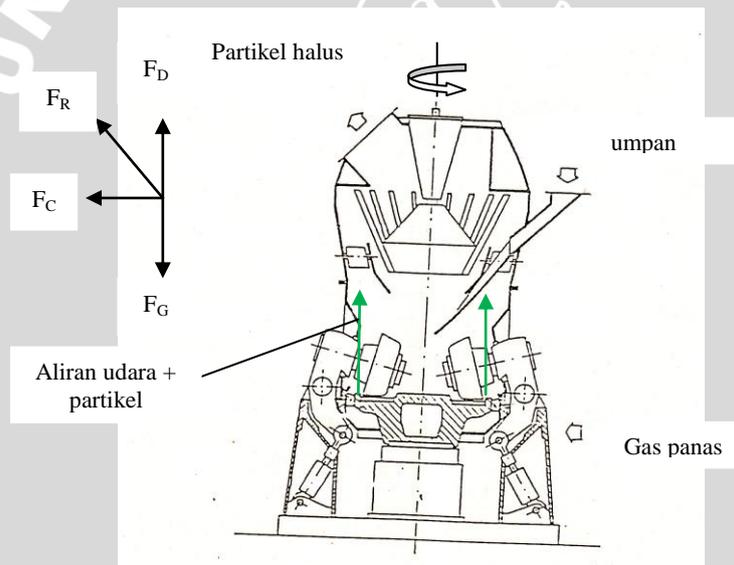
Pada gambar 2.6 terlihat bahwa F_R merupakan resultan antara ($F_D - F_G$) dan F_C . Maka untuk menghitung F_R bisa dirumuskan sebagai berikut:

$$F_R^2 = (F_D - F_G)^2 + F_C^2$$

$$F_R^2 = \left(\left(\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot C_D \right) - (m \cdot g) \right)^2 + \left(\frac{m \cdot (\omega \cdot r)^2}{r} \right)^2$$

$$F_R = \sqrt{\left(\left(\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot C_D \right) - (m \cdot g) \right)^2 + \left(\frac{m \cdot (\omega \cdot r)^2}{r} \right)^2} \quad \text{Klumpar (1986: 85) (2.4)}$$

Pada persamaan 2.4, bila putaran *rotornya* semakin rendah, maka partikel yang terlempar ke dinding *vertical mill* akan semakin sedikit dan partikel yang ditangkap akan memiliki ukuran yang beragam, sehingga produk yang dihasilkan memiliki butiran yang kasar. Jika putaran *rotornya* semakin tinggi, maka partikel kasar akan terlempar ke dinding *vertical mill* kemudian jatuh kebawah untuk digiling kembali. Sedangkan partikel halus akan terbawa oleh aliran udara menuju ruang penyimpanan.



Gambar 2.6 Gaya-gaya yang Bekerja Pada *Vertical Mill*
Sumber: Klumpar (1986: 85)

2.2.2.1 Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut adalah besarnya sudut yang ditempuh per satuan waktu. Satuan SI untuk kecepatan sudut adalah radian per detik. Kecepatan sudut biasanya dinyatakan dalam simbol omega (ω). Kecepatan sudut berhubungan dengan perpindahan sudut dan waktu, dimana rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\theta = \omega \cdot t \quad \text{Sutanto (2013: 4) (2.5)}$$

Keterangan :

θ = perpindahan sudut (rad)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

t = waktu (s)

Pada persamaan 2.5, jika ingin mencari waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran, maka rumusnya sebagai berikut:

$$\theta = \omega \cdot t$$

$$2\pi = \omega \cdot t$$

$$t = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$t = \frac{2\pi}{\frac{2\pi n}{60}}$$

$$t = \frac{60}{n} \text{ (s)}$$

Sutanto (2013: 4) (2.6)

2.3 Air Classifier

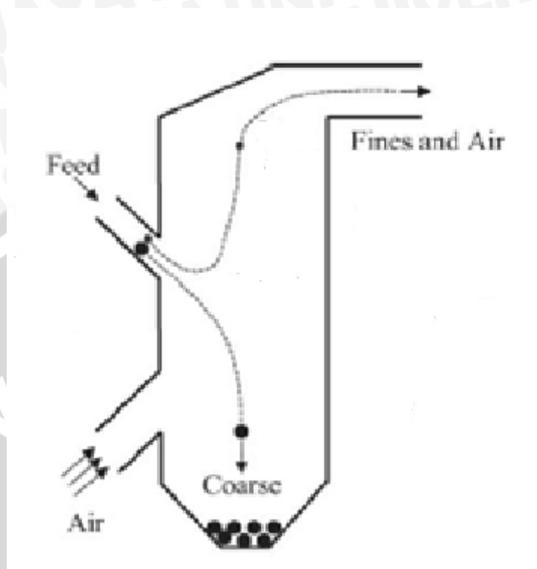
Air classifier adalah mesin yang memisahkan material berdasarkan beratnya. Mesin tersebut bekerja dengan menyuntikkan material yang akan dipisahkan pada ruang pemisahan. Di dalam ruang pemisahan, hambatan udara pada material memasok gaya keatas yang berlawanan dengan gaya gravitasi dan mengangkat material tersebut menuju *air classifier*. *Air classifier* secara umum digunakan dalam proses industri dimana campuran material dalam jumlah besar dengan karakter fisik yang berbeda perlu dipisah secara cepat dan efisien. Salah satu contohnya adalah pabrik daur ulang, dimana material seperti logam, kertas dan plastik yang tercampur bersamaan harus dipisah sebelum diproses lebih lanjut.

2.3.1 Macam – macam Zona Pemisahan Partikel

Dalam sebuah ruangan pada alat pemisah, dimana partikel padat bertemu dengan aliran udara, maka disebut dengan zona pemisahan. Berikut ini merupakan empat dasar zona pemisahan, yaitu:

1. *Gravitational-Counterflow Zone*

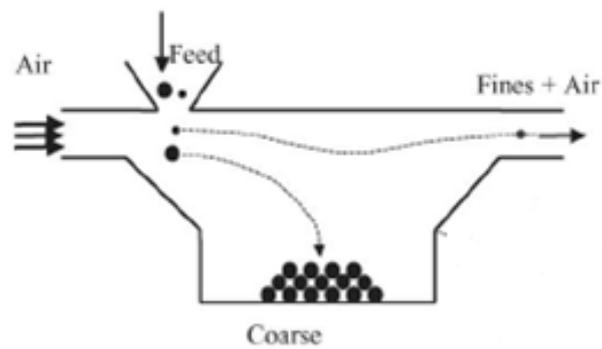
Pada zona ini, udara dihembuskan dari bawah ke atas melawan gaya gravitasi. Pada saat material dimasukkan, partikel kasar akan jatuh kebawah, sedangkan partikel halus akan terbawa keatas bersama aliran udara. Seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Gravitational-Counterflow Zone*
Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 280)

2. *Gravitational-Crossflow Zone*

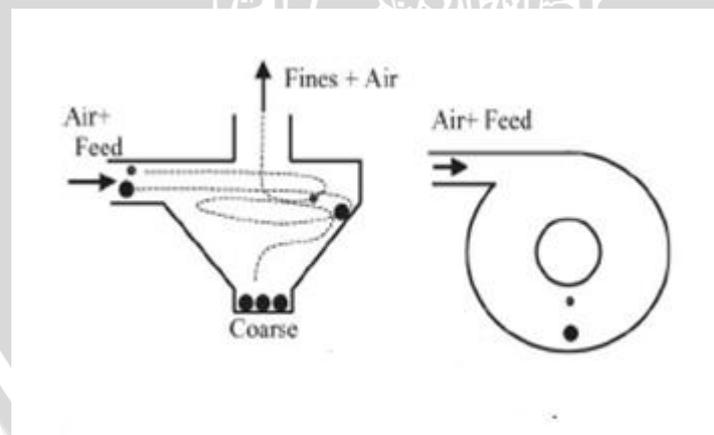
Pada zona ini, aliran udara masuk secara horizontal dan material masuk kebawah menuju ruang pemisahan. Pemisahan terjadi karena partikel-partikel bergerak secara vertikal melewati aliran udara, sehingga setiap partikel jatuh dengan gaya gravitasinya masing-masing. Dengan demikian, akibat dari pergerakan vertikal itulah partikel tersebut jatuh kebawah menuju ruangan yang berbeda. Partikel kasar terletak di dekat saluran masuk dan partikel kecil terletak di dekat saluran keluar. Partikel kasar terkumpul di bagian bawah ruangan, sedangkan partikel halus langsung terbawa oleh aliran udara menuju saluran keluar. Seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Gravitational-Crossflow Zone*
Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 280)

3. *Centrifugal-Counterflow Zone*

Pada zona pemisahan ini ciri-cirinya berupa pusaran udara yang terjadi di dalam ruangan dengan campuran material dan udara masuk pada saluran masuk dan saluran keluar yang terletak di tengah. Pada pusaran ini, udara berputar dan mengalir menuju pusat ruangan. Gerakan udara memutar tersebut berfungsi sebagai proses pemisahan. Partikel kasar bergerak menuju dinding ruangan dimana partikel tersebut jatuh menuju saluran keluar. Partikel halus bergerak menuju pusat ruangan dimana pada akhirnya terbawa oleh aliran udara. Seperti pada gambar 2.9.

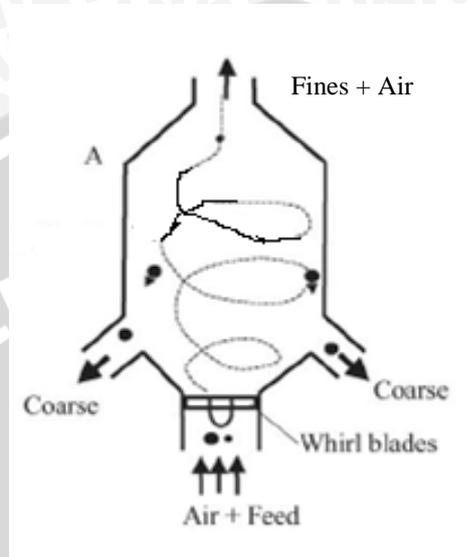


Gambar 2.9 *Centrifugal-Counterflow Zone*
Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 280)

4. *Centrifugal-Crossflow Zone*

Zona ini terdapat didalam ruangan silindris dengan saluran masuk dan keluarnya terletak pada sisi yang berlawanan. Partikel-partikel masuk dengan aliran udara melalui bilah berputar, yang menciptakan aliran seperti sekrup. Partikel berputar

sambil bergeser secara radial menuju dinding. Partikel tersebut bergerak bersamaan sepanjang ruangan dan mencapai dinding pada lokasi yang berbeda. Partikel besar menuju dinding lebih cepat, partikel lebih kecil bergerak mencapai pinggiran di tepi (titik A). Proses pemisahan di *Centrifugal-Crossflow Zone* mirip dengan yang di siklon. Seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Centrifugal-Crossflow Zone*
Sumber : Galperin & Shapiro (2004: 280)

2.3.2 Macam-macam *Air Classifier*

Berikut ini akan dijelaskan macam-macam *air classifier* yang paling umum digunakan saat ini. Yaitu:

1. *Gravitational Air Classifier*

Untuk jenis ini, dibedakan lagi menjadi 2 yaitu:

a. *Counterflow classifiers with vertical (rising) flows*

Air classifier jenis ini dibuat sebagai ruangan vertikal yang memiliki aliran udara keatas dengan partikel yang masuk dari atas atau dari arah samping. Jenis ini dibuat dengan biaya murah dan memiliki konstruksi dan perawatan yang sederhana, namun memiliki satu kekurangan, yaitu partikel yang masuk memecah aliran udara, sehingga menciptakan aliran turbulen secara signifikan. Akibatnya, partikel kasar mencegah partikel halus untuk naik keatas bersama aliran udara. Untuk jenis ini hanya digunakan untuk pemisahan material berupa debu kasar yang mengandung dua jenis butiran yang berbeda, misalkan pasir kasar atau kerikil.

b. *Crossflow classifiers with horizontal air stream*

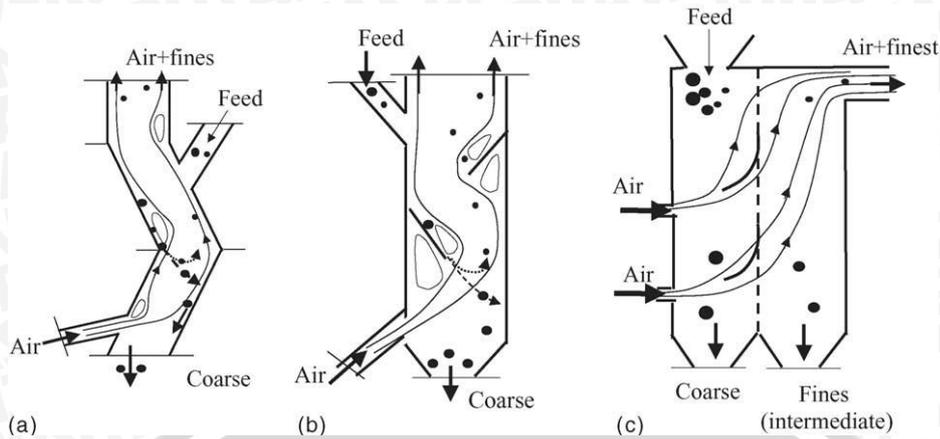
Alat pemisah ini bekerja karena terdapat perbedaan lintasan antara partikel kasar dan partikel halus pada zona pemisahan. Dalam kebanyakan kasus, partikel kasar mencegah pemisahan partikel halus. Efisiensi pemisahan pada alat jenis ini biasanya rendah. Seperti pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Crossflow classifiers with horizontal air stream*
Sumber: Hachmeister (2009: 1)

2. *Cascade air classifier*

Jenis ini dikenal sebagai *zigzag classifier* karena melewati pipa bercabang miring yang diatur untuk membentuk saluran *zigzag*. Udara mengalir dari bawah membawa material masuk dari atas pada arah yang berlawanan. Daerah aliran di dalam ruang pemisah menimbulkan pusaran menuju titik putar, dimana partikel halus terbawa aliran udara dan partikel kasar melawan aliran udara dan jatuh kebawah. Proses pemisahannya terjadi pada saat aliran udara bertabrakan dengan partikel kasar. Seperti pada gambar 2.12.



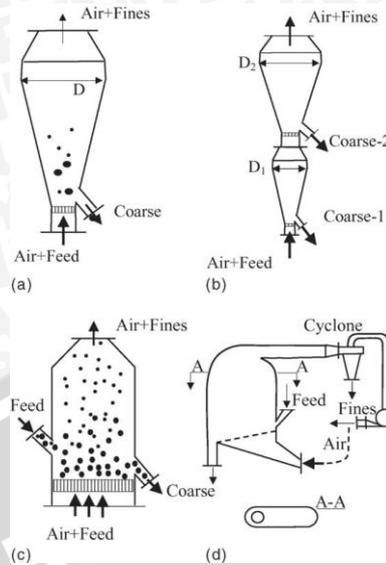
Gambar 2.12 Cascade Classifier (a) zigzag, (b) Shelf classifier, (c) horizontal scavenging

Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 281)

3. Fluidized Bed Classifier

Pada jenis ini, proses pemisahan terjadi di dalam ruang diatas *fluidized bed* yang mana partikel halus nya terbawa oleh aliran udara. Alat pemisah ini bekerja dengan menggunakan prinsip pemisahan *gravitational counterflow*. Partikel kasar dapat bergerak secara horizontal melewati *bednya*.

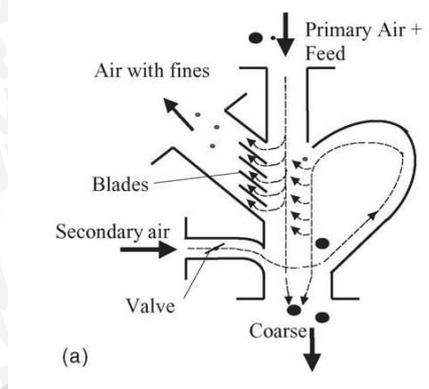
Fluidized Bed Classifier ini memiliki bentuk yang lurus atau melebar. Pada jenis yang terakhir ini terdiri dari ruangan mengerucut (*conical chamber*) dengan kisi-kisi berpori untuk partikel masuk dari bawah. Untuk saluran pipa masuk dan keluar dan sebuah cabang untuk partikel kasar. Kecepatan udara yang terjadi pada lubang cukup tinggi agar semua partikel bergerak naik keatas *cone*. Partikel kasar akan jatuh kebawah menuju kisi-kisi dan partikel halus terbawa aliran udara keatas. Seperti pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Fluidized Bed Classifier*: (a) sistem satu tingkat, (b) sistem dua tingkat, (c) dan (d) *continous operation*
Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 283)

4. *Inertial Air Classifier*

Alat pemisah ini digunakan untuk memisahkan partikel dengan ukuran 40 – 400 μm . Campuran udara dan partikel masuk dari atas dan jatuh menuju saluran pipa masuk. Udaranya berubah tiba-tiba menuju saluran pipa keluar sekitar 45 - 50° dan membawa partikel halus. Partikel kasar dialirkan langsung kebawah karena gaya inersia yang tinggi menuju pipa pembuangan. Dalam perjalanannya, material ini mengalami pemisahan berulang dalam aliran udara sekunder membawa partikel halus menuju ruangan melengkung. Lalu keluar melalui saluran pipa keluar dengan bilah yang dipasang untuk distribusi udara yang lebih baik. Seperti pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Franken/Buell gravitational-inertial classifier
 Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 283)

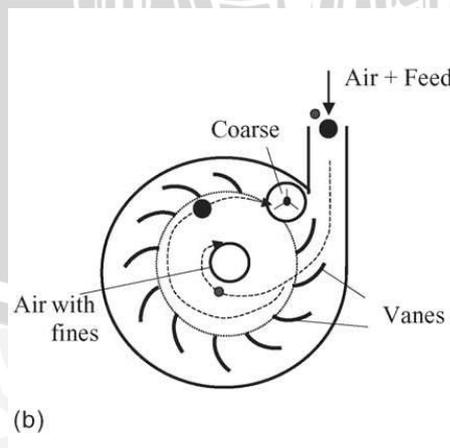
5. Centrifugal Air Classifier

Dua jenis utama dari alat pemisah ini dibedakan oleh metode terbentuknya putaran udara. Pada *vortex classifier*, udara diputar oleh baling-baling stasioner (atau pipa tangensial), pada *rotor classifier*, hal ini dilakukan oleh bilah yang berputar. Alat pemisah yang terakhir mempunyai siklus aerodinamis terbuka atau tertutup.

a. Vortex Air Classifier

Alat pemisah ini memiliki zona pemisah yang melawan arah gravitasi (*Gravitational-Counterflow Separation Zone*). Salah satu jenis alat pemisah ini memiliki ruang pusaran. Udara yang mengandung partikel masuk melewati sudu-sudu, dimana udara membawa partikel halus keluar. Partikel kasarnya tertarik menuju daerah dinding dan keluar melalui saluran keluar *screw*.

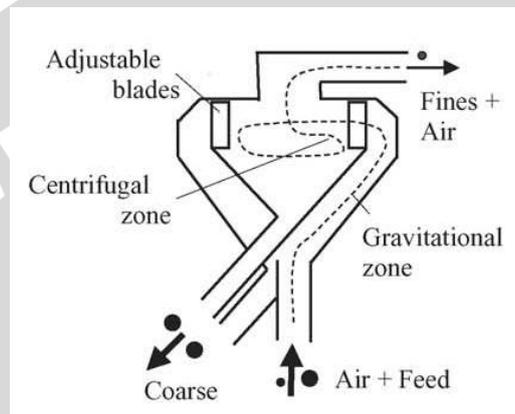
Seperti pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Vortex Air Classifier
 Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 283)

b. *Gravitational-centrifugal air classifier*

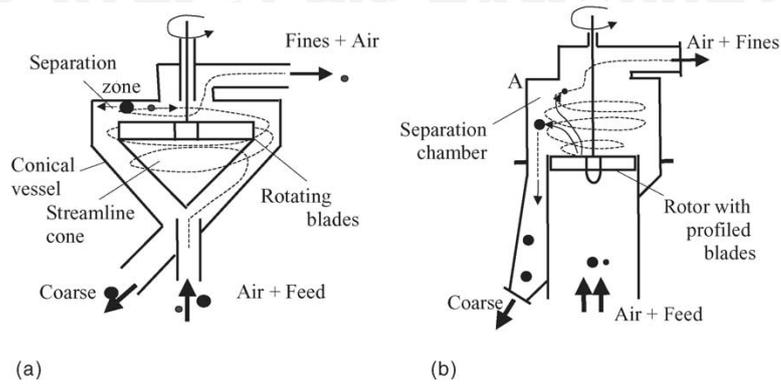
Jenis ini merupakan alat pemisah dua tingkat yang memiliki zona pemisahan sentrifugal dan gravitasional. Material memasuki alat pemisah pada aliran udara menuju *cone* yang melebar, dimana partikel paling kasar dipisah oleh proses pemisahan secara gravitasional. Aliran udara dengan sisa partikelnya bergerak menuju zona sentrifugal melalui bilah yang sudutnya bisa diubah untuk mengatur ukuran partikel. Partikel halus terbawa oleh aliran udara, sedangkan partikel kasar bergerak menuju dinding dan turun ke saluran keluar. Seperti pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 *Gravitational-centrifugal air classifier*
Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 283)

c. *Rotor Classifier*

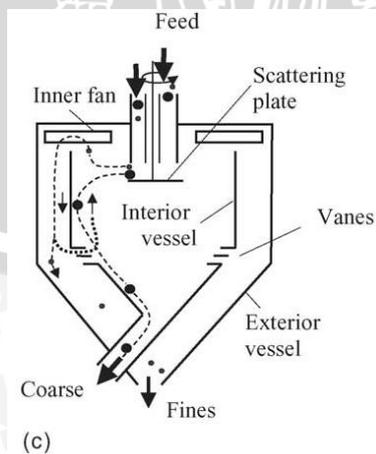
Pada jenis ini bekerja dengan memanfaatkan putaran bilahnya untuk sirkulasi udara. Udara yang mengandung partikel masuk dari bawah dan naik keatas menuju saluran mengerucut, yang terdapat *drive-activated rotor* dengan *cone* dan bilah yang berputar. Bilah-bilah ini memutar udara untuk menciptakan zona pemisahan sentrifugal berlawanan arah (*Centrifugal-Counterflow Separation Zone*) di bagian atas saluran. Seperti pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 (a) *Rotor Classifier*, (b) *Classifier with Profiled Blade*
 Sumber : Galperin & Shapiro (2004: 284)

d. *Circulating Air Classifier*

Pada jenis ini, partikel memasuki alat pemisah dari bagian atas menuju bagian pelatnya yang tersebar didalam saluran interior oleh pelat berputar. Disana partikelnya berputar dan bergerak ke pinggiran. Kipasnya menciptakan aliran udara bersirkulasi yang naik didalam saluran interior dan turun didalam ruang tengah diantara dua saluran interior dan eksterior. Aliran udaranya kembali ke saluran bagian dalam melewati baling-baling. Partikel kasar jatuh menuju saluran bagian dalam yang dipisahkan seperti pada *Centrifugal-Crossflow Separation Zone*. Ketika udara secara tiba-tiba berputar menuju kipasnya, partikel halus mengalir kebawah menuju saluran keluaranya. Pergerakan udara dan partikel didalam ruang tengah mirip dengan yang ada di siklon. Seperti pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 *Circulating Air Classifier*
 Sumber: Galperin & Shapiro (2004: 284)

2.4 Particle Size Distribution

Particle Size Distribution (PSD) adalah suatu metode pengukuran untuk menentukan dan memberikan informasi tentang ukuran dan rentang nilai dari suatu material yang akan diuji. Analisa PSD dari suatu material merupakan hal yang penting dalam memahami sifat fisik dan kimianya. Hal itu dapat mempengaruhi reaktivitas material tersebut pada reaksi kimia dan perlu dikontrol secara ketat dalam berbagai produk industri, contohnya adalah tinta *printer* dan semen.

Berikut ini dijelaskan tentang macam-macam teknik pengukuran *Particle Size Distribution* yaitu:

1. Sieve Analysis

Metode ini dilakukan hanya dengan mengayak sampel pada ayakan hingga ada sebagian sampel yang tertinggal dalam jumlah sedikit atau banyak.

Kerugiannya adalah untuk ayakan yang sangat halus, seperti pada ayakan dengan ukuran $37\mu\text{m}$, ayakannya sangat rapuh dan sangat sulit untuk mendapatkan material yang bisa lolos melewati ayakan tersebut.

2. Air elutriation analysis

Metode ini merupakan proses untuk memisahkan partikel berdasarkan beratnya. Metode ini menggunakan aliran udara yang mengalir keatas, yang biasanya berlawanan dengan arah pengendapan partikel. Untuk partikel halus nya akan terbawa aliran udara keatas.

3. Photoanalysis

Material saat ini bisa dianalisa melalui *photoanalysis*. Tidak seperti analisa ayakan yang butuh waktu lama, teknik ini mengambil foto dari sampel material untuk diukur dan menggunakan software untuk menganalisa fotonya, hasilnya dapat diketahui secara cepat dan tepat.

4. Optical counting methods

Metode ini mempunyai cara kerja yaitu menganalisa butiran partikel pada sampel satu per satu. Jika pada saat proses analisa terdapat partikel yang saling menempel, hal itu bisa mempengaruhi hasil dari distribusi sampelnya.

5. Electroresistance counting methods

Metode ini mempunyai cara kerja yang sama dengan *optical counting methods* yaitu dengan menganalisa butiran partikel pada sampel satu per satu. Keuntungan dari teknik ini adalah partikel sampel dengan ukuran sangat kecil bisa diketahui. Kerugian dari teknik ini adalah sampel harus tercampur dalam media cair.

2.5 Batu Kapur (*Limestone*)

Batu kapur adalah batuan sedimen yang utamanya terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3) atau karbonat ganda dari kalsium dan magnesium (*dolomite*). Pada umumnya terdiri dari bahan fosil kecil, potongan cangkang dan puing-puing fosil lainnya. Fosil-fosil ini sering terlihat jelas pada pemeriksaan jarak dekat pada permukaan batu kapurnya, namun hal ini tidak selalu terjadi. Beberapa macam batu kapur memiliki butiran yang sangat halus.

Batu kapur biasanya berwarna abu-abu, tetapi bisa juga berwarna putih, kuning atau coklat. Batu kapur termasuk batuan lunak.

2.5.1 Klasifikasi Batu Kapur (*Limestone*)

Dalam upaya untuk meningkatkan keakuratan dalam mengidentifikasi kategori umum batu kapur, berikut ini terdapat penjelasan dari jenis-jenis batu kapur yang paling umum, yaitu:

1. *Calcarenite*

Calcarenite terdiri dari kalsit dengan butiran berukuran pasir yang terbentuk oleh fosil-fosil kecil, potongan kerang dan puing-puing fosil. Beberapa *calcarenite* mengandung *oolites* dan jika *oolites* ada dalam jumlah yang cukup, batuan tersebut dinamakan batu kapur *oolite*. Batu kapur *oolite* merupakan sub-kategori dari *calcarenite*.

2. *Coquina*

Coquina terdiri dari kerang yang belum berubah dan mentah, yang seringkali dalam jumlah besar. Pada umumnya, batuan ini sangat kasar dan berpori dan seringkali terdiri dari tiram dan potongan-potongan kerang laut.

3. *Dolomite*

Dolomite adalah batuan sedimen karbonat yang terdiri dari kalsium dan magnesium karbonat. Biasanya disebut juga “batu kapur magnesium” karena mengandung 5 – 40% magnesium karbonat.

4. *Microcrystalline Limestone*

Microcrystalline Limestone merupakan batu kapur yang memiliki struktur Kristal yang sangat kecil, hingga tidak bisa dilihat tanpa pembesaran melalui mikroskop.

5. *Oolitic Limestone*

Oolitic Limestone adalah batuan kapur yang terikat oleh kalsit yang terdiri dari potongan kerang dan secara praktis mempunyai karakter yang non-kristal. Secara

umum tanpa pecahan dan memiliki tekstur dan komposisi yang seragam. *Oolitic Limestone* dapat menyesuaikan dengan perubahan suhu.

6. *Travertine*

Travertine merupakan batuan kapur yang terdiri dari kalsium karbonat yang biasanya memiliki warna yang cerah. *Travertine* bisa sangat berpori atau bersel-sel. Batuan ini biasanya terletak di endapan di air tanah.

2.5.2 Sifat-sifat Mekanis Batu Kapur (*Limestone*)

Sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh batu kapur adalah sebagai berikut:

1. Massa Jenis (*Density*)

Massa jenis adalah ukuran dari massa bahan per satuan volume. Batu kapur mempunyai massa jenis antara $2,6 \text{ gr/cm}^3$ (James, 2013:1).

2. Kekuatan Tekan (*Compressive Strength*)

Kekuatan tekan adalah ukuran dari sejumlah kekuatan tekan bahan yang dapat menahan beban per satuan luas sebelum bahan tersebut mengalami retak atau patah. Batu kapur dolomit mempunyai kekuatan tekan antara $60 - 170 \text{ N/mm}^2$ (James, 2013:1).

3. Kekerasan (*Hardness*)

Untuk mengetahui kekerasan batu kapur digunakan metode *Mohs hardness*. *Mohs hardness* merupakan metode pengukuran ketahanan suatu material terhadap goresan. Skala Mohs adalah ukuran kekerasan berdasarkan peringkat dari bahan yang berbeda. Pada skala kekerasan Mohs, batu kapur terletak antara nilai 3 – 4 (James, 2013:2).

2.6 Hipotesa

Semakin tinggi putaran *rotor air classifier* yang diberikan, maka gilingan batu kapur yang dihasilkan akan semakin halus. Hal ini disebabkan semakin tinggi putaran *rotor air classifier* yang diberikan, partikel kasar yang tersapu semakin banyak, sehingga hanya partikel halus yang lolos putaran *rotor air classifier* dan pada saat diuji dengan ayakan *mesh 200*, partikel yang lolos ayakan tersebut juga semakin meningkat.