



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGEMBANGAN KONSTRUKSI *BUILD PART* DAN
PENGATURAN PARAMETER DEPOSISI SERBUK Cu PADA
PEMBUATAN PRODUK 3D DENGAN PROSES *MATERIAL
DEPOSITION-INDIRECT SINTERING (MD-Is)***

TUGAS AKHIR

**WAHYU HIDAYAT
L2E 007 083**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
JUNI 2012**

TUGAS AKHIR

Diberikan kepada:

Nama : Wahyu Hidayat
NIM : L2E 007 083
Pembimbing : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT
Jangka Waktu : 11 (sebelas) bulan
Judul : Pengembangan Konstruksi *Build Part* Dan Pengaturan Parameter
Deposisi Serbuk Cu Pada Pembuatan Produk 3D Dengan Proses
Material Deposition-Indirect Sintering (MD-Is).

Isi Tugas :

1. Pengembangan hasil mesin MD-Is.
2. Mengetahui pengaruh pembuatan produk terhadap pengaturan Parameter *deposition gap*, *scanning gap* dan *feeding speed* pada proses pembuatan produk berbahan serbuk Cu dengan proses MD-Is.

Semarang, Juni 2012

Dosen Pembimbing,



Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT


NIP. 197002171994121001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Wahyu Hidayat

NIM : L2E 007 083

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Wahyu Hidayat

NIM : L2E 007 083

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pengembangan Konstruksi *Build Part* Dan Pengaturan Parameter Deposisi Serbuk Cu Pada Pembuatan Produk 3D Dengan Proses *Material Deposition-Indirect Sintering* (Md-Is).

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 : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT ()


Penguji : Dr. Jamari, ST, MT ()

Penguji : Dr. Sri Nugroho, ST, MT ()

Penguji : Dr. Rusnaldy, ST, MT ()

Semarang, Juni 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : WAHYU HIDAYAT

NIM : L2E 007 083

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 :

Pengembangan Kontruksi *Build Part* Dan Pengaturan Parameter Deposisi Serbuk Cu Pada Pembuatan Produk 3D Dengan Proses *Material Deposition-Indirect Sintering* (MD-Is)

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 mempublikasikan 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 : Juni 2012

Yang menyatakan



Wahyu Hidayat

NIM. L2E 007 083

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Berdoa dan berusaha dengan sungguh-sungguh yang disertai kesabaran itu kuncinya untuk membuka pintu masa depan yang akan kita peroleh (semangat)”

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ☆ *Orang tua saya tercinta, Bapak Toto Purnomo dan Ibu Nurkhayati serta Bapak Wirjam dan Ibu Khayatun dan Nenek Munah yang selalu memberikan do’a, nasehat, kasih sayang serta dukungan baik moral maupun material dan telah memberikan saya semangat hidup.*
- ☆ *Kakak saya tersayang yang selalu memberi saya dukungan Subiyanto, Kusriyanti, Suciarti dan Titin Sholikha.*

ABSTRAK

Penelitian dan pengembangan pembuatan produk dengan proses *Material Deposition-Indirect Sintering* (MD-Is) masih terus dilakukan. Hal tersebut didasarkan pada berbagai kelebihan yang dimilikinya seperti kemampuan untuk menghasilkan produk dengan geometri kompleks yang tidak dapat dibuat melalui proses permesinan konvensional, kemudahan proses pengoperasian dan peluang untuk dapat dihasilkannya produk multi material. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan proses MD-Is dalam pembuatan produk tembaga. Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti metodologi : proses rancang bangun konstruksi *build part* dan konstruksi rel, penyiapan serbuk penyangga berbahan besi cor dengan ukuran partikel 75-100 μm dan 100-150 μm , optimasi massa alir serbuk produk (serbuk tembaga ukuran 53-63 μm) dan pengujian lintasan deposisi, pengujian massa alir serbuk penyangga dan percobaan pembuatan produk Cu dengan memvariasikan pengaturan parameter *deposisi gap*, *scanning gap* dan *feeding speed*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan konstruksi *build part* yang dapat diangkat dari mesin pendeposisi serbuk secara efektif dapat meningkatkan kemampuan proses MD-Is untuk pembuatan produk *sintering* dengan temperatur tinggi (900°C – serbuk tembaga). Aliran serbuk yang kontinyu pada metode ulir pengumpan hoper nosel dihasilkan pada pengaturan jarak ulir pengumpan terhadap lubang nosel = 0,5 mm, putaran ulir pengumpan = 211 rpm dan perbandingan diameter nosel dengan diameter ulir pengumpan (D/d) = 1,2 mm/0,8 mm. Dari hasil pengujian lintasan deposisi diperoleh bahwa pada pengaturan *deposition gap* = 2 mm , *feeding speed* = 100 mm/menit menghasilkan lebar lintasan = 2,25 mm dan tinggi lintasan= 1 mm. Hasil pengujian massa alir serbuk penyangga dari mekanisme slot pengumpan menunjukkan bahwa massa alir serbuk ukuran 75-100 μm dan 100-150 μm masing-masing adalah 2,626 gram/ bukaan dan 10,454 gram/ bukaan. Variasi *scanning gap* = 2 mm menghasilkan produk dengan tingkat keakurasian dimensi lebih baik. Ukuran partikel serbuk penyangga 75-100 μm menghasilkan penyusutan lebih kecil dari pada ukuran partikel 100-150 μm .

Kata kunci: MD-Is, *build part*, mampu alir, parameter deposisi, hasil produk.

ABSTRACT

Research and development of Material Deposition-Indirect Sintering (MD-Is) process in manufacture have still been performed. These are performed because MD-Is process has some advantages, those are able to produce complex geometry products that can not be made by conventional machining process, easy in operation and able to produce multi-material products. This study is aimed at developing MD-Is process in manufacturing copper products. The methodologies of this study are (i) designing build part construction and rail construction, (ii) preparing supporting powder made of cast iron with particle size of 75-100 μm and 100-150 μm , (iii) optimizing mass flow rate of product powder (copper powder with particle size of 53-63 μm) and testing of deposition track, (iv) testing of mass flow rate of supporting powder and (v) manufacturing copper product with parameter variations of deposition gap, scanning gap and feeding speed.

The results show that development of build part construction that can be lifted from powder deposition machine is able to effectively improve the capability of MD-Is process in manufacturing sintering product in high temperature (900°C – copper powder). Continuous flow of powder with method of screw feeder in hopper nozzle is produced with the following settings : 0.5 mm in distance of screw feeder to the nozzle hole, 211 rpm in screw feeder angular velocity and ratio of nozzle diameter to screw feeder diameter (D/d) = 1,2 mm/ 0,8 mm. The results of deposition track test demonstrate that the test that uses the following setting: deposition gap = 2 mm and feeding speed = 100 mm/min produces 2,25 mm in the width of the track and 1 mm in the height. The test results of mass flow rate of supporting powder from slot feeder mechanism show that mass flow rate of powder with particle size of 75-100 μm and 100-150 μm are 2,626 grams/opening and 10,454 grams/opening respectively. The test results also show that by using 2 mm in scanning gap, product can be produced with better accuracy. Supporting powder with particle size of 75-100 μm produces smaller shrinkage than supporting powder with particle size of 100-150 μm .

Key words: *MD-Is, build part, flow-able, deposition parameters, product result.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala Rahmat, Taufik serta Hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir berjudul “ *PENGEMBANGAN KONTRUKSI BUILD PART DAN PENGATURAN PARAMETER DEPOSISI SERBUK Cu PADA PEMBUATAN PRODUK 3D DENGAN PROSES MATERIAL DEPOSITION-INDIRECT SINTERING (MD-IS)* ” dapat terselesaikan. Walaupun hasil dari penelitian masih ada kekurangan, namun hasil bukanlah tujuan yang utama, tetapi proses pembelajaran yang telah diperoleh merupakan nilai yang sangat berarti, untuk mengetahui hal yang belum dimengerti. Pengalaman yang dihasilkan selama belajar merupakan nilai-nilai luhur yang sangat bermakna, dari pengalaman selama belajar yang telah diperoleh mudah-mudahan dapat menjadi refleksi, internalisasi, dan proyeksi di masa kini dan yang akan datang.

Penulisan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik yang secara langsung dan tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan bantuan, memfasilitasi peralatan untuk penelitian, menuntun, mengarahkan dan memberikan bimbingan serta masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Seluruh Dosen dan Karyawan S1 Jurusan Teknik Mesin UNDIP.
3. Bapak Margono dan mas Agung yang telah membantu dalam pengerjaan alat-alat penelitian.
4. Mas Wahyu selaku teknisi Metalurgi Fisik yang telah banyak membantu dalam memfasilitasi peralatan Laboratorium.
5. Tim kerja Tugas Akhir saya Bapak Muhammad Nurhilal, ST, MT dan Mas Tohirin yang senantiasa menemani dan sabar membantu selama proses pengujian.
6. Teman-teman mahasiswa S1 angkatan 2007 Jurusan Teknik Mesin UNDIP yang telah banyak memberikan dukungan dan motivasi.

Penulis menyadari sebagai manusia bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Terakhir semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi para pembaca. Amin.

Semarang, Juni 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
SINGKATAN DAN LAMBANG	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Metode Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Latar Belakang Penelitian <i>Rapid Prototyping</i>	5
2.2 <i>Rapid Prototyping</i>	6
2.2.1 Mesin <i>Multi Material Deposition Indirect Sintering</i> (MD-Is)	8
2.2.2 Program perangkat lunak sistem operasi mesin MD-Is	11
2.2.3 Lintasan deposisi serbuk	14
2.2.4 Akurasi dimensi produk	16

2.2.4.1	<i>Deposition gap</i>	16
2.2.4.2	<i>Feeding speed</i>	17
2.2.4.3	<i>Scanning gap</i>	18
2.2.5	Sistem <i>build part</i>	18
2.2.6	Metode deposisi serbuk proses MD-Is	19
2.2.6.1	Metode deposisi serbuk produk	19
2.2.6.2	Metode ulir pengumpan hoper nosel (<i>screw feeder hopper nozzle</i>)	23
2.2.6.3	Metode deposisi serbuk penyangga	24
2.3	Karakteristik Serbuk	26
2.3.1	Berat jenis (<i>appereant density</i>)	26
2.3.2	Bentuk partikel	27
2.3.3	Distribusi ukuran partikel	29
2.3.4	Ukuran partikel serbuk	29
2.3.5	Mampu alir (<i>flowability</i>)	30
2.4	Tembaga	31
2.5	Serbuk Besi Cor	31
2.6	Proses <i>Sintering</i>	32
2.6.1	Mekanisme <i>sinter</i>	33
2.6.1.1	<i>Vapor phase sintering</i>	33
2.6.1.2	<i>Solid state sintering</i>	34
2.6.1.3	<i>Liquid phase sintering</i>	34
2.6.2	Dapur dan temperatur <i>sinter</i>	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		37
3.1	Bahan Penelitan	37
3.1.1	Material serbuk	37
3.1.2	Alat	38
3.2	Pengembangan Konstruksi Mesin	41
3.2.1	Rancangan <i>build part</i>	41
3.2.2	Modifikasi penampung serbuk penyangga.....	43

3.2.3 Rancangan konstruksi rel lintasan pergerakan sistem deposi- isi untuk sumbu x	45
3.3 Pembuatan Serbuk	46
3.4 Rancangan Spesimen Produk Penelitian	47
3.5 Prosedur Penelitian	48
3.5.1 Persiapan alat, material serbuk dan mesin MD-Is	48
3.5.2 Pengujian mampu alir serbuk produk	49
3.5.3 Pengujian lintasan deposisi	49
3.5.4 Pengujian massa alir serbuk penyangga	50
3.5.5 Percobaan pembuatan produk	50
3.5.5.1 pemvariasian <i>scanning gap</i>	52
3.5.5.2 Pemvariasian ukuran partikel serbuk penyangga	52
3.5.6 Proses <i>sintering</i>	52
3.5.7 Analisa produk	53
3.6 Variabel Penelitian	53
3.7 Diagram alir penelitian	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1 Hasil Pengembangan <i>Build Part</i>	57
4.2 Uji Mampu Alir Serbuk Produk	57
4.2.1 Mampu alir serbuk variasi jarak ulir pengumpan dengan nos- el	58
4.2.2 Mampu alir serbuk variasi n_{sf}	59
4.3 Lintasan Deposisi	62
4.3.1 Lintasan deposisi dengan variasi <i>deposition gap</i>	62
4.3.2 Lintasan deposisi dengan variasi <i>feeding speed</i>	65
4.4 Variasi <i>Scanning Gap</i> 1 mm dan 2 mm.....	67
4.5 Hasil Produk Proses MD-Is	71
4.6 Pembuatan Produk <i>Rapid Prototyping</i> Berbentuk Meja	75

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tahapan MD-Is	11
Gambar 2.2	Tampilan program komputer sistem operasi mesin MD-Is	12
Gambar 2.3	Mekanisme pembentukan penampang segitiga pada lintasan deposisi	15
Gambar 2.4	Pengaturan jarak ulir pengumpan dengan nosel.....	17
Gambar 2.5	Pengaturan <i>deposition gap</i>	17
Gambar 2.6	Jarak <i>scanning gap</i>	18
Gambar 2.7	Konstruksi <i>build part</i> mesin MD-Is	19
Gambar 2.8	Mampu alir serbuk <i>stainless steel</i> dan aerbuk aluminium	20
Gambar 2.9	Variasi kecepatan gerak hoper: (a) 6 mm/detik, (b) 12 mm/menit (c) 18 mm/menit, (d) 24 mm/menit, serbuk <i>stainless steel</i> ukuran 75-150 μm , jarak deposisi 2 mm	21
Gambar 2.10	Hubungan antara luasan efektif lubang nosel (D/d), dan mampu alir serbuk	22
Gambar 2.11	Lebar lintasan pada variasi kecepatan gerak hoper (a) 1 mm/menit (b) 2 mm/menit, (c) 3 mm/menit, serbuk <i>stainless steel</i> 100-150 μm , frekuensi gerakan jarum 2,31 Hz, diameter lubang nosel 0,6 mm, jarak deposisi 1 mm	22
Gambar 2.12	Konstruksi ulir pengumpan hoper nosel	23
Gambar 2.13	Dimensi (a) hoper nosel dan (b) ulir pengumpan.....	24
Gambar 2.14	Konstruksi slot pengumpan-rol putaran balik	25
Gambar 2.15	Bentuk partikel serbuk	28
Gambar 2.16	Skema tahapan proses sintering	32
Gambar 2.17	Tahapan <i>vapor phase sintering</i>	33
Gambar 2.18	Skema <i>solid state sintering</i>	34
Gambar 3.1	Foto observasi bentuk dan ukuran partikel tembaga	38
Gambar 3.2	Mesin pengayak serbuk (<i>sieving machine</i>)	39

Gambar 3.3	Timbangan digital	39
Gambar 3.4	Konstruksi Mesin MD-Is	40
Gambar 3.5	Tungku <i>Hofman</i>	41
Gambar 3.6	Rancangan konstruksi <i>build part</i>	42
Gambar 3.7	Konstruksi penampung serbuk penyangga.....	45
Gambar 3.8	Konstruksi rel lintasan pergerakan sistem deposisi	45
Gambar 3.9	Foto observasi bentuk dan ukuran partikel (a) 150-100 μm (b) 100-75 μm	46
Gambar 3.10	Arah pergerakan program	47
Gambar 3.11	Spesimen penelitian bentuk asbak rokok	47
Gambar 3.12	Spesimen penelitian bentuk meja	48
Gambar 3.13	(a) Jarak plat penyangga dengan <i>build part</i>	51
	(b) Pendeposisian lapisan dasar serbuk penyangga	51
Gambar 3.14	Pengaturan posisi spesimen dan arah gerakan sistem deposisi	51
Gambar 3.15	Pengaturan temperatur selama proses <i>sinter</i>	53
Gambar 3.16	Diagram alir penelitian	56
Gambar 4.1	Mampu alir serbuk dengan variasi jarak ulir pengumpan den- gan nosel (perbandingan $D/d = 1,5$ mm, sudut hoper nosel ad- alah 20° , serta $n_{sf} = 211$ rpm)	59
Gambar 4.2	Mampu alir serbuk dengan variasi harga n_{sf} (perbandingan D /d = 1,5 mm, sudut hoper nosel adalah 20° , dan jarak ulir pen- gumpan dengan nosel = 1 mm.....	61
Gambar 4.3	Penampang lintasan deposisi variasi harga <i>deposition gap</i> (a) 1,5 mm (b) 1,3 mm (c) 1 mm, pada <i>feeding speed</i> = 100 mm- /detik.....	63
Gambar 4.4	Kemiringan penampang lintasan deposisi membesar akibat te- rgesek puncak lintasan deposisi oleh permukaan nosel	64
Gambar 4.5	Penampang lintasan deposisi variasi <i>deposition gap</i> (a) 2,2 mm (b) 2 mm (c) 1,7 mm, pada <i>feeding speed</i> = 100 mm/menit. ...	65

Gambar 4.6	Penampang lintasan deposisi variasi <i>feeding speed</i> (a) 80 mm/menit (b) 100 mm/detik (c) 150 mm/detik, pada <i>deposition gap</i> = 1,5 mm.....	66
Gambar 4.7	Penampang lintasan deposisi variasi <i>feeding speed</i> (a) 60 mm/menit (b) 40 mm/menit (c) 20 mm/menit, pada <i>deposition gap</i> = 1,5 mm.....	67
Gambar 4.8	Produk asbak rokok variasi <i>scanning gap</i> = 1 mm (a) sebelum pengerol (b) setelah pengerolan.....	68
Gambar 4.9	Hasil produk asbak rokok setelah dilakukan proses <i>sintering</i> dengan variasi <i>scanning gap</i> = 1 mm (a) sebelum di bersihkan (b) setelah dibersihkan.....	69
Gambar 4.10	Pemilihan harga jarak <i>scan</i> menghasilkan daerah <i>overlap</i> yang besar dan tebal lapisan lebih kecil/sama dengan daerah <i>overlap</i> sehingga tidak ada serbuk penyangga yang terjebak dalam struktur serbuk produk	69
Gambar 4.11	Produk asbak rokok variasi <i>scanning gap</i> = 2 mm (a) sebelum pengerolan (b) setelah pengerolan	70
Gambar 4.12	Hasil produk asbak rokok setelah dilakukan proses <i>sintering</i> dengan variasi <i>scanning gap</i> = 2 mm (a) sebelum di bersihkan (b) setelah dibersihkan.....	70
Gambar 4.13	Rasio pengerolan = 1 (tebal lapisan = jarak deposisi = tinggi lintasan deposisi), proses pengerolan tidak memangkas lintasan deposisi serbuk produk.....	71
Gambar 4.14	Hasil produk pemvariasian ukuran serbuk penyangga (a) 75 – 100 μm (b) 100 – 150 μm	72
Gambar 4.15	Panjang spesimen produk ukuran partikel serbuk penyangga 75 – 100 μm	73
Gambar 4.16	Panjang spesimen produk ukuran partikel serbuk penyangga 100 – 150 μm	73

Gambar 4.17	Produk <i>sinter</i> proses MD-Is ukuran partikel serbuk penyangga 100 – 150 μm	74
Gambar 4.18	Produk <i>sinter</i> Cu deposisi serbuk menggunakan cetakan ukuran partikel serbuk penyangga 100 – 150 μm	74
Gambar 4.19	Produk meja variasi <i>scanning gap</i> = 2 mm (a) sebelum pengerolan, (b) setelah pengerolan	76
Gambar 4.20	Berkurangnya ukuran akibat penyusutan (a) penyusutan panjang (b) penyusutan lebar, (c) penyusutan ketebalan.....	76
Gambar 4.21	Penyusutan <i>curling</i> pada bagian atas produk (a) produk asbak Rokok, (b) produk meja.	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pengembangan Sistem RP di Amerika	8
Tabel 2.2	Ukuran standar pengayakan	29
Tabel 2.3	Sifat mekanik tembaga jenis <i>temper</i> H00	31
Tabel 2.4	Sifat fisis tembaga	31
Tabel 2.5	Temperatur dan waktu <i>sinter</i> serbuk logam	36
Tabel 3.1	Kandungan komposisi serbuk Cu produksi <i>Merck KGaA</i> Darmstad Jerman	37

SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama
RP	<i>Rapid Prototyping</i>
LM	<i>Layer Manufacturing</i>
MMLM	<i>Multi Material Layer Manufacturing</i>
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i>
LOM	<i>Laminated Object Manufacturing</i>
3DP	<i>Three Dimensional Printing</i>
MMD-Is	<i>Multi Material Deposition Indirect Sintering</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
MD-Is	<i>Material Deposition Indirect Sintering</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>

Lambang	Nama
D	Diameter lubang nosel
d	Diameter ulir pengumpan
n_{sf}	Putaran ulir pengumpan
μm	Mikron
mm	Milimeter
$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celsius
#	<i>mesh</i>
rpm	rotasi putaran permenit