

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

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**Reza Akbar Pratama**  
**0910623062-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2014**

**PENGARUH TEKANAN UDARA *INDUCED DRAFT*  
TERHADAP GEOMETRI SERBUK KUARSA PADA SISTEM  
*BALLMILL***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh:  
**REZA AKBAR PRATAMA**  
NIM : 0910623062 - 62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

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

**SKRIPSI  
KONSENTRASI PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**REZA AKBAR PRATAMA  
NIM. 0910623062-62**

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

**Majelis Penguji**

Skripsi I

Skripsi II

**Dr.,Ir.ACHMAD AS'AD SONIEF, MT.**  
**NIP. 19591128 198710 1 001**

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

199802 1 001

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

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat-Nyalah penyusunan skripsi dengan judul ” **Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Geometri Serbuk Kuarsa Pada Sistem *Ball Mill***” ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu guna memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan tak lepas dari bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

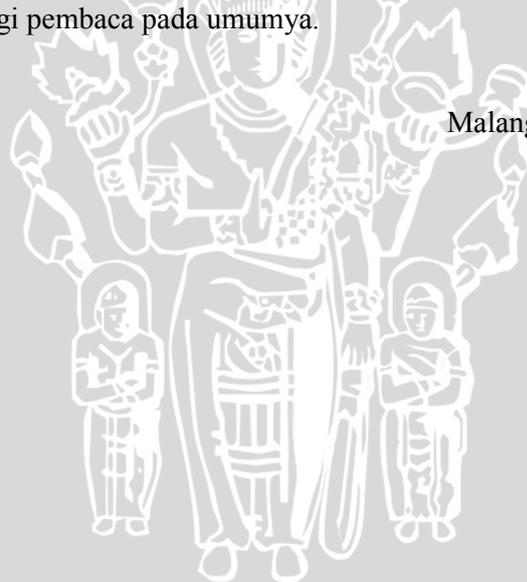
1. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Purnami, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc.CSE selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Produksi.
4. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.,Met. selaku Pembimbing I serta Bapak Ir. Endi Sutikno, MT selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, serta ilmunya yang membantu dalam terselesaikannya skripsi ini.
5. Feni Arianti, ST dan Bima Triatma Mulia, ST., dengan judul penelitian ”Karakterisasi Geometri Penggilingan Ballmill Tepung Porang dengan ayakan Hydrodynamic “. Dengan nomor Surat perjanjian Kerja Kontrak: E/2013/08/007 dan E/2013/08/008. Penelitian saudara Bima dan Feni telah membantu proses pendanaan penelitian ini.
6. Bapak. Dr. Ir. Achmad As’ad Sonief, MT. selaku Penguji skripsi I, Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc.CSE selaku Penguji skripsi II dan Bapak Ir. Ari Wahjudi, MT selaku Penguji skripsi III.
7. Segenap staff pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Kepada kakek dan nenek tercinta, Mayor Tek (Purn). Abdul Muntalib dan Wastuti Muljani yang selalu memberikan do’a, semangat serta dukungan selama ini.
9. Kedua orang tua penulis, Novanto Agus, SE dan Dwi Arti Widijawati beserta keluarga besar atas doa restu, bimbingan dan dukungannya yang luar biasa.

10. Wanita spesial bagi penulis, Novitasari Putri Prasetyowati atas kesetiannya menjadi motivator dan memberikan saran serta mendorong penulis menjadi lebih baik.
11. Teman-teman seperjuangan, Marvino Arya Cristiarizal, Muhammad Adam Broto K, dan Pondra Sabtudian Wibowo. Terima kasih telah banya memberikan semangat dalam proses menjadi sarjana.
12. Saudara-saudara ku Black Mamba M'09 atas motivasi dan solidaritasnya yang tidak pernah berkurang.
13. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya atas semangat solidaritasnya.
14. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak memungkinkan penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan masukan, saran dan kritik dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan juga bagi pembaca pada umumnya.

Malang, Juni 2014

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Tujuan Penelitian .....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	3
2.2 Pengertian Pasir Kuarsa .....	3
2.3 Definisi Serbuk .....	7
2.3.1 Bentuk Partikel Serbuk .....	7
2.3.2 Ukuran Serbuk .....	8
2.3.2 Distribusi Partikel Serbuk .....	9
2.4 <i>Separator</i> .....	9
2.5 <i>Ball Mill</i> .....	11
2.5.1 Pengertian <i>Ball Mill</i> .....	11
2.5.2 Macam-macam <i>Ball Mill</i> .....	12
2.5.3 <i>Critical Speed</i> .....	13
2.6 <i>Blower</i> .....	14
2.3.1 Pengertian <i>Blower</i> .....	14
2.3.1 Jenis-jenis <i>Blower</i> .....	15
2.7 <i>Induced Draft System</i> .....	17
2.8 Impuls .....	19
2.9 Hukum Bernoulli .....	19



2.10 Manometer.....	21
2.11 Hipotesa .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	23
3.3 Variabel Penelitian .....	23
3.4 Peralatan dan Bahan yang Digunakan.....	24
3.4.1 Peralatan yang Digunakan.....	24
3.4.2 Bahan yang Digunakan.....	29
3.5 Instalasi Penelitian.....	30
3.6 Prosedur Penelitian.....	31
3.7 Metode Pengambilan Data.....	31
3.7.1 Persiapan Penelitian.....	31
3.7.2 Proses Pengambilan Data.....	32
3.8 Rancangan Tabel Penelitian.....	32
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil.....	35
4.1.1 Data Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Berat Serbuk Karsa Pada Setiap Distribusi Ukuran Mesh.....	35
4.2 Pembahasan.....	37
4.2.1 Grafik Pengaruh Tekanan Udara <i>Induced Draft</i> Terhadap Berat Serbuk Karsa Pada Setiap Distribusi Ukuran Mesh.....	37
4.2.2 Grafik Pengaruh Tekanan Udara <i>Induced Draft</i> Terhadap Jumlah Berat Serbuk Karsa Pada <i>Cyclone Separator</i> .....	39
4.2.3 Grafik Pengaruh Tekanan Udara <i>Induced Draft</i> Terhadap Efisiensi Produk Serbuk Karsa Pada <i>Cyclone Separator</i> .....	40
4.2.4 Analisa Morfologi dengan Menggunakan SEM.....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Rancangan data pengujian	32
Tabel 3.2	Rancangan data efisiensi	33
Tabel 4.1	Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh dalam gram	35
Tabel 4.2	Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh dalam %	35
Tabel 4.3	data hasil pengujian serbuk kuarsa menurut klasifikasi distribusi ukuran mesh dalam %	36
Tabel 4.4	Data efisiensi produk serbuk kuarsa	37



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Agregat Kuarsa	6
Gambar 2.2	Macam-Macam Bentuk Partikel	8
Gambar 2.3	<i>Separator</i>	10
Gambar 2.4	<i>drum mill</i>	11
Gambar 2.5	<i>tube mill</i>	12
Gambar 2.6	<i>conical mill</i>	13
Gambar 2.7	<i>blower sentrifugal</i>	15
Gambar 2.8	<i>Positive displacement blower</i>	16
Gambar 2.9	<i>force draft system</i>	17
Gambar 2.10	<i>Induced draft system</i>	17
Gambar 2.11	hukum bernoulli	19
Gambar 2.12	Hukum Kontinuitas	21
Gambar 3.1	<i>Blower</i>	24
Gambar 3.2	manometer	24
Gambar 3.3	timbangan	25
Gambar 3.4	alat pengguncang rotap	26
Gambar 3.5	<i>ball mill</i>	26
Gambar 3.6	bola baja	27
Gambar 3.7	SEM	28
Gambar 3.8	Motor Listrik	28
Gambar 3.9	<i>Separator</i>	29
Gambar 3.10	Kuarsa	29
Gambar 3.11	Instalasi Penelitian	30
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Tekanan Udara <i>Induced Draft</i> Terhadap Berat Serbuk Karsa Pada Setiap Distribusi Ukuran Mesh	37
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Tekanan Udara <i>Induced Draft</i> Terhadap Jumlah Berat Serbuk Karsa Pada <i>Cyclone Separator</i>	39
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Tekanan Udara <i>Induced Draft</i> Terhadap Efisiensi Produk Serbuk Karsa Pada <i>Cyclone Separator</i>	41
Gambar 4.4	hasil pengujian SEM hasil proses penghancuran dengan <i>ball mill</i> pada variasi tekanan udara 2 mmH <sub>2</sub> O, 3 mmH <sub>2</sub> O, 4 mmH <sub>2</sub> O dan 6 mmH <sub>2</sub> O	42

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel mesh ekuivalen
- Lampiran 2 Surat Perjanjian Kontrak kerja Feni Arianti, ST.
- Lampiran 3 Surat Perjanjian Kontrak kerja Bima Triatma Mulia, ST.



## RINGKASAN

**Reza Akbar Pratama**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2014, *Pengaruh Variasi Tekanan Udara Induced Draft Terhadap Geometri Serbuk Kuarsa Pada Sistem Ball Mill*, Dosen Pembimbing: Wahyono Suprpto dan Endi Sutikno.

Sumber daya alam berupa mineral merupakan potensi yang perlu diperhatikan karena terdapat banyak wilayah di Indonesia yang mampu menghasilkan sumber daya mineral dengan jumlah yang besar. Salah satu potensinya adalah pasir kuarsa (*quartz*) yang berasal dari pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Dengan perkembangan teknologi yang terjadi saat ini mulai banyak aplikasi penggunaan silika pada industri semakin meningkat terutama dalam penggunaan silika pada ukuran partikel yang kecil sampai skala mikron atau bahkan nanosilika. Kondisi ukuran partikel bahan baku yang kecil membuat produk memiliki sifat yang berbeda. Salah satu cara untuk memperoleh kondisi ukuran partikel bahan baku yang kecil sampai skala mikron atau bahkan ukuran nano adalah dengan menggunakan sistem *ball mill*. Pada penelitian ini pasir kuarsa dihancurkan menjadi serbuk kuarsa dengan *ball mill*. Setelah pasir kuarsa hancur maka dilakukan pemisahan dengan menggunakan *separator*. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi tekanan udara *induced draft* terhadap ukuran dan bentuk serbuk kuarsa yang tertampung pada *separator*.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental dengan variabel bebas berupa variasi tekanan udara *induced draft* sebesar 2 mmH<sub>2</sub>O, 3 mmH<sub>2</sub>O, 4 mmH<sub>2</sub>O, 6 mmH<sub>2</sub>O. Variabel terkontrol yang digunakan adalah Kecepatan putar *ball mill* sebesar 90 rpm. Waktu penggilingan selama 30 menit dengan 15 menit terakhir blower dihidupkan. Jumlah bola sebanyak 16 buah dengan rincian 13 bola dengan diameter 42 mm dan 3 bola dengan diameter 27mm. Bahan yang digunakan adalah pasir kuarsa. Tekanan udara diukur sebelum sistem *ball mill*. Menyalakan sistem *ball mill* selama 30 menit dan setelah 15 menit blower dinyalakan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi tekanan udara *induced draft* menghasilkan ukuran mesh serbuk kuarsa cukup kasar ( $\text{mesh } 60 < x \leq 100$ ) cenderung mengalami peningkatan. Pada ukuran serbuk kuarsa cukup kasar ( $\text{mesh } 60 < x \leq 100$ ) dengan hasil presentase jumlah berat serbuk kuarsa tertinggi pada tekanan 6 mmH<sub>2</sub>O yaitu sebesar 48,86%. Hal ini terjadi akibat pengaruh tekanan udara *induced draft* yang semakin meningkat sehingga menghasilkan gaya diberikan pada serbuk semakin meningkat pada serbuk yang memiliki luas penampang yang besar. Sehingga selama tekanan udara *induced draft* lebih besar dari berat serbuk maka serbuk dengan ukuran mesh yang kecil semakin banyak tertampung pada *separator*.

Kata kunci : *separator*, tekanan udara *induced draft*, *blower*, *ball mill*.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki banyak potensi alam sangat besar, dimana sebagian besar potensi sumber daya alam di Indonesia belum sepenuhnya tergali dan dimanfaatkan secara maksimum. Sumber daya alam berupa mineral merupakan potensi yang perlu diperhatikan karena terdapat di berbagai wilayah Indonesia yang tersedia dalam jumlah yang besar. Salah satu potensinya adalah pasir kuarsa (*quartz*) yang berasal dari pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar (Sirin,dkk ,2009). Peneliti dari Pusat Sumber Daya Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Kusdarto mengungkapkan, sumber daya pasir kuarsa Indonesia mencapai 18 miliar ton, yang tersebar di 22 provinsi (Abraham,2011).

Kuarsa merupakan bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut. Cadangan kuarsa terbesar di Indonesia terdapat di Sumatera Barat, potensi lain terdapat di Kalimantan Barat, Jawa Barat, Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, dan Pulau Bangka dan Belitung. (Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara Departemen ESDM RI, 2005).

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang luas, baik sebagai bahan baku utama maupun bahan tambahan. Sebagai bahan baku utama, misalnya digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku *fero silikon*, *silikon carbide* bahan abrasit (ampelas dan *sand blasting*). Sedangkan sebagai bahan tambahan, misal dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (*refraktori*), dan lain sebagainya. Menurut Siswanto,dkk (2012) saat ini seiring dengan perkembangan teknologi, aplikasi penggunaan serbuk kuarsa pada dunia industri semakin berkembang terutama dalam penggunaan serbuk kuarsa dengan ukuran partikel yang kecil sampai skala mikron atau bahkan nanosilika. Kondisi ukuran partikel bahan baku yang kecil membuat produk memiliki sifat yang berbeda. Hal ini dikarenakan kondisi partikel dengan ukuran yang kecil akan

mempengaruhi sifat dari produk tersebut diantaranya adalah kekasaran permukaan, tingkat porositas dan kekuatan dari produk tersebut.

Salah satu cara untuk memperoleh kondisi ukuran partikel bahan baku yang kecil sampai skala mikron atau bahkan ukuran nano adalah dengan menggunakan sistem *ball mill*. *Ball mill* merupakan selubung putar yang didalamnya terdapat bola penghancur. Pada penelitian ini pasir kuarsa dihancurkan menjadi serbuk kuarsa dengan *ball mill*. Setelah pasir kuarsa hancur maka dilakukan pemisahan serbuk kuarsa dengan menggunakan *separator*. Fungsi dari *separator* yaitu untuk menampung dan memisahkan material berdasarkan perbedaan massa jenis. Tekanan udara *induced draft* pada penelitian ini digunakan untuk sarana transportasi serbuk hasil penggilingan ke *separator*. Dengan menggunakan *separator*, serbuk kuarsa akan dipisahkan berdasarkan perbedaan massa jenis. Untuk mengetahui ukuran dan bentuk serbuk kuarsa yang tertampung pada *separator*, pada penelitian ini digunakan pengguncang rotap dan uji SEM. Dengan demikian, sekarang tersedia sebuah metode sederhana untuk menentukan geometri serbuk kuarsa.

Penelitian tentang distribusi serbuk kuarsa memang telah banyak dilakukan, namun untuk metode pemisahan serbuk kuarsa masih banyak diperlukan penelitian lebih lanjut. Penelitian yang perlu dilakukan adalah untuk mengetahui geometri yang dapat dihasilkan melalui *separator* dengan variasi tekanan udara *induced draft*. Maka penelitian dengan judul “Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Geometri Serbuk Kuarsa Pada Sistem *Ball Mill*” diharapkan mampu menjadi referensi bagi pelaku industri Indonesia dalam mengolah sumber daya alam mineral yang melimpah menjadi bahan baku dengan kualitas tinggi sehingga mampu meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan terutama produk dengan bahan dasar kuarsa.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Pengolahan sumber daya alam mineral di Indonesia yang belum tergalai secara maksimum.
2. Diperlukan penelitian proses pengolahan kuarsa menjadi serbuk kuarsa dan pemisahan serbuk kuarsa sehingga mampu menghasilkan serbuk kuarsa yang baik. Untuk menghasilkan produk olahan dengan bahan dasar kuarsa dengan kualitas tinggi.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahannya adalah:

1. Bagaimana pengaruh tekanan udara *induced draft* terhadap geometri serbuk kuarsa yang tertampung pada *separator*?
2. Bagaimana cara memisahkan serbuk kuarsa dengan pengaruh tekanan udara *induced draft*?

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Serbuk kuarsa dihancurkan dengan metode mekanik pada sistem *ball mill*.
2. Penelitian difokuskan pada ukuran dan bentuk dari serbuk kuarsa yang ditampung pada *separator*.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh tekanan udara *induced draft* terhadap hasil serbuk kuarsa yang tertampung pada *separator*.
2. Untuk memisahkan serbuk kuarsa dengan pengaruh tekanan udara *induced draft* berdasarkan distribusi ukuran serbuk yang dapat tertampung pada *separator*.
3. Untuk memperoleh ukuran serbuk kuarsa yang baik dengan presentase massa terbesar dari hasil tekanan udara *induced draft* yang dapat tertampung pada *separator*.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Dari penulisan skripsi ini diharapkan mendapat manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai sarana untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan pasir kuarsa dalam dunia industri.
2. Sebagai referensi untuk meningkatkan kualitas produk olahan dari serbuk kuarsa.
3. Penelitian ini dapat menjadi referensi dan dasar pendekatan bagi penelitian selanjutnya

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Erdem, (2009) melakukan penelitian menggunakan *ball mill* berdiameter 1,2 m dan panjang 6 m dengan menggunakan 6 jenis bola yang berbeda berukuran antara 70-15 mm untuk menghancurkan material berupa *clinker* atau batuan (lempung) yang terbakar akibat pembakaran secara spontan pada batu bara dan biasanya digunakan untuk bahan tambahan semen. Rasio antara bahan dan bola penumbuk yang digunakan adalah 1:9 dengan kecepatan putar 31 rpm dan waktu penghancuran maksimal 60 menit. Hasil dari penelitian melaporkan bahwa performa *ball mill* sangat ditentukan oleh ukuran bola penghancur ukuran bola yang berbeda menghasilkan kecepatan rusak bahan yang berbeda pula pada lama penggilingan yang sama. Ukuran partikel pada kerusakan maksimum berhubungan dengan ukuran bola terbesar dalam *ball mill*.

Sriyono (2012) melakukan penelitian proses pemisahan debu dengan prefilter *Blower* pada Sistem Pemurnian Helium (SPH) telah dimodelkan. Berdasarkan hasil analisis disimpulkan bahwa terdapat 71,8% partikel besar ( $\geq 1$  mikron) terpisahkan dan dibuang melalui *dust hopper*, sedangkan pada *outlet helium* Bersih *cyclone* terdapat pertambahan partikel kecil ( $< 1$  mikron) sebesar 11,4%. Penambahan ini dikarenakan adanya proses tumbukan antar partikel ataupun antara partikel debu dengan dinding *cyclone*. Efisiensi proses pemisahan dan distribusi partikel dianalisis dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi partikel debu karbon setelah melewati *cyclone separator* pada aliran sebelum *cyclone*. Aliran helium masuk ke *cyclone separator* dikondisikan pada tekanan 5 bar, temperatur 116 °C dan laju alir 1,2 kg/s.

Wahyono (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 %.

Egbe (2013) meneliti pengaruh dari *ball mass to sample mass ratio* pada tingkat kerusakan bahan. Kecepatan penggilingan 101 rpm selama 10 menit dengan diameter bola 25mm. *Ball mass to sample mass ratio* 2:1, 4:1, 6:1, 8:1, 10:1 dan 12:1. Hasil efek dari *ball mass to sample mass ratio* meningkat secara bertahap dan tertinggi pada 97.474% pada rasio 10:1. Tingkat kehalusan tertinggi juga pada rasio ini. Peningkatan yang bertahap menggambarkan benturan terhadap bahan dengan luas permukaan media penghancur. Pada rasio 12:1 mengalami penurunan, kemungkinan diakibatkan karena meningkatnya bola dan tabrakan antar bola yang semakin sering sehingga berdampak menurunnya tabrakan antara bola dengan bahan.

## 2.2 Pengertian kuarsa

Menurut Sirin,dkk (2012) kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. 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.

Sebagai endapan letakan (*placer*) pasir kuarsa dapat berupa material-material yang lepas-lepas sebagai pasir, dan dapat pula terus mengalami suatu proses selanjutnya ialah terkonsolidasi menjadi batu pasir dengan kandungan silika yang tinggi, misalnya *protokuarsit* (75- 95 % kuarsa) dan *orthokuarsit* (>95 % kuarsa). Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ . Pasir kuarsa berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 pada skala Mohs, berat jenis 2,65, titik lebur  $17.150^\circ\text{C}$ , bentuk kristal heksagonal, panas spesifik  $0,185 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , dan konduktivitas panas  $12\text{--}1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Dalam kegiatan industri, penggunaan kuarsa sudah berkembang luas, baik sebagai bahan baku utama maupun bahan tambahan. Sebagai bahan baku utama, pasir kuarsa digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbide bahan abrasit (*ampelas* dan *sand blasting*). Sedangkan sebagai bahan tambahan, pasir kuarsa digunakan dalam pengecoran logam, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (*refraktori*), dan lainnya. Cadangan pasir kuarsa terbesar terdapat di Sumatera Barat, potensi lain terdapat di Kalimantan Barat, Jawa Barat, Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, dan Pulau

Bangka dan Belitung. (Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara Departemen ESDM RI, 2005)



Gambar 2.1 Agregat Kuarsa  
Sumber : Laboratorium  $\alpha\beta\gamma$

Kuarsa banyak ditemukan pada pegunungan maupun daerah pantai di Indonesia. Salah satu sumber kuarsa terbesar adalah ketika terjadi letusan gunung berapi yang menghasilkan abu vulkanik. Menurut Endang,dkk (2012) bahwa abu Gunung Merapi mengandung berbagai unsur mayor (Al, Si, Ca, dan Fe), minor (I, Mg, Mn, Na, P, S, dan Ti), dan tingkat trace (Au, As, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, S, Sb, Sn, Sr, V, Zn, dan Zr), baik yang memiliki kegunaan yang luas (Al, Si, Ca, Fe, Ti, V, dan Zn), memiliki nilai tinggi (Au), hingga yang berpotensi memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan (As, Cr, Cr, Cu, Pb, Ni, dan S). Lokasi pengambilan abu yang berbeda (timur, selatan dan barat, serta jarak yang semakin jauh dari puncak Merapi) tidak memberikan perbedaan komposisi kimia yang berarti. Didasarkan pada kandungan unsur Al, Ca, dan Si dalam abu yang besar (masing-masing 56%, 4%, dan 18 %) maka sangat dimungkinkan dilakukannya pemanfaatan abu tersebut sebagai bahan semen atau barang berbahan semen, serta pasir kuarsa. Menurut Doddy (2012) kuarsa di Indonesia pada umumnya terdapat sebagai endapan sedimen. Asalnya dari perombakan bahan yang mengandung silicon dioksida (kuarsa) seperti granit, porfir granit, riolit dan granodiorit. Di alam, butiran pasir kuarsa pada umumnya tercampur dengan lempung, *feldspar*, *magnetit*, *ilmenit*, *limonit*, *pirite*, mika/gabungan mineral, *biotit*, *horenblenda*, *zirkon* dan bahan organik dari tetumbuhan dan sebagainya. Karena terbawa air, maka butiran pasir menjadi makin halus yang berarti menjadi lebih murni.

Peranan pasir kuarsa dalam kegiatan pengecoran besi sangat penting. Pada umumnya cetakan benda tuang terbuat dari pasir dengan pengikat lempung atau bentonit. Pasir kuarsa harus mempunyai sifat mampu membentuk dengan kekuatan, susunan kimia dan sebaran ukuran besar butir yang cocok. Keadaan ini sangat penting untuk menghindari cacat tuang. Selain itu pasir kuarsa juga penting untuk industri kimia, industri cat, *abrasive*, *refractories*, *mineral fillers* (bahan pengisi), industri keramik (gelas, lembar kaca dan sebagainya).

### 2.3 Definisi Serbuk

Serbuk adalah kumpulan dari partikel-partikel kecil berukuran nano atau  $\mu\text{m}$  yang bersifat kering. Sesuai dengan British Standard (2955.1958) serbuk adalah partikel-partikel kering dengan dimensi maksimum lebih kecil dari 1000  $\mu\text{m}$  (Sing,1976). Sedangkan menurut kamus besar bahasa Indonesia, serbuk adalah barang yang lumat atau berbutir-butir halus seperti tepung, abu, dan bubuk. Dan menurut Ansel (1989), serbuk adalah suatu partikel yang dapat berbentuk sangat kasar dengan ukuran 10  $\mu\text{m}$ , atau dapat juga sangat halus dengan ukuran 1  $\mu\text{m}$ , atau juga lebih kecil. 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:

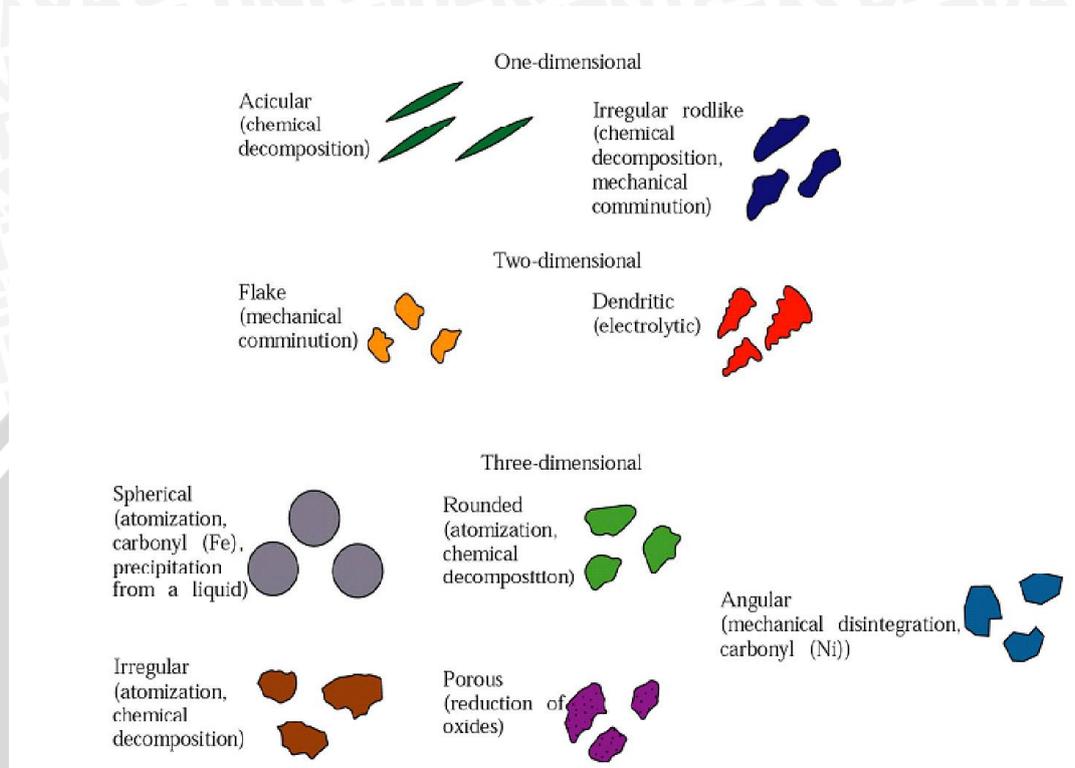
1. Serbuk kasar ( mesh  $20 \leq x < \text{mesh } 40$ )
2. Serbuk cukup kasar ( mesh  $40 \leq x < \text{mesh } 80$ )
3. Serbuk halus ( mesh  $80 \leq x < \text{mesh } 120$ )
4. Serbuk sangat halus ( $x \geq \text{mesh } 120$ )

#### 2.3.1 Bentuk Partikel Serbuk

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

- *Sphreroidal* yaitu partikel berbentuk bulat.
- *Irregular* yaitu partikel yang bentuknya tidak teratur.
- *Acicular* yaitu partikel yang mempunyai bentuk memanjang.

- *Angular* yaitu partikel yang mempunyai sisi tajam.
- *Flaky* yaitu partikel yang berbentuk pipih.
- *Dendritic* yaitu partikel yang mempunyai bentuk bercabang



Gambar 2.2 Macam-Macam Bentuk Partikel  
Sumber: anonymous 1, 2013

### 2.3.2 Ukuran serbuk

Ukuran partikel adalah karakteristik yang penting dari serbuk kuarsa. Untuk menentukan ukuran partikel antara lain dengan pengayakan atau pengukuran mikroskop. Ayakan standar biasanya memiliki ukuran mesh 36 - 850  $\mu\text{m}$ , sehingga dapat digunakan untuk menentukan ukuran dan distribusi ukuran serbuk. Pengukuran mikroskop biasanya hanya mencapai ukuran partikel serbuk 1  $\mu\text{m}$  (0,001 mm). Kehalusan berkaitan erat dengan ukuran butir, faktor ini berhubungan dengan luas kontak antar permukaan, butir kecil mempunyai porositas yang kecil dan luas kontak antar permukaan besar sehingga difusi antar permukaan juga semakin besar.

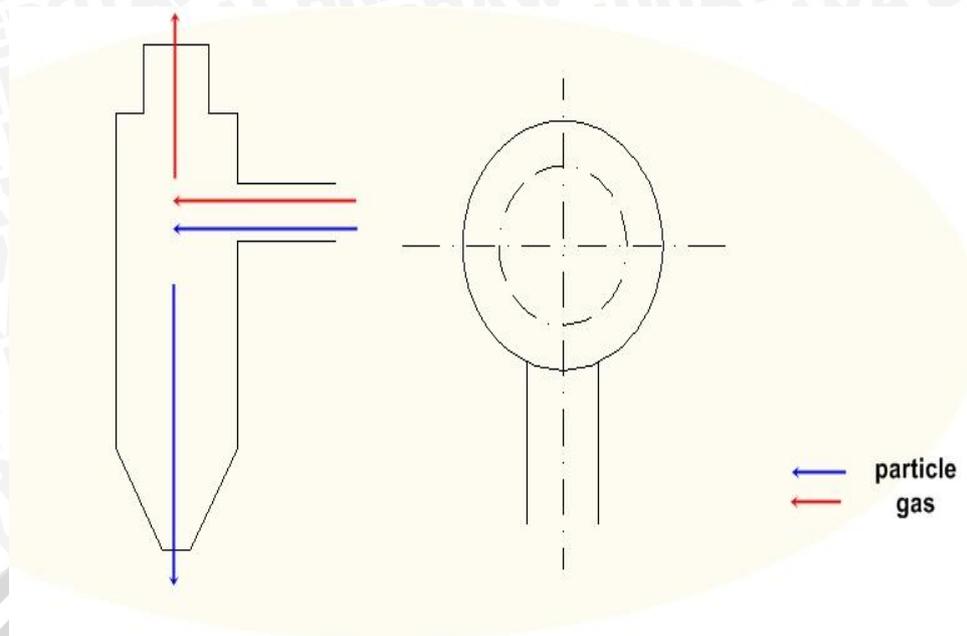
### 2.3.3 Distribusi Partikel serbuk

Distribusi ukuran partikel serbuk menyatakan penyebaran serbuk untuk ukuran tertentu. Distribusi ukuran partikel ini sangat menentukan kemampuan partikel dalam mengisi ruang kosong antar partikel untuk mencapai volume terpadat. Metode yang umum dan dapat digunakan dengan cepat untuk menentukan ukuran partikel serbuk secara kolektif adalah dengan menggunakan peralatan uji ayakan ( sieve analysis mesh), dengan ukuran mesh. Mesh adalah jumlah lubang yang terdapat dalam ayakan tiap 1 inch.

### 2.4. Separator

Sekarang ini *separator* digunakan pada banyak bidang teknologi, tetapi secara luas masih diaplikasikan pada *gas cleaning* dimana *separator* dipergunakan untuk memisahkan serbuk yang relatif kasar. *Separator* sering digunakan dalam berbagai kegiatan industri, terutama bidang industri yang produknya berupa serbuk. Contohnya pada industri pakan ternak, industri pupuk dan industri semen. *Separator* adalah alat yang digunakan untuk memisahkan material berdasarkan perbedaan massa jenis.

*Separator* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *separator* dengan posisi *inlet* di tengah dinding *separator*. Posisi dari *inlet separator* ini menyebabkan gaya sentrifugal yang terjadi di dalam *separator* tidak besar. Hal ini disebabkan aliran udara langsung menumbuk dinding *separator* sehingga serbuk yang memiliki berat lebih besar akan turun dan serbuk dengan berat yang ringan akan keluar bersama udara.



Gambar 2.3 Separator

Sumber : anonymous 2, 2013

## 2.5 Ball mill

### 2.5.1 Pengertian *Ball mill*

*Ball mill* merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memproduksi nanomaterial, komponen *ball mill* ini terdiri dari sebuah tabung penampung material yang diisi dengan bola – bola penghancur. Proses pengerjaannya digerakkan secara rotasi, gerakan ini bisa diatur sesuai dengan kebutuhan. Jika kecepatan rotasi terlalu besar maka akan terjadi gaya sentrifugal pada silinder sehingga bola – bola penghancur akan menempel pada tepi silinder dan proses penghancuran tidak berlangsung secara maksimum.

Ukuran pengurangan volume pada tabung *ball mill* dikarenakan oleh serbuk yang mengisi bagian *tube* pada *ball mill*, namun juga bola penghancur yang ikut berputar secara parabola dalam tabung. Beberapa bola penghancur dapat melekat pada dinding tabung berdasarkan gaya sentrifugal, dan akan ikut bergerak bersama dengan tabung yang pada ketinggian tertentu sebelum jatuh dan mempengaruhi pemakanan material oleh bola penghancur. *Ball mill* terdiri dari bola atau sebuah silinder pendek dan mengacu pada metode proses pengerjaannya dapat menggunakan baja atau keramik sebagai bahan dari bola penghancur pada sistem *ball mill*. (Rhodes,1990).

Bola penumbuk yang digunakan pada proses penggilingan juga berpengaruh terhadap hasil serbuk contohnya diameter bola penumbuk, jumlah bola penumbuk, dan

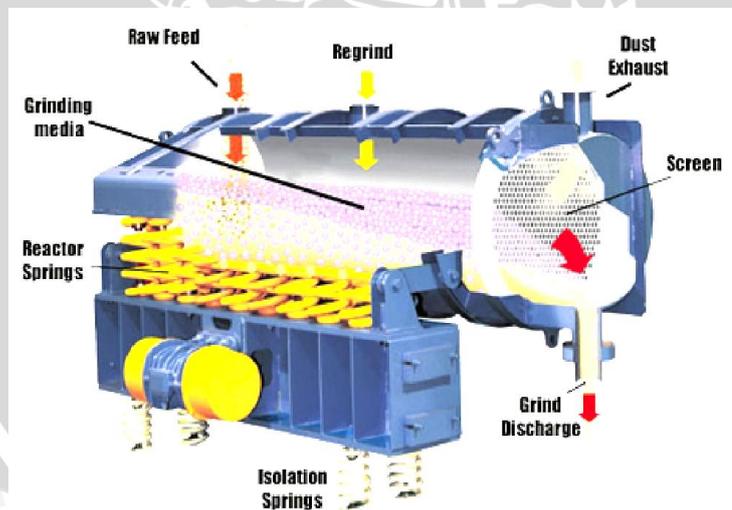
material bola penumbuk. Hal tersebut disesuaikan dengan *ball mill* yang digunakan dan juga material serbuk yang akan diproses. Ukuran bola penumbuk disesuaikan dengan ukuran *drum* dari *ball mill* sendiri. Semakin besar ukuran bola penumbuk seharusnya akan meningkatkan kualitas *grinding* dikarenakan daerah kontak bola penumbuk dan serbuk akan semakin besar. Namun apabila menggunakan bola yang berukuran besar juga akan mempercepat kenaikan energi yang akan berpengaruh ke serbuk tersebut. Apabila menggunakan bola berukuran kecil maka energi yang dihasilkan juga kecil, tapi proses terjadinya *alloying* bisa lebih maksimal, sehingga untuk memaksimalkan proses *milling* ini salah satunya adalah dengan menggunakan ukuran bola yang berbeda – beda (Kaloshkin. 2000). Tetapi ada batasan dalam mengkombinasi bola tersebut, jika perbedaan (bola besar dan bola yang kecil) terlalu besar maka di khawatirkan bola yang besar akan menghancurkan bola yang kecil.

### 2.5.2 Macam-Macam *Ball Mill*

Ada tiga jenis *ball mill* yang sering digunakan pada industri menurut Rhodes (1990):

#### 1. *Drum Mill*

*Drum mill* adalah *ball mill* dengan ukuran pendek dengan rasio L/D antara 1:1 sampai dengan 1:3. *Mill* ini secara umum beroperasi secara terus menerus dalam sirkuit dengan pemisah udara. Material yang kasar akan kembali ke dalam *ball mill* untuk dihaluskan.



Gambar 2.4 *Drum Mill*  
Sumber : anonymous 3, 2013

## 2. Tube Mill

Tipe *ball mill* ini memiliki rasio perbandingan L/D antara 3:1 hingga 6:1. *Tube mill* tersebut juga dapat memisahkan serbuk ke dalam beberapa ruangan *grinding*, dimana ukuran media ini disesuaikan dengan peningkatan derajat kehalusan. Saringan yang memisahkan bagian-bagian terpisah dirancang agar memungkinkan bahan serbuk untuk melewati saringan, tetapi tidak dengan material yang masih dalam proses *grinding*.

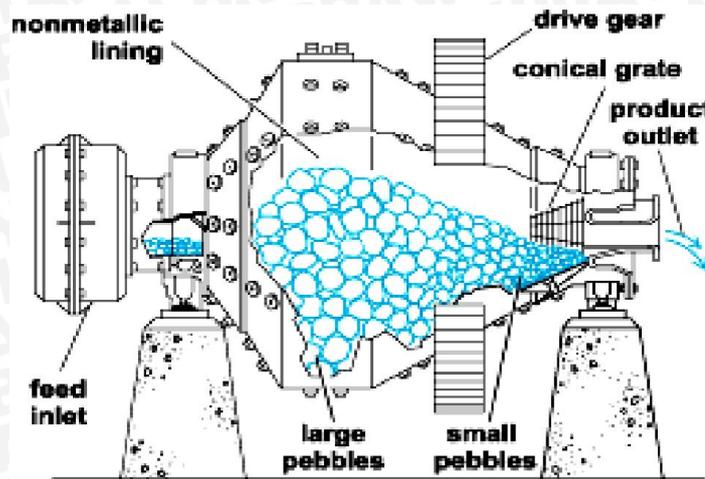


Gambar 2.5 tube mill

Sumber : anonymous 4, 2013

## 3. Conical Mill

Pada *ball mill* ini pemisahan material *grinding* didapat dengan transisi dari *tube silinder* didalam bagian *conical*. Bola penghancur ditempatkan pada bagian silinder dimana material yang kasar terdapat disana. Sedangkan bola penghancur yang kecil terletak didalam bagian *conical* dimana sebagai batas bagi material yang telah hancur.



Gambar 2.6 Conical Mill  
 Sumber: anonymous 5, 2013

### 2.5.3 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 type, ukuran dan aplikasi *ball mill* (King, 2000). Menurut King (2000) berikut rumus yang digunakan untuk mengetahui *critical speed*.

Kesetimbangan energi yang berlaku pada bola baja di dalam *ball mill*

$$F_s = W \cdot \cos\alpha \quad (\text{King,2000}) \quad (2-1)$$

Pada sudut tertinggi bola ketika berputar di dalam *ball mill* maka  $\cos\alpha = 1$ , sehingga

$$F_s = W \quad (\text{King,2000}) \quad (2-2)$$

$$m \frac{\omega_c^2 \cdot D_m}{2} = m \cdot g \quad (\text{King,2000}) \quad (2-3)$$

$$\omega_c^2 = \frac{Dm}{2g} \quad (\text{King,2000}) \quad (2-4)$$

$D_m$  adalah jarak antara poros selubung putar dengan bola baja di dalamnya

$$N_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{2g}{D-d} \right)^{1/2} = \frac{(2 \times 9.8)^{1/2}}{2\pi(D-d)^{1/2}} \quad (\text{King,2000}) \quad (2-5)$$

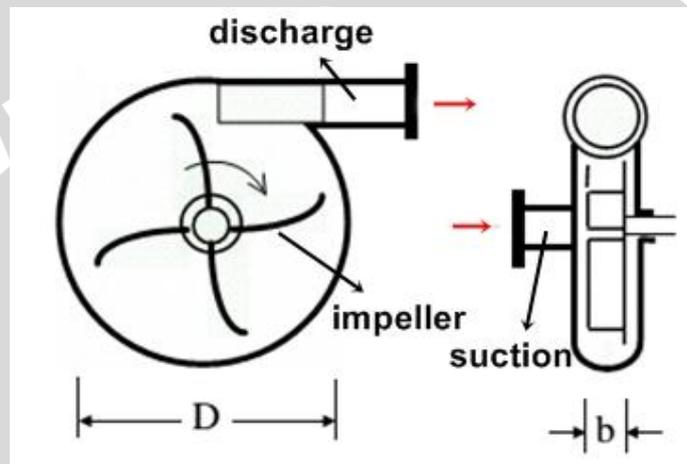
$$N_c = \frac{0.705}{D-d^{1/2}} \text{ rev/sec} \quad (\text{King,2000}) \quad (2-6)$$





### 1. *Blower* sentrifugal

*Blower* sentrifugal terlihat lebih seperti pompa sentrifugal daripada *blower*. Impelernya digerakan oleh gear dan berputar 3000 rpm. Pada *blower* multi - tahap, udara dipercepat setiap melewati *impeller*. Pada *blower* tahap tunggal, udara tidak mengalami banyak belokan, sehingga lebih efisien. *Blower* sentrifugal beroperasi pada tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm<sup>2</sup>, namun dapat mencapai tekanan yang lebih tinggi. Satu karakteristiknya adalah bahwa aliran udara cenderung turun secara drastis begitu tekanan sistem meningkat, yang dapat merupakan kerugian pada sistem pengangkutan bahan yang tergantung pada volum udara yang mantap. Oleh karena itu, alat ini sering digunakan untuk penerapan sistem yang cenderung tidak terjadi penyumbatan.



Gambar 2.7 *Blower* Sentrifugal  
Sumber: anonymous 6, 2013

### 2. *Blower* jenis *positive-displacement*

*Blower* jenis *positive displacement* memiliki *rotor*, yang membuat udara termampatkan dan mendorongnya melalui rumah *blower*. *Blower* ini menyediakan volum udara yang konstan bahkan jika tekanan sistemnya bervariasi. Cocok digunakan untuk sistem yang cenderung terjadi penyumbatan, karena dapat menghasilkan tekanan yang cukup (biasanya sampai mencapai 1,25 kg/cm<sup>2</sup>) untuk menghembus bahan - bahan yang menyumbat sampai terbebas. *Blower* jenis *positive displacement* berputar lebih pelan daripada *blower* sentrifugal (3.600 rpm) dan seringkali digerakkan dengan untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



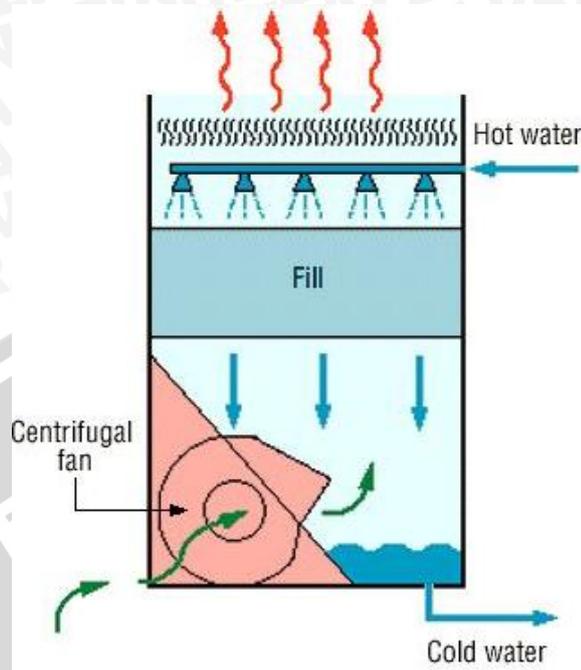
Gambar 2.8 *Positive Displacement Blower*  
Sumber: anonymous 7, 2013

### 2.7 *Induced Draft System*

*Induced draft system* sering digunakan pada sistem sebuah *cooling tower* atau menara pendingin pada ketel uap. Menara pendingin merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. Menara pendingin terdiri dari beberapa jenis salah satunya adalah menara pendingin aliran angin mekanik (*Mechanical-Draft Cooling Tower*).

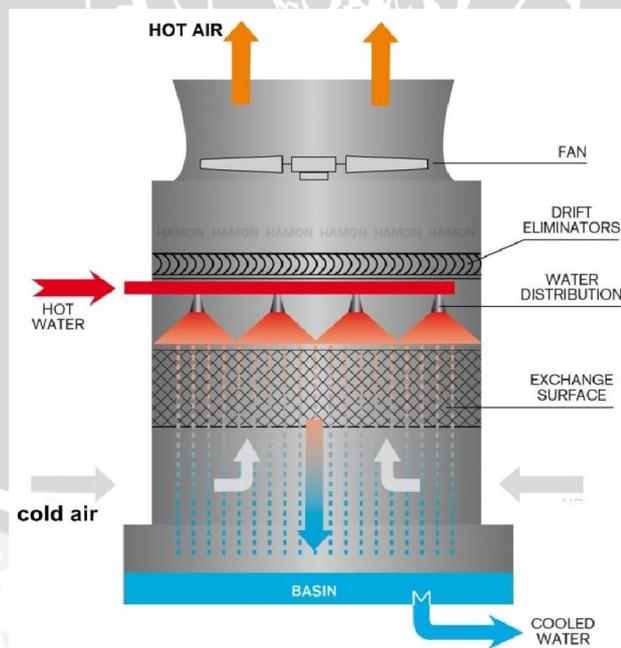
Pada menara pendingin aliran angin mekanik, udara mengalir karena adanya satu atau beberapa kipas (*fan*) yang digerakkan secara mekanik. Fungsi kipas di sini adalah untuk mendorong udara (*forced-draft*) atau menarik udara melalui menara (*induced-draft*) yang dipasang pada bagian bawah atau atas menara. Berdasarkan fungsi kipas yang digunakan menara pendingin aliran angin mekanik dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

a. Tipe aliran angin dorong (*forced-draft*)



Gambar 2.9 Force draft system  
 Sumber : anonymous 8, 2014

b. Tipe aliran angin tarik (*induced draft*)



Gambar 2.10 Induced draft system  
 Sumber: anonymous 9. 2014

Pada tipe aliran angin dorong (*forced-draft*), kipas yang dipasang pada bagian bawah, mendorong udara melalui menara. Jenis ini secara teoritis lebih disukai karena kipas beroperasi dengan udara yang lebih dingin, sehingga konsumsi daya menjadi lebih kecil. Akan tetapi, berdasarkan pengalaman jenis ini memiliki masalah-masalah yang berkaitan dengan distribusi udara, kebocoran dan resirkulasi udara kalor dan lembab kembali ke menara, serta masalah pembekuan pada masukan kipas ketika musim dingin.

Mengingat banyaknya permasalahan di atas maka pada saat ini menara pendingin aliran angin mekanik yang sering digunakan pada instalasi adalah tipe aliran angin tarik (*induced draft*). Pada menara pendingin aliran tarik, udara masuk dari sisi menara melalui bukaan-bukaan yang cukup besar pada kecepatan rendah dan bergerak melalui bahan pengisi (*filling material*). Kipas dipasang pada puncak menara dan membuang udara kalor dan lembab ke atmosfer.

Pada penelitian ini sistem *induced draft* digunakan sebagai sarana transportasi serbuk kuarsa dari sistem *ball mill* menuju *separator* untuk dipisahkan berdasarkan massa jenis serbuk kuarsa. Tekanan udara *induced draft* pada penelitian ini dihasilkan oleh bagian *suction blower* yang ditempatkan setelah sistem *ball mill*. Sehingga terjadi aliran udara hisap dari *blower* untuk menarik serbuk kuarsa dari dalam *ball mill*.

## 2.8 IMPULS

Apabila sebuah gaya  $F$  bekerja pada sebuah benda bermassa  $m$  dalam selang waktu tertentu  $\Delta t$  sehingga kecepatan benda tersebut berubah, maka momentum benda tersebut akan berubah. Dalam hal ini, berdasarkan hukum kedua Newton dan definisi percepatan, maka diperoleh Persamaan (2-9) berikut:

$$F = m \cdot a ; a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \quad (2-8)$$

Jika kedua persamaan di atas disubstitusikan, akan diperoleh Persamaan (2-10),

$$F \cdot \Delta t = m \cdot (v_2 - v_1) \quad (2-9)$$

Pada Persamaan (2-10) dapat terlihat bahwa gaya yang diberikan pada suatu benda pada selang waktu tertentu menghasilkan perubahan momentum (momentum akhir –

momentum awal). Dengan demikian diperoleh hubungan impuls dan momentum dari persamaan (2-11) sebagai berikut,

$$I = F \cdot \Delta t = \Delta p = m \cdot v_1 - m \cdot v_2 \quad (2-10)$$

Keterangan : I = impuls (N.s)

F = gaya (N)

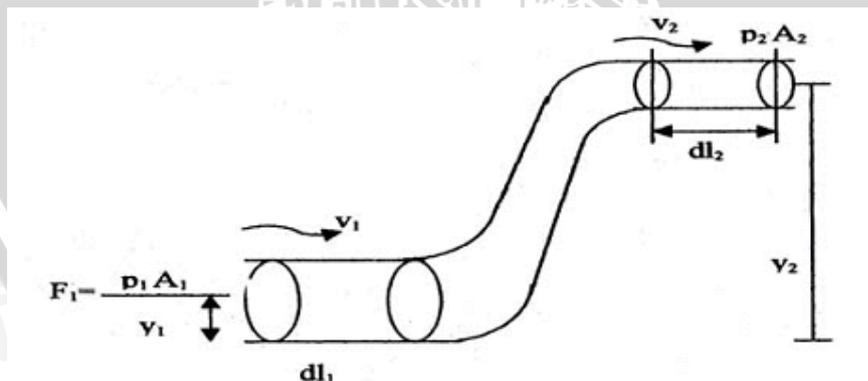
$\Delta t$  = selang waktu (s)

$\Delta p$  = perubahan momentum (kg.m/s)

Dari persamaan di atas dapat dikatakan, impuls adalah perubahan momentum yang dialami suatu benda. Pada penelitian ini impuls digunakan untuk menyatakan bahwa perubahan momentum pada serbuk akibat adanya kecepatan aliran udara *induced draft* mengakibatkan serbuk dapat berpindah dari *ball mill* menuju *blower*.

## 2.9 Hukum Bernoulli

Menurut Muhfari (2012) Persamaan dinyatakan dalam Hukum Bernoulli tersebut melibatkan hubungan berbagai besaran fisis dalam fluida, yakni kecepatan aliran yang memiliki satu garis arus, tinggi permukaan air yang mengalir, dan tekanannya. Bentuk hubungan yang dapat dijelaskan melalui besaran tersebut adalah besaran usaha tenaga pada zat cair.



Gambar 2.11 Hukum Bernoulli

Sumber: Anonymous 10, 2014

Usaha total fluida untuk berpindah dari satu titik ke titik lainnya sama dengan energi total fluida tersebut

$$p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 + p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 = E_k + E_p \quad (2-11)$$

$$p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 + p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 = \frac{1}{2} \cdot m(v_1 - v_2)^2 + m \cdot g \cdot h + h_f \quad (2-12)$$

Karena  $A \cdot \Delta l$  sama dengan  $V$ , maka

$$p_1 \cdot V_1 + p_2 \cdot V_2 = \frac{1}{2} \cdot m(v_1 - v_2)^2 + \rho \cdot g \cdot h + h_f \quad (2-13)$$

Untuk  $V = m/\rho$ , dengan memperhatikan *losses* yang timbul maka

$$p_1(m/\rho) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 + \rho \cdot g \cdot h + h_f = p_2(m/\rho) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 + \rho \cdot g \cdot h + h_f \quad (2-14)$$

Maka dapat disederhanakan menjadi

$$p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h + h_f = \text{konstan} \quad (2-15)$$

Keterangan :  $p$  = tekanan (N/m<sup>2</sup>)

$v$  = kecepatan alir (m/s<sup>2</sup>)

$A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)

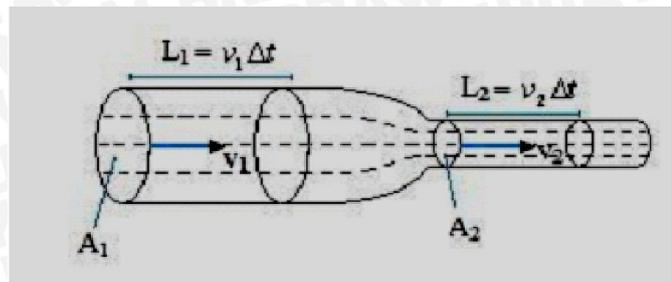
$\rho$  = massa jenis (kg/cm<sup>3</sup>)

$m$  = massa (kg)

$h_f$  = losses

## 2.10 Hukum Kontinuitas

Rumus Kontinuitas merupakan bentuk khas dari hukum kekekalan massa yang diterapkan untuk aliran fluida. Aliran fluida pada sebuah pipa yang mempunyai diameter berbeda, seperti tampak pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Hukum Kontinuitas  
Sumber: anonymous 11, 2013

Gambar 2.12 menunjukkan aliran fluida dari kiri ke kanan (fluida mengalir dari pipa yang diameternya besar menuju diameter yang kecil). Garis putus-putus merupakan garis arus.

Keterangan gambar :  $A_1$  = luas penampang bagian pipa yang berdiameter besar,  $A_2$  = luas penampang bagian pipa yang berdiameter kecil,  $v_1$  = laju aliran fluida pada bagian pipa yang berdiameter besar,  $v_2$  = laju aliran fluida pada bagian pipa yang berdiameter kecil,  $L$  = jarak tempuh fluida.

Pada aliran tunak, kecepatan aliran partikel fluida di suatu titik sama dengan kecepatan aliran partikel fluida lain yang melewati titik itu. Aliran fluida juga tidak saling berpotongan (garis arusnya sejajar). Karenanya massa fluida yang masuk ke salah satu ujung pipa harus sama dengan massa fluida yang keluar di ujung lainnya. Jika fluida memiliki massa tertentu masuk pada pipa yang diameternya besar, maka fluida tersebut akan keluar pada pipa yang diameternya kecil dengan massa yang tetap. Kita tinjau bagian pipa yang diameternya besar dan bagian pipa yang diameternya kecil.

Selama selang waktu tertentu, sejumlah fluida mengalir melalui bagian pipa yang diameternya besar ( $A_1$ ) sejauh  $L_1$  ( $L_1 = v_1 t$ ). Volume fluida yang mengalir adalah  $V_1 = A_1 L_1 = A_1 v_1 t$ . Nah, Selama selang waktu yang sama, sejumlah fluida yang lain mengalir melalui bagian pipa yang diameternya kecil ( $A_2$ ) sejauh  $L_2$  ( $L_2 = v_2 t$ ). Volume fluida yang mengalir adalah  $V_2 = A_2 L_2 = A_2 v_2 t$ .

Pada fluida taktermampatkan (incompressible), kerapatan alias massa jenis fluida tersebut selalu sama di setiap titik yang dilaluinya. Massa fluida yang mengalir dalam pipa yang memiliki luas penampang  $A_1$  (diameter pipa yang besar) selama selang waktu tertentu adalah :

Mengingat bahwa dalam aliran tunak, massa fluida yang masuk sama dengan massa fluida yang keluar, maka :

$$m_1 = m_2 \quad (2-16)$$

$$\rho \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot t = \rho \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot t \quad (2-17)$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (2-18)$$

Keterangan :  $\rho$  = massa jenis (kg/cm<sup>3</sup>)

$v$  = kecepatan alir (m/s<sup>2</sup>)

$A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)

$m$  = massa (kg)

### 2.11 Hipotesa

Semakin besar tekanan udara *induced draft* menyebabkan gaya tekan udara yang menumbuk partikel semakin besar dan meningkatkan momentum untuk menghasilkan impuls menumbuk partikel serbuk kuarsa. Selama berat serbuk kuarsa lebih kecil dari tekanan udara *induced draft*, jumlah berat serbuk kuarsa yang dapat tertampung pada *separator* akan semakin bertambah dan ukuran serbuk yang lebih besar semakin banyak terangkut.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen (*Experimental*). Metode eksperimen dilakukan dengan mengamati langsung untuk data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh tekanan udara *induced draft* terhadap geometri serbuk kuarsa pada sistem *ball mill*.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 2 Januari 2014 – 18 Januari 2014 bertempat di laboratorium  $\alpha\beta$  Landung Sari dan Laboratorium Pengecoran Logam Universitas Brawijaya.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang ditetapkan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian dilakukan. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah tekanan udara *induced draft* yang divariasikan yaitu pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O, 3 mmH<sub>2</sub>O, 4 mmH<sub>2</sub>O, 6 mmH<sub>2</sub>O.

#### 2. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol merupakan variabel yang nilainya dibuat konstan dalam suatu penelitian. Variabel terkontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- Kecepatan putar *ball mill* sebesar 90 rpm
- Waktu penggilingan selama 30 menit dengan 15 menit terakhir blower dihidupkan.
- Jumlah bola sebanyak 16 buah dengan rincian 13 bola dengan diameter 42 mm dan 3 bola dengan diameter 27mm.
- Bahan yang digunakan adalah agregat kuarsa.
- Tekanan udara diukur sebelum sistem *ball mill*.

#### 3. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu:

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

### 3.4 Peralatan dan Bahan yang Digunakan

#### 3.4.1 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Blower digunakan untuk alat transfer serbuk logam dari *ball mill* menuju *separator*.

Blower yang digunakan seperti pada gambar 3.1 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Spesifikasi Blower:

size	: 3 inch
volt	: 220
phase	: 1
amp	: 2
cycle	: 50/60
rpm	: 3000/3600

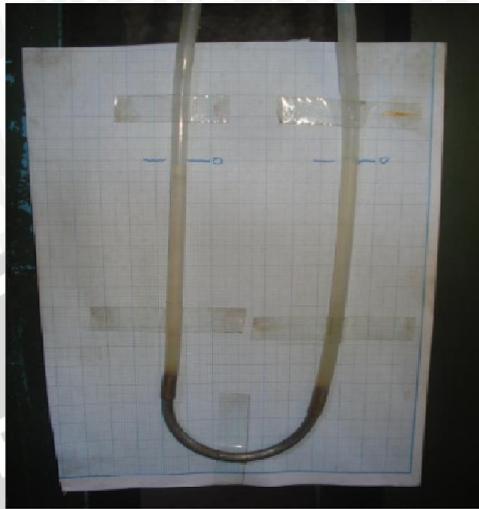


Gambar 3.1 blower

Sumber: Laboratorium  $\alpha\beta\gamma$  Landung Sari

## 2. Manometer

Adalah Alat yang digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan udara.



Gambar 3.2 manometer

## 3. Timbangan

Adalah Alat yang digunakan untuk menimbang agregat kuarsa dan serbuk kuarsa.



Gambar 3.3 Timbangan

#### 4. Pengguncang Rotap

Adalah alat yang digunakan untuk mengayak hasil dari serbuk kuarsa yang tertampung pada *separator*.



Gambar 3.4 Alat pengguncang rotap

#### 5. *Ball mill*

Digunakan selubung putar yang digunakan untuk menghancurkan agregat kuarsa menjadi serbuk kuarsa yang di dalamnya terdapat bola baja.



Gambar 3.5 *Ball Mill*

Spesifikasi bola baja dan *ball mill*:

Diameter dalam drum : 17.1 cm

Diameter luar drum : 19.7 cm

## 6. Bola baja

Digunakan untuk menghancurkan agregat kuarsa menjadi serbuk kuarsa dalam *ball mill*



(a)



(b)

Gambar 3.6 (a) bola baja berukuran kecil  
(b) bola baja berukuran besar

Sumber: Laboratorium  $\alpha\beta\gamma$  Landung Sari

Spesifikasi Bola baja

Diameter = 270 mm

Berat = 80 gr

diameter = 420 mm

berat = 140 gr

7. Alat ukur SEM

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang mencapai pembesaran hingga 2 juta kali.



Gambar 3.7 : SEM

8. Motor listrik

Digunakan untuk menghasilkan putaran pada *ball mill*.



Gambar 3.8 Motor listrik

### 9. Separator

Digunakan untuk memisahkan serbuk serbuk kuarsa berdasarkan perbedaan massa jenis.



Gambar 3.9 Separator

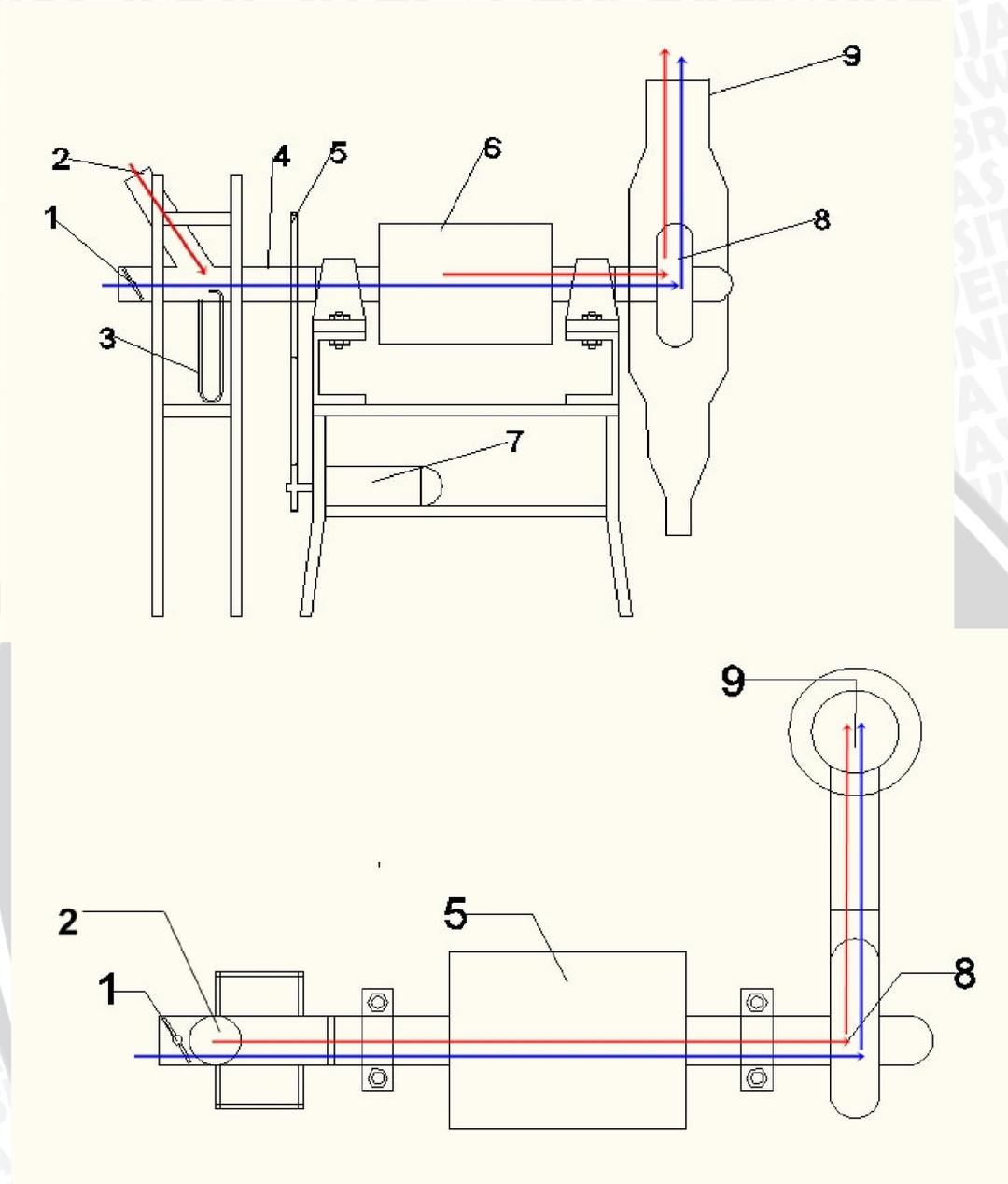
### 3.4.2 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuarsa.



Gambar 3.10 Agregat Kuarsa

3.5 Instalasi Penelitian



Gambar 3.11 Skema instalasi penelitian

Keterangan gambar:

- |                    |                  |                   |
|--------------------|------------------|-------------------|
| 1. Valve           | 6. Ball Mill     | — : aliran udara  |
| 2. Hopper          | 7. Motor listrik | — : aliran serbuk |
| 3. Manometer       | 8. Blower        |                   |
| 4. Duct            | 9. Separator     |                   |
| 5. Pulley Dan Belt |                  |                   |

### 3.6 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*.

### 3.7 Metode Pengambilan Data

#### 3.7.1 Persiapan Penelitian

Adapun persiapan penelitian adalah sebagai berikut:

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

### 3.7.2 Proses Pengambilan Data

Adapun proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Mengatur bukaan katup pada sistem *ball mill* untuk mendapatkan tekanan udara sesuai dengan variasi yang dibutuhkan. Dimulai dari 2 mmH<sub>2</sub>O.
2. Memasukkan agregat kuarsa seberat 500gr ke dalam sistem *ball mill*
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 3 mmH<sub>2</sub>O, 4 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 8 ayakan yaitu dengan ukuran mesh 60 (0,250mm), 70 (0,210mm), 100 (0,140mm), 140 (0,149mm), 200 (0,070mm) dan 270 (0,053mm), 325 (0,040mm) 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*.

### 3.8 Rancangan Tabel Penelitian

Rancangan tabel penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rancangan data pengujian.

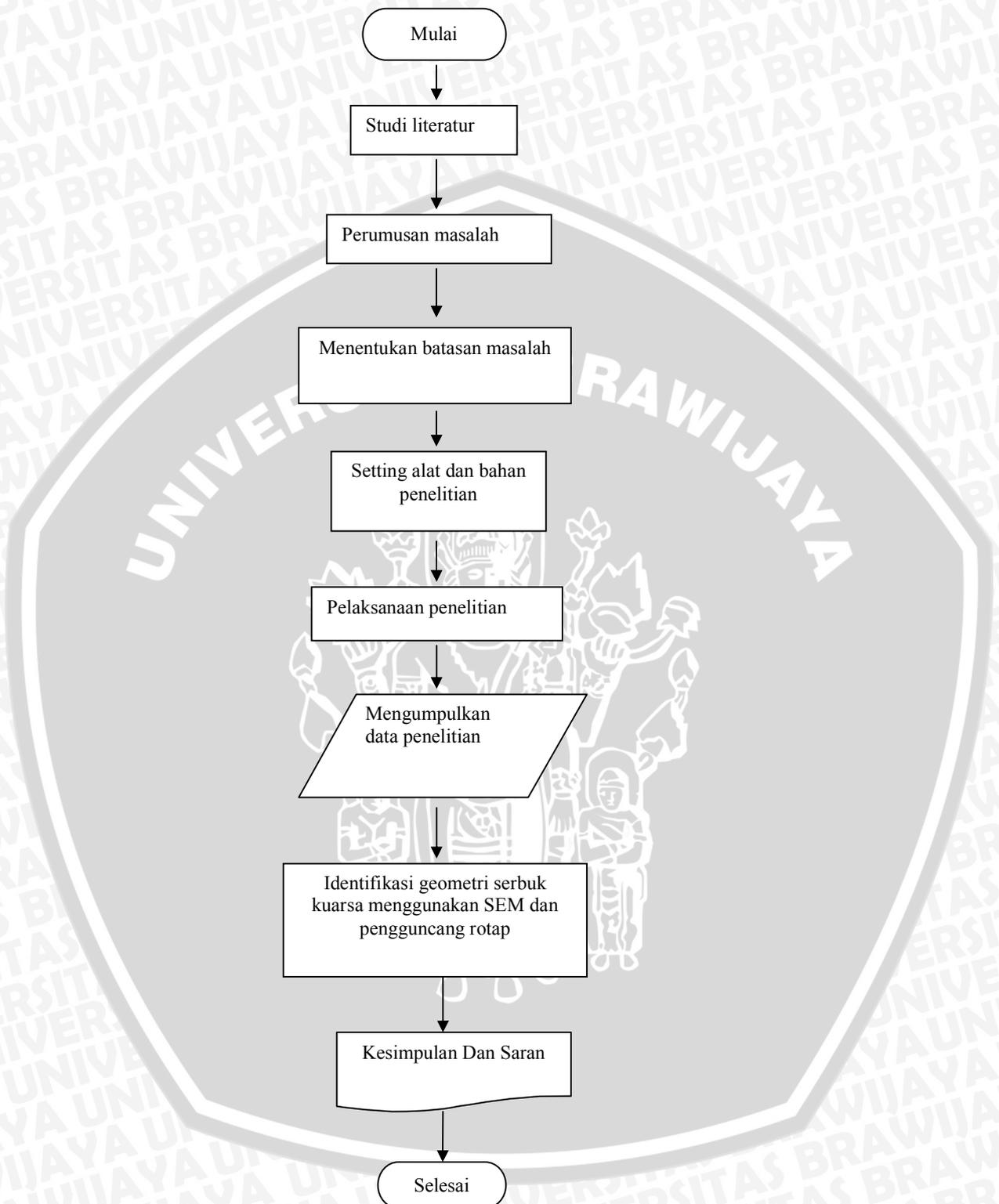
Ukuran mesh	Tekanan udara (mmH <sub>2</sub> O)			
	2	3	4	6
60				
70				
100				
140				
200				
270				
325				
< 325				
total				

Tabel 3.2 Rancangan data efisiensi

Tekanan udara (mmH <sub>2</sub> O)	Efisiensi (%)
2	
3	
4	
6	



### 3.9 Diagram Alir Penelitian



**BAB IV  
HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.9 Hasil**

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

Tabel 4.1 Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh dalam gram

Mesh	Tekanan udara ( mmH <sub>2</sub> O)			
	2	3	4	6
60	50.06	54.38	61.54	65.02
70	52.95	54.30	66.38	70.30
100	59.54	67.60	82.88	104.69
140	63.08	62.15	67.73	77.79
200	83.71	75.41	77.28	70.29
270	51.39	58.65	72.15	62.28
325	45.11	43.32	41.71	33.50
< 325	17.16	14.94	11.42	7.33
Total (gram)	423.00	430.75	481.09	491.20

Tabel 4.2 Data hasil pengujian serbuk kuarsa pada distribusi ukuran mesh dalam %

Mesh	Tekanan udara (mmH <sub>2</sub> O)			
	2	3	4	6
60	11.83	12.62	12.79	13.24
70	12.52	12.61	13.80	14.31
100	14.08	15.69	17.23	21.31
140	14.91	14.43	14.08	15.84
200	19.79	17.51	16.06	14.31
270	12.15	13.62	15.00	12.68
325	10.66	10.06	8.67	6.82
< 325	4.06	3.47	2.37	1.49
Total (%)	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabel diatas diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$\%material\ yang\ tertampung = \left(\frac{W_p}{W_t}\right) \times 100\%$$

Keterangan:

Wp = massa sampel yang tertampung di ayakan

Wt = massa total sampel

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

$$\% \text{material yang tertampung} = \left( \frac{W_p}{W_t} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{material yang tertampung} = \left( \frac{50.06}{423.00} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{material yang tertampung} = 11.83 \%$$

Tabel 4.3 data hasil pengujian serbuk kuarsa menurut klasifikasi distribusi ukuran mesh dalam %

klasifikasi serbuk	tekanan udara(mmH <sub>2</sub> O)			
	2	3	4	6
cukup kasar (mesh 60 ≤ x < 100)	38.43	40.92	43.82	48.86
halus (mesh 100 ≤ x < 270)	46.85	45.55	45.14	42.83
sangat halus (mesh lebih dari 270)	14.72	13.53	11.04	8.31

Tabel 4.4 Data efisiensi produk serbuk kuarsa

Teknan Udara (mmH <sub>2</sub> O)	Efisiensi (%)
2	84.6
3	86.4
4	96.2
6	98.2

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

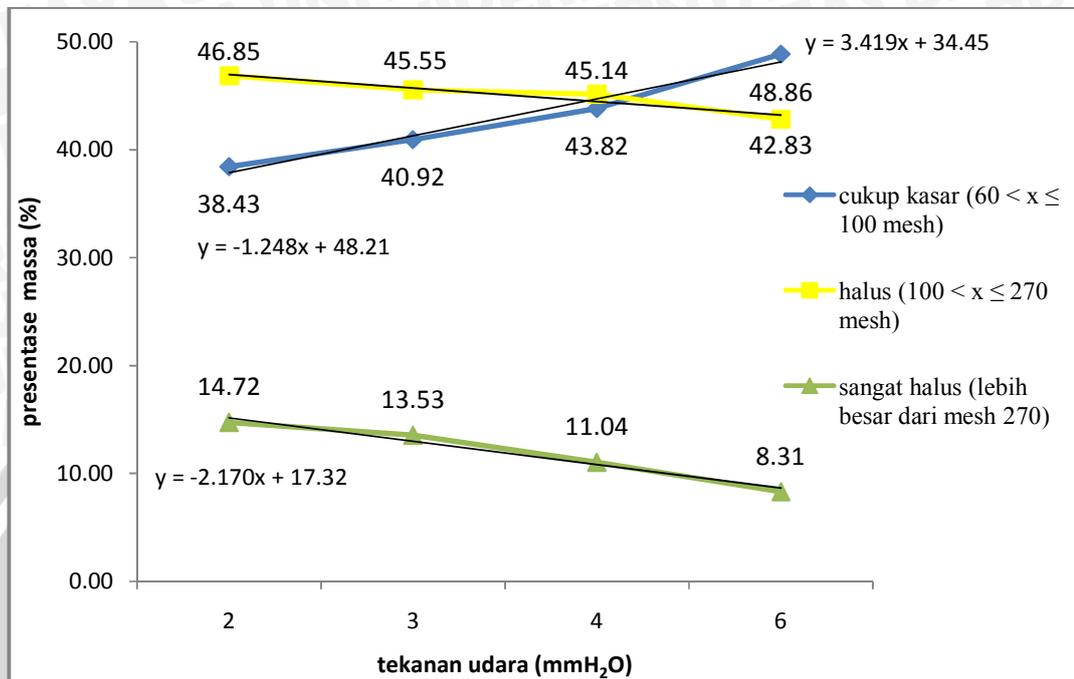
$$\% \text{efisiensi proses} = \left( \frac{\text{berat total serbuk yang ditampung}}{\text{berat serbuk yang digunakan}} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{efisiensi proses} = \left( \frac{423.0}{500} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{efisiensi proses} = 84.6 \%$$

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Grafik Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada Setiap Distribusi Ukuran Mesh



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada Setiap Distribusi Ukuran Mesh

Pada gambar 4.1 merupakan grafik presentase massa distribusi ukuran serbuk kuarsa hasil proses grinding pasir kuarsa dengan menggunakan *ball mill* pada kecepatan putar 90 rpm dan menggunakan bola penumbuk dengan ukuran 27 mm sebanyak 3 buah dan bola penumbuk berukuran 42 mm sebanyak 13 buah. Dengan variasi tekanan udara untuk memindahkan produk penggilingan menuju *separator* yaitu sebesar 2 mmH<sub>2</sub>O, 3 mmH<sub>2</sub>O, 4 mmH<sub>2</sub>O dan 6 mmH<sub>2</sub>O.

Analisa distribusi ukuran serbuk kuarsa ini menggunakan alat pengguncang rotap dimana pada alat dipasang 8 ayakan dengan ukuran mesh 60 (0,250mm), 70 (0,210mm), 100 (0,140mm), 140 (0,149mm), 200 (0,070mm) dan 270 (0,053mm), 325 (0,040mm) dengan pengayakan selama 20 menit.

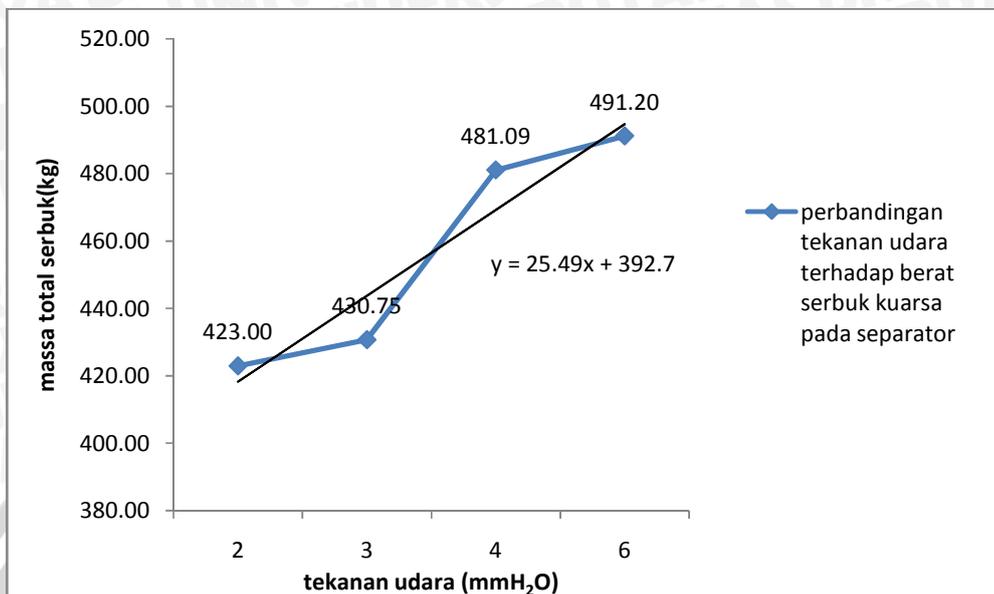
Pada gambar 4.1 diketahui bahwa ukuran mesh serbuk kuarsa dengan kualitas cukup kasar (mesh  $60 < x \leq 100$ ) cenderung mengalami peningkatan dengan presentase jumlah massa serbuk tertinggi pada tekanan 6 mmH<sub>2</sub>O yaitu sebesar 48,86%. Selanjutnya dengan kualitas halus (mesh  $100 < x \leq 270$ ) cenderung mengalami

penurunan dengan presentase jumlah massa serbuk tertinggi pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O yaitu sebesar 46,85%. Sedangkan pada kualitas geometri sangat halus (mesh lebih dari 270) cenderung mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya tekanan udara presentase jumlah massa serbuk tertinggi pada tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O yaitu sebesar 14,72 %.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O memiliki nilai tertinggi pada kualitas halus (mesh  $100 < x \leq 270$ ) dan sangat halus (mesh lebih dari 270). Sedangkan pada tekanan 6 mmH<sub>2</sub>O memiliki presentase massa hasil penggilingan serbuk kuarsa tertinggi pada kualitas geometri cukup kasar (mesh  $60 < x \leq 100$ ). Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya tekanan udara *induced draft* maka gaya tekan yang diberikan pada serbuk semakin meningkat. Sehingga momentum yang dihasilkan semakin tinggi dan akan meningkatkan impuls untuk menumbuk serbuk yang telah hancur dari *ball mill* sehingga selama massa serbuk tersebut lebih kecil dari tekanan udara *induced draft* maka serbuk dengan ukuran yang besar semakin banyak tertampung pada *separator*.



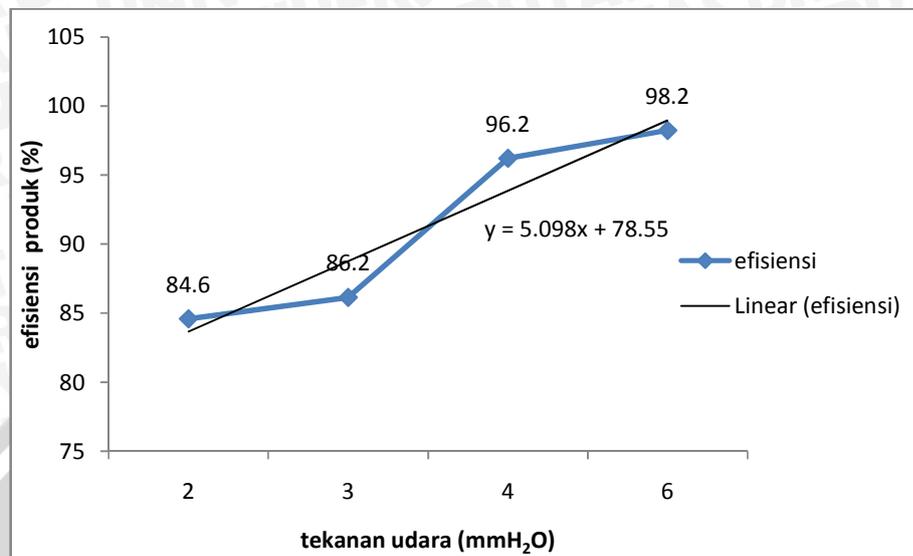
#### 4.2.2 Grafik Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada *Separator*



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Jumlah Massa Serbuk Kuarsa Pada *Separator*

Pada gambar 4.2 dapat terlihat bahwa pada tekanan 2 mmH<sub>2</sub>O mampu menghasilkan serbuk kuarsa dengan massa total 423.00 gr, pada tekanan 3 mmH<sub>2</sub>O mampu menghasilkan serbuk kuarsa dengan massa total 430.75 gr, pada tekanan 4 mmH<sub>2</sub>O mampu menghasilkan serbuk kuarsa dengan massa 480.09 gr dan pada tekanan udara 6 mmH<sub>2</sub>O mampu menghasilkan serbuk kuarsa dengan massa 491.20 gr. Dengan hasil tersebut, menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan udara maka jumlah massa serbuk kuarsa yang tertampung pada *separator* semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya tekanan udara *induced draft* maka gaya tekan yang diberikan pada serbuk semakin meningkat. Sehingga momentum yang dihasilkan semakin tinggi dan akan meningkatkan impuls untuk menumbuk serbuk yang telah hancur dari *ball mill* sehingga selama massa serbuk tersebut lebih kecil dari tekanan udara *induced draft* maka serbuk dengan ukuran yang besar semakin banyak tertampung pada *separator*.

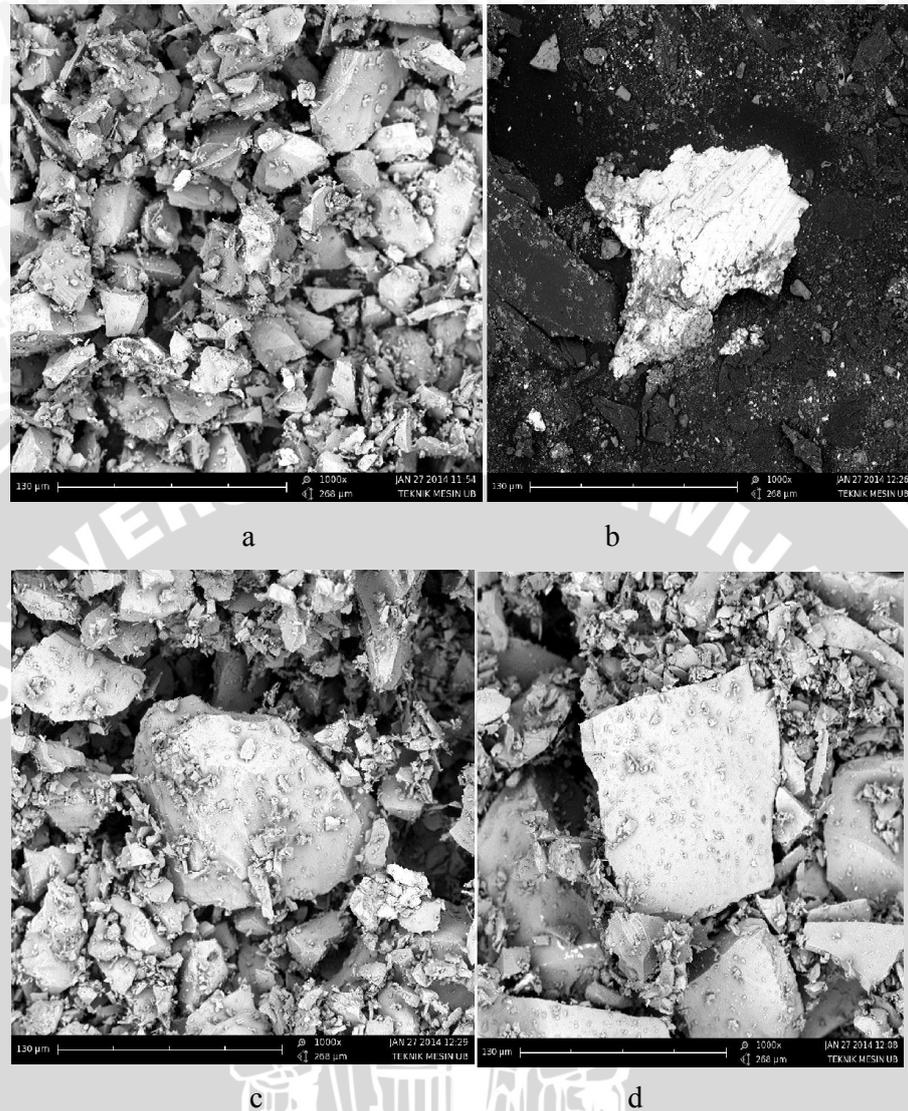
#### 4.2.3 Grafik Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Efisiensi Produk Serbuk Kuarsa Pada *Separator*



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Tekanan Udara *Induced Draft* Terhadap Efisiensi Produk Serbuk Kuarsa Pada *Separator*

Dapat terlihat pada gambar 4.3 secara berturut-turut efisiensi produk serbuk kuarsa pada system *ball mill* dengan tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O, 3 mmH<sub>2</sub>O, 4 mmH<sub>2</sub>O dan 6 mmH<sub>2</sub>O yaitu sebesar 84,6%, 86%, 96,2%, dan 98,2%. Efisiensi produk pada penelitian ini dihasilkan berdasarkan perbandingan massa total serbuk yang tertampung dengan massa total serbuk yang digunakan. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa efisiensi produk akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan udara *induced draft*.

#### 4.2.4 Analisa Morfologi Dengan Menggunakan SEM



Gambar 4.4 Hasil pengujian SEM hasil proses penghancuran dengan *ball mill* yang tertampung pada separator dengan variasi tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O, 3 mmH<sub>2</sub>O, 4 mmH<sub>2</sub>O dan 6 mmH<sub>2</sub>O

Keterangan gambar:

- a = serbuk hasil tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O
- b = serbuk hasil tekanan udara 3 mmH<sub>2</sub>O
- c = serbuk hasil tekanan udara 4 mmH<sub>2</sub>O
- d = serbuk hasil tekanan udara 6 mmH<sub>2</sub>O

Gambar 4.4 menunjukkan foto SEM hasil proses penghancuran pasir kuarsa menjadi serbuk kuarsa menggunakan *ball mill* dengan kecepatan putar drum 90 rpm pada variasi tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O, 3 mmH<sub>2</sub>O, 4 mmH<sub>2</sub>O dan 6 mmH<sub>2</sub>O. Dapat dilihat pada gambar dari berbagai variasi tekanan udara bahwa sebagian besar serbuk berbentuk *flake* (pipih) dan sebagian kecil berbentuk bulat dan angular (bersudut tajam). Pada variasi tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O dapat dilihat bahwa ukuran serbuk yang dihasilkan memiliki ukuran yang pipih dan sangat halus dibandingkan dengan hasil serbuk variasi lain. Dan pada hasil serbuk tekanan udara 3 mmH<sub>2</sub>O serbuk dengan ukuran yang tidak jauh berbeda dengan hasil pada tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O masih banyak dan diikuti dengan meningkatnya serbuk halus. Pada hasil serbuk tekanan udara 4 mmH<sub>2</sub>O menghasilkan serbuk dengan kualitas halus lebih banyak dibandingkan dengan tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O dan 3 mmH<sub>2</sub>O dan diikuti dengan meningkatnya kualitas serbuk cukup kasar dengan ukuran yang semakin besar. Sedangkan pada tekanan udara 6 mmH<sub>2</sub>O memiliki ukuran serbuk paling besar dengan kualitas cukup kasar yang paling banyak dengan kualitas serbuk halus dan sangat halus yang memiliki ukuran lebih kecil yang semakin menurun.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil pengujian dan pengolahan data menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan udara maka jumlah berat serbuk kuarsa yang tertampung pada *separator* semakin meningkat.
2. Tekanan udara *induced draft* berpengaruh terhadap geometri serbuk kuarsa yang dihasilkan pada *separator*. Semakin tinggi tekanan udara *induced draft* maka geometri serbuk yang dihasilkan semakin kasar.
3. Tekanan udara *induced draft* yang menghasilkan ukuran serbuk cukup kasar paling tinggi adalah pada tekanan udara 6 mmH<sub>2</sub>O dengan presentase 48,86%. Tekanan udara *induced draft* yang menghasilkan ukuran serbuk sangat halus paling banyak adalah pada tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O dengan presentase 14,72%. Tekanan udara *induced draft* yang menghasilkan ukuran serbuk halus paling banyak adalah pada tekanan udara 2 mmH<sub>2</sub>O dengan presentase 46,85%.
4. Sesuai dengan hasil uji morfologi didapatkan hasil bahwa pada variasi tekanan udara bentuk serbuk yang dihasilkan pada penelitian ini sebagian besar serbuk berbentuk *flake* (pipih) dan sebagian kecil berbentuk bulat dan angular.

#### 5.1 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan untuk:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh putaran *ball mill* dengan geometri serbuk kuarsa pada sistem *ball mill*.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang desain *separator* yang digunakan untuk memisahkan serbuk kuarsa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous 1. 2013. *macam-macam bentuk partikel*. <http://www.ttu.ee/public/m/Mehaanikateaduskond/Instituudid/Materjalitehnikainstituut/MTX0100/powder.pdf> (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 2. 2013. *Cyclone separator*. <http://79.170.44.75/blotech.co.uk/products/other-products/cyclone-separators/>. (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 3. 2013. *Jenis Cyclone separator*. [www.its.ac.id/personal/files/.../1640-tri-w-chem-eng-cyclone.ppt](http://www.its.ac.id/personal/files/.../1640-tri-w-chem-eng-cyclone.ppt). (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 4. 2013. *Drum Mill*. <http://www.generalkinematics.com/mining-equipment/grinding-mill/>. (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 5. 2013. *Conical Mill*. <http://www.answers.com/topic/pebble-mill> (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 6. 2013. *Tube mill*. <http://www.hbmec.com.cn/tube-mill-en.html> (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 7. 2013. *Blower sentrifugal*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal\\_fan](http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_fan). (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 8. 2013. *Positive Displacement Blower*. <http://www.aerzenusa.com/Products/Positive-Displacement-Blowers/Process-Gas-Blowers-type-GQ/%28%29/1>. (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 9. 2014. *Induced draft system*. <http://www.brighthubengineering.com/hvac/100882-hvacr-cooling-towers-and-their-types/#>. (diakses 14 April 2014)
- Anonymous 10. 2014. *Force draft system*. <http://www.brighthubengineering.com/hvac/100882-hvacr-cooling-towers-and-their-types/#>. (diakses 14 April 2014)
- Anonymous 11. 2013. *Hukum bernoulli*. <http://muhfari.files.wordpress.com/2011/11/fluida-dinamis.pdf>. (diakses 25 September 2013)
- Anonymous 12. 2013. *Tabung pitot*. <http://cakdilah.files.wordpress.com/2009/03/bab-8-dinamika-fluida.pdf>. (diakses 25 September 2013)
- Ansel. 1989. *Ukuran Partikel Serbuk*. Universitas Sumatera Utara. <http://id.scribd.com/pdf/Ukuran-Partikel-Serbuk/Chapter-II.pdf> (Diakses 23 September 2013)
- Budi, Yogi. W. *blower*. <http://akademik.che.itb.ac.id/labtek/wp-content/uploads/2010/08/fan-sentrifugal.pdf>(diakses 23 September 2013)
- Erdem, Seyfý A., Levent, Hakan A. 2009. The effect of feed particle size on breakage rate parameter in a pilot scale ball mill. <http://inzynieria-aparatura->

chemiczna.pl/pdf/2009/2009-4/InzApChem\_2009\_4\_34-37.pdf (diakses 23 September 2013)

Fairus, Sirin, Haryono, Mas H. Sugita, dan Agus Sudrajat. 2009. Proses Pembuatan Waterglass Dari Pasir Silika Dengan Pelebur Natrium Hidroksida. <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpps-gdl-sirinfairu-25747> (diakses 23 September 2013)

German, M.R. (1994), " Powder Metallurgy Science" , Metal Powder Industrie Federation, New Jersey

Heine, Richard W. 1976. *Principles of Metal Casting*. Fourth Edition. Mc Graw Hill: International Labour Office.

Kaloshkin SD, Tomilin IA. 2010. *Physic Met Metallogr* 95:334

King R. P. 2000. Technical notes: Grinding. <http://www.mineraltech.com/MODSIM/ModsimTraining/Module6/Grinding.pdf> (diakses 23 Oktober 2013)

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) (diakses 24 Oktober 2013)

Murjito . 2010. Penerapan Teknologi Powder Metalurgy Untuk Pembuatan Komponen Mesin Berbasis Pasir Besi Lokal. <http://research-report.umm.ac.id/index.php/research-report/article/view/230> (diakses 23 September 2013)

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, <http://www.tekmira.esdm.go.id/data/PasirKwarsa> (akses Juli 2005)

Popov, K.I., Djokic, S.S., and Grgur, B.N. (2002), " Fundamental Aspect of Electrometallurgy", Kluwer Academic Publishers, New York.

*Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, <http://www.tekmira.esdm.go.id/data/PasirKwarsa> (akses Juli 2005)*

Rhodes M.J., 1990. *Principles of Powder Metallurgy*. Edisi Pertama. United Kingdom: University of Bradford

Setia Graha, Doddy . 2012. Pasir kuarsa.:<http://doddysetiagraha.blogspot.com/2012/09/pasir-kuarsa.html> (diakses 23 September 2013)

Sing. 1976. *Metalurgi Serbuk*. Institut Pertanian Bogor. <http://id.scribd.com/pdf/MetalurgiSerbuk/BAB-III-Tinjauan-Pustaka.pdf>

Siswanto, Moh. Hamzah, Mahendra A., dan Fausiah. 2012. Perekayasa Nanosilika Berbahan Baku Silika Lokal Sebagai Filler Kompon Karet Rubber Air Bag Peluncur Kapal Dari Galangan. Institut Teknologi Nasional. [http://insentif.ristek.go.id/PROSIDING2012/file-TR-TeX\\_10.pdf](http://insentif.ristek.go.id/PROSIDING2012/file-TR-TeX_10.pdf) (diakses 25 september 2013)

Sriyono. 2012. Analisis Dan Pemodelan Cyclone Separator sebagai Prefilter debu Karbon Pada sistem Pemurnian Helium Reaktor Rgtt200k. BATAN. <http://www.batan.go.id/ptrkn/file/tkpfn-18/b14.pdf> (diakses 25 september 2013)

Svarovsky, 1981. Solid gas Separation. Amsterdam: Elsevier

Wahyono, 2012. *Distribusi Mesh Serbuk Duralumin pada Penggiling Bola Sebulung Putar D200 Putaran Cepat*. <http://jurnal.ub.ac.id/index.php/mesin/article/download/8/7> (diakses 24 September 2013)



## Lampiran 1

**US SIEVE to TYLER MESH CONVERSION**

US Sieve Size	Tyler Mesh	Opening	
		mm	in
-	2½ Mesh	8.00	0.312
-	3 Mesh	6.73	0.265
No. 3½	3½ Mesh	5.66	0.233
No. 4	4 Mesh	4.76	0.187
No. 5	5 Mesh	4.00	0.157
No. 6	6 Mesh	3.36	0.132
No. 7	7 Mesh	2.83	0.111
No. 8	8 Mesh	2.38	0.0937
No.10	9 Mesh	2.00	0.0787
No. 12	10 Mesh	1.68	0.0661
No. 14	12 Mesh	1.41	0.0555
No. 16	14 Mesh	1.19	0.0469
No. 18	16 Mesh	1.00	0.0394
No. 20	20 Mesh	0.841	0.0331
No. 25	24 Mesh	0.707	0.0278
No. 30	28 Mesh	0.595	0.0234
No. 35	32 Mesh	0.500	0.0197
No. 40	35 Mesh	0.420	0.0165
No. 45	42 Mesh	0.354	0.0139
No. 50	48 Mesh	0.297	0.0117
No. 60	60 Mesh	0.250	0.0098
No. 70	65 Mesh	0.210	0.0083
No. 80	80 Mesh	0.177	0.0070
No.100	100 Mesh	0.149	0.0059
No. 120	115 Mesh	0.125	0.0049
No. 140	150 Mesh	0.105	0.0041
No. 170	170 Mesh	0.088	0.0035
No. 200	200 Mesh	0.074	0.0029
No. 230	250 Mesh	0.063	0.0025
No. 270	270 Mesh	0.053	0.0021
No. 325	325 Mesh	0.044	0.0017
No. 400	400 Mesh	0.037	0.0015



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
 PORANG INDONESIA**

Jl. Veteran, Gd. LPPM Lnt. 4, Malang, E-mail : prc@ub.ac.id



Perihal : Surat Perjanjian Kerja Kontrak  
 No. : E/2013/08/007

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Dr.Ir. Wahyono Suprpto,MT.Met
- Jabatan : Penanggung Jawab Kegiatan
- Alamat : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Dalam hal ini bertindak atas nama Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia (P4I) yang bertempat di Universitas Brawijaya dan selanjutnya disebut sebagai PIHAK PERTAMA.

2. Nama : Feni Arianti, ST
- Ten pat dan tanggal lahir : Malang, 30 - 4 - 1991
- Jeni s kelamin : Perempuan
- Pendidikan terakhir : Sarjana Teknik
- Alarnat : Jl. Kedawung Gg. XI No. 24-B Malang
- Telepon : 0341 8166880 / 085815459539

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama diri pribadi dan selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Perjanjian kerja ini disepakati sebagai berikut:

1. PIHAK PERTAMA menyatakan menerima PIHAK KEDUA sebagai peneliti kontrak di Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia yang berkedudukan di Universitas Brawijaya, terhitung sejak tanggal 01 Agustus 2013 dan berakhir pada tanggal 31 Desember 2013, dan PIHAK KEDUA telah menyatakan kesediaannya.
2. PIHAK KEDUA memiliki tugas dan tanggung jawab untuk menyelesaikan penelitian serta menyerahkan hasil berupa data mentah, data olahan dan *log book* kepada PIHAK PERTAMA.
3. PIHAK PERTAMA berkewajiban memberikan gaji kepada PIHAK KEDUA sebesar Rp 8.000.000,- (delapan juta rupiah) untuk kurun waktu satu semester.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
 PORANG INDONESIA**

Jl. Veteran, Gd. LPPM Lnt. 4, Malang. E-mail : prc@ub.ac.id



4. Selama jangka waktu tersebut (5 bulan) maka masing-masing pihak dapat memutuskan hubungan kerja dengan pemberitahuan secara lisan dan tertulis minimal 10 (sepuluh) hari kerja.
5. Perjanjian lain yang belum tertulis disini akan disepakati kemudian sesuai kebutuhan dan harus berdasar kesepakatan kedua belah pihak

Demikian perjanjian ini dibuat dan ditandatangani dalam rangkap dua asli dan tembusan bermaterai. Satu dipegang PIHAK PERTAMA dan lainnya untuk PIHAK KEDUA.

Dibuat di : Malang  
 Tanggal : 1 Agustus 2013

PIHAK PERTAMA

(Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT, Met)

PIHAK KEDUA

( Feni Arianti, ST )

Mengetahui,  
 Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan  
 Porang Indonesia



Prof. Ir. Simon B. Widjanarko, M.App.Sc, Ph.D  
 NIP. 19521003 197903 1 002





UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
 PORANG INDONESIA**

Jl. Veteran, Gd. LPPM Lnt. 4, Malang. E-mail : prc@ub.ac.id



Perihal : Surat Perjanjian Kerja Kontrak  
 No. : E/2013/08/008

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Dr.Ir. Wahyono Suprpto,MT.Met
- Jabatan : Penanggung Jawab Kegiatan
- Alamat : Fakultas Teknik Unuversitas Brawijaya

Dalam hal ini bertindak atas nama Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia (P4I) yang bertempat di Universitas Brawijaya dan selanjutnya disebut sebagai PIHAK PERTAMA.

2. Nama : Bima Triatma Mulia, ST
- Tempat dan tanggal lahir : Nganjuk, 30 - 5 - 1991
- Jenis kelamin : Laki-laki
- Pendidikan terakhir : Sarjana Teknik
- Alamat : Jl. Mastrip C/4 Nganjuk
- Telepon : 0358 327443 / 085231137925

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama diri pribadi dan selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Perjanjian kerja ini disepakati sebagai berikut:

1. PIHAK PERTAMA menyatakan menerima PIHAK KEDUA sebagai peneliti kontrak di Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia yang berkedudukan di Universitas Brawijaya, terhitung sejak tanggal 01 Agustus 2013 dan berakhir pada tanggal 31 Desember 2013, dan PIHAK KEDUA telah menyatakan kesediaannya.
2. PIHAK KEDUA memiliki tugas dan tanggung jawab untuk menyelesaikan penelitian serta menyerahkan hasil berupa data mentah, data olahan dan *log book* kepada PIHAK PERTAMA.
3. PIHAK PERTAMA berkewajiban memberikan gaji kepada PIHAK KEDUA sebesar Rp 8.000.000,- (delapan juta rupiah) untuk kurun waktu satu semester.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
PORANG INDONESIA

Jl. Veteran, Gd. LPPM Lnt. 4, Malang. E-mail : prc@ub.ac.id



4. Selama jangka waktu tersebut (5 bulan) maka masing-masing pihak dapat memutuskan hubungan kerja dengan pemberitahuan secara lisan dan tertulis minimal 10 (sepuluh) hari kerja.
5. Perjanjian lain yang belum tertulis disini akan disepakati kemudian sesuai kebutuhan dan harus berdasar kesepakatan kedua belah pihak

Demikian perjanjian ini dibuat dan ditandatangani dalam rangkap dua asli dan tembusan bermaterai. Satu dipegang PIHAK PERTAMA dan lainnya untuk PIHAK KEDUA.

Dibuat di : Malang  
Tanggal : 1 Agustus 2013

PIHAK PERTAMA

(Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT, Met)

PIHAK KEDUA

(Bima Triatna Mulia, ST)

Mengetahui,  
Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan  
Porang Indonesia



Prof. Ir. Simon B. Widjanarko, M.App.Sc, Ph.D  
NIP. 19521003 197903 1 002

