



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

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

**TUGAS AKHIR**

**DANIEL SUBEKTI  
L2E 005 437**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

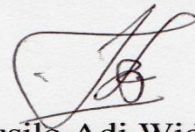
**SEMARANG  
JUNI 2011**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Daniel Subekti  
NIM : L2E 005 437  
Dosen Pembimbing : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT  
Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)  
Judul : Analisa Sifat Fisik, Sifat Mekanik, Struktur Produk Proses *Indirect Pressureless Sintering* Berbahan Serbuk Ni dan Sifat Termal Berbahan Serbuk Cu dengan *Supporting Powder* Besi Cor
- Isi Tugas
- Membuat produk hasil *sintering* untuk uji penyusutan, uji tarik, uji mikrografi, uji komposisi, uji densitas dengan bahan serbuk Ni dan uji konduktivitas termal dengan bahan serbuk Cu disertai variasi temperatur yaitu 870 °C, 900 °C, 930 °C dan variasi ukuran partikel *supporting powder* besi cor *mesh* 100 dan 150.
  - Menganalisa pengaruh temperatur terhadap sifat tarik pada Ni hasil *sintering*.
  - Menganalisa struktur mikrografi produk Ni hasil *sintering*.
  - Menganalisa penyusutan dan densitas produk Ni hasil *sintering*.
  - Menentukan sifat termal Cu *sintering*.

Semarang, Mei 2011

Menyetujui  
Pembimbing

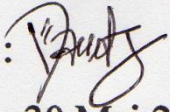


Dr. Susilo Adi Widyanto ST,MT

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 Subekti
NIM	: L2E 005 437
Tanda Tangan	: 
Tanggal	: 30 Mei 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Daniel Subekti



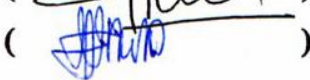

NIM : L2E 005437

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa Sifat Fisik, Sifat Mekanik, Struktur Produk Proses *Indirect Pressureless Sintering* Berbahan Serbuk Ni dan Sifat Termal 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	: Ir. Djoeli Satridjo, MT	(  )
Penguji	: Muchammad, ST, MT	(  )
Penguji	: Dr. Sri Nugroho, 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 Subekti  
NIM : L2E 005 437  
Jurusan/Program Studi : TeknikMesin  
Departemen : UniversitasDiponegoro  
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, SIFAT MEKANIK, STRUKTUR PRODUK PROSES  
INDIRECT PRESSURELESS SINTERING BERBAHAN SERBUK Ni DAN SIFAT  
TERMAL BERBAHAN 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: 30 Mei 2011**

**Yang menyatakan**



**(Daniel Subekti)**

**NIM: L2E 005 437**

## **MOTTO**

**"KESUKSESAN ADA DI DALAM DIRI SETIAP  
ORANG TETAPI JARANG DILIHAT DAN  
DIRASAKAN KARENA TIDAK ADA USAHA DAN  
HARAPAN....."**

# PERSEMBAHAN

*Tugas akhir ini saya persembahkan untuk :*

- *Tuhan Yesus Juru Selamatku*
- *Orang tua yang membesarkanku*
- *Keluarga yang menaungiku*
- *Teman-temanku semua*

## ABSTRAKSI

Teknologi *rapid prototyping* (RP) adalah teknologi menghasilkan *prototype* sebuah produk dengan cepat dan biaya terjangkau sebelum produk industri diproduksi secara masal. Banyak pengembangan bentuk dan dimensi produk yang semakin kompleks dengan geometri yang tidak mungkin dikerjakan dengan proses permesinan konvensional. Salah satu cara untuk menghasilkan produk adalah dengan menggunakan teknologi *rapid prototyping* (RP). Salah satu teknik RP adalah dengan metode *Multi Material Deposition Indirect Sintering* (MMDIs). Penelitian ini merupakan lanjutan dari proses *sinter* konvensional dimana MMDIs tidak memerlukan kompaksi tetapi menggunakan besi cor *mesh* 100 dan 150 sebagai *supporting powder* untuk menyangga serbuk Ni *mesh* 10  $\mu\text{m}$ . Dengan variasi suhu *sintering* 870<sup>o</sup>C, 900<sup>o</sup>C, 930<sup>o</sup>C, produk hasil MMDIs serbuk Ni mempengaruhi karakteristik seperti kekuatan tarik karena semakin lama proses *sintering* kekuatannya semakin besar yaitu 42.83 MPa, densitas sebesar 7.5 gr/cm<sup>3</sup>, penyusutan besar sebesar 35.33%, kemurnian Ni menurun menjadi 75% dan konduktivitas termal Cu hasil *sintering* sebesar 112.5 W/m.<sup>o</sup>C.

Kata kunci : *Multi Material Deposition Indirect Sintering* (MMDIs), kompaksi, *mesh*, *supporting powder*.



## ***ABSTRACT***

*Rapid Prototyping*(RP) Technology is a technology to produce a prototype of a product with fast and affordable costs before the industrial product is being mass-produced. Many development of design and dimension of a product that more complex geometry can not be done with conventional machining processes. One way to produce products using the technology is rapid prototyping (RP). One of the RP technique is the method Multi Material Deposition Indirect Sintering (MMDIs). This research is a development of conventional *sintering* method where MMDIs is not using compaction but using cast iron mesh 100 and 150 as *supporting powder* to support Ni powder mesh 10  $\mu\text{m}$  with variation of sintering temperature 870 $^{\circ}\text{C}$ , 900 $^{\circ}\text{C}$  and 930 $^{\circ}\text{C}$ . The sintering temperature affects the characteristic of the tensile strength, because the higher is the sintering temperature, the higher is the tensile strength, the tensile strength is 42.83 Mpa, the density is 7.5  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , the shrinkage is 35.33%, but the purity is down to 75% and thermal conductivity of sintered Cu 112.5  $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ .

Keywords: *Multi Material Deposition Indirect Sintering* (MMDIs), compaction, *mesh*, *supporting powder*

## 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

<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>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN ABSTRAKS</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>NOMENKLATUR</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Metodologi Penelitian .....	2
1.4.1 Studi pustaka .....	2
1.4.2 Pembuatan produk <i>sintering</i> .....	2
1.4.3 Pengujian dan analisa data .....	3
1.4.4 Asistensi dan konsultasi .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Metalurgi serbuk .....	5
2.1.1 Ukuran serbuk .....	6
2.1.2 Tingkat kerumitan produk dan Toleransi .....	6
2.1.3 Material yang dipakai .....	6
2.1.4 Produk yang dihasilkan dan biaya .....	6
2.2 Teori Serbuk .....	7

2.2.1	Pembuatan Serbuk.....	7
2.2.2	Karakteristik Serbuk.....	8
2.3	Pemrosesan Pemisahan Ukuran Partikel Serbuk.....	10
2.4	<i>Sintering</i> .....	12
2.4.1	Mekanisme <i>Sintering</i> .....	15
	2.4.1.1 <i>Vapor Phase Sintering</i> (VPS) .....	16
	2.4.1.2 <i>Solid State Sintering</i> (SSS).....	17
	2.4.1.3 <i>Liquid Phase Sintering</i> (LPS) .....	18
2.4.2	<i>Indirect Pressureless Sintering</i> .....	19
2.5	<i>Multi Material Deposition Indirect Sintering</i> (MMD-IS) .....	20
2.5.1	Prinsip Kerja pada MMD-IS.....	20
2.5.2	Metode Deposisi pada MMD-IS .....	22
2.5.3	Serbuk Produk Proses MMD-IS.....	22
2.5.4	Serbuk Penyangga Proses MMD-IS.....	23

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Bahan Penelitian.....	24
3.1.1	Besi cor ( <i>Cast Iron</i> ).....	24
3.1.2	Nikel.....	25
3.2	Alat Penelitian.....	27
3.3	Pembuatan Spesimen .....	30
3.3.1	Persiapan Bahan .....	30
3.4	Tahapan Penelitian .....	30
3.4.1	Persiapan Serbuk.....	30
3.4.2	Analisa Pengayaan Serbuk ( <i>Sieving Analysis</i> ).....	30
	3.4.2.1 Alat dan Bahan.....	31
	3.4.2.2 Prosedur Pengayaan.....	31
3.4.3	Observasi Bentuk Partikel .....	31
3.4.4	Pembuatan Wadah <i>Sintering</i> .....	32
	3.4.4.1 Alat dan Bahan.....	32
	3.4.4.2 Prosedur pembuatan wadah <i>sintering</i> .....	32
3.4.5	Proses <i>Indirect Pressureless Sintering</i> .....	33

3.4.6	Pembentukan Spesimen Uji Tarik, Uji mikrografi, Uji Densitas, Uji koposisi dan Uji konduktivitas termal....	33
3.5	Pengujian Material .....	34
3.5.1	Pengujian <i>Shrinkage</i> .....	35
3.5.1.1	Alat dan bahan.....	35
3.5.1.2	Prosedur pengujian <i>shrinkage</i> .....	35
3.5.2	Pengujian Tarik .....	36
3.5.1.1	Tegangan .....	37
3.5.1.2	Regangan.....	37
3.5.1.3	Ketangguhan .....	38
3.5.1.4	Tegangan Tarik Maksimum .....	38
3.5.1.5	Perpatahan.....	38
3.5.3	Pengujian Mikrografi .....	39
3.5.4	Pengujian Komposisi.....	40
3.5.5	Pengujian Densitas .....	41
3.5.5.1	Alat dan bahan.....	41
3.5.5.2	Prosedur pengujian densitas.....	41
3.5.6	Pengujian Konduktivitas termal.....	41
3.5.6.1	Alat dan bahan.....	42
3.5.6.2	Prosedur pengujian Konduktivitas termal.....	45
3.6	Diaram Alir Proses Penelitian .....	46

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

4.1	Pengujian <i>Shrinkage</i> .....	47
4.2	Pengujian Tarik .....	48
4.3	Pengujian Mikrografi .....	49
4.4	Pengujian Komposisi .....	51
4.5	Pengujian Densitas .....	52
4.6	Pengujian konduktivitas .....	53
4.6.1	Cu hasil <i>sintering</i> .....	53
4.6.2	Cu bandingan .....	55

**BAB V KESIMPULAN**

5.1 Kesimpulan ..... 58

5.2 Saran ..... 58

**DAFTAR PUSTAKA..... 60**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram proses pembuatan produk .....	5
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk Partikel Serbuk .....	8
Gambar 2.3 Analisa pengayaan dalam susunan bukaan besar ke kecil .....	11
Gambar 2.4 Tahap pertama proses <i>sintering</i> .....	11
Gambar 2.5 Pertumbuhan leher dan volume penyusutan.....	13
Gambar 2.6 Pertumbuhan leher dengan discontinues <i>pore-phase</i> .....	14
Gambar 2.7 Pertumbuhan ikatan mikrostruktur .....	14
Gambar 2.8 Model <i>sinter</i> dua partikel .....	15
Gambar 2.9 Permodelan partikel.....	16
Gambar 2.10 Skema dari <i>Vapor – Phase Sintering</i> .....	16
Gambar 2.11 Skema dari <i>Solid State Sintering</i> .....	17
Gambar 2.12 Skema diagram dari tahap LPS .....	19
Gambar 2.13 Tahap-tahap MMDIs .....	21
Gambar 2.14 Sistem koordinat mesin MMDIs .....	22
Gambar 3.1 Serbuk besi cor ukuran 150 $\mu\text{m}$ .....	25
Gambar 3.2 Serbuk Ni ukuran 10 $\mu\text{m}$ perbesaran 500X .....	27
Gambar 3.3 Pengayak serbuk.....	27
Gambar 3.4 Timbangan digital .....	28
Gambar 3.5 (a) Mikroskop cahaya, (b) Kamera digital .....	28
Gambar 3.6 Tungku Hofmann .....	29
Gambar 3.7 Mesin uji tarik <i>Tokyo Testing Machine MFG</i> .....	29
Gambar 3.8 Spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM D638 .....	34
Gambar 3.9 Jig Pengujian Tarik.....	34
Gambar 3.10 Contoh spesimen uji tarik Ni.....	37
Gambar 3.11 Rangka dan Spesimen Uji .....	42
Gambar 3.12 Regulator.....	42
Gambar 3.13 Wattmeter .....	43
Gambar 3.14 Termokopel .....	43
Gambar 3.15 Dual thermometer.....	43

Gambar 3.16 Heater .....	44
Gambar 3.17 Pompa dan wadah/bak air .....	44
Gambar 3.18 Benda Uji Pengukuran Konduktivitas Termal .....	44
Gambar 3.19 Diagram alir Penelitian.....	46
Gambar 4.1 Grafik hubungan suhu <i>sintering</i> dengan kekuatan patah maksimum (MPa) produk Ni hasil <i>sintering</i> temperatur 870 °C, 900 °C dan 930°C.....	48
Gambar 4.2 Ni <i>solid</i> perbesaran 200X.....	49
Gambar 4.3 Ni <i>sintering</i> 870 °C perbesaran 500X .....	50
Gambar 4.4 Ni <i>sintering</i> 900 °C perbesaran 500X .....	50
Gambar 4.5 Ni <i>sintering</i> 930 °C perbesaran 500X .....	51
Gambar 4.6 Grafik hubungan suhu <i>sintering</i> dengan densitas pada temperatur 870 °C, 900 °C dan 930 °C.....	52
Gambar 4.7 Grafik pengujian konduktifitas sampel Cu hasil <i>sintering</i> 1 dan 2.....	55
Gambar 4.8 Grafik koduktifitas termal spesimen Cu bandingan 1 dan 2 .....	57



## 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 Pengayakan .....	11
Tabel 3.1 Komposisi besi cor.....	24
Tabel 3.2 Sifat fisik besi cor kelabu.....	25
Tabel 3.3 Material serbuk Ni .....	26
Tabel 3.4 Alat Bantu Penelitian .....	30
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi.....	51
Tabel 4.2 Sampel 1 Cu <i>sintering</i> .....	53
Tabel 4.3 Sampel 2 Cu <i>sintering</i> .....	53
Tabel 4.4 Perhitungan sampel 1 dan 2 .....	53
Tabel 4.5 Sampel 1 Cu bandingan .....	55
Tabel 4.6 Sampel 2 Cu bandingan .....	55
Tabel 4.7 Perhitungan sampel 1 dan 2 .....	55

## NOMENKLATUR

$\sigma$	: Tegangan normal (lb/ft <sup>2</sup> )
Lu	: Panjang sesudah patah
Lo	: Panjang mula-mula
$\sigma_u$	: Tegangan tarik
Fm	: Beban maksimum
Ao	: Luas penampang batang uji mula-mula
V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>3</sub>	: Volume spesimen (ml)
Vo	: Volume awal (ml)
Va	: Volume spesimen jadi (ml)
d	: Diameter (mm)
A	: Luas penampang(ft <sup>2</sup> )
K	: Konduktivitas