

**PENGARUH TEKANAN UDARA *FORCED DRAFT* TERHADAP  
GEOMETRI SERBUK KUARSA PADA SISTEM *BALL MILL***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**MARVINO ARYA CHRISTIARIZAL  
NIM. 0910620073 - 62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGARUH TEKANAN UDARA *FORCED DRAFT* TERHADAP  
GEOMETRI SERBUK KUARSA PADA SISTEM *BALL MILL***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**MARVINO ARYA CHRISTIARIZAL**  
**NIM. 0910620073 - 62**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.,Met.**  
**NIP. 19551117 198601 1 001**

**Ir. Endi Sutikno, MT**  
**NIP. 19590411 198710 1 001**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH TEKANAN UDARA *FORCED DRAFT* TERHADAP  
GEOMETRI SERBUK KUARSA PADA SISTEM *BALL MILL***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

**MARVINO ARYA CHRISTIARIZAL**  
**NIM. 0910620073 - 62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 22 Mei 2014

**DOSEN PENGUJI**

Skripsi I

Skripsi II

**Dr. Ir. Achmad As'Ad Sonief, MT.**  
**NIP. 19591128 198710 1 001**

**Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE**  
**NIP. 19670923 199303 1 002**

Skripsi III

**Ir. Ari Wahjudi, MT.**  
**NIP. 19680324 199412 1 001**

Mengetahui  
**Ketua Program Studi S1**  
**Jurusan Teknik Mesin**

**Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST.,MT.**  
**NIP. 19750802 199903 2 002**

## KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Tekanan *Forced Draft* Terhadap Geometri Serbuk Kuarsa Pada Sistem *Ball Mill*” ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak dalam proses penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini :

1. Bapak Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., Dr.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Purnami ST.,MT selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Tjuk Oerbandono, Ir.,MSc.CSE selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Produksi Jurusan Mesin.
4. Bapak ING Wardana, Prof. Ir.,M.Eng.,Ph.D. Selaku dosen wali yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Wahyono Suprpto, Ir., MT. Met., Dr. selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak memberi masukan, bimbingan, pengetahuan dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Endi Sutikno, Ir., MT selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberi masukan, bimbingan, pengetahuan dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
7. Saudari Feni Arianti dan Saudara Bima Triatma yang telah membantu pendanaan melalui penelitian “Karakterisasi Geometri Penggilingan *Ballmill* Tepung Porang dengan ayakan *Hydrodynamic*” di Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia, masing – masing dengan nomor kontrak kerja E/2013/08/007 dan E/2013/08/008.
8. Keluarga Besar Laboratorium Pengecoran Logam Universitas Brawijaya, Bapak Agustinus Ariseno, Ir., MT. selaku Kepala Laboratorium dan rekan – rekan asisten terima kasih atas fasilitas dan dukungannya
9. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Jurusan Teknik Mesin.

10. Saudaraku “BLACK MAMBA” M’09 baik yang sudah maupun yang sedang berjuang menyelesaikan skripsi tetap semangat, semoga selalu diberi kemudahan dan kelancaran. *Solidarity Forever!!!*
11. Teman – teman seperjuangan Reza Akbar Pratama, Rezki Adi Kuncoro, Ibrahim Imron, Dimas Trinugroho dan Ferdiansyah. Yang telah memberikan masukan dan nasehat untuk tetap semangat.
12. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu yang telah membantu penulis demi kelancaran penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik – baiknya dan penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh untuk dikatakan sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan yang lebih baik lagi. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi para pembaca umumnya sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut. Amiin

Malang, Mei 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
RINGKASAN.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian sebelumnya.....	4
2.2 Mineral.....	5
2.2.1 Pengertian.....	5
2.2.2 Mineral silikat.....	6
2.2.3 Sifat Fisik Mineral.....	6
2.3 Serbuk.....	13
2.3.1 Karakteristik Serbuk.....	13
2.3.2 Proses Pembentukan Serbuk.....	14
2.4 Kuarsa.....	15
2.5 <i>Ball Mill</i> .....	16



2.5.1 *Critical Speed* ..... 16

2.6 Hukum Kekekalan Massa dan Energi ..... 18

2.6.1 Kekekalan Massa ..... 18

2.6.2 Kekekalan Energi ..... 20

2.7 *Forced Draft*..... 23

2.7.1 *Blower* ..... 23

2.8 *Separator*..... 23

2.9 Hipotesa..... 24

**BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian ..... 25

3.2 Variabel Penelitian..... 25

3.3 Peralatan dan Bahan yang Digunakan ..... 26

3.3.1 Peralatan yang Digunakan ..... 26

3.3.2 Bahan yang Digunakan ..... 30

3.4 Instalasi Penelitian ..... 30

3.5 Prosedur Penelitian ..... 31

3.6 Metode Pengambilan Data ..... 32

3.6.1 Persiapan Penelitian ..... 32

3.6.2 Proses Pengambilan Data..... 32

3.6 Rancangan Penelitian ..... 33

3.7 Sumber Data..... 33

3.7.1 Data Primer ..... 34

3.7.2 Data Sekunder..... 34

3.8 Diagram Alir ..... 34

**BAB IV HASIL DAN PEMAHASAN**

4.1 Hasil..... 36



4.2 Pembahasan.....	38
4.4.1 Grafik Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada Sistem <i>Ball Mill</i> .....	38
4.4.2 Grafik Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Rasio <i>Output</i> dan <i>Input</i> Serbuk Kuarsa Pada Sistem <i>Ball Mill</i> .....	39
4.4.3 Grafik Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada Setiap Distribusi Ukuran Mesh .....	40
4.4.4 Bentuk Butiran Serbuk.....	41

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Lempeng Tektonik .....	5
Gambar 2.2 : <i>Bowen reaction series</i> .....	5
Gambar 2.3 : Sistem isometrik/kubik .....	7
Gambar 2.4 : Sistem tetragonal .....	8
Gambar 2.5 : Sistem orthorombis .....	8
Gambar 2.6 : Sistem Heksagonal .....	9
Gambar 2.7 : Sistem Trigonal .....	10
Gambar 2.8 : Sistem Monoklin .....	10
Gambar 2.9 : Sistem Triklin .....	11
Gambar 2.10: bentuk – bentuk partikel serbuk .....	14
Gambar 2.11 : (a) <i>Smoky quartz</i> , (b) <i>Citrine</i> , (c) <i>Milky quartz</i> , (d) <i>Quartz crystal cluster from Tibet</i> .....	15
Gambar 2.12: Simulasi <i>critical speed</i> .....	16
Gambar 2.13 : Persamaan kontinuitas .....	20
Gambar 2.14: <i>Blower</i> .....	23
Gambar 2.15: Skema <i>separator</i> .....	24
Gambar 3.1 : a. <i>Ball Mill</i> b. Bola baja c. Kondisi di dalam <i>Ball Mill</i> .....	26
Gambar 3.2 : SEM .....	26
Gambar 3.3 : Timbangan elektrik .....	27
Gambar 3.4 : <i>Blower</i> .....	27
Gambar 3.5 : <i>Separator</i> .....	28
Gambar 3.6 : Manometer .....	28
Gambar 3.7 : Motor Listrik .....	29
Gambar 3.8 : Pengguncang Rotap .....	29
Gambar 3.9 : Kuarsa .....	30
Gambar 3.10 : Skema Instalasi <i>Ball Mill</i> .....	30

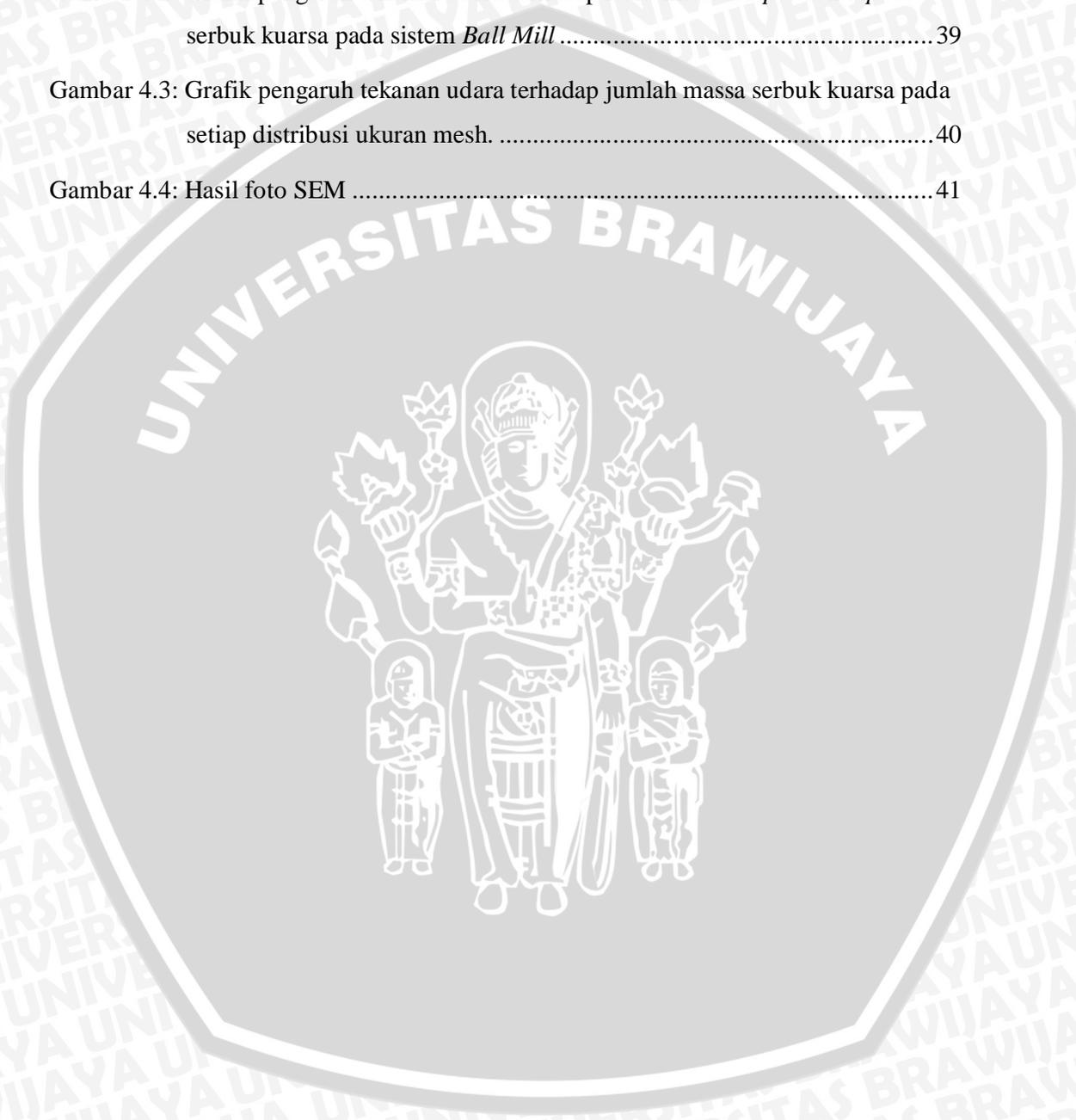
Gambar 3.11: Skema arah aliran udara ..... 31

Gambar 4.1: Grafik pengaruh tekanan udara terhadap jumlah massa serbuk kuarsa pada sistem *Ball Mill*..... 38

Gambar 4.2: Grafik pengaruh tekanan udara terhadap rasio massa *output* dan *input* serbuk kuarsa pada sistem *Ball Mill* ..... 39

Gambar 4.3: Grafik pengaruh tekanan udara terhadap jumlah massa serbuk kuarsa pada setiap distribusi ukuran mesh. .... 40

Gambar 4.4: Hasil foto SEM ..... 41



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Rancangan hasil penelitian.....	33
Tabel 3.2: Rancangan rasio kuarsa.....	33
Tabel 4.1: Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada sistem <i>Ball Mill</i> .....	36
Tabel 4.2 Data rasio produk serbuk kuarsa .....	36
Tabel 4.3: Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh .....	36
Tabel 4.4: Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh dalam %...36	
Tabel 4.5: Data hasil pengujian serbuk kuarsa menurut klasifikasi distribusi ukuran mesh dalam % .....	37



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : Mesh Vs Micron Comparison Chart

LAMPIRAN 2 : Sumber Daya Mineral

LAMPIRAN 3 : Bentuk Susunan Silikat Mineral

LAMPIRAN 4 : Foto Instalasi Alat

LAMPIRAN 5 : Surat Kontrak Kerja

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## RINGKASAN

MARVINO ARYA CHRISTIARIZAL, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2014, *Pengaruh Tekanan Udara Forced Draft Terhadap Geometri Serbuk Kuarsa Pada Sistem Ballmill*, Dosen Pembimbing: Wahyono Suprpto dan Endi Sutikno.

Sebagai salah satu Negara dengan wilayah yang luas, Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah. Salah satu dari sumber daya alam tersebut adalah pasir kuarsa. Dalam dunia industri pasir kuarsa sangat berperan aktif, khususnya sebagai bahan utama pembuat kaca dan gelas. Mineral merupakan benda padat homogen yang terbentuk secara alami melalui proses anorganik dan mempunyai komposisi kimia tertentu. Pasir kuarsa merupakan salah satu dari mineral yang berada pada kelompok silikat. Susunan pasir kuarsa sebagian besar terbentuk oleh silika ( $\text{SiO}_2$ ). Proses pembentukan pasir kuarsa menjadi serbuk kuarsa menggunakan *ball mill*. Pada sistem *ball mill* kuarsa dihancurkan menggunakan bola – bola baja yang berada pada tabung tertutup dan memiliki sumbu secara horizontal. Pemindahan serbuk kuarsa menggunakan tekanan *Forced Draft* yang dihembuskan oleh *blower* hingga menuju pada *separator*. Pada *separator* serbuk kuarsa dipisahkan dengan udara. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil serbuk yang terbaik (ukuran lebih kecil dan berbentuk bulat) setelah kuarsa mengalami reduksi ukuran dengan menggunakan proses penghancuran *Ball Mill* dan didorong menggunakan tekanan udara *forced draft* yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium  $\alpha\beta\gamma$  Landung Sari pada 2 Januari 2014 – 18 Januari 2014. Dengan menggunakan variabel bebas tekanan udara *forced draft* sebesar 2, 4, 5 dan 6 mmH<sub>2</sub>O. Bola baja diameter 42mm dengan massa 286gr sebanyak 13 buah dan bola baja berdiameter 27mm dengan massa 80gr sebanyak 3 buah. Dengan kecepatan putar tabung sebesar 90 rpm yang dilakukan selama 30 menit. Selama 15 menit terakhir *blower* dinyalakan untuk mendorong serbuk kuarsa yang telah dihancurkan oleh bola – bola baja selama 15 menit pertama menuju *separator*. Sehingga didapatkan serbuk kuarsa dari hasil tekanan *forced draft*.

Hasil penelitian menunjukkan massa yang dihasilkan pada tekanan 2, 4, 5 dan 6 mmH<sub>2</sub>O mengalami peningkatan secara berurutan yakni 366g, 406g, 421g dan 476g. Distribusi serbuk kuarsa pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan ukuran mesh  $60 \leq 100$  sebesar 42,19%, mest  $100 \leq 270$  sebesar 55,22% dan mesh diatas 270 sebesar 2,57%. Pada tekanan 4 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan ukuran mesh  $60 \leq 100$  sebesar 32,33%, mest  $100 \leq 270$  sebesar 61,22% dan mesh diatas 270 sebesar 32,33%. Pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan ukuran mesh  $60 \leq 100$  sebesar 39,31%, mest  $100 \leq 270$  sebesar 57,35% dan mesh diatas 270 sebesar 3,33%. Sedangkan efisiensi meningkat seiring dengan kenaikan tekanan udara *forced draft* yakni sebesar 73,294%, 81,22%, 84,258% dan 95,248%. Untuk bentuk serbuk kuarsa yang terlihat pada foto SEM menampilkan bentuk *angular* dan *flakey*.

Kata kunci: Serbuk, Kuarsa, *Ball mill*, *Forced draft*, Silika

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu Negara dengan wilayah yang luas, Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah. Salah satu dari sumber daya alam tersebut adalah pasir kuarsa. Dalam dunia industri pasir kuarsa sangat berperan aktif, khususnya sebagai bahan utama pembuat kaca dan gelas. Di Indonesia cadangan pasir kuarsa terbesar berada di Pulau Sumatera dan Kalimantan (Lagaligo, 2011). Jumlah pasir kuarsa pada neraca sumber daya mineral bukan logam tahun 2012 yang dirilis oleh pusat sumber daya geologi melalui website resminya mencapai 18 milyar ton. Dari jumlah tersebut, produksi pasir kuarsa pada tahun 2012 mencapai sekitar 13 juta ton. Pasir kuarsa tidak hanya digunakan sebagai keperluan industri, tetapi juga sebagai bahan penelitian untuk mendapatkan kualitas produk yang baik. Salah satu dari penelitian tersebut adalah dengan mereduksi ukuran pasir kuarsa menjadi serbuk yang halus menggunakan *Ball Mill*.

*Ball Mill* merupakan alat yang dapat mereduksi ukuran pasir dengan menggunakan bola baja sebagai media penghancur. Pada umumnya *Ball Mill* menggunakan tabung tertutup dan memiliki sumbu horizontal. *Ball Mill* yang diputar sesuai dengan sumbu porosnya mengakibatkan bola ikut berputar dan jatuh, sehingga pasir yang berada di dalam tabung tertumbuk. Putaran yang di hasilkan *Ball Mill* tentunya memiliki kriteria sendiri. Biasanya, putaran dari *Ball Mill* berada di bawah putaran kritisnya. Penggunaan *Ball Mill* cukup efektif untuk menghancurkan pasir yang bersifat getas. Selain sebagai media penghancur, *Ball Mill* juga digunakan untuk mencampur serbuk. Seperti yang dilakukan Haryani (2011), yaitu mencampur serbuk MgO dan TiO<sub>2</sub> menjadi MgTiO<sub>3</sub>.

Serbuk yang dihasilkan oleh *Ball Mill* tentunya memiliki geometri. Untuk mengetahui hal tersebut, digunakan alat uji mesh dan uji SEM (*Scanning Electron Microscope*). Namun sebelum menggunakan alat uji tersebut, serbuk dipindahkan terlebih dahulu menggunakan media udara dengan alat bantu *blower*. Hembusan (*Forced Draft*) yang dihasilkan oleh *blower* inilah yang nantinya akan digunakan untuk memindahkan serbuk dari *Ball Mill* menuju *separator*.

*Separator* pada umumnya berbentuk tabung dan memiliki sumbu secara vertikal. Fungsi dari *separator* adalah untuk memisahkan partikel serbuk berdasarkan perbedaan

massa jenis dan ukuran. Semakin besar ukuran partikel, maka semakin cepat partikel tersebut diendapkan, (Wibawa, 2012). Sedangkan menurut Utikar (2010), *separator* biasanya digunakan sebagai pemisah partikel padat yang bercampur dengan gas. Alat ini memiliki konstruksi yang sederhana, pembuatannya relatif murah dan pengoperasiannya mudah dilakukan.

Serbuk merupakan butiran dengan bermacam – macam jenis dan bentuk geometri. Chan (2010) mengatakan bentuk partikel serbuk tergantung pada cara pembuatannya, dapat bulat, tidak teratur, dendritik, pipih atau bersudut tajam. Salah satu cara pengolahan serbuk menjadi suatu produk yaitu dengan menggunakan metode mekanik mesin penggiling berupa *Ball Mill* yang dapat menghancurkan pasir kuarsa menjadi serbuk kuarsa.

Wikipedia, Manfaat serbuk juga bervariasi, ada yang digunakan sebagai bahan peledak atau biasa disebut dengan istilah *Black Powder*, las termit yang menyambung dua batang rel kereta api dengan menggunakan serbuk aluminium, *powder coating* merupakan proses pelapisan yang menggunakan serbuk pada permukaan benda kerja, *Powder Metallurgy* (P/M), peluncur atau pelicin bahkan sebagai pembentukan profil permukaan suatu benda padat. Tentunya dengan geometri yang sudah sesuai, maka serbuk tersebut akan lebih tepat guna. Begitu juga dengan pembuatan produk industri yang menggunakan serbuk sebagai bahan dasar produk yang akan dibuat memerlukan bentuk geometri serbuk yang tepat untuk menghasilkan produk yang bermutu.

Pengolahan pasir kuarsa yang dihasilkan dari proses permesinan menjadi serbuk kuarsa menggunakan alat yang bernama *Ball Mill*. Serbuk yang dihasilkan oleh *Ball Mill* tersebut akan dijadikan penelitian untuk mengetahui geometrinya. Oleh karena itu, berdasarkan penjelasan di atas perlu diadakan penelitian terhadap serbuk yang dihasilkan oleh *Ball Mill* dengan variasi tekanan udara yang dihasilkan melalui *forced draft* dengan judul “Pengaruh Tekanan Udara *Forced Draft* Terhadap Geometri Serbuk Kuarsa Pada Sistem *Ball Mill*”. Sehingga dapat menghasilkan produk yang tepat guna dari hasil penelitian ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah proses penghancuran kuarsa dengan menggunakan sistem *ball mill*?

2. Bagaimanakah pengaruh tekanan udara *forced draft* terhadap geometri serbuk kuarsa?

### 1.3 Lingkup Penelitian

Agar permasalahan tidak meluas, adapun ruang lingkup dalam penelitian ini hanya terbatas mengenai:

1. Penghancuran pasir kuarsa menggunakan sistem *Ball Mill*.
2. Pembahasan difokuskan pada ukuran dan bentuk serbuk kuarsa yang dihasilkan akibat tekanan udara *forced draft*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memisahkan serbuk kuarsa dengan pengaruh tekanan udara *forced draft* berdasarkan distribusi ukuran serbuk kuarsa yang tertampung.
2. Untuk mendapatkan ukuran serbuk yang lebih kecil dari tekanan udara *forced draft*.
3. Untuk mengetahui pengaruh tekanan udara *forced draft* terhadap serbuk kuarsa yang tertampung.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai informasi mengenai pengaruh tekanan udara *forced draft* terhadap geometri serbuk kuarsa dalam sistem *Ball Mill*.
2. Menambah pengetahuan bagi pembaca tentang proses permesinan pada sistem *Ball Mill*.
3. Mengetahui geometri serbuk kuarsa yang dihasilkan dengan proses pemisahan menggunakan udara bertekanan *forced draft*.
4. Sebagai informasi untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian sebelumnya

Egbe, 2013. Melakukan penelitian tentang Pengaruh  *Holding Time*  terhadap tingkat kerusakan bahan menggunakan  *Ball Mill* . Kecepatan penggilingan 101rpm diameter bola 25mm dan rasio massa bola dengan massa bahan 10:1. Dengan waktu 2, 4, 6, 8 dan 10 menit. Hasil dari lama putaran  *Ball Mill*  dari 2 menit hingga 10 menit, prosentase massa yang melewati ukuran 355 $\mu$ m meningkat dari 21.07% ke 69% sementara massa yang melewati ukuran 50 $\mu$ m meningkat dari 5.58% ke 21.9%.

Munasir, 2012. Melakukan pengujian XRD dan XRF pada bahan mineral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas ( $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{SiO}_2$ ). Dari hasil pengujian didapatkan hasil difraksi sinar X bahan alam (batuan dan pasir) yang di ambil sebagai sampel yang di ambil dari daerah Bawean-Gresik Batu\_1 (onik) dan daerah Tulungagung Batu\_2 (putih), mengandung  $\text{CaCO}_3$  dengan kemurnian yang tinggi (~98,230%). Pasir yang diambil dari daerah Tuban dan Sumenep memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dengan kemurnian yang tinggi (~76 %).

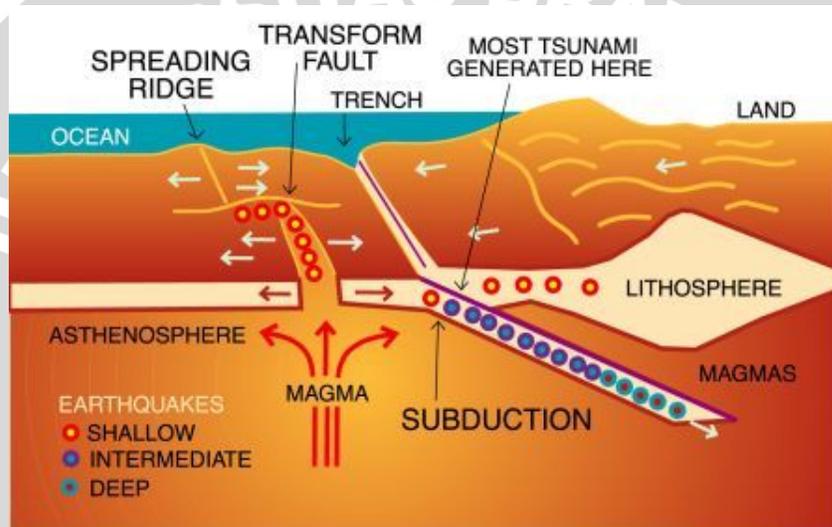
Elsayed, 2010. Melakukan penelitian tentang pengaruh diameter  *vortex finder*  pada  *separator* . Ukuran diameter  *vortex finder*  menggunakan 0.5, 0.4 dan 0.3 dari ukuran diameter  *separator* . Dimana diameter  *separator*  sebesar 29cm. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa diameter  *vortex finder*  mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pola aliran udara dan performa dari  *separator* . Semakin kecil diameter  *vortex finder* , maka kecepatan tangensial meningkat.

Suprpto, (2013). Meneliti distribusi mesh serbuk duralumin pada penggiling bola sebulung putar D200 putaran cepat. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penumbukkan  *chips*  duralumin dengan diameter bola kecil menghasilkan nomor mesh lebih besar dibanding diameter bola besar, dan kecenderungan bentuk partikel serbuk mesh 35 menyerupai kripik, mesh 100 dan mesh 270 bulat. Fraksi berat partikel serbuk mesh 35, 100, 270 untuk penumbuk bola besar dan bola kecil masing-masing 7.5, 20, 5 dalam % dan 6.5, 27.5, 7.5 dalam %.

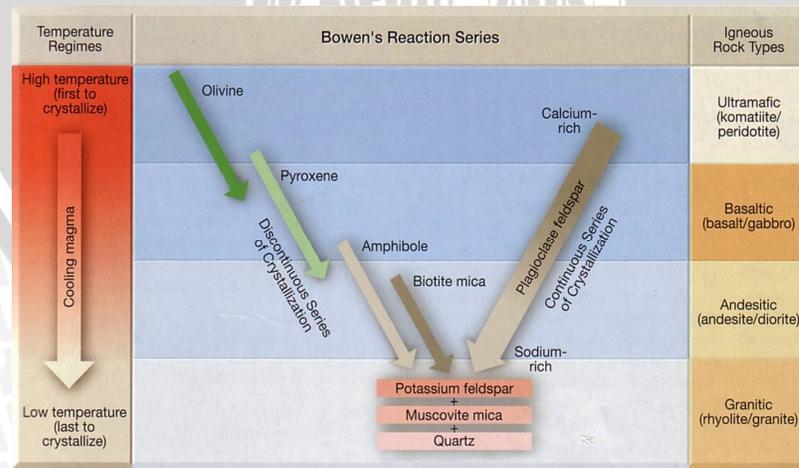
## 2.2 Mineral

### 2.2.1 Pengertian

Mineral merupakan benda padat homogen yang terbentuk secara alami melalui proses anorganik dan mempunyai komposisi kimia tertentu. Mineral primer dihasilkan dari pembekuan magma yang berasal dari lapisan astenosfer bumi (gambar 2.1). Mineral ini merupakan penyusun utama batuan beku yang terdapat pada kerak litosfer. Variasi jenis batuan yang dihasilkan dari cairan magma dapat dilihat pada *bowean reaction series* (gambar 2.2). Sedangkan mineral sekunder dihasilkan melalui proses pelapukan dari mineral primer. Ibrahim (2012).



Gambar 2.1: Lempeng Tektonik  
Sumber: Aldilla, 2011



Gambar 2.2: Bowen reaction series  
Sumber: Bayu, 2011

### 2.2.2 Mineral silikat

Mineral Silikat merupakan salah satu dari klasifikasi mineral. Susunan utama dari mineral silikat adalah silikon dan oksigen. Bentuk mineral silikat yang paling umum adalah kuarsa dan feldspar. Pada mineral silikat terbagi menjadi beberapa kategori, yakni:

1. Nesosilikat

Nesosilikat terdiri atas tetrahedral yang berdiri sendiri.

2. Sorosilikat

Kelompok ini terdiri atas tetrahedral yang berhubungan pada salah satu ujungnya dengan menggunakan atom oksigen secara bersama.

3. Siklosilikat

Siklosilikat adalah rangkaian beberapa tetrahedral yang membentuk lingkaran.

4. Inosilikat

Inosilikat adalah rangkaian beberapa tetrahedral Si yang membentuk rantai.

5. Filosilikat

Filosilikat merupakan rangkaian tetrahedral Si yang ketiga atom oksigen digunakan bersama – sama antara satu dengan lainnya.

6. Tektosilikat

Tektosilikat adalah rangkaian tetrahedral Si yang keempat atom oksigennya digunakan bersama – sama satu dengan lainnya.

### 2.2.3 Sifat Fisik Mineral

Pemberian nama material mineral dapat dilakukan dengan membandingkan sifat – sifat fisik dari mineral satu dengan mineral yang lainnya. Berikut beberapa sifat fisik dari mineral. Warmada (2004):

1. Bentuk Kristal

Bentuk sebuah Kristal secara umum dapat ditentukan dengan menggunakan ilmu ukur dan mengetahui sudut – sudut bidangnya. Hingga saat ini baru terdapat 7 macam sistem Kristal. Dasar penggolongan sistem Kristal ada 3 hal, yaitu:

- a. Jumlah sumbu Kristal

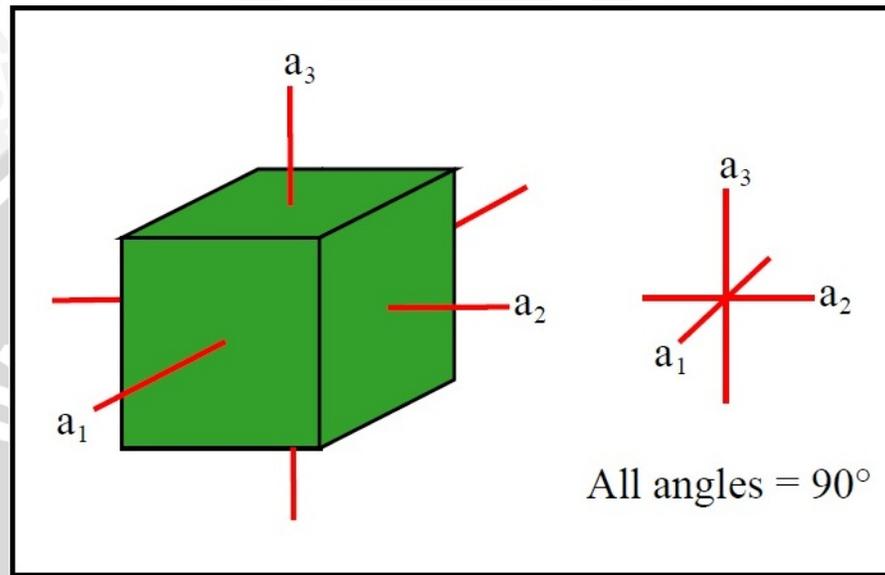
- b. Letak sumbu Kristal satu dengan Kristal yang lainnya

- c. Parameter yang digunakan untuk masing – masing sumbu Kristal

Adapun ketujuh sistem Kristal tersebut adalah:

a. Sistem Isometrik

Sistem ini juga disebut dengan sistem regular, bahkan sering dikenal dengan sistem kubus/kubik. Jumlah sumbu kristalnya 3 dan saling tegak lurus satu dengan lainnya. Masing – masing sumbu sama panjangnya.

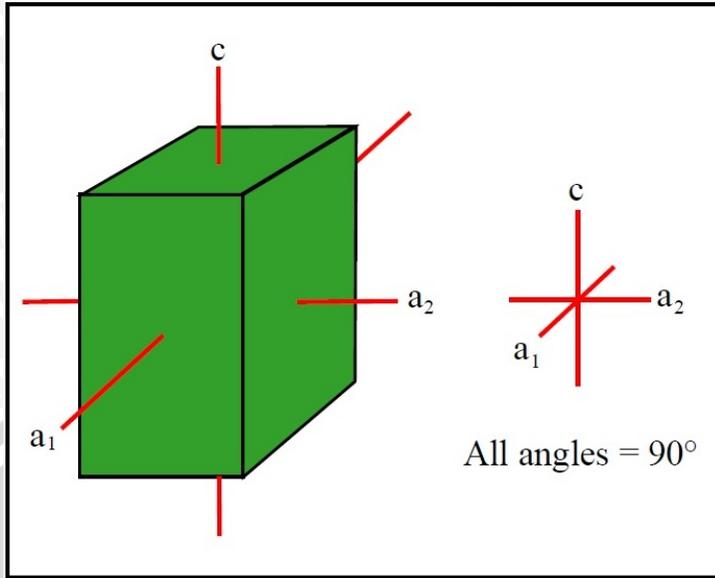


Gambar 2.3 : Sistem isometrik/kubik

Sumber : Wilson, J Richard., Mineral and Rocks

b. Sistem Tetragonal

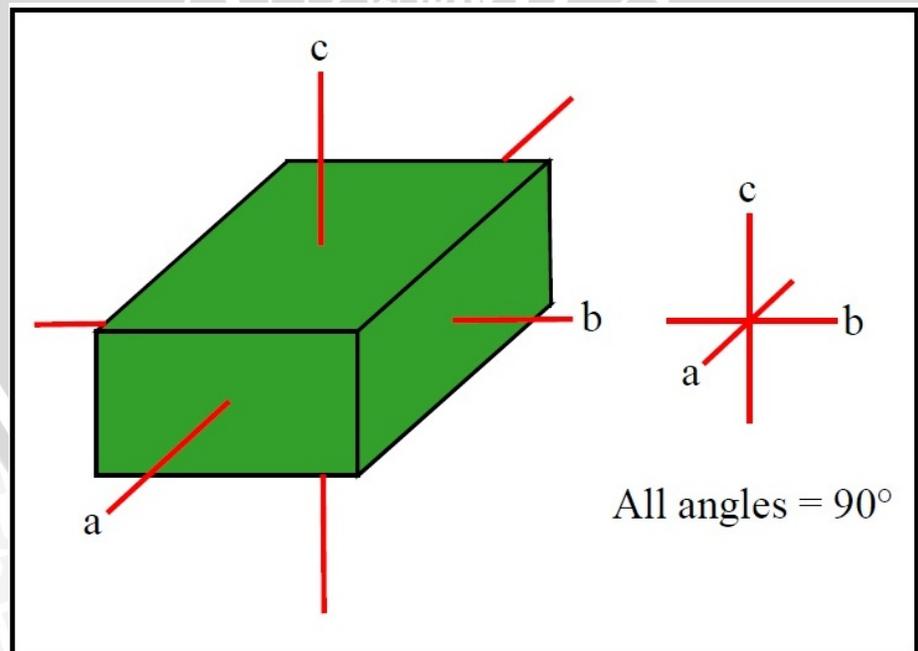
Mirip dengan sistem isometrik, sistem ini mempunyai 3 sumbu Kristal yang masing – masing saling tegak lurus. Sumbu  $a_1$  dan  $a_2$  mempunyai satuan panjang yang sama sedangkan sumbu  $c$  berlainan, dapat lebih panjang atau lebih pendek.



Gambar 2.4 : Sistem tetragonal  
 Sumber : Wilson, J Richard., Mineral and Rocks

c. Sistem Orthorombis

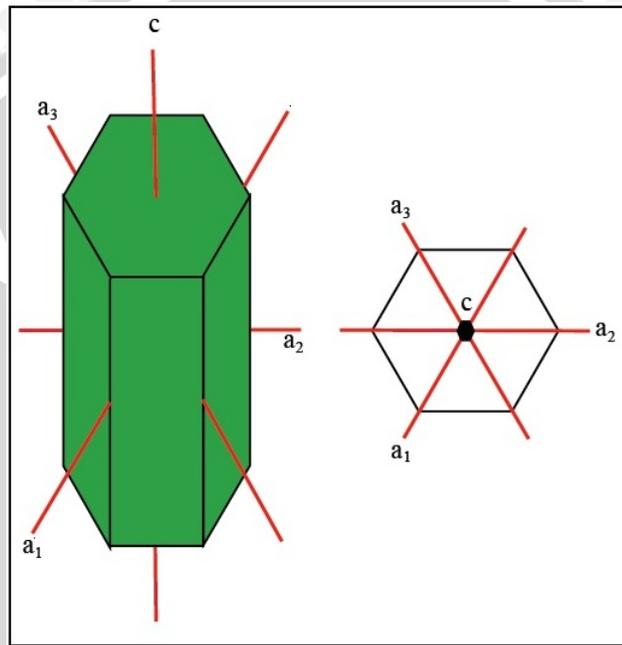
Sistem orthorombis memiliki 3 sumbu Kristal yang saling tegak lurus satu dengan lainnya. Ketiga sumbu Kristal tersebut mempunyai panjang yang berbeda – beda.



Gambar 2.5 : Sistem orthorombis  
 Sumber : Wilson, J Richard., Mineral and Rocks

d. Sistem Heksagonal

Pada sistem ini memiliki 4 sumbu Kristal, dimana sumbu c tegak lurus terhadap sumbu yang lainnya. Sumbu a, b dan d masing – masing saling membentuk  $120^\circ$  terhadap sumbu lainnya. Sumbu  $a_1$ ,  $a_2$  dan  $a_3$  memiliki sumbu yang sama panjang. Sedangkan panjang c berbeda bisa lebih panjang atau pendek.

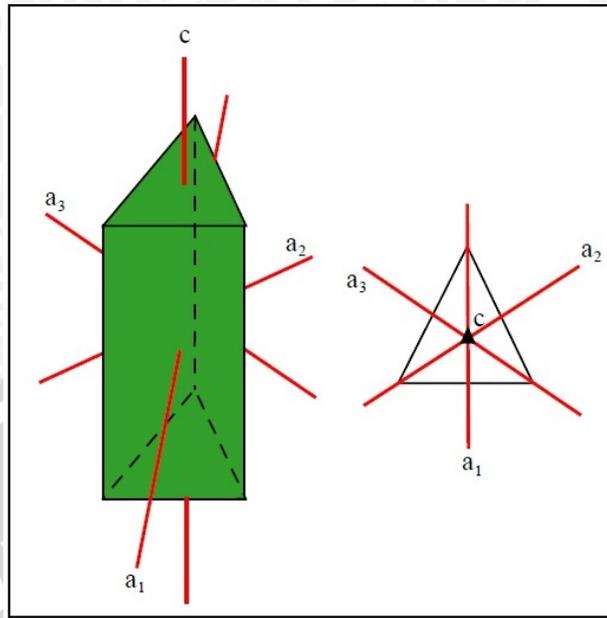


Gambar 2.6 : Sistem Heksagonal

Sumber : Wilson, J Richard., Mineral and Rocks

e. Sistem Trigonal

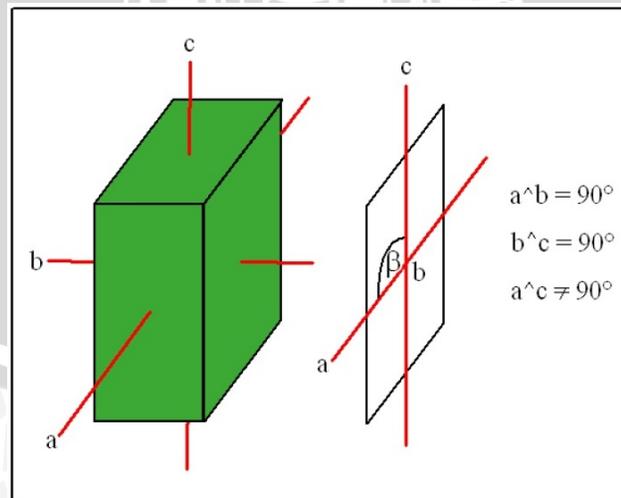
Beberapa ahli memasukkan sistem ini ke dalam sistem heksagonal. Demikian pula cara penggambarannya juga sama. Perbedaan pada sistem ini setelah terbentuk bidang dasar yang berbentuk segienam kemudian dibuat segitiga dengan menghubungkan dua titik sudut yang melewati satu titik sudutnya.



Gambar 2.7 : Sistem Trigonal  
 Sumber : Wilson, J Richard., Mineral and Rocks

f. Sistem Monoklin

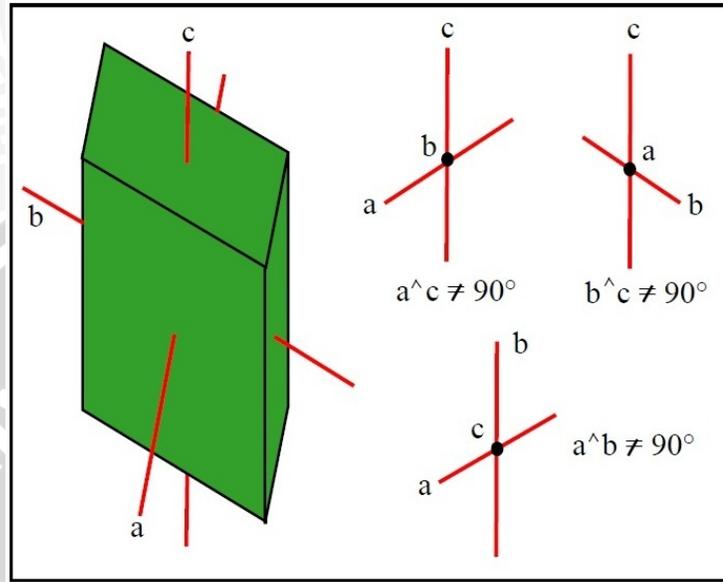
Monoklin dapat diartikan hanya memiliki satu sumbu yang miring dari tiga sumbu yang dimilikinya. Sumbu a tegak lurus terhadap sumbu b, b tegak lurus terhadap c, tetapi sumbu c tidak tegak lurus terhadap sumbu a. ketiga sumbu tersebut mempunyai panjang yang tidak sama. Umumnya sumbu c yang paling panjang dan sumbu b yang paling pendek.



Gambar 2.8 : Sistem Monoklin  
 Sumber : Wilson, J Richard., Mineral and Rocks

## g. Sistem Triklin

Sistem ini mempunyai tiga sumbu yang tidak saling tegak lurus terhadap sumbu – sumbu lainnya.



Gambar 2.9 : Sistem Triklin

Sumber : Wilson, J Richard., Mineral and Rocks

## 2. Warna

Terkenanya mineral dengan cahaya yang dapat membentuk warna. Warna mineral dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

- Idiokromatik adalah warna yang selalu tetap dan tidak berubah, pada umumnya dapat ditemukan pada mineral – mineral yang tidak tembus cahaya seperti galena, magnetit, pirit dan lain sebagainya.
- Alokromatik adalah warna mineral yang selalu berubah – ubah dan tergantung dari material pengotornya. Umumnya terdapat pada mineral – mineral yang tembus cahaya seperti kuarsa, kalsit dan lain sebagainya.

## 3. Kilau

Pantulan cahaya yang terpantulkan akibat mineral terkena cahaya. Kilau dibedakan menjadi dua yaitu:

## a. Kilau logam

Pantulan yang mirip dengan pantulan logam bila terkena cahaya, biasanya banyak dijumpai pada material yang mengandung logam seperti emas, galena, pirit dan lain sebagainya.

b. Kilau non logam

Pantulan cahaya yang tidak memberikan kesan seperti logam jika terkena cahaya, Kilau ini dapat dibedakan menjadi:

- Kilau kaca
- Kilau intan
- Kilau sutera
- Kilau tanah
- Kilau lemak

4. Kekerasan

Ketahanan suatu mineral terhadap suatu goresan. Secara relatif fisik ini ditentukan dengan menggunakan skala mohs, yang dimulai dari skala 1 yang paling lunak hingga skala 10 untuk mineral yang paling keras. Skala mohs tersebut meliputi (1) talk, (2) gypsum, (3) kalsit, (4) flourit, (5) apatit, (6) feldspar, (7) kuarsa, (8) topas, (9) korundum dan (10) intan.

5. Cerat

Merupakan warna material dalam bentuk serbuk, cerat dapat sama atau berbeda dengan warna mineral. Pada umumnya warna cerat tetap.

6. Belahan

Kemampuan mineral membelah berdasarkan bidang – bidang belahan yang rata dan licin. Bidang belahan umumnya sejajar dengan bidang tertentu dari mineral tersebut.

7. Pecahan

Kemampuan mineral untuk pecah melalui bidang yang tidak rata dan tidak teratur. Pecahan dapat dibedakan menjadi:

- a. Pecahan konkoidal yaitu seperti gelombang yang melengkung dipermukaan.
- b. Pecahan berserat/fibrus yang menunjukkan kemampuan serat seperti asbes.
- c. Pecahan tidak rata yaitu memperlihatkan permukaan yang kasar dan tidak teratur seperti pada garnet.
- d. Pecahan rata dimana permukaan pecahan ini memiliki kerataan dan kehalusan seperti pada material lempung.
- e. Pecahan runcing memiliki permukaan yang tidak rata dan memiliki ujung yang tajam seperti pada mineral kelompok logam murni.

Bentuk mineral dapat dikatakan sebagai kristalin bila memiliki bidang Kristal yang cukup jelas dan dikatakan sebagai amorf bila tidak memiliki batas – batas Kristal yang jelas. Struktur mineral dapat dibagi menjadi beberapa, yaitu:

- a. Granular atau juga disebut dengan butiran terdiri dari butiran – butiran mineral yang mempunyai dimensi yang sama.
- b. Struktur kolom, biasanya terdiri dari prisma yang panjang dan bentuk ramping.
- c. Struktur lembaran atau lamelar yang mempunyai keadaan seperti lembaran.
- d. Struktur imitasi jika mineral memiliki keadaan yang menyerupai bentuk benda lain.

### 2.3 Serbuk

Dalam kamus besar bahasa Indonesia serbuk diartikan sebagai barang yang lumat atau berbutir-butir halus, seperti tepung, abu gunung, debu dan lain sebagainya. Jadi serbuk merupakan sekumpulan mineral halus.

#### 2.3.1 Karakteristik Serbuk

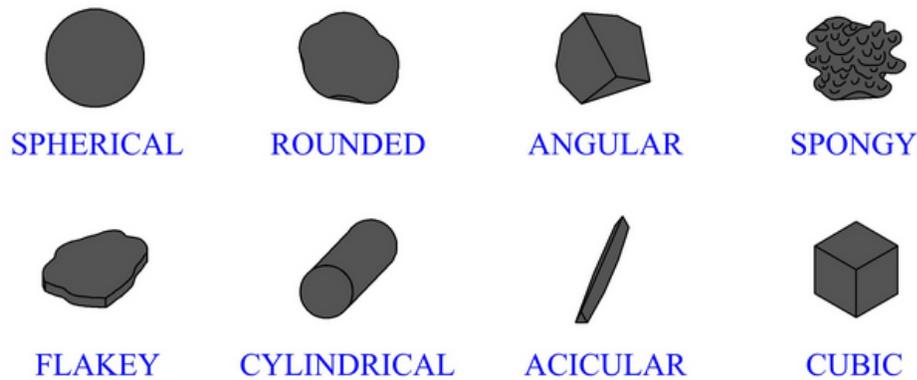
Upadhyaya, 2002. Tingkat keberhasilan dari segala macam proses *powder metallurgy* sebagian besar tergantung pada kelengkapan karakteristik serbuk tersebut. Metode pembuatan serbuk mempengaruhi geometri serbuk dan juga mempengaruhi hasil dari produk yang akan dibuat.

Ukuran partikel serbuk mempunyai standar yang dihubungkan dengan partikel serbuk yang mampu melewati lubang-lubang ayakan yang telah distandarisasi dengan ukuran yang berbeda-beda, yaitu:

1. Serbuk kasar ( mesh  $20 \leq x < \text{mesh } 40$ )
2. Serbuk cukup kasar ( mesh  $40 \leq x < \text{mesh } 80$ )
3. Serbuk halus ( mesh  $80 \leq x < \text{mesh } 120$ )
4. Serbuk sangat halus ( $x \geq \text{mesh } 120$ )

Bentuk partikel tergantung dari jenis serbuk dan cara memproses serbuk tersebut. Dengan metode penghacuran secara mekanik maka bentuk partikel dapat ber macam-macam. Bentuk partikel ini mempengaruhi ukuran pori-pori yang terjadi pada permukaan serta kualitas produk. Beberapa macam bentuk partikel dapat dilihat dibawah ini:

## POWDER PARTICLE SHAPES



Gambar 2.10: bentuk – bentuk partikel serbuk

Sumber: *The library of manufacturing*

### 2.3.2 Proses Pembentukan Serbuk

Dalam proses *powder metallurgy* proses pembentukan serbuk dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut:

1. *Decomposition*, terjadi pada material logam. Material akan menguraikan atau memisahkan elemen-elemennya jika dipanaskan pada temperatur yang cukup tinggi.
2. *Atomization*, material cair dapat dijadikan *powder* (serbuk) dengan cara menuangkan material cair yang dilewatkan pada *nozzel* yang dialiri air bertekanan, sehingga terbentuk butiran kecil – kecil.
3. *Electrolytic Deposition*, pembuatan serbuk dengan cara proses elektrolisis yang biasanya menghasilkan serbuk yang sangat reaktif dan *brittle*. Untuk itu material hasil *electrolytic deposition* perlu diberikan perlakuan *annealing* khusus. Bentuk butiran yang dihasilkan oleh *electrolytic deposition* berbentuk dendritik.
4. *Mechanical Processing*, pembuatan serbuk dengan cara menghancurkan material dengan *Ball Milling*. Material yang dibuat dengan *mechanical processing* harus material yang mudah retak pasir kuarsa.

Pada penelitian ini penghancuran serbuk kuarsa dilakukan secara *mechanical processing*, yakni menggunakan *Ball Mill*.

## 2.4 Kuarsa

Pasir kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa yang juga dikenal dengan nama pasir putih, merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama kuarsa dan *feldspar*. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin, dan mengendap di tepi-tepi sungai, danau atau laut. Kuarsa dapat ditemukan dalam berbagai bentuk termasuk *amethyst*, *aventurine*, *citrine*, *opal*, *rock crystal*, *tiger's eye*, *rose quartz* dan lain sebagainya.



Gambar 2.11 : (a) Smoky quartz, (b) Citrine, (c) Milky quartz, (d) Quartz crystal cluster from Tibet.

Sumber : [wikipedia.org/wiki/Quartz](http://wikipedia.org/wiki/Quartz)

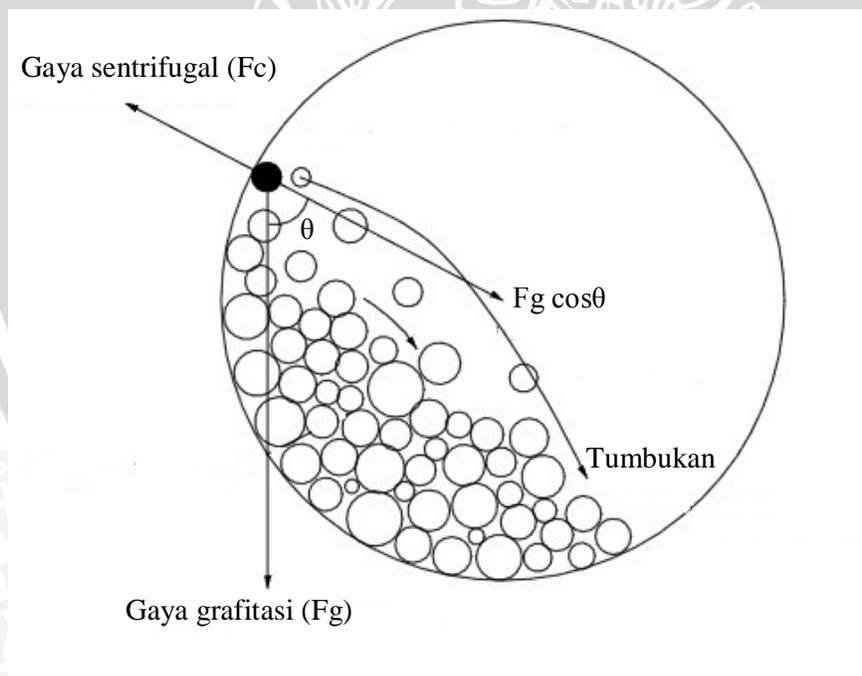
Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari senyawa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur  $1715^\circ\text{C}$ , bentuk kristal hexagonal, panas sfesifik 0,185, dan konduktivitas panas 12 –  $1000^\circ\text{C}$  (<http://www.tekmira.esdm.go.id>).

## 2.5 Ball Mill

*Ball Mill* merupakan salah satu alat yang dapat mereduksi ukuran material hingga mencapai ukuran nanometer. *Ball Mill* menggunakan proses tertutup berbentuk tabung yang memiliki garis sumbu secara horizontal. Didalam *ballmil* terdapat bola – bola baja sebagai media penghancur material. Proses *Ball Mill* bisa dalam keadaan kering ataupun basah, pada umumnya untuk mendapatkan partikel yang lebih kecil lebih baik dengan material dalam keadaan basah dari pada kering. Dalam keadaan basah tidak hanya mereduksi energi pada permukaan serbuk, tapi juga dapat membantu dalam pembentukan retakan pada permukaan partikel sehingga memungkinkan untuk menghasilkan partikel  $1\mu\text{m}$  atau dibawahnya (Schilling, 2000).

### 2.5.1 Critical Speed

Secara teori, *critical speed* dari *Ball Mill* adalah kecepatan gaya *centrifugal* yang cukup besar untuk menyebabkan partikel serbuk mengikuti gerakan putaran *Ball Mill*. Kecepatan yang biasa digunakan sekitar 65% - 80% dari *critical speed*, tergantung dari tipe, ukuran dan aplikasi *Ball Mill* (King, 2000).



Gambar 2.12: simulasi critical speed  
Sumber: king, 2000

Pada *critical speed* gaya yang terjadi adalah:

$$\text{Gaya sentrifugal} \quad F_c = m_p \omega^2 \frac{D_m}{2} \quad (2-1) \quad \text{King, 2000}$$

Dimana  $\omega$  adalah kecepatan sudut,  $m_p$  adalah massa dari partikel yang berada pada tabung dan  $D_m$  adalah diameter dalam tabung.

$$\text{Gaya Gravitasi} \quad F_g = m_p g \quad (2-2) \quad \text{King, 2000}$$

Partikel akan tetap berada pada dinding tabung jika kedua gaya tersebut seimbang.

$$F_c = F_g \cos \theta \quad (2-3) \quad \text{King, 2000}$$

Dimana  $\theta$  terlihat pada gambar 2.12

Partikel akan terjatuh saat:

$$\cos \theta = \frac{F_c}{F_g} \quad (2-4) \quad \text{King, 2000}$$

*Critical speed* dari penggilingan, dimana  $\omega_c$  didefinisikan sebagai kecepatan salah satu bola yang tetap menempel pada dinding tabung saat kecepatan penuh. Saat bola berada pada titik teratas nilai  $\theta = 0$ .

$$F_c = F_g \quad (2-5) \quad \text{King, 2000}$$

$$m_p \frac{\omega_c^2 D_m}{2} = m_p g \quad (2-6) \quad \text{King, 2000}$$

$$\omega_c = \left( \frac{2g}{D_m} \right)^{1/2} \quad (2-7) \quad \text{King, 2000}$$

Biasanya *critical speed* dinyatakan dalam rpm :

$$N_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{2g}{D-d} \right)^{1/2} = \frac{(2 \times 9.81)^{1/2}}{2\pi(D-d)^{1/2}} \quad (2-8) \text{ King, 2000}$$

$$N_c = \frac{0.705}{D-d^{1/2}} \text{ rev/sec} \quad (2-9) \text{ King, 2000}$$

$$N_c = \frac{42.3}{\sqrt{D-d}} \text{ rev/min} \quad (2-10) \text{ King, 2000}$$

Keterangan:

$N_c$  : *Critical speed* [rpm]       $D$  : Diameter dalam *Ball mill* [m]  
 $\omega_c$  : Kecepatan sudut [rad/s]       $d$  : Diameter bola [m]

## 2.6 Hukum Kekekalan Massa dan Energi

### 2.6.1 Kekekalan Massa

Hukum kekekalan massa atau dikenal juga sebagai hukum *Lomonosov-Lavoisier* adalah suatu hukum yang menyatakan massa dari suatu sistem tertutup akan konstan meskipun terjadi berbagai macam proses di dalam sistem tersebut. Pernyataan yang umum digunakan untuk menyatakan hukum kekekalan massa adalah massa dapat berubah bentuk tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Untuk suatu proses kimiawi di dalam suatu sistem tertutup, massa dari reaktan harus sama dengan massa produk.

#### 1. Prinsip kekekalan massa

Untuk sistem tertutup, prinsip kekekalan massa adalah tetap, karena tidak ada perubahan massa dalam kasus tersebut. Tetapi untuk sistem terbuka massa dapat melewati batas sistem, sehingga jumlah massa yang masuk dan keluar dari sistem harus diperhitungkan. Lebih mudah dapat dilihat pada persamaan 2-11:

$$\sum m_i - \sum m_o = \Delta m \quad (2-11) \text{ Sudjito, dkk}$$

Keterangan i dan o merupakan *input* dan *output*. Persamaan diatas dapat dituliskan dalam bentuk per satuan waktu.

Persamaan konservasi massa pada aliran tertutup dapat dilihat pada persamaan 2-12 dalam bentuk *rate* sebagai berikut:

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o \quad (\text{kg/s}) \quad (2-12) \text{ Sudjito, dkk}$$

Keterangan i dan o menunjukkan *input* dan *output*. Atau juga dapat dilihat pada persamaan 2-13 dan 2-14:

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 \quad (2-13)$$

Atau

$$\frac{1}{v_1} V_1 A_1 = \frac{1}{v_2} V_2 A_2 \quad (2-14)$$

Keterangan:

- $\rho$  = massa jenis, [kg/m<sup>3</sup>]
- $v$  = volume spesifik, [m<sup>3</sup>/kg]
- $V$  = kecepatan aliran rata – rata, [m/s]
- $A$  = luas penampang, [m<sup>2</sup>]

## 2. Kecepatan aliran massa dan volume

Jumlah massa yang mengalir melewati sebuah saluran per unit waktu disebut dengan *mass flow rate* dan disimbolkan dengan  $\dot{m}$ . Fluida yang mengalir masuk dan keluar pada suatu saluran, massa yang masuk adalah proporsional terhadap luas permukaan dari saluran tersebut. Persamaan rumus *mass flow rate* dapat dilihat pada persamaan 2-15:

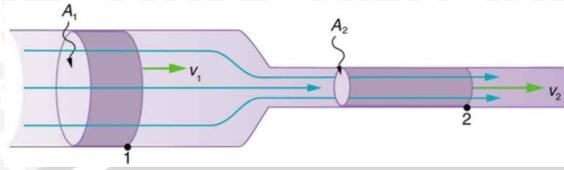
$$\dot{m} = \rho V_n A \quad (\text{kg/s}) \quad (2-15)$$

$V_n$  untuk kecepatan fluida,  $A$  untuk luas penampang dan  $\rho$  untuk massa jenis fluida sedangkan untuk *volume flow rate* dapat dilihat pada persamaan 2-16:

$$\dot{v} = V_n A \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2-16)$$

3. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dalam dari satu tempat ke tempat lain.



Gambar 2.13 : Persamaan kontinuitas  
 Sumber : Boundless

$$Q = \frac{V}{t} = Av \tag{2-17}$$

$$A_1v_1 = A_2v_2 \tag{2-18}$$

Keterangan :

Q = Debit [m<sup>3</sup>/s]

V = Volume [m<sup>3</sup>]

A = Luas penampang[m<sup>2</sup>]

t = Waktu [s]

v = Kecepatan fluida [m/s]

2.6.2 Kekekalan Energi

Hukum kekekalan energi atau juga disebut dengan hukum termodinamika satu yang menyatakan energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan tetapi dapat dirubah dari suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain.

1. Persamaan 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. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama Daniel Bernoulli.

Atophysics (2008). Hukum bernoulli menyatakan bahwa jumlah dari tekanan (P), energi kinetik per satuan volume ( $\frac{1}{2}\rho v^2$ ) dan energi potensial per satuan volume ( $\rho gh$ ) memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus. Dapat dilihat pada persamaan 2-19 hingga 2-21:

$$\frac{PV + \frac{1}{2}mv^2 + mgh}{V} = \text{konstan} \quad (2-19)$$

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{konstan} \quad (2-20)$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (2-21)$$

Keterangan:

- $v$  = kecepatan fluida [m/s]       $\rho$  = massa jenis fluida [kg/m<sup>3</sup>]  
 $g$  = percepatan gravitasi bumi [m/s<sup>2</sup>]       $V$  = Volume [m<sup>3</sup>]  
 $h$  = ketinggian [m]  
 $p$  = tekanan fluida [N/m<sup>2</sup>]

## 2. Head Losses

*Head Losses* atau juga bisa disebut dengan kerugian head dimana pengaruh ini tergantung pada :

- Bentuk, ukuran dan kekasaran saluran
- Kecepatan fluida
- Viskositas fluida

Secara umum kerugian head dibagi menjadi dua bagian yakni:

### a. *minor losses*

kerugian – kerugian minor yang terjadi akibat adanya tambahan komponen – komponen (katup, belokan, sambungan T dan sejenisnya) dari system saluran pada pipa. Untuk menentukan kerugian minor dapat dilihat pada persamaan 2-22.

$$h = K_L \frac{v^2}{2g} \quad (2-22)$$

Keterangan:

- $k$  = merupakan koefisien hambatan pada katup, belokan, sambungan dan sejenisnya.  
 $v$  = kecepatan aliran fluida [m/s]  
 $g$  = gravitasi [m/s<sup>2</sup>]

b. *major losses*

Kerugian yang terjadi akibat gesekan aliran fluida pada saluran – saluran pipa lurus dengan dinding dalam pipa dan luas penampang yang tetap sehingga aliran dianggap seragam. Tingkat kerugian bertambah sesuai dengan panjang saluran pipa. Pada persamaan 2-23 dapat dilihat rumusan yang digunakan untuk menghitung *major losses*.

$$h = K_L \frac{v^2}{2g} \quad (2-23)$$

Keterangan:

- $K_L$  = koefisien kerugian pada *major losses*  
 $v$  = kecepatan aliran fluida [m/s]  
 $g$  = gravitasi bumi [m/s<sup>2</sup>]

4. Momentum dan impuls

Dalam fisika, momentum adalah besaran yang berhubungan dengan kecepatan dan massa suatu benda. Dalam mekanika, momentum (dilambangkan dengan  $p$ ) sebagai hasil perkalian dari massa dan kecepatan, sehingga menghasilkan vector. Pada persamaan 2-24 Momentum suatu benda ( $p$ ) yang bermassa ( $m$ ) dan bergerak dengan kecepatan ( $v$ ) diartikan sebagai :

$$p = m \cdot v \quad (\text{kgm/s}) \quad (2-24)$$

Sedangkan Impuls didefinisikan sebagai hasil kali gaya dengan selang waktu.

Impulse dirumuskan pada persamaan 2-25:

$$I = F \cdot \Delta t \quad (2-25)$$

## 2.7 Forced Draft

*Forced draft* adalah hembusan dari suatu aliran udara di dalam pipa atau saluran. Dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk menghasilkan *forced draft* adalah *blower*.

### 2.7.1 Blower

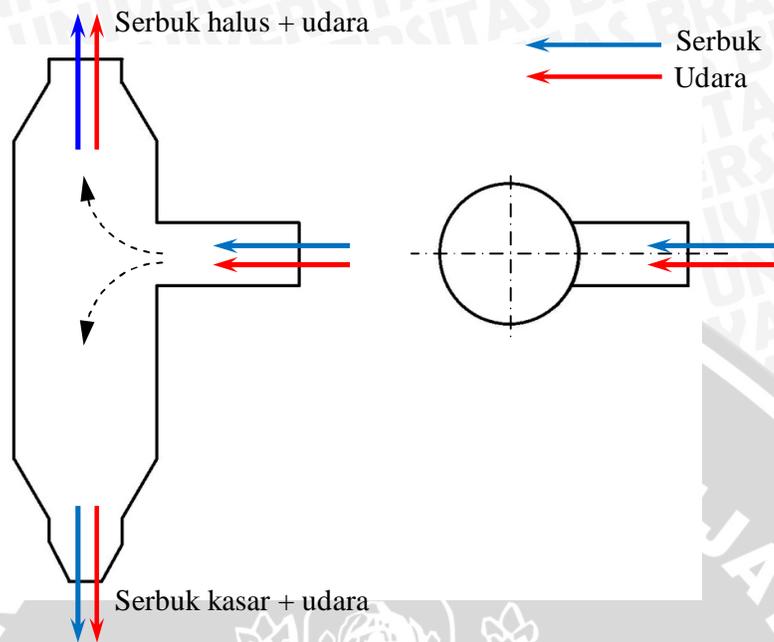
Pengertian *Blower* adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai penghisapan udara atau gas tertentu.



Gambar 2.14: *Blower*  
Sumber Lab.  $\alpha\beta\gamma$

## 2.8 Separator

*Separator* adalah alat untuk memisahkan material berdasarkan perbedaan massa jenis dan ukuran. Semakin besar ukuran bahan makin cepat partikel tersebut diendapkan atau dipisahkan. Penggunaan separator untuk penelitian ini mirip dengan desain *cyclone separator*. Namun saluran masuk udara menuju *separator* tegak lurus terhadap sumbu *separator*. Seperti yang terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15: Skema *separator*

## 2.9 Hipotesa

Semakin besar tekanan udara *forced draft* yang dihasilkan oleh *blower* maka kecepatan aliran udara yang keluar dari *Blower* menuju *ball mill* dan *separator* semakin cepat dan meningkatkan gaya dorong untuk menumbuk dan membawa serbuk. Dengan adanya kecepatan aliran udara yang tinggi akan meningkatkan momentum antara udara dan serbuk. Bila gaya dorong lebih besar dari berat serbuk maka serbuk yang terbawa akan semakin banyak dan berukuran lebih besar. Begitu juga sebaliknya, bila gaya dorong udara lebih kecil dari gaya berat serbuk maka serbuk yang terbawa aliran udara akan semakin sedikit dengan ukuran yang lebih kecil.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah metode penelitian eksperimen nyata, yang bertujuan untuk mengetahui tentang geometri serbuk hasil dari proses *Ball Mill* terhadap tekanan udara. Selain itu sumber dari jurnal, buku ataupun media internet juga dilakukan untuk menunjang informasi yang dibutuhkan.

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium  $\alpha\beta\gamma$  Landung Sari, dilaksanakan pada 2 Januari 2014 – 18 Januari 2014.

#### 3.2 Variabel Penelitian

##### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum diadakan penelitian. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah besarnya tekanan udara pada sistem *Ball Mill* yaitu: 2, 4, 5 dan 6 mmH<sub>2</sub>O.

##### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas pada penelitian ini variabel terikatnya adalah :

- a. Ukuran serbuk.
- b. Bentuk serbuk.
- c. Massa serbuk.

##### 3. Variabel Terkontrol

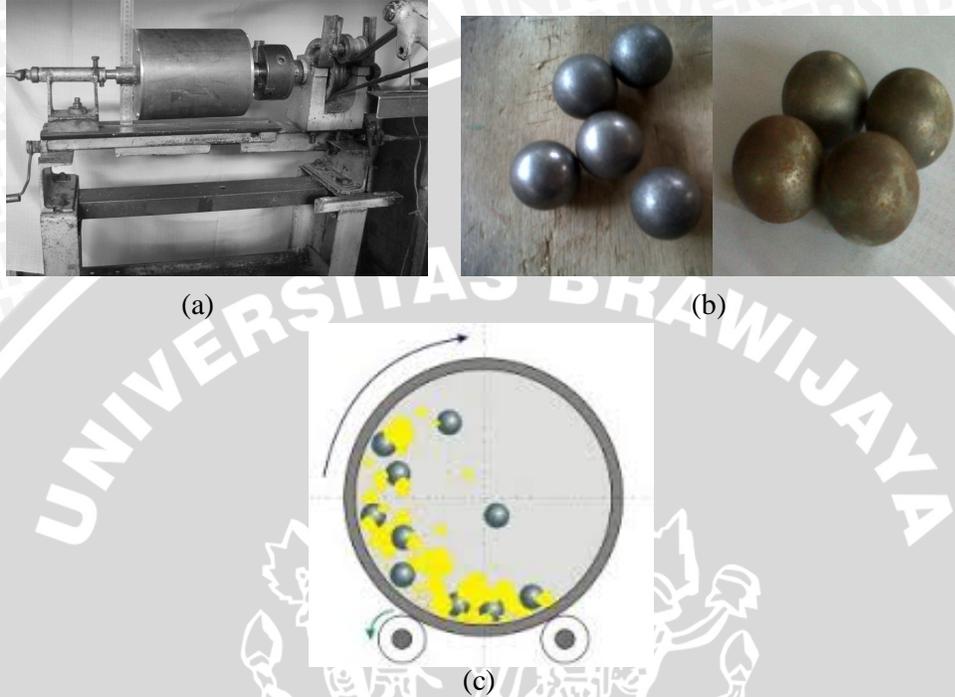
Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya tetap atau konstan, dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah :

- a. Putaran tabung *Ball Mill* sebesar 90 rpm.
- b. Total bola baja yang digunakan sebanyak 16 buah. Jumlah bola baja diameter 42mm 13 buah, bola baja diameter 27mm 3 buah.
- c. Berat bola baja 286g dan 80g.
- d. Tekanan udara *forced draft* diukur sebelum proses dimulai.
- e. Waktu 30 menit pada putaran tabung *Ball Mill* dan 15 menit terakhir pada *blower*.

### 3.3 Peralatan dan Bahan yang Digunakan

#### 3.3.1 Peralatan yang Digunakan

1. *Ball Mill* yang nantinya digunakan untuk menghancurkan bahan material yang akan digunakan sehingga menghasilkan serbuk.



Gambar 3.1 : a. *Ball Mill* b. Bola baja c. Kondisi di dalam *Ball Mill*  
Sumber : Lab.  $\alpha\beta\gamma$ , Carter pottery

2. Alat ukur SEM

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron untuk mendapatkan hasil foto dan diamati bentuk serbuk..



Gambar 3.2 : SEM

- 3. Timbangan Elektrik untuk menimbang serbuk hasil pengolahan pada *Ball Mill*.



Gambar 3.3 : Timbangan elektrik

- 4. *Blower* sebagai sumber tekanan udara.



Spesifikasi :  
Size : 3 inch  
Volt : 220  
Phase : 1  
Ampere : 2  
Cycle : 50/60  
Rpm : 3000/3600

Gambar 3.4 : *Blower*

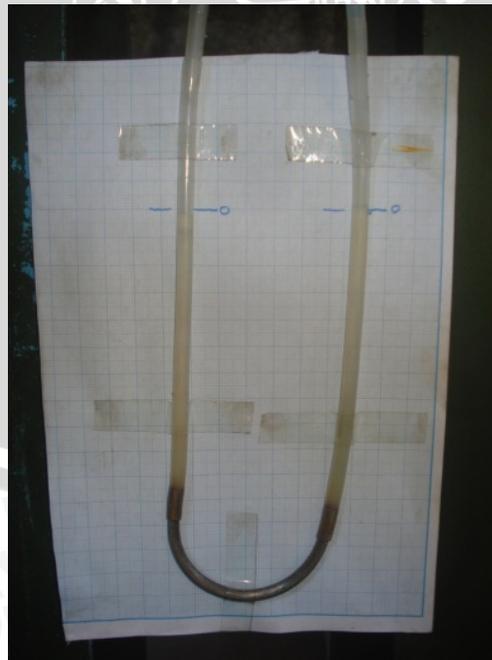


5. *Separator* untuk memisahkan butiran dengan udara.



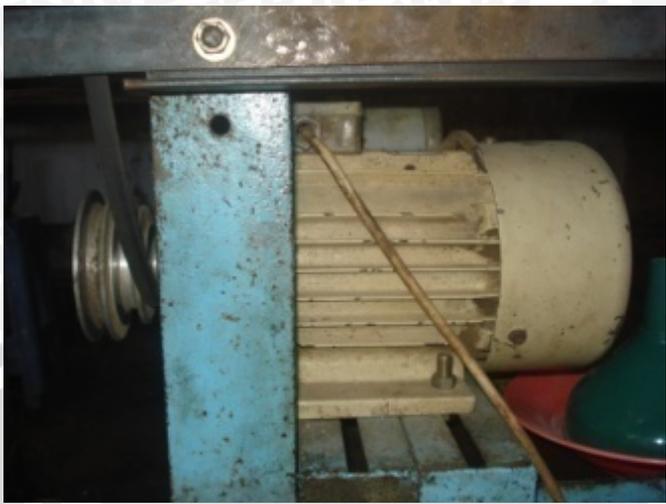
Gambar 3.5 : *Separator*

6. *Manometer* untuk mengukur perbedaan tekanan



Gambar 3.6 : *Manometer*

7. Motor Listrik



Gambar 3.7 : Motor Listrik

8. Pengguncang rotap



- Jenis : Rotap
- Tipe : VS 1
- Merk : Retsch
- Voltase : 220 V
- Daya : 430 Watt
- Buatan : Jerman Barat
- Artikel : 30 40 0010
- No. Serie : 01849038
- Frekuensi : 50 Hz

Gambar 3.8 : Pengguncang Rotap

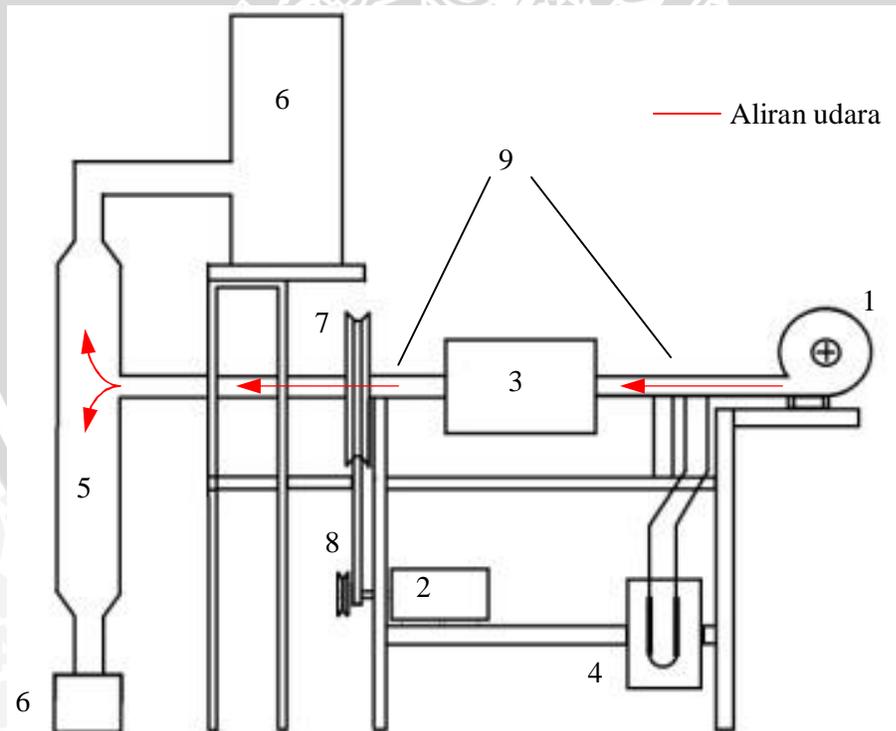
### 3.3.2 Bahan yang Digunakan

1. Kuarsa sebagai bahan dasar pembuatan serbuk.

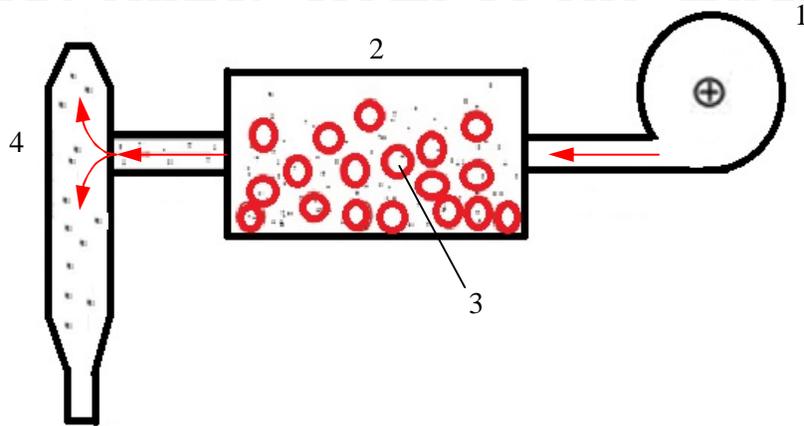


Gambar 3.9 : Kuarsa

### 3.4 Instalasi Penelitian



Gambar 3.10 : Skema Instalasi Ball Mill



Gambar 3.11: Skema arah aliran udara

Keterangan gambar 3.10:

1. *Blower*.
2. Motor Listrik.
3. *Ball Mill*.
4. Manometer.
5. *Separator*.
6. Penampung.
7. *Pulley*.
8. *Belt*.
9. Pipa saluran.

Keterangan gambar 3.11:

1. Blower.
2. Tabung Ball Mill.
3. Bola baja.
4. Separator.

Titik – titik merupakan penggambaran serbuk

### 3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menguatkan dalam pengambilan hipotesa serta memperjelas hasil penelitian.

#### 2. Observasi lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk studi terhadap peralatan-peralatan yang diperlukan dalam penelitian.

#### 3. Pembuatan model alat

Pembuatan alat dilakukan dengan mempersiapkan bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan sistem *ball mill* dan *separator*.

#### 4. Perancangan instalasi

Perancangan instalasi dimulai dengan membuat model *ball mill*, pemasangan instalasi untuk sistem *ball mill* yang terdiri dari *motor listrik* dan pipa PVC. Tahap berikutnya yaitu pemasangan, *blower* dan manometer.

#### 5. Pengujian dan pengambilan data

Pengujian dilakukan pada instalasi model sistem *ball mill* dan pengambilan data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah serbuk kuarsa yang tertinggal pada *separator*.

#### 6. Analisa

Analisa pengujian dilakukan dengan menghitung jumlah berat hasil serbuk kuarsa sesuai dengan ukuran mesh kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik dan melakukan foto SEM untuk mengetahui bentuk serbuk kuarsa yang tertinggal pada *separator*.

### 3.6 Metode Pengambilan Data

#### 3.6.1 Persiapan Penelitian

Adapun persiapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan model alat sistem *ball mill* dan *separator*.
2. Dilakukan penimbangan pasir kuarsa seberat 500 gr.

#### 3.6.2 Proses Pengambilan Data

Adapun proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan kuarsa pada tabung *ball mill*.
2. Mengatur bukaan katup pada sistem *ball mill* untuk mendapatkan tekanan udara sesuai dengan variasi yang dibutuhkan. Dimulai dari 2 mmH<sub>2</sub>O.
3. Menyalakan *sistem ball mill* selama 30 menit dan setelah 15 menit *blower* dinyalakan.
4. Setelah 30 menit matikan *blower* dan *ball mill*.
5. Keluarkan serbuk kuarsa yang terdapat pada bak penampung *separator*.
6. Mengulangi langkah 1 sampai 4 dengan variasi tekanan udara 4 mmH<sub>2</sub>O, 5 mmH<sub>2</sub>O, dan 6 mmH<sub>2</sub>O.
7. Melakukan pengujian distribusi ukuran serbuk kuarsa dengan menggunakan mesin pengguncang rotap dengan menggunakan 7 ayakan yaitu dengan ukuran mesh 60

(0,250mm), 70 (0,210mm), 100 (0,149mm), 140 (0,105mm), 200 (0,074mm) dan 270 (0,053mm), 325 (0,044mm) dengan pengayakan selama 20 menit.

8. Pengolahan data berat serbuk kuarsa hasil pengujian distribusi ukuran dengan mesin pengguncang rotap untuk mengetahui distribusi serbuk akibat pengaruhnya dengan variasi tekanan udara.
9. Melakukan foto SEM untuk mengetahui bentuk serbuk kuarsa yang tertinggal pada *separator*.

### 3.6 Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian dari pengaruh tekanan udara *forced draft* terhadap geometri serbuk yang dihasilkan:

Tabel 3.1: Rancangan hasil penelitian

Mesh/mm	Tekanan (mmH <sub>2</sub> O)			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
60/0.250	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>
70/0.210	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>
100/0.149	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>
140/0.105	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>
200/0.074	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>
270/0.053	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>
325/0.044	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>

Keterangan :

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> : Tekanan udara

m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>, m<sub>4</sub> : Massa serbuk setelah proses *Ball Mill*

Tabel 3.2: Rancangan rasio massa output dan input kuarsa

Tekanan (mmH <sub>2</sub> O)	2	4	5	6
Rasio				

### 3.7 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber data primer dan sekunder.

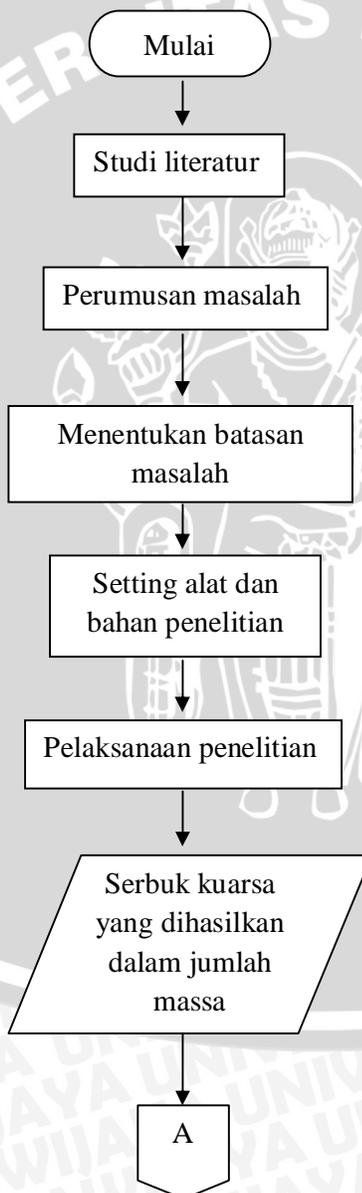
### 3.7.1 Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang didapatkan dari sumber asli. Data primer dalam penelitian ini adalah data aktual dari hasil penelitian.

### 3.7.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang didapatkan selain dari sumber Aktual yaitu berdasarkan artikel – artikel *text book*.

### 3.8 Diagram Alir

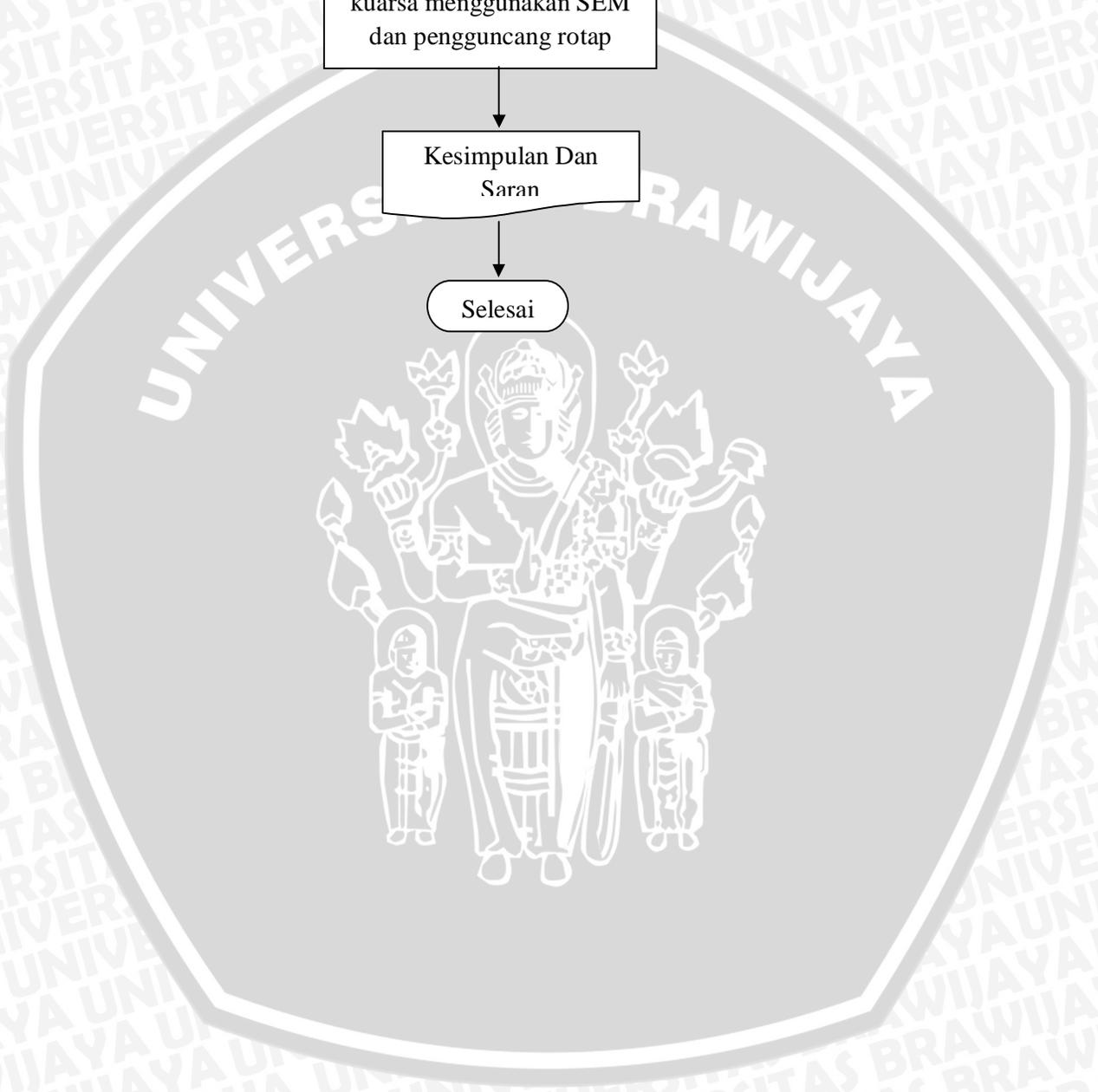


A

Identifikasi geometri serbuk kuarsa menggunakan SEM dan pengguncang rotap

Kesimpulan Dan Saran

Selesai



**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil**

**4.1.1 Data Pengaruh tekanan udara terhadap berat serbuk kuarsa pada setiap distribusi ukuran mesh**

Tabel 4.1: Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada sistem *Ball Mill*

Tekanan (mmH <sub>2</sub> O)	2	4	5	6
Massa (g)	366.47	406.1	421.29	476.24

Tabel 4.2 Data rasio output dan input serbuk kuarsa

Tekanan (mmH <sub>2</sub> O)	2.00	4.00	5.00	6.00
Rasio	0.73	0.81	0.84	0.95

Tabel 4.3: Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh

MESH	Tekanan mmH <sub>2</sub> O			
	2	4	5	6
60	118.10	93.84	124.44	143.31
70	36.55	37.49	32.88	43.90
100	52.32	63.21	64.00	96.39
140	83.20	94.77	103.08	99.59
200	66.88	90.67	78.24	77.19
270	7.74	23.89	17.07	14.67
325	1.68	2.23	1.58	1.19
Total (g)	366.47	406.10	421.29	476.24

Tabel 4.4: Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh dalam %

MESH	Tekanan mmH <sub>2</sub> O			
	2	4	5	6
60	32.23	23.11	29.54	30.09
70	9.97	9.23	7.80	9.22
100	14.28	15.57	15.19	20.24
140	22.70	23.34	24.47	20.91
200	18.25	22.33	18.57	16.21
270	2.11	5.88	4.05	3.08
325	0.46	0.55	0.38	0.25
Total %	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabel 4.4 diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Prosentase material yang tertampung} = \left( \frac{m_p}{m_t} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

$m_p$  = massa sampel yang tertampung di ayakan

$m_t$  = massa total sampel

Contoh perhitungan prosentase persen total serbuk yang tertampung pada mesh 60 pada variasi tekanan udara sebesar udara 2 mmH<sub>2</sub>O adalah sebagai berikut:

$$\text{Porsentase serbuk yang tertampung} = \left( \frac{m_p}{m_t} \right) \times 100\%$$

$$\text{Prosentase serbuk yang tertampung} = \left( \frac{118.1}{366.47} \right) \times 100\%$$

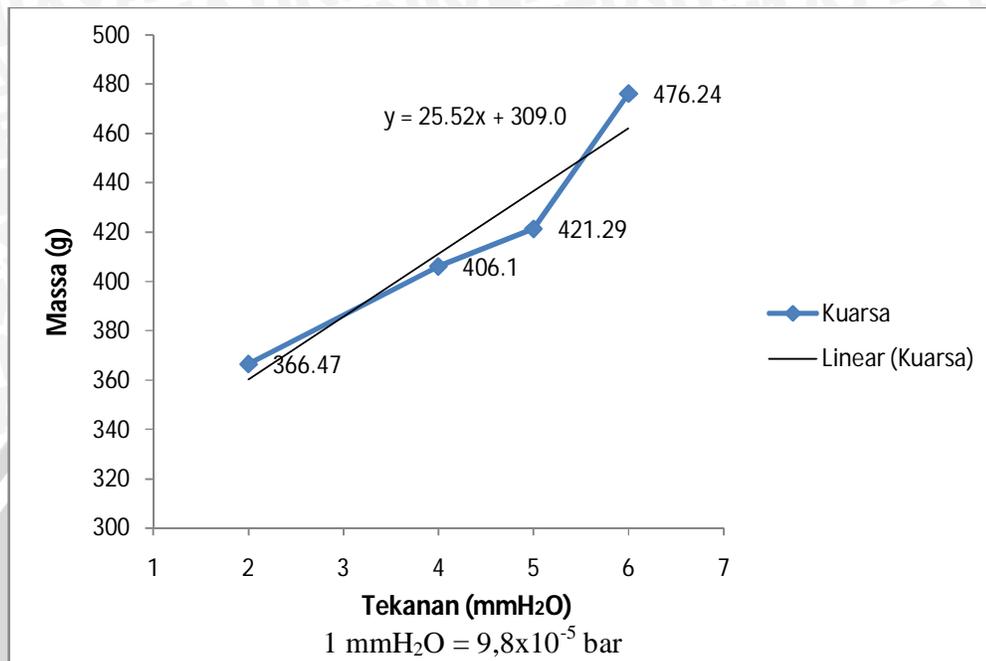
$$\text{Prosentase serbuk yang tertampung} = 32.2264 \%$$

Tabel 4.5: Data hasil pengujian serbuk kuarsa menurut klasifikasi distribusi ukuran mesh dalam %

MESH	Tekanan mmH <sub>2</sub> O			
	2.00	4.00	5.00	6.00
MESH 60 ≤ x < 100	42.20	32.34	37.34	39.31
MESH 100 ≤ x < 270	55.23	61.23	58.23	57.36
MESH ≥ 270	2.57	6.43	4.43	3.33
Total %	100.00	100.00	100.00	100.00

## 4.2 Pembahasan

### 4.4.1 Grafik Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada Sistem *Ball Mill*

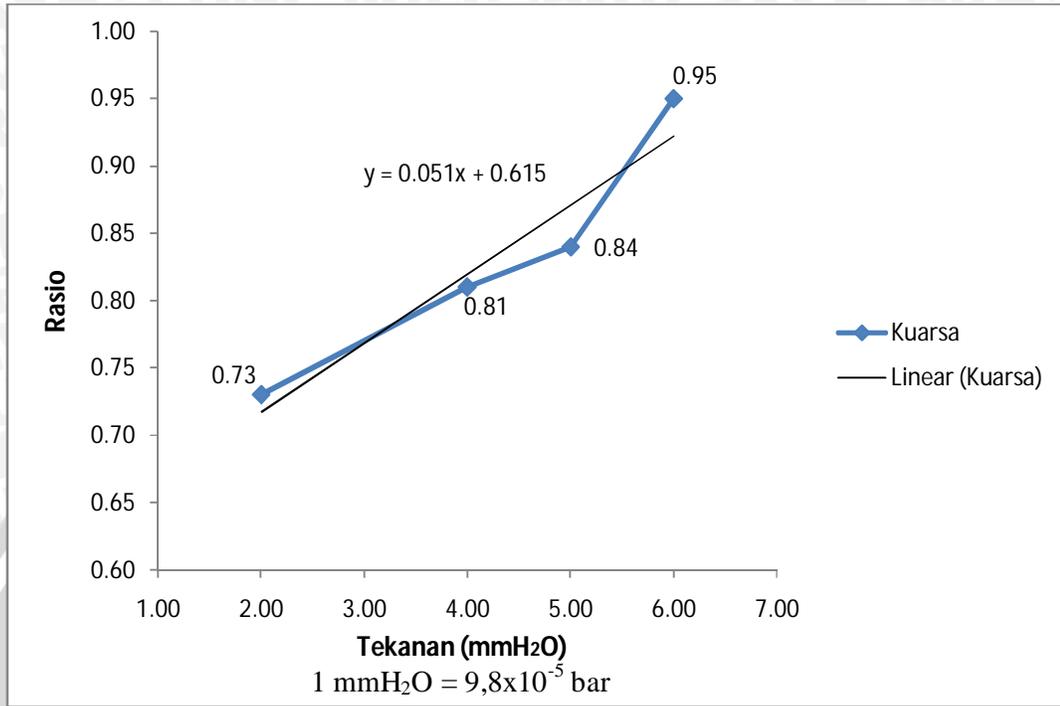


Gambar 4.1: Grafik pengaruh tekanan udara terhadap jumlah massa serbuk kuarsa pada sistem *Ball Mill*

Pada grafik di atas memperlihatkan kenaikan pada tiap – tiap tekanan udara *forced draft* yang diberikan oleh *blower*, terlihat pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O jumlah massa yang dihasilkan sebesar 366,47g. Pada tekanan 4 mmH<sub>2</sub>O massa serbuk kuarsa meningkat menjadi 406,1g dilanjutkan dengan 5 mmH<sub>2</sub>O menjadi 421,29g dan yang terakhir pada 6 mmH<sub>2</sub>O massa serbuk yang dihasilkan mencapai massa yang tertinggi yaitu 476,24g.

Meningkatnya massa serbuk kuarsa pada penelitian ini dikarenakan tekanan udara *forced draft* lebih besar dari pada berat serbuk, sehingga serbuk akan terdorong oleh udara dan mengikuti arah aliran udara. Pada setiap kenaikan tekanan udara *forced draft*, serbuk kuarsa dengan berat yang lebih besar semakin banyak yang terbawa.

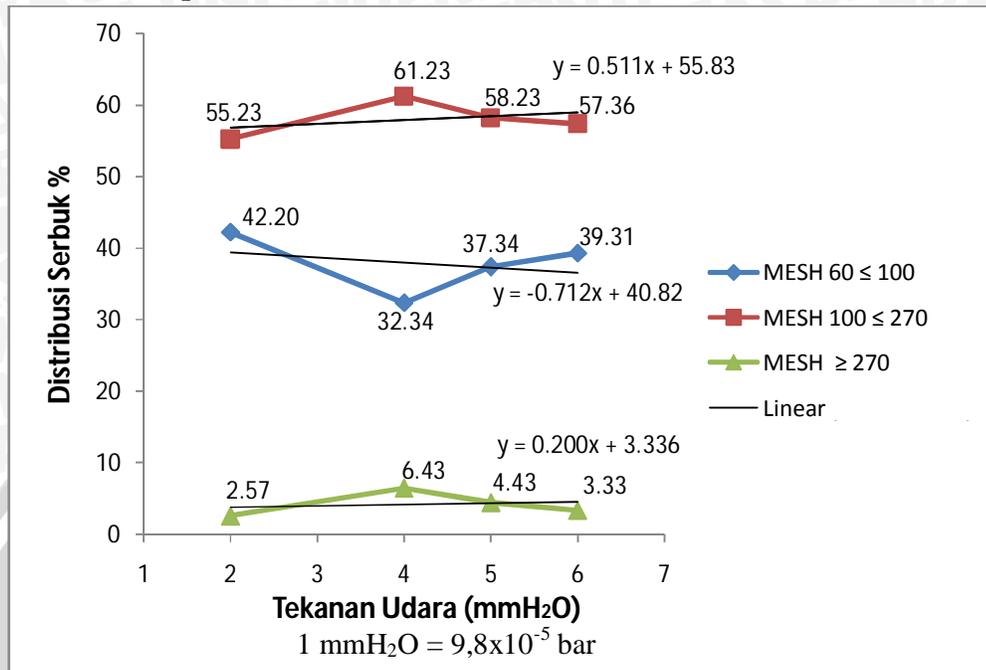
**4.4.2 Grafik Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Rasio Output dan Input Serbuk Kuarsa Pada Sistem Ball Mill**



Gambar 4.2: Grafik pengaruh tekanan udara terhadap rasio massa Output dan Input serbuk kuarsa pada sistem Ball Mill

Rasio Output dan Input dari pengolahan pasir kuarsa menjadi serbuk kuarsa dapat dilihat pada gambar 4.2. Dalam penelitian ini rasio meningkat secara bertahap mulai pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O prosentase rasio terkecil yakni 0,73. Pada tekanan 4 mmH<sub>2</sub>O meningkat menjadi 0,81 diteruskan pada tekanan 5 mmH<sub>2</sub>O sebesar 0,84 dan yang terakhir pada tekanan 6 mmH<sub>2</sub>O tingkat rasio yang paling tinggi yakni 0,95. Sama halnya dengan jumlah massa yang dihasilkan, semakin tinggi massa yang dihasilkan maka tingkat rasio produksi serbuk akan semakin tinggi.

#### 4.4.3 Grafik Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada Setiap Distribusi Ukuran Mesh



Gambar 4.3: Grafik pengaruh tekanan udara terhadap jumlah massa serbuk kuarsa pada setiap distribusi ukuran mesh.

Grafik diatas menunjukkan prosentase distribusi ukuran serbuk yang terbagi 3 kategori yaitu Mesh  $60 \leq x < 100$  pada perbedaan tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan angka 42,20% selanjutnya pada perbedaan tekanan udara 4 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan 32,34% prosentase ini menunjukkan angka yang terendah dari ke empat percobaan. Sedangkan untuk perbedaan tekanan udara 5 dan 6 mmH<sub>2</sub>O masing – masing menunjukkan 37,34% dan 39,31%.

Pada kategori kedua yaitu ukuran distribusi mesh  $100 \leq x < 270$  memiliki prosentase yang paling tinggi. Pada perbedaan tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan angka 55,23% prosentase ini menempati urutan yang terendah dari keempat percobaan. Prosentase tertinggi ditunjukkan pada perbedaan tekanan udara 4 mmH<sub>2</sub>O yakni sebesar 61,23%. Pada perbedaan tekanan udara 5 dan 6 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan prosentase 58,23% dan 57,36%.

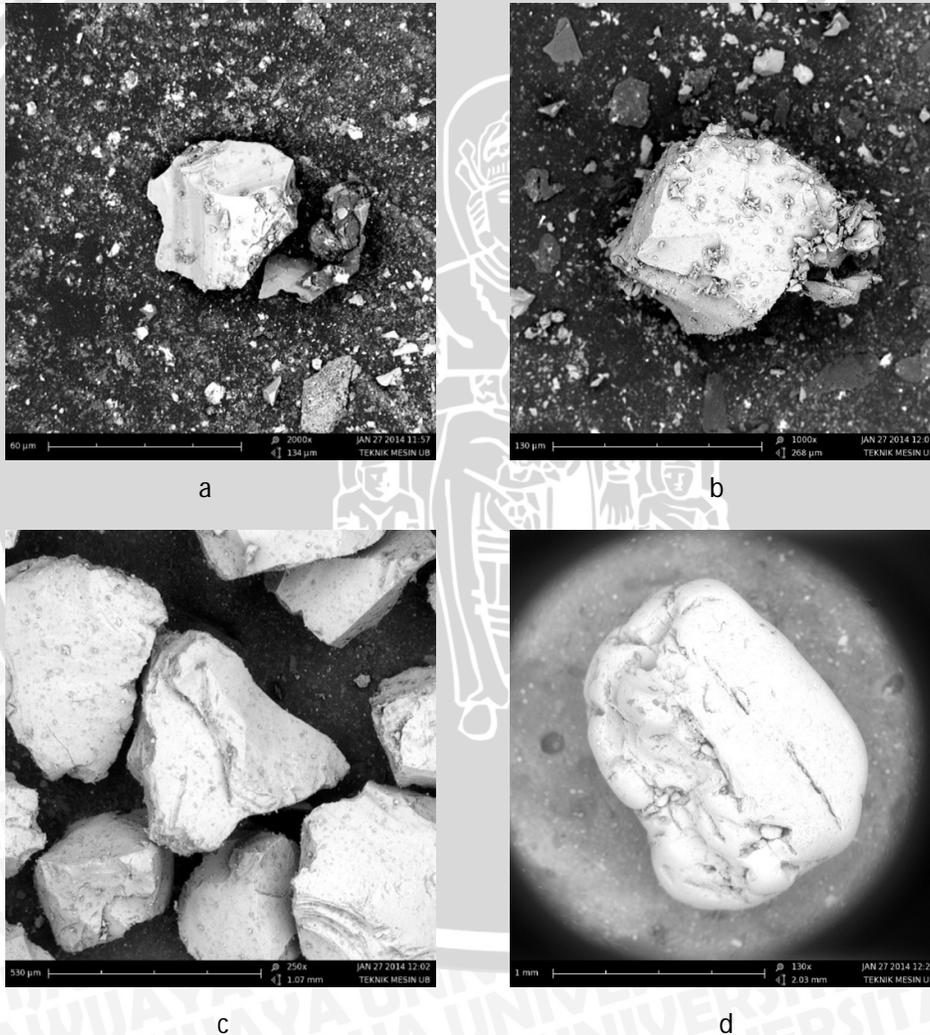
Kategori yang terakhir yaitu distribusi ukuran mesh  $\geq 270$  memiliki prosentase yang terendah dari ketiga kategori. Pada perbedaan tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan angka prosentase 2,57% selanjutnya pada 4 mmH<sub>2</sub>O menunjukkan

6,43%. Pada perbedaan tekanan udara 5 dan 6 mmH<sub>2</sub>O masing – masing menunjukkan angka 4,43% dan 3,33%.

Dari ketiga kategori berdasarkan prosentase ukuran distribusi serbuk kuarsa, mesh  $100 \leq x < 270$  memiliki urutan yang teratas disusul dengan mesh  $60 \leq x < 100$  dan yang terakhir adalah distribusi ukuran serbuk mesh  $\geq 270$ .

#### 4.4.4 Bentuk Butiran Serbuk

Bentuk butiran serbuk yang dihasilkan pada proses ini kebanyakan berbentuk *flakey*, *angular*, dan *rounded* seperti yang terlihat pada gambar 4.4. Pengambilan gambar tersebut menggunakan *Scanning Electron Microscopy*.



Gambar 4.4: Hasil foto SEM

Keterangan Gambar 4.4:

- a. Foto SEM pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O
- b. Foto SEM pada tekanan 4 mmH<sub>2</sub>O
- c. Foto SEM pada tekanan 5 mmH<sub>2</sub>O
- d. Foto SEM pada tekanan 6 mmH<sub>2</sub>O

Gambar 4.4 menunjukkan foto SEM hasil proses penghancuran pasir kuarsa menjadi serbuk kuarsa menggunakan *ballmill* dengan kecepatan putar drum 90 rpm pada variasi tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O, 4 mmH<sub>2</sub>O, 5 mmH<sub>2</sub>O dan 6 mmH<sub>2</sub>O. Pada hasil tekanan udara *forced draft* 2 mmH<sub>2</sub>O serbuk kuarsa dilihat dengan menggunakan pembesaran 2000 kali pada gambar 4.4a dengan bentuk *flakey*, yakni menyerupai sebuah kripik. Pada hasil tekanan udara *forced draft* 4 mmH<sub>2</sub>O serbuk kuarsa dilihat dengan menggunakan pembesaran 1000 kali pada gambar 4.4b dengan bentuk *flakey* sama seperti gambar 4.4a. Pada hasil tekanan udara *forced draft* 5 mmH<sub>2</sub>O serbuk kuarsa dilihat dengan menggunakan pembesaran 250 kali pada gambar 4.4c dengan bentuk *angular*, yakni memiliki sudut yang tajam. Pada hasil tekanan udara *forced draft* 6 mmH<sub>2</sub>O serbuk kuarsa dilihat dengan menggunakan pembesaran 130 kali pada gambar 4.4d dengan bentuk menyerupai *rounded*, yakni berbentuk hampir bulat.

Bentuk dari serbuk kuarsa yang memiliki luas area yang lebih besar saat bertumbukan dengan udara memiliki momentum yang lebih besar. Saat tekanan udara *forced draft* semakin meningkat, maka serbuk kuarsa yang memiliki luas area lebih besar akan terbawa selama berat serbuk lebih kecil dari tekanan udara *forced draft*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, semakin tinggi tekanan udara ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ) maka massa serbuk kuarsa yang dihasilkan akan semakin meningkat dikarenakan setiap tekanan udara *forced draft* lebih besar dari pada berat serbuk kuarsa yang terbawa.
2. Rasio produksi serbuk kuarsa semakin meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan udara *forced draft* ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ) yang diberikan oleh *blower*.
3. Distribusi ukuran serbuk kuarsa yang paling banyak terdapat pada mesh  $100 \leq 270$  diikuti mesh  $60 \leq 100$  yang menempati urutan kedua dan yang terakhir adalah ukuran mesh  $\geq 270$ .
4. Ukuran serbuk diatas mesh  $\geq 270$  terbesar terdapat pada tekanan 4  $\text{mmH}_2\text{O}$  yaitu sebesar 6,43%
5. Bentuk dari butiran serbuk kuarsa beranekaragam, seperti *flakey*, *angular* dan *rounded*.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan untuk:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh diameter pipa sebelum dan sesudah tabung *Ball Mill*.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh dari berbagai material selain kuarsa.
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh banyaknya massa spesimen yang akan dihancurkan pada sistem *ballmil*.
4. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang bentuk – bentuk butiran Kristal kuarsa pada sistem *Ball Mill*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldilla., (2011). “*Lempeng Tektonik*”.  
<http://aldilla-aldilla.blogspot.com/2011/10/tektonik-lempeng.html> (diakses 27 April 2014).
- Atophysics., (2008). “*Bab Fluida*”.  
<http://atophysics.files.wordpress.com/2008/11/materi-15.pdf> (diakses 20 Maret 2013).
- Badan Geologi., (2012). “*Neraca Mineral Bukan Logam 2012*”.  
[http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com\\_content&id=1030](http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com_content&id=1030)
- Bayu, Yudis., (2011). “*Batuan Beku ( Igneous Rocks)*”.  
<http://geologi-dokterbumi.blogspot.com/2011/09/batuan-beku-igneous-rocks.html> (diakses, 27 April 2014).
- Boundless., “*Flow in Flow out*”. <https://www.boundless.com/image/flow-in-flow-out/>.  
 Diakses Oktober 1, 2013
- Carter pottery. “*Secret to perfect terra sig Ball Mill*”.  
<http://carterpottery.blogspot.com/2011/01/secret-to-perfect-terra-sig-ball-mill.html>. Diakses September 20, 2013.
- Chan, Yefri., (2010). “*Metallurgi serbuk*”.  
<http://ft.unsada.ac.id/wp-content/uploads/2011/01/metalserbuk-pp1.pdf>. diakses September 10, 2013.
- Egbe, E.A.P., “*Effects of Ball Milling Conditions on Breakage Response of Baban Tsauni (Nigeria) Lead-Gold Ore*” IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 2013, 82-86
- Elsayed, Khairy., Lacory, Chris., (2010). “*The Effect Of Vortex Finder Diameter On Separator Performance And Flow Field*”. Vrije Universiteit Brussel, Department of Mechanical Engineering, Research Group Fluid Mechanics and Thermodynamics, Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium.
- Haryani, Luluk Indra., (2011). “*Sintesis Serbuk MgTiO<sub>3</sub> Dengan Metode Pencampuran Dan Penggilingan Serbuk*”. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ibrahim, Bachrul., Ahmad, Asmita., (2012). “*Agrogeologi Dan Mineralogi Tanah*”. Program hibah penulisan buku ajar tahun 2012. Universitas Hasanuddin.

- King, R. P., (2000). “*grinding*”  
<http://www.mineraltech.com/MODSIM/ModsimTraining/Module6/Grinding.pdf>.  
Diakses September 21, 2013.
- Kudela, Henryk., “*Hydraulic losses in pipes*”.  
[http://fluid.itcmp.pwr.wroc.pl/~znmp/dydaktyka/fundam\\_FM/Lecture11\\_12.pdf](http://fluid.itcmp.pwr.wroc.pl/~znmp/dydaktyka/fundam_FM/Lecture11_12.pdf).  
Diakses Maret 21, 2014.
- Lagaligo, Abraham., (2011). “*Sumber Daya Pasir Kuarsa Di Indonesia Mencapai 18 Miliar Ton*”.  
[http://www.tambang.co.id/detail\\_berita.php?category=18&newsnr=5034](http://www.tambang.co.id/detail_berita.php?category=18&newsnr=5034)
- Munasir, (2012). “*Uji XRD dan XRF Pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>)*”. Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya.
- Schilling, Robert E., Yang, M., (2000) “*attritors and Ball Mills how they work*”. Ohio: Akron.
- Setiawan, Ebta., (2012). “*Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)*”. <http://kbbi.web.id/>  
(diakses 12 maret 2014)
- Sudjito., Baedoewie, Saifuddin., Sugeng, Agung, W. Diktat termodinamika dasar “*Hukum Termodinamika I: Sistem Terbuka (Volume Atur)*”.
- Suprpto, Wahyono., (2013). “*Distribusi Mesh Serbuk Duralumin pada Penggilingan Bola Sebulung Putar D200 Putaran Cepat*”. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
- Tekmira, “*Pasir Kwarsa*”.  
<http://www.tekmira.esdm.go.id/data/PasirKwarsa/ulasan.asp?xdir=PasirKwarsa&commId=25&comm=Pasir%20Kwarsa>. (Diakses 20 Maret 2014)
- The library of manufacturing. “*Powder Processes*”  
[http://thelibraryofmanufacturing.com/powder\\_processes.html](http://thelibraryofmanufacturing.com/powder_processes.html). (Diakses 20 September 2013).
- Upadhyaya, G.S., (2002). “*Powder Metallurgy Technology*”. England: Cambridge International Science Publishing
- Utikar, R., Darmawan, N., Tade1, M., Li1, Q, Evans, G., Glenly, M. and Pareek, V. (2010). “*Hydrodynamic Simulation of Separators*”. Australia.
- Warmada, I Wayan., Titisari, Anastasia Dewi., (2004). “*Agromineralogi (Mineralogi untuk Ilmu Pertanian)*”. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM.

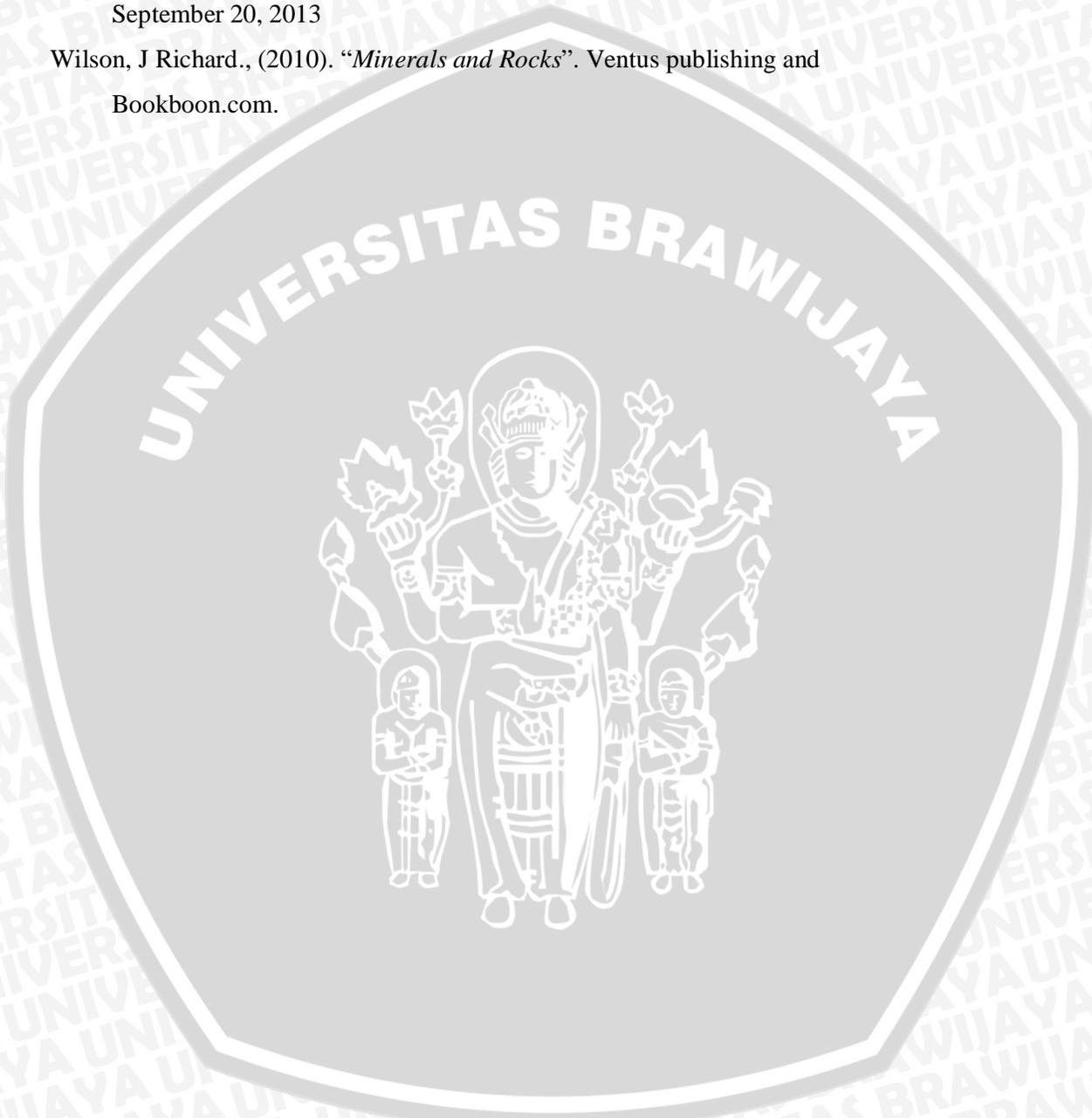
Wibawa Indra, S., (2012) “Prinsip Kerja Cyclone”

<http://indrawibawads.wordpress.com/tag/prinsip-kerja-cyclone/>

Wikipedia., “Quartz”. <http://en.wikipedia.org/wiki/Quartz>. (diakses 20 Maret 2014).

Wikipedia, “Gun Powder”. <http://en.wikipedia.org/wiki/Gunpowder>. Diakses September 20, 2013

Wilson, J Richard., (2010). “Minerals and Rocks”. Ventus publishing and Bookboon.com.





**Mesh vs. Micron Comparison Chart**

Mesh	Microns	Inches	Millimeters	Netafim Disk Ring Color	Object
3	6730	0.2650	6.730		
4	4760	0.1870	4.760		Gravel starts at 4.75 mm
5	4000	0.1570	4.000		
6	3360	0.1320	3.360		
7	2830	0.1110	2.830		
8	2380	0.0937	2.380		
10	2000	0.0787	2.000		
12	1680	0.0661	1.680		
14	1410	0.0555	1.410		
16	1190	0.0469	1.190		Eye of a Needle = 1,230 microns
18	1000	0.0394	1.000		
20	841	0.0331	0.841		
25	707	0.0280	0.707		
28	700	0.0280	0.700		
30	595	0.0232	0.595		
35	500	0.0197	0.500		
40	420	0.0165	0.420	Blue	
45	354	0.0138	0.354		
50	297	0.0117	0.297		
60	250	0.0098	0.250		Fine Sand
70	210	0.0083	0.210		
80	177	0.0070	0.177	Yellow	
100	149	0.0059	0.149		
120	125	0.0049	0.125	Red	
140	105	0.0041	0.105	Black	
	100	0.00394	0.100		Beach Sand (100 - 2,000 microns)
170	88	0.0035	0.088		
200	74	0.0029	0.074		Portland Cement
	70	0.00276	0.070	Brown	Average Human Hair (70 - 100) / Grain of Salt
230	63	0.0024	0.063		
	55	0.00217	0.055	Green	
270	53	0.0021	0.053		
	50	0.00197	0.500		Remove Visible Particles from Liquid
325	44	0.0017	0.044		Silt (10 - 75)
	40	0.00157	0.040	Purple	Lower Limit of Visibility (Naked Eye)
400	37	0.0015	0.037		Plant Pollen
(550)*	25	0.00099	0.025		White Blood Cells / Level to Achieve 'Optical Clarity' in a Liquid
(625)	20	0.00079	0.020	Gray	
(1200)	12	0.0005	0.012		
(1250)	10	0.000394	0.010		Talcum Powder / Level to Remove Haze from Liquid / Fertilizer (10 - 1,000 microns) / Mold Spores (10 - 30 microns)
	7	0.000276	0.007		Red Blood Cells (8 - 12 microns)
(2500)	5	0.000197	0.005		Bacteria (0.5 - 20 microns)
(4800)	3	0.000118	0.003		
(5000)	2.5	0.000099	0.0025		Cigarette Smoke & Bacteria (Cocci) = 2 microns
(12000)	1	0.0000394	0.001		Cryptosporidium (1 - 10 microns)

\* Mesh numbers in parentheses are too small to exist as actual screen sizes. They are only estimations and are included for reference.

**What does mesh size mean?** Determining mesh is very simple. Simply count how many openings there are in one inch of screen. The number of openings is the mesh size. An 80-mesh screen means there are 80 openings across one linear inch of screen. A 140-mesh screen has 140 openings, and so on. Therefore, as the mesh number increases, the size of the openings decreases. Note - Mesh size is not a precise measurement of particle size because of the size of the wire used in the screen. Beyond 400 mesh, particle size is normally defined only in "microns." That is because the finer the weave, the closer the wires get together; eventually there is no space between them.

**What do the minus (-) and plus (+) plus signs mean when describing mesh sizes and particle distribution tests?** To characterize particle size by mesh designation:

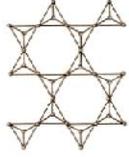
- A "+" before the mesh indicates the particles are retained by the sieve,
- A "-" before the mesh indicates the particles pass through the sieve, and
- Typically, 90%+ of the particles will lie within the indicated range.

For example, if the particle size of a material is described as -10 / +30 mesh, then 90% or more of the material will pass through a 10-mesh sieve (particles smaller than 2.0 mm) but will be retained by a 30-mesh sieve (particles larger than 0.595 mm). If the material is described as -30 mesh, then 90% or more of the material will pass through a 30-mesh sieve (particles smaller than 0.595 mm).

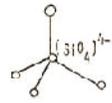
NAMA KOMODITI		SUMBERDAYA				JUMLAH SUMBER DAYA (TON)	PRODUKSI (TON)	SUMBER DAYA (TON) (Awal Thn 2013)
		Hipotetik	Tereka	Terunjuk	Terukur			
1		2	3	4	5	6	7	8
No								
1	Zeolit	85,002,000	113,100,000	49,908,000	27,000,000	275,010,000	304,897	274,705,103
2	Pasir kuarsa	17,157,890,500	166,307,000	619,788,000	117,614,000	18,061,599,500	31,964,402	18,029,635,098
3	Kaolin	907,509,000	51,530,000	97,149,200	12,189,064	1,068,377,264	2,542,013	1,065,835,251
4	Bentonit	448,686,500	108,263,520	58,249,000	0	615,199,020	1,805,802	613,393,218
5	Lempung	30,635,884,000	5,633,635,000	810,800,700	200,119,586	93,415,216,286	208,630,509	93,206,585,777
6	Felspar	3,699,810,000	3,621,331,000	402,914,000	1,500,000	7,725,555,000	965,003	7,724,589,997
7	Marmer	105,732,349,000	1,811,887,000	555,420,000	428,526,230	108,528,182,230	850,742	108,527,331,488
8	Batugamping	512,932,352,000	94,544,305,000	7,063,260,750	2,297,258,867	616,837,176,617	510,898,288	616,326,278,329
9	Granit	53,284,227,000	4,023,522,000	592,708,000	0	57,900,457,000	99,576,258	57,800,880,742
10	Dolomit	2,171,021,000	163,800,000	4,837,106,000	0	7,171,927,000	2,714,221	7,169,212,779

Sumber: [http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com\\_content&id=1030](http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com_content&id=1030)

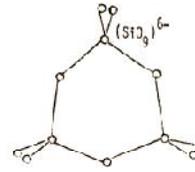
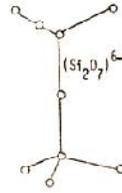
LAMPIRAN 3

Subclass	Si:O Ratio	Si Radical	Example	Mineral Formula	Arrangement of SiO <sub>4</sub> Tetrahedra
framework silicates (tectosilicates)	1:2	SiO <sub>2</sub> or (Al <sub>x</sub> Si <sub>1-x</sub> )O <sub>2</sub>	quartz albite	SiO <sub>2</sub> Na(AlSi <sub>3</sub> )O <sub>8</sub>	
sheet silicates (phyllosilicates)	2:5 = 4:10	(Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sup>4-</sup>	pyrophyllite	Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	
single-chain silicates (inosilicates)	1:3 = 2:6	(SiO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup> or (Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) <sup>4-</sup>	enstatite	Mg <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> or Mg <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	
double-chain silicates (inosilicates)	4:11 = 8:22	(Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> ) <sup>12-</sup>	tremolite	Ca <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>	
ring silicates (cyclosilicates)	1:3 = 6:18	(Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ) <sup>12-</sup>	tourmaline	(Na,Ca)(Fe,Mg,Al,Li) <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> (OH) <sub>4</sub>	
isolated tetrahedral (island) silicates (nesosilicates or orthosilicates)	1:4	(SiO <sub>4</sub> ) <sup>4-</sup>	forsterite	Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	
paired tetrahedral silicates (sorosilicates)	2:7	(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sup>6-</sup>	akermanite	Ca <sub>2</sub> MgSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	
more complex silicates	1:4 and 2:7	(SiO <sub>4</sub> ) <sup>4-</sup> and (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sup>6-</sup>	vesuvianite	Ca <sub>10</sub> (Mg,Fe) <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> = Ca <sub>10</sub> (Mg,Fe) <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>9</sub> O <sub>34</sub> (OH) <sub>4</sub>	

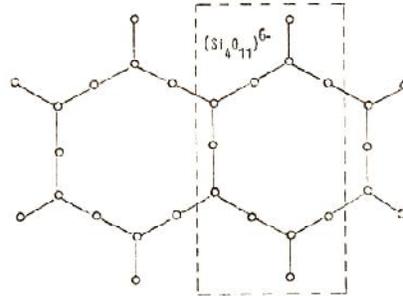




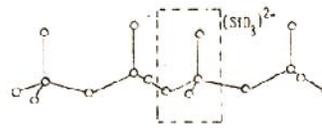
Nesosilikat



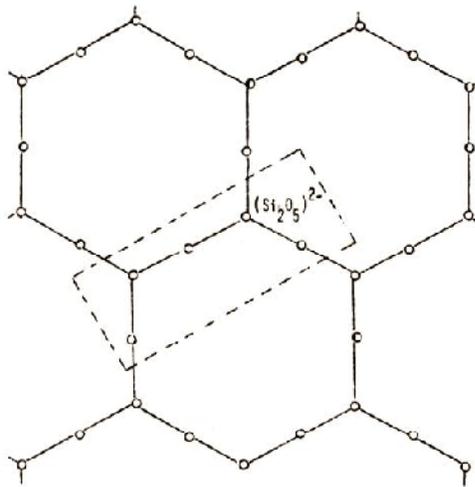
Sorosilikat



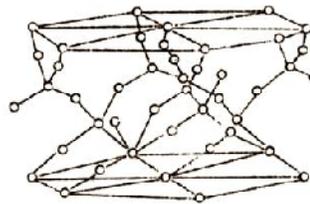
Siklosilikat



Inosilikat



Filosilikat



Tektosilikat



LAMPIRAN 4

