

**PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN SUHU PADA PROSES  
*ELECTROPOLISHING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN  
MATERIAL *STAINLESS STEEL* AISI 316L**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FAYAKUN SANGAJI  
NIM. 135060207111052**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2018**

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Tegangan listrik DC (searah) dan AC (bolak-balik).....	8
Gambar 2.2	Spesifikasi <i>digital temperature controller</i> tipe REX-C100.....	9
Gambar 2.3	Mekanisme <i>electroplishing</i> .....	10
Gambar 2.4	<i>Skematic layout electropolishing</i> .....	10
Gambar 2.5	Bagian bagian <i>electroplishing</i> .....	11
Gambar 2.6	Tabel ketidakrataan pada profil .....	18
Gambar 2.7	Kekasaran rata-rata, Ra .....	19
Gambar 2.8	Kekasaran permukaan Ra .....	20
Gambar 2.9	Kekasaran permukaan Rz .....	20
Gambar 2.10	Kedalaman total dan tedalaman perataan .....	21
Gambar 2.11	Lambang konfigurasi kekasaran permukaan .....	21
Gambar 3.1	Mesin CNC 3 axis .....	26
Gambar 3.2	<i>Rectifier</i> .....	26
Gambar 3.3	<i>Surface roughness</i> tester SJ-301 .....	27
Gambar 3.4	<i>Thermostat REX C-100</i> .....	27
Gambar 3.5	Dimensi spesimen (mm) .....	28
Gambar 3.6	Skema penelitian .....	28
Gambar 3.7	Diagram alir .....	30
Gambar 4.1	Hasil foto uji mikrostruktur sebelum <i>electropolishing</i> .....	32
Gambar 4.2	Hasil foto uji mikrostruktur sesudah <i>electropolishing</i> .....	32
Gambar 4.3	grafik hubungan tegangan 4 volt dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C terhadap kekasaran permukaan .....	33
Gambar 4.4	Grafik hubungan tegangan 6 volt dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C terhadap kekasaran permukaan .....	34
Gambar 4.5	Grafik hubungan tegangan 8 volt dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C terhadap kekasaran permukaan .....	35
Gambar 4.6	Grafik hubungan tegangan dan suhu terhadap kekasaran permukaan .....	36
Gambar 4.7	Hasil foto SEM sebelum di <i>electropolishing</i> dengan perbesaran 1250x ....	38
Gambar 4.8	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 4 volt, suhu 40°C dan perbesaran 1250x.....	38

Gambar 4.9	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 4 volt, suhu 50°C dan perbesaran 1250x .....	38
Gambar 4.10	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 4 volt, suhu 60°C dan perbesaran 1250x .....	39
Gambar 4.11	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 6 volt, suhu 40°C dan perbesaran 1250x .....	40
Gambar 4.12	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 6 volt, suhu 50°C dan perbesaran 1250x .....	40
Gambar 4.13	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 6 volt, suhu 60°C dan perbesaran 1250x .....	40
Gambar 4.14	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 8 volt, suhu 40°C dan perbesaran 1250x .....	41
Gambar 4.15	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 8 volt, suhu 50°C dan perbesaran 1250x .....	41
Gambar 4.16	Hasil foto SEM dengan variasi tegangan 8 volt, suhu 60°C dan perbesaran 1250x .....	41

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	x
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 <i>Stainless Steel</i> .....	5
2.2.1 <i>Stainlees Steel 316L</i> .....	6
2.3 <i>Non Conventional Machining</i> .....	7
2.4 <i>Electropolishing</i> .....	7
2.5 Tegangan .....	7
2.6 Suhu.....	8
2.7 <i>Thermocontrol</i> .....	9
2.8 <i>Mekanisme Electropolishing</i> .....	9
2.8.1 Bagian-bagian pada Alat <i>Electropolishing</i> .....	11
2.9 Reaksi-reaksi yang Terjadi Saat Proses <i>Electropolishing</i> .....	13
2.10 Parameter Proses pada <i>Electropolishing</i> .....	14
2.11 Kekasaran Permukaan .....	15
2.11.1 Perbedaan Permukaan dan Profil .....	17
2.11.2 Parameter Kekasaran Permukaan .....	18
2.11.3 Penulisan Kekasaran Permukaan pada Gambar Teknik.....	21
2.11.4 Cara Pengukuran Kekasaran Permukaan .....	22

2.12 Hipotes.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Metode yang Digunakan.....	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.3 Variabel Penelitian.....	25
3.4 Alat dan Bahan.....	26
3.5 Dimensi Benda Kerja.....	28
3.6 Skema Penelitian.....	28
3.7 Prosedur Penelitian .....	29
3.8 Rancangan Penelitian.....	29
3.9 Diagram Alir Penelitian .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Hasil Pengujian .....	31
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran Dengan Variasi Tegangan Dan Suhu.....	31
4.1.2 Data Hasil Pengujian Foto Mikrostruktur.....	32
4.1.2.1 Data Hasil Pengujian Foto Mikrostruktur Sebelum di <i>Electropolishing</i> .....	32
4.1.2.2 Data Hasil Pengujian Foto Mikrostruktur Sesudah di <i>Electropolishing</i> .....	32
4.1 Pembahasan .....	33
4.2.1 Tingkat Kekasaran pada <i>Electropolishing</i> dengan Variasi Tegangan dan Suhu.....	33
4.2.2 Pembahasan Uji Foto Mikrostruktur.....	38
4.2.2.1 Data Hasil Pengujian Foto Mikrostruktur Sebelum di <i>Electropolishing</i> .....	38
4.2.2.2 Hasil Foto SEM dengan Variasi Tegangan 4 volt dengan Suhu 40°C, 50°C dan 60°C.....	38
4.2.2.3 Hasil Foto SEM dengan Variasi Tegangan 6 volt dengan Suhu 40°C, 50°C dan 60°C.....	40
4.2.2.4 Hasil Foto SEM dengan Variasi Tegangan 8 volt dengan Suhu 40°C, 50°C dan 60°C.....	41
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran .....	43

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Data Hasil Kekasaran Permukaan 4 Volt 40°C
Lampiran 2	Data Hasil Kekasaran Permukaan 4 Volt 50°C
Lampiran 3	Data Hasil Kekasaran Permukaan 4 Volt 60°C
Lampiran 4	Data Hasil Kekasaran Permukaan 6 Volt 40°C
Lampiran 5	Data Hasil Kekasaran Permukaan 6 Volt 50°C
Lampiran 6	Data Hasil Kekasaran Permukaan 6 Volt 60°C
Lampiran 7	Data Hasil Kekasaran Permukaan 8 Volt 40°C
Lampiran 8	Data Hasil Kekasaran Permukaan 8 Volt 50°C
Lampiran 9	Data Hasil Kekasaran Permukaan 8 Volt 60°C
Lampiran 10	<i>Certificate Steinless Steel 316L</i>

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Properti Mekanik <i>Strength. Stainless Steel</i> AISI 316 .....	6
Tabel 2.2	<i>Physical Properties Stainless Steel</i> 316L .....	7
Tabel 2.3	Unsur Kimia pada <i>Stainless Steel</i> AISI 316L .....	7
Tabel 2.4	Tabel Nilai Kualitas Kekasaran Permukaan (Ra) .....	15
Tabel 2.5	Nilai kekasaran Permukaan Mesin Non Tradisional .....	16
Tabel 2.6	Nilai Kekasaran Permukaan Setelah di <i>finishing</i> dengan Macam-macam Proses Permesinan Menurut Menurut <i>Mechanical Support</i> .....	17
Tabel 2.7	Simbol dan Perintah Pengerjaan Gambar Teknik .....	21
Tabel 4.1	Data Pengujian Kekasaran Permukaan dengan Variasi Tegangan dan Suhu .....	31



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas kasih dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Tegangan dan Suhu pada Proses *Electropolishing* Terhadap Kekasaran Permukaan Material *Stainleess Steel AISI 316L***”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya untuk memperoleh gelar sarjana. Dalam melaksanakan proses dan penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

1. Allah SWT yang telah memberikan kasih dan karunia-Nya sehingga selama ini sampai saat proses penyusunan skripsi ini penulis diberi kekuatan.
2. Ayah, Mama, Ka Mawar karena telah sangat sabar dalam mendukung dan membimbing penulis dari kecil sampai saat ini baik dalam doa, moral maupun materi.
3. Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
4. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE., selaku KKDK Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya dan dosen pembimbing yang telah mengajari dan membimbing selama ini.
6. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT., selaku dosen pembimbing I skripsi serta kepala Lab. Pengecoran Logam atas segala ilmu, bimbingan dan waktu yang telah diberikan untuk penulis.
7. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing II skripsi saya atas bimbingan, kesabaran dan waktu yang diberikan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Mrs. Mong yang sering mendengar dan berbagi keluh kesah serta kegembiraan dengan penulis selama ini.
9. Para tim Optic ijen yang senantiasa berbagi segala kegembiraan dan kesedihan serta sering kali direpotkan oleh penulis.

10. Para *content creator* yang sangat banyak untuk disebutkan satu-persatu yang luar biasa telah memberikan kenangan dan pengalaman yang tak ternilai harganya.
11. Anak kimia sebagai teman yang *humble* mengajari tentang reaksi kimia dalam skripsi ini.
12. Asisten Laboratorium Pengecoran Logam yang telah menyelesaikan jalannya skripsi ini
13. Teman-teman Mesin UB 2013 (M13) yang selalu memberi support dan bantuan.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis sampai saat ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, baik bagi penulis, teman-teman, masyarakat luas dan juga bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, Januari 2018

Penulis

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 15 Januari 2017

Mahasiswa,



Fayajun Sangaji

NIM. 135060207111052

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN SUHU PADA PROSES**  
***ELECTROPOLISHING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN**  
**MATERIAL *STAINLESS STEEL* AISI 316L**

**SKRIPSI**  
**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**FAYAKUN SANGAJI**  
**NIM. 135060207111052**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada  
tanggal 15 Januari 2018

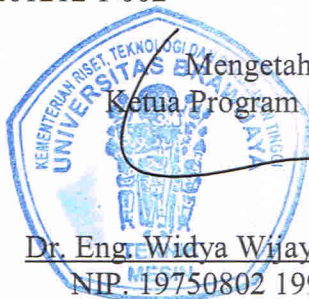
Dosen Pembimbing I

Rudianto Raharjo, ST., MT.  
NIP. 19820225 201212 1 002

Dosen Pembimbing II

Teguh Dwi Widodo ST., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 2014118411231 001

Mengetahui  
Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.  
NIP. 19750802 199903 2 002

## RINGKASAN

**Fayakun Sangaji**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Pengaruh Variasi Tegangan Dan Suhu Pada Proses Electropolishing Terhadap Kekasaran Permukaan Material Stainless Steel AISI 316L*, Dosen Pembimbing: Rudianto Raharjo dan Teguh Dwi Widodo.

*Electropolishing* merupakan proses finishing permukaan secara *electrochemical* untuk mencapai *surface roughness* rendah. Material yang akan di-*polish* dihubungkan pada anoda dalam sel elektrolisis, sedangkan logam sejenis dihubungkan pada katoda. Anoda dan katoda bekerja di dalam cairan *electrolyte* (Núñez dkk, 2013). Proses *electropolishing* menggunakan arus searah (*direct current*) dengan rapat arus tertentu dan dijaga kestabilannya. Salah satu hasil produksi dari industri baja yang dapat dimanfaatkan pada sebagian besar bidang adalah *stainless steel* 316L, salah satu diantaranya pada bidang medis yaitu bedah ortopedi sebagai biomaterial. Biomaterial adalah material yang mengalami kontak langsung dengan sistem biologis pada makhluk hidup, material tersebut diharuskan memiliki beberapa persyaratan, antara lain tidak menimbulkan pengaruh buruk pada tubuh, memiliki ketahanan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang baik terutama kekuatan fatiq dan ketangguhan. *stainless steel* 316L nantinya akan berkontak langsung dengan tulang dan bagian tubuh dalam lainnya sehingga harus mempunyai kekasaran permukaan yang rendah. Salah satu cara yang digunakan untuk mengurangi kekasaran pada permukaan *stainless steel* adalah dengan metode *electropolishing*

Studi ini meneliti variasi parameter berupa tegangan 4,6,8 volt dan suhu larutan 40°C, 50°C dan 60°C dengan menggunakan larutan *electrolyte* asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96% dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 85% dengan perbandingan 1:1, telah terbukti dapat menurunkan tingkat nilai kekasaran permukaan sesuai meningkatnya variasi parameter. Selain dilakukan pengukuran kekasaran juga dilakukan uji SEM untuk lebih memperjelas hasil yang didapatkan. Hasil percobaan memberikan informasi bahwa pengaruh tingginya tegangan dan suhu pada proses *electropolishing* mengakibatkan penurunan nilai dari *surface roughness stainless steel* 316L.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi tegangan dan suhu didapatkan bahwa, Semakin besar tegangan dan suhu yang diberikan pada saat pengujian menyebabkan reaksi kimia berlangsung lebih cepat. Karena prinsip dari *electropolishing* menyerupai prinsip pada elektrolisis, yaitu merubah energi listrik menjadi reaksi kimia. Pada elektrolisis reaksi redoks tidak berlangsung secara spontan, sehingga diperlukan energi agar terjadi reaksi kimia. Maka dari itu, semakin besar energi listrik (tegangan) yang diberikan maka semakin banyak pula elektron yang di lepaskan, menyebabkan reaksi kimia akan berlangsung lebih cepat. Juga tinggi nya suhu yang diberikan menyebabkan energi kinetik molekul-molekul zat yang bereaksi akan bertambah sehingga akan lebih banyak molekul yang dapat mencapai keadaan transisi atau dengan kata lain kecepatan reaksi menjadi lebih besar. Sehingga permukaan akan lebih cepat mengalami pengikisan. Dengan lebih tingginya tegangan dan suhu pada proses yang diberikan maka permukaan spesimen yang terkikis akan semakin halus dan kekasaran permukaan yang dihasilkan menjadi rendah.

**Kata kunci:** *Electropolishing*, Kekasaran Permukaan, Pelat Biomedis, *Stainless Steel* 316L, Struktur Mikro

## SUMMARY

**Fayakun Sangaji**, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Effect of Voltage And Temperature Variation on Electropolishing Process on Surface Roughness of Stainless Steel Material AISI 316L*, Supervisor: Rudianto Raharjo and Teguh Dwi Widodo.

*Electropolishing is an electrochemical surface finishing process to achieve low surface roughness. The material to be polish is connected to the anode in the electrolysis cell, whereas a similar metal is connected to the cathode. Anodes and cathodes work in electrolyte fluids (Núñez et al, 2013). The electropolishing process uses direct current with certain current density and is kept stable. One of the products of steel industry that can be utilized in most fields is stainless steel 316L, one of them in medical field that is orthopedic surgery as biomaterial. Biomaterials are materials that are in direct contact with biological systems in living things, the material is required to have several requirements, among others, does not cause adverse effects on the body, has resistance to corrosion and has good strength, especially the strength of fatiq and toughness. 316L stainless steel will be in direct contact with the bones and other internal body parts so it must have a low surface roughness. One way that is used to reduce roughness on stainless steel surface is by electropolishing method.*

*This study examined the variation of parameters in the form of voltage 4,6,8 volts and temperature of solution 40°C, 50°C dan 60°C by using electrolyte solution of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96% and H<sub>3</sub>SO<sub>4</sub> 85% with ratio 1: 1, has been proven to decrease the level of roughness value the corresponding surface of increasing variation of parameters. In addition to roughness measurements also performed SEM test to further clarify the results obtained. The experimental results provide information that the effect of high voltage and temperature on the electropolishing process resulted in a decrease in the value of 316L stainless steel surface roughness.*

*The results showed that the variations in voltage and temperature were found that, the greater the voltage and temperature given at the time of the test causing the chemical reaction to take place more quickly. Because the principle of electropolishing resembles the principle of electrolysis, that is to convert electrical energy into a chemical reaction. In electrolysis the redox reaction does not take place spontaneously, so it takes energy to make chemical reaction. Therefore, the greater the electrical energy (voltage) given the more electrons are released, causing the chemical reaction to take place more quickly. Also the high temperature given causes the kinetic energy of reacting substances molecules to increase so that more molecules can reach the transition state or in other words the reaction rate becomes larger. So that the surface will be faster erosion. With higher stresses and temperatures in the given process, the surface of the eroded specimen will be smoother and the resulting surface roughness becomes low.*

**Keywords:** *Biomedical Plat, Electropolishing, Microstructure, Stainless steel 316L, Surface Roughness*



# TURNITIN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA**



## SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 052/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

**FAYAKUN SANGAJI**

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN SUHU PADA PROSES *ELECTROPOLISHING*  
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL *STAINLESS STEEL* AISI 316L**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal

30 JANUARI 2018

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

**Dr. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D**

**Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.**

NIP. 19670518 199412 1 001

NIP. 19750802 199903 2 002



## JUDUL SKRIPSI

Pengaruh Variasi Tegangan dan Suhu pada Proses *Electropolishing* Terhadap Kekasaran Permukaan Material *Stainless Steel* AISI 316L

Nama Mahasiswa : Fayakun Sangaji  
NIM : 135060207111052  
Program Studi : Teknik Mesin  
Minat : Produksi

## KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Rudianto Raharjo, ST., MT.  
Dosen Pembimbing 2 : Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D.

## TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.  
Dosen Penguji 2 : Ir. Hastono Wijaya, MT.  
Dosen Penguji 3 : Redi Bintarto, ST., M.Eng.Pract.  
Tanggal Ujian : 10 Januari 2018  
SK Penguji : 79/UN10.F07/SK/2018