



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN DINDING HOPER,  
SUDUT HOPER DAN PEMASANGAN PENGADUK PADA  
MAMPU ALIR SERBUK SILIKA DENGAN METODE *SCREW  
FEEDER HOPPER NOZZLE***

**TUGAS AKHIR**

**HIDAYAT MEISETIAWAN  
L2E 005 455**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
MARET 2011**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Hidayat Meisetiawan

NIM : L2E 005 455

Dosen Pembimbing : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT

Jangka Waktu : 7 Bulan (Tujuh bulan)

Judul : Pengaruh Kekasaran Permukaan Dinding Hoper, Sudut Hoper, dan Pemasangan Pengaduk pada Mampu Alir Serbuk Silika dengan Metode *Screw Feeder Hopper Nozzle*

Isi Tugas

1. Mengukur pengaruh kekasaran permukaan dinding hoper, sudut hoper, serta pemasangan pengaduk terhadap kemampuan alir serbuk silika pada metode deposisi serbuk *screw feeder hopper nozzle*
2. Menganalisa hasil pengukuran kemampuan alir serbuk dengan variasi tersebut.
3. Menentukan parameter optimal kemampuan alir berdasarkan variasi tersebut.

Semarang, Maret 2011

Dosen Pembimbing,



Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT

NIP: 1970021719994121001

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**NAMA : Hidayat Meisetiawan**

**NIM : L2E 005 455**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 28 Maret 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : Hidayat Meisetiawan  
NIM : L2E 005 455  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : **Pengaruh Kekasaran Permukaan Dinding Hoper, Sudut Hoper dan Pemasangan Pengaduk pada Mampu Alir Serbuk Silika dengan Metode *Screw Feeder Hopper Nozzle***

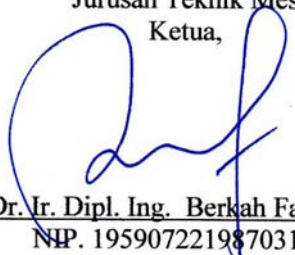
**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT  
Penguji : Ir. Djoeli Satridjo, MT  
Penguji : Ir. Sugeng Tirta Atmadja, MT  
Penguji : Sri Nugroho, PhD

(  )  
(  )  
(  )  
(  )

Semarang, Maret 2011  
Jurusan Teknik Mesin  
Ketua,

  
Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fadjar TK  
NIP. 195907221987031003

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : HIDAYAT MEISETIAWAN

NIM : L2E 005 45

Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Jenis Karya : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengaruh Kekasaran Permukaan Dinding Hoper, Sudut Hoper dan Pemasangan Pengaduk pada Mampu Alir Serbuk Silika dengan Metode *Screw Feeder Hopper Nozzle***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 28 Maret 2011

Yang menyatakan,

( HIDAYAT MEISETIAWAN )  
NIM: L2E 005 455

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi manufaktur dituntut untuk mampu menghasilkan produk - produk dengan tingkat ketelitian yang bagus, kompleksitas geometri yang tinggi, kecepatan produksi yang dapat diatur dengan daya serap pasar serta harga produk yang serendah mungkin. Pengembangan teknologi yang diarahkan untuk pembuatan prototipe merupakan salah satu terobosan untuk memperpendek proses persiapan sebelum diterapkan sistem produksi massal. *Multi Material Deposition Indirect Sintering (MMD-IS)* merupakan pengembangan dari teknologi *Rapid Prototyping (RP)*. Banyak metode yang digunakan sebagai alat pendeposisi serbuk pada teknologi RP salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah metode *Screw Feeder Hopper Nozzle*. Pada penelitian ini diharapkan akan didapatkan parameter untuk mengetahui sifat mampu alir serbuk pada metode deposisi *Screw Feeder Hopper Nozzle* dengan memvariasikan beberapa parameter yang meliputi sudut hoper, kekasaran bahan dinding hoper, serta pemasangan pengaduk sehingga memiliki sifat mampu alir serbuk yang optimal.

Pengujian dilakukan pada material serbuk silika dengan variasi ukuran mesh 150 (100  $\mu\text{m}$ ), 200 (75  $\mu\text{m}$ ), 250 (58  $\mu\text{m}$ ), dan 350 (43  $\mu\text{m}$ ). Sudut hoper divariasikan 20°, 22°, dan 25°. Metode deposisi menggunakan *screw feeder* yang memiliki permukaan helikoid sebagai mekanisme pengangkut dengan memvariasikan penambahan piranti pengaduk dan tanpa pengaduk. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kemampuan alir terbaik terjadi pada material dinding hoper yang terbuat dari bahan kaca memiliki nilai kekasaran permukaan terendah dengan sudut hoper 25° dimana pola aliranyang terjadi adalah *funnel flow*. Sedangkan penambahan piranti pengaduk terbukti mampu meningkatkan kemampualiran serbuk silika.

Kata kunci : *Multi Material Deposition Indirect Sintering (MMD-IS)*, *Rapid Prototyping*, *Screw Feeder Hopper Nozzle*, mampu alir, sudut hoper, kekasaran permukaan dinding hoper, pengaduk, *funnel flow*.

## ABSTRACT

*The development of manufacturing technology to be able to result products with a good level of precision, high geometry complexity, time of production can be regulated by market absorptive capacity and product prices as low as possible. Technologies developed for prototyping is one breakthrough to shorten the process of preparation before deploying a mass production system. Multi Material Deposition Indirect Sintering (MMD-IS) is a development of Rapid Prototyping (RP) technology. Many methods are used as a tool deposition powder on RP technology method one of the most widely used method Screw Nozzle Feeder Hopper. In this study, expected to get the parameters to determine the nature of the powder can flow on the deposition method Screw Feeder Hopper Nozzle by varying several parameters including angle hoper, roughness hoper wall materials and the installation of the mixer so that the powder flow properties are able to optimum.*

*Tests performed on silica powder material with 150 mesh size variation (100  $\mu\text{m}$ ), 200 (75  $\mu\text{m}$ ), 250 (58  $\mu\text{m}$ ), and 350 (43  $\mu\text{m}$ ). Hoper varied angles of 20°, 22°, and 25°. Deposition method using a screw feeder which has a helicoide surface as a carrier mechanism by varying the stirrer and the addition of devices without a stirrer. From the test results showed that the best flow capacity happens to hoper wall material made of glass material has the lowest surface roughness value with hoper angle 25° where there is a pattern of flow is funnel flow. While the addition of the mixer device proven to increase flowability of silica powder.*

*Keywords: Multi Material Deposition Sintering Indirect (MMD-IS), Rapid Prototyping, Screw Feeder Hopper Nozzle, able to flow, hoper angle, surface roughness hoper wall, stirrer, funnel flow.*

**HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Untuk Ayah Ibu tersayang, dan Kedua Adikku*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Sarjana ini bisa terselesaikan dengan baik. Tugas Sarjana ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya tugas akhir ini berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dengan segenap rasa tulus dan segenap kerendahan hati penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, saran dan pemikiran yang sangat berguna bagi penulisan Tugas Sarjana ini.
2. Dr. Ir. Berkah Fajar, Dipl, Ing. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ayah dan Ibu tercinta yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun spiritual sehingga Tugas Sarjana ini terselesaikan dengan baik.
4. Kedua adik saya yang telah memberikan perhatian dan sumber motivasi bagi penulis.
5. Bapak Margono selaku teknisi di Laboratorium Metalurgi Fisik UNDIP atas segala bantuannya.
6. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2005 yang telah membantu penulis selama penelitian ini.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan atas terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Sarjana ini masih jauh dari sempurna. Segala kritik dan saran akan sangat dihargai. Semoga Tugas Sarjana ini bermanfaat bagi kita semua.

Semarang, Februari 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN TUGAS SARJANA</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>NOMENKLATUR</b> .....	xvi

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Alasan Pemilihan Judul .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metode Penulisan .....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. <i>Rapid Prototyping</i> .....	5
2.1.1. <i>Stereolithography (SLA)</i> .....	7
2.1.2. <i>Selective Laser Sintering (SLS)</i> .....	7
2.1.3. <i>Laminated Object Manufacturing (LOM)</i> .....	8
2.1.4. <i>Fused Deposition Modeling (FDM)</i> .....	9
2.1.5. <i>Multi Material Deposition Indirect Sintering (MMDIS)</i> .....	10
2.2. Metalurgi Serbuk .....	11
2.2.1 Pembuatan Serbuk .....	12
2.2.2 Analisa Ayakan ( <i>sieve analysis</i> ) .....	12
2.2.3 Karakteristik Serbuk .....	14
2.2.4 Sifat Mampu Alir Serbuk .....	16
2.3. Hoper .....	21
2.3.1 Aliran Serbuk Dalam Hoper .....	22
2.3.2 Harga laju Aliran massa pada hoper .....	23
2.3.2.1 Untuk Aliran <i>Mass Flow</i> .....	23
2.3.2.2 Untuk Aliran <i>Funnel flow</i> .....	24
2.3.3 Sudut Gesekan dinding hoper .....	24
2.3.4 Permasalahan Aliran Serbuk Dalam Hoper .....	26
2.4. <i>Screw Feeder</i> .....	28
2.4.1 Perhitungan Laju Aliran Massa pada <i>Screw feeder</i> .....	30
2.5. Gaya Gesek Serbuk .....	32
2.6. Parameter Kekasaran Permukaan .....	33
2.7. Analisis Data Pengujian .....	34

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian .....	37
3.1.1 Silika .....	37
3.2. Alat Penelitian .....	39
3.2.1 <i>Hoper Nozzle</i> .....	39
3.2.2 <i>Screw feeder</i> .....	40
3.2.3 Pengayak .....	41

3.2.4	Timbangan Digital .....	41
3.2.5	Mikroskop cahaya dengan kamera digital.....	41
3.2.6	<i>Shear cell</i> .....	42
3.2.7	Alat pengukur kekasaran permukaan.....	43
3.2.8	Alat Bantu Lainnya .....	43
3.3.	<i>Screw Feeder Hopper Nozzle</i> .....	43
3.4.	Tahapan Penelitian .....	44
3.4.1	Pengayakan Serbuk ( <i>sieving</i> ) .....	44
3.4.1.1	Alat dan Bahan .....	45
3.4.1.2	Prosedur pengayakan ( <i>shieving</i> ) .....	45
3.4.2	Observasi Bentuk Partikel.....	45
3.4.2.1	Alat dan Bahan .....	46
3.4.2.2	Prosedur <i>microscopy</i> dan analisa gambar .....	46
3.4.3	Pengujian Mampu Alir.....	46
3.4.3.1	Alat dan Bahan .....	47
3.4.3.2	Proses pengujian mampu alir.....	47
3.4.4	Pengukuran Massa Serbuk.....	47
3.4.4.1	Proses pengujian mampu alir.....	47
3.4.4.2	Prosedur pengukuran massa serbuk.....	47
3.4.5	Pengukuran Kekasaran Dinding Hoper.....	48
3.4.5.1	Alat dan Bahan .....	48
3.4.5.2	Prosedur pengukuran kekasaran permukaan.....	48
3.5.	Diagram Alir Penelitian.. .....	48

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

4.1.	Pengujian Kekasaran Permukaan Hoper .....	50
4.2.	Pengujian Bahan dinding Hoper Terhadap Laju Aliran Massa .....	51
4.3.	Pengujian Perubahan Sudut Hoper Terhadap Laju Aliran .....	53
4.4.	Pengaruh Pemasangan Pengaduk Terhadap Laju Aliran Serbuk .....	57
4.5.	Perbandingan Laju Aliran Massa Secara teoritis dan aktual .....	61
4.5.1	Alat dan Bahan .....	61
4.5.2	Laju Aliran Massa akibat sudut hoper .....	65

## **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	69
5.2. Saran .....	70

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

Lampiran A Pengujian Mampu Alir Serbuk

Lampiran B Pegujian Kekasaran Permukaan Dinding Hoper

Lampiran C Pengujian Sudut Gesekan Dinding

Lampiran D Gambar-Gambar

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Teknologi <i>Rapid Prototyping</i> .....	6
Tabel 2.2 Ukuran Standart Teknik <i>Screening</i> .....	13
Tabel 2.3 Ukuran dari Partikel .....	18
Tabel 2.4 Keuntungan dan Kerugian <i>Mass Flow</i> dan <i>Funnel Flow</i> .....	23
Tabel 2.5 Parameter Persamaan Johanson .....	24
Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisik Silika .....	38
Tabel 3.2 Alat Bantu Penelitian .....	43
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Kuningan .....	50
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Hoper Kaca .....	50
Tabel 4.3 Pengaruh Bahan Hoper Terhadap Laju Aliran Massa ( <i>flowrate</i> ) Silika .....	52
Tabel 4.4 Sudut Gesekan Dinding ( <i>Wall Friction Angle</i> ) .....	54
Tabel 4.5 Pengaruh Sudut Kemiringan Hoper Terhadap Laju Aliran Serbuk .....	55
Tabel 4.6 Pengaruh Pemasangan Pengaduk Terhadap Laju Aliran Serbuk .....	59
Tabel 4.7 Spesifikasi <i>Screw Feeder</i> .....	62
Tabel 4.8 Data <i>Apparent Density</i> Silika .....	63
Tabel 4.9 Perbandingan Laju Aliran Massa Secara Teoritis dan Aktual .....	64
Tabel 4.10 Perbandingan Laju Aliran Teoritis dan Aktual Akibat Sudut Hoper .....	67

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Skema diagram <i>Stereolithography</i> .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Selective Laser Sintering</i> .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Skema diagram LOM .....	9
<b>Gambar 2.4</b>	Prinsip kerja Fused Deposition Modeling .....	9
<b>Gambar 2.5</b>	Tahap-tahap proses MMD-Is.....	10
<b>Gambar 2.6</b>	Konfigurasi sistem kendali proses MMD-Is.....	10
<b>Gambar 2.7</b>	Mesin <i>Multi Material Deposition - Indirect Sintering</i> .....	11
<b>Gambar 2.8</b>	Analisa <i>sieve</i> menggunakan <i>screen</i> bertingkat .....	13
<b>Gambar 2.9</b>	Bentuk partikel serbuk.....	15
<b>Gambar 2.10</b>	(a) <i>Conical</i> (b) <i>Square opening</i> (c) <i>Chisel</i> (d) <i>Wedge</i> (e) <i>Pyramid</i> .....	21
<b>Gambar 2.11</b>	Tipe aliran (a) <i>Mass flow</i> (b) <i>Funnel flow</i> (c) <i>Expanded flow</i> .....	22
<b>Gambar 2.12</b>	Sudut gesekan dinding.....	25
<b>Gambar 2.13</b>	Batasan aliran <i>mass flow</i> dan <i>funnel flow</i> .....	25
<b>Gambar 2.14</b>	<i>Ratholing</i> .....	26
<b>Gambar 2.15</b>	<i>Arching</i> .....	27
<b>Gambar 2.16</b>	<i>Segregation</i> .....	27
<b>Gambar 2.17</b>	<i>Flushing</i> .....	28
<b>Gambar 2.18</b>	Konstruksi hopper dengan <i>screw feeder</i> .....	29
<b>Gambar 2.19</b>	Variabel geometris <i>Screw feeder</i> .....	31

<b>Gambar 2.20</b> <i>Jenike shear cell</i> .....	32
<b>Gambar 2.21</b> Parameter kekasaran permukaan .....	34
<b>Gambar 3.1</b> (a) Silika mesh 150 (b) Mesh 200 (c) Mesh 250 (d) Mesh 350.....	38
<b>Gambar 3.2</b> <i>Hopper</i> (a) Kaca (b) Kuningan (c) Dimensi Hoper .....	39
<b>Gambar 3.3</b> (a)Tanpa pengaduk (b)Dengan pengaduk (c)Geometri <i>Screw feeder</i> .....	40
<b>Gambar 3.4</b> Dimensi Screw Feeder spesifikasi mata bor “NACHI” .....	40
<b>Gambar 3.5</b> Mesin pengayak serbuk ( <i>Mechanical sieve shaker</i> ) .....	41
<b>Gambar 3.6</b> Timbangan digital.....	41
<b>Gambar 3.7</b> (a) Mikroskop optik cahaya (b) Kamera digital .....	42
<b>Gambar 3.8</b> <i>Jenike Shear Cell</i> .....	42
<b>Gambar 3.9</b> Alat ukur kekasaran permukaan .....	43
<b>Gambar 3.10</b> Alat pengujian mampu alir <i>hopper nozzle</i> .....	44
<b>Gambar 3.11</b> Diagram Alir Penelitian.....	49
<b>Gambar 4.1</b> Pengaruh bahan Hoper terhadap laju aliran massa Silika.....	51
<b>Gambar 4.2</b> Pengaruh sudut Hoper terhadap laju aliran massa Silika.....	55
<b>Gambar 4.3</b> Pengaruh pengaduk (a) mesh 150 (b) 200 (c) 250 (d) 350 .....	58
<b>Gambar 4.4</b> Pengaruh Pemasangan pengaduk terhadap laju aliran massa .....	59



## NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
$\mu$	Koefisien gesekan dinding	
$\tau_{\text{wall}}$	Tegangan geser dinding	$N/m^2$
$\sigma_{\text{wall}}$	Tegangan normal dinding	$N/m^2$
$\phi'$	Sudut gesekan dinding	$^{\circ}$
$\Theta_c$	Sudut kemiringan hoper bentuk <i>conical</i>	$^{\circ}$
Ra	Parameter kekasaran rata-rata	$\mu m$
V	Volume ruang ulir	$m^3$
n	Kecepatan sudut	<i>rpm</i>
$\dot{v}$	Laju Aliran massa	<i>gr/menit</i>
$\pi$	Konstanta lingkaran	
L	Panjang ulir	<i>m</i>
$\dot{m}$	Laju aliran massa	<i>kg/detik</i>
$\rho_b$	Massa jenis padatan serbuk	$kg/m^3$
g	Percepatan gravitasi 9,807	$m/s^2$
C	Konstanta geometri hoper	
k	Konstanta bentuk serbuk	
$k_0$	Konstanta kemiringan hoper	

