



TUGAS AKHIR - VM180629

**ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS DAN  
KONSENTRASI LARUTAN NaNO<sub>3</sub> TERHADAP  
*MATERIAL REMOVAL RATE DAN MACHINING  
GAP PADA PROSES ELECTROCHEMICAL  
GRINDING***

**FIKRI MUHAMMAD  
NRP.1021150000026**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Winarto, DEA  
19601213 198811 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**



**FINAL PROJECT - VM180629**

**ANALYSIS EFFECT OF CURRENT FLOW AND  
NaNO<sub>3</sub> CONCENTRATE SOLUTION ON  
MATERIAL REMOVAL RATE AND MACHINING  
GAP IN ELECTROCHEMICAL GRINDING  
PROCESS**

**FIKRI MUHAMMAD  
NRP.10211500000026**

**Counsellor Lecture  
Ir. Winarto, DEA  
19601213 198811 1 001**

**INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Vocation  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS DAN KONSENTRASI LARUTAN NaNO<sub>3</sub> TERHADAP *MATERIAL REMOVAL RATE DAN MACHINING GAP* PADA PROSES ELECTROCHEMICAL GRINDING**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Ahli Madya

Pada Bidang Studi Manufaktur

Program Studi Diploma III

Jurusank Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FIKRI MUHAMMAD**

**NRP. 102115 00000 026**

Mengetahui dan Menyetujui

**Dosen Pembimbing**



**SURABAYA, JANUARI 2019**

# **ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS DAN KONSENTRASI LARUTAN NaNO<sub>3</sub> TERHADAP MATERIAL REMOVAL RATE DAN MACHINING GAP PADA PROSES ELECTROCHEMICAL GRINDING**

**Nama Mahasiswa : Fikri Muhammad**  
**NRP : 10211500000026**  
**Jurusan : Dept. Teknik Mesin Industri FV-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Winarto, DEA.**

## **Abstrak**

*Penggerindaan sering digunakan dalam dunia manufaktur, baik digunakan dalam proses pengikisan permukaan material, pemotongan, maupun pengasahan logam. Pembuangan material secara penggerindaan sering dipergunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih presisi dan efisien. Namun untuk menghasilkan kecepatan waktu dan efisiensi pemotongan dibutuhkan kombinasi proses yang lain, yaitu digunakan proses kombinasi antara penggerindaan mekanis dan proses elektrokimia.*

*Pada penelitian ini adalah penggerindaan menggunakan metode kombinasi elektrokimia pada aluminium dengan variasi besarnya arus listrik dan konsentrasi larutan NaNO<sub>3</sub>. Variasi besarnya arus yang digunakan adalah 50 A dan 100 A. Variasi konsentrasi elektrolit NaNO<sub>3</sub> yang digunakan adalah 50 gr/l, 150 gr/l, dan 300 gr/l.*

*Hasil penggerindaan kombinasi elektrokimia ini didapatkan hasil Material Removal Rate dan Machining Gap. Untuk hasil MRR dan Machining Gap yang terbanyak pada hasil penggerindaan pada Arus 100 A dengan konsentrasi larutan elektrolit 300 gr/l, dan yang terkecil adalah pada arus 50 A dengan konsentrasi larutan elektrolit 50 gr/l.*

**Kata Kunci : *Electrochemical Grinding, Penggerindaan, Material Removal Rate, Machining Gap.***

# **ANALYSIS EFFECT OF CURRENT FLOW AND NaNO<sub>3</sub> CONCENTRATE SOLUTION ON MATERIAL REMOVAL RATE AND MACHINING GAP IN ELECTROCHEMICAL GRINDING PROCESS**

**Name : Fikri Muhammad**  
**No. ID : 1021150000026**  
**Department : Industrial Mechanical Engineering  
FV-ITS**  
**Counsellor Lecturer : Ir. Winarto, DEA.**

## **Abstract**

*Grinding is often used in the manufacturing for eroding surface material, cutting, and metal grinding. This process used for obtain more precise and efficient results. However, to produce the efficient cutting and time another process is needed. Combination of electrochemical process and grinding.*

*This observation is grinding using electrochemical combination with variations of electricity current and NaNO<sub>3</sub> concentrate solution. The electricity currents variations are 50 A and 100 A. The variation of NaNO<sub>3</sub> concentrate solutions are 50 gr/l, 150 gr/l, and 300 gr/l.*

*The results of electrochemical grinding are obtained from the Material Removal Rate and Machining Gap results. For the greatest results of MRR are from electricity current with 100 A and the concentrate solution with 300 gr/l, the smallest results are obtained by electricity current with 50 A and concentrate solution with 300 gr/l..*

**Keywords : Electrochemical Grinding, Grinding, Material Removal Rate, Machining Gap.**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmatnya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS DAN KONSENTRASI LARUTAN NaNO<sub>3</sub> TERHADAP MATERIAL REMOVAL RATE DAN MACHINING GAP PADA PROSES ELECTROCHEMICAL GRINDING**“ dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan wajib untuk mahasiswa program studi Departemen Teknik Mesin Industri untuk mendapatkan gelar Ahli Madya sesuai dengan kurikulum yang ditetapkan.

Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak - pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini antara lain:

1. **Bapak Ir. Winarto, DEA** sebagai dosen pembimbing yang dengan sangat sabar dan tidak bosan membantu memberikan ide, masukan, dan membimbing penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** Selaku Ketua Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri. Terima kasih atas segala bantuan dan motivasinya.
3. **Bapak Ir. Suharyanto, M.Sc** sebagai Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri.
4. **Bapak Ir. Hari Subiyanto, M.Sc** selaku dosen wali yang selalu memberi masukan dan membimbing penulis.
5. Dosen Penguji yang telah memberi masukan kepada penulis.
6. Seluruh dosen dan staf pengajar Jurusan Departemen Teknik Mesin Industri, yang telah memberikan ilmunya

dan membantu semua selama menimba ilmu di bangku kuliah.

7. Kedua orang tua penulis Ibu Munawati dan Bapak Sunarto yang tak pernah berhenti berdo'a dan selalu memberikan dukungan serta nasihat agar berusaha dan pantang menyerah, memberikan dukungan baik moril dan materil. Terima kasih atas inspirasi yang selalu diberikan demi kesuksesan penulis.
8. Hendryan Sandwityanto dan Nicholas Arnedeo Satmoko sebagai *partner* dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Jack, Baqir, Pletot, Keceng, Kapten Botol, Gudel, Meindra, Shafwan, Angga, yang menemani dan memberikan dukungan untuk penulis selama mengerjakan tugas akhir.
10. Teman-teman angkatan 2015 D3MITS yang telah menemani selama tiga tahun lebih. Terima kasih atas segalanya.
11. Serta berbagai pihak yang belum tertulis tapi sangat berarti dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Karena keterbatasan waktu dan kemampuan penulis, sebagai manusia biasa menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan, dan kekurangan . Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan .

Surabaya, Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan pustaka.....	5
2.2 Electrochemical Grinding.....	5
2.2.1 Proses <i>Electrochemical Grinding</i> .....	6
2.2.2 <i>Machining Gap</i> .....	8
2.2.3 Electrochemical Machining .....	9
2.2.4 Proses Penggerindaan Konvensional.....	10
2.3 Komponen Proses ECG.....	10
2.3.1 Grinding Wheel .....	10
2.3.2 Larutan Elektrolit .....	11
2.3.2.1 Sifat Larutan Elektrolit.....	11
2.3.2.2 Fungsi Elektrolit.....	11
2.3.2.3 Konsentrasi Larutan.....	12
2.3.3 Power Supply .....	12
2.4 Sodium Nitrat .....	12

2.5 Proses Pemesinan Grinding .....	15
2.5.1 Straight Grinding Wheels .....	16
2.5.2 Diamond Wheel Grinding .....	17
2.6 Aluminum.....	17
2.7 Perhitungan Proses Pemesinan ECG .....	19
2.7.1 Perhitungan Proses Penggerindaan Mekanis .....	19
2.7.2 Perhitungan Proses Penggerindaan ECG .....	20
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>21</b>
3.1 FlowChart Diagram.....	22
3.2 Waktu Penelitian .....	22
3.3 Tempat Penelitian.....	23
3.4 Langkah Kerja .....	23
3.4.1 Studi Literatur.....	26
3.4.2 Pemilihan Alat dan Bahan .....	26
3.4.3 Parameter Penggerindaan ECG .....	32
3.4.4 Persiapan Proses Penggerindaan ECG.....	33
3.5 Analisa Benda Kerja.....	37
3.5.1 Analisa Material Removal Rate.....	37
3.5.2 Analisa Machining Gap .....	38
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Parameter Penggerindaan .....	39
4.2 Perhitungan Cylindrical Grinding Secara Mekanis .....	41
4.3 Perhitungan MRR .....	42
4.3.1 Perhitungan MRR Proses Kerja Konvensional.....	43
4.3.2 Perhitungan Teoritis MRR ECG.....	45
4.3.3 Perhitungan MRR Proses ECG.....	46
4.4 Pembahasan Hasil Nilai MRR.....	55
4.5 Pembahasan Hasil Nilai Proses ECG .....	56
4.6 Pembahasan Machining Gap .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61

**DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN  
BIODATA PENULIS**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Proses Electrochemical Grinding.....	6
Gambar 2.2 <i>Machining Gap</i> Pada ECG .....	8
Gambar 2.3 Skema Proses ECG Pada Penelitian .....	8
Gambar 2.4 Proses Elektrokimia.....	9
Gambar 2.5 Proses Penggerindaan.....	10
Gambar 2.6 <i>Grinding Wheel</i> .....	10
Gambar 2.7 <i>Sodium Nitrate</i> ( $\text{NaNO}_3$ ) .....	15
Gambar 2.8 Proses Pemotongan dengan menggunakan satu partikel abrasif .....	16
Gambar 2.9 Proses penggerindaan tipe <i>straight grinding</i> .....	16
Gambar 3.1 Flowchart Diagram.....	22
Gambar 3.2 Material Aluminum Setelah Dipotong Sesuai Dimensi Pengerajan .....	24
Gambar 3.3 Proses Penggerindaan ECG .....	24
Gambar 3.4 Proses Pengukuran RPM .....	25
Gambar 3.5 Penempatan Arus Positif dan Negatif dari Mesin Inverter DC Pada Mesin ECG dan Benda Kerja....	25
Gambar 3.6 Dimensi material .....	26
Gambar 3.7 Aluminum setelah dipotong sesuai dimensi .....	27
Gambar 3.8 Tang Ampere .....	27
Gambar 3.9 <i>Diamond Abrasive Grinding Wheel</i> .....	28
Gambar 3.10 Mesin ECG .....	28
Gambar 3.11 Ground Clamp .....	29
Gambar 3.12 <i>Sodium Nitrate</i> .....	29
Gambar 3.13 Inverter Las.....	30
Gambar 3.14 Jangka Sorong .....	30
Gambar 3.15 Feeler Gauge.....	31
Gambar 3.16 Pompa .....	31
Gambar 3.17 <i>Tachometer</i> .....	32
Gambar 3.18 Penempatan Benda Kerja pada Meja Kerja.....	33
Gambar 3.19 Penempatan Feeler Gauge dibawah Benda Kerja.	34
Gambar 3.20 Benda Kerja Dijepit dengan <i>C Clamp</i> .....	34
Gambar 3.21 Sodium Nitrat dengan berat 50 gr.....	35
Gambar 3.22 Sodium Nitrat dengan berat 150 gr.....	35
Gambar 3.23 Sodium Nitrat dengan berat 300 gr.....	36

Gambar 3.24	Wadah Akrilik .....	36
Gambar 3.25	Proses Pengukuran.....	37
Gambar 4.1	Sketsa Hasil Penggerindaan Material .....	39
Gambar 4.2	Ilustrasi <i>depth of cut</i> dan <i>machining gap</i> setelah proses ECG.....	40
Gambar 4.3	Skema Proses Penggerindaan Silindris.....	41
Gambar 4.4	Hasil Penggerindaan Secara Mekanis .....	44
Gambar 4.5	Sketsa Hasil Penggerindaan Secara Mekanis dengan depth of cut 0,8 mm. (a) Sebelum Penggerindaan, (b) Sesudah Penggerindaan .....	44
Gambar 4.6	Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l .....	46
Gambar 4.7	Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l dengan depth of cut 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG .....	47
Gambar 4.8	Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l .....	48
Gambar 4.9	Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l dengan depth of cut 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG .....	48
Gambar 4.10	Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l .....	49
Gambar 4.11	Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l dengan depth of cut 0,8 mm . (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG .....	50
Gambar 4.12	Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l .....	51
Gambar 4.13	Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l dengan depth of cut 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG .....	51
Gambar 4.14	Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l .....	52

Gambar 4.15	Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l dengan depth of cut 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG .....	53
Gambar 4.16	Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l .....	54
Gambar 4.17	Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l dengan depth of cut 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG .....	54
Gambar 4.18	Grafik Nilai MRR Pada Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus. ....	56
Gambar 4.19	Grafik Hasil ECG Pada Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus .....	57
Gambar 4.20	Grafik Hasil Machining Gap Pada Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus.....	59

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Senyawa NaNO <sub>3</sub> .....	13
Tabel 2.2 <i>Stability and Reactivity</i> .....	13
Tabel 2.3 <i>Personal Protection</i> .....	13
Tabel 2.4 Karakteristik Aluminum.....	18
Tabel 2.5 Klasifikasi Aluminum dan Paduannya.....	18
Tabel 3.1 Parameter Penggerindaan.....	23
Tabel 4.1 Data primer penggerindaan ECG .....	39
Tabel 4.2 Data Proses Penggerindaan Konvensional .....	43
Tabel 4.3 Hasil MRR Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus .....	55
Tabel 4.4 Hasil ECG Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus .....	57
Tabel 4.5 Hasil Machining Gap Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus .....	58

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Menurut Serope Kalpakjian dan Steven R. Schmid di dalam buku *Manufacturing Engineering and Technology* dijelaskan bahwa electrochemical grinding adalah salah satu proses pemesinan non konvensional yang mengkombinasikan gerinda konvensional dengan elektrokimia untuk menghilangkan sebagian fisik material. Electrochemical grinding merupakan turunan dari *Electrochemical Machining* (ECM) dimana prosesnya melibatkan listrik dan elektrolit untuk menghilangkan sebagian fisik material.

Proses *Electrochemical Grinding* (ECG) mampu menghasilkan *Material Removal Rate* (MRR) lebih banyak dari proses penggerindaan secara konvensional, hal ini disampaikan bahwa proses elektrolisis berkontribusi lebih banyak daripada proses penggerindaan yang hanya menyumbang 5%. Proses ini juga membuat material tidak panas karena elektrolit yang disemprotkan saat penggerindaan sebagai cairan pendingin.

Pada tugas akhir sebelumnya telah dibuat mesin ECG menggunakan gerinda tangan sebagai alat untuk mengikis sebagian fisik material benda kerja. Didalam tugas akhir ini proses penggerindaan ECG menggunakan sistem *straight cylindrical grinding wheel* seperti mesin gerinda duduk. Dengan penggerindaan ECG diharapkan mampu lebih cepat dan akurasi dimensi yang diperoleh lebih baik daripada penggerindaan secara konvensional yang nantinya akan berpengaruh terhadap waktu dan biaya produksi. Untuk mengetahui seberapa efektif dan efisien dari proses penggerindaan ECG yaitu dengan mengetahui variabel penggerindaan. Salah satu parameter dari penggerindaan ECG adalah besar nilai arus dan konsentrasi elektrolit, dengan mengetahui nilai arus yang optimal akan mempengaruhi hasil MRR karena apabila arus yang digunakan terlalu rendah atau besar mengakibat tidak efisien dan tidak hemat, konsentrasi elektrolit yang sesuai akan mengakibatkan hasil penggerindaan yang baik. Dari permasalahan tersebut maka perlu penelitian lebih lanjut tentang pemilihan arus dan konsentrasi elektrolit yang sesuai dengan variasi yang berbeda-beda.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi arus dan elektrolit terhadap *Machining Gap* dari material aluminum yang telah dilakukan penggerindaan dengan ECG?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus dan elektrolit terhadap MRR (*Material Removal Rate*) dari material aluminum yang telah dilakukan penggerindaan dengan ECG?

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan menggunakan metode standarisasi yaitu penggunaan Sistem Internasional (SI) sehingga angka tidak perlu dikonversikan.
2. Material yang digunakan adalah aluminum dengan ukuran 33 mm x 30 mm dengan tebal 16 mm.
3. Perhitungan analisa perencanaan mesin ECG tidak dihitung.
4. Analisa dibatasi dengan kuat arus 50 A dan 100 A pada pengujian spesimen.
5. Tegangan yang digunakan adalah DC 20 Volt.
6. *Grinding Wheel* yang digunakan adalah *abrasive diamond grinding wheel*.
7. Menggunakan mesin ECG yang telah dibuat.
8. *Depth of Cut* sebesar 0,8 mm.
9. Getaran tidak diperhitungkan.
10. Konsentrasi larutan elektrolit dianggap sesuai.

### **1.4. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui hasil *machining gap* yang diperoleh setelah dilakukan penggerindaan dengan proses ECG menggunakan variasi arus dan konsentrasi larutan.
2. Mengetahui hasil MRR yang diperoleh setelah dilakukan penggerindaan dengan proses ECG menggunakan variasi arus dan konsentrasi larutan.

3. Mengetahui hasil ECG yang diperoleh setelah dilakukan penggerindaan dengan proses ECG menggunakan variasi arus dan konsentrasi larutan.

### **1.5. Manfaat**

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai sarana untuk penelitian lebih lanjut mengenai ECG.
2. Sebagai alat untuk uji praktikum pada mata kuliah Pemesinan Non Konvensional (PNK) di Teknik Mesin Industri ITS.

### **1.6. Metodologi Penelitian**

Dalam penelitian ini digunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur  
Di tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang dapat menunjang perencanaan. Data dapat diambil melalui buku-buku, jurnal, dan artikel di internet.
2. Analisa  
Dalam hal ini dilakukan analisa mengenai hasil *material removal rate* pada proses *electrochemical grinding*, hasil dari penggerindaan secara ECG kemudian dianalisa.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian ini terdiri dari lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

- Bab 1: Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan perencanaan, batasan masalah, metodologi perencanaan, dan sistematika penulisan.

- Bab 2: Dasar Teori

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pelaksanaan perencanaan ini, yang meliputi teori dasar ECG, elektrokimia

- Bab 3: Metodologi

Bab ini menjelaskan tentang urutan proses pelaksanaan mesin ECG mulai dari studi literatur, proses penggerindaan ECG, proses analisa hasil ECG.

- Bab 4: Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil analisa, hasil pengujian dari proses ECG.

- Bab 5: Penutup

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan hasil analisa ECG dan saran untuk analisa ECG selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada kajian pustaka penelitian ini dibahas penelitian sebelumnya. Kajian pustaka yang penulis ambil memiliki beberapa kesamaan dengan penelitian sebelumnya.

Kajian pustaka yang pertama yang ditulis oleh Tito Bagaswara pada tahun 2017. Rancang bangun mesin Electrochemical Grinding dengan kapasitas  $100 \text{ mm}^3/\text{min}$ . Disimpulkan bahwa hasil MRR penggerindaan konvensional  $20,196 \text{ mm}^3/\text{min}$  dan MRR ECG menghasilkan  $112,2 \text{ mm}^3/\text{min}$  dengan menggunakan larutan NaCl dengan arus 120 A.

Kajian Pustaka yang kedua ditulis oleh Ayu Indarti Meilasari dan Muhamad Luthfi Firmansyah pada tahun 2018. Rancang bangun mesin Electrochemical Grinding berkapasitas  $1000 \text{ mm}^3/\text{min}$  dengan larutan NaOH. Disimpulkan bahwa hasil MRR penggerindaan konvensional  $51,29 \text{ mm}^3/\text{min}$  dan MRR ECG  $943,75 \text{ mm}^3/\text{min}$  dengan menggunakan surface grinding dan larutan NaOH dengan arus 30 A.

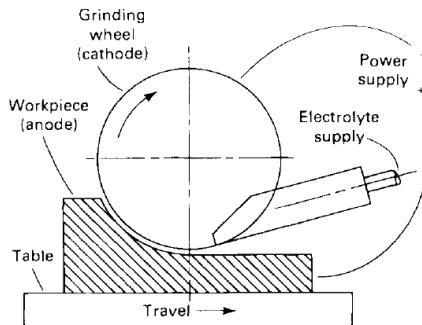
Dari kajian diatas dapat diketahui bahwa parameter pada penggerindaan ECG sangat penting, sehingga penulis mengambil penelitian penggerindaan ECG dengan menggunakan larutan  $\text{NaNO}_3$  dengan variasi arus dan konsentrasi larutan yang berbeda dikarenakan penggunaannya jauh lebih mudah sehingga biaya yang dikeluarkan lebih sedikit.

#### 2.2 Electrochemical Grinding

Electrochemical Grinding (ECG) merupakan kombinasi dari proses Electrochemical Machining (ECM) yaitu dengan mengkombinasikan penggerindaan secara mekanik dengan proses elektrokimia untuk menghilangkan sebagian material benda kerja. Didalam buku *Manufacturing Engineering and Technology*, Serope Kalpakjian dan Steven R. Schmid menjelaskan bahwa proses elektrokimia mengambil peran 95% dari keseluruhan proses

penggerindaan, sehingga keausan pahat sangat kecil. Daya arus searah (*Direct Current*) digunakan untuk melewatkkan arus listrik kedalam proses elektrokimia dimana katoda diletakkan di pahat dan anoda di benda kerja.

Pahat (*Tools*) yang digunakan bersifat konduktor dengan berbahan dasar logam yang dibalut dengan partikel abrasif berupa berlian atau biasa disebut *diamond grinding wheel*. Partikel abrasif memiliki fungsi sebagai isolator antara benda kerja dengan pahat dan membuang hasil elektrolisa secara mekanis.



**Gambar 2.1** Skema Proses Electrochemical Grinding  
(Sumber: ASM Handbook Volume 16, Machining, 1989)

### 2.2.1 Proses *Electrochemical Grinding*

*Electrochemical Grinding* dilakukan dengan menggunakan komponen utama diantaranya batu gerinda, power supply DC, benda kerja, elektrolit, dan sistem sirkulasi elektrolit untuk proses ECG. Untuk penggunaan dari komponen utama dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### A. Batu Gerinda

Batu gerinda memiliki fungsi diantaranya sebagai media untuk menampung elektrolit yang terjebak pada rongga grit abrasif dimana berfungsi sebagai proses elektrokimia dapat berjalan secara kontinyu.

### B. Elektrolit

Elektrolit berfungsi untuk mempercepat proses pembentukan lapisan oksidasi benda kerja. Proses ini membutuhkan elektrolit yang memiliki konduktivitas tinggi seperti NaCl, NaOH, HNO<sub>3</sub> atau NaNO<sub>3</sub> agar hasil oksidasi dapat melarutkan logam lebih banyak. Didalam penelitian ini penulis menggunakan larutan NaNO<sub>3</sub>. Hal ini berbeda dengan proses *Electrochemical Machining* dimana oksida harus dilarutkan dalam satu waktu didalam elektrolit. Didalam satu waktu elektrolit yang disemprotkan pada batu gerinda dan media kerja (Gambar 2.1) menjadi perantara antara anoda dan katoda sehingga terjadi proses elektrolisa. Elektrolit membuang hasil perautan logam dan mendinginkan benda kerja dan batu gerinda akibat proses mekanis pada media kerja. Elektrolit yang digunakan harus memiliki pasifikasi terhadap arus yang tidak stabil, menghaluskan permukaan benda kerja dan tidak menyebabkan korosi terhadap benda kerja.

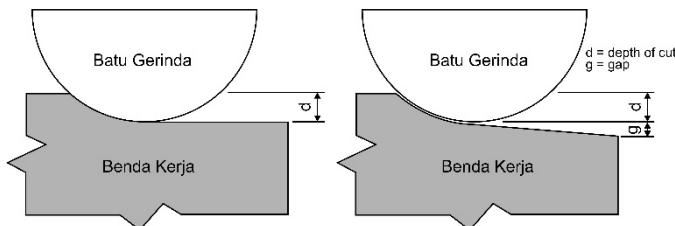
### C. Sistem Elektrolit

Elektrolit yang disemprotkan kepada batu gerinda berputar sebagian terjebak pada grit abrasif dan sebagian lainnya mendorong batu gerinda untuk proses penggerindaan sehingga waktu penggerindaan lebih cepat daripada kerja mekanis.

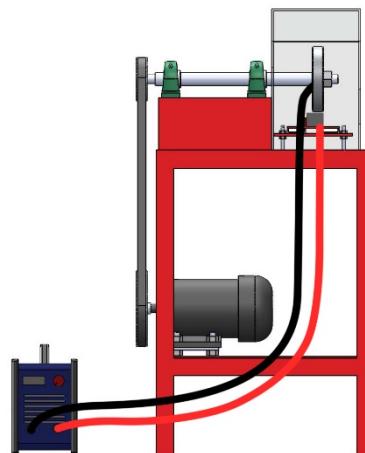
Didalam jurnal yang ditulis oleh Hansong LI (2017), semakin besar proses pemakanan maka proses ECG tidak dapat berjalan secara kontinyu dikarenakan kontak antara anoda dan katoda tidak sering terjadi, sebaliknya apabila proses pemakanan terlalu lambat maka hasil MRR rendah.

### 2.2.2 Machining Gap

Hasil proses ECG menghasilkan *Material Removal Rate* (MRR) dan *Machining Gap* dimana proses ini bergantung pada parameter larutan elektrolit dan arus. Pada jurnal dikatakan bahwa semakin besar proses pemakanan maka waktu yang dibutuhkan semakin sedikit namun hasil *gap* semakin berkurang, sebaliknya apabila arus dan tegangan yang digunakan besar maka menghasilkan *gap* yang lebih besar. Hal ini dapat dibuktikan karena arus yang besar mengakibatkan proses disolusi semakin cepat sehingga menghasilkan *gap* yang besar.



**Gambar 2.2** Machining Gap Pada ECG



**Gambar 2.3** Skema Proses ECG Pada Penelitian

### 2.2.3 Electrochemical Machining

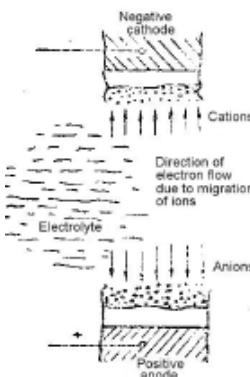
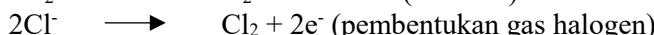
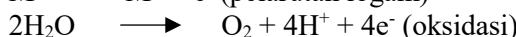
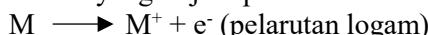
Proses elektrochemical machining merupakan proses yang melibatkan reaksi elektrokimia untuk menghilangkan sebagian permukaan benda kerja dengan menggunakan arus listrik DC dimana katoda diletakkan di *tools* dan anoda diletakkan di benda kerja. Elektrolit yang digunakan dipompa kedalam celah antar benda kerja dan *tools*, dimana arus mengalir diantara celah pada tegangan rendah.

Kerja electrochemical machining yaitu elektron yang mengalir dari benda kerja melewati *power supply* menuju *tool*, sehingga atom pada permukaan benda kerja menjadi kation. Kation memisahkan diri dari benda kerja dan bergerak menuju katoda.

Reaksi yang terjadi pada katoda :



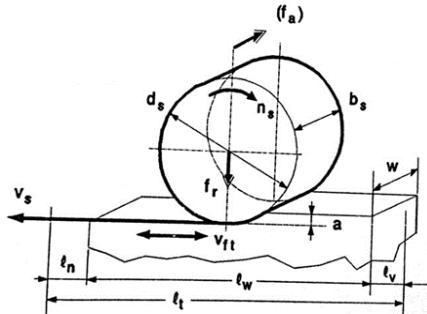
Reaksi yang terjadi pada anoda :



**Gambar 2.4** Proses Elektrokimia

(Sumber: Pandey, P. C. Dan H. S. Shan. 1976)

### 2.2.4 Proses Penggerindaan Konvensional



**Gambar 2.5** Proses Penggerindaan

(Sumber: Rochim, Taufiq. 1993)

Penggerindaan merupakan suatu proses dimana partikel abrasif yang berada di mata gerinda merupakan *cutting edge* sehingga sebagian material logam akan terpisah. Proses penggerindaan umum digunakan untuk pemotongan logam dan *finishing* karena hasilnya yang halus.

### 2.3 Komponen Proses ECG

Proses Electrochemical Grinding terdapat beberapa faktor agar proses Electrochemical Machining dapat terjadi yaitu:

#### 2.3.1 Grinding Wheel



**Gambar 2.6** Grinding Wheel

Tipe *diamond wheel* merupakan batu gerinda yang sekelilingnya dilapisi dengan partikel abrasif logam berlian. Partikel abrasif ini berfungsi sebagai bagian penggerindaan mekanis sekaligus penghantar arus yang mengalir menuju benda kerja dengan medium larutan elektrolit.

### **2.3.2 Larutan Elektrolit**

Menurut P.C Pandey dan H.S Shan pada buku Modern Machining Processes, pada ECM terdapat beberapa fungsi elektrolit antara lain :

1. Mengisi rangkaian elektrik di antara pahat dan benda kerja.
2. Memungkinkan reaksi elektrokimia pada pemesinan dapat terjadi.
3. Mengangkat panas yang dihasilkan selama reaksi kimia.
4. Mengangkat hasil reaksi dari zona pemesinan.

#### **2.3.2.1 Sifat Larutan Elektrolit**

Elektrolit yang efektif dan efisien harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Konduktivitas elektrik tinggi.
2. Viskositas rendah dan kalor jenis yang tinggi.
3. Kestabilan kimia.
4. Ketahanan untuk tidak membentuk lapisan pasifator pada permukaan benda kerja.
5. Tidak korosif dan ramah lingkungan.
6. Murah dan banyak didapat.

#### **2.3.2.2 Fungsi Elektrolit**

Elektrolit memiliki fungsi sebagai berikut :Sirkuit elektrik antara pahat dan benda kerja

1. Mengatur *machining reaction*

## 2. Membawa panas

## 3. Membawa hasil reaksi/perautan

Pada kali ini penulis akan menggunakan larutan berbeda dari penelitian sebelumnya, penulis menggunakan larutan  $\text{NaNO}_3$  dengan variasi konsentrasi 50gr/l, 150gr/l, dan 300gr/l untuk mengetahui hasil MRR dan *Machining Gap* terhadap alumunium.

### 2.3.2.3 Konsentrasi Larutan

Larutan dengan konsentrasi yang pekat memiliki hambatan yang rendah dan hasil larutan akan menyumbat gap sehingga larutan akan mengkristal pekat akibat dari densitas yang tinggi..

Larutan dengan konsentrasi encer menghasilkan permukaan benda kerja yang halus, sangat cocok digunakan untuk proses pemesinan yang membutuhkan tegangan tinggi.

### 2.3.3 Power Supply

Electrochemical Grinding membutuhkan arus listrik searah untuk mengakibatkan proses elektrokimia terjadi. Didalam buku Serope Kalpakjian dan Steven R. Schmid proses ECG membutuhkan tegangan 5-25 Volt dengan rapat arus 1-3 A/mm<sup>2</sup> dari luas pemesinan. Penggunaan power supply untuk menyuplai tegangan langsung ke komponen. Power supply berguna untuk mengubah tegangan AC dari sumber listrik menjadi tegangan DC.

## 2.4 Sodium Nitrate

*Sodium nitrate* atau biasa disebut dengan natrium nitrat adalah senyawa yang biasa digunakan untuk keperluan produksi skala industri seperti pupuk, kaca, pengawet makanan, maupun bahan peledak. Untuk komposisi sifat dan kimia senyawa sodium nitrat dapat dilihat pada data dibawah ini:

**Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Senyawa NaNO<sub>3</sub>**

<b>Physical State:</b>	Crystals
<b>Color:</b>	White
<b>Odor:</b>	Odorless
<b>pH:</b>	5.5-8.0 (5% aq. Solution)
<b>Vapor Pressure:</b>	Not available
<b>Vapor Density:</b>	Not available
<b>Evaporation Rate:</b>	Not available
<b>Viscosity:</b>	Not available
<b>Boiling Point:</b>	380°C
<b>Freezing/Melting Point:</b>	306°C
<b>Decomposition Temperature:</b>	380°C
<b>Solubility in water:</b>	Soluble
<b>Specific Gravity/Density:</b>	900 g/l (20°C)
<b>Molecular Formula:</b>	NNaO <sub>3</sub>
<b>Molecular Weight:</b>	84.99

(Sumber: Material Safety Data Sheet NaNO<sub>3</sub>. ISO 9001:2000)

**Tabel 2.2 Stability and Reactivity**

<b>Stability :</b>	Stable under normal storage and temperature conditions.
<b>Conditions to avoid :</b>	Reacts with flammable and reducing substances.
<b>Hazardous Decomposition Products :</b>	Nitrous oxides, sodium nitrite and sodium oxide by thermal decomposition.

(Sumber: Safety Data Sheet Sodium Nitrate. [www.salchem.com](http://www.salchem.com))

**Tabel 2.3 Personal Protection**

<b>Exposure Limits</b>	Suggested according to US regulations : 15 mg/m <sup>3</sup> (total dust) ; 5 mg/m <sup>3</sup> (respirable fraction)
------------------------	---

<b>Exposure Controls</b>	Local exhaust ventilation to keep low dust environment.
<b>Personal Protective Equipment</b>	Respiratory : Dust mask Eyes : Safety goggles required all the time. Hands : Nitrile rubber gloves, over 0.11 mm thickness, > 480 min breakthrough time.
<b>Hygiene Measures</b>	<p>Do not drink, eat or smoke during product manipulation. Keep away from foodstuffs and beverages.</p> <p>Wash hands before breaks and after work.</p> <p>Personal Protective Equipment: Wear dust mask if necessary, nitrile rubber gloves and chemical safety goggles.</p> <p>Hygiene Measures : Do not drink, eat or smoke during product manipulation. Keep away from foodstuffs and beverages. Wash hands before breaks and after work.</p>

(Sumber: Safety Data Sheet Sodium Nitrate. [www.salchem.com](http://www.salchem.com))

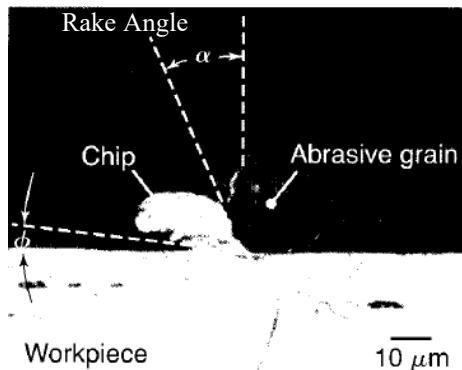


**Gambar 2.7** Sodium Nitrat ( $\text{NaNO}_3$ )  
(Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_nitrate))

## 2.5 Proses Pemesinan Grinding

Penggerindaan merupakan proses pembuangan serpihan material (*chip*) menggunakan partikel abrasif sebagai media pemotongan. Perbedaan utama antara penggerindaan dengan partikel abrasif dengan pahat satu titik dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Partikel abrasif tersendiri mempunyai bentuk yang tidak teratur dan jarak antar butiran partikel secara acak sepanjang permukaan gerinda.
2. Posisi radial dari partikel abrasif yang berada pada permukaan gerinda bervariasi sehingga tidak semua butiran partikel aktif saat dilakukan proses penggerindaan.
3. Sudut pemotongan rata-rata dari partikel abrasif sangat negatif, sekitar  $-60^\circ$  atau kurang. Akibatnya hasil *chip* gerinda mengalami deformasi plastik yang jauh lebih besar daripada proses pemesinan lainnya.
4. Kecepatan potong pada proses penggerindaan sangat tinggi, sekitar 20 sampai 30 m/s, dan bisa sampai 150 m/s pada penggerindaan kecepatan tinggi menggunakan roda gerinda yang didesain dan dibentuk khusus.



**Gambar 2.8** Proses Pemotongan dengan menggunakan satu partikel abrasif.

(Sumber: *Manufacturing Engineering and Technology*, Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid. 2009)

### 2.5.1 Straight Grinding Wheels

*Straight grinding wheels* merupakan penggunaan yang sangat sering ditemui dan digunakan pada mesin gerinda duduk. Penggunaan roda gerinda ini umum digunakan untuk membentuk permukaan cekung kecil pada potongan, contohnya untuk membentuk pahat. Ukuran roda pada tipe ini berbeda sesuai dengan batas tertentu tergantung dari lebar dan diameter permukaan.



**Gambar 2.9** Proses penggerindaan tipe *straight grinding*

(Sumber: *Manufacturing Engineering and Technology*, Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid)

### 2.5.2 Diamond Wheel Grinding

Berlian merupakan batuan yang memiliki kekerasan paling tinggi. Umumnya digunakan sebagai perhiasan namun didalam dunia industri digunakan sebagai abrasif. Karbon yang dikristalkan juga dapat dinamakan berlian sintetis (buatan). Berlian sintetis sangat identik dengan berlian alami karena memiliki sifat kekerasan yang sama. Didalam dunia industri terutama untuk pemesinan yang menggunakan abrasif, umumnya ukuran grit adalah 0.01 mm diameter. Konduktivitas elektrik nya lima puluh kali lebih tinggi daripada berlian alami dan sepuluh kali lebih tahan terhadap laser.

Sebagai pahat, berlian mempunyai sifat yang sangat diinginkan seperti gesekan yang rendah, ketahanan terhadap keausan yang tinggi dan mampu untuk menjaga ketajaman mata potong. Berlian sangat baik digunakan untuk memperoleh hasil permukaan potong yang halus dan dimensi yang presisi.

## 2.6 Aluminum

Aluminum merupakan elemen logam yang memiliki nomor atom 13, simbol atom (Al), dan memiliki berat atom 26,98. Berat jenis aluminum yaitu 2,7 g/cm<sup>3</sup>, dimana sepertiga dari berat jenis baja (7,83 g/cm<sup>3</sup>), tembaga (8,93 g/cm<sup>3</sup>), atau kuningan (8,53 g/cm<sup>3</sup>). Dilihat dari sifat fisik, aluminum adalah logam yang lunak dan ringan dengan penampilan mulai dari keperakan hingga abu-abu kusam tergantung pada kekasaran permukaan. Dengan ketahanan korosi yang sangat baik di sebagian besar lingkungan termasuk atmosfer, air (terutama air asin), dan penggunaan kimia.

Aluminum termasuk logam *non-ferro* atau logam yang tidak berisi besi, dan sering digunakan didalam dunia industri karena memiliki konduktivitas *thermal* dan mampu mengalirkan arus

listrik dengan baik. Logam ini sering digunakan sebagai media konduktivitas listrik karena mampu mengalirkan dua kali lipat dari tembaga pada berat yang sama .

**Tabel 2.4 Karakteristik Aluminum**

<b>Struktur kristal</b>	FCC
<b>Densitas pada 20°C (sat. 103kg/m<sup>3</sup>)</b>	2.698
<b>Titik cair (°C)</b>	660.1
<b>Koefisien mulur panas kawat 20°~100°C (10<sup>-6</sup>/K)</b>	23.9
<b>Konduktifitas panas 20°~400°C (W/(m•K))</b>	238
<b>Tahanan listrik 20°C (10<sup>-8</sup> KW•m)</b>	2.69
<b>Modulus elastisitas (GPa)</b>	70.5
<b>Modulus kekakuan (GPa)</b>	26.0

**Tabel 2.5 Klasifikasi Aluminum dan Paduannya**

<b>Al paduan untuk dimesin</b>	Paduan jenis tidak dapat perlakuan panas (non-heat-treatable)	Al murni (seri 1000) Paduan Al-Mn (seri 3000) Paduan Al-Si (seri 4000) Paduan Al-Mg (seri 5000)
	Paduan jenis dapat perlakuan panas (heat-treatable)	Paduan Al-Cu (seri 2000) Paduan Al-Mg-Si (seri 6000) Paduan Al-Zn (seri 7000)
<b>Al paduan untuk coran</b>	<i>Non-heat-treatable alloy</i>	Paduan Al-Si (Silumin)

		Paduan Al-Mg (Hydronarium)
	<i>Heat-treatable alloy</i>	Paduan Al-Cu (Lautal) Paduan Al-Si-Mg (Silumin, Lo-ex)

## 2.7 Perhitungan Proses Pemesinan

Pada proses ECG terdapat dua proses pemesinan yaitu secara mekanis dan elektrokimia sehingga terdapat dua perhitungan proses pemesinan yaitu:

### 2.7.1 Perhitungan Proses Penggerindaan Mekanis

Didalam buku Proses Pemesinan Penggerindaan oleh Taufiq Rochim (2007), dijelaskan bahwa MRR (*Material Removal Rate*) proses penggerindaan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Z = a \cdot bs \cdot V_f \quad (2.1)$$

Dimana:

$Z$  = *Material Removal Rate* (mm<sup>3</sup>/min)

$a$  = Kedalaman Potong (mm)

$bs$  = Lebar Batu Gerinda (mm)

$V_f$  = Kecepatan Makan (mm/s)

$$h_{eq} = \frac{Z}{V_s} \quad (2.2)$$

Dimana :

$h_{eq}$  = Tebal Geram Ekuivalen (mm/s)

$Z$  = *Material removal rate* (mm<sup>3</sup>/min)

$V_s$  = Kecepatan periferal batu gerinda (mm/s)

Sebelum mencari  $h_{eq}$  maka terlebih dahulu menghitung kecepatan periferal batu gerinda. Dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_s = \frac{\pi.d.n}{60} \quad (2.3)$$

Dimana:

- $V_s$  = kecepatan periferal batu gerinda (mm/s)
- d = diameter batu gerinda (mm)
- n = putaran batu gerinda (rpm)
- 60 = konversi menit ke detik

### 2.7.2 Perhitungan Proses Penggerindaan ECG

Menurut Serope Kalpakjian dan Steven R. Schmid pada buku *Manufacturing Processes For Engineering Material* (2003), MRR ECG dapat dihitung dengan persamaan :

$$Z = \frac{G.Ic}{\rho.F} \quad (2.4)$$

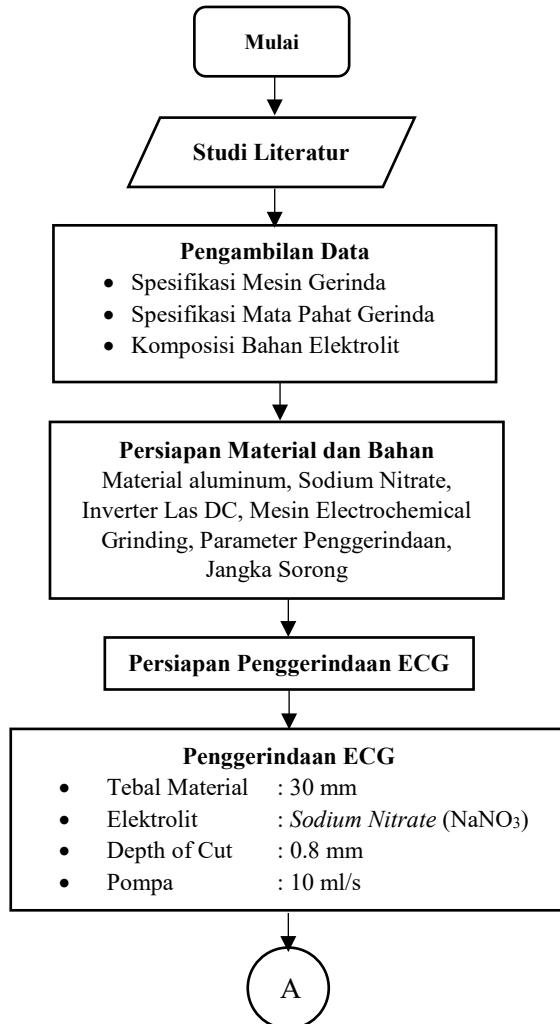
Dimana:

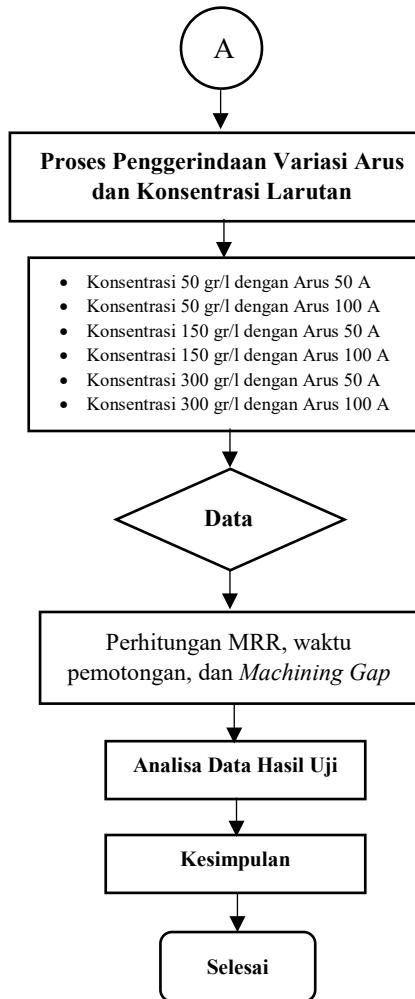
- Z = material removal rate (mm<sup>3</sup>/min)
- G = massa atom/ekivalensi (gram)
- Ic = arus listrik (A)
- P = massa jenis dan benda kerja (g/mm<sup>3</sup>)
- F = Konstanta Faraday (96500 C/mol)  
= 1608,333 A.min

## BAB III

## METODOLOGI

### 3.1. Flowchart Diagram





**Gambar 3.1** Flowchart Diagram

### 3.2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada semester gasal tahun ajaran 2018/2019 bulan November sampai dengan bulan Desember 2018.

### 3.3. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Workshop Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS dan

### 3.4. Langkah Kerja

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini langkah awal yang harus dilakukan adalah studi literatur tentang proses *electrochemical grinding* dan langkah-langkah kerja uji kekasaran permukaan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian. Untuk memperjelas, berikut tahapan-tahapan yang akan dilakukan:

**Tabel 3.1** Parameter Penggerindaan

Parameter	Keterangan					
Proses	ECG	ECG	ECG	ECG	ECG	ECG
Voltage (V)	20	20	20	20	20	20
Konsentrasi Larutan (gr/l)	50	50	150	150	300	300
Ampere (A)	50	100	50	100	50	100
Polaritas AC/DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC
RPM	3514	3514	3514	3514	3514	3514
Depth of Cut (mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Pembebatan (gr)	750	750	750	750	750	750



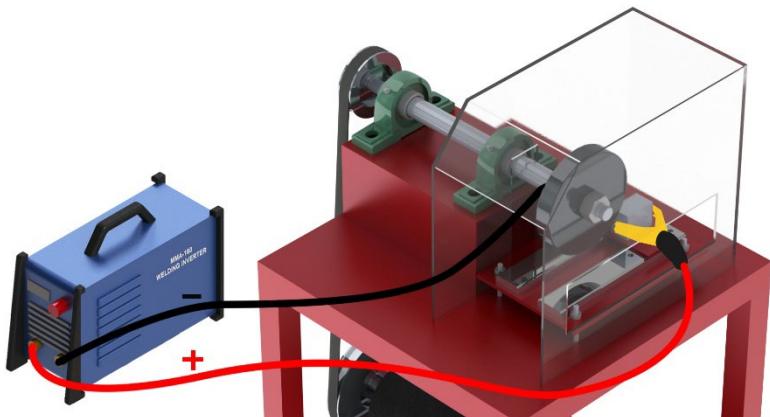
**Gambar 3.2** Material Aluminum Setelah Dipotong Sesuai Dimensi Penggerjaan



**Gambar 3.3** Proses Penggerindaan ECG



**Gambar 3.4** Proses Pengukuran RPM



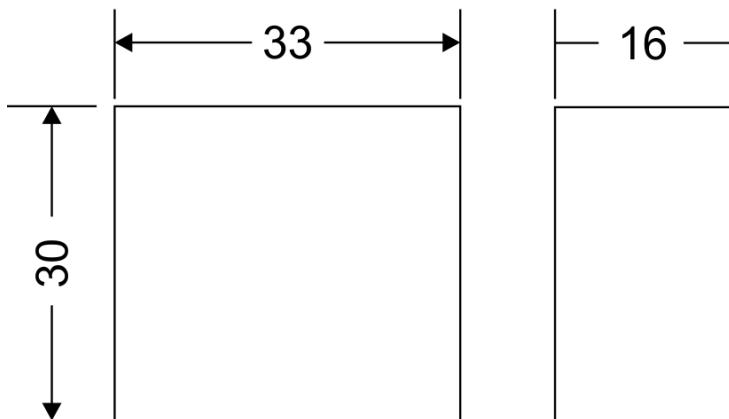
**Gambar 3.5** Penempatan Arus Positif dan Negatif dari Mesin Inverter DC Pada Mesin ECG dan Benda Kerja

### 3.4.1. Studi Literatur

Pada tahapan ini adalah mempelajari teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

### 3.4.2. Pemilihan Alat dan Bahan

- Material yang digunakan adalah aluminum dengan ukuran 33 mm x 30 mm dengan tebal 16 mm. Pemilihan aluminum karena hasil setelah penggerindaan lebih mudah terlihat baik dilakukan penggerindaan secara mekanis atau ECG, dan bahannya lunak sehingga mudah untuk dilakukan proses pemesinan.



**Gambar 3.6 Dimensi Material**



**Gambar 3.7** Aluminum setelah dipotong sesuai dimensi

- Tang Ampere

Tang Ampere berfungsi untuk mengukur dan melihat arus listrik yang mengalir.



**Gambar 3.8** Tang Ampere

- *Abrasive Grinding Wheel*

*Abrasive grinding wheel* yang digunakan adalah berbahan abrasif *diamond* dengan ketebalan 0,5 mm.



**Gambar 3.9** Diamond Abrasive Grinding Wheel

- Mesin ECG

Mesin gerinda ini digunakan untuk mengikis material benda kerja dan sarana elektrokimia.



**Gambar 3.10** Mesin ECG

- *Ground Clamp*

Digunakan untuk menjepit material benda kerja.



**Gambar 3.11** Ground Clamp

- *Sodium Nitrate (NaNO<sub>3</sub>)*

Elektrolit yang digunakan adalah NaNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 50 gr/l, 150 gr/l, dan 300 gr/l.



**Gambar 3.12** Sodium Nitrat

- Inverter Las

Inverter las digunakan untuk mengalirkan listrik dengan bermacam kekuatan arus ke benda kerja dan *tools* dengan polaritas DC.



Gambar 3.13 Inverter Las

- Jangka Sorong

Jangka sorong atau *vernier caliper* merupakan alat ukur yang memiliki ketelitian sampai dengan seperseratus milimeter. Kegunaan alat ukur ini untuk mengukur suatu benda dari sisi luar, sisi dalam, maupun kedalaman celah atau lubang.



Gambar 3.14 Jangka Sorong Digital

- *Feeler Gauge*

*Feeler gauge* merupakan alat untuk mengukur celah antar benda. Alat ini dapat mengukur celah dengan berbagai dimensi yang sangat kecil dengan ketelitian seper duapuluhan.



**Gambar 3.15 Feeler Gauge**

- *Pompa*

Pompa digunakan untuk mengalirkan larutan elektrolit menuju celah antara *tools* dan benda kerja.



**Gambar 3.16 Pompa**

- *Tachometer*

*Tachometer* berfungsi sebagai alat untuk mengukur kecepatan putaran dalam bentuk satuan rpm.



Gambar 3.17 *Tachometer*

#### 3.4.3. Parameter Proses Penggerindaan ECG

Parameter proses penggerindaan dilakukan menggunakan ground clamp yang disambungkan dari inverter las ke benda kerja dan *grinding wheels*, dalam penelitian kali ini terdapat perbedaan variasi sebagai berikut :

1. Variasi penggerindaan dengan menggunakan abrasive diamond wheel dengan arus 50 A dengan menggunakan elektrolit  $\text{NaNO}_3$  kadar 50gr/l.
2. Variasi penggerindaan dengan menggunakan abrasive diamond wheel dengan arus 50 A dengan menggunakan elektrolit  $\text{NaNO}_3$  kadar 150 gr/l.
3. Variasi penggerindaan dengan menggunakan abrasive diamond wheel dengan arus 50 A dengan menggunakan elektrolit  $\text{NaNO}_3$  kadar 300 gr/l.

4. Variasi penggerindaan dengan menggunakan abrasive diamond wheel dengan arus 100 A dengan menggunakan elektrolit  $\text{NaNO}_3$  kadar 50 gr/l.
5. Variasi penggerindaan dengan menggunakan abrasive diamond wheel dengan arus 100 A dengan menggunakan elektrolit  $\text{NaNO}_3$  kadar 150 gr/l.
6. Variasi penggerindaan dengan menggunakan abrasive diamond wheel dengan arus 100 A dengan menggunakan elektrolit  $\text{NaNO}_3$  kadar 300 gr/l.

#### 3.4.4. Persiapan Proses Penggerindaan ECG

Berikut adalah proses persiapan penggerindaan ECG :

1. Siapkan material benda kerja yang akan dipotong dengan dimensi yang sesuai.
2. Lalu tempatkan material pada meja gerinda.



**Gambar 3.18** Penempatan Benda Kerja pada Meja Kerja

3. Setelah benda kerja ditempatkan pada meja, letakkan *feeler gauge* dengan tebal 0,8 mm dibawah benda kerja sebagai *depth of cut* saat proses pemotongan.



**Gambar 3.19** Penempatan *Feeler Gauge* dibawah Benda Kerja.

4. Lalu jepit benda kerja agar tidak bergerak dengan *C Clamp*.



**Gambar 3.20** Benda Kerja Dijepit dengan *C Clamp*

5. Siapkan larutan elektrolit sesuai dengan konsentrasi larutan yang telah ditentukan.



**Gambar 3.21** Sodium Nitrate dengan berat 50 gr.



**Gambar 3.22** Sodium Nitrate dengan berat 150 gr



**Gambar 3.23** Sodium Nitrate dengan berat 300 gr

6. Tempatkan akrilik sebagai wadah untuk menghalau larutan elektrolit yang terciprat.



**Gambar 3.24** Wadah Akrilik

7. Nyalakan mesin ECG, lalu tempatkan beban yang sudah ditali pada meja kerja. Tempatkan ground clamp yang tersambung inverter DC pada benda kerja. Sesuaikan arus listrik yang diinginkan (50 A dan 100

- A). Setelah itu nyalakan pompa akuarium yang mengalirkan larutan elektrolit pada benda kerja.
8. Hitung hasil waktu proses ECG dan MRR, lalu analisa hasil proses ECG.

### 3.5. Analisa Benda Kerja

Analisa benda kerja adalah proses dimana material hasil penggerindaan menggunakan proses ECG dilakukan proses analisa dengan dilakukan pengukuran pada hasil penggerindaan menggunakan jangka sorong.

#### 3.5.1. Analisa Material Removal Rate

Untuk proses analisa pengamatan hasil penggerindaan benda kerja menggunakan jangka sorong. Untuk mengetahui hasil MRR ukur luasan benda kerja yang tergerinda lalu gunakan persamaan pada 2.4.



Gambar 3.25 Proses Pengukuran

### 3.5.2. Analisa Machining Gap

Untuk proses analisa pengamatan hasil machining gap menggunakan jangka sorong. Untuk mengetahui hasil *machining gap*, hasil MRR penggerindaan dengan kedalaman sampai *machining gap* dikurangi dengan hasil MRR penggerindaan kedalaman *depth of cut*.

## BAB IV

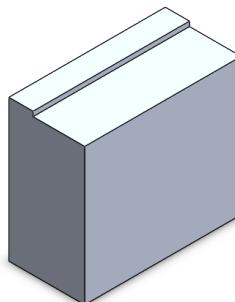
### ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh perbedaan variabel variasi arus dan konsentrasi larutan elektrolit pada hasil penggerindaan aluminum dengan metode *Electrochemical Grinding* dengan kedalaman potong 0.8 mm dan pembebasan 750 gr melalui perhitungan MRR dan *Machining Gap*.

#### 4.1. Parameter Penggerindaan

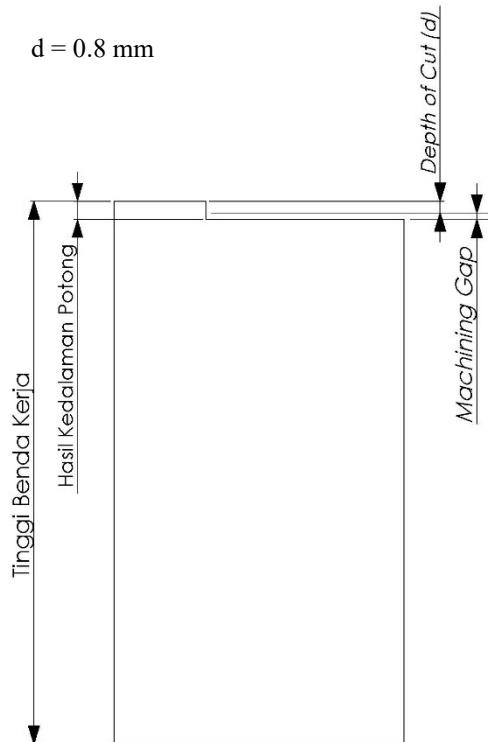
**Tabel 4.1** Data primer penggerindaan ECG dengan *depth of cut* 0.8 mm.

Arus	Konsentrasi Larutan	Waktu	Tinggi Awal	Hasil Kedalaman Potong
50 A	50 gr/l	1'10"	30 mm	1,01 mm
50 A	150 gr/l	1'01"	30 mm	1,17 mm
50 A	300 gr/l	53"92	30 mm	1,23 mm
100 A	50 gr/l	1'07"	30 mm	1,08 mm
100 A	150 gr/l	51"12	30 mm	1,20 mm
100 A	300 gr/l	44"67	30 mm	1,45 mm



**Gambar 4.1** Sketsa Hasil Penggerindaan Material

Dari hasil penggerindaan enam spesimen material menggunakan ECG dengan arus dan variasi konsentrasi elektrolit yang berbeda-beda didapatkan hasil penggerindaan yang berbeda. Masing-masing spesimen memiliki kedalaman potong yang bervariasi tergantung dari arus dan konsentrasi larutan, lalu dari hasil spesimen tersebut dilakukan perhitungan MRR dan gap.



**Gambar 4.2** Ilustrasi *depth of cut* dan *machining gap* setelah proses ECG.

#### 4.2. Perhitungan *Cylindrical Grinding* Secara Mekanis

Dalam menghitung gaya penggerindaan *cylindrical grinding* maka mencari luasan penggerindaan dijelaskan sebagai berikut:

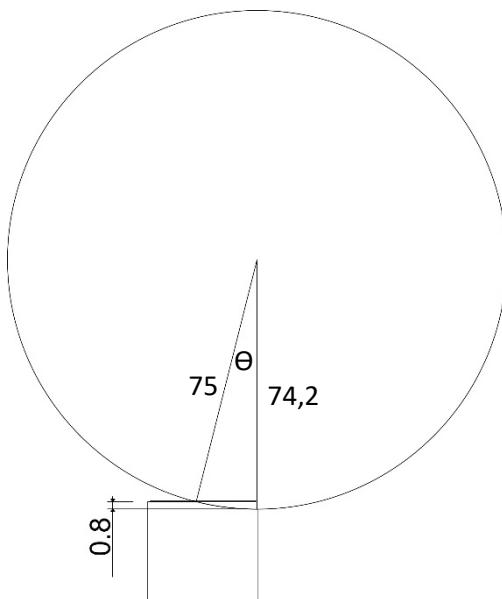
Diketahui :       $n = 3514 \text{ rpm}$

$$F_r = 0.8 \text{ mm}$$

$$d = 150 \text{ mm}$$

$$Z = 138,57 \text{ mm}^3/\text{mm.s}$$

$$b_s = 25 \text{ mm}$$



**Gambar 4.3** Skema Proses Penggerindaan Silindris

Mencari Sudut  $\Theta$ :

$$\cos \theta = \frac{74,2}{75}$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.98$$

$$\theta = 8,37^\circ$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan Busur} &= \frac{\theta}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r^2 \\
 &= \frac{8,37^\circ}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 75^2 \\
 &= 822,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Mencari  $V_s$  (Kecepatan periferal) :

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \\
 V_s &= \frac{\pi \cdot 150 \text{ mm} \cdot 3514}{60 \text{ mm}} \\
 V_s &= 27598 \frac{\text{mm}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Mencari  $h_{eq}$ :

$$h_{eq} = \frac{Z'}{V_s} = \frac{138,57 \text{ mm}^3/\text{mm} \cdot \text{s}}{27598 \text{ mm/s}} = 0,00502 \text{ mm}$$

Mencari  $V_{ft}$ :

$$\begin{aligned}
 h_{eq} &= \frac{F_r \cdot V_{ft}}{V_s} \\
 0,00502 \text{ mm} &= \frac{0,8 \text{ mm} \cdot V_{ft}}{27598 \frac{\text{mm}}{\text{s}}} \\
 V_{ft} &= \frac{0,00502 \text{ mm} \cdot 27598 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}{0,8 \text{ mm}} \\
 V_{ft} &= 173,17 \text{ mm/s}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan ini maka kecepatan potong didapatkan hasil 173,17 mm/s.

#### 4.3. Perhitungan MRR

Untuk perhitungan hasil MRR menggunakan keenam spesimen yang telah diuji dengan variasi arus dan konsentrasi

larutan elektrolit. Maka keenam spesimen yang telah melalui proses penggerindaan ECG akan dilakukan perhitungan menggunakan rumus 2.4.

Diketahui :

Massa Jenis Atom Aluminum	= 27
Valensi Atom	= 3
$\rho_{Al}$	= 0.0027 g/mm <sup>3</sup>
Konstanta Faraday (F)	= 96500 C = 1608,333 A.min
Voltase	= 20 V
bs	= 25,4 mm
$V_f$	= 173,17 mm/s
<i>Depth of Cut</i> (mm)	= 0.8 mm

**Tabel 4.2** Data Proses Penggerindaan Konvensional

Beban	Kedalaman Potong	Waktu
750 gr	0.8 mm	2'13"

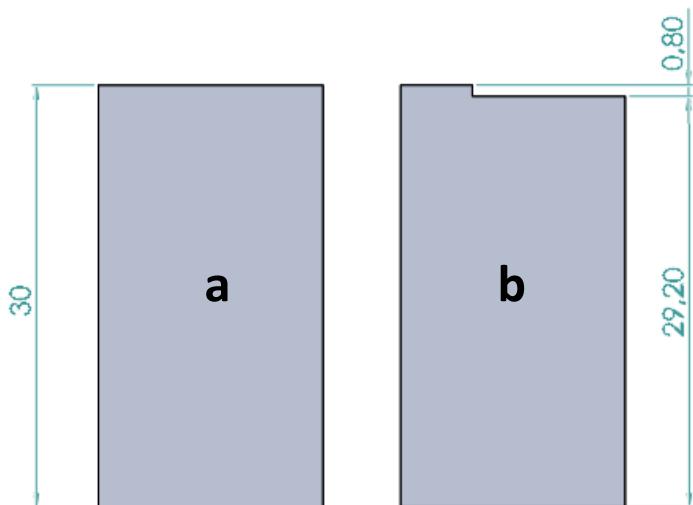
#### 4.3.1 Perhitungan MRR Proses Kerja Konvensional

$$\begin{aligned}
 MRR &= Vf \cdot bs \cdot a \\
 &= 173,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 0,8 \text{ mm} \\
 &= 58,64 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil MRR 58,64 mm<sup>3</sup>/min untuk proses penggerindaan mekanis.



**Gambar 4.4** Hasil Penggerindaan Secara Mekanis



**Gambar 4.5** Sketsa Hasil Penggerindaan Secara Mekanis dengan depth of cut 0,8 mm. (a) Sebelum Penggerindaan, (b) Sesudah Penggerindaan

### 4.3.2 Perhitungan Teoritis MRR ECG

Dilakukan perhitungan MRR untuk proses *Electrochemical Grinding*, maka dilakukan perhitungan MRR ECG:

- MRR pada Arus 50 Ampere

$$Z = \frac{G \cdot Ic}{\rho \cdot F}$$

$$Z = \frac{\frac{27}{3} gr \cdot 50 A}{0.0027 \frac{gr}{mm^3} \cdot 1608,333 A \cdot min}$$

$$Z = \frac{450 gr \cdot A}{0.0027 \frac{gr}{mm^3} \cdot 1608,333 A \cdot min}$$

$$Z = 103,6269 mm^3/min$$

- MRR pada Arus 100 Ampere

$$Z = \frac{G \cdot Ic}{\rho \cdot F}$$

$$Z = \frac{\frac{27}{3} g \cdot 100 A}{0.0027 \frac{g}{mm^3} \cdot 1608,333 A \cdot min}$$

$$Z = \frac{900 g \cdot A}{0.0027 \frac{g}{mm^3} \cdot 1608,333 A \cdot min}$$

$$Z = 207,2543 mm^3/min$$

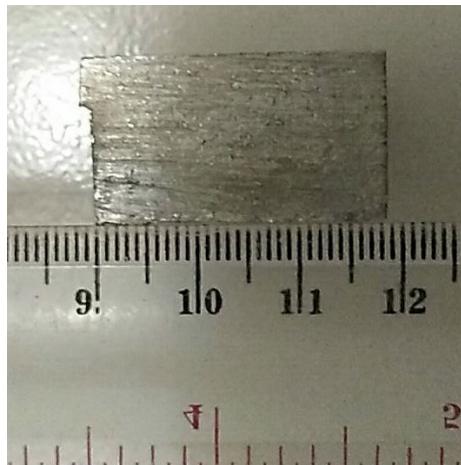
Jadi hasil MRR secara teoritis pada proses penggerindaan ECG didapatkan  $103,6269 \text{ mm}^3/\text{min}$  pada arus 50 A dan  $207,2543 \text{ mm}^3/\text{min}$  pada arus 100 A.

### 4.3.3 Perhitungan MRR Proses ECG

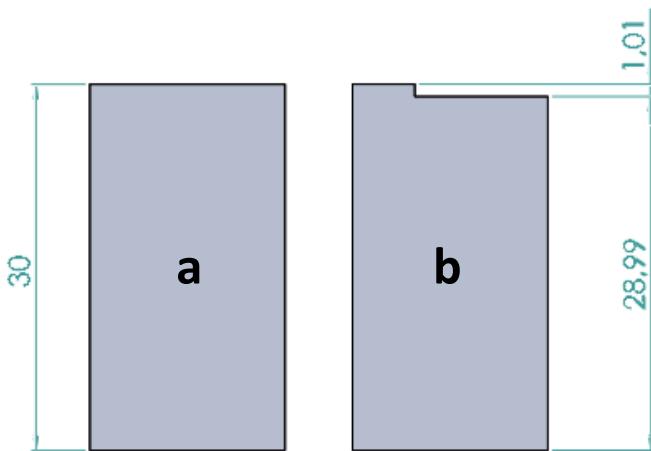
- Proses Penggerindaan Kombinasi Arus 50 A dan Elektrolit 50 gr/l

$$\begin{aligned}
 MRR &= Vf \cdot bs \cdot a \\
 &= 173,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 1,01 \text{ mm} \\
 &= 74,04 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Hasil ECG = Proses Penggerindaan ECG – Proses Penggerindaan Konvensional  
 $= 74,04 - 58,64$   
 $= 15,40 \text{ mm}^3/\text{min}$



**Gambar 4.6** Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l



**Gambar 4.7** Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l dengan *depth of cut* 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG

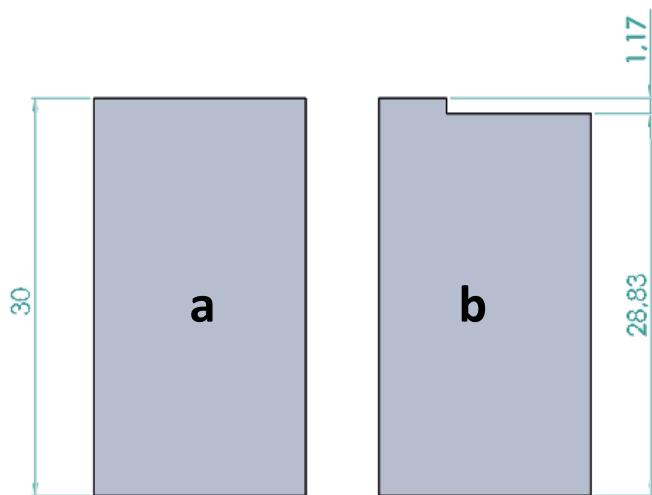
- Proses Penggerindaan Kombinasi Arus 50 A dan Elektrolit 150 gr/l

$$\begin{aligned}
 MRR &= Vf \cdot bs \cdot a \\
 &= 173,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 1,17 \text{ mm} \\
 &= 85,77 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil ECG} &= \text{Proses Penggerindaan ECG} - \text{Proses Penggerindaan Konvensional} \\
 &= 85,77 - 58,64 \\
 &= 27,13 \text{ mm}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.8** Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l

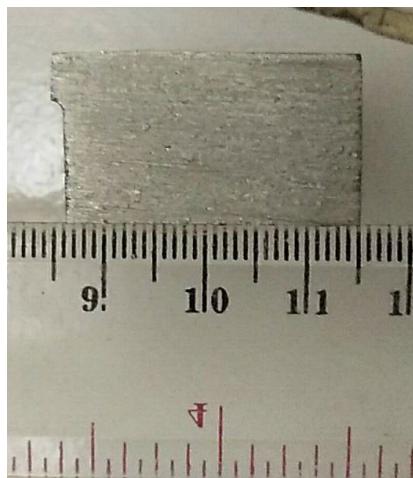


**Gambar 4.9** Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l dengan *depth of cut* 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG

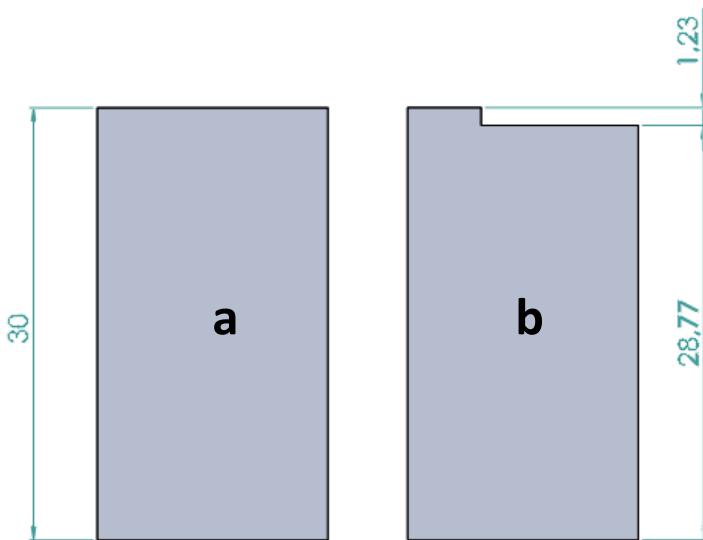
- Proses Penggerindaan Kombinasi Arus 50 A dan Elektrolit 300 gr/l

$$\begin{aligned}
 MRR &= Vf \cdot bs \cdot a \\
 &= 173,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 1,23 \text{ mm} \\
 &= 90,16 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Hasil ECG = Proses Penggerindaan ECG – Proses Penggerindaan Konvensional  
 $= 90,16 - 58,64$   
 $= 31,52 \text{ mm}^3/\text{min}$



**Gambar 4.10** Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l

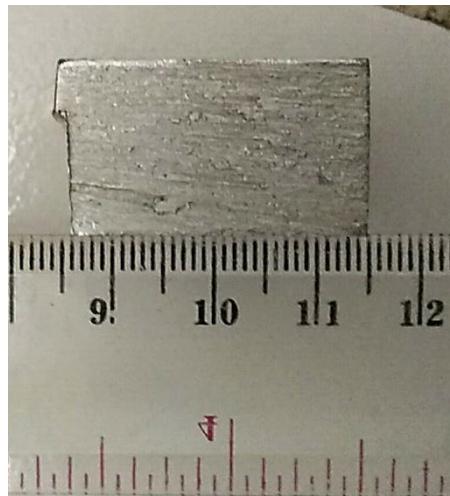


**Gambar 4.11** Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 50A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l dengan *depth of cut* 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG

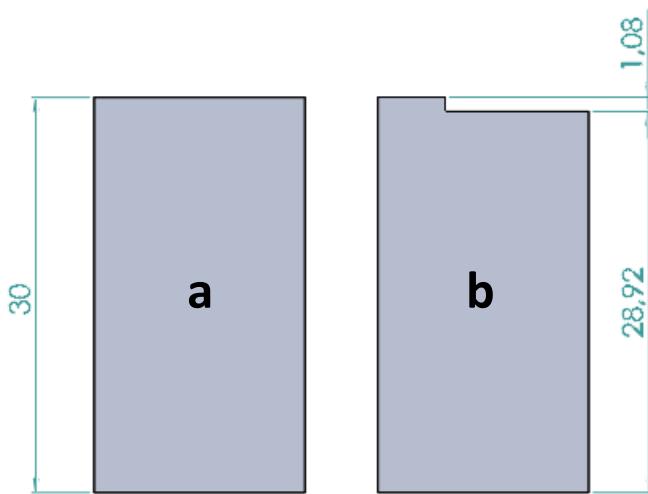
- Proses Penggerindaan Kombinasi Arus 100 A dan Elektrolit 50 gr/l

$$\begin{aligned}
 MRR &= Vf \cdot bs \cdot a \\
 &= 173,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 1,08 \text{ mm} \\
 &= 79,17 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil ECG} &= \text{Proses Penggerindaan ECG} - \text{Proses Penggerindaan Konvensional} \\
 &= 79,17 - 58,64 \\
 &= 20,53 \text{ mm}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.12** Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l

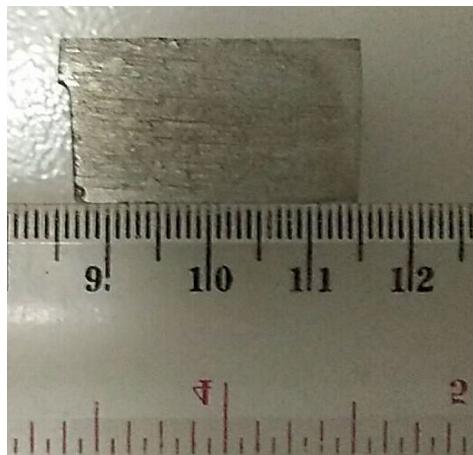


**Gambar 4.13** Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 50 gr/l dengan *depth of cut* 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG

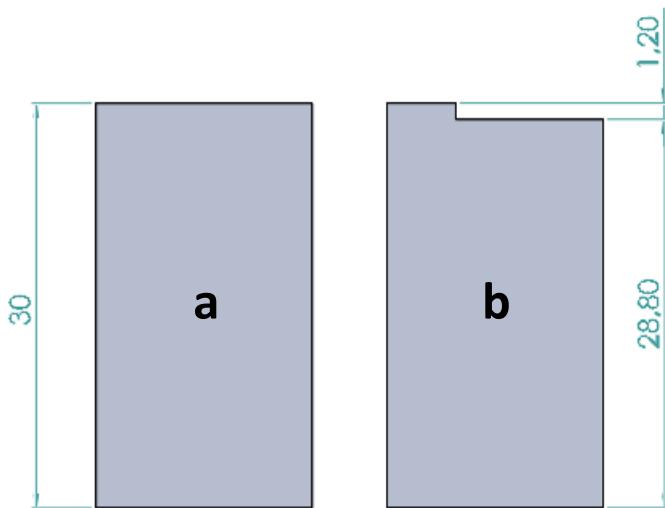
- Proses Penggerindaan Kombinasi Arus 100 A dan Elektrolit 150 gr/l

$$\begin{aligned}
 MRR &= Vf \cdot bs \cdot a \\
 &= 173,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 1,2 \text{ mm} \\
 &= 87,97 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Hasil ECG = Proses Penggerindaan ECG – Proses Penggerindaan Konvensional  
 $= 87,97 - 58,64$   
 $= 29,33 \text{ mm}^3/\text{min}$



**Gambar 4.14** Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l

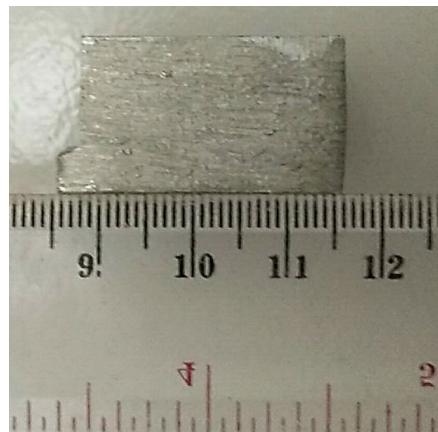


**Gambar 4.15** Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 150 gr/l dengan *depth of cut* 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG

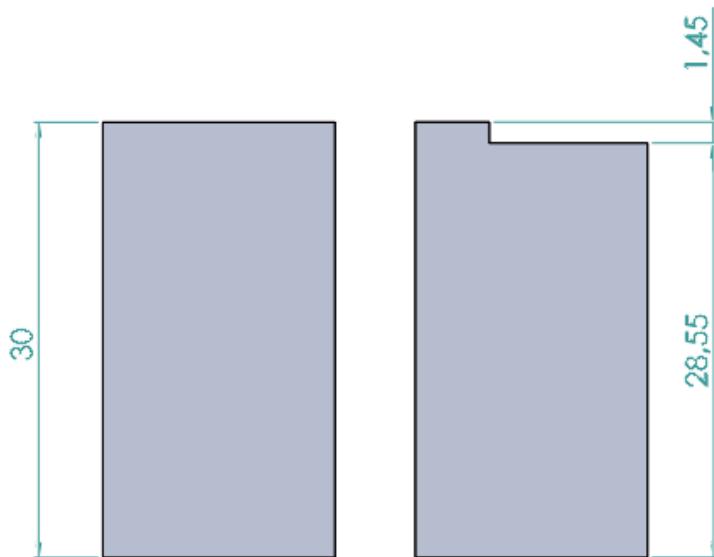
- Proses Penggerindaan Kombinasi Arus 100 A dan Elektrolit 300 gr/l

$$\begin{aligned}
 MRR &= Vf \cdot bs \cdot a \\
 &= 173,17 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 1,45 \text{ mm} \\
 &= 106,29 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil ECG} &= \text{Proses Penggerindaan ECG} - \text{Proses Penggerindaan Konvensional} \\
 &= 106,29 - 58,64 \\
 &= 47,66 \text{ mm}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.16** Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l



**Gambar 4.17** Sketsa Hasil Penggerindaan Secara ECG dengan Arus 100A dan Konsentrasi Elektrolit 300 gr/l dengan *depth of cut* 0,8 mm. (a) Sebelum Proses ECG, (b) Sesudah Proses ECG

#### 4.4. Pembahasan Hasil Nilai MRR

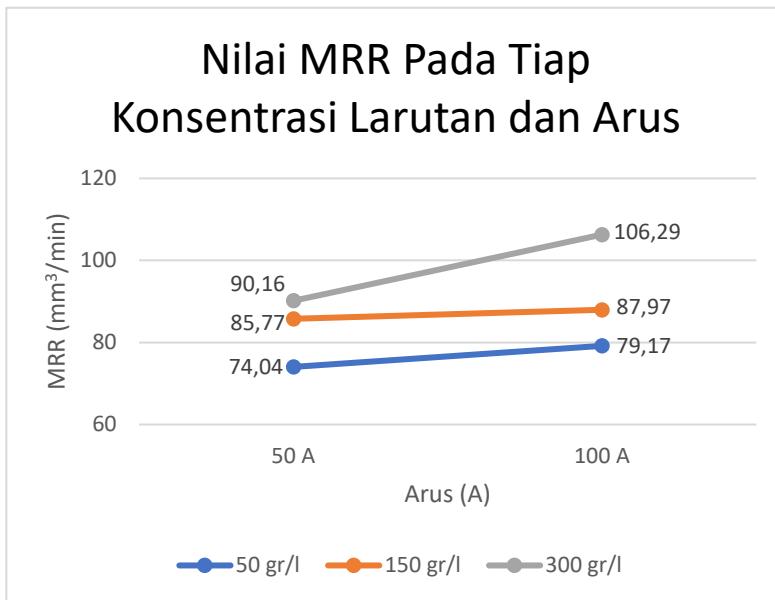
Pada analisa hasil MRR penggerindaan dengan menggunakan *Electrochemical Grinding* pada tiap arus dan konsentrasi elektrolit didapatkan nilai MRR paling tinggi pada arus 100A dan konsentrasi elektrolit sebesar 300 gr/l.

Pada analisa hasil ECG pada tiap spesimen dapat diketahui bahwa hasil ECG yang paling banyak diperoleh pada pemakaian arus 100A dan konsentrasi elektrolit sebesar 300 gr/l.

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh variasi arus dan konsentrasi larutan menghasilkan MRR yang berbeda-beda. Dapat diketahui bahwa arus 100A menghasilkan MRR yang paling tinggi karena kesesuaian besar distribusi arus listrik yang mengalir untuk menghasilkan proses elektrokimia. Konsentrasi larutan yang menghasilkan MRR paling tinggi adalah konsentrasi 300 gr/l. Hal tersebut karena adanya kesesuaian konsentrasi dimana semakin encer larutan elektrolit maka pengaruh hasil elektrokimia akan semakin berkurang dan semakin banyak atau pekat larutan elektrolit maka pengaruh proses elektrokimia akan semakin bertambah. Untuk melihat data hasil analisa secara mudah maka data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

**Tabel 4.3** Hasil MRR Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus

Nomor	Arus	Konsentrasi Larutan	MRR (mm <sup>3</sup> /min)
1	50 A	50 gr/l	74,04
2	50 A	150 gr/l	85,77
3	50 A	300 gr/l	90,16
4	150 A	50 gr/l	79,17
5	150 A	150 gr/l	87,97
6	150 A	300 gr/l	106,29



**Gambar 4.18** Grafik Nilai MRR Pada Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus.

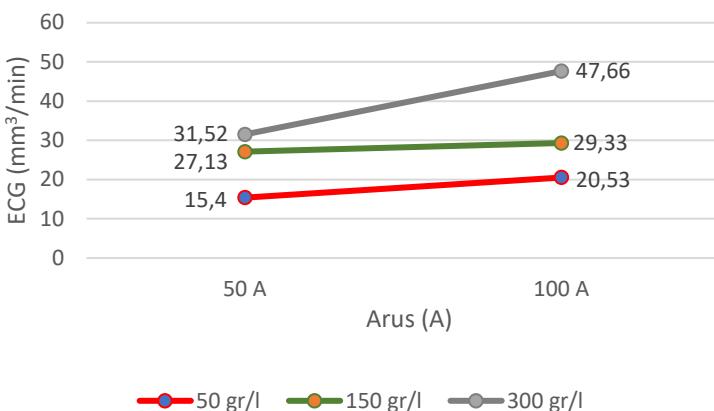
#### 4.5. Analisa Hasil Proses ECG

Hasil proses ECG dipengaruhi oleh besar-kecilnya arus dan banyak-tidaknya konsentrasi elektrolit. Pada analisa hasil proses *Electrochemical Grinding* dapat diketahui bahwa pengaruh arus dan konsentrasi larutan berperan banyak dalam menghasilkan ECG. Dari hasil analisa dapat diketahui bahwa pengaruh variasi arus dan konsentrasi larutan berpengaruh dalam hasil MRR ECG. Pada arus 100 A menimbulkan MRR ECG yang lebih banyak daripada arus 50 A, dan pada konsentrasi larutan 300 gr/l lebih banyak menghasilkan MRR ECG daripada konsentrasi 150 gr/l atau 50 gr/l. Untuk mempermudah membandingkan hasil analisa maka data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Hasil ECG Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus

Nomor	Arus	Konsentrasi Larutan	MRR (mm <sup>3</sup> /min)
1	50 A	50 gr/l	15,40
2	50 A	150 gr/l	27,13
3	50 A	300 gr/l	31,52
4	150 A	50 gr/l	20,53
5	150 A	150 gr/l	29,33
6	150 A	300 gr/l	47,66

### Nilai ECG Pada Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus

**Gambar 4.19** Grafik Hasil ECG Pada Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus.

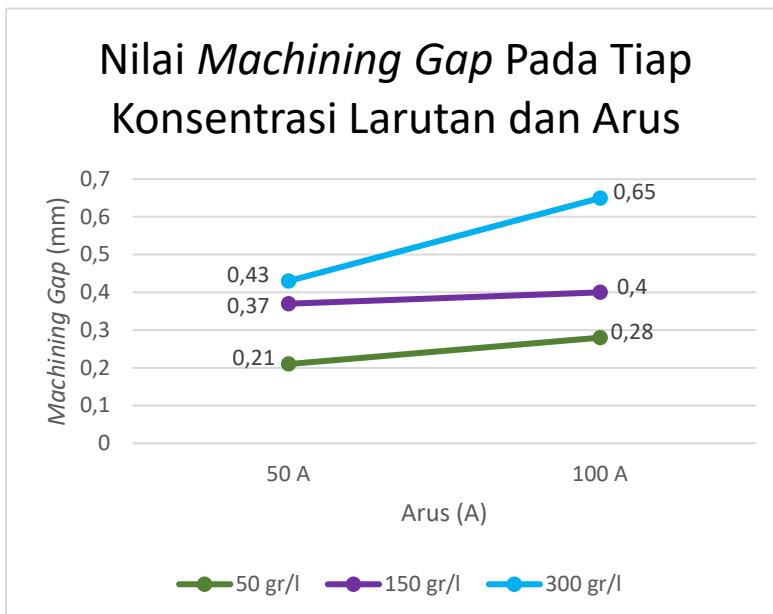
#### 4.6. Pembahasan *Machining Gap*

*Machining gap* merupakan hasil kerja proses elektrokimia dimana pada saat dilakukannya proses *Electrochemical Grinding* yang merupakan kombinasi antara proses penggerindaan mekanis

dan proses elektrokimia, ada hasil *gap* yang menghasilkan volume penggerindaan melebihi dari *depth of cut* yang seharusnya. Hasil tersebut dipengaruhi oleh arus dan konsentrasi larutan yang dipakai. Pada arus 100 A berperan lebih banyak untuk menghasilkan *gap* daripada arus 50 A, sedangkan untuk konsentrasi elektrolit 300 gr/l lebih banyak menghasilkan *gap* daripada konsentrasi 150 gr/l dan 50 gr/l. Untuk mempermudah membandingkan hasil analisa *machining gap* maka data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Hasil Machining Gap Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus

Nomor	Arus	Konsentrasi Larutan	Machining Gap (mm)
1	50 A	50 gr/l	0,21
2	50 A	150 gr/l	0,37
3	50 A	300 gr/l	0,43
4	150 A	50 gr/l	0,28
5	150 A	150 gr/l	0,40
6	150 A	300 gr/l	0,65



**Gambar 4.20** Grafik Hasil *Machining Gap* Pada Tiap Konsentrasi Larutan dan Arus.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil analisa dan data mengenai pengaruh variasi arus dan konsentrasi elektrolit NaNO<sub>3</sub> pada proses *Electrochemical Grinding*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Didapatkan hasil *electrochemical grinding* terkecil pada arus 50 A dan konsentrasi larutan elektrolit 50 gr/l dan didapatkan hasil *electrochemical grinding* terbanyak pada arus 100 A dan konsentrasi larutan elektrolit 300 gr/l.
2. Hasil *machining gap* yang paling banyak pada variasi arus 100 A dan konsentrasi larutan elektrolit 300 gr/l, dan cenderung turun pada arus 50 A dan konsentrasi elektrolit 300 gr/l dan 50 gr/l.
3. Hasil *material removal rate* terbanyak didapatkan pada arus 100 A dan konsentrasi larutan 300 gr/l. *Material removal rate* terkecil didapatkan pada arus 50 A dan konsentrasi larutan 50 gr/l.

#### **5.2. Saran**

Didalam penelitian ini masih banyak yang harus dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, oleh karena itu penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terkait dengan pengaruh perbedaan variasi arus dan konsentrasi elektrolit pada proses *electrochemical grinding*.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai macam larutan elektrolit terhadap hasil MRR dan *machining gap*.
3. Variasi material benda kerja terhadap MRR dan *machining gap* dengan menggunakan elektrolit selain NaNO<sub>3</sub>.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Kalpakjian, Serope dan Steven R. Schmid. 2009. **Manufacturing Engineering and Technology**. New Jersey: Prentice Hall*
- Kalpakjian, Serope dan Steven R Schmid. 2003. **Manufacturing Processes for Engineering Materials**. New Jersey : Prentice Hall.*
- Rochim, Taufiq. 2007. **Proses Pemesinan Buku 4: Proses Gerinda**. Bandung: ITB*
- Boothroyd, Geoffrey. 1983. **Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools**. Washington D.C.: Scripta Book Company.*
- Pandey, P.C. and H. S. Shan. 1983. **Modern Machining Process**. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.*
- Bagaswara, Tito : **Rancang Bangun Mesin Electrochemical Grinding dengan Kapasitas 100 mm<sup>3</sup>/min**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. 2017.*
- Permana Putra, Angga : **Rancang Ulang Mesin Electrochemical Grinding dengan Kapasitas 1000 mm<sup>3</sup>/min**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. 2018.*
- Indarti Meilasari, Ayu dan Mohammad Lutfi Firmansyah : **Rancang Bangun Mesin Electrochemical Grinding Berkapasitas 1000 mm<sup>3</sup>/min dengan Larutan NaOH**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. 2018.*

*ASM International Handbook Committee. 1989. **Metals Handbook Ninth Edition Volume 16 Machining.** Materials Park: ASM International.*

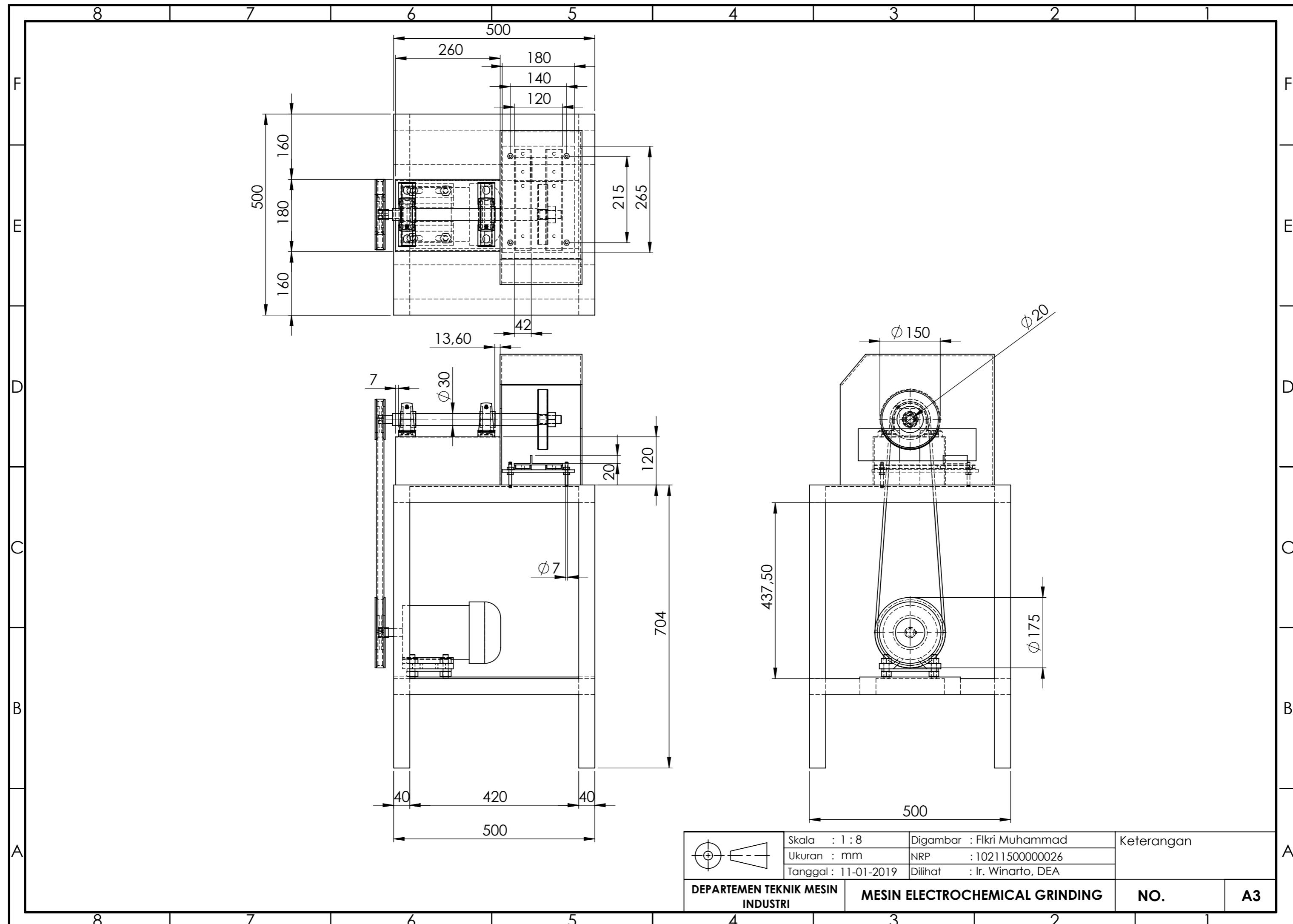
*ASM International Handbook Committee. 1990. **Volume 2 Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials.** USA.*

*Hansong LI, Shuxing FU, Qingliang ZHANG, Shen NIU, Ningsong QU. **Simulation and Experimental Investigation of Inner-jet Electrochemical Grinding of GH4169 Alloy.** 2017. 31(3):608-616*

*Qu N. S., Zhang Q.L., Fang X.L., Ye E.K., Zhu D. **Experimental Investigation on Electrochemical Grinding of Inconel 718.** 2015. 35:16-19.*

*Jan Kaczmarek and Tadeusz Zachwieja. **Investigations on The Material Removal Rate By Electrochemical Grinding of Cutting Tool Materials in Dependence on The Properties of The Grinding Wheel.** 1966. Vol 6:1-13.*

*A. Geddam and C. F. Noble. **An Assessment of The Influence of Some Wheel Variables in Peripheral Electrochemical Grinding.** 1969. Vol 11:1-12.*



8

7

6

5

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

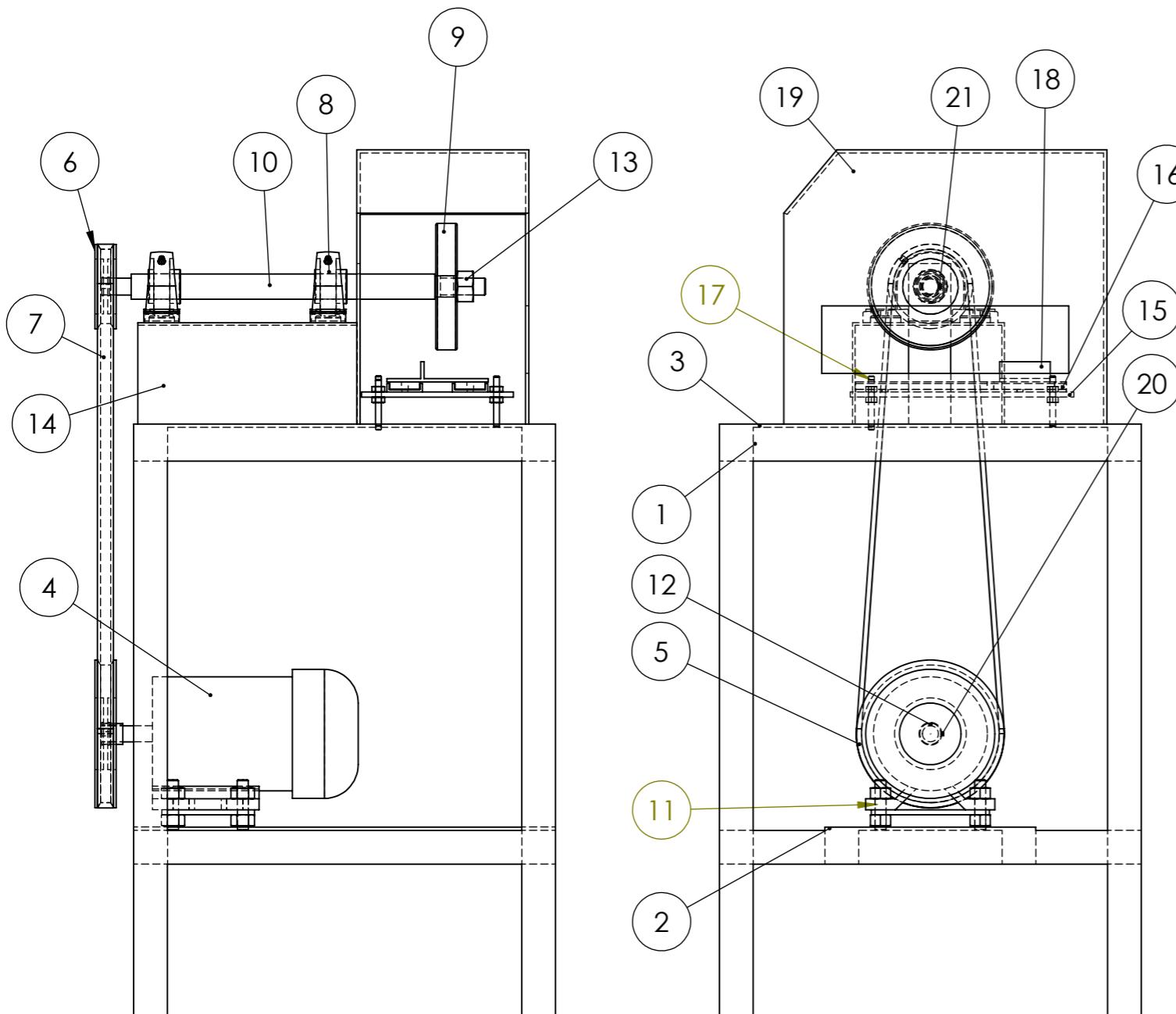
C

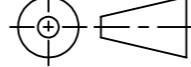
B

B

A

A



ITEM NO.	PART NAME	MATERIAL	QTY.
21	PASAK PERSEGI PANJANG	BAJA ST 42	1
20	PASAK PERSEGI	BAJA ST 42	1
19	AQUARIUM AKRILIK	AKRILIK	1
18	CLAMP	BAJA ST 42	1
17	SCREW Ø 7 mm	BAJA ST 42	4
16	SLIDING RAIL	BAJA ST 42	1
15	PLAT SLIDING	BAJA ST 42	1
14	PLAT BEARING	BAJA ST 42	1
13	NUT M24	BAJA ST 42	1
12	NUT M16	BAJA ST 42	5
11	SCREW Ø 13 mm	BAJA ST 42	4
10	SHAFT	STAINLESS STEEL	1
9	DIAMOND WHEEL GRINDING	ABRASIVE DIAMOND	1
8	BEARING UCP 206	BAJA ST 42	2
7	BELT A57	RUBBER	1
6	PULLEY Ø 70 mm	ALUMINUM	1
5	PULLEY Ø 175 mm	ALUMINUM	1
4	MOTOR 1 HP		1
3	PLAT MEJA	BAJA ST 42	1
2	PLAT MEJA MOTOR	BAJA ST 42	1
1	PLAT HOLLOW	BAJA ST 42	14
ITEM NO. PART NAME MATERIAL QTY.			
		Skala : 1 : 7	Digambar : Fikri Muhammad
Ukuran : mm		NRP : 10211500000026	Keterangan
Tanggal : 11-01-2019		Dilihat : Ir. Winarto, DEA	
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI		LIST PART DETAIL	NO. A3

8

7

6

5

4

3

2

1

8

7

6

5

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

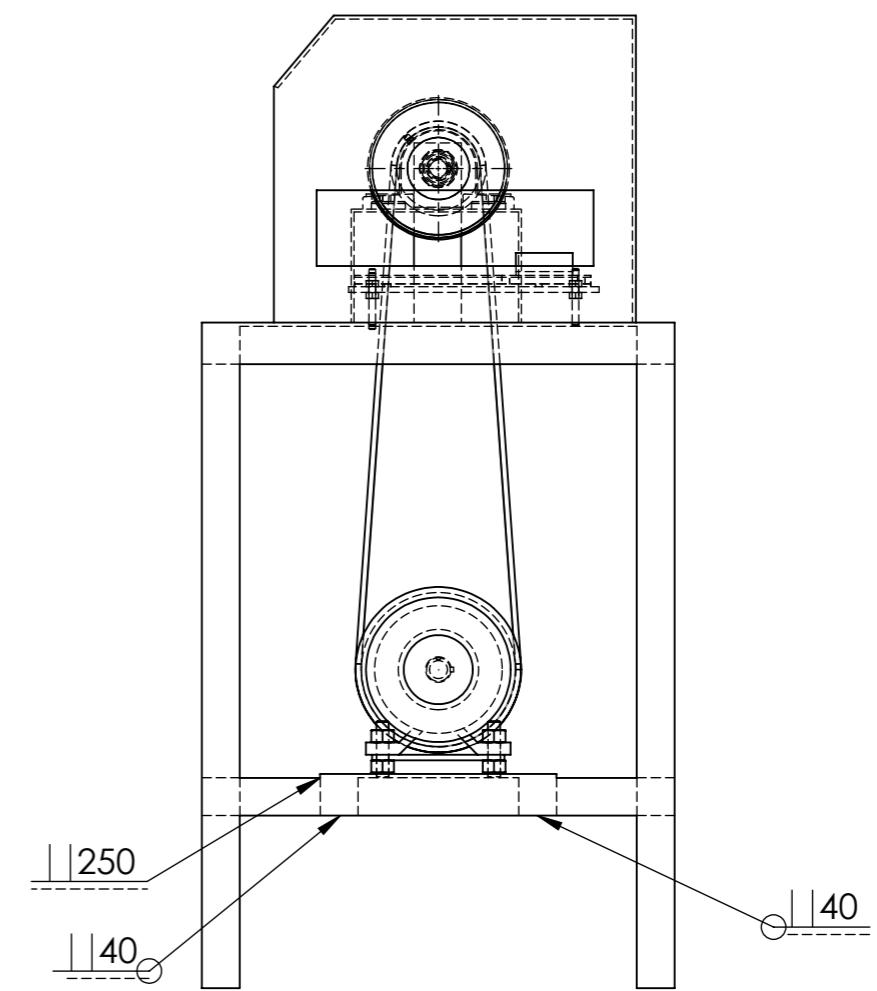
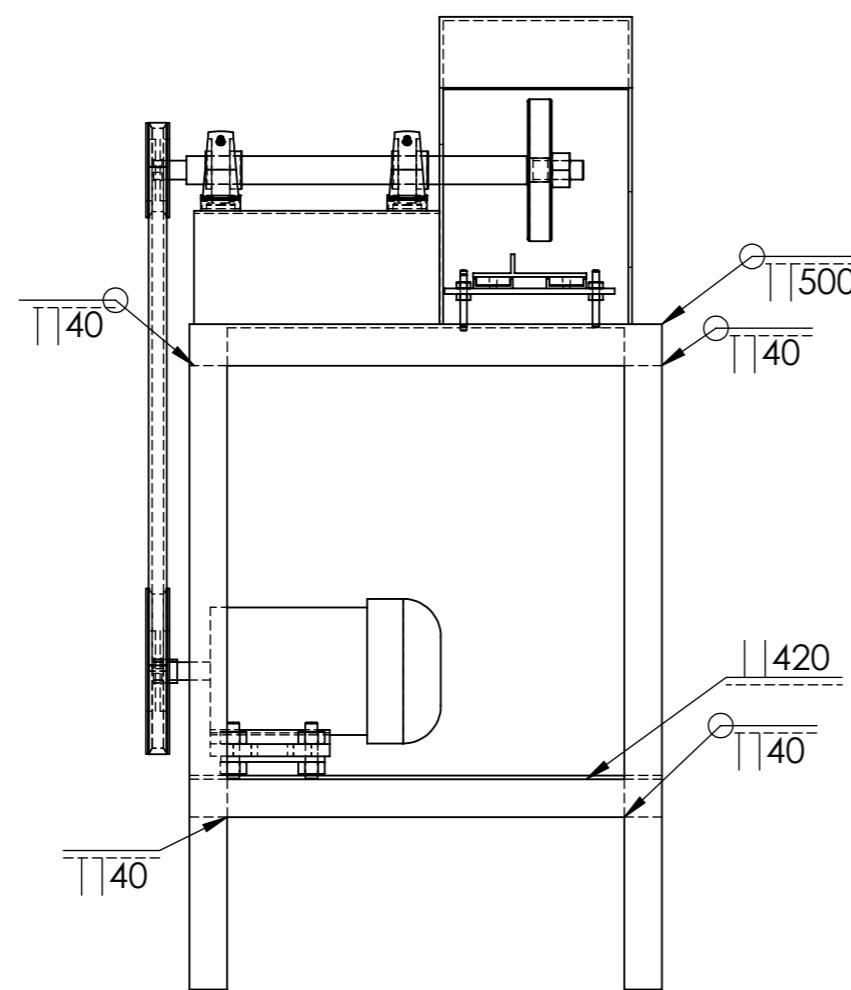
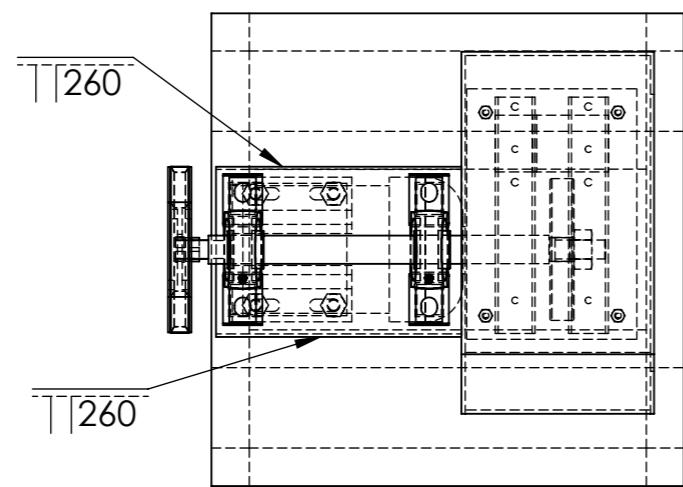
C

B

B

A

A



Skala : 1 : 8  
Ukuran : mm  
Tanggal : 11-01-2019

Digambar : Fikri Muhammad  
NRP : 10211500000026  
Dilihat : Ir. Winarto, DEA

Keterangan

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

SAMBUNGAN LAS

No

A3

8

7

6

5

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

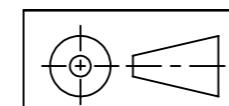
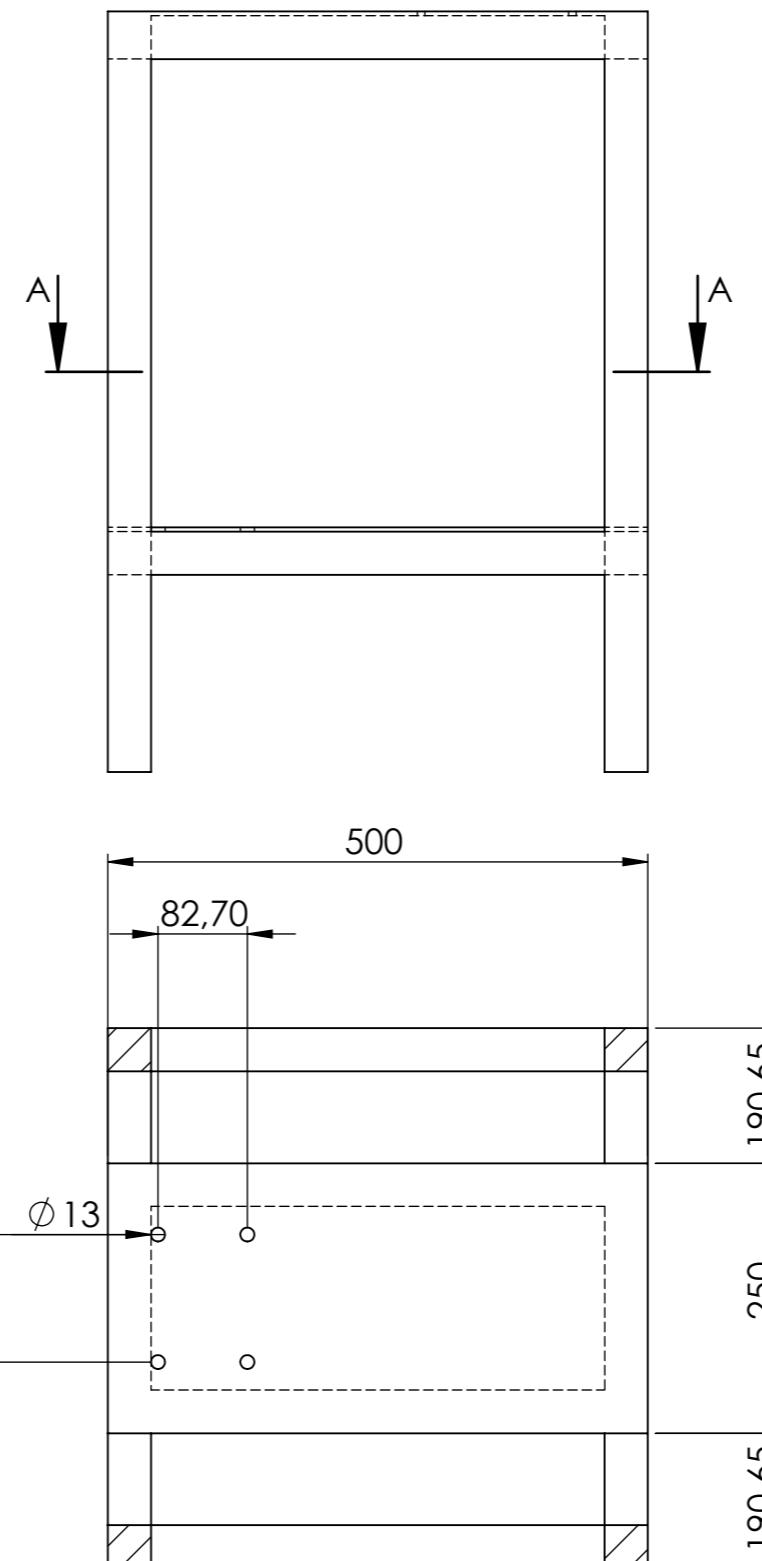
C

B

B

A

A



Skala : 1 : 7

Ukuran : mm

Tanggal : 11-01-2019

Digambar : Nicholas Arnedeo S.

NRP : 10211500000058

Dilihat : Ir. Winarto, DEA

Keterangan
------------

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
INDUSTRI

RANGKA POTONGAN

NO. A3

8

7

6

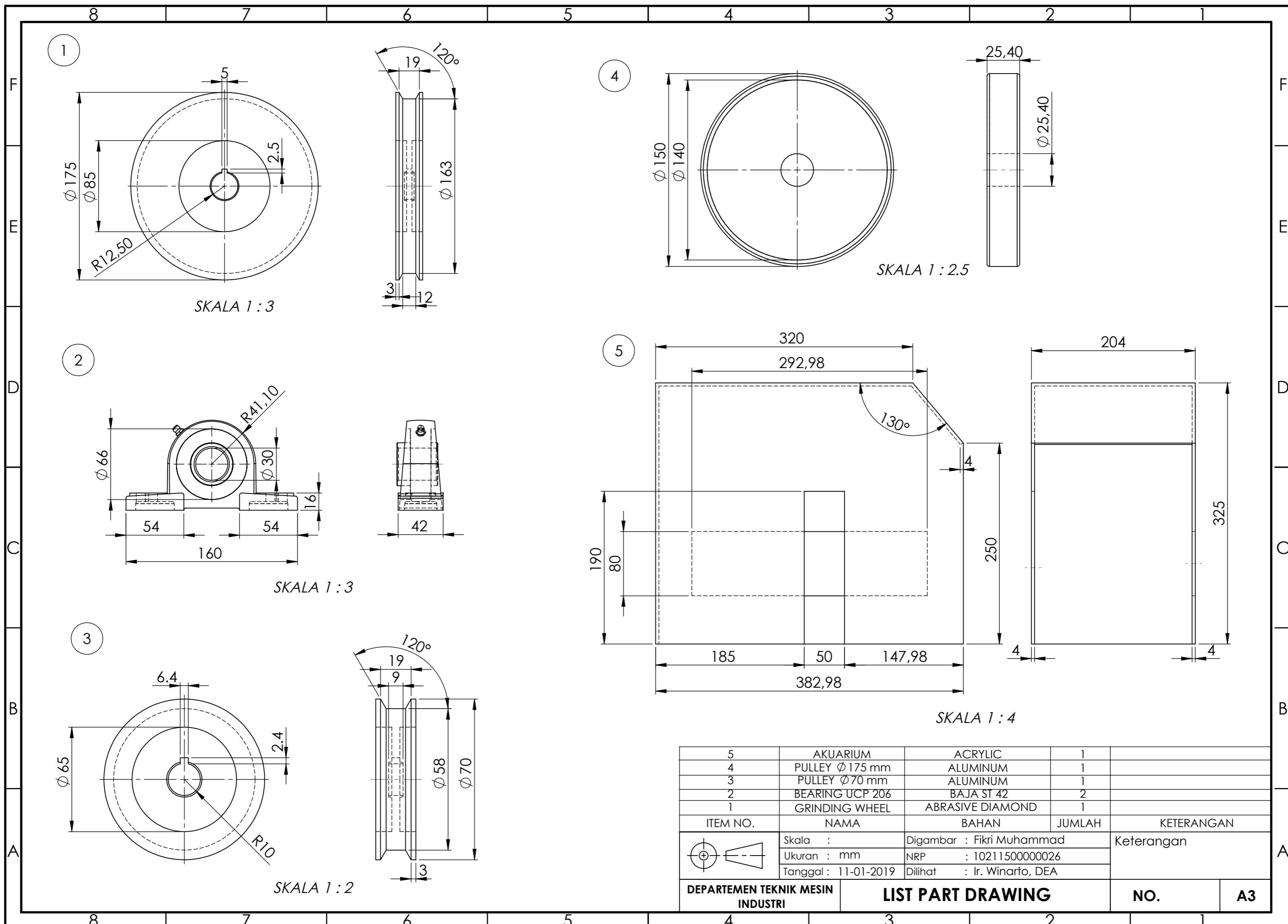
5

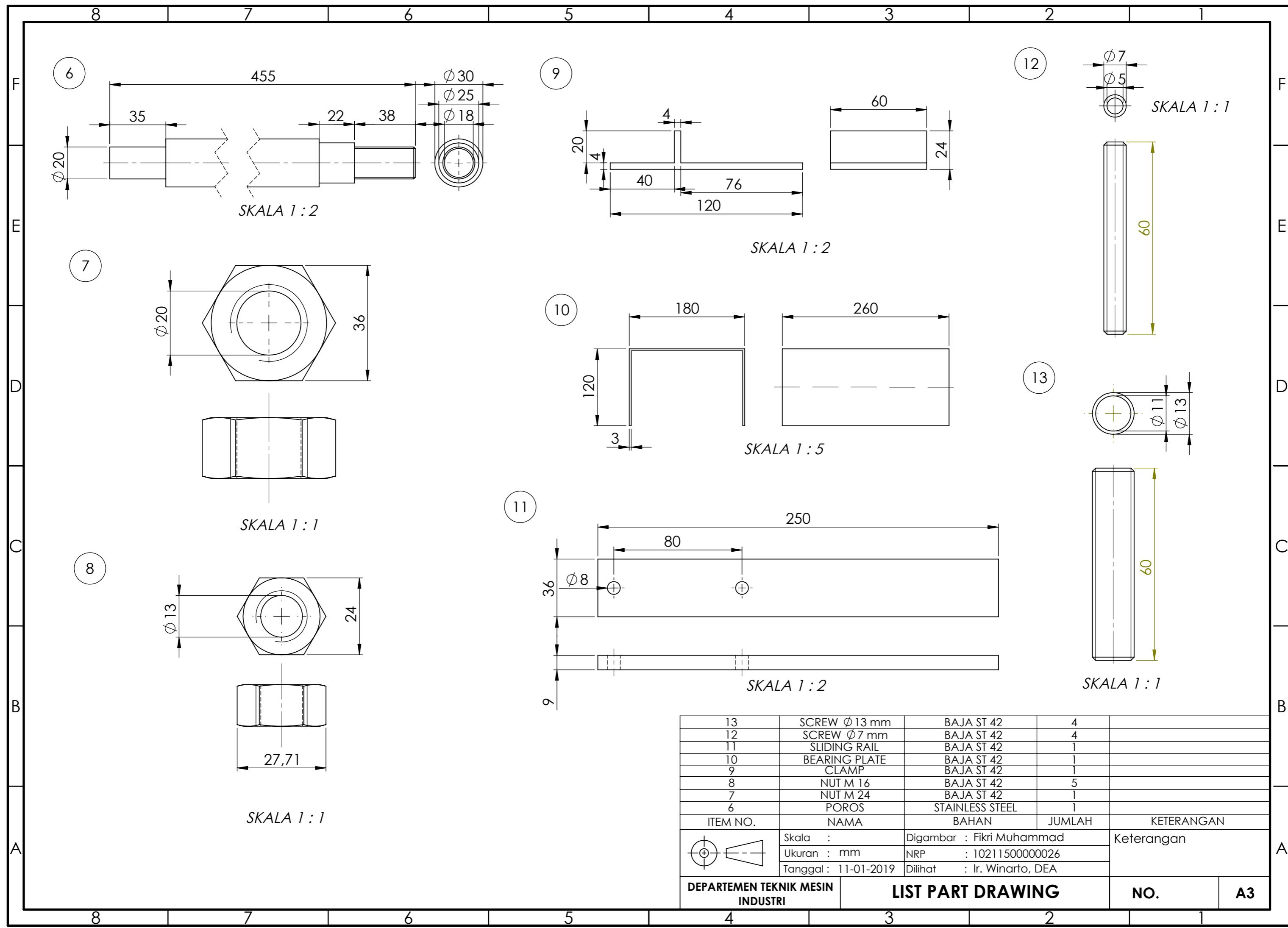
4

3

2

1





8

7

6

5

4

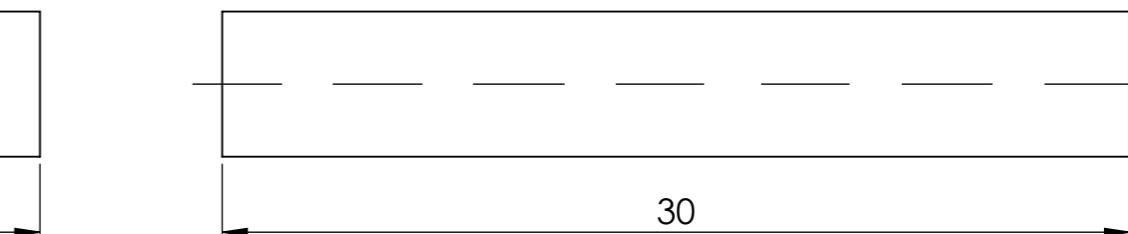
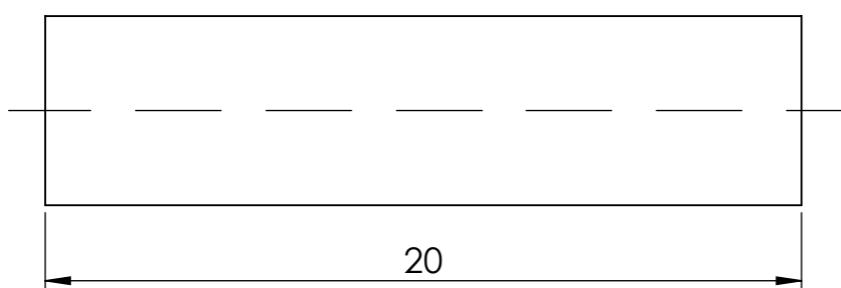
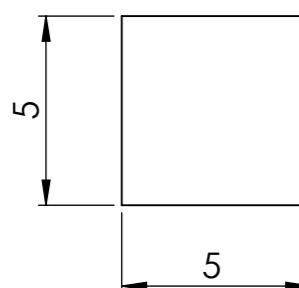
3

2

1

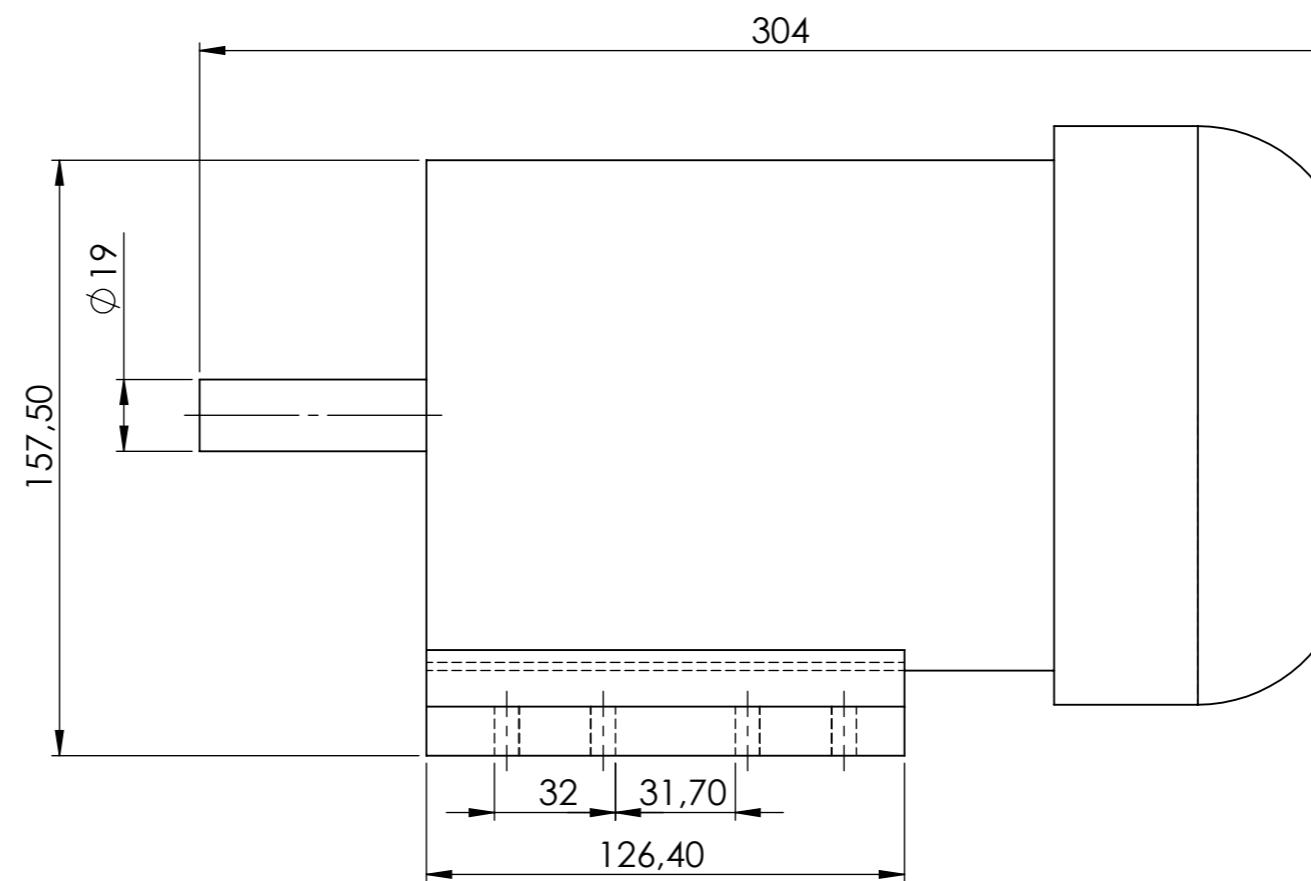
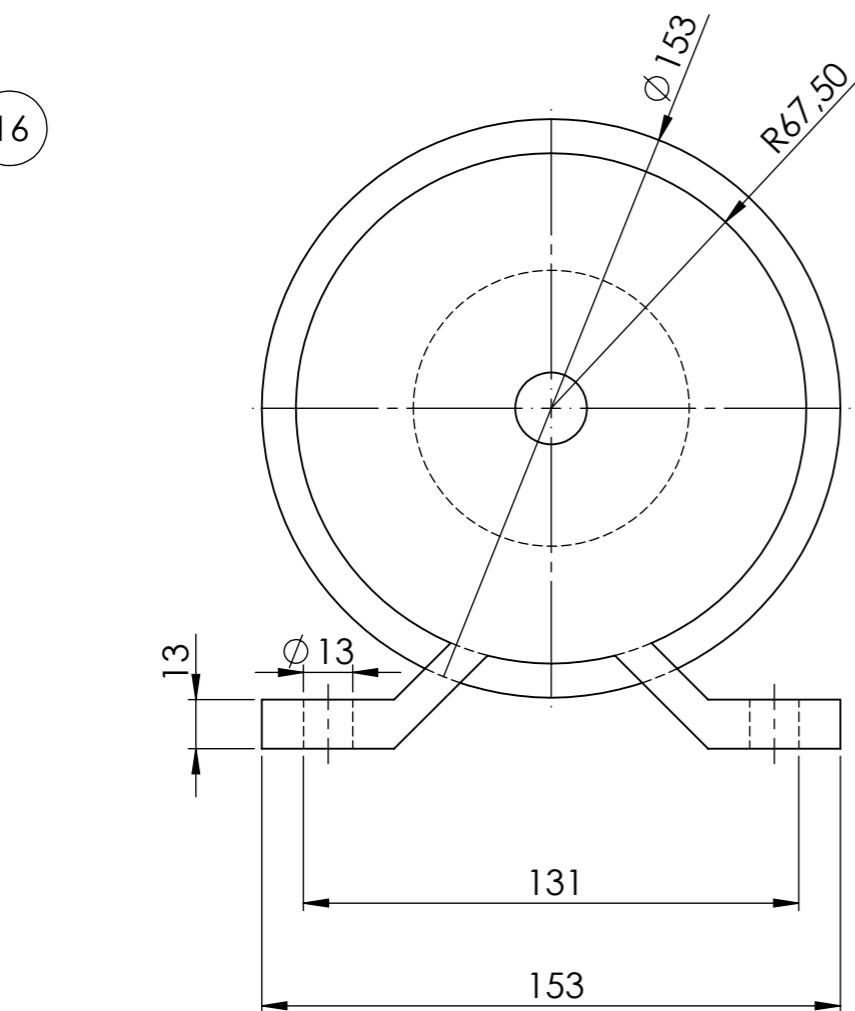
F

14



SKALA 4 : 1

SKALA 5 : 1



SKALA 1 : 2

ITEM NO.	NAMA	BAHAN	JUMLAH	KETERANGAN
16	MOTOR 1 HP		1	
15	PASAK PERSEGI PANJANG	BAJA ST 42	1	
14	PASAK PERSEGI	BAJA ST 42	1	
	Skala :	Digambar : Flkri Muhammad		Keterangan
	Ukuran : mm	NRP : 10211500000026		
	Tanggal : 11-01-2019	Dilihat : Ir. Winarto, DEA		
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI		LIST PART DRAWING		NO. A3

8

7

6

5

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Probolinggo pada tanggal 31 Mei 1997. Sebagai anak kedua dari dua bersaudara, penulis mengawali kegiatan pendidikan formal pada tahun 2003 di SD Negeri Sukabumi 10, yang kemudian dilanjutkan di SMP Negeri 1 Probolinggo, SMA Negeri 1 Probolinggo dan pada tahun 2015 penulis melanjutkan studi tingkat perguruan tinggi di Program Studi Diploma, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS dan mengambil bidang studi manufaktur. Penulis pernah menjabat sebagai Staf divisi Komunikasi Media dan Informasi di Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri periode 2016 – 2017. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. PJB UPHT Gresik selama satu bulan. Dalam melakukan kerja praktek penulis melakukan studi dengan judul “Proses Pemeliharaan Pada Turbin, Force Draft Fan, dan Boiler Feed Pump di PLTU Unit 2”. Bagi pembaca yang berdiskusi dan menanyakan informasi mengenai tugas akhir ini, pembaca dapat menghubungi penulis via:

e-mail: fikri0597@gmail.com