



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGARUH PARAMETER PULSE ON TIME, SERVO
VOLTAGE dan WIRE FEED PROSES WIRE EDM
PADA TERBENTUKNYA SENYAWA $Cr_{23}C_6$
di BATAS BUTIR AISI 316**

SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Iqbal

NIM 4217010034

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
AGUSTUS, 2021**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGARUH PARAMETER PULSE ON TIME, SERVO
VOLTAGE dan WIRE FEED PROSES WIRE EDM
PADA TERBENTUKNYA SENYAWA $Cr_{23}C_6$
di BATAS BUTIR AISI 316**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Muhammad Iqbal

NIM 4217010034

**PROGRAM STUDI MANFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
AGUSTUS, 2021**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

PENGARUH PARAMETER PULSE ON TIME, SERVO VOLTAGE dan WIRE FEED PROSES WIRE EDM PADA TERBENTUKNYA SENYAWA $Cr_{23}C_6$ di BATAS BUTIR AISI 316

Oleh:

Muhammad Iqbal

NIM. 4217010034

Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur

Skripsi ini telah disetujui oleh Pembimbing

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Manufaktur

Mochammad Sholeh. Drs. S.T., M.T
NIP 195703221987031001

Pembimbing

Dr.Eng.Muslimin, S.T., M.T.
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PENGARUH PARAMETER PULSE ON TIME, SERVO VOLTAGE dan WIRE FEED PROSES WIRE EDM PADA TERBENTUKNYA SENYAWA Cr₂₃C₆ di BATAS BUTIR AISI 316

Oleh:

Muhammad Iqbal

NIM. 4217010034

Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 4 September 2021 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dr.Eng.Muslimin, S.T., M.T. NIP. 197707142008121005	Ketua		06/09/2021
2	Drs. Sidiq Ruswanto, ST, M.Si NIP. 195708101987031002	Anggota		06/09/2021
3	Nugroho Eko.S., MT NIP. 196512131992031001	Anggota		06/09/2021

Depok, 10 September 2021

Disahkan oleh :

Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.,

NIP. 197707142008121005

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal
NIM : 4217010034
Program Studi : Sarjana Terapan Manufaktur

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam laporan skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam laporan skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 20 Agustus 2021



Muhammad Iqbal
NIM 4217010034



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PENGARUH PARAMETER PULSE ON TIME, SERVO VOLTAGE dan WIRE FEED PROSES WIRE EDM PADA TERBENTUKNYA SENYAWA $Cr_{23}C_6$ di BATAS BUTIR AISI 316

Muhammad Iqbal¹ dan Muslimin¹

¹)Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email : muh.iqbal5g6@gmail.com

ABSTRAK

Wire Electrical Discharge Machining (WEDM) adalah suatu proses manufaktur yang biasanya digunakan untuk memproduksi komponen dengan bentuk dan profil yang kompleks maupun sulit. Wire EDM merupakan proses pemotongan logam dengan menggunakan loncatan bunga api listrik yang dihasilkan oleh elektroda kawat sebagai katoda terhadap benda kerja sebagai anoda yang terjadi secara periodik. Penelitian ini untuk melihat pengaruh dari parameter wire EDM pada AISI 316 dan melihat terbentuknya $Cr_{23}C_6$ akibat pengaruh parameter tersebut. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu pulse on time ($8\mu s$ dan $12\mu s$), servo voltage (20 V dan 30 V), dan wire feed (5mm/min dan 9mm/min). Variabel tetap penelitian ini yaitu menggunakan cairan dielektrik *aqua destilata* dan menggunakan kawat kuningan 0.2mm. Hasil pengujian kekasaran didapatkan nilai kekasaran permukaan tertinggi pesimen 8 yaitu $2,526\ \mu m$ dan kekasaran terendah pada spesimen 3 yaitu $1,771\ \mu m$. Hasil pengujian kekerasan mikro didapatkan kekerasan tertinggi pada sampel 6 yaitu 263,71 HV, kekerasan terendah pada sampel 3 yaitu 247,82 HV. 3. Nilai hasil perhitungan Material Removal Rate tertinggi yaitu $18,8565\ mm^3/min$ pada sampel 6 dan terendah yaitu $9,1678\ mm^3/min$ pada sampel 3. Hasil SEM terlihat pori pori lubang - lubang (crater) dan patahan (microcraks). Hasil EDS terdapat penambahan unsur Carbon (C) dan tembaga (Cu), Oksigen (O).

Kata kunci: Wire EDM, Pulse On Time, Kawat Elektroda, $Cr_{23}C_6$, Dies

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PENGARUH PARAMETER PULSE ON TIME, SERVO VOLTAGE dan WIRE FEED PROSES WIRE EDM PADA TERBENTUKNYA SENYAWA $Cr_{23}C_6$ di BATAS BUTIR AISI 316

Muhammad Iqbal¹ dan Muslimin¹

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email : muh.iqbal5g6@gmail.com

ABSTRACT

Wire Electrical Discharge Machining (WEDM) is a manufacturing process typically used to manufacture components with complex and difficult shapes and profiles. Wire EDM is a metal cutting process using the jump of electric sparks produced by wire electrodes as a cathode to the workpiece as anode that occurs periodically. This study looked at the influence of the EDM wire parameter on AISI 316 and looked at the formation of $Cr_{23}C_6$ due to the influence of those parameters. The free variables in the study were pulse on time ($8\mu s$ and $12\mu s$), servo voltage (20 V and 30 V), and wire feed (5mm/min and 9mm/min). The study's fixed variables were using aqua destilata dielectric fluids and using 0.2mm brass wire. The results of the roughness test obtained the highest surface roughness value of specimen 8 which is $2.526\mu m$ and the lowest roughness in specimen 3 which is $1,771\mu m$. Micro-hardness testing results found the highest hardness in sample 6, which was 263.71 HV, the lowest hardness in sample 3 was 247.82 HV. The highest Material Removal Rate calculation value is $18.8565\text{ mm}^3/\text{min}$ in sample 6 and the lowest is $9.1678\text{ mm}^3/\text{min}$ in sample 3. SEM results are seen in the pores of holes (craters) and fractures (microcracks). The result of EDS is the additions of elements Carbon (C) and copper (Cu), Oxygen (O).

Keywords: Wire EDM, Pulse On Time, Electrode Wire, $Cr_{23}C_6$, Dies



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat-Nya dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul Pengaruh Parameter *Pulse On Time*, *Servo Voltage* dan *Wire Feed* Proses Wire EDM Pada Terbentuknya Senyawa $Cr_{23}C_6$ di Batas Butir AISI 316 “Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana terapan Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis banyak menerima masukan dan saran, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan ucapan terimakasih terutama kepada :

1. Kedua Orang Tua yang telah memberi doa, dukungan dan semangat yang tiada henti diberikan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T, M.T selaku dosen pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Mesin yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Mochamad Sholeh, S.T.M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Manufaktur yang telah memberikan persetujuan atas judul skripsi ini.
4. Bapak Priyonggo selaku Presiden Direktur PT. Sugimoto Presisi Teknologi yang mengizinkan waktu dan tempat untuk keperluan penelitian.
5. Rekan rekan PT. Sugimoto Presisi Teknologi yang membantu keperluan penelitian ini.
6. Pihak BATAN dan LIPI yang telah membantu dalam melakukan pengujian sampel.
7. Saudara M. Hilal Maulana, sebagai rekan penelitian yang selalu membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Rekan-rekan Program Studi Manufaktur yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian skripsi.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis mengakui didalam laporan ini masih terdapat banyak kekurangan karena pengalaman penulis yang dimiliki masih sangat kurang. Oleh karena itu penulis harapkan kepada para pembaca dapat memberikan saran dan kritik yang bersifat membangun yang dapat disampaikan melalui email muh.iqbal5g6@gmail.com. Semoga laporan ini dapat dipergunakan sebagai salah satu referensi bagi pembaca. Atas perhatian dari pembaca kami ucapkan terima kasih.

Depok, 3 Agustus 2021

Muhammad Iqbal
NIM. 4217010034

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Lokasi Objek Penelitian	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Jurnal.....	6
2.2 Teori Pendukung	18
2.2.1 Wire Electrical Discharge Machining	18
2.2.2 Prinsip Wire EDM	19
2.2.3 Parameter Wire EDM	22
2.2.4 Cairan dielektrik	23
2.2.5 Kawat Elektroda	24
2.2.6 Korosi batas butir.....	25
2.2.7 Recasting.....	26
2.2.8 Kekasaran Permukaan	27

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2.9 Kekerasan Mikro	28
2.2.10 Material Removal Rate (MRR)	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Langkah Penelitian	30
3.2 Material Penelitian.....	33
3.3 Alat Penelitian	34
3.3.1 Mesin Wire Electrical Discharge Machining	34
3.3.2 Timbangan	40
3.3.3 Mesin gergaji besi.....	41
3.4 Pengujian Pada Penelitian	41
3.4.1 Pengujian Kekasaran Permukaan	42
3.4.2 Pengujian Kekerasan Mikro	43
3.4.3 Pengujian SEM EDS	45
3.4 Perhitungan Material Removal Rate	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Kekasaran Permukaan Hasil Proses EDM	47
4.2 Kekerasan Mikro Hasil Proses EDM	51
4.3 Perhitungan Material Removal Rate Proses EDM	58
4.3.1 Hubungan antara <i>Material Removal Rate</i> dengan pulse on time	58
4.3.2 Hubungan antara <i>Material Removal Rate</i> dengan servo voltage.....	59
4.3.3 Hubungan antara <i>Material Removal Rate</i> dengan wire feed	60
4.3 Analisa SEM EDS	61
4.4.1 SEM EDS sebelum proses Wire EDM.....	61
4.4.2 SEM EDS setelah proses Wire EDM	64
BAB V PENUTUP.....	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Jurnal	10
Tabel 2. 2 Roughness grade number	28
Tabel 3. 1 Spesifikasi elektroda kuningan	30
Tabel 3. 2 Komposisi material AISI 316	30
Tabel 3. 3 Variabel tetap penelitian	31
Tabel 3. 4 Variabel bebas penelitian	31
Tabel 4. 1 Hasil uji kekasaran	47
Tabel 4. 2 Konversi nilai kekasaran	48
Tabel 4. 3 Hasil pengujian kekerasan	52
Tabel 4. 4 Komposisi kimia unsur AISI 316	64

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 WEDM di PT. Sugimoto Presisi Teknologi.....	18
Gambar 2. 3 Proses terjadinya bunga api listrik.	20
Gambar 2. 4 Proses sesaat setelah terjadinya bunga api listrik.....	21
Gambar 2. 5 Proses pembilasan geram oleh cairan dielektrik.	21
Gambar 2. 6 Struktur lapisan recast layer, HAZ, base metal [17]	26
Gambar 2. 7 Roughness average.....	27
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	32
Gambar 3. 2 Material sebelum proses wire EDM.....	33
Gambar 3. 3 Material setelah proses wire EDM.....	33
Gambar 3. 4 Mesin wire EDM FANUC ROBOCUT seri α -C400iB	34
Gambar 3. 5 Menyalakan mesin wire EDM.....	35
Gambar 3. 6 Proses pemasangan kawat elektroda	35
Gambar 3. 7 Proses pemasangan benda kerja pada ragum.	36
Gambar 3. 8 Proses dial indicator pada benda kerja.	36
Gambar 3. 9 Proses penyettingan titik nol benda kerja.....	37
Gambar 3. 10 Parameter mesin EDM	38
Gambar 3. 11 Memulai proses pemesinan wire EDM	38
Gambar 3. 12 Membuang cairan dielektrik.....	39
Gambar 3. 13 Penimbangan material sebelum diproses wire EDM	40
Gambar 3. 14 Mesin gergaji besi di PT. Sugimoto Presisi Teknologi.....	41
Gambar 3. 15 Suffcorder SE 300 (Sumber : LIPI)	42
Gambar 3. 16 Microhardness machine (Sumber : BATAN).....	43
Gambar 3. 17 Mesin gerinda (Sumber : BATAN).....	44
Gambar 3. 18 Mesin Quanta 650 untuk SEM EDS (Sumber : BATAN).	45
Gambar 4. 1 Hasil pengujian kekasaran dengan peningkatan pulse on time	48
Gambar 4. 2 Hasil pengujian kekasaran dengan peningkatan servo voltage	49
Gambar 4. 3 Hasil pengujian kekasaran dengan peningkatan wire feed.....	49
Gambar 4. 4 Grafik pengujian kekerasan.....	53



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 5 hubungan antara pulse on time dan servo voltage dengan kekerasan	54
Gambar 4. 6 Hubungan wire feed dengan nilai kekasaran.....	56
Gambar 4. 7 Hasil perhitungan Material Removal Rate	57
Gambar 4. 8 Hubungan MRR dengan pulse on time	58
Gambar 4. 9 Hubungan MRR dengan servo voltage	59
Gambar 4. 10 Hubungan MRR dengan wire feed.....	60
Gambar 4. 11 Bagian yang akan diuji.....	61
Gambar 4. 12 Hasil pengujian SEM sebelum proses wire EDM.....	62
Gambar 4. 13 Hasil pengujian SEM penelitian sebelumnya	62
Gambar 4. 14 Hasil pengujian EDS raw material.....	63
Gambar 4. 15 Bagian yang dilakukan pengujian.	64
Gambar 4. 16 Struktur lapisan hasil proses wire EDM.....	65
Gambar 4. 17 Hasil uji SEM sampel 3 perbesaran 500 kali	66
Gambar 4. 18 Hasil uji SEM perbesaran 1000 kali.....	66
Gambar 4. 19 Hasil EDS pada lapisan recast.....	68
Gambar 4. 20 Hasil EDS pada lapisan HAZ.....	69

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil pengujian kekerasan mikro
- Lampiran 2. Hasil pengujian kekasaran permukaan
- Lampiran 3. Hasil penimbangan sampel
- Lampiran 4. Spesifikasi Mesin Wire EDM Fanuc Robucut





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proses kompaksi merupakan salah satu dari unit yang paling penting di industri farmasi karena melibatkan sifat fisik dan sifat mekanis dari tablet[1]. Proses kompaksi (compaction) menggunakan dies dan punch banyak digunakan untuk manufacturing tablet obat Pembuatan dies/punches memerlukan tingkat kehalusan yang tinggi (tingkat kekasaran rendah). Hal ini disebabkan kualitas tablet atau produk makanan yang dihasilkan pada proses kompaksi bergantung pada kualitas permukaan cetakan dies/punches yang dibuat. Permukaan yang kasar dari dies/punches dapat memperangkap partikel obat yang bisa menjadi sumber masalah kesehatan (obat kadaluarsa dan korosi). Dies/punches untuk produksi obat dan makanan harus memenuhi standar keamanan untuk kesehatan karena peralatan bisa menimbulkan reaksi adisi atau absorpsi dengan bahan obat dan juga tidak berakibat buruk pada produk.

Tekstur permukaan pada dies/punches akan berpengaruh pada gaya tekan yang dihasilkan pada proses kompresi[2] . Dies/punches menggunakan material tool steel dan stainless steel dengan sifat keras, tahan aus, dan tahan deformasi. Tetapi tool steel tidak cocok digunakan untuk bahan pencetak makanan karena bereaksi secara kimia dengan bahan obat atau makanan. Material yang cocok untuk dies/punches adalah stainless steel type austenitik untuk food grade. Berdasarkan peraturan pemerintah tersebut, maka pembuatan dies/punches untuk tablet obat atau vitamin membutuhkan tingkat kepresisian tinggi dengan tingkat kekasaran yang memadai agar tidak ada bahan sisa saat terjadinya proses kompaksi. Pembuatan dies/punches dengan material yang sangat keras dan bentuk yang rumit ini tidak mudah dikerjakan dengan mesin konvensional. Proses mesin non konvensional menjadi pilihan yang tepat untuk membuat benda kerja yang memiliki tingkat kepresisian yang tinggi, bentuk yang rumit serta memiliki kualitas yang baik [3].



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Proses pemesinan non konvensional yang sering digunakan yaitu proses pemotongan dengan menggunakan teknologi pemesinan *wire electrical discharge machining* (WEDM). Pemesinan WEDM ini merupakan pengembangan dari *electrical discharge machining*. Pengembangannya merupakan hasil dari pencarian sebuah cara untuk menggantikan proses pemesinan menggunakan EDM, karena tuntutan pengerjaan komponen dengan tingkat kepresisian tinggi [4]. Penggunaan WEDM yang sangat luas mencakupi industri aerospace, nuklir, otomotif, perkakas, perhiasan, mould dan dies. Salah satu aplikasi dari penggunaan WEDM, yaitu pembuatan dies untuk tablet obat. Wire EDM merupakan proses pemotongan logam dengan menggunakan loncatan bunga api listrik yang dihasilkan oleh elektroda kawat sebagai katoda terhadap benda kerja sebagai anoda yang terjadi secara periodik. Arus listrik timbul karena adanya beda potensial diantara benda kerja dan elektroda yang berakibat pada timbulnya pergerakan ion positif dan elektron terhadap kutub yang berlawanan [4][5].

Peneliti peneliti sebelumnya telah meneliti dengan menggunakan parameter parameter yang berpengaruh pada hasil pengerjaan WEDM. Pada penelitian Vinayak N Kulkarni membandingkan nilai kekasaran dan MRR dengan variasi arus, pulse on time, pulse off time dan servo voltage [6]. Pada penelitian Harsh Saini (2017) membandingkan MRR dengan variasi pulse on time, pulse off time, arus, voltage [7]. Pada penelitian Anmol Bhatia membandingkan Surface Roughness (SR) dengan variasi yang digunakan yaitu arus, pulse on time, pulse off time, wire tension [8]. Pada penelitian DHRUV H. GAJJAR dan JAYESH V. DESA membandingkan Surface Roughness (SR), Material Removal Rate (MRR), dan kerf width dengan variasi yang digunakan yaitu servo voltage, pulse on time, pulse off time [9].

Berdasarkan literatur diatas, pulse on time dan servo voltage merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap hasil MRR dan kekasaran permukaan benda kerja. Dalam penelitian ini menggunakan 3 variabel bebas yaitu pulse on time, servo voltage, dan wire feed. Dari ketiga 3 variabel bebas



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

manakah yang memiliki hasil yang paling baik dari segi kekerasan, kekasaran permukaan, maupun MRR.

Pengujian Kekerasan juga dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari dies apakah terjadi peningkatan atau penurunan kekuatan, kekerasan makro bertujuan memeriksa kekerasan dibagian permukaan yang pertama kali terkena proses EDM, angka kevalidan berkisar 0,5 sampai 50 kali. Pengujian kekerasan mikro untuk melihat kekerasan di lapisan recasting,. Pengujian kekerasan mikro memperoleh nilai kekerasan yang lebih valid karena kualitas pembesaran struktur mikro antara 50 hingga 3000 kali.

Pengujian terhadap terjadinya adanya korosi batas butir diperlukan agar didapatkan permukaan dies yang tidak menyisakan bahan reaktif apapun. Dengan kombinasi beberapa parameter, maka terbentuknya $Cr_{23}C_6$ dapat dikendalikan.

1.2.Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh dari parameter *pulse on time*, *servo voltage*, wire feed terhadap kehalusan permukaan, , kekerasan mikro ?
2. Bagaimana pengaruh parameter parameter tersebut terhadap terbentuknya $Cr_{23}C_6$ setelah dilakukan proses pemesinan Wire EDM ?
3. Apakah terjadi perubahan struktur di recast layer, second layer dan logam induk setelah dilakukan proses Wire EDM ?

1.3.Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh dari parameter *pulse on time*, *servo voltage*, wire feed terhadap kehalusan permukaan, ,kekerasan mikro.
2. Mengetahui pengaruh parameter parameter tersebut terhadap terbentuknya $Cr_{23}C_6$ setelah dilakukan proses pemesinan Wire EDM.
3. Mengetahui perubahan struktur di bagian recast layer, second layer dan logam induk.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.4. Batasan Penelitian

1. Tidak membahas sistem elektronika, sistem control, pemrograman CNC yang digunakan pada proses pemesinan.
2. Pengujian yang dilakukan hanya pengujian kehalusan permukaan, kekerasan makro, kekerasan mikro, *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS), perhitungan *Material Removal Rate* (MRR).
3. Mesin wire EDM yang digunakan adalah mesin wire EDM Fanuc Robocut α -C400iB Series yang berada pada PT. Sugimoto Presisi Teknologi yang berlokasi di Cikarang Selatan, Bekasi, Jawa Barat.
4. Material yang digunakan adalah AISI 316 .
5. Cairan dielektrik yang digunakan adalah *aqua destilata*.
6. Kawat elektroda yang digunakan adalah kawat kuningan ukuran 0,2mm.

1.5. Lokasi Objek Penelitian

Lokasi Objek Penelitian ini dilakukan di workshop PT. Sugimoto Presisi Teknologi yang berlokasi di Cikarang Selatan , Jawa Barat , Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

1.6. Hipotesis

Semakin besar nilai pulse on time dan wire feed yang dilakukan saat proses pemesinan wire EDM, maka semakin meningkat nilai kekerasan mikro, kekasaran permukaan maupun MRR (berbanding lurus), karena proses pengikisan benda kerja saat proses wire EDM material yang terbuang akan semakin banyak karena durasi percikan api listrik yang semakin lama. Semakin besar nilai servo voltage yang dilakukan saat proses pemesinan wire EDM, maka akan semakin menurun nilai kekerasan mikro , kekasaran permukaan maupun MRR (berbanding terbalik) karena jarak antara kawat elektroda dengan benda kerja menjadi lebih jauh sehingga material yang terbuang akibat adanya percikan listrik lebih sedikit.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7. Sistematika Penulisan

BAB 1 Pendahuluan

Bab Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan manfaat, hipotesis serta sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan uraian hasil kajian pustaka (penelusuran literatur) dari jurnal dan makalah yang membahas tentang teori teori terkait mesin Wire EDM (WEDM) serta penelitian penelitian sebelumnya dengan berbagai parameter proses yang terdapat di mesin WEDM.

BAB 3 Metodologi Penelitian

Bab Metodologi Penelitian berisi tentang metode yang digunakan untuk membuat spesimen, proses pengerjaan spesimen dengan mesin WEDM dan metode pengujian yang dilakukan terhadap spesimen yang telah dibuat dengan mesin WEDM.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Bab hasil penelitian dan pembahasan berisi data-data yang diperoleh dari hasil pengujian spesimen dan analisis hubungan antara, kekerasan mikro, kekerasan makro, analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM), analisis *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS), dan *Material Removal Rate* (MRR).

BAB 5 Penutup

Bab penutup berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran yang diajukan ke depannya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Hasil pengujian kekasaran 8 spesimen dengan 3 variabel bebas yaitu pulse on time, servo voltage, dan wire feed, didapatkan nilai kekasaran permukaan paling kasar yaitu pada spesimen 8 yaitu $2,526 \mu\text{m}$ dan kekasaran terendah pada spesimen 3 yaitu $1,771 \mu\text{m}$.
2. Hasil pengujian kekerasan mikro terhadap lapisan recasting 8 sampel yang telah dilakukan proses pemesinan wire EDM dan diuji dengan 5 posisi titik uji, didapatkan hasil kekerasan mikro paling keras pada sampel 6 yaitu $263,71 \text{ HV}$, kekerasan mikro paling rendah pada sampel 3 yaitu $247,82 \text{ HV}$.
3. Nilai hasil perhitungan Material Removal Rate tertinggi yaitu $18,8565 \text{ mm}^3/\text{min}$ pada sampel 6 dan terendah yaitu $9,1678 \text{ mm}^3/\text{min}$ pada sampel 3. Peningkatan nilai pulse on time dan wire feed berpengaruh pada MRR karena dengan adanya peningkatan pulse on time, maka durasi percikan bunga api listrik lebih panjang sehingga material yang terbuang lebih banyak.
4. Hasil SEM pada spesimen 3 terlihat terdapat pori pori dan juga lubang - lubang (crater). Pada bagian didekat lubang - lubang tersebut terdapat globule yang disebabkan oleh sisa material yang membeku secara cepat akibat adanya cairan dielektrik. Pada bagian lapisan recast ditemukan patahan (microcraks).
5. Hasil EDS pada bagian recasting spesimen terdapat penambahan unsur Carbon (C) dan tembaga (Cu). Adanya unsur carbon yang bertambah dapat meningkatkan kekerasan, tetapi bisa juga membentuk karbida krom sehingga ketahanan korosi menurun. Adanya tambahan material tembaga karna sisa elektroda kawat kuningan yang merupakan campuran dari tembaga dan seng meleleh lalu membeku sehingga masih menempel pada lapisan recast material.



6. Hasil EDS pada bagian HAZ unsur yang bertambah pada lapisan HAZ ini yaitu Carbon (C), Tembaga (Cu), Oksigen (O), Seng (Zn) dan Mangan (Mn). Adanya unsur C yang bertambah dapat meningkatkan kekerasan, tetapi bisa juga membentuk karbida krom sehingga ketahanan korosi menurun. Penambahan unsur O pada bagian HAZ ini bisa menyebabkan korosi tetapi kandungan unsurnya masih tergolong rendah yaitu hanya 2,18%. Pada lapisan ini unsur Cr dan C bertambah secara signifikan sehingga dapat memungkinkan terjadinya korosi batas butir.

5.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambah jumlah variasi pada variabel bebas agar data yang dianalisis menjadi lebih banyak dan data yang didapatkan lebih valid.
2. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya, melakukan uji SEM minimal 2 sampel yang digunakan sebagai pembandingan.
3. Sebaiknya, pada penelitian selanjutnya proses pemesinan wire EDM tidak dilakukan hanya sekali tiap sampel, melainkan 2 kali proses pemotongan lebih agar didapatkan hasil kekasaran permukaan material yang didapatkan lebih halus.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan variabel bebas yang memungkinkan terjadinya korosi batas butir agar dapat terlihat jelas saat diuji SEM seperti arus.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Mohan, "Compression Physics of Pharmaceutical Powders: A Review," *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, vol. 3, no. 06, pp. 1580–1592, 2012.
- [2] M. Sorgato, D. Masato, and G. Lucchetta, "Effects of machined cavity texture on ejection force in micro injection molding," *Precis. Eng.*, vol. 50, pp. 440–448, 2017, doi: 10.1016/j.precisioneng.2017.06.019.
- [3] E. Edy, S. Anang, and D. Setiawan, "Optimalisasi Kualitas Pemotongan Sudut Pada Mesin Wire Cutting Electric Discharge Machining (Edm)," pp. 1–6, 2016.
- [4] K. H. Ho and S. T. Newman, "State of the art electrical discharge machining (EDM)," *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 43, no. 13, pp. 1287–1300, 2003, doi: 10.1016/S0890-6955(03)00162-7.
- [5] P. N. K. Prajapati, "A Review of Parametric Optimization of Wire Electric Discharge Machining Medical Science," pp. 60–62, 2015.
- [6] V. N. Kulkarni, V. N. Gaitonde, V. Hadimani, and V. Aiholi, "Analysis of Wire EDM process parameters in machining of NiTi superelastic alloy," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 9, pp. 19303–19312, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.06.289.
- [7] H. Saini, I. Khan, S. Kumar, and S. Kumar, "Optimization of Material Removal Rate of WEDM Process on Mild Steel Using Molybdenum Wire," *Int. J. Adv. Eng. Manag. Sci.*, vol. 3, no. 10, pp. 1001–1005, 2017, doi: 10.24001/ijaems.3.10.5.
- [8] A. Bhatia, S. Kumar, and P. Kumar, "A Study to Achieve Minimum Surface Roughness in Wire EDM," *Procedia Mater. Sci.*, vol. 5, pp. 2560–2566, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.509.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [9] D. Gajjar and J. Desai, "Optimization of MRR, Surface Roughness and KERF Width in wire EDM Using Molybdenum Wire," *Int. J. Res. Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 9–17, 2015.
- [10] T. Vijaya Babu and J. S. Soni, "International Journal of Current Engineering and Technology Optimization of process parameters for surface roughness of Inconel 625 in Wire EDM by using Taguchi and ANOVA method," *Int. J. Curr. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 1127–1131, 2017, [Online]. Available: <http://inpressco.com/category/ijcet>.
- [11] A. Srivastava, C. Mohan, M. Pagrani, and S. Kumar, "A 11-year-old boy with oral submucous fibrosis: A rare case report," *Int. J. Med. Public Heal.*, vol. 4, no. 4, p. 511, 2014, doi: 10.4103/2230-8598.144134.
- [12] V. L. Shukla, S. K. S. Yadav, L. Shukla, M. T. Student, and M. Engineering, "Effect of Wire Cut EDM Parameters on Material Removal Rate," pp. 374–377, 2020.
- [13] G. Ugrasen, H. V. Ravindra, G. V. Naveen Prakash, and Y. N. Theertha Prasad, "Optimization of Process Parameters in Wire EDM of HCHCr Material Using Taguchi's Technique," *Mater. Today Proc.*, vol. 2, no. 4–5, pp. 2443–2452, 2015, doi: 10.1016/j.matpr.2015.07.185.
- [14] BHASKAR REDDY, D. REDDY, and E. REDDY, "Experimental Investigations on Mrr and Surface Roughness of En 19 & Ss 420 Steels in Wire- Edm Using Taguchi Method," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 11, pp. 4603–4614, 2012.
- [15] M. Azam, M. Jahanzaib, J. A. Abbasi, M. Abbas, A. Wasim, and S. Hussain, "Parametric analysis of recast layer formation in wire-cut EDM of HSLA steel," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 87, no. 1–4, pp. 713–722, 2016, doi: 10.1007/s00170-016-8518-3.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [16] M. D. Ariyantini, "Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Staphylococcus aureus Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember," *Skripsi*, 2017.
- [17] S. S. Carl Sommer, "Complete Edm Hand Book," p. 207, 2005.
- [18] J. Wiyoko, "Studi Korosi Batas Butir Inconel 625 Weld Overlay Clading Pada Pipa API 5L X52 Dengan Media Larutan Ferrit (III) Sulfat 75% + Asam Sulfat 98%," no. Iii, 2014.
- [19] T. Surdia and S. Saito, "Pengetahuan Bahan Teknik," 1985.
- [20] A. B46.1, "'surface texture (surface roughness, Waviness, and Lay)," *Am. Soc. Mech. Eng.*, pp. 1–112, 1985.
- [21] S. R. Symbols and R. G. Numbers, "ISO 1302 DIN 4768 Comparison of Surface Roughness Values," *Int. Organ. Standarization*, pp. 12–13, 2013.
- [22] A. Ceramics *et al.*, "ASTM E384-16 Standard Test Method for Microindentation Hardness of Metals," *Am. Soc. Test. Mater.*, pp. 1–43, 2016, doi: 10.1520/E0384-11E01.2.
- [23] S. Mohanty, B. C. Routara, and R. K. Bhuayan, "Experimental investigation of machining characteristics for Al-SiC12% composite in Electro-discharge machining," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 8778–8787, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.227.
- [24] M. Priyadarshini and K. Pal, "Grey-taguchi Based Optimization of EDM Process for Titanium Alloy," *Mater. Today Proc.*, vol. 2, no. 4–5, pp. 2472–2481, 2015, doi: 10.1016/j.matpr.2015.07.188.
- [25] ASTM E 3, "E3-11 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens 1," *ASTM Copyright.*, vol. i, no. July, pp. 1–12, 2011, doi: 10.1520/E0003-11.2.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [26] J. Singh, “Review on Effects of Process Parameters in Wire Cut EDM and Wire Electrode Development,” vol. 2, no. 11, pp. 701–706, 2016.
- [27] K. Industri and A. Sungailiat, “ANALISIS KEKERASAN PERMUKAAN TITANIUM-6Al-4V PADA PROSES EDM SINKING DENGAN APLIKASI RESPONSE SURFACE,” pp. 69–73.
- [28] A. Saeed, A. W. Khan, F. Jan, M. Abrar, M. Khalid, and M. Zakaullah, “Validity of ‘sputtering and re-condensation’ model in active screen cage plasma nitriding process,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 273, no. May, pp. 173–178, 2013, doi: 10.1016/j.apsusc.2013.02.008.
- [29] M. A. Hassan, N. S. Mehat, S. Sharif, R. Daud, S. H. Tomadi, and M. S. Reza, “Study of the Surface Integrity of AISI 4140 Steel in Wire Electrical Discharge Machining,” *Lect. Notes Eng. Comput. Sci.*, vol. 2175, no. 1, pp. 1666–1671, 2009.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1 Hasil pengujian kekerasan mikro

Kode Sampel	d1 (μm)	d2 (μm)	dr (μm)	HV	HV rata r
Sampel 1	27,75	27,92	27,84	236,95	253,21
	26,17	26,26	26,22	267,14	
	26,77	26,11	26,44	262,61	
	27,56	28,04	27,80	237,55	
	26,74	26,22	26,48	261,82	
Sampel 2	27,51	28,04	27,78	237,97	262,02
	27,23	26,19	26,71	257,33	
	26,42	26,92	26,67	258,10	
	24,45	24,15	24,30	310,90	
	28,07	26,59	27,33	245,79	
Sampel 3	26,78	26,79	26,79	255,89	247,82
	27,1	27,38	27,24	247,41	
	26,36	26,36	26,36	264,21	
	27,36	27,2	27,28	246,69	
	28,95	28,19	28,57	224,91	
Sampel 4	25,71	25,71	25,71	277,74	260,30
	26,93	26,92	26,93	253,24	
	26,08	26,09	26,09	269,81	
	27,99	27,96	27,98	234,58	
	26,27	26,26	26,27	266,12	
Sampel 5	27,45	27,7	27,58	241,44	255,27
	26,65	26,38	26,52	261,13	
	27,2	26,41	26,81	255,51	
	26,76	26,94	26,85	254,65	
	26,42	26,36	26,39	263,61	
Sampel 6	27,04	27,59	27,32	246,06	263,71
	26,1	25,61	25,86	274,63	
	26,75	25,12	25,94	272,94	
	26,95	26,78	26,87	254,37	
	26,06	26,04	26,05	270,53	
Sampel 7	31,21	31,2	31,21	188,53	251,23
	25,1	26,02	25,56	281,01	
	26,32	26,3	26,31	265,21	
	24,8	27,82	26,31	265,21	



Lampiran 2 Hasil pengujian kekasaran permukaan

Spesimen	Pulse on time	Servo voltage	Wire feed	Hasil pengujian kekasaran (μm)
1	8	20	5	2,179
2	12	20	5	2,322
3	8	30	5	1,771
4	12	30	5	1,826
5	8	20	9	2,436
6	12	20	9	2,476
7	8	30	9	2,354
8	12	30	9	2,526



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Hasil penimbangan sampel

Sebelum



Sesudah



Sebelum



Sesudah



Sebelum



Sesudah





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sebelum



Sesudah



Sebelum



Sesudah



Sebelum



Sesudah





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sebelum



Sesudah



Sebelum



Sesudah





Lampiran 4 Spesifikasi mesin Wire EDM

Specifications

Model			α -C400iB	α -C600iB	α -C800iB
Maximum workpiece dimensions	without Automatic door	Z axis travel standard	730 x 630 x 250 mm	1050 x 820 x 300 mm	1250 x 1020 x 300 mm
		Z axis travel option	—	1050 x 820 x 400 mm	1250 x 1020 x 500 mm
	with Automatic door	Z axis travel standard	730 x 585 x 250 mm	1050 x 775 x 300 mm	1250 x 975 x 300 mm
		Z axis travel option	—	—	1250 x 975 x 500 mm
Maximum workpiece mass			500 kg	1000 kg	3000 kg
XY axis table travel			400 x 300 mm	600 x 400 mm	800 x 600 mm
Z axis travel	standard		255 mm	310 mm	310 mm
	option		—	410 mm	510 mm
UV axis travel			± 60 mm x ± 60 mm	± 100 mm x ± 100 mm	± 100 mm x ± 100 mm
Maximum taper angle	standard		$\pm 30^\circ$ /80 mm	$\pm 30^\circ$ /150 mm	$\pm 30^\circ$ /150 mm
	option		$\pm 45^\circ$ /40 mm	$\pm 45^\circ$ /70 mm	$\pm 45^\circ$ /70 mm
Wire diameter	standard		$\phi 0.10$ to $\phi 0.30$ mm		
	option		$\phi 0.05$ to $\phi 0.30$ mm	—	
Maximum wire mass			16 kg		
Machine mass (approx.)			1800 kg	3000 kg	4200 kg
Controller			FANUC Series 31i-WB		
Acoustic noise level			LPA= 64 dB LPCpeak= 81 dB		

JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta