

LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN PRODI



PERLAKUAN SHOT PEENING UNTUKREKAYASA
SIFAT PERMUKAAN BAJA TAHAN KARAT
SEBAGAI MATERIAL BIOMEDIK

TIM PENGUSUL:

Ketua:

Nama : Aris Widyo Nugroho, ST., MT., PhD
NIDN : 0507037001
NIP/NIK : 19700307199509123022

Anggota:

Nama : Sunardi, S.T., M.Eng.
NIDN : 0510027701
NIP/NIK : 19770210201410123068

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
NOVEMBER 2017

HALAMAN PENGESAHAN

PENELITIAN UNGGULAN PRODI

Judul Penelitian : Perlakuan *Shot Peening* Untuk Rekayasa Sifat Permukaan Baja Tahan Karat sebagai Material Biomedik

Nama Rumpun Ilmu : Bioengineering

Ketua Peneliti:

a. Nama Lengkap : Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

b. NIDN : 0507037001

c. Jabatan Fungsional : Lektor

d. Program Studi : Teknik Mesin

e. Nomor HP : 085643361829

f. Alamat surel (e-mail) : nugrohoaris@gmail.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Sunardi, S.T., M.Eng.

b. NIDN : 0510027701

c. Jabatan Fungsional : -

d. Program Studi : Teknik Mesin

e. Nomor HP : 081931796292

f. Alamat surel (e-mail) : sunardi@umy.ac.id, sunardi.umy@gmail.com

Biaya keseluruhan : Rp. 20.000.000,00

Yogyakarta, 15 November 2017

Ketua Peneliti



Aris Widyo Nugroho, ST., MT., PhD
NIK: 19700703199509123022

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Jazaul Ikhsan, ST., MT., PhD
NIK: 19720524199804123037

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Pengesahan	ii
Daftar Isi	iv
Ringkasan.....	vi
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar belakang.....	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 dan Landasan Teori	4
2.1 Kajian Pustaka.....	4
2.1.1 Material Sampel Uji.....	4
2.1.2 Bahan dan Diameter <i>Steel Ball</i>	5
2.1.3 Dimensi Sampel	5
2.1.4 Variasi Tekanan	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 <i>Stainless Steel</i>	6
2.2.2 <i>Ostesynthesis Plate</i>	8
2.2.3 <i>Shot Peening</i>	9
2.2.4 <i>Simulated Body Fluid (SBF)</i>	10
2.2.5 Pengujian Struktur Mikro (<i>Micro Structure</i>)	10

2.2.6	Pengujian Kekasaran Permukaan (<i>Surface Roughness</i>).....	11
2.2.7	Pengujian Kekerasan.....	12
2.2.8	Laju Korosi	12
2.2.9	Laju Korosi	13
2.2.10	<i>Wettability</i>	14
2.3	Kesesuaian dengan <i>Road Mad</i> Penelitian Prodi	15
BAB III	Metode Penelitian	17
3.1	Bahan Penelitian.....	17
3.2	Alat Penelitian.....	17
3.3	Tahapan Proses Penelitian.....	19
3.4	Diagram Alir Penelitian	22
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Perlakuan <i>Shot Peening</i> dengan Variasi Diameter <i>Steel Ball</i>	23
4.2	Perlakuan <i>Shot Peening</i> dengan Variasi Jarak Penembakan.....	32
4.3	Perlakuan <i>Shot Peening</i> dengan Variasi Sudut Penembakan.....	47
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	59
Daftar Pustaka	60

RINGKASAN

Implantasi adalah upaya untuk memperbaiki atau mengganti bagian tubuh yang kurang berfungsi dengan biomaterial. SS-304 merupakan salah satu material yang telah digunakan untuk bahan implan. Kelebihan dari SS-304 antara lain tahan korosi, mudah dibentuk, ringan, murah, banyak dan mudah diperoleh dipasaran. Tetapi, sebelum digunakan sebagai bahan implan perlu dilakukan perbaikan sifat materialnya. *Shot peening* adalah salah satu metode perlakuan untuk memperbaiki karakteristik material. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi diameter steel ball, variasi jarak penembakan dan variasi sudut penembakan *shot peening* terhadap struktur mikro, kekasaran permukaan, kekerasan, *wettability*, laju korosipada material biomedik plat penyambung tulang SS-304.

Perlakuan *Shot peening* dilakukan dengan menggunakan tekanan penyemprotan 6 bar, durasi penyemprotan 10 menit, sudut penembakan 60° , 70° , 80° , 90° dengan material tembak bola-bola baja diameter 0,4 mm, 0.6 mm dan 0.7 mm. Variasi jarak penembakan dipilih 80 mm, 90 mm, 100 mm, 110 mm, dan 120 mm. Spesimen *stainless steel* AISI-304 dibuat dengan dimensi 20 x 15 mm dengan tebal 4 mm. Hasil *shot peening* dikarakterisasi meliputi struktur mikro, kekasaran permukaan, kekerasan, *wettability* dan laju korosi dalam media *Simulated Body Fluid* (SBF).

Hasil penelitian penunjukkan bahwa perlakuan *shot peening* pada permukaan SS-304 dengan variasi diameter *steel ball*, variasi jarak penembakan dan variasi sudut penembakan dapat merubah butiran struktur mikro pada permukaan benda kerja menjadi lebih halus dan pipih, meningkatkan nilai kekerasan dan kekasaran permukaan, mengurangi ketebalan benda kerja, sifat permukaan yang bersifat *hidropilic*, dan meningkatkan laju korosi SS-304 dalam media SBF.

Katakunci: Shot peening, Stainless Steel 304, Wettability, Laju Korosi, SBF

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 steel* (SS) AISI-304, *stainless steel* 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* (Amindkk, 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 pengerjaan 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). *Shot peening* menjadikan permukaan lebih kasar dan *hydrophilic* karena tabrakan berulang dari material *abrasive* menimbulkan deformasi. Serta menguntungkan dalam penyerapan protein dalam membentuk rangkaian sel-sel tulang yang menempel pada implan (Azar dkk, 2010 dan Wilson dkk, 2015).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan dan sudut penembakan *shot peening* terhadap kekasaran permukaan, kekerasan permukaan, *wettability* dan ketahanan korosi pada plat SSAISI 304 dalam larutan *Simulated Body Fluid* (SBF).

1.2.Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan dan sudut penembakan *shot peening* terhadap Kekasaran permukaan pada plat SSAISI 304.
2. Bagaimana pengaruh variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan, dan sudut penembakan *shot peening* terhadap Kekasaran permukaan pada plat SSAISI 304.
3. Bagaimana pengaruh variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan, dan sudut penembakan *shot peening* terhadap *Wettability* pada plat SS AISI 304.
4. Bagaimana pengaruh variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan, dan sudut penembakan *shot peening* terhadap Laju Korosi pada plat SS AISI 304 dalam larutan SBF.

1.3.Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh:

1. Proses perlakuan *shot peening* dilakukan dengan tekanan udara yang konstan.
2. Material butiran baja yang disebarkan memiliki sifat mekanis yang sama.
3. Material yang digunakan adalah SSAISI 304 dengan ketebalan plat 4 mm.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi diameter *steel ball shot peening* terhadap kekerasan permukaan pada plat SS AISI 304.
2. Mengetahui pengaruh variasi diameter *steel ball shot peening* terhadap kekasaran permukaan pada plat SS AISI 304.
3. Mengetahui pengaruh variasi diameter *steel ball shot peening* terhadap *Wettability* pada plat SS AISI 304.
4. Mengetahui pengaruh variasi diameter *steel ball shot peening* terhadap Laju Korosi pada plat SS AISI 304 dalam larutan SBF.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan perlakuan *shot peening* yang tepat pada bahan plat implan SS AISI 304 untuk selanjutnya dapat diaplikasikan dalam pembuatan plat implan yang lebih baik, murah dan sesuai dengan standar yang dibutuhkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Metode *shot peening* sebenarnya bukanlah metode yang tergolong baru dilakukan apalagi dalam dunia kesehatan dan dunia *engineering*. Karena sampai dengan saat ini sudah banyak peneliti-peneliti yang sudah melakukan penelitian dengan menggunakan perlakuan *shot peening* ini. Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian yang tidaklah menyimpang dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Dimasa sebelumnya ada beberapa peneliti yang sudah melakukan penelitian terkait dengan proses *shot peening* ini diantaranya Karo (2002), Badaruddin dan Sugiyanto (2005), Badran dkk (2008), Pujar dkk (2008), Budianto dkk (2009), Azar dkk (2010), Singh dkk (2010), Perdhana dkk (2011), Matarneh (2012), Hidayat (2013), Setiawan (2013), Sunardi dkk (2013), Khairulmaini dkk (2015), Wibowo dan Setianingrum (2015).

Para peneliti yang disebutkan diatas tersebut memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh dari *shot peening* terhadap beberapa kondisi benda uji, seperti kelelahan (*fatigue*), kekerasan permukaan (*micro hardness*), kekasaran permukaan (*surface roughness*), struktur mikro, dan laju korosi.

2.1.1 Material Sampel Uji

Semua peneliti diatas rata-rata tidak semuanya menggunakan material SS AISI 304, akan tetapi mereka menggunakan beberapa macam jenis material untuk penelitian *shot peening* ini diantaranya pada penelitian Karo (2002) menggunakan material plat baja AISI 1020 tebal 3 mm. Badaruddin dan Sugiyanto (2005) menggunakan material dengan baja karbon rendah dengan ketebalan 10 mm. Badran dkk (2008) dan Matarneh (2012) menggunakan material *stainless steel AISI 304L*. Azar dkk (2010) menggunakan material SS AISI 316L. Singh dkk (2010) menggunakan material jenis SS RS 561. Hidayat (2013) dan Setiawan (2013)

menggunakan material SS *AISI 316L* berbentuk silindris. Pujar dkk (2008), Budianto dkk (2009), Perdana dkk (2011), Sunardi dkk (2013), Khairulmaini dkk (2015), Wibowo dan Setianingrum (2015) menggunakan material jenis SS *AISI 304*.

2.1.2 Bahan dan Diameter *Steel Ball*

Bahan *steel ball* dari penelitian-penelitian diatas menggunakan jenis material abrasif pada umumnya. Dan material abrasif yang digunakan juga berbeda-beda. Pada penelitian Karo (2002) menggunakan baja ukuran diameter 0,7 mm. Badaruddin dan Sugiyanto (2005) menggunakan *steel ball* berdiameter 0,8 mm. Badran dkk (2008) menggunakan *steel ball* berdiameter 0,3 mm. Azar dkk (2010) menggunakan *steel ball* dengan diameter 1 - 2 mm. Hidayat (2013) menggunakan butiran baja berdiameter $3,3 \pm 0,1$ mm. Setiawan (2013) menggunakan bahan *slag ball*. Sunardi dkk (2013) menggunakan *steel ball* dengan diameter 0,6 mm. Wibowo dan Setianingrum (2015) menggunakan diameter *steel ball* 0,7 mm.

2.1.3 Dimensi Sampel

Beberapa penelitian tentang *shot peening* menggunakan bentuk material uji yang berbeda seperti Arifvianto dkk (2011) ukuran plat $100 \times 50 \times 4$ mm, Multigner dkk (2009) dengan bentuk plat diameter 20 mm dan ketebalan 2 mm, Adriawan (2011) menggunakan $10 \times 10 \times 3$ mm, As'ad (2008) dan Ashari (2008) $10 \times 5 \times 0,7$ cm. Ukuran dan bentuk dari beberapa penelitiannya menggunakan ukuran standar pengujian dan bentuk yang relative datar, tanpa memperhatikan pengaruh deformasi material dari hasil *shot peening* dengan material yang memiliki kontur yang kompleks.

2.1.4 Variasi Tekanan

Variasi tekanan penyemprotan dari beberapa penelitian ditunjukkan Wang dan Li (2003); Jiang dkk (2006) dengan tekanan penyemprotan 20,68 bar. Ashari (2008) dan As'ad (2008) menggunakan variabel tekanan mulai dari 4-6 bar. Tang dan Li (2008) menggunakan tekanan 3 bar, hampir serupa dengan Multigner dkk (2009)

yang menggunakan 3,5 bar. Arifvianto dkk (2011) menggunakan 8 bar, sedangkan Pramudia (2011) menggunakan tekanan 6-7bar. Adriawan (2011); Widodo (2011); Ishak (2011) menggunakan 5-7bar.

Shot peening merupakan salah satu metode untuk memadatkan sekitar permukaan material dengan cara penyemprotan material abrasif ke permukaan material dengan kecepatan tinggi. Hasil penelitian dari beberapa peneliti menyimpulkan adanya kecenderungan peningkatan kekasaran permukaan pada material uji (Setiawan 2013).

Dalam kondisi riilnya, *orthopedic implant* akan menerima beban dinamis dan berinteraksi dengan cairan tubuh manusia. Kegagalan 90 persen terjadi pada *orthopedic Implant* disebabkan retak fatik dan korosi. Karenasacara alami *orthopedic implant* mengalami pergerakan sesuai gerak bagian tubuh, sehingga timbul konsentrasi tegangan pada bagian struktur yang lemah. Disinilah awal laju retak fatik dan laju korosi akan cepat meningkat. Oleh karena itu, teknologi perlakuan permukaan seperti *shot peening* sangat bermanfaat untuk memaksimalkan sifat – sifat mekanis material tersebut (Wibowo dkk, 2015).

Penelitian pengaruh variasi diameter *steel ball shot peening* pada *stainless steel AISI 304* sejauh ini belum banyak yang dilaporkan. Untuk itu, penelitian ini akan fokus pada pengujian untuk mengetahui pengaruh variasi diameter *steel ball shot peening* terhadap kekasaran permukaan, kekerasan, *wettability* dan laju korosi pada *stainless steel AISI 304* dalam larutan *synthetic body fluid* (SBF) yang merupakan salah satu cairan tiruan yang menyerupai cairan dalam tubuh manusia.

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 *Stainless Steel*

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *Stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% Kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida Kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi (Ferum) (Setiawan 2013).

Dalam ilmu *metallurgy*, baja tahan karat biasa disebut *inox steel* atau *inox* yang berasal dari bahasa perancis “*inoxydable*”. Ini disebabkan karena baja tahan karat memiliki daya tahan terhadap oksidasi yang tinggi di udara dalam suhu lingkungan biasa dapat dicapai karena adanya tambahan krom (Mukhsen, 2012). Lapisan kromium tersebut akan membentuk lapisan yang sangat tipis dan bersifat tidak aktif, sehingga lapisan tersebut dapat melindungi material baja saat kontak langsung dengan oksigen.

Stainless steel merupakan baja tahan karat yang telah banyak digunakan sebagai bahan pembuatan alat-alat kedokteran. Baja tahan karat sedikit mengandung karbon, maka sulit untuk bereaksi terhadap udara dan air (Callister, 2001: S-231). *Stainless Steel AISI 304* merupakan salah satu dari tipe material yang banyak digunakan sebagai alat *orthopedic*, walaupun jika dilihat dari segi tingkat ketahanan korosinya masih dibawah material titanium, namun material ini merupakan material yang sering digunakan oleh para medis sebagai alat bantu implan terhadap jaringan tulang manusia.

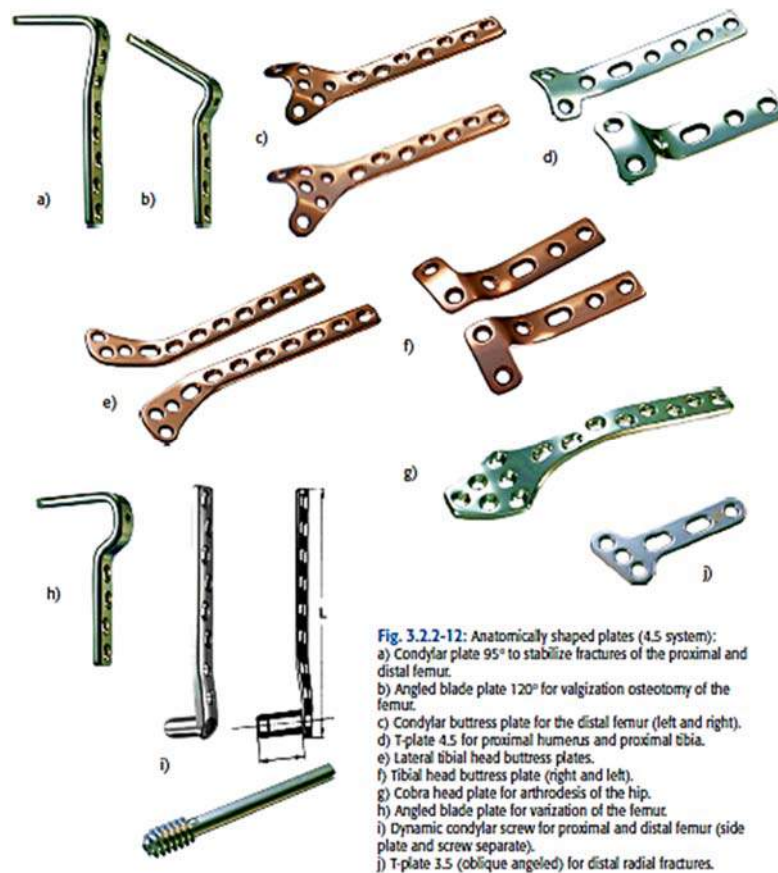
Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Stainless Steel AISI 304*

%	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
Min	0,022	0,530	1,03	0,043	0,003	18,34	8,01	0,054
Max	0,070	0,750	2,00	0,045	0,030	19,50	10,50	0,100

Stainless Steel AISI 304 merupakan material yang mudah didapat di pasaran, dan harga relatif murah. Baja ini memiliki sifat yang mudah dibentuk, tahan karat, dan ringan. Aplikasi SS AISI 304 ini cukup banyak digunakan pada material kawat implan (Disegi dan Zardiackas, 2003), mesin jet, pesawat terbang (Adriawan, 2011), tabung tekanan tinggi, pipa pada reaktor nuklir (Zhao, 2000: 358), turbin, industri kimia (McGuire, 2008: 72) dan aplikasi lainnya.

2.2.2 Osteosynthesis Plate

Osteosynthesis plate yang merupakan alat yang digunakan untuk menyambung tulang pada penderita patah tulang. Hal tersebut akan berdampak positif dalam dunia industri, dalam hal ini khususnya dibidang kedokteran. Proses pembuatan produk untuk penyambung tulang atau dengan istilah asing *osteosynthesis plate* masih dilakukan di negara-negara lain. Gambar jenis-jenis *osteosynthesis plate* ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gambar jenis-jenis *osteosynthesis plate*.
(Miclau T, Martin RE, 1997)

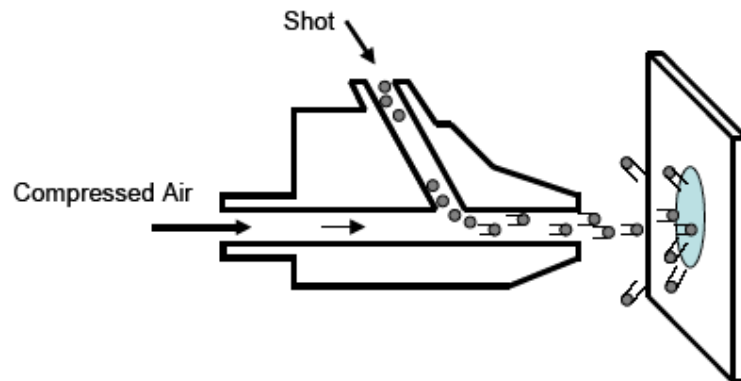
Pembuatan *osteosynthesis plate* tentu saja berdasarkan dari data yang dibutuhkan dan dimensi tulang dalam melakukan riset. Berdasarkan hal itu, hasil produk yang sudah ada ketika digunakan atau dipasang pada tulang manusia

khususnya di Indonesia, mengalami kesulitan karena data riset yang digunakan berbeda dengan data tulang pada masyarakat Indonesia.

Osteosynthesis plate ini biasanya digunakan untuk menyambung tulang lengan tangan, kaki, paha, tulang punggung, jari-jari, dan lain sebagainya. Produk ini akan sangat membantu dalam proses penyembuhan tulang yang diharapkan dapat memberikan hasil yang maksimal.

2.2.3 Shot Peening

Shot peening merupakan metode perlakuan permukaan dengan menembakan butiran material bola-bola baja dengan tekanan tinggi pada permukaan material logam secara berulang-ulang dan *progressive*, sehingga menghasilkan permukaan logam menjadi lebih kasar dan rata, deformasi plastis, pengerasan regangan, menutup porositas, meningkatkan ketahanan terhadap *freeing* dan tegangan sisa tekan pada permukaan material yang akan meningkatkan sifat mekanik material (Sunardi dkk 2013).



Gambar 2.2 Ilustrasi skematik pada proses *shot peening* (Umemoto, 2003).

Tumbukan partikel menekan permukaan secara acak sehingga menyebabkan permukaan material menjadi lebih kasar. Selain itu, jika terjadi tumbukan dalam kecepatan tinggi akan menyebabkan permukaan mengalami penekanan sehingga menimbulkan tegangan tekan sisa (*compression residual stress*) pada permukaan material.

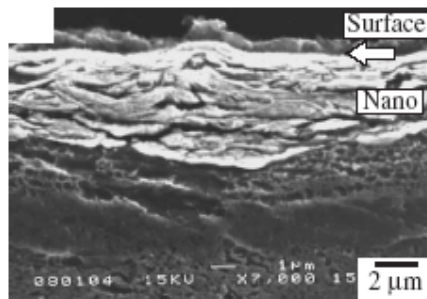
2.2.4 *Simulated Body Fluid (SBF)*

larutan *simulated body fluid* (SBF) merupakan larutan yang memiliki konsentrasi ion yang hampir sama dengan cairan tubuh manusia. Karena memiliki konsentrasi ion yang hampir mirip dengan dengan cairan tubuh, maka SBF sering disebut simulasi cairan tubuh (Doyahudin 2008). Cairan ini sudah umum digunakan bagi para peneliti untuk meneliti tingkat laju korosi pada material – material biomedik yang berinteraksi langsung dengan tubuh manusia. Fungsi dari cairan ini sebagai pengganti unsur *electrolit* yang harus ada dalam sebuah pengujian laju korosi.

Secara umum, larutan SBF ini memiliki kandungan yang berbeda-beda, disesuaikan dengan merk dan daerah asal larutan tersebut diproduksi. Sebagai contoh cairan infus merk Otsu RL buatan Jepang dengan komposisi larutan 130 mEq/L Na⁺, 4 mEq/L K⁺, 0,15 gr KCl, 2,7 mEq/L Ca⁺⁺, 108,7 mEq/L Cl, 28 mEq/L HCO₃, 1,55 gr C₃H₅NaO₃, 0,1 gr CaCl₂, 500 ml Aquades steril (Wibowo dkk 2015).

2.2.5 *Pengujian Struktur Mikro (micro structure)*

Pengujian struktur mikro pada logam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap perubahan struktur mikro dan perubahan sifat logam serta membandingkan dengan sifat mekanik yang diinginkan.

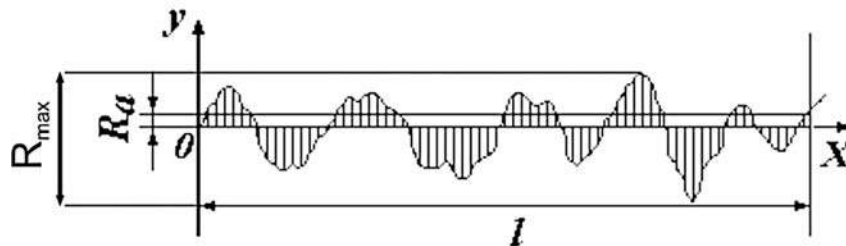


Gambar 2.3 Struktur mikro dengan SEM pada permukaan baja Fe-2,29Si setelah *dishot peening* 10 detik, diameter bola baja <50 μm (Umemoto, 2003).

Deformasi plastis yang dihasilkan oleh benturan bola-bola baja yang ditembakkan dengan kecepatan sangat tinggi pada proses *shot peening* ke permukaan spesimen akan membentuk lapisan permukaan berstruktur nano/ lapisan *nanocrystalline* dengan ukuran butir 10 nm-100 nm (Umemoto, 2003).

2.2.6 Pengujian Kekasaran Permukaan (*surface roughness*)

Kekasaran merupakan ukuran dari tekstur permukaan suatu benda atau material. Perbedaan tingkat kekasaran suatu material tidak cukup hanya dengan rabaan tangan atau melihat langsung permukaannya, tetapi harus ada standar baku sebagai acuan para peneliti. Standar pengukuran yang biasa digunakan dalam pengukuran permukaan yaitu R_a , R_z , atau R_{max} . R_a adalah tinggi rata-rata. R_z adalah rata-rata dari tinggi maksimum, sedangkan R_{max} adalah jarak antara bukit tertinggi dengan lembah terendah. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4. Satuan kekasaran μm .



Gambar 2.4 Grafik nilai kekasaran permukaan suatu material terhadap nilai R_a dan R_{max} .

Untuk mengukur kekasaran suatu permukaan dapat menggunakan metode kontak langsung pada permukaan material. Prinsip kerja metode ini menggunakan jarum yang berjalan sepanjang permukaan material. Jarum tersebut memiliki ukuran tersendiri tergantung dari keakuratan alat *surface roughness* yang digunakan. Sepanjang perjalanan, pengukuran *stylus* bergerak naik turun mengikuti bentuk kekasaran permukaan.

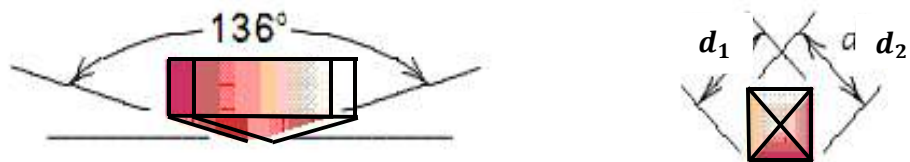


Gambar 2.5 Skema *stylus* membaca permukaan sampel (Hidayat 2013)

2.2.7 Pengujian Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan suatu material untuk menahan goresan dan menahan penekanan agar tidak terdeformasi. Metode pengujian kekerasan *Brinell* dan *Rockwell* digunakan pada material yang bersifat lebih lunak. Besar beban (gaya tekan) yang digunakan kisaran 500–1000 N. Dikarenakan beban yang digunakan cukup besar, maka akan mempengaruhi perubahan nilai kekerasan permukaan material. Sehingga pada penelitian ini memilih metode *Vickers* dianggap paling akurat ketika dilakukan pengujian dan pengambilan data dibanding metode *Brinell* dan *Rockwell*.

Pengujian kekerasan metode indentasi mikro Vickers. Kekerasannya diukur dari panjang diagonal bekas injakan indenter. Indenter berbentuk piramida intan dengan sudut antara permukaan berlawanan 136° seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Identasi vickers dan diagonal bekas injakan indenter. (Callister, 2001)

Nilai kekerasan vickers dapat dinyatakan dengan rumus (ASM Metals Handbook Vol. 8):

$$\text{VHN} = \frac{2 \cdot P \cdot \sin(\theta/2)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (2.1)$$

dengan: VHN = nilai kekerasan spesimen (kg/mm²)

P = beban terpasang (kg)

d = diameter rata-rata bekas injakan penetrator (mm)

θ = sudut piramide intan (136°)

2.2.8 Laju Korosi

Nilai laju korosi ditentukan berdasarkan nilai arus korosi (I_{corr}), dimana harga laju korosi suatu logam dalam lingkungan korosif adalah sebanding dengan arus korosinya (I_{corr}) (Wibowo dkk, 2015).

Untuk menentukan nilai arus korosi dengan menggunakan kurva *tafel* potensial lawan log intensitas arus ditampilkan pada monitor. Untuk memperoleh harga / nilai intensitas arus korosi yang tepat dibuat garis singgung pada kurva katoda dan anoda. Pencarian hasil (*searching*) dilakukan dengan menekan tombol “*enter*” sehingga monitor menampilkan data arus korosi (I_{corr}) (Herlani dkk, 2011). Rumusan untuk mencari laju korosi dengan tiga sel elektroda *tafel* ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$r = 0,129 \frac{a \times i}{n \times D} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

r = Laju korosi (*mpy*)

i = Arus korosi (μA /cm²)

a = Berat atom

n = Valensi atom

D = Berat jenis sampel (gram /cm³)

Perbandingan mpy dan satuan metrik memberikan peringkat sebagai berikut:

Tabel 2.2 Peringkat laju korosi.

Relative corrosion Resistance	mpy	$\frac{mm}{yr}$	$\frac{\mu m}{yr}$	$\frac{nm}{yr}$	$\frac{pm}{yr}$
Outstanding	<1	<0,02	<25	<2	<1
Excellent	1-5	0,02-0,10	25-100	2-10	<1
Good	5-20	0,10-0,50	100-500	10-50	20-50
Fair	20-50	0,00-1,00	500-1000	50-150	20-150
Poor	50-200	1,00-5,00	1000-5000	150-500	50-200
Unacceptable	>200	>5,00	>5000	>500	>200

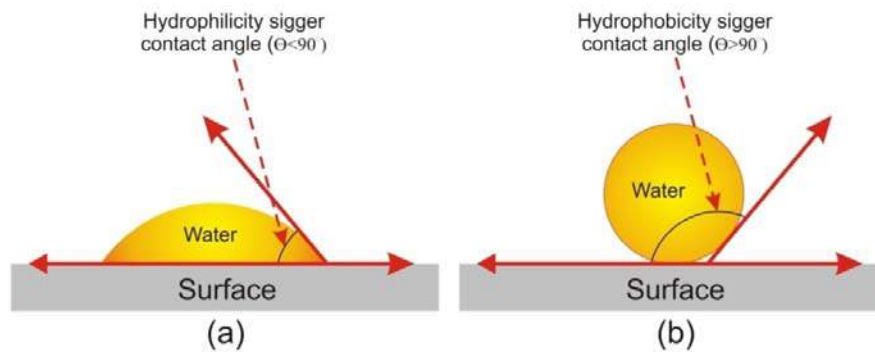
Sumber: (Jones, 1991)

2.2.9 Wettability

Sifat permukaan material terhadap ketahanan fluida cair ketika berada di atas permukaan material. *Hydrophilic* merupakan senyawa yang memiliki sifat dapat berinteraksi dengan air atau fluida. Sifat ini dapat menguntungkan pada penyerapan protein dalam membentuk rangkaian sel-sel tulang yang menempel pada *implant* (Wilson dkk, 2005). Penyerapan ini menunjang pembentukan ikatan yang lebih kuat dan stabil antara *implant* dengan jaringan tulang (Elias dkk, 2008; Khang dkk, 2008; Arens dkk, 1996). Suatu permukaan dikatakan bersifat *hydrophobic* jika permukaan tersebut tidak basah bila terkena air, permukaan selalu terlihat bersih. *Hydrophobicnya* suatu permukaan dapat diketahui dengan mengukur besarnya sudut kontak yang terbentuk pada permukaan bahan uji (Gusrita dkk, 2014).

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air yang ditetaskan ke permukaan bahan uji yang bersangkutan. Sudut

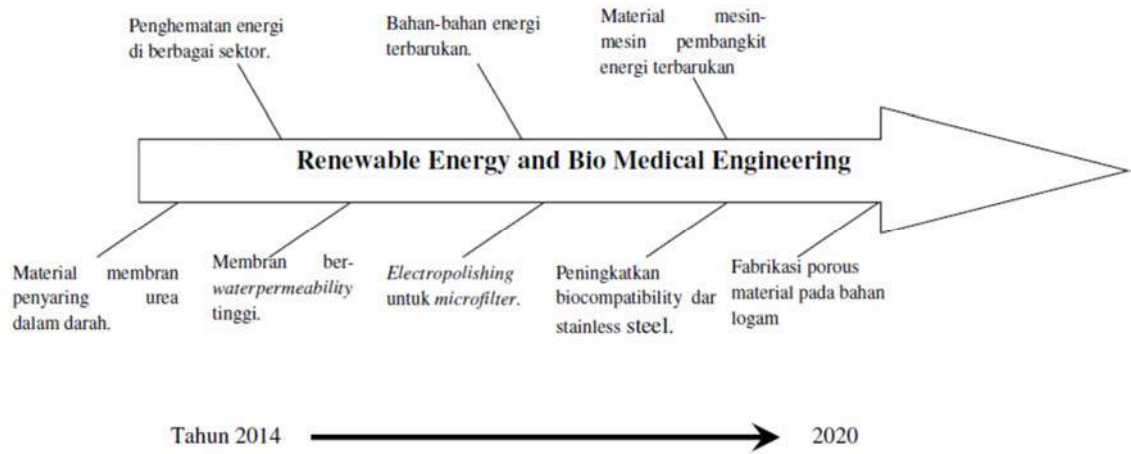
kontak berkaitan dengan karakteristik isolator yaitu sifat menyerap air (*hydrophilic*) atau sifat menolak air (*hydrophobic*) (Asy'ari dan Budiman, 2009). Sudut kontak kecil ($<90^\circ$) menunjukkan sangat *hydrophilic*, sementara sudut kontak besar ($>90^\circ$) menunjukkan rendahnya karakter *hydrophilic* suatu permukaan (Yuliwati dan Desi, 2014).



Gambar 2.7 Skema bentuk *contact angles* (a) *Hydrophilic* dan (b) *Hydrophobic* (Yuliwati dan Desi, 2014).

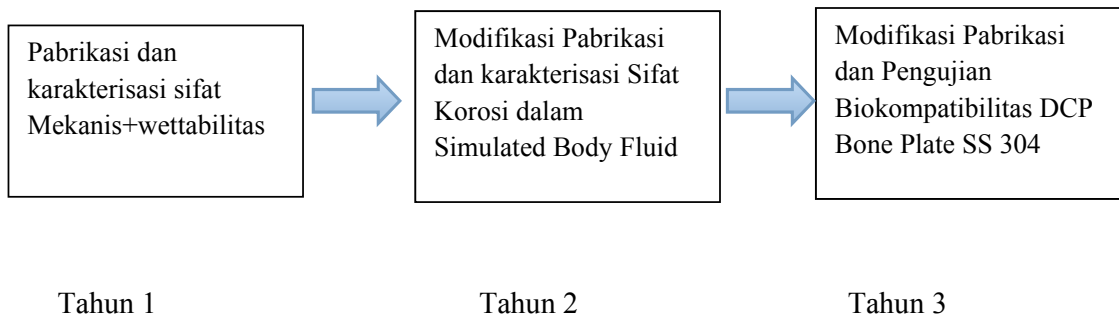
2.3 Kesesuaian dengan *Road Map* Penelitian Prodi

Penelitian ini sangat mendukung terhadap *road map* penelitian yang telah disusun oleh Prodi Teknik Mesin (Gambar 2.8), dibagian butir 3 mengenai pengembangan material biomedik khususnya *hard tissue* material.



. **Gambar 2.8** Fishbone diagram riset Prodi Teknik Mesin FT-UMY

Dari *roadmap* tersebut telah dilakukan penelitian tentang pembuatan *microfilter* dengan menggunakan *elektroplishing* dan pembuatan mesin ECM untuk pembuatan mikrofilter yang masing-masing didanai dari UMY dan penelitian Desentralisasi DIKTI. Sedangkan Rencana Penelitian ini terdiri dari 3 tahun dengan tahapan seperti pada gambar 2.9



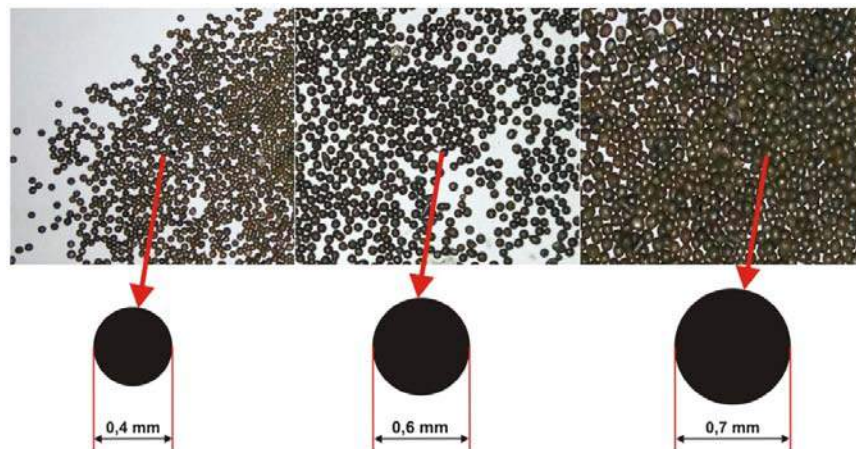
Gambar 2.9 Tahapan Penelitian pembuatan DCP *Bone plate* dari bahan SS-304

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Stainless Steel* AISI 304 dengan bentuk pelat, panjang 20mm, lebar 12 mm, dan tebal 4 mm sebanyak 11 buah sebagai sampel dan pelat *Osteosynthesis Plate*, panjang 105 mm, lebar 12 mm, dan tebal 4 mm sebanyak 4buah sebagai sampel.
2. *Steel Ball* sebagai material *shot* dengan variasi diameter S-230 0,7 mm, S-170 0,6 mm, S-110 0,4 mm merk Ferrosad dengan kekerasan 40 – 46 HRC.



Gambar 3.1 *steel ball* yang digunakan untuk proses *shot peening*

3.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan selama penelitian adalah:

1. Kompresor merk SHARK H-200 dengan kapasitas 250liter dan tekanan maksimal 12 kg/cm², sebagai penampung dan penyembur udara bertekanan pada proses *shot peening*.
2. *Spray gun*, berfungsi sebagai *nozzle* saluran keluar *steel ball* dan udara dengan kecepatan tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Perlakuan *shot peening* dengan variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan, dan sudut penembakan terhadap permukaan SS AISI 304 dapat merubah ukuran butir struktur mikro permukaan menjadi lebih halus dan pipih.
2. Pengaruh perlakuan *shot peening* dengan variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan, dan sudut penembakan terhadap SS AISI 304 dapat meningkatkan nilai kekasaran permukaan benda kerja.
3. Proses perlakuan *shot peening* variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan, dan sudut penembakan terhadap SS AISI 304 memberikan permukaan lebih bersifat *hidrophilic*.
4. Perlakuan *shot peening* variasi diameter *steel ball*, jarak penembakan, dan sudut penembakan terhadap SS AISI 304 meningkatkan laju korosi pada media SBF.

5.2 Saran

Kondisi sirkulasi udara pada *shot peening box* saat proses *shot peening* lebih diperhatikan. Supaya momentum tumbukan material abrasif pada permukaan sampel tidak tertahan oleh udara bertekanan yang masih terjebak didalam *shot peening box*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Metal Handbook, 2000, Mechanical Testing and Evaluation. Vol. 8.
- Azar, V., Hashemi, B., Yazdi, M.R. 2010. *The Effect of Shot Peening on Fatigue and Corrosion Behavior of 316L Stainless Steel in Ringer's Solution*. Surface and Coatings Technology. Vol 204, PP 3546–3551.
- Elias, C.N., Oshida, Y., Lima, J.H.C., Muller, C.A., 2008, Relationship between Surface Properties (Roughness, Wettability and Morphology) of Titanium and Dental Implant Removal Torque, *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, Vol. 1, pp. 234-242.
- Sunardi., Iswanto, P.T., Mudjjana. 2013. Pengaruh Waktu *Shot Peening* Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan *Stainless Steel AISI 304*. Seminar Nasional ke-8 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional. Yogyakarta.
- Trethewey, K.R. & Charnberlain, 1,1991, " Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Umemoto, M., 2003, Nanocrystallization of Steel by Severe Plastic Deformation, *Material Transaction*, Vol. 44, No. 10, pp. 1900-1911.
- Wibowo, S.A., Setianingrum, E. 2015. Pengaruh Perlakuan *Shot Peening* dan *Electroplating* Ni-Cr Pada AISI 304 Terhadap Laju Korosi Dalam Larutan *Synthetic Body Fluid* (SBF). Jurnal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta.
- Wilson, C.J., Clegg, R.E., Leavensley, D.I., Pearcy, M.J. 2005. *Mediation of Biomaterial-Cell Interactions* by Adsorbed Proteins: A Review. Tissue Engineering. Vol 11, PP 1-18.
- Yuliwati, E., Desi, C.K. 2014. Pengaruh *Hidrophilicity* Membran Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Limbah Industri Kelapa Sawit. Seminar Nasional Teknik Industri BKSTI. Palembang.

Biodata Ketua

A. Identitas diri

1	Nama Lengkap	Aris Widyo Nugroho, ST., MT., PhD
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan fungsional	Lektor
4	NIP/NIK	123022
5	NIDN	507037001
6	Tempat dan Tanggal lahir	Sleman, 7 Maret 1970
7	Email	nugrohoaris@gmail.com ariswidyo.nugroho@umy.ac.id
8	Nomor Telepon/HP	085643361829/02747474896
9	Alamat kantor	Jl. Lingkar Selatan Tamantirto Yogyakarta
10	Nomor Telepon/Faks	0274-387656/ 0274-387456
11	Lulusan yang dihasilkan	S-1 = orang; S-2 = orang; S-3 = orang;
12	Mata Kuliah yang diampu	1. Matematika 2. Material Teknik I 3. Material Teknik II

B. Riwayat Pendidikan

	S3	S2	S1
Nama perguruan tinggi	Curtin University of Technology, Australia	UGM	UGM
Bidang ilmu	Mechanical engineering	Teknik Mesin	Teknik Mesin
Tahun masuk-lulus	2004 - 2013	1997 - 2001	1988 -1994
Judul thesis	Investigation of the production and Mechanical Properties of Porous beta Titanium Alloy Compacts Prepared by Powder Metallurgy Process for Biomedical Applications	Pengaruh Implantasi Ion Yttium terhadap Ketahanan lelah Baja Karbon Medium	Perancangan Generator Uap Pipa-Pipa Air suhu uap 500oC kapasitas 5 ton/jam
Nama pembimbing	Garry Leadbeater dan Ian J Davies	Mudjijana	Arief Darmawan

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta Rp)
1	2012	Fabrikasi Alumunium berpori memanjang (elongated pore) menggunakan metode metalurgi serbuk dengan <i>space holder</i> Pb-Sn	UMY	5.000.000
2	2013	Fabrikasi Alumunium foam menggunakan metode metalurgi serbuk dengan memanfaatkan pupuk urea sebagai <i>space holder</i>	UMY	5.000.000
3	2014	Analisa Waktu Permesinan dan Kualitas dari Proses Electropolishing pada Bahan SS 316L	UMY	25.000.000
4	2015	Pembuatan cnc electro chemical machining serta pengujian pemesinan pada pembuatan microchannel	DIKTI	71.000.000

D. Publikasi artikrl ilmiah dalam 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/ Tahun
1	2010	Processing of a porous titanium alloy from elemental powders using a solid state isothermal technique	Journal of Materials Science : Materials in Medicine	Volume 21, No 12, 3103-3107
2	2011	Processing and Properties of Porous Ti-Nb-Ta-Zr Alloy for Biomedical Applications Using the Powder Metallurgy Route	Australian Journal of Mechanical Engineering	Vol ume 8, No 2, 2011
3	2014	Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pengelasan Gesek Baja Tahan Karat Austenitik AISI 304	Semesta Teknika	Vol. 17, No. 1, 83-90, Mei 2014
4	2015	Effect of Plasma Nitrocaburizing on the Mechanical and Corrosion Properties of SS 304	Applied Mechanic of Materials	Vol 758, p125-129,2015

5	2015	Analisa Kegagalan Sambunga Las pada Tiang Penyangga Dermaga	Semesta Teknika	Semesta Teknika
---	------	---	-----------------	-----------------

E. Pemakalah Seminar Ilmiah dalam 5 tahun terakhir

No	Nama Seminar	Judul Artikel	Waktu dan tempat
1	Seminar Nasional Material dan Metalurgi (SENAMM VIII), Universitas Gadjah Mada	Baja Perkakas SLD dengan Pengaruh GAP Terhadap Nilai MRR and Surface Roughness Pada Electrochemical Machining (ECM)	Yogyakarta,05-11-2015
2	Seminar Nasional Material dan Metalurgi (SENAMM VIII), Universitas Gadjah Mada	Analisa Waktu Pemesinan SLD Terhadap Kedalaman Lubang pada Pembuatan Roda Gigi Menggunakan Metode ElectroChemical Machining	Yogyakarta,05-11-2015
3	International Conference Material, Manufacturing Mechanical Engineering	Characterization of the Porous Titanium Alloy Prepared by Powder Metallurgy based on the Argon Filled Pore Expansion Technique	Banjarmasin, 07-10--2015
4	Simposiium Nasional Teknologi Terapan, FGDT PTM	Morfologi dan Kuat Tekan Aluminium Berpori yang Diproduksi dengan Teknik Metalurgi Serbuk Menggunakan Urea sebagai Space Holder	Makasar, 30-07-2015
5	SEMINAR NASIONAL ke-8 Tahun 2013 : Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi, STTNAS	Pabrikasi Aluminium Sandwich Foam Menggunakan Metoda Metalurgi Serbuk dengan Urea Sebagai Space Holder	14 Desember 2013, Yogyakarta

6	Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)	Pengaruh Perlakuan Permukaan Nitrokarburasi Plasma terhadap Kekerasan dan Ketahanan korosi SS 316	23-24 Oktober 2013, Bandar Lampung Indonesia
7	Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)	Pengaruh Tegangan Listrik Pada Proses Pelapisan Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan, Kekerasan dan Laju Korosi Baja Karbon Sedang (HQ760) di Lingkungan Air Laut	23-24 Oktober 2013, Bandar Lampung Indonesia

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Unggulan Program Studi

Yogyakarta, 15 November 2017



Aris Widyo Nugroho, Ph.D

BIODATA ANGGOTA

A. Identitas Anggota

1. Nama Lengkap (dengan gelar) : Sunardi, S.T., M.Eng.
2. Jenis Kelamin : Laki-laki
3. Jabatan Fungsional : NJA
4. NIP/NIK/Identitas lainnya : 19770210201410123068
5. NIDN : 0510027701
6. Tempat dan Tanggal Lahir : Klaten, 10 Februari 1977
7. E-mail : sunardi.ummy@gmail.com
8. Nomor Telepon/HP : 081931796292
9. Alamat Kantor : Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl.Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DIY
10. Lulusan yang Telah Dihasilkan : S-1=---orang; S-2=---orang; S-3=---orang
11. Nomor Telepon/Faks : -
12. Mata Kuliah yang Diampu (dan pernah diampu):
 1. Menggambar Teknik
 2. Fisika
 3. Matematika Teknik I
 4. Matematika Teknik II
 5. Getaran Mekanik
 6. Sistem Manufaktur

B. Riwayat Pendidikan

1. S1 : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, 1999-2004, Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Ketel Uap Sikulasi Paksa dengan Tekanan Isap 650 Psig pada Temperatur Saturasinya. Pembimbing: Sukamta, S.T., M.T. dan Ir. Sudarja, M.T.
2. S2 : Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Teknik Mesin, 2011-2014, Pengaruh Veriasi Waktu *Shot Peening* dan *Electroplating* Ni-Cr Terhadap Kekasaran Permukaan, Kekerasan dan Laju Korosi dalam Media SBF pada *Stainless Steel* 304. Pembimbing: Dr.Eng. Priyo Tri Iswanto, S.T., M.Eng. dan Ir. Mudjijana, M.Eng.

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

2015: Rekayasa Permukaan *Shot Peening* untuk Meningkatkan Sifat Mekanis dan *Wettability* pada Material Biomedik Plat Penyambung Tulang SS 316L, Unggulan Prodi UMY: Rp. 30.000.000

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

2015: Sistem Pengolahan Sampah Mandiri di Dukuh Kuncen, Desa Cawas, Kecamatan Cawas, Kabupaten Klaten, UMY: Rp. 2.500.000

E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal 5 Tahun Terakhir

Sunardi, Priyo Tri Iswanto dan Mudjijana, 2015, *Improvement of Corrosion Resistance of Biomedical Materials SS 304 Using The Combination of Shot Peening and Ni-Cr Electroplating Method*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol. 18, No. 2, 160-167, November.

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

Sunardi, Priyo Tri Iswanto dan Mudjijana, 2013, Pengaruh *Shot Peening* Terhadap Kekasaran Permukaan pada *Stainless Steel 304*, Seminar Nasional ReTII ke-8, Yogyakarta, Indonesia, 14 Desember.

Priyo Tri Iswanto, Angga Wijaya Narwa Putra, **Sunardi**, 2013, Pengaruh Implantasi Ion Titanium Nitrida dan Ion Nitrogen terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Material *Axial Ball Bearing MRK 51104*, Seminar Nasional ReTII ke-8, Yogyakarta, Indonesia, 14 Desember.

Sunardi, Priyo Tri Iswanto, 2014, Peningkatan Ketahanan Korosi Load Bearing Medical Implant SS 304 pada Media Simulated Body Fluid (SBF) dengan Metode *Shot Peening*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XIII, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 15-16 Oktober.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah PENELITIAN UNGGULAN PRODI.

Yogyakarta, 15 November 2017

Anggota Peneliti,



Sunardi, S.T., M.Eng.

NIP/NIK 19770210201410123068