

**PENGARUH VARIASI WAKTU PERLAKUAN *SHOT PEENING*  
TERHADAP *SURFACE PROPERTIES MATERIAL STAINLESS  
STEEL AISI-316L OSTEOSYNTHESIS PLATE***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-I  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**

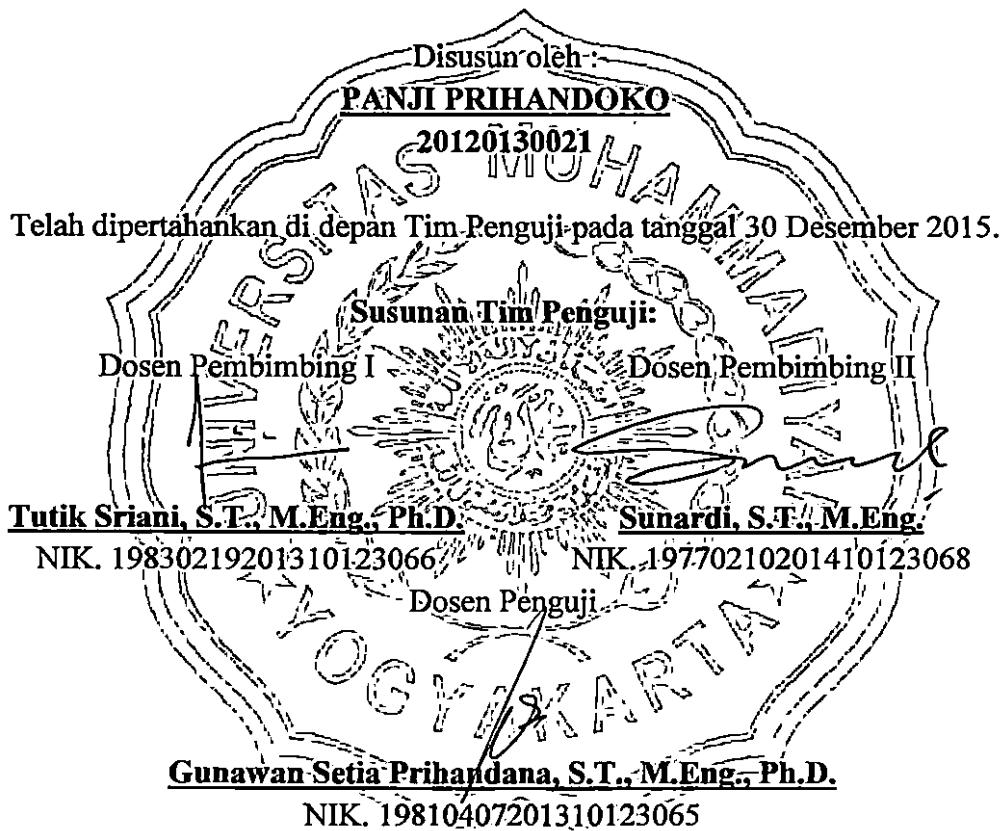


**Disusun Oleh:**  
**PANJI PRIHANDOKO**  
**20120130021**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2015**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI WAKTU PERLAKUAN *SHOT PEENING*  
TERHADAP *SURFACE PROPERTIES* MATERIAL *STAINLESS  
STEEL AISI-316L OSTEOSYNTHESIS PLATE***



Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal Januari 2016  
Mengesahkan,

a.n. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

**Novi Caroko, S.T., M.Eng.**

\* NIP. 197911132005011001

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa Skripsi/Tugas Akhir dengan judul “**Pengaruh Variasi Waktu Perlakuan Shot Peening Terhadap Surface Properties Material Stainless Steel Aisi-316l Osteosynthesis Plate**” adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Desember 2015



Panji Prihandoko

## HALAMAN MOTO



***“Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang”***

Kebaikan menghapus keburukan

“Sesungguhnya perbuatan baik itu dapat menghapus perbuatan buruk.” (QS. Hud: 114)

Allah mencukupi orang yang bertawakal

“Barangsiaapa bertawakkal pada Allah, maka Allah akan memberikan kecukupan padanya dan sesungguhnya Allah lah yang akan melaksanakan urusan (yang dikehendaki)-Nya.” (QS. Ath-Thalaq: 3)

Orang yang bertaqwa adalah kekasih Allah

“Ingatlah, sesungguhnya wali-wali (kekasih-kekasih) Allah itu tidak ada kekhawatiran pada mereka dan mereka juga tidak sedih hati, yaitu orang-orang yang beriman dan selalu bertaqwa.” (Qs. Yunus: 62-63)

Apa yang diperbuat itu untuk diri sendiri

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan sebaliknya jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri pula.” (QS. Al-Isra’: 7)

“Kekayaan tidak dilihat dari melimpahnya harta, tetapi dari perasaan berpuas diri.” (Nabi Muhammad saw)

“Allah mencintai orang yang cermat dalam meneliti soal-soal yang meragukan dan yang tidak membiarkan akalnya dikuasai oleh nafsunya.” (Nabi Muhammad saw)

“Seseorang yang oprimis akan melihat adanya kesempatan dalam setiap malapetaka, sedangkan orang pesimis melihat malapetaka dalam setiap kesempatan.” (Nabi Muhammad SAW)

“Bergeraklah tanpa menjatuhkan orang lain, Majulah tanpa menyingkirkan orang lain”

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan kasih sayangnya penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana di Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada:

1. Novi Caroko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Gunawan S. Prihandana, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen penguji III Tugas Akhir atas pengarahan, motivasi, dan bimbingannya selama proses penggerjaan Tugas Akhir.
3. Tutik Sriani, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing/penguji I Tugas Akhir atas pengarahan, motivasi, dan bimbingannya selama proses penggerjaan Tugas Akhir.
4. Sunardi, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing/penguji II Tugas Akhir dan Dosen Pembimbing Akademik.
5. Semua Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis selama penulis mengikuti kuliah di Program Studi Teknik Mesin selama 4 tahun.
6. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas bantuan yang telah diberikan selama masa kuliah.
7. Marso dan Sumarti kedua orang tua yang berada di rumah yang selalu memberikan dukungan dan do'a selama hidup penulis selama ini.
8. Nindy Jaya Pramesti yang selalu menghibur dan memberikan semangat baru dalam menyelesaikan tugas - tugas selama masa studi.

9. Rosa Surya Ningsih, S.Farm., yang selalu memberi dukungan dan motivasi untuk semangat dalam menulis Tugas Akhir ini.
10. Seluruh rekan seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2012 terutama kepada Yoga Rendra Saputra yang selalu menemani dalam suka dan duka.
11. Seluruh staf *Advanced Material and Manufacture Processing Centre* yang telah membantu penyelesaian riset Tugas Akhir ini
12. Semua pihak yang telah berperan dalam seluruh proses pembelajaran yang tidak bisa penulis sebutkan satu - persatu.

Penulis sangat menyadari akan keterbatasan penulis, sehingga Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Harapan penulis adalah Tugas Akhir ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi siapapun yang membacanya. Aamiin.

Yogyakarta, 07 Desember 2015

Panji Prihandoko  
(20120130021)

## **DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	iii
<b>HALAMAN MOTO .....</b>	iv
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	v
<b>DAFTAR ISI .....</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	x
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xii
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xv
<b>INTISARI .....</b>	xvi
<b>ABSTRACT .....</b>	xvii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Kajian Pustaka dan Dasar Teori .....	4
2.2. <i>Osteosynthesis Plate</i> .....	8

2.3. <i>Stainless Steel AISI 316L</i> .....	11
2.4. Metode <i>Shot Peening</i> .....	13
2.5. Pengamatan Struktur Mikro .....	14
2.6. Pengujian Kekerasan Permukaan ( <i>Vickers</i> ) .....	15
2.7. Pengujian Kekasaran Permukaan .....	19

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Bahan Penelitian .....	22
3.2. Alat Penelitian.....	23
3.3. Tahapan Proses Penelitian	
3.3.1. Tahap Persiapan .....	24
3.3.2. Tahap <i>Shot Peening</i> .....	24
3.3.3. Tahap Pengujian Struktur Mikro ( <i>Microstructure</i> ) .....	25
3.3.4. Tahap Pengujian Kekasaran Permukaan ( <i>Surface Roughnes</i> ) ....	25
3.3.5. Tahap Pengujian Kekerasan ( <i>Microhardness</i> ) .....	26
3.3.6. Tahap Pengolahan Data .....	26
3.4. Diagram Alir Penelitian .....	27

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

4.1. Hasil setelah perlakuan <i>shot peening</i> .....	28
4.2. Hasil Struktur Mikro .....	29
4.3. Hasil Uji Kekerasan Mikro ( <i>Vickers</i> ).....	30
4.4. Hasil Uji Kekasaran Permukaan .....	31
4.5. Pembahasan Struktur Mikro .....	32
4.6. Pembahasan Uji Kekerasan Mikro ( <i>Vickers</i> ) .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Distribusi nilai kekerasan mikro ( <i>microhardness</i> ) terhadap kedalaman permukaan untuk 0, 5, 10, 15, dan 20 menit .....	5
Gambar 2.2.	Nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ ) terhadap durasi SMAT .....	6
Gambar 2.3.	Gambar jenis-jenis <i>Osteosynthesis Plate</i> .....	9
Gambar 2.4.	Desain pelat penyambung tulang .....	10
Gambar 2.5.	Produk pelat penyambung tulang .....	10
Gambar 2.6.	Hasil EDX <i>Stainless steel AISI-316L</i> .....	12
Gambar 2.7.	Proses <i>shot peening</i> .....	13
Gambar 2.8.	Mekanisme pembentukan tegangan tekan akibat tumbukan .....	14
Gambar 2.9.	Skema proses uji kekerasan permukaan .....	16
Gambar 2.10.	Bekas injakan identor Vickers .....	18
Gambar 2.11.	Pengukuran bekas injakan identor <i>Vikers</i> .....	18
Gambar 2.12.	Grafik nilai kekasaran permukaan suatu material .....	20
Gambar 2.13.	Skema <i>stylus</i> membaca permukaan sampel .....	20
Gambar 3.1.	Pelat <i>Stainless Steel AISI-316L</i> tebal 4 mm .....	22
Gambar 3.2.	Ukuran <i>steel ball</i> yang digunakan untuk proses <i>shot peening</i> .....	22
Gambar 3.3.	Kompresor merk SHARK H-200 kapasitas 250 liter .....	23
Gambar 3.4.	<i>Spray gun</i> .....	23
Gambar 3.5.	Mekanisme kerja alat <i>shot peening</i> .....	25
Gambar 3.5.	Diagram alir penelitian .....	27
Gambar 4.1.	Sampel material (a) sebelum <i>shot peening</i> dan (b) sesudah <i>shot peening</i> .....	28

Gambar 4.2.	Hasil foto struktur mikro (a) <i>raw</i> material; variabel waktu hasil proses <i>shot peening</i> pada tekanan 6 bar selama (b) 9 menit; (c) 10 menit; (d) 11 menit; dan (e) 12 menit. ....	29
Gambar 4.3.	Grafik hasil nilai kekerasan mikro (HV) .....	31
Gambar 4.4.	Grafik hubungan variasi waktu shot peening dengan kekasaran (Ra) .....	32
Gambar 4.5.	Iustrasi sampel yang telah diberi perlakuan <i>shot peening</i> .....	33
Gambar 4.6.	Perlakuan <i>shot peening</i> durasi 6 menit .....	35
Gambar 4.7.	<i>Surfase morphology</i> spesimen sebelum dan setelah dilakukan perlakuan <i>shot peening</i> menggunakan <i>slag ball</i> .....	36
Gambar 4.8.	Proses peningkatan kekerasan material pada titik yang lebih dalam .....	39
Gambar 4.9.	Grafik nilai kekasaran permukaan terhadap waktu proses <i>shot peening</i> menggunakan <i>slag ball</i> .....	43

## **DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN**

AISI	= American Iron and Steel Institute
C	= <i>Carbon</i>
Cr	= <i>Chromium</i>
d	= diameter (mm)
$d_1$	= Panjang diagonal 1 ( $\mu\text{m}$ )
$d_2$	= Panjang diagonal 2 ( $\mu\text{m}$ )
HV	= <i>Vickers Hardness Number</i>
l	= panjang (mm)
Mn	= <i>Manganese</i>
Mo	= <i>Molybdenum</i>
Ni	= <i>Nickel</i>
P	= <i>Phosphorus</i>
P	= Tekanan (kgf)
$R_a$	= Nilai kekasaran rata-rata ( $\mu\text{m}$ )
$R_{\max}$	= Nilai kekasaran maksimum ( $\mu\text{m}$ )
$R_n$	= Nilai kekasaran pada n ( $\mu\text{m}$ )
$R_z$	= Nilai kekasaran rata-rata dari puncak dan lembah tertinggi ( $\mu\text{m}$ )
rpm	= rotasi per menit
S	= <i>Sulfur</i>

Si	= <i>Silicon</i>
SMAT	= <i>Surface Mechanical Attrition Treatment</i>
V <sub>h</sub>	= <i>Vertical transmit – horizontal receive</i>
V <sub>v</sub>	= <i>Vertikal transmit – vertical receive</i>
wt%	= Presentase berat
λ <sub>c</sub>	= <i>cut off value (wave length) (mm)</i>
µm	= mikro meter

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Proses <i>Shot Peening</i> .....	50
Lampiran 2	Proses Pengujian Struktur Mikro .....	51
Lampiran 3	Proses Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> .....	51
Lampiran 4	Proses Pengujian Kekasaran Permukaan .....	52
Lampiran 5	Hasil Struktur Mikro .....	52
Lampiran 6	Data Hasil Uji Kekerasan .....	55
Lampiran 7	Data Hasil Uji Kekasaran .....	56
Lampiran 8	Paper International Conference on Mechanical and Manufaturing Engineering-AUND Set/Net JICA UGM 2015 .....	57
Lampiran 9	Certificate ICMME AUND Set/Net JICA UGM 2015 .....	62

## INTISARI

*Shot peening* merupakan suatu metode untuk meningkatkan kekasaran permukaan dan kekerasan permukaan. *Stainless steel AISI 316L* merupakan salah satu jenis material biokompatibel yang masih rentan terhadap retak permukaan, sehingga dibutuhkan modifikasi untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh *shot peening* terhadap struktur mikro, kekerasan, kekasaran permukaan pada bahan implan *stainless steel AISI 316L* yang digunakan untuk pelat penyambung tulang kedepannya.

Perlakuan *shot peening* dilakukan dengan meletakan pelat implan di dalam kotak *shot peening*, kemudian ditembak dengan bola-bola baja berdiameter 0,4 mm. Jarak *nozzle* terhadap permukaan sampel adalah 100 mm dengan tekanan penyemprotan dijaga konstan 6 bar. Variabel yang digunakan adalah durasi waktu penembakan bola-bola baja selama 9 menit, 10 menit, 11 menit, dan 12 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *shot peening* dapat mengubah struktur mikro pada permukaan dan sub permukaan. Kekerasan sampel pelat *stainless steel AISI 316L* meningkat hingga 200 HV dari yang sebelum perlakuan adalah 100 HV. Kekasaran permukaan dari yang semula 0,5  $\mu\text{m}$  meningkat hingga 1,2  $\mu\text{m}$ .

**Kata kunci:** Kekasaran, kekerasan permukaan, struktur mikro, *shot peening*, *stainless steel AISI-316L*.

## ***ABSTRACT***

*Shot peening is one of the methods to increase hardness of material and roughness its surface. Stainless steel AISI 316L, one type of biocompatible material, is prone to surface crack hence need to improve its surface mechanical properties. This research aims to investigate the effect of shot peening to the microstructure, microhardness, and surface roughness of Stainless steel AISI 316 L surfaces which will further be used for osteosynthesis plate.*

*Shot peening process is carried by placing the specimens inside a box, then shooting it using steel ball with diameter 0.4 mm. The nozzle-to-plate distance is fixed 100 mm and the pressure is maintained at 6 bar. In this experiment, I studied the effect of time variation of shotpeening, which are 9 minutes, 10 minutes, 11 minutes, and 12 minutes.*

*The result of this research shows that the shot peening treatment process has change the microstructure on the surface and sub-surface of AISI 316L. The microhardness has increased from 100 HV to 220 HV, and the surface roughness also increased from 0.5  $\mu\text{m}$  to 1.2  $\mu\text{m}$ .*

**Keywords:** Hardness, microstructure, surface roughness, shot peening, stainless steel AISI 316L.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi ilmu bedah tulang dan biomaterial terbaru terus berkembang guna mengatasi permasalahan yang muncul dalam bidang bedah tulang (*orthopedic*). Penggunaan biomaterial tidak hanya untuk pembuatan alat bedah, tetapi juga untuk pembuatan alat implan. Implantasi di bidang bedah tulang merupakan usaha untuk memperbaiki atau mengganti bagian tulang yang rusak atau cacat dengan material sintesis (Ruliyanto, 2005). Material sintetis yang umum digunakan adalah titanium, *stainless stell AISI-304*, *stainless stell AISI-316L*, dan lainnya. Logam jenis titanium merupakan biomaterial yang bersifat ringan, keras, kuat dan tahan korosi. Namun apabila dilihat dari segi harga, titanium relatif mahal dan sulit dalam manufaktur. Titanium dihargai lebih mahal daripada emas karena bersifat ringan, kuat, keras, dan tahan korosi. Maka perkembangan ilmu teknologi terus mencari alternatif yang lebih baik dari titanium.

Perlakuan permukaan (*surface treatment*) sering dilakukan untuk bahan logam implan. Karena dengan perlakuan permukaan, implan menjadi lebih tahan lelah atau *fatigue* (Amin dkk, 2008), kekasaran permukaan bertambah, dan lebih tahan terhadap korosi (Arifvianto dkk, 2009). Salah satu contoh perlakuan permukaan yang sering digunakan pada bahan implan adalah *shot peening*. *Shot peening* merupakan metode pengrajan dingin (*cold worked*). Seperti halnya *sand blasting*, *shot peening* adalah proses memadatkan permukaan material dengan cara menyemprotkan material *abrasive* ke permukaan material target dengan kecepatan tinggi. Hasil penelitian dari Liu dkk (2000), menunjukkan bahwa ada peningkatan kekerasan permukaan pada material uji karena deformasi plastis dan terbentuknya struktur *nanocrystalline*. Peningkatan kekerasan mikro tertinggi terjadi pada permukaan kemudian semakin dalam semakin menurun. *Shot peening* sejauh ini digunakan untuk benda-benda dengan geometri sederhana, seperti pelat. Pada

bidang pelat, perlakuan ini berhasil meningkatkan kekasaran permukaan, kekerasan mikro dan kekerasan submikro (Ahqiyar, 2011).

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh *shot peening* terhadap struktur mikro permukaan pelat implan *stainless steel* AISI-316L.
2. Bagaimana pengaruh *shot peening* terhadap kekerasan permukaan pelat implan *stainless steel* AISI-316L.
3. Bagaimana pengaruh *shot peening* terhadap kekasaran permukaan pelat implan *stainless steel* AISI-316L.

### **1.3. Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi oleh hal-hal berikut:

1. Proses *shot peening* terjadi pada tekanan udara dan kecepatan konstan atau stabil.
2. Material *abrasive* atau butiran baja yang disemburkan memiliki sifat mekanis yang sama.
3. Penelitian ini membahas pada pembuatan pelat penyambung tulang yang digunakan untuk menyambung bagian tangan.
4. Penelitian ini tidak membahas mengenai sekrup yang digunakan untuk memasang pelat penyambung tulang.
5. Penelitian dibatasi pada pengujian struktur mikro, kekerasan, dan kekasaran permukaan pelat implan *stainless steel* AISI-316L.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh *shot peening* terhadap struktur mikro permukaan pelat implan *stainless steel* AISI-316L.
2. Mengetahui pengaruh *shot peening* terhadap kekerasan permukaan pelat implan *stainless steel* AISI-316L.

- 3.Mengetahui pengaruh *shot peening* terhadap kekasaran permukaan pelat implan *stainless steel AISI-316L*.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menemukan perlakuan *shot peening* yang tepat pada bahan plat implan *stainless steel AISI-316L* sehingga dapat diterapkan dalam pembuatan implan yang lebih baik dan sesuai dengan standar yang dibutuhkan.