



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISA SIFAT FISIK, MEKANIK, STRUKTUR DAN TERMAL
PRODUK PROSES *INDIRECT PRESSURELESS SINTERING*
BERBAHAN SERBUK Cu DENGAN *SUPPORTING POWDER*
BESI COR**

TUGAS AKHIR

**DANIEL KRISTIAN TO HERMAWAN
L2E 005 436**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

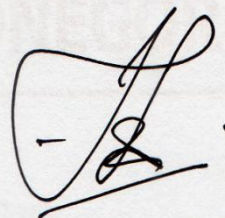
**SEMARANG
JUNI 2011**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Daniel Kristianto Hermawan
NIM : L2E 005 436
Dosen Pembimbing : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT
Jangka Waktu : 9 Bulan (sembilan bulan)
Judul : Analisa Sifat Fisik, Mekanik, Struktur dan Termal Produk
Proses *Indirect Pressureless Sintering* Berbahan Serbuk
Cu dengan *Supporting Powder* Besi Cor
Isi Tugas
a. Mengamati kondisi partikel serbuk Cu dengan mikroskop optik
b. Membuat spesimen produk untuk uji penyusutan, mikrografi, densitas, konduktivitas, komposisi dan uji tarik dengan bahan serbuk Cu dan variasi temperatur, yaitu 870°C, 900°C, dan 930°C serta variasi ukuran partikel *supporting powder* besi cor.
c. Mengamati kekuatan tarik spesimen Cu dengan variasi temperatur *sintering*.
d. Mengamati pengaruh temperatur terhadap kondisi penyusutan, mikrografi, denitas, konduktivitas, dan komposisi pada spesimen Cu.

Semarang, 28 Juni 2011

Pembimbing

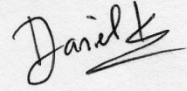


Dr. Susilo Adi Widyanto ST,MT

NIP: 197002171994121001

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	: Daniel Kristianto H
NIM	: L2E 005 436
Tanda Tangan	: 
Tanggal	: Juni 28 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Daniel Kristianto Hermawan

NIM : L2E 005 436

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa Sifat Fisik, Mekanik, Struktur dan Termal Produk
Proses *Indirect Pressureless Sintering* Berbahan Serbuk Cu
dengan *Supporting Powder* Besi Cor

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. Ir. Toni Prahasto, MASc

Penguji : Ir. Sugiyanto, DEA

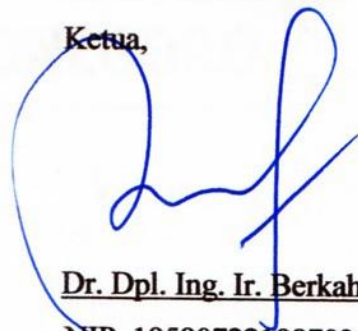
Penguji : Dr. Jamari, ST, MT

()
()
()
()

Semarang, Juni 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Dpl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Daniel Kristianto Hermawan
NIM : L2E 005 436
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
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 :

**ANALISA SIFAT FISIK, MEKANIK, STRUKTUR DAN TERMAL PRODUK
PROSES *INDIRECT PRESSURELESS SINTERING* BERBAHAN SERBUK Cu
DENGAN *SUPPORTING POWDER* BESI COR**

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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 28 Juni 2011

Yang menyatakan



(Daniel Kristianto Hermawan)
NIM: L2E 005 436

ABSTRAK

Teknologi *rapid prototyping* (RP) dapat menghasilkan prototipe sebuah produk dengan cepat dan biaya terjangkau sebelum produk industri diproduksi secara massal. Pengembangan produk yang dihasilkan juga semakin kompleks geometrinya yang tidak mungkin dikerjakan dengan proses konvensional. Salah satu teknik RP yang dikembangkan adalah proses *Multi Material Deposition Indirect Sintering* (MMDIs)

Penelitian ini merupakan tahapan awal pengembangan proses MMD-Is untuk pembuatan produk berbahan serbuk Cu. Penelitian dilakukan dengan membentuk spesimen dari serbuk Cu dan supporting powder serbuk besi cor dengan mesh 100 dan 150. Proses *sintering* dilakukan didalam tungku *Hoffman* dengan variasi temperatur (870°C, 900°C, 930°C) *holding time* (4 jam).

Hasil yang diperoleh adalah kekuatan patah maksimum dan uji densitas spesimen Cu dipengaruhi oleh temperatur *sintering*, dimana semakin tinggi temperatur *sintering*, semakin besar kekuatan patah dan nilai densitasnya. Kekuatan patah tertinggi pada spesimen hasil *sintering* temperatur 930 °C adalah 15.696 Mpa. Nilai densitas terbesar pada spesimen hasil *sintering* temperatur 930°C adalah 4,78 gr/cm³. Sedangkan dalam uji penyusutan, penyusutan yang terjadi adalah 49%. Dalam uji komposisi, kemurnian spesimen Cu hasil *sintering* adalah 72%. Nilai konduktivitas spesimen Cu hasil *sintering* yang diperoleh adalah 112.5 W/m.⁰C.

Kata kunci : *Multi Material Deposition Indirect Sintering* (MMDIs), *sintering*, Cu, penyusutan, bentuk partikel

ABSTRACT

Rapid Prototyping (RP) Technology is a technology that can produce a product prototype in a short time with low cost before a mass production will be applied. The development of product geometry that more complex can not be made again through the conventional process. One technique of rapid prototyping that developed is the method Multi Material Deposition Indirect Sintering (MMDIs).

This research is an initial study of the development MMD-Is process to make product based on Cu powder. The research is held by shaping specimen from Cu powder and cast iron as supporting powder with mesh 100 and 150. The *sintering* process done in Hoffman chamber with temperature variable 870°C, 900°C, 930°C and holding time 4 hour.

The result shows the ultimate tensile strength and density test is affected by sintering temperature, where the higher is the sintering temperature, the higher is the value of ultimate tensile strength and density. The ultimate tensile strength from sintering specimen on 930⁰C of temperature is 15.696 Mpa. The maximum value of density from sintering specimen on 930⁰C of temperature is 4,78 gr/cm³. In shrinkage test, the shrinkage is 49%. In composition test, the purity of sintering specimen is 72%. The thermal conductivity of sintering specimen is 112.5 W/m.⁰C.

Keywords: *Multi Material Deposition Indirect Sintering* (MMDIs), *sintering*, Cu, *shrinkage*, particle shape

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk :

- *Tuhan Yesus Juru Selamatku*
- *Orang tua yang membesarkanku*
- *Kakakku Samuel yang membimbingku*
- *Adikku Yoan yang kusayangi*
- *Teman-temanku semua yang menemaniku*

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat TUHAN YANG MAHA KUASA yang telah memberikan anugerah-Nya sehingga Tugas Sarjana ini bisa diselesaikan dengan baik. Tugas Sarjana ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Penulis menyadari bahwa selesainya 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, yang sangat berguna bagi penulisan Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Margono selaku teknisi di Laboratorium Metalurgi Fisik UNDIP atas segala bantuannya.
3. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2005 yang telah membantu penulis selama penelitian ini.
4. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan atas terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Sarjana ini masih banyak kekurangan, maka kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Sarjana ini berguna bagi kita semua.

Semarang, Mei 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Metalurgi serbuk	5
2.2 Teori Serbuk.....	7
2.2.1 Pembuatan Serbuk.....	7
2.2.2 Karakteristik Serbuk.....	8
2.3 Pemrosesan Material	10
2.3.1 <i>Screening</i>	10
2.3.2 <i>Sintering</i>	12
2.3.2.1 Tahap – tahap <i>Sintering</i>	13
2.3.2.2 Mekanisme <i>Sintering</i>	14
2.3.2.3 Jenis – jenis <i>Sintering</i>	16

2.3.3	<i>Indirect Pressureless Sintering</i>	18
2.4	<i>Multi Material Deposition Indirect Sintering (MMD-IS)</i>	19
2.4.1	Prinsip Kerja pada MMD-IS.....	19
2.4.2	Metode Deposisi pada MMD-IS.....	21
2.4.3	Serbuk Produk Proses MMD-IS.....	21
2.4.4	Serbuk Penyangga Proses MMD-IS.....	22

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Bahan Penelitian.....	23
3.1.1	Besi cor (<i>Cast Iron</i>).....	23
3.1.2	Tembaga.....	24
3.2	Alat Penelitian.....	26
3.3	Tahapan Penelitian	30
3.3.1	Persiapan Serbuk.....	30
3.3.2	Analisa Pengayaan Serbuk (<i>Sieving Analysis</i>).....	31
3.4.2.1	Alat dan Bahan.....	31
3.4.2.2	Prosedur Pengayaan.....	31
3.3.3	Observasi Bentuk Partikel Pengujian.....	31
3.4.3.1	Alat dan Bahan.....	32
3.4.3.2	Prosedur Observasi	32
3.3.4	Pembuatan Wadah <i>Sintering</i>	32
3.4.4.1	Alat dan Bahan.....	33
3.4.4.2	Prosedur pembuatan Wadah <i>sintering</i>	33
3.3.5	Proses Deposisi Serbuk menjadi Spesimen.....	33
3.4.5.1	Alat dan Bahan.....	33
3.4.5.2	Prosedur Deposisi Serbuk	33
3.3.6	Proses <i>Indirect Pressureless Sintering</i>	34
3.3.7	Pembentukan Spesimen Uji Tarik, Uji Mikrografi, Uji Densitas, Uji Komposisi dan Uji Konduktivitas Termal.....	34
3.4	Pengujian Material	35
3.4.1	Pengujian Tarik.....	35
3.4.1.1	Tegangan.....	36

3.4.1.2	Regangan.....	36
3.4.1.3	Ketangguhan (<i>Toughness</i>).....	37
3.4.1.4	Tegangan Tarik Maksimum	37
3.4.1.5	Perpatahan	37
3.4.2	Pengujian Komposisi.....	39
3.4.3	Pengujian konduktivitas termal.....	39
3.4.3.1	Alat dan Bahan.....	39
3.4.3.2	Persiapan Pengujian.....	39
3.4.3.3	Pengukuran.....	40
3.4.4	Pengujian Densitas	40
3.4.4.1	Alat dan Bahan.....	40
3.4.4.2	Prosedur Pengujian.....	40
3.4.5	Uji <i>Shrinkage</i>	41
3.4.5.1	Alat dan Bahan.....	41
3.4.5.2	Prosedur Pengujian.....	41
3.4.6	Uji Mikrografi	41
3.4.6.1	Alat dan Bahan.....	41
3.4.6.2	Prosedur Pengujian.....	42
3.5	Diagram Alir Penelitian	42
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengujian <i>Shrinkage</i>	44
4.2	Pengujian Tarik.....	45
4.3	Pengujian Mikroskop Optik	47
4.4	Pengujian Komposisi.....	49
4.5	Pengujian Densitas	49
4.6	Pengujian Konduktivitas.....	51
BAB V KESIMPULAN		
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA..		59
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram proses pembuatan produk	5
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk partikel serbuk	8
Gambar 2.3 Analisa <i>sieve</i> dengan Menggunakan <i>screen</i> Bertingkat.....	11
Gambar 2.4. Pertumbuhan ikatan mikrostruktur antar partikel keramik selama proses <i>sintering</i>	14
Gambar 2.5 Penyusutan pori selama proses <i>sintering</i>	14
Gambar 2.6 Permodelan partikel.....	15
Gambar 2.7 Skema dari <i>Vapor – Phase Sintering</i>	16
Gambar 2.8 Skema dari <i>Solid State Sintering</i>	17
Gambar 2.9 Skema diagram dari tahap-tahap LPS	18
Gambar 2.10 Tahap-tahap proses MMD-IS.....	20
Gambar 2.11 Sistem koordinat mesin MMD-IS	21
Gambar 3.1 Serbuk besi cor ukuran 150 μm	24
Gambar 3.2 Serbuk Cu ukuran 63 μm	25
Gambar 3.3 Wadah <i>sintering</i>	26
Gambar 3.4 Cetakan spesimen.....	26
Gambar 3.5 Pengayak serbuk.	27
Gambar 3.6 Timbangan digital	27
Gambar 3.7 (a) Mikroskop Cahaya, (b) kamera digital	28
Gambar 3.8 Tungku Hofmann	28
Gambar 3.9 Mesin uji tarik <i>Tokyo Testing Machine MFG</i>	29
Gambar 3.10 Bagian-Bagian Alat Uji Konduktivitas Termal.....	29
Gambar 3.11 Mesin Pemoles	30
Gambar 3.12 Spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM D638	35
Gambar 3.13 Contoh Spesimen Uji Tarik Cu	35
Gambar 3.14 Jig Pengujian Tarik	38
Gambar 3.15 Diagram Alir Penelitian.....	43
Gambar 4.1 Patahan spesimen uji tarik Cu	45
Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Tarik Cu.....	46

Gambar 4.3 Stuktur mikro Cu <i>sintering</i> 870 °C perbesaran 500X	47
Gambar 4.4 Stuktur mikro Cu <i>sintering</i> 900 °C perbesaran 500X	47
Gambar 4.5 Stuktur mikro Cu <i>sintering</i> 930 °C perbesaran 500X.....	48
Gambar 4.6 Struktur mikro Cu bandingan non perlakuan (perbesaran 200X)	48
Gambar 4.7 Grafik hasil uji densitas Cu	50
Gambar 4.8 Grafik uji konduktifitas Cu <i>sintering</i>	53
Gambar 4.9 Grafik uji konduktifitas Cu bandingan.....	55
Gambar 4.10 Grafik uji konduktifitas Cu <i>sintering</i> dan Cu bandingan	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Biaya per pon massa yang diperlukan untuk produk PM material baja....	7
Tabel 2.2 Ukuran dari partikel.....	9
Tabel 2.3 Ukuran Standar Teknik <i>screening</i>	11
Tabel 2.4 Tahap-Tahap <i>sintering</i>	13
Tabel 2.5 Mekanisme <i>sintering</i>	15
Tabel 3.1 Komposisi besi cor.....	23
Tabel 3.2 Sifat fisik besi cor kelabu.....	24
Tabel 3.3 Kandungan komposisi Cu uji.....	25
Tabel 3.4 Alat Bantu Penelitian	30
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi spesimen Cu	49
Tabel 4.2 Sampel Cu hasil <i>sintering</i>	51
Tabel 4.3 Sampel 1 Cu <i>sintering</i>	52
Tabel 4.4 Sampel 2 Cu <i>sintering</i>	52
Tabel 4.5 Perhitungan sampel 1 dan 2 Cu <i>sintering</i>	52
Tabel 4.6 Sampel Cu bandingan	53
Tabel 4.7 Sampel 1 Cu bandingan	54
Tabel 4.8 Sampel 1 Cu bandingan	55
Tabel 4.9 Perhitungan sampel 1 dan 2 Cu bandingan.....	55

DAFTAR NOTASI

L_u	: Panjang sesudah patah (mm)
L_o	: Panjang mula-mula (mm)
σ_u	: Tegangan tarik (N)
F_m	: Beban maksimum (N)
A_o	: Luas penampang batang uji mula-mula (mm)
e	: Regangan
F	: Gaya (N)
V_1, V_2, V_3	: Volume spesimen (ml)
V_o	: Volume awal (ml)
V_a	: Volume spesimen jadi (ml)
d	: Diameter (mm)
A	: Luas penampang (ft^2/ m^2)
k	: Konduktivitas termal ($W/m.^{\circ}C$)
E_t	: Galat
q	: Laju perpindahan panas (Btu/h atau W)
$\frac{\partial T}{\partial x}$	: Gradien atau landaian suhu (<i>temperature gradient</i>) dalam arah arah perpindahan kalor ($^{\circ}F/ft$ atau $^{\circ}C/m$)