

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Nezekiel (2009), melakukan penelitian tentang pengaruh proses perpindahan panas pada tanur klin terhadap kualitas hasil semen. Pada penelitian tersebut yang diteliti adalah pengaruh suhu pada tanur menggunakan panas yang dihasilkan pada pembakaran batubara dengan variabel suhu 1000^0 - 1500^0 . Dari percobaan tersebut didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi suhu panas pada tanur klin, maka kualitas semen yang dihasilkan semakin baik. Hal ini dikarenakan oleh semakin sedikitnya kandungan air pada proses penggilingan semen.

Prabowo (2012), meneliti tentang pengaruh bukaan *dampier* terhadap aliran udara panas pada tungku pembakaran. Pada penelitian tersebut yang diamati adalah *dampier* dengan variasi bukaan 15% dan 30%. Dari penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa bukaan *dampier* mempengaruhi jumlah aliran udara yang masuk kedalam tungku pembakaran. Semakin besar bukaan *dampier* maka aliran udara panas yang mengalir semakin banyak.

Irianto (2010) melakukan penelitian tentang optimasi pemisahan di unit penggilingan semen. Pada penelitian tersebut yang diamati adalah kecepatan udara pada separator sebagai alat pemisahan produk semen. Dengan optimasi *separator* tersebut, kehalusan produk semen dapat dikendalikan lebih mudah dan stabil.

Dengan adanya penelitian sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan yang bertujuan untuk mendapatkan tingkat kehalusan semen terbaik dengan cara membuka bukaan *dampier* pada *vertical mill*.

2.2. Definisi Semen

Semen (*cement*) adalah hasil industri pengolahan dari paduan bahan baku antara batu kapur atau batu gamping sebagai bahan utama dan lempung atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (*bulk*). Batu kapur atau batu gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa kalsium oksida (CaO), sedangkan lempung atau tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa: silika oksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3) dan magnesium oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk *clinker*, yang kemudian dihancurkan dan

ditambah dengan gips (*gypsum*) dalam jumlah yang sesuai. Hasil akhir dari proses produksi dikemas dalam kantong/zak dengan berat rata-rata 40 kg atau 50 kg. Untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik, pada proses produksi sangat dipengaruhi oleh:

- komposisi bahan baku atau material semen
- Partikel *Size* atau kehalusan semen
- Kadar air pada semen

2.3. Bahan Baku Pembuatan Semen

Bahan baku pembuatan semen terdiri dari dua komponen yaitu bahan baku utama dan bahan tambahan. Bahan baku adalah suatu material dasar yang digunakan dalam menciptakan suatu produk. Bahan baku utama yang digunakan adalah batu kapur (CaCO_3) dan tanah liat (Al_2O_3). Sedangkan bahan penolong yaitu: pasir silica (SiO_2), pasir besi (Fe_2O_3) dan gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

2.3.1 Bahan Baku Utama

1. Batu Kapur/*Limestone* (CaCO_3)

Berdasarkan kandungannya, batu kapur dapat dibagi 3 kelompok, yaitu : Batu Kapur Kadar Tinggi (*High Grade*). Kandungan CaCO_3 nya tinggi, lebih dari 93%, MgO maksimal 2%, bersifat rapuh, H_2O maksimal 5%. Batu Kapur Menengah (*Middle Grade*). Kandungan CaCO_3 88% – 92%, bersifat kurang keras. Batu Kapur Kadar Rendah (*Low Grade*). Kandungan CaCO_3 85%-87%, bersifat keras. Batu kapur yang digunakan adalah batu dengan kadar tinggi dan menengah ($\text{CaCO}_3 > 88\%$). Adapun komposisi batu kapur secara umum ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 7-10%
- *Bulk density* : 1,3 ton/m³
- *Spesifik Gravity* : 2,49
- Kandungan CaO : 47-56%
- Kuat tekan : 31,6 N/mm² (Daya tahan terhadap gaya tekan)
- Silika ratio : 2,6

2. Tanah Liat/*Clay*

Semua jenis tanah liat adalah hasil pelapukan kimia yang disebabkan adanya pengaruh air dan gas CO₂ dari batuan adesit, granit. Batu-batuan ini menjadi bagian yang halus, tidak larut dalam air dan mengendap berlapis-lapis, lapisan ini tertimbun tidak beraturan. Tanah liat bercampur dengan material lain antara lain Besi Oksida, Kalium Oksida, Natrium Oksida, Phosphor Oksida dan bahan Organik. Sifat dari tanah liat bila dipanaskan atau dibakar akan memampat dan menjadi keras.

Adapun komposisi tanah liat yang digunakan secara umum ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Sifat fisik tanah liat:

- Fase : Padat
- Warna : Coklat Kekuningan
- Kadar air : 8-25%
- Bulk density : 1.7 ton/m³
- Spesifik Grafity : 2,36
- Silika ratio : 2.9
- Alumina ratio : 2,7

2.3.2 Bahan Tambahan

1. Pasir Silika

Pasir silika berfungsi sebagai pembawa oksida silica dengan kadar air yang cukup tinggi yaitu sekitar 90-95 %. Depositnya berbentuk gunung-gunung pasir silika dan berkadar sekitar 90 %. Semakin murni pasir silika akan semakin putih warnanya dan biasa disebut pasir kuarsa jika mencapai 98,5 – 98 %. Warna pasir silika dipengaruhi oleh adanya kotoran seperti Oksida Logam dan bahan Organik. Pasir silika ini digunakan sebagai bahan tambahan pada pembuatan semen.

Spesifikasi pasir silika :

- Fase : padat
- Warna : coklat kemerahan
- Kadar air : 6 %
- Bulk density : 1,45 ton/m³
- Spesifik grafity : 2,37
- Silika ratio : 5,29

2. Gips / *Gypsum*

Gypsum ini yang pada umumnya terdapat di gunung-gunung disekitar gunung gamping (kapur) adalah bahan *sediment* yang mengandung 2 molekul hidrat. Bahan ini ditambah setelah campuran bahan mentah dibakar menjadi terak. Penambahan *gypsum* dilakukan pada penggilingan akhir.

Spesifikasi *gypsum* :

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 10%
- Bulk density : 1,7 ton / m³

2.4 Jenis-Jenis Produk Semen

1. Semen Abu atau semen *Portland*

Semen *Portland* adalah bubuk/bulk berwarna abu kebiru-biruan, dibentuk dari bahan utama batu kapur/gamping berkadar kalsium tinggi yang diolah dalam tanur yang bersuhu dan bertekanan tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini berdasarkan prosentase kandungan penyusunannya terdiri dari 5 tipe, yaitu tipe I sampai tipe V. Sedangkan **PT. Tri Arta Aditama** memproduksi semen *Portland* tipe I. Semen *Portland* tipe I adalah perekat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Jenis-jenis semen *Portland* adalah sebagai berikut.

- a. Semen *Portland Type I (Ordinary Portland Cement)* dipakai untuk keperluan konstruksi bangunan biasa yang tidak memerlukan persyaratan khusus, seperti bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung sekolah dan perkantoran, bangunan pabrik, gedung bertingkat, dan lain-lain.
- b. Semen *Portland Type II (Moderate Heat Semen)* dipakai untuk keperluan beton yang memerlukan ketahanan sulfat atau panas hidrasi sedang. Biasanya semen ini digunakan untuk bangunan pinggir laut (pelabuhan), aliran irigasi, landasan jembatan, bangunan di bekas tanah rawa, beton massa untuk dam-dam.
- c. Semen *Portland Type III (High Early Strength Cement)* dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan tinggi pada fase permulaan

setelah pengikatan terjadi. Biasanya digunakan untuk daerah yang bersuhu dingin, bangunan bertingkat, dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

d. Semen *Portland Type IV (Low Heat Cement)* penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah karena mengandung C4AF dan C2S lebih banyak. Pengerasan dan perkembangan kekuatannya lambat. Digunakan untuk bangunan di daerah panas, pembuatan beton atau konstruksi berdimensi tebal.

e. Semen *Portland Type V (Sulfate Resistance Cement)* semen portland dengan daya tahan sulfat yang tinggi termasuk tahan terhadap larutan garam sulfat dalam air. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang pengaruh gas atau uap kimia yang agresif dan bangunan yang selalu berhubungan dengan air panas.

2. Semen Putih (*gray cement*)

Semen Putih (*gray cement*) adalah semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*), seperti sebagai filer atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) limestone murni.

3. *Oil Well Cement*

Oil Well Cement atau semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.

4. *Mixed & Fly Ash Cement*

Mixed & Fly Ash Cement adalah campuran semen abu dengan Pozzolan buatan (*fly ash*). Pozzolan buatan (*fly ash*) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batubara yang mengandung aluminium oksida, besi oksida dan oksida lainnya dalam variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton, sehingga menjadi lebih keras.

2.5 Proses Pembuatan Semen

2.5.1 Proses Basah

Pada proses ini, bahan baku dipecah kemudian dengan menambahkan air dalam jumlah tertentu serta dicampurkan dengan luluhan tanah liat. Pada proses basah semua bahan baku yang ada dicampur dengan air, dihancurkan dan diupkan kemudian dibakar dengan menggunakan bahan bakar minyak, bakar (*bunker crude oil*). Proses ini jarang digunakan karena masalah keterbatasan energi bahan bakar minyak.

2.5.2 Proses Kering

Pada proses ini bahan baku diolah (dihancurkan) di dalam *RawMill* dalam keadaan kering dan halus, dan hasil penggilingan (tepung baku) dengan kadar air 0,5-1% dikalsinasi dalam rotari kiln. Proses ini menggunakan panas sekitar 1500-1900°C *clinker*.

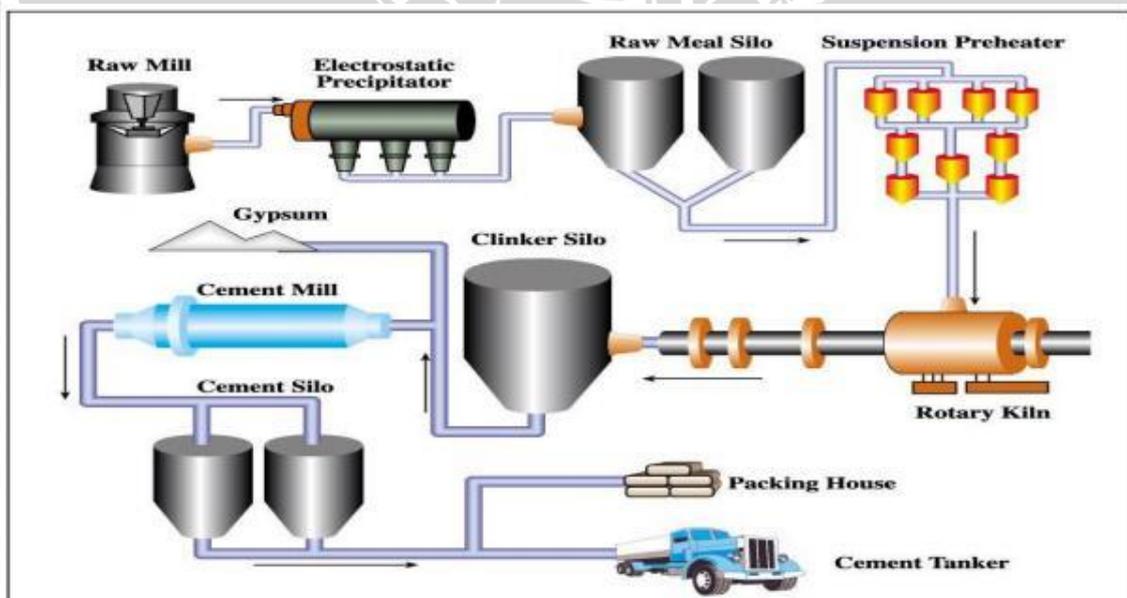
2.5.3 Perbandingan Proses

Tabel 2.1 Pembanding Proses Pembuatan Semen

Nama Proses	Proses Pembanding	
	Keuntungan	Kerugian
Proses Basah	Keuntungan yang didapat pada proses ini diantaranya adalah umpan yang didapat lebih homogen, sehingga semen yang dihasilkan juga lebih baik, tidak dipengaruhi oleh fluktuasi kadar air, serta debu yang dihasilkan relatif sedikit.	Kerugian yang didapat pada proses ini diantaranya adalah penggunaan bahan bakar yang lebih banyak dan membutuhkan air yang cukup banyak, tanur yang digunakan terlalu panjang karena memerlukan zone dehidrasi yang lebih panjang untuk mengendalikan kadar air, serta biaya produksi yang lebih mahal.
Proses Kering	Keuntungan yang didapat pada proses ini diantaranya ialah tanur yang digunakan terlalu pendek, pemakaian bahan bakar yang relatif lebih sedikit dan efisien dan membutuhkan air yang relatif lebih sedikit pula, serta kapasitas produksi yang lebih besar.	Kerugian yang terdapat pada proses ini diantaranya adalah campuran umpan kurang homogen dibandingkan dengan pada proses basah sehingga mutu semen yang dihasilkan kurang baik,serta banyak menimbulkan debu yang dihasilkan sehingga dibutuhkan alat penangkap debu.

Proses pembuatan semen dimulai dari penambangan bahan mentah yang menjadi bahan baku pembuat semen, yaitu batu kapur dan tanah liat. Setelah itu dilakukan proses pemecahan dan penghancuran (*Crusher*). Bahan baku yang telah halus diangkut ketempat penyimpanan (*Limestone Storage* dan *Clay Storage*) dan dicampurkan dengan pasir Silika dan Pasir Besi untuk dijadikan *Raw Meal*. *Raw Meal* ini yang akan di giling di dalam *Raw Mill* setelah mengalami proses pengeringan dan hasilnya disimpan kedalam *Raw Material Storage Silo*.

Proses berikutnya adalah proses pembakaran, dimana sebelumnya sudah dilakukan pemanasan awal di *Preheater* dan dilanjutkan dengan pembakaran di *Kiln* dengan menggunakan *boiler* pembakaran untuk mendapatkan *Clinker*. Setelah itu dilakukan proses pendinginan terlebih dulu sebelum *Clinker* disimpan di *Storage*. Proses selanjutnya adalah penggilingan *Clinker* dengan menggunakan *Vertical Mill* sebagai alat penggilingan akhir. Penambahan bahan baku penolong seperti *Gypsum* dilakukan sebelum memasukkan *Clinker* ke *Vertical Mill*. Hasil dari penggilingan *Clinker* dan *Gypsum* yang halus dan sudah sesuai spesifikasi akan dipindahkan menuju *Dust Collector*. Selanjutnya dipisahkan dari udara dan kemudian masuk kedalam silo akhir. Kemudian di lakukan pengantongan (*packing home*) dan siap dijual ke konsumen.



Gambar 2.1 Proses Pembuatan Semen

Sumber : Fatimah (2007:93)

2.6 Tingkat Kehalusan Semen

Dalam ukuran berat atau volume yang sama, jika partikel semen semakin halus, akan menciptakan luas permukaan semakin besar, dengan demikian semen yang memiliki distribusi partikel yang lebih halus akan memberikan laju reaksi hidrasi yang lebih cepat, atau dengan kata lain akan mempercepat pencapaian kekuatan semen yang diinginkan. Tingkat kehalusan partikel semen dinyatakan sebagai luas permukaan spesifik dalam satuan (m^2/kg). Tingkat kehalusan partikel diukur dengan menggunakan metode *Sieve* ayakan no.325 (45 *micron*) ASTM C430. Sekitar 85-95 % partikel semen berukuran dibawah 45 *micron*. Kekuatan semen dan kecepatan hidrasi pasta semen tergantung pada kehalusan butir-butir semen. Makin halus semen tersebut, makin cepat bereaksi dengan air dan kekuatan semen makin bertambah.

2.7 Vertical Mill

Perbedaan prinsip antara *tube mill* dan *vertical mill* adalah media penggilingnya. Pada *tube mill* menggunakan gaya tumbukan (*impact force*) dari grinding media, sedangkan pada *roller mill* menggunakan gaya tekan *roller* terhadap meja putar. Penggilingan terjadi karena material bergerak ke arah 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 kearah atas *mill*.

Pada bagian atas *mill* terdapat alat pemisah (*classifier*) yang akan memisahkan material kasar dan halus. *Classifier* ini bekerja karena adanya gaya isap yang dihasilkan oleh *blower*. sehingga dapat mengangkat material yang sudah halus.

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



1. Mill feed gate
2. Mill casing
3. Grinding table
4. Set of rollers
5. Rollers hydraulic system
6. Nozzle & armored ring
7. Separator
8. Motor, clutch, reducer
9. Material external recirculation
10. Mill outlet duct

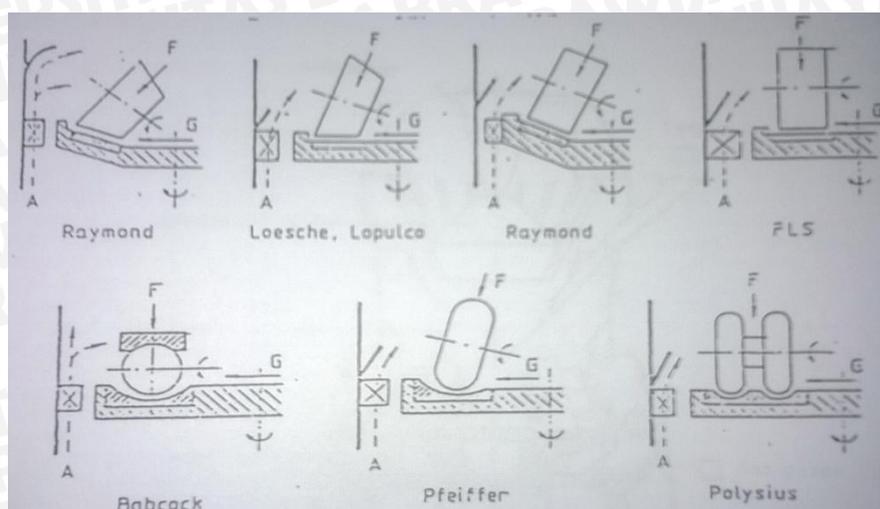
Gambar 2.2 *Vertical Mill* dan Keterangan

Sumber : Rostaman (2012 : 27)

2.8 Jenis-jenis *Roller Mill*.

Roller mill yang dipakai di industri semen 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, gaya sentrifugal, tekanan per(*spring*), gaya hidrolik, dan sebagainya.

beberapa tahun terakhir ini, *roller mill* berkembang cukup pesat dengan kapasitas yang besar untuk *raw material* dan *coal* bahkan dikembangkan untuk terak (*clinker*).



Gambar 2.3 Macam-Macam roller pada vertical mill

Sumber : Arsha (1994:102)

Seperti pada gambar 2.3, material yang digunakan untuk membuat roller pada tipe-tipe mill tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan pada tipe *Raymond Mill* adalah *wear resistant steel* atau baja tahan gesek
2. Pada *Loesche Mill*, material yang digunakan adalah *mill steel*. Namun pada skala perindustrian, material yang biasa digunakan adalah keramik MMC (*Metal Matrix Composite*)
3. Material yang digunakan pada tipe *FLS Mill* adalah *HiCr steel* yang sering disebut sebagai baja karbon tinggi.
4. Material yang digunakan pada tipe *Babcock Mill* adalah *high chromium molybdenum, white-iron Alloy-ASTM standart AS 32 class II, tipe D*.
5. Material yang digunakan pada tipe *Pfeiffer Mill* adalah *chromium alloy cast iron* atau besi tuang paduan unsur krom.
6. Material yang digunakan pada tipe *Polysius Mill* adalah *chrome chilled casting, hardfacing, ceramic material*.

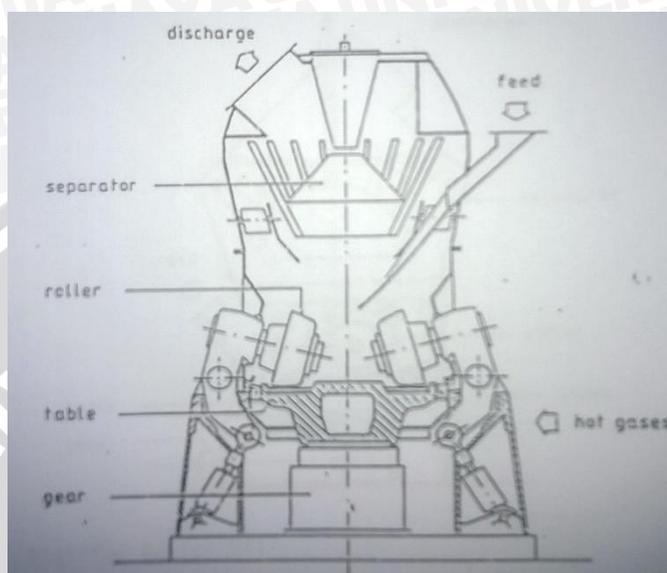
Terdapat beberapa macam tipe roller yang biasa digunakan. Tiga jenis roller mill yang akan di jelaskan sebagai berikut:

1. Roller Mill dengan Conical Mill

Seperti pada gambar 2.4 pada tipe ini, dua atau lebih rollernya yang berbentuk tirus dipasang diatas meja giling berputar yang merupakan tempat material yang masuk akan digiling. Roller nya dipasang pada lengan putar dimana roller tersebut bisa diayun

keluar untuk proses perbaikan. Tekanan *rollnya* dari per spring untuk kapasitas kecil dan hidrolis untuk kapasitas besar.

Contoh dari tipe ini adalah *roller mill* dari *loesche* yang mempunyai dua atau lebih *roller* berbentuk *conical* (tirus) yang bergerak diatas meja penggiling.



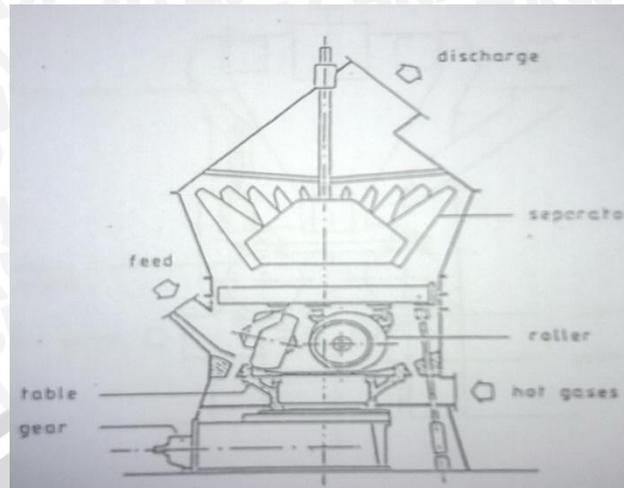
Gambar 2.4 *Loesche Mill*

Sumber : Arsha (1994 : 103)

2. *Roller Mill* dengan *Convex Surface Roller*

Seperti pada gambar 2.5, prinsip kerjanya hamper sama dengan *loesche mill*, yang dilengkapi dengan tiga *roller mill* yang permukaannya cembung. Material yang masuk dari arah samping *roller* dan jatuh kemeja yang berputar sebelum digiling oleh *roller*.

Contoh dari tipe ini adalah *Pfeiffer Roller Mill*. Menurut informasi dari pembuatnya, *Pfeiffer Roller Mill* ini mampu mengeringkan *raw material* dengan kadar air 20%

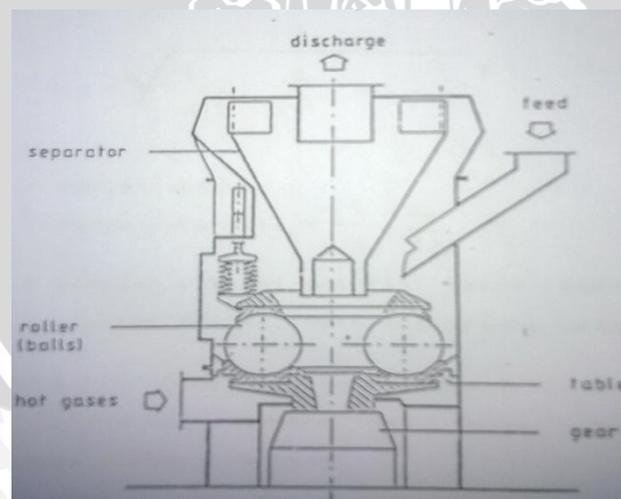


Gambar 2.5 Pfeiffer Roller Mill

Sumber : Arsha (1994 :104)

3. Roller Mill dengan Spherical Roller

Seperti pada gambar 2.6, tipe ini dikenal dengan sebutan “*Ring Ball Mill*” sebab penggilingannya berupa beberapa bola, yang mana penekan bola tersebut adalah per (*spring*) atau hidrolik. Material jatuh ditengah dank arena meja berputar menimbulkan gaya sentrifugal sehingga akan bergerak keluar kearah *ball mill*. Contoh dari tipe ini adalah *Babcock Roller Mill*.

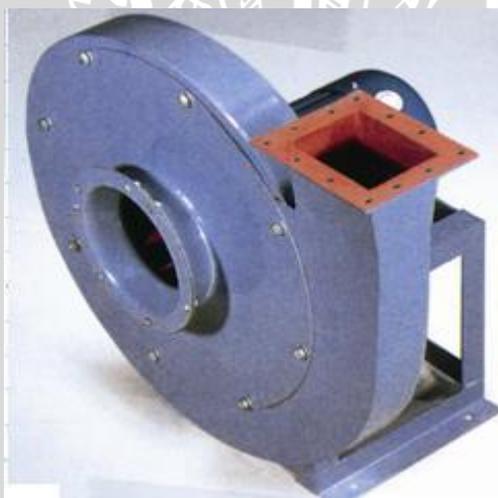


Gambar 2.6 Babcock Roller Mill

Sumber : Arsha (1994:105)

2.9 Blower

Fan atau *blower* banyak digunakan di industri kimia. Fan biasanya digunakan untuk memindahkan sejumlah volume udara atau gas melalui suatu saluran (*duct*). Selain itu, fan juga digunakan untuk memasok udara dalam proses pengeringan, pemindahan bahan tersuspensi di dalam aliran gas, pembuangan asap, pengondensasian menara, pemasokan udara untuk pembakaran *boiler*, pembuangan debu, pengeringan, pendinginan proses-proses industri, sistem ventilasi ruangan, dan aplikasi sistem beraliran tinggi dan bertekanan rendah yang lain. Hal yang berkaitan dengan kualitas udara di dalam ruangan dan pengendalian pencemaran menyebabkan sebuah kebutuhan yang kontinu terhadap *fan* dan *blower* yang memiliki kualitas baik, efisien, dan murah. Pemilihan yang tepat terhadap ukuran dan tipe *fan* dan *blower* merupakan hal yang sangat penting dalam kaitannya dengan sistem energi yang efisien. Pengertian *blower* pada dasarnya sama dengan fan, namun *blower* dapat menghasilkan tekanan statik yang lebih tinggi.

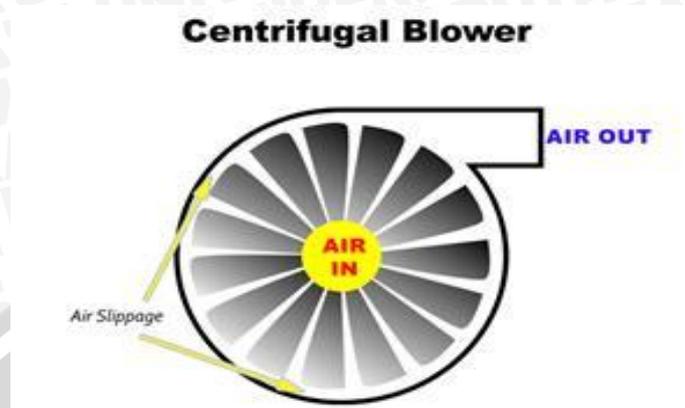


Gambar 2.7 Blower
Sumber : Budhi (2010:03)

2.9.1. Blower Sentrifugal

Blower sentrifugal mengolah udara atau gas yang masuk dalam arah aksial dan keluar dalam arah radial. Tipe *blower* ini mempunyai 3 bilah: bilah radial atau lurus, bilah bengkok maju (*forward curved blade*), dan bilah bengkok mundur (*backward curved blade*). *Blower* bilah radial biasanya digunakan dalam aplikasi yang mempunyai temperatur tinggi dan diameter yang besar. Bilah yang dalam arah radial mempunyai tegangan (*stress*) yang sangat rendah dibandingkan dengan bilah engkol maju ataupun

mundur. Rotor mempunyai 4-12 bilah dan biasanya beroperasi pada kecepatan rendah. *Blower* ini digunakan dalam kerja buangan (*exhaust work*), khususnya untuk gas-gas pada temperatur tinggi dan dengan suspensi dalam alirannya.

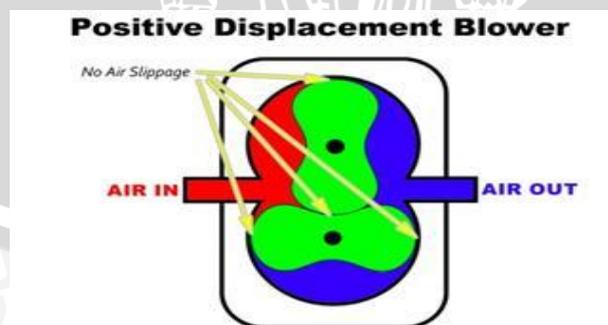


Gambar 2.8 *Sentrifugal Blower*

Sumber: Anonymous 1: 2009

2.9.2 *Blower positive displacement*

Blower jenis *positive displacement* memiliki rotor, yang "menjebak" udara dan mendorongnya melalui rumah *blower*. *Blower* ini menyediakan volume udara yang konstan bahkan jika tekanan sistimnya bervariasi. Cocok digunakan untuk sistem yang cenderung terjadi penyumbatan, karena dapat menghasilkan tekanan yang cukup (biasanya sampai mencapai 1.25 kg/cm^2) untuk menghembus bahan-bahan yang menyumbat sampai terbebas. *Blower positive displacement* berputar lebih pelan daripada *blower sentrifugal* (3.600 rpm) dan seringkali digerakkan dengan *belt* untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



Gambar 2.9 *Blower positive displacement*

Sumber : Anonymous 2: 2009

2.10 *Damper*

Damper adalah suatu alat yang digunakan untuk mengontrol aliran fluida udara masuk maupun yang keluar dari *blower*. Peredam dapat dipasang pada sisi inlet atau pada sisi outlet *blower*. *Damper* pada sisi *outlet* memberlakukan hambatan aliran yang digunakan untuk mengontrol aliran fluida udara. *Damper* di sisi inlet (*baling-baling inlet*) dirancang untuk mengontrol aliran udara dengan mengubah jumlah aliran udara menuju kipas *inlet*.



Gambar 2.10 *Damper*

Sumber : PT. Tri Arta Aditama

2.11 **Zona Pemisahan Partikel**

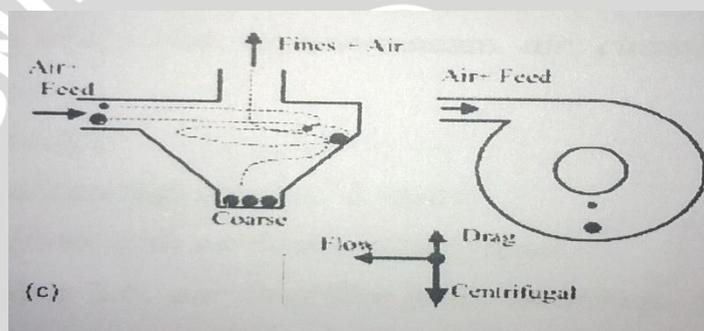
Dalam sebuah ruangan pada suatu alat pemisah, dimana partikel padat bertemu dengan aliran udara, maka disebut dengan zona pemisahan. Berikut ini merupakan empat dasar zona pemisahan, yaitu :

1. *Gravitational-Counterflow Zone*

Pada gambar 2.11, *Gravitational-Counterflow Zone* adalah suatu ruangan yang dialiri udara yang naik dengan kecepatan udara didalam suatu ruang vertical dengan dinding paralel. Gravitasi pada partikel dan gaya tarik yang bergerak berlawanan arah kecepatan udara. Pada partikel kasar yang memiliki gaya tarik yang lebih besar daripada kecepatan aliran udara, partikel tersebut akan jatuh kebawah melawan aliran udara dan partikel material yang berukuran lebih kecil akan ikut terbawa aliran udara hal ini karena gaya tarik pada material lebih kecil disbanding dengan kecepatan udara.

3. *Centrifugal-Counterflow Zone*

Pada gambar 2.13, zona pemisahan ini memiliki ciri seperti pergerakan udara datar yang terjadi didalam suatu ruang silindris dengan saluran berbentuk tangensial. Pada pusaran yang terjadi didalam ruang, udara mengalami perputaran dan mengalir secara radial menuju pusat ruangan. Udara bergerak memutar tersebut berfungsi sebagai pemisah. Material ikut masuk secara tangensial dengan aliran udara ikut kedalam putaran. Akibat adanya gaya sentrifugal, lintasannya secara bertahap bergerak dari arus udara. Pemisahannya diatur dengan menyeimbangkan antara gaya sentrifugal dan komponen gaya tarik yang disebabkan oleh gerakan udara memutar. Material yang berukuran besar bergerak menuju dinding ruangan dimana partikel tersebut jatuh menuju saluran keluar. Sedangkan partikel yang lebih halus bergerak menuju pusat ruangan dimana pada akhirnya terbawa udara.

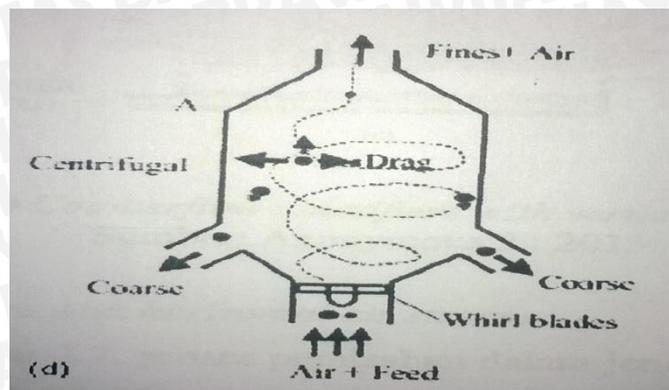


Gambar 2.13 *Centrifugal-Counterflow Zone*

Sumber : Anonymous 3 : 2013

4. *Centrifugal-Crossflow Zone*

Pada gambar 2.14, zona ini sering terjadi didalam ruang silindris dengan saluran masuk dan keluarnya terletak pada sisi yang berlawanan dengan sumbu ruangan. Partikel material masuk dengan aliran udara melalui bilah yang berputar, dan menciptakan aliran seperti kerucut. Bentuknya harus didesain sedemikian rupa sehingga kecepatan udara yang terjadi bisa berkurang. Partikel material ikut berputar dan bergeser secara radial menuju dinding ruangan dengan kecepatan tertentu. Partikel material tersebut bergerak bersama-sama sepanjang ruangan dan mencapai dinding pada lokasi yang berbeda. partikel yang berukuran lebih besar menuju dinding lebih cepat, partikel lebih kecil bergerak jauh sepanjang arah sumbu. Ruangannya tersebut didesain sedemikian rupa agar material yang lebih halus mencapai pinggiran tepi dinding..

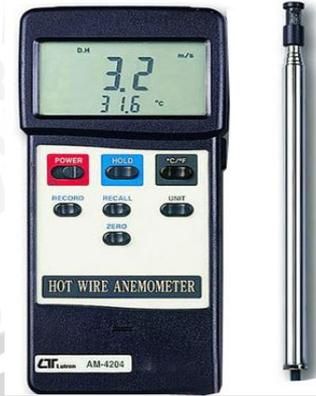


Gambar 2.14 *Centrifugal-Crossflow Zone*

Sumber : Anonymous 3: 2013

2.12 Mengukur Kecepatan dan Kapasitas Udara

Anemometer adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan untuk mengukur arah angin. Kata anemometer berasal dari Yunani *anemos* yang berarti angin, Angin merupakan udara yang bergerak ke segala arah, angin bergerak dari suatu tempat menuju ke tempat yang lain. Secara umum ada dua jenis anemometer, yaitu anemometer yang mengukur kecepatan angin (*velocity anemometer*) dan anemometer yang mengukur tekanan angin (anemometer tekanan). Dari kedua tipe anemometer ini *velocity anemometer* lebih banyak digunakan. Anemometer digital merupakan alat untuk mengukur kecepatan udara (*velocity anemometer*) yang terdiri dari sensor kecepatan udara, tombol-tombol dan layar tampilan (*display*). Anemometer digital memiliki tiga skala pengukuran yaitu meter/detik, km/jam, dan *north*. Pada anemometer digital pengukuran dapat dilakukan berulang-ulang dan data akan otomatis tersimpan dalam memori. Jenis *Anemometer* digital yang sering digunakan adalah *Hot Wire Anemometer*. *Anemometer hot-wire* menggunakan sensor kawat yang sangat kecil dialiri panas hingga suhu di atas temperatur *Ambient*. Apabila ada udara atau angin yang mengalir melewati kawat maka akan terjadi efek pendinginan pada kawat, perubahan temperatur dari kawat sebagai indikasi perubahan dari kecepatan angin yang diukur.



Gambar 2.15 Hot Wire Anemometer

Sumber: Anonymous 4 :2014

Cara penggunaan Hot Wire Anemometer.

1. Tentukan arah angin, kemudian arahkan sensor kearah yang berlawanan dengan arah angin.
2. Nyalakan anemometer dengan cara menekan tombol power
3. Layar tampilan menghadap kearah pemegang anemometer dan angin akan datang dari arah belakang layar tampilan.
4. Perhatikan angka yang menunjukkan kecepatan angin pada layar tampil
5. Apabila angka kecepatan angin telah konstan, tekan tombol hold, kemudian catat hasilnya.

Sedangkan cara menghitung kapasitas udara adalah sebagai berikut:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \times A \text{(1)}$$

dimana :

V = Kecepatan isap udara (m/s)

A = Luas penampang. (m²)

2.13 Gaya Angkat

Gaya angkat adalah gaya yang terjadi akibat adanya perbedaan tekanan pada setiap sisi material. Tekanan pada sisi bawah lebih besar daripada sisi atas. Sedangkan perbedaan tekanan terjadi akibat adanya perbedaan kecepatan aliran udara yang mengalir. hal menggunakan prinsip hukum Bernoulli. Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah didalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran



tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama.

Perhitungan gaya angkat adalah sebagai berikut.

$$F_a = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot C_l \cdot A \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

F_a = Gaya angkat (N)

ρ = massa jenis udara (gr/m³)

V = Kecepatan udara (m/sec)

C_l = Koefisien lift (sec²/m)

A = Luas permukaan (m²)

Perhitungan gaya berat

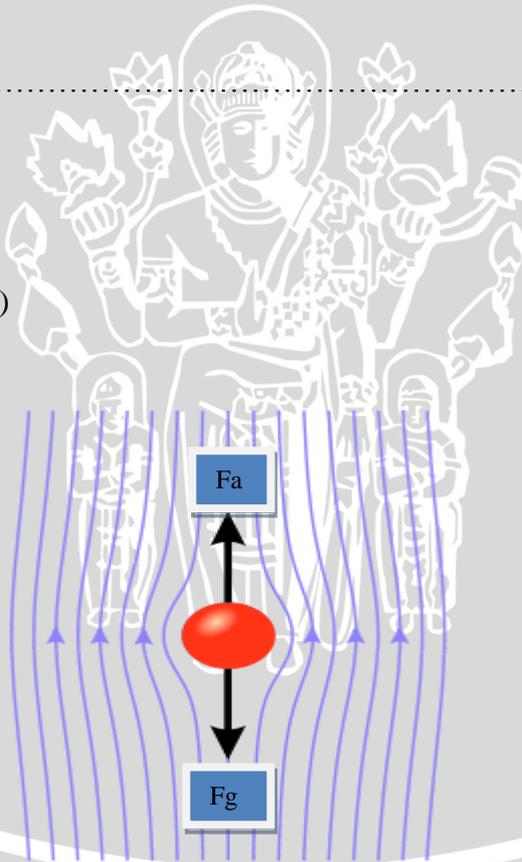
$$F_g = m \cdot g \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

F_g = Gaya berat (N)

m = massa benda (kg)

g = gravitasi bumi (m/s²)



Gambar 2.16 Contoh Gaya Angkat

Sumber : Anonymous 6 : 2014

2.14 Particle Size Distribution

Particle Size Distribution (PSD) adalah suatu metode pengukuran yang dirancang 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 ini dapat mempengaruhi reaktivitas material tersebut pada reaksi kimia dan perlu dikontrol secara ketat dalam berbagai produk industri, contohnya adalah semen. Berikut ini dijelaskan tentang macam-macam teknik pengukuran *Particle Size Distribution* yaitu:

1. Sieve Analysis

Teknik ini terus digunakan untuk berbagai pengukuran karena kemudahannya, dalam proses penggunaan dan mudah untuk diambil kesimpulan. Metodenya dengan mengayak sampel pada ayakan hingga ada sebagian sampel yang tertinggal dalam jumlah sedikit atau banyak.

Keuntungan dari teknik ini yaitu dapat diaplikasikan pada material dalam jumlah besar. Material tersebut bisa dimasukkan kedalam ayakan dengan diameter 8 inci (200mm).

Kerugian dari teknik ini yaitu pada prakteknya, banyak metode PSD yang fokus pada partikel yang terlalu kecil untuk dipisahkan dengan proses pengayakan. Untuk ayakan yang sangat halus, seperti pada ayakan dengan ukuran 37 μ m, ayakannya sangat rapuh dan sangat sulit untuk mendapatkan material yang bisa lolos melewati ayakan tersebut.

2. Air elutriation analysis

Material dapat dipisahkan melalui sebuah tabung vertikal yang mana fluidanya dilewatkan pada kecepatan terkontrol. Ketika material dimasukkan, seringkali melewati sisi samping tabung, partikel yang lebih kecil terbawa aliran fluida, sementara partikel yang lebih besar melawan arah aliran keatas. Jika kita mulai dengan tingkat aliran rendah, partikel dengan kerapatan kecil mencapai kecepatan tetap dan mengalir terbawa aliran tersebut. Partikel dari aliran tersebut dikumpulkan pada suatu luapan, kemudian dipisahkan dari material masuk. Nilai aliran bisa ditingkatkan untuk memisahkan partikel dengan rentang ukuran lebih tinggi. Selanjutnya partikel kasar bisa dikumpulkan jika luapan dari tabung pertama dilewatkan keatas melewati tabung kedua dari simpangan tabung yang lebih besar dan setiap jumlah dari tabung tersebut dapat diatur secara seri.

Keuntungan dari teknik ini adalah sampel material dianalisa dengan menggunakan pemisahan sentrifugal dan teknik ini tidak merusak sampel tersebut.

Kerugian dari teknik ini adalah harus mendapatkan material cukup banyak. Hal ini cukup memakan waktu. Metode pengujiannya telah digambarkan oleh ASME, namun metodenya sudah terlalu lama. Untuk kalibrasi instrumen materialnya juga sudah tidak tersedia.

3. *Photoanalysis*

Material saat ini bisa dianalisa melalui *photoanalysis*. Tidak seperti analisa ayakan yang waktu lama, teknik ini mengambil foto dari sampel material untuk diukur dan menggunakan software untuk menganalisa fotonya, hasilnya dapat diketahui secara tepat dan akurat. Keuntungan lainnya yaitu material tersebut dapat dianalisa tanpa harus ditangani.

4. *Optical Counting Methods*

Metode PSD dapat diukur secara mikroskopis dengan mengukur terhadap pemetaan dan pembilangan. Tetapi untuk analisa yang valid secara statistik, jutaan partikel harus diukur. Hal ini tidak mungkin dilakukan secara manual, tetapi analisa *electron mikrograf* secara otomatis sudah tersedia.

2.15 Hipotesa

Bukaan *dampers* sangat mempengaruhi kecepatan udara yang dialirkan. Semakin tinggi bukaan *dampers*, maka kapasitas akan semakin meningkat. Hal ini karena kapasitas udara sebanding terhadap bukaan *dampers*. Kecepatan udara juga mempengaruhi besar kecilnya material semen yang terikut oleh isapan udara. Hal ini karena gaya angkat berbanding lurus terhadap kecepatan udara. Sehingga semakin kecil bukaan *dampers* pada *Vertical Mill*, maka kecepatan udara menurun dan tingkat kehalusan semen yang terbawa akan semakin kecil atau semakin halus.

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu sistem pengambilan data dalam proses penelitian. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode penelitian eksperimental yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh bukaan *damper blower* pada *vertical mill* terhadap kapasitas udara dan kehalusan semen.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 9 September 2013 s/d 28 April 2014. Dan tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah:

- *Grinding Plan* PT. Tri Arta Aditama Salatiga, Jawa Tengah
- Laboratorium *Quality Control* PT. Tri Arta Aditama Salatiga, Jawa Tengah

3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum melakukan penelitian (*independent variable*). Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah :

- Bukaan *Damper Blower* : 25%, 50%, 75%, 100%

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh besaran variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kecepatan udara dan kehalusan butiran semen

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol yaitu variabel yang nilainya dijaga tetap pada saat pengujian dilaksanakan. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- Putaran *blower* : 1900 rpm
- Putaran *air classifier* : 500 rpm

3.3 Spesifikasi Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

1. *Vertical Mill*

Digunakan untuk menghancurkan material bahan baku semen dari ukuran kasar hingga menjadi butiran yang halus. Gambar *Vertical Mill* dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 *Vertical mill*

Spesifikasi:

- Merek : Loesche Mill
- Tipe atau model : JRM1300
- Jumlah *Grinding Roller* : 2
- Dimensi(diameter x tinggi): 5200 mm x 5810 mm
- Daya : 200 Kw
- Kapasitas : 5 - 10 Ton / Jam

2. Blower

Digunakan untuk mengalirkan udara pada *vertical mill*. Gambar Blower dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Blower

Spesifikasi:

- Type : *Blower Centrifugal*
- Kapasitas : 66.900 m³/hour
- Power : 220 kW ; 380 V
- Motor : Y 355M1-4 ; 1490 rpm

3. Tachometer

Digunakan untuk mengukur kecepatan putaran motor *blower*. Gambar *tachometer* dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Tachometer

4. *Sieve Mesh 325*

Digunakan untuk mengukur seberapa banyak sampel semen yang tertinggal dan yang lolos dengan menggunakan ayakan ukuran 325. Gambar *Sieve Mesh 325* dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 *Sieve Mesh*

5. Timbangan elektrik

Digunakan untuk mengukur berat sampel semen yang akan diambil. Gambar Timbangan elektrik dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Timbangan elektrik

6. *Anemometer*

Digunakan untuk mengetahui kecepatan udara yang mengalir melalui pipa. Gambar *Anemometer* dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Anemometer

7. Masker

Digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari partikel debu semen pada saat penelitian dilaksanakan. Gambar masker dapat dilihat pada gambar 3.7



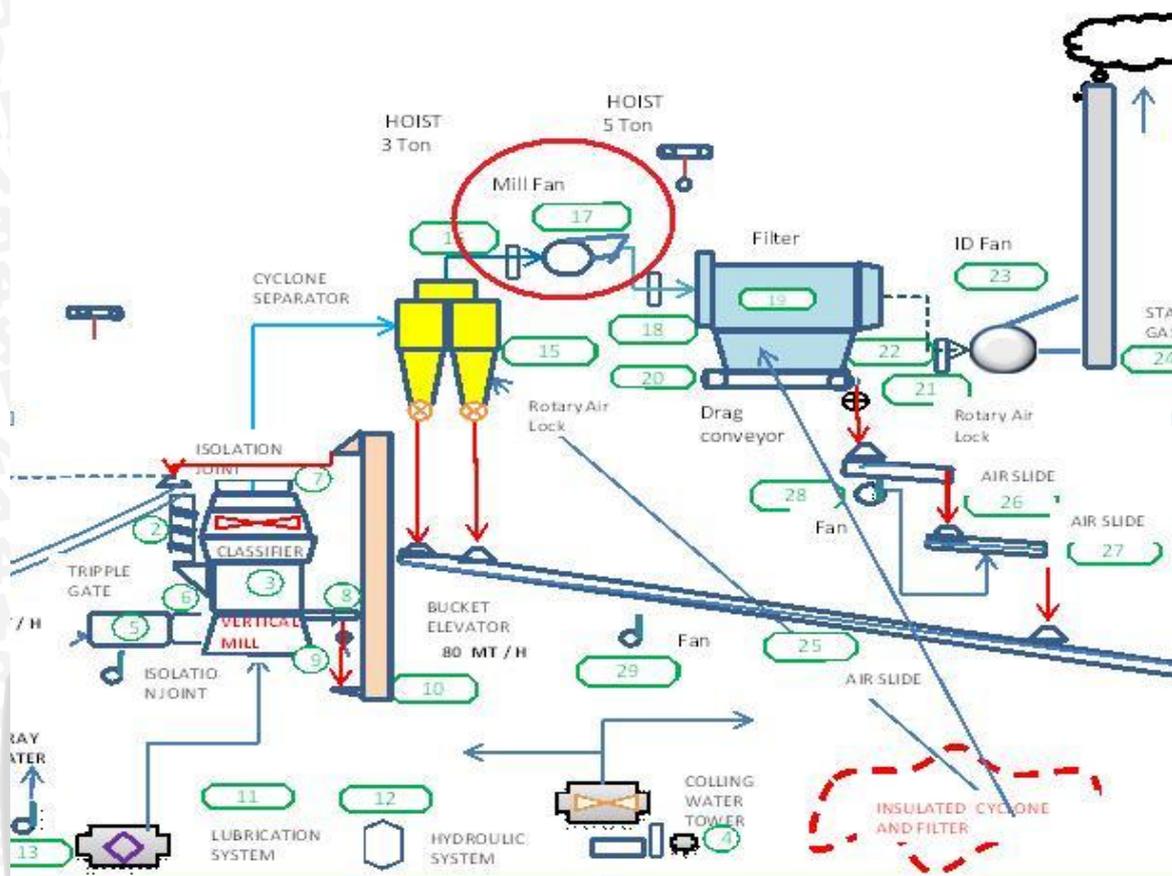
Gambar 3.7 Masker

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah semen dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis : Portland Tipe 1
- Massa Jenis : 3.15 gr/cm^3

3.4 Instalasi Penelitian



Gambar 3.8 Instalasi *Grinding Plant*

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Menghancurkan bahan mentah seperti batu kapur, *clinker* di *crusher jaw* sampai menjadi ukuran 3 cm.
3. Masukkan material bahan baku semen yang telah di hancurkan kedalam *silo* penampungan.
4. Mengontrol jumlah komposisi material bahan baku semen.
5. Masukkan gilingan material bahan baku dari *silo* menuju *weight feeder*.
6. Menggiling kembali material di *crusher roller* sampai mencapai ukuran 1cm.
7. Memindahkan hasil penggilingan dengan *belt conveyor* dan disalurkan menuju *vertical mill*.
8. Menggiling kembali semua material bahan baku dengan menggunakan *vertical mill* sampai menjadi halus. Pada saat proses penggilingan, material yang sudah

sudah halus akan terangkat dan menuju *air classifier* dengan bantuan isapan udara. Material yang sudah sesuai spesifikasi akan lolos menuju penampungan *dust collector* sedangkan yang ukuran lebih besar akan jatuh kembali kedalam *roller* untuk kembali digiling sampai halus.

9. Hasil gilingan akhir pada *vertical mill* yang telah masuk kedalam *dust collector* akan disalurkan menuju *silo* penampungan hasil akhir.
10. Pada saat penggilingan di *vertical mill*, mengatur kecepatan isapan udara dengan membuka bukaan *damper blower* dari 25%, 50%, 75%, 100%. Dan mengamati aliran udara isap dengan menggunakan *anemometer*.

3.6 Pengukuran Kehalusan Semen

Dari butiran semen yang dihasilkan pada proses penggilingan akhir, dilakukan pengukuran kehalusan semen, dengan tujuan mengetahui tingkat kehalusan semen untuk masing-masing variasi bukaan *damper*. Langkah-langkah pengujian kehalusan semen adalah sebagai berikut:

1. Siapkan timbangan elektrik.
2. Siapkan ayakan yaitu *Sieve Mesh 325*. Pastikan ayakan dalam keadaan bersih.
3. Ambil sampel gilingan akhir semen yang diambil dari *dust collector*.
4. Membawa sampel gilingan semen ke Laboratorium *Quality Control*.
5. Menimbang sampel gilingan semen dengan menggunakan timbangan elektrik sebanyak 100 gram.
6. Memasukkan sampel semen ke ayakan *Sieve Mesh 325*.
7. Mengaduk atau meratakan sampel semen dengan menggunakan kanvas.
8. Menimbang kembali sisa sampel yang tertinggal diayakan dengan menggunakan timbangan elektrik.
9. Menghitung sampel semen yang lolos dari ayakan dengan menggunakan metode *sieve analysis*, dengan rumus :

$$\% \text{ passing} = \frac{W_{\text{below}}}{W_{\text{total}}} \times 100\%$$

dimana:

% *Passing* = Presentase sampel yang lolos

W below = Massa sampel yang lolos ayakan

W total = Massa sampel mula-mula

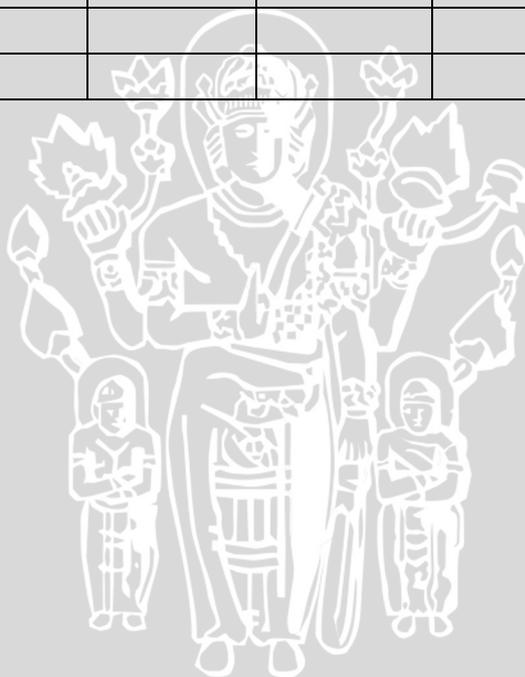
10. Mengulangi kembali langkah 1-9 setiap 30 menit selama 3 kali.

3.7 Rancangan penelitian

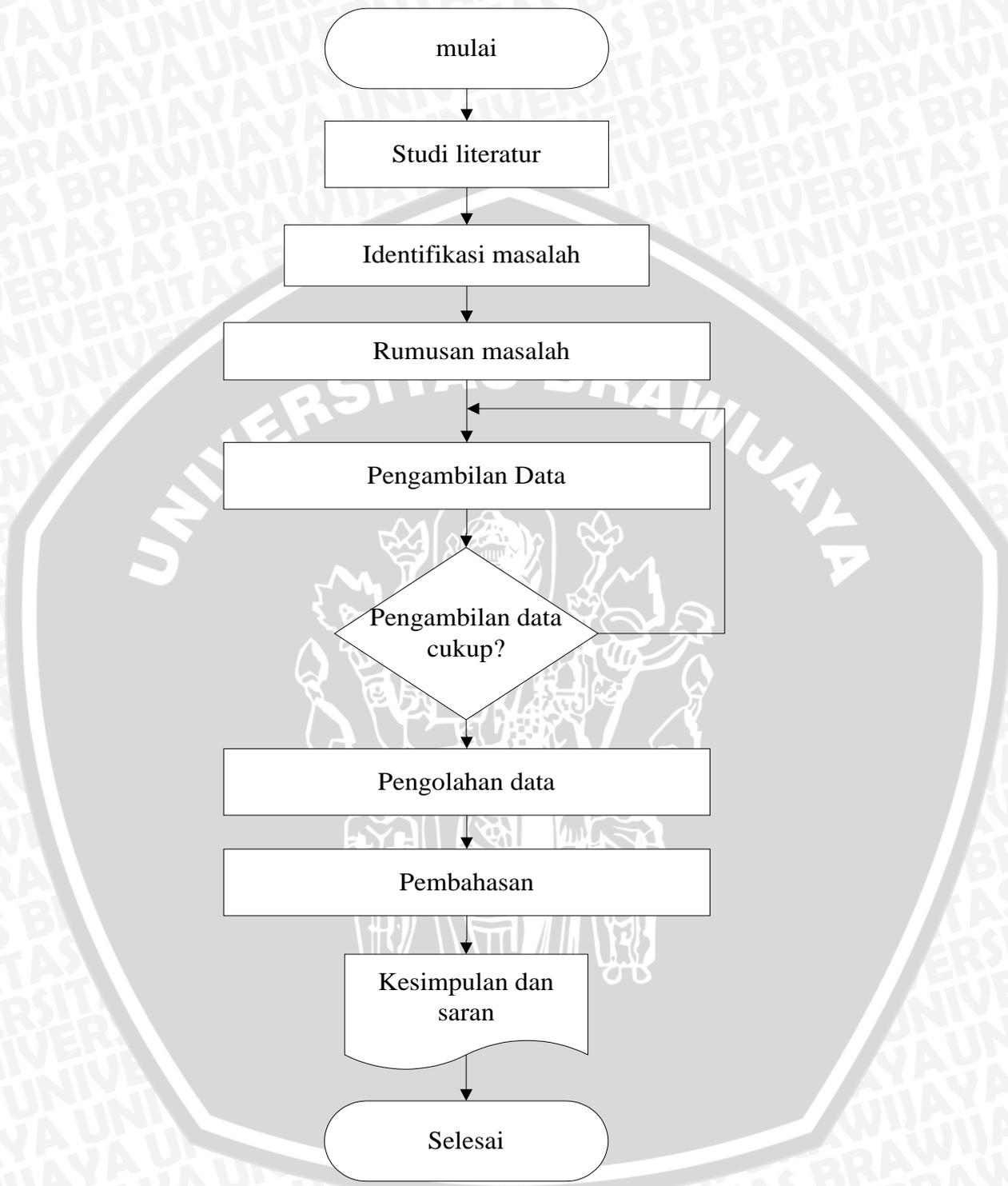
Rancangan penelitian ini akan mencari pengaruh dua faktor, yaitu faktor bukaan *damper* terhadap kapasitas isap udara dan bukaan *damper* terhadap kehalusan semen. Pencatatan data merupakan hal yang sangat penting dalam proses analisis data untuk memperoleh informasi tentang hal yang benar, oleh karena itu diperlukan ketelitian dalam peaksanaannya. Rancangan pengambilan data sesuai dengan table 3.1.

Tabel 3.1 Persentase sampel semen lolos ayakan *mesh* 325 pada bukaan *damper* dan kapasitas udara isap.

Bukaan damper (%)	Kehalusan Semen(%)			Rata-rata	Kapasitas Udara (m ³ /s)
	1	2	3		
100					
75					
50					
25					



3.8 Diagram Pelaksanaan Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran Kehalusan Semen dan Kecepatan Udara

Dalam penelitian ini, dilakukan pengambilan data dengan melakukan pengukuran kecepatan udara pada salah satu sisi *inlet* dan *outlet* pada *Vertical Mill*. Selain itu juga melakukan pengukuran kehalusan semen. Pengambilan data kecepatan udara menggunakan alat ukur *Anemometer*, sedangkan pengambilan data kehalusan semen menggunakan *Sieve Mesh 325*. Untuk nilai kecepatan udara dapat di lihat pada tabel 4.1 dan untuk nilai kehalusan semen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data nilai kecepatan udara.

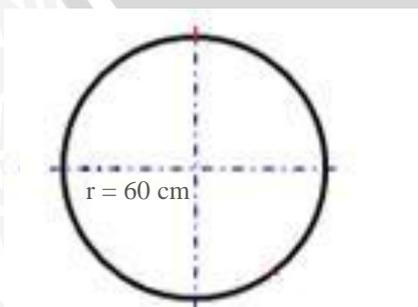
Bukaan damper (%)	Kecepatan Udara (m/s)	
	V_{inlet}	V_{outlet}
100	5.75	32.71
75	4.90	31.85
50	4.76	28.32
25	1.85	26.81

Tabel 4.2 Data sampel lolos ayakan mesh 325

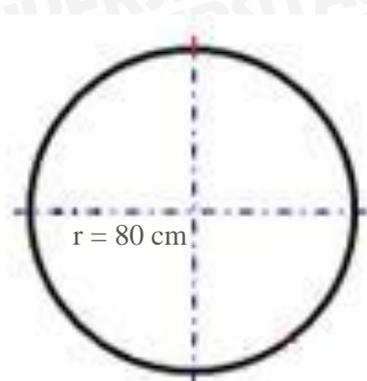
Bukaan damper (%)	Kehalusan Semen (gr)			Total	Rata-rata
	1	2	3		
100	98.8	98.7	98.2	295.7	98.57
75	99	99.2	99.1	297.3	99.1
50	99.1	99.2	99.3	297.6	99.2
25	99.2	99	99.5	297.7	99.23

4.2 Gambar Dimensi Saluran Udara

- Gambar diameter *outlet Vertical Mill*



- Gambar diameter inlet Vertical Mill



4.3 Hasil Perhitungan

4.3.1 Sieve Analysis

Sieve Analysis merupakan metode untuk mengetahui tingkat kehalusan suatu material dengan mengayak material tersebut pada ayakan dengan ukuran tertentu, lalu menghitung berapa banyak sampel yang lolos ayakan tersebut. Persamaannya sebagai berikut:

$$\% \text{ Passing} = \frac{W_{\text{below}}}{W_{\text{total}}} \times 100\%$$

Keterangan : % Passing = persentase sampel yang lolos
 W below = massa sampel yang lolos ayakan (gr)
 W total = massa sampel mula-mula 100 gr

Perhitungan *sieve analysis*:

$$\begin{aligned} \% \text{ Passing} &= \frac{W_{\text{below}}}{W_{\text{total}}} \times 100\% \\ &= 98,8 \times 100 \% \\ &= 98.8 \% \end{aligned}$$

4.4.2 Perhitungan Kapasitas Udara

Diketahui : Diameter *damper outlet Vertical Mill* = 120 cm (r =60 cm)

$$\text{Luas Penampang outlet Vertical Mill} = \frac{22}{7} \times 0.6^2 = 1.131 \text{ m}^2$$

Kecepatan Udara pada *outlet* bukaan damper 100% = 32.71 (m/s)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Udara } Q(\text{m}^3/\text{s}) &= V \times A \\ &= 32.71 \times 1.131 \\ &= 37.00 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan di atas maka didapatkan persentase sampel lolos ayakan mesh 325 dan kapasitas udara untuk masing-masing bukaan :

Tabel 4.3 Data Hasil Persentase Sampel Semen Lolos Ayakan Mesh 325 dan Kapasitas Udara

Bukaan damper (%)	Kehalusan Semen(%)			Rata-rata	Kapasitas Udara (m ³ /s)
	1	2	3		
100	98.8	98.7	98.2	98.57	37.00
75	99	99.2	99.1	99.10	36.02
50	99.1	99.2	99.3	99.20	32.03
25	99.2	99	99.5	99.23	30.32

4.3 Analisa Statistik

Berdasarkan Hipotesa penulis “Bukaan *Damper* sangat mempengaruhi kecepatan udara yang dialirkan. Semakin besar bukaan damper maka kapasitas akan semakin meningkat. Sedangkan kecepatan udara juga mempengaruhi besar kecilnya material semen yang terikut oleh isapan udara. Sehingga semakin kecil bukaan Damper pada *Vertical Mill*, maka kecepatan udara menurun dan tingkat kehalusan semen yang terbawa akan semakin kecil atau semakin halus.” maka dapat diketahui bahwa:

Ho = Tidak ada hubungan nyata antara perubahan bukaan damper terhadap kapasitas udara dan tingkat kehalusan semen.

H1 = Ada hubungan nyata antara perubahan bukaan damper terhadap kapasitas udara dan tingkat kehalusan semen

$$\alpha = 0,05$$

Untuk menguji kebenaran hipotesa diatas maka penulis melakukan uji korelasi variable penelitiannya.

Tabel 4.4 Hubungan antara perubahan klasifikasi besaran bukaan damper (%) terhadap kapasitas udara (m^3/s)

ANOVA(b)

Mode		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	310.393	1	310.393	354.883	.003(a)
	Residual	1.749	2	.875		
	Total	312.142	3			

a Predictors: (Constant) Klasifikasi Bukaan Damper (1=25%, 2=50%, 3=75%, 4=100%)

b Dependent Variable: Kapasitas Udara

Berdasarkan hasil regresi dengan menggunakan metode anova diatas maka dapat diketahui bahwa ada hubungan nyata antara klasifikasi bukaan damper (%) terhadap kapasitas udara (m^3/s). Hal ini dibuktikan dengan adanya nilai probabilitas yang di tunjukan oleh Sig sebesar 0.003 lebih kecil dari 0,05 ($\alpha = 0,05$) maka diketahui bahwa H_0 ditolak atau dengan kata lain H_1 diterima.

Tabel 4.5 Hubungan perubahan klasifikasi besaran bukaan damper (%) terhadap tingkat kehalusan semen (%)

ANOVA(b)

Mode		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.280	1	3.280	60.070	.016(a)
	Residual	.109	2	.055		
	Total	3.390	3			

a Predictors: (Constant), Klasifikasi Bukaan Damper

b Dependent Variable: Kehalusan Semen

Berdasarkan hasil regresi dengan menggunakan metode anova diatas maka dapat diketahui bahwa ada hubungan nyata antara klasifikasi bukaan *damper* (%) terhadap tingkat kehalusan semen (%). Hal ini dibuktikan dengan adanya nilai probabilitas yang di tunjukan oleh Sig sebesar 0.016 lebih kecil dari 0,05 ($\alpha = 0,05$) maka diketahui bahwa H_0 ditolak atau dengan kata lain H_1 diterima.

Untuk mengetahui jenis hubungan antar variabel penelitian yang digunakan penulis maka penulis melakukan uji variable dengan menggunakan uji *Pearson*.

Tabel 4.6 Korelasi dengan menggunakan uji Pearson

Correlations

		Klasifikasi Bukaan Damper	Kapasitas Udara	Kehalusan Semen
Klasifikasi Bukaan Damper	Pearson Correlation	1	.957(*)	-.984(*)
	Sig. (2-tailed)		.043	.016
	N	4	4	4
Kapasitas Udara	Pearson Correlation	.957(*)	1	-.933
	Sig. (2-tailed)	.043		.067
	N	4	4	4
Kehalusan Semen	Pearson Correlation	-.984(*)	-.933	1
	Sig. (2-tailed)	.016	.067	
	N	4	4	4

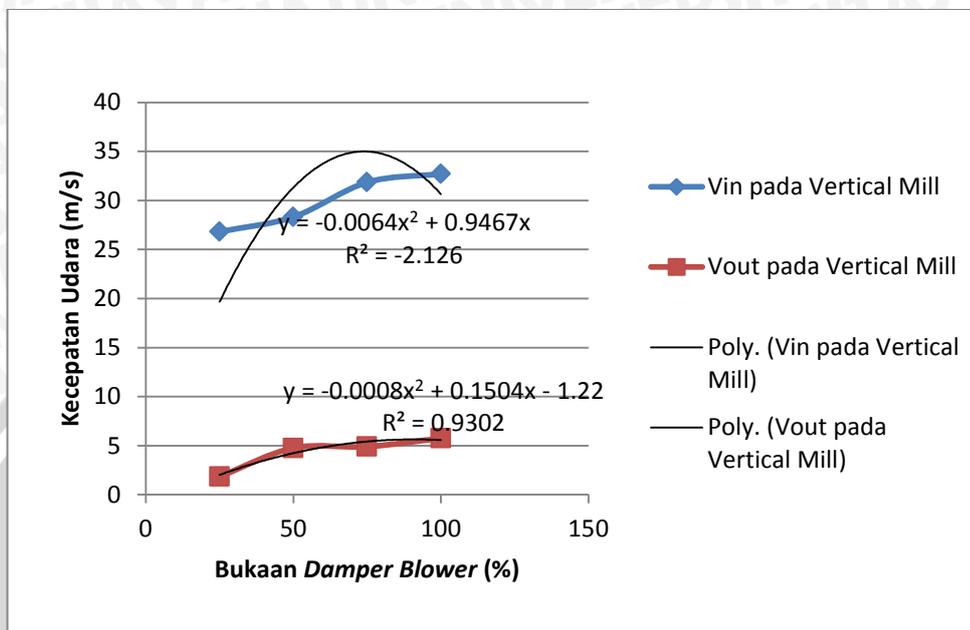
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Berdasarkan tingkatan skala hubungan 0 – 1 maka hasil uji *Pearson* diatas diketahui bahwa hubungan antara variable yang diteliti sangat kuat . Hal ini terbukti dimana bahwa tingkat hubungan bukaan damper terhadap kapasitas udara berada pada titik 0,957 dan bersifat positif dalam artian bahwa semakin besar bukaan damper maka semakin besar pula tingkat kecepatan angin yang didapat. Sedangkan untuk hubungan antara variable bukaan damper terhadap tingkat kehalusan semen berhubungan negative ditunjukkan dengan tingkat hubungan -0.984, dengan kata lain semakin besar bukaan damper maka tingkat kehalusan semen semakin kecil.

4.4 Pembahasan

4.4.1 Hubungan antara Bukaannya *Damper Blower* dengan Kecepatan Udara

Setelah melakukan pengukuran maka didapatkan grafik kecepatan udara sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Bukaannya *Damper Blower* terhadap Kecepatan Udara

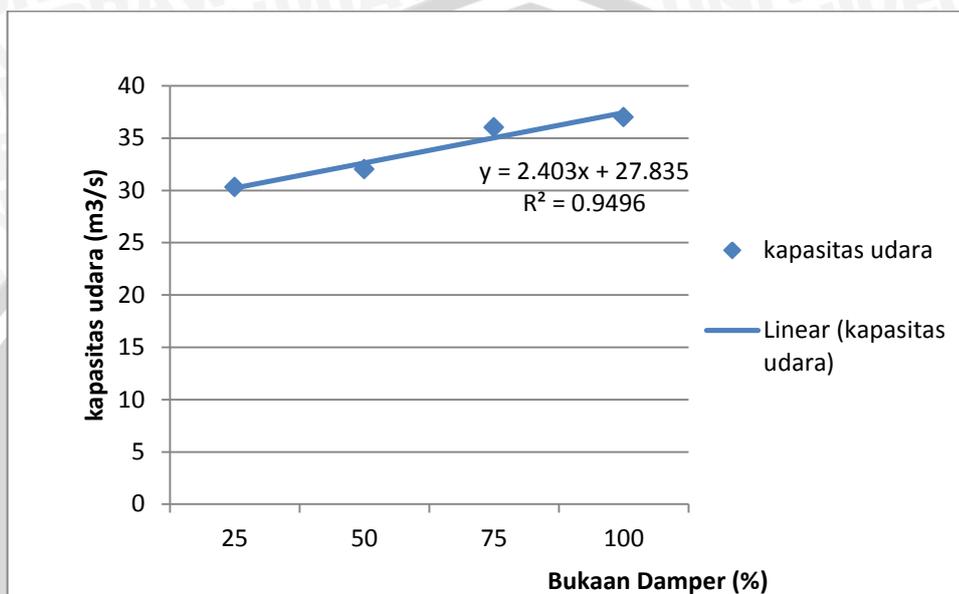
Pada grafik dapat dilihat perbandingan kecepatan udara masuk dan kecepatan udara keluar pada tiap bukaan *damper blower*. Untuk bukaan *damper* 25 % didapatkan kecepatan udara (V_{in}) 1.85 m/s dan V_{out} sebesar 26.81 m/s. Untuk bukaan *damper* 50 % didapatkan kecepatan udara (V_{in}) 4.76 m/s dan V_{out} sebesar 28.32 m/s. Untuk bukaan *damper* 75 % didapatkan kecepatan udara (V_{in}) 4.90 m/s dan V_{out} sebesar 31.85 m/s. Untuk bukaan *damper* 100 % didapatkan kecepatan udara (V_{in}) 5.75 m/s dan V_{out} sebesar 32.71 m/s.

Dari grafik diatas terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara kecepatan udara pada salah satu *inlet* udara masuk *vertical mill* (V_{in}) dan *outlet* kecepatan udara keluar (V_{out}) pada *vertical mill*. Pada grafik terlihat kecepatan udara pada *outlet Vertical Mill* lebih besar dibandingkan dengan kecepatan udara pada *inlet Vertical Mill*. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan luas penampang antara *outlet* dan *inlet* pada *Vertical Mill*. Luas penampang pada sisi *inlet* lebih besar daripada luas penampang pada sisi *outlet Vertical Mill*. Sehingga kecepatan udara pada sisi *inlet Vertical Mill* lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan udara pada sisi *outlet Vertical Mill*. Selain itu karena pada sisi *inlet Vertical Mill* juga terdapat saluran gas panas hasil pembakaran,

dan alat ukur yang digunakan adalah *Hot Wire Anemometer*, hal ini membuat turunnya kecepatan udara pada saat pembacaan skala pada alat ukur.

4.4.2 Hubungan antara bukaan *damper blower* dengan kapasitas udara

Setelah melakukan pengukuran dan melakukan perhitungan maka di dapatkan grafik kapasitas udara sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Bukaan *Damper Blower* terhadap Kapasitas Udara

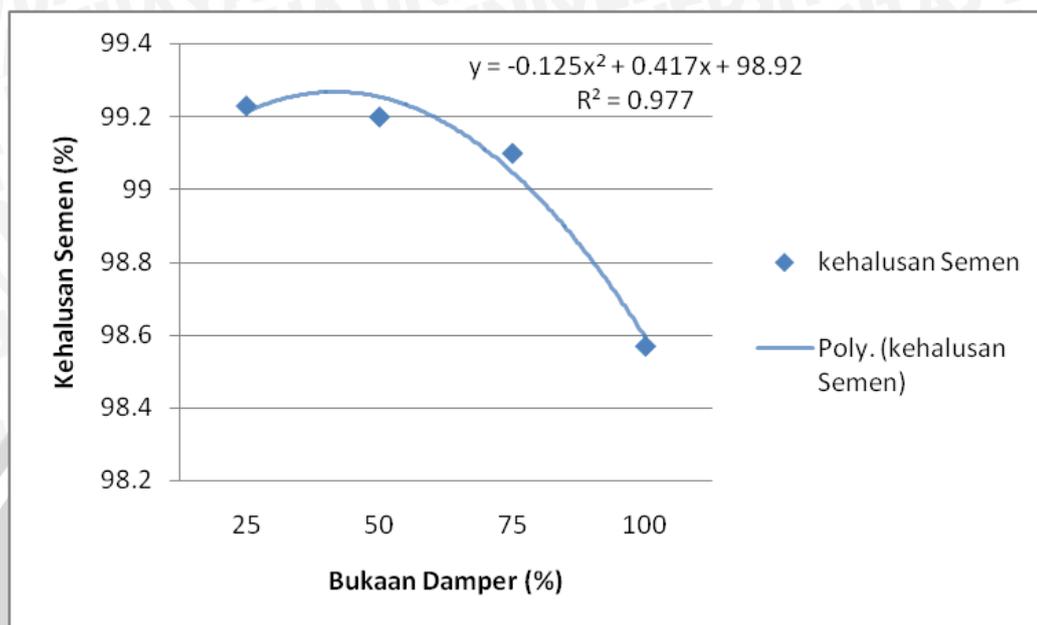
Pada grafik dapat dilihat bahwa semakin besar bukaan *damper blower* maka kapasitas udara yang mengalir melalui *Vertical Mill* semakin meningkat. Untuk bukaan *damper* 25 % didapatkan kapasitas udara yang mengalir sebesar 30.32 m³/s. Untuk bukaan *damper* 50 % didapatkan kapasitas udara yang mengalir sebesar 32.03 m³/s. Untuk bukaan *damper* 75 % didapatkan kapasitas udara yang mengalir sebesar 36.02 m³/s. Untuk bukaan *damper* 100 % didapatkan kapasitas udara yang mengalir sebesar 37.00 m³/s.

Dari hasil dan grafik di atas, kapasitas udara yang mengalir mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya bukaan *damper* yang diberikan sampai pada titik maksimum yaitu sebesar 100%.

Hal ini disebabkan semakin besarnya bukaan *damper*, maka luas penampang semakin besar. Sehingga jumlah udara yang masuk melalui *damper* juga semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan teori dasar dimana semakin besar luas penampang, maka semakin besar juga kapasitas udara yang mengalir.

4.4.2 Hubungan antara Bukaannya *Damper Blower* dengan Tingkat Kehalusan Semen dengan Sampel Lolos Ayakan Mesh 325

Setelah melakukan penelitian dan penganalisaan data dari hasil pengujian sampel lolos ayakan mesh 325 maka di dapatkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Bukaannya *Damper Blower* dengan Persentase Sampel Lolos Ayakan Mesh 325

Pada grafik dapat dilihat bahwa semakin besar bukaannya *damper blower* maka sampel lolos ayakan mesh 325 yang didapat semakin menurun. Untuk bukaannya *damper* 100% didapatkan sampel lolos ayakan mesh 325 sebesar 98.57%. Untuk bukaannya *damper* 75% didapatkan sampel lolos ayakan mesh 325 sebesar 99.1%. Untuk bukaannya *damper* 50% didapatkan sampel lolos ayakan mesh 325 sebesar 99.2%. Untuk bukaannya *damper* 25% didapatkan sampel lolos ayakan mesh 325 sebesar 99.23%.

Dari hasil dan grafik diatas, semakin besar bukaannya *Damper Blower* maka presentase sampel lolos ayakan *mesh* 325 semakin menurun. Hal ini disebabkan karena besarnya bukaannya *Damper* sangat mempengaruhi jumlah aliran udara yang masuk kedalam *Vertical Mill*. Udara yang masuk pada *vertical mill* membuat adanya perbedaan tekanan terhadap material semen. Semakin tinggi kecepatan udara yang masuk, gaya angkat pada material semen semakin besar. Sesuai dengan dasar teori, kecepatan udara berbanding lurus dengan gaya angkat. Sehingga semakin tinggi kecepatan udara, maka partikel material yang ikut terbawa udara menjadi semakin tinggi, dan membuat ukuran semen yang terbawa semakin tidak homogen atau kasar.

Hal ini menyebabkan turun nya persentase ayakan semen pada *mesh* 325 dan tingkat kehalusan semakin menurun.

Dari grafik diatas untuk mendapatkan kehalusan semen tertinggi yaitu pada titik 99.23% Mesh 325 adalah dengan cara membuka bukaan damper blower sebesar 25%



BAB V

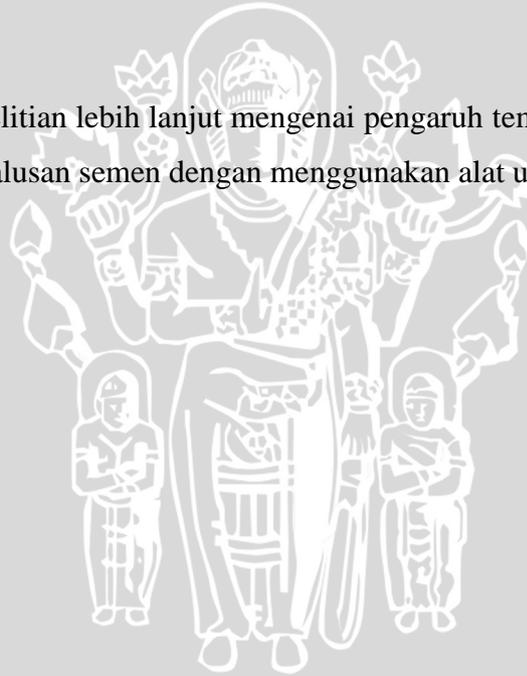
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Semakin besar bukaan *dampier blower* yang diberikan, maka kapasitas udara yang mengalir pada *vertical mill* semakin meningkat. Dengan kapasitas terbesar berada pada bukaan *dampier blower* 100% dengan kapasitas sebesar $37.00 \text{ m}^3/\text{s}$
2. Semakin besar bukaan *dampier blower* yang diberikan, maka jumlah sampel semen yang lolos ayakan mesh 325 akan semakin menurun. Untuk mendapatkan tingkat kehalusan semen tertinggi 99,23% pada persentase lolos ayakan *mesh* 325 dengan membuka bukaan *dampier* sebesar 25%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh temperatur pada *vertical mill* terhadap tingkat kehalusan semen dengan menggunakan alat ukur yang tepat.



DAFTAR PUSTAKA

Budhi, Yogi W. 2010. *Modul Fan Sentrifugal*. Program Studi Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung. hal 03

Fatimah, Siti. 2007. *Industri Semen*. Kimia Industri. FPMIPA. Hal 93

Labahn, Otto. 1983. *Cement Engineers Handbook*. Berlin : Bauverlag GMBH

Marlina, Winny A. 2013. *Proses Pembuatan Semen*. (<http://winnyalna.com/2013/04/19/proses-pembuatan-semen-secara-singkat/>)

Nezekiel, 2009. *Proses Perpindahan Panas Pada Dinding Rotary Kiln*. (Abstrak). PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. Indonesia.

Nugroho, Fadjar. 2008. *Prinsip Penerbangan Hukum Bernoulli*. (<http://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/teori-penerbangan-mainmenu-68/86-aerodinamika-hukum-bernoulli>)

Prabowo, Aditya S., Khadarisman. 2012. *Studi Pengaruh Bukaannya Damper Pada Saluran Udara*. (Abstrak). Jurnal Teknik Pomits. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

Putera Ketut, Arsha . 1994. *Teknologi Semen*. Gresik : PT. Semen Gresik. Indonesia

Rostaman, Irman. 2012. *Proses Pembuatan Semen*. Manufacturing Process. Hal 27

Setianingsih, Wati. 2014. *Kehalusan Semen*. Jakarta : PT. Bhakti Buana Makmur

Yeffrichan. 2010. *Cara Menghitung Daya dan Blower Fan*. Universitas Petra. Surabaya.

Anonymous 1 :

http://203.21.74.26/pdimage/80/3583780_9-19.jpg (Diakses 12 Desember 2013)

Anonymous 2 :

http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_fan#Fan_dampers_and_Vanes (Diakses 12 Desember 2013)

Anonymous 3 :

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S02552701040000984> (Diakses 20

Desember 2013

Anonymous 4 :

<http://fisika-on.blogspot.com/2012/06/konsep-fisika-untuk-pesawat-terbang.html>

(Diakses 18 Februari 2014)

Anonymous 5 :

http://en.wikipedia.org/wiki/Particle-size_distribution (Diakses 29 Oktober 2013)

Anonymous 6 :

http://id.wikipedia.org/wiki/Gaya_angkat (Diakses 12 Februari 2014)

