

**UJI METROLOGI GERAK MELINGKAR PADA MESIN  
*CNC MILLING* DI BENGKEL MEKANIK POLMANBABEL**

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Muthiara Syahbilla    NIM : 1042020

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2023**

# LEMBAR PENGESAHAN

## JUDUL PROYEK AKHIR

UJI METROLOGI GERAK MELINGKAR PADA MESIN  
CNC *MILLING* DI BENGKEL MEKANIK POLMANBABEL

Oleh :

Muthiara Syahbilla/ 1042020

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



Husman, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2



Erwansyah, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Eko Yudo, S.S.T., M.T.

Penguji 2



Nanda Pranandita, S.S.T., M.T.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Muthiara Syahbilla NIM : 1042020

Dengan Judul : Uji Metrologi Gerak Melingkar Pada Mesin  
*CNC Milling* di Bengkel Mekanik Polmanbabel

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 30 Januari 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Muthiara Syahbilla



## ABSTRAK

*Industri manufaktur kini menuntut proses pemesinan yang tak hanya presisi, tapi juga efisiensi tinggi. Mesin Computer Numerical Control (CNC) menjadi jawaban atas tantangan ini dengan memungkinkan produksi massal berkeakuratan tinggi. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung memiliki Mesin CNC Milling Lagun MC-750 dengan usia 26 tahun. Penelitian terfokus pada uji metrologi gerak melingkar pada mesin CNC Milling di Bengkel Mekanik Polmanbabel. Metode analisis melibatkan studi eksperimen yang mencakup proses pemesinan, pengambilan data hasil, dan analisis data. Proses pemesinan dilakukan menggunakan mesin CNC Milling Lagun MC-750 dengan parameter tertentu seperti kedalaman potong, kecepatan potong, dan gerak pemakanan. Spesimen uji berbahan baja S45C dengan dimensi  $\text{Ø}31,6 \times 50 \text{ mm}$ . Hasil dari analisis terhadap 12 spesimen didapatkan nilai penyimpangan 301 mm untuk pergerakan pemakanan searah jarum jam (G02). Nilai penyimpangan tersebut masuk ke dalam tingkatan toleransi IT 12 yang tidak layak lagi digunakan untuk pekerjaan pemesinan umum dan presisi. Untuk 12 spesimen lainnya didapatkan nilai penyimpangan 245 mm untuk pergerakan berallawanan arah jarum jam (G03). Nilai ini masuk ke dalam tingkatan toleransi IT 11 yang masih layak digunakan untuk pekerjaan pemesinan umum dan presisi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa mesin tersebut masih layak untuk memproses benda kerja untuk pemesinan umum dan presisi, jika dengan pergerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam (G03), karena IT 5 sampai IT 11 biasa dipakai dalam bidang pemesinan umum dan untuk bagian-bagian mampu tukar yang digolongkan dalam pekerjaan sangat teliti.*

**Kata kunci:** Milling, geometrik, kebulatan, penyimpangan, toleransi

## **ABSTRACT**

*Manufacturing industries now demand machining processes that are not only precise but also highly efficient. Computer Numerical Control (CNC) machines provide a solution to this challenge by enabling high-precision mass production. The State Polytechnic of Manufacturing in Bangka Belitung has a 26-year-old Lagun MC-750 CNC Milling Machine. The research focuses on metrological testing of circular motion on the CNC Milling Machine in the Mechanical Workshop of Polmanbabel. The analysis method involves experimental studies that include machining processes, data collection of results, and data analysis. Machining processes were carried out using the Lagun MC-750 CNC Milling Machine with specific parameters such as cutting depth, cutting speed, and feed motion. The test specimens were made of S45C steel with dimensions of  $\text{Ø}31.6 \times 50$  mm. The analysis of 12 specimens revealed a deviation of 301  $\mu\text{m}$  for clockwise feed motion (G02). This deviation falls within the IT 12 tolerance level, indicating that it is unsuitable for general and precision machining tasks. For the other 12 specimens, a deviation of 245  $\mu\text{m}$  was found for counterclockwise feed motion (G03). This value falls within the IT 11 tolerance level, indicating that it is still suitable for general and precision machining tasks. The results of this research show that the machine is still suitable for processing workpieces for general and precision machining, especially with counterclockwise feed motion (G03). This is because tolerance levels IT 5 to IT 11 are commonly used in general machining and for parts classified as highly meticulous work.*

**Keywords:** *Milling, geometric, roundness, deviation, tolerance*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT. yang mana berkat rahmat dan hidayah-Nya Laporan Proyek Akhir ini yang berjudul Uji Metrologi Gerak Melingkar Pada Mesin CNC *Milling* di Bengkel Mekanik Polmanbabel dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tujuan dibuatnya laporan ini sebagai salah satu syarat dan kewajiban mahasiswa dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana Terapan dan penerapan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penyusunan laporan ini, banyak sekali pihak-pihak yang telah berperan penting sehingga laporan dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sunarwanto dan Ibu Riza Yullita yang selalu memberikan doa dan dukungan, juga Nikita Audy Lulu Khalilullah dan Mutia Kinanti. Muhammad Lukman Salsabili Sutejo yang selalu memberikan semangat dan bantuan penuh dalam penyusunan serta perbaikan proyek akhir ini.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Pristiansyah, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Boy Rollastin S.S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Husman, S.S.T., M.T., selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan saran dan solusi dari masalah yang dihadapi selama proses penyusunan laporan ini.

6. Bapak Erwansyah, S.S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan pengarahan dalam penulisan laporan ini.
7. Seluruh dosen dan staff di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Seluruh teman kelas yang telah banyak membantu penyelesaian laporan ini.
9. Seluruh pihak yang memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar lebih baik untuk selanjutnya. Semoga laporan ini dapat berguna bagi pribadi dan orang lain serta dipergunakan sebagaimana mestinya.

Akhir kata, semoga Allah SWT. membalas kebaikan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian laporan ini. Atas perhatiannya, penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sungailiat, 30 Januari 2024



Muthiara Syahbilla

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT.....	ii
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1.    Latar Belakang Masalah .....	1
1.2.    Rumusan Masalah .....	2
1.3.    Tujuan Masalah .....	2
1.4.    Batasan Masalah.....	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1.    Kajian Teori.....	3
2.2. <i>Computer Numerical Control (CNC)</i> .....	3
2.2.1.    Kerja Mesin <i>CNC Milling</i> .....	4
2.2.2.    Program <i>CNC</i> .....	4
2.3.    Parameter Proses Pemesinan.....	6
2.4.    Baja Karbon .....	8
2.5.    Kebulatan Benda Kerja.....	10
2.6.    Pengukuran Kebulatan.....	11
2.7.    Standar Toleransi .....	13
2.8.    Penelitian Eksperimen .....	16
BAB III METODE PELAKSANAAN .....	19
3.1.    Tahapan Pelaksanaan Kegiatan .....	19
3.2.    Rincian Penelitian.....	20
3.2.1.    Identifikasi Masalah .....	20

3.2.2.	Menentukan Rumusan dan Tujuan Masalah .....	20
3.2.3.	Persiapan Alat dan Bahan .....	20
3.2.4.	Penentuan Parameter .....	24
3.2.5.	Proses Pemesinan .....	25
3.2.6.	Pengambilan Data Hasil.....	26
3.2.7.	Analisis Data Hasil .....	26
3.2.8.	Penulisan Kesimpulan.....	27
BAB IV PEMBAHASAN .....		28
4.1	Proses Pemesinan .....	28
4.2	Pengambilan Data Hasil.....	29
4.3	Analisis Data Hasil .....	30
BAB V PENUTUP .....		38
5.1	Kesimpulan .....	38
5.2	Saran .....	38
DAFTAR PUSTAKA.....		39

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Macam-Macam Kode G dan M Serta Kegunaan .....	5
Tabel 2.2	Kecepatan Potong Bahan .....	7
Tabel 2.3	Dua Harga Batas Nominal Sampai 500 mm.....	14
Tabel 2.4	Harga Toleransi Standar Untuk Kualitas 5 - 16.....	15
Tabel 2.5	Harga Toleransi Standar Untuk Kualitas 01, 0, dan 1 .....	15
Tabel 2.6	<i>International Tolerance</i> .....	16
Tabel 3.1	Spesifikasi Mesin <i>CNC Milling</i> .....	22
Tabel 3.2	Penentuan Parameter Bebas dan Level.....	25
Tabel 3.3	Rancangan Parameter Percobaan Penelitian .....	25
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Proses 1 – G02 .....	31
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Proses 2 – G02 .....	31
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Proses 3 – G02 .....	32
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Proses 4 – G02 .....	32
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Proses 1 – G03 .....	33
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran Proses 2 – G03 .....	33
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Proses 3 – G03 .....	34
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran Proses 4 – G03 .....	34
Tabel 4.9	Nilai Hasil Analisis MZC Searah Jarum Jam - G02.....	35
Tabel 4.10	Nilai Hasil Analisis MZC Berlawanan Arah Jarum Jam - G03.....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Toleransi Untuk Geometrik Kebulatan .....	10
Gambar 2.2 Alat Ukur Kebulatan Dua Sensor .....	11
Gambar 2.3 Alat Ukur Kebulatan Tiga Sensor.....	12
Gambar 2.4 Pengukuran Dengan Micrometer.....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
Gambar 3.2 Mesin Gergaji Potong DOALL Model C-916.....	21
Gambar 3.3 Kikir .....	21
Gambar 3.4 <i>CNC Milling</i> Lagun MC-750 .....	22
Gambar 3.5 <i>Insert Carbide</i> dan <i>Holder</i> .....	23
Gambar 3.6 <i>Micrometer</i> .....	23
Gambar 3.7 Spesimen Uji Baja S45C.....	24
Gambar 4.1 Proses Pemesinan .....	28
Gambar 4.2 Proses Pengambilan Data Hasil.....	29
Gambar 4.3 Tanda Garis Setiap 15° .....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : DAFTAR RIWAYAT HIDUP
- Lampiran 2 : DIAGRAM POLAR HASIL PENGUJIAN
- Lampiran 3 : DAFTAR *G-CODE*
- Lampiran 4 : SERTIFIKAT BAJA S45C
- Lampiran 5 : SURAT PERNYATAAN
- Lampiran 6 : FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR
- Lampiran 7 : FORM MONITORING PROYEK AKHIR
- Lampiran 8 : FORM REVISI LAPORAN AKHIR
- Lampiran 9 : HASIL PENGECEKAN PLAGIASI



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Tingginya tuntutan akan produksi berkualitas tinggi dalam industri manufaktur menjadikan proses pemesinan yang presisi dan efisien sangat penting. Mesin *Computer Numerical Control* (CNC) menjadi solusi unggul dalam mengatasi tantangan ini. Mesin CNC, seperti CNC *milling* memungkinkan produksi massal dengan akurasi yang tinggi menggunakan program komputer [1].

Mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung tetap digunakan meskipun sudah berusia 26 tahun. Pada mesin *milling* menunjukkan bahwa ketidakakuratan geometrik dapat mempengaruhi kualitas produk. Begitu pula pada mesin CNC *milling* yang menunjukkan kesalahan geometri tertentu seperti *squareness* atau ketegaklurusan yang dapat memengaruhi ketelitian mesin.

Pada penelitian Uji Metrologi Gerak Melingkar Pada Mesin CNC Milling di Bengkel Mekanik Polmanbabel berfokus pada tiga parameter utama, yaitu kedalaman potong ( $a$ ), kecepatan potong ( $Vc$ ), dan gerak pemakanan ( $G$ -Code). Hal ini penting karena proses pemesinan sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter ini. Jika terjadi penyimpangan geometrik dari mesin, maka kualitas produk akan menurun. Akan tetapi, kesalahan dari faktor lain juga tidak dapat dikesampingkan. Kebulatan adalah salah satu geometri yang perlu diperhatikan untuk produk, Karena banyak bagian mesin, terutama bagian yang berputar memiliki penampang melingkar [2].

Kajian kebulatan benda kerja pernah dilakukan untuk mengukur keakuratan mesin dengan memeriksa tingkat keausannya, seperti dalam penelitian Krisnal Tolosi dkk [3] didapatkan hasil penelitian yaitu, bahwa besarnya nilai penyimpangan yang diperoleh dari mesin frais tersebut tidak layak digunakan untuk menghasilkan produk atau benda kerja dengan ketelitian tinggi, tetapi jika

hanya untuk membuat benda kerja untuk kegiatan praktikum manufaktur masih layak digunakan.

Maka dari itu, perlu dilakukan penilitan tentang Uji Metrologi Gerak Melingkar pada Mesin CNC *Milling* di Bengkel Mekanik Polmanbabel. Dengan adanya penelitian ini dapat mengetahui kelayakan mesin dalam memproses suatu benda kerja dengan ukuran toleransi tertentu. Dikarenakan mesin yang sudah berusia dan sering digunakan untuk pembelajaran juga memproduksi suku cadang.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan adalah bagaimana kelayakan Mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 untuk memproses benda kerja dengan ukuran toleransi yang sesuai dengan standar ISO 286-1 setelah digunakan untuk proses pembelajaran dan produksi suku cadang?

### **1.3. Tujuan Masalah**

Tujuan yang dicapai dari proyek akhir ini adalah untuk mengetahui kelayakan mesin CNC *Milling* MC-750 dalam memproses benda kerja dengan ukuran toleransi yang sesuai dengan standar ISO 286-1 setelah digunakan dalam proses pembelajaran dan produksi suku cadang.

### **1.4. Batasan Masalah**

Agar lebih fokus, akurat, dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian yang telah ditetapkan, sehingga lebih mudah memperoleh data dan informasi yang diperlukan untuk penelitian ini, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Benda kerja yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu baja S45C.
2. Dimensi benda kerja pada penelitian ini adalah  $\text{Ø}31,6 \times 50$  mm.
3. Proses pemesinan menggunakan mesin *CNC Milling* Lagun MC-750.
4. Mata potong yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat *insert carbide type* APMT113508 PDTR YG.
5. Pada penelitian ini dilakukan analisa dengan metode studi eksperimen.
6. Pengujian kebulatan benda kerja menggunakan micrometer kecermatan 1  $\mu\text{m}$ .
7. Pengolahan data dilakukan dengan *software* Microsoft Excel.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Kajian Teori**

Riset teori merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah riset yang dilakukan pada proses manufaktur yang meliputi pemesinan untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan tentunya dilakukan dengan parameter yang benar pada setiap proses pemesinan. Proses pemesinan menggunakan prinsip pemotongan logam memiliki tiga kelompok dasar yaitu: proses pemotongan dengan menggunakan press, proses pemotongan konvensional dengan menggunakan mesin perkakas, dan proses pemotongan tidak konvensional. Pemesinan adalah proses yang paling banyak digunakan untuk memproduksi produk logam jadi. Proses ini dilakukan dengan menentukan bahan kemudian mesin yang digunakan sebelum melakukan proses pembuatan kemudian menentukan parameter yang terukur agar hasil yang diinginkan berkualitas baik.

#### **2.2. *Computer Numerical Control (CNC)***

Mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*) merupakan suatu mesin perkakas atau alat potong yang dikendalikan oleh komputer dengan menggunakan bantuan kode dan diprogramkan. Memiliki banyak kelebihan daripada mesin manual. Adapun kelebihan mesin tersebut memudahkannya dalam pengoperasian dan pemograman sesuai kebutuhan, mengatur proses dengan otomatis cukup melalui *software* khusus, tingkat ketelitian pengukuran yang jauh lebih akurat, waktu yang dibutuhkan jauh lebih cepat. Untuk memenuhi kebutuhan mesin perkakas CNC bagi *workshop* industri kecil dan atau sebagai media pembelajaran pada institusi pendidikan maka dikembangkan mesin CNC *milling 3-axis* yang berukuran kecil dengan menggunakan sistem kontrol terbuka. *Absolute* merupakan metode penyampaian informasi dalam penyusunan CNC tentang jalannya alat potong yang berpedoman titik nol [4].

### **2.2.1. Kerja Mesin CNC Milling**

Awal lahirnya mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*) pada tahun 1952 lalu dikembangkan dari Jhon Pearson dari Institute Teknologi Massachusetts atas nama angkatan udara Amerika Serikat. Proyek tersebut diperuntukan untuk membuat benda kerja khusus yang rumit. Pada tahun 1973 mesin CNC ini terlalu sangatlah mahal sehingga masih sedikit perusahaan menggunakannya dan tidak memiliki keberanian untuk menginvestasi dalam teknologi tersebut. Dengan seiring berjalannya zaman banyak produk yang sulit dikerjakan dengan mesin frais manual/konvensional dan semakin banyak pula produk tidak sesuai keinginan karena adanya kesalahan dalam mengerjakan produk dengan menggunakan mesin frais manual. Untuk mengatasi kendala tersebut digunakan salah satu caranya dengan menggunakan mesin CNC (*Computer Numerically controlled*) adalah mesin *milling* dengan *ball nose endmill* merupakan proses permesinan yang mampu dikerjakan oleh mesin CNC. Proses *milling* adalah suatu proses permesinan yang faktor utamanya adalah gesekan antara pahat dengan benda kerja. Selama proses *milling* terjadi beberapa gerakan yang saling berkaitan. Proses *milling* pada umumnya menghasilkan bentukan bidang datar (bidang datar ini terbentuk karena pergerakan dari meja mesin) dimana proses pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak antara alat potong (*cutter*) yang berputar pada spindle dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin [5].

Secara umum prinsip kerja mesin dari *CNC Milling* adalah dengan membaca program *CNC* yang dibuat oleh *programmer* dengan mengetik langsung pada mesin atau membuat program pada *software* pemrograman *CNC* pemrograman itu lebih dikenal dengan sebagai *G-Code*. Lalu langsung dilakukan oleh *programmer* tersebut untuk menggerak alat-alat yang ada dalam mesin tersebut membentuk sesuai yang diprogramkan. Eksperimen merupakan modifikasi kondisi yang dilakukan secara sengaja dan terkontrol dalam menentukan peristiwa atau kejadian serta pengamatan terhadap peristiwa itu [6].

### **2.2.2. Program CNC**

Sebelum melakukan pemrograman harus terlebih dulu mengetahui kode dari *CNC* mesin ini beroperasi mengikuti instruksi kode tersebut seperti sumbu X, Y dan

Z karena harus menentukan titik tersebut. Sumbu X adalah sumbu yang melalui garis tengah grafik berubah dari waktu ke waktu. Sumbu Y adalah sumbu yang melintasi garis gambar atau diagram dari atas ke bawah atau dari kiri kanan. Sumbu Z adalah sumbu yang melakukan gerak vertikal.

#### A. Penentuan Sumbu X

Sumbu X yang ditetapkan sejajar arah memanjang pada meja mesin dan pilih orientasi horizontal bagi mesin dengan pahat yang berputar harus melihat dahulu orientasi Z untuk horizontal sumbu Z tersebut melakukan ke arah kanan benda kerja dengan mesin bila benda kerja yang berputar maka sumbu X sejajar dengan gerak radial pahat dan arah menjauh *spindle*.

#### B. Penentuan Sumbu Y

Orientasi dan arah positif sumbu Y ditetapkan menurut kaidah tangan kanan setelah sumbu Z dan X ditentukan, menurut kaidah tangan kiri bila Y' ditentukan berdasarkan orientasi Z' dan X'.

#### C. Penentuan Sumbu Z

Sumbu Z adalah spindle yang tegak lurus meja mesin. Jika spindle bisa dimiringkan, berputar pada sumbu yang lain, maka dipilih kedudukannya sebagai sumbu Z pada posisi tertentu sehingga sejajar dengan salah satu sumbu dasar mesin sistem koordinat mesin terutama jika posisinya dapat tegak lurus meja.

Tabel 2.1 Macam-Macam Kode G dan M Serta Kegunaan

No	Kode	Kegunaan
1.	G00	Gerak pemosisian bebas.
2.	G01	Gerak pahat untuk memotong benda kerja secara lurus.
3.	G02	Perintah pergerakan pemakanan melingkar searah jarum jam.
4.	G03	Pergerakan pemakanan melingkar berlawanan arah jarum jam.
5.	G10	Perintah memprogram data input.
6.	G15	Pembatalan perintah polar.
7.	G16	Perintah koordinat polar.
8.	G17	Pemililihan pada bidang X-Y (interpolasi helical).
9.	G48	Menurunkan ganda offset tool.

Tabel 2.1 Macam-Macam Kode G dan M Serta Kegunaan (Lanjutan)

No	Kode	Kegunaan
10.	G52	Seting local koordinat benda kerja.
11.	G69	Pembatalan sumbu koordinat.
12.	G94	Kecepatan potong permenit/mm.
13.	G99	Kembali titik R.
14.	G18	Perintah memilih pada bidang Y-Z.
15.	G19	Perintah memilih pada bidang X-Z.
16.	G20	Perintah input pada satuan inch.
17.	M00	Pemberhentian program.
18.	M01	Progam opsional berhenti.
19.	M05	<i>Spindle OFF</i> (spindel stop).
20.	M28	Kembali kerefrensi spindle.
21.	M29	Proses typing.
22.	M30	Akhirkan program/ reset.
23.	M98	Panggil sub program.
24.	M99	Akhiri sub program.

### 2.3. Parameter Proses Pemesinan

Dalam proses pemesinan milling, terdapat beberapa parameter yang memengaruhi kebulatan benda kerja, yaitu kedalaman potong, kecepatan potong, dan putaran spindle. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kebulatan benda kerja dengan memvariasikan parameter-parameter tersebut. Proses pemesinan dilakukan dengan berbagai variasi, termasuk kedalaman potong, kecepatan potong, dan gerak pemakanan. Berikut penjelasan dan rumus untuk setiap parameter tersebut.

#### A. Kedalaman Potong ( $a$ )

Kedalaman potong atau biasanya disebut sebagai *depth of cut* ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan. Besarnya kedalaman pemotongan berhubungan erat dengan kecepatan pemakanan dan juga dari diameter pahat

tersebut. Semakin tinggi kecepatan pemakanan, maka pahat yang digunakan semakin kecil diameternya dan kedalaman pemakanan benda kerja menjadi kecil.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \quad (2.1)$$

Di mana:

- $a$  = Kedalaman pemakanan (mm)
- $d_o$  = Diameter awal (mm)
- $d_m$  = Diameter akhir (mm)

### B. Kecepatan Potong ( $V_c$ )

Kecepatan potong atau disebut juga sebagai *cutting speed* adalah hasil dari perkalian antara keliling lingkaran benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar spindel. Pada suatu material kecepatan potong tidak dapat dihitung dengan secara matematis dan kecepatan potong juga harus diperhitungkan dengan tepat selama prosesnya. Bahan yang digunakan dalam proses *milling high speed steel* (HSS) dan *carbide*. *Carbide* merupakan salah satu bahan yang cukup cepat dibandingkan dengan HSS.

$$V_c = \pi \cdot d \cdot n \quad (2.2)$$

Di mana:

- $V_c$  = Kecepatan potong (m/min)
- $\pi$  = Nilai konstanta
- $d$  = Diameter benda kerja (mm)
- $n$  = Putaran *spindle* mesin (Rpm)

Tabel 2.2 Kecepatan Potong Bahan

Bahan	Cutter Frais HSS		Cutter Frais Karbida	
	m/min	ft/min	m/min	ft/min
Baja Lunak ( <i>Mild Steel</i> )	18-21	60-70	30-250	100-800
Besi Tuang ( <i>Cast Iron</i> )	14-17	45-55	45-150	150-500

Tabel 2.2 Kecepatan Potong Bahan (Lanjutan)

Bahan	Cutter Frais HSS		Cutter Frais Karbida	
	<i>m/min</i>	<i>ft/min</i>	<i>m/min</i>	<i>ft/min</i>
Perunggu	21-24	70-80	90-200	300-700
Tembaga	45-90	150-300	150-450	500-1500
Kuningan	30-120	100-400	120-300	400-1000
Aluminium	90-150	300-500	90-180	- 600

### C. Gerak Pemakanan (*G-Code*)

Gerak pemakanan adalah gerak yang diperlukan pahat untuk menyentuh benda kerja. Tanpa gerakan makan, benda kerja tidak akan terpotong tanpa ada tindakan pemotongan. Gerak pemakanan ini menggunakan *G-Code* atau kode program. Contoh gerak makan adalah gerak translasi alat pemotong menuju benda kerja. Gerak potong merupakan gerak yang diperlukan untuk memotong suatu benda kerja. Contoh gerak pemotongan adalah jarak yang ditempuh spindle yang memutar benda kerja pada mesin bubut dan *spindle* yang memutar pahat potong pada mesin *milling* [7].

*G-Code* berdasarkan pengendali objek bekerja. *G-Code* termasuk G02 dan G03. Sebenarnya *G-Code* G02 dan G03 terlihat sama, yang membedakan hanyalah arah kerja mata potongnya saja. Untuk *G-Code* G02, mata potong berputar searah jarum jam mendekati benda kerja. Sedangkan untuk G03, arah mata potong berlawanan arah jarum jam. Apabila menggunakan program G02 lebih ringan dan karena pahat berputar searah jarum jam maka sudut pemotongan untuk memotong atau menggores benda kerja menjadi lebih sempit sehingga hasil pekerjaan terlihat lebih halus. Sedangkan *G-Code* G03 lebih berat karena arahnya berlawanan jarum jam dan sudut pemotongan adalah sudut pemotongan atau pengikisan benda kerja lebih lebar sehingga hasil pengerjaan terlihat lebih kasar [8].

#### 2.4. Baja Karbon

Hasil Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja

juga mengandung unsur unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja [9]. Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya [10]. Kontrol kandungan elemen paduan dalam pembuatan baja ditambahkan fase cair untuk menghasilkan bahan yang diinginkan. Komposisi baja ditentukan oleh aplikasi dan spesifikasi yang ditetapkan oleh organisasi atau asosiasi berikut: *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, *American Society of Mechanical Engineers (ASME)*, *Society of Automotive Engineers (SAE)*, dan *American Iron and Steel Institute (AISI)*. Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut :

**A. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)**

Kandungan karbon baja ringan dalam kombinasi baja kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang dikeraskan karena kandungan karbon rendah kurang dari 0,3% C. Karbon rendah tidak mungkin mengeras karena kandungan karbon tidak mencukupi membentuk struktur martensit.

**B. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)**

Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,3-0,6%C, dan kandungan karbonnya memungkinkan baja dikeraskan sebagian melalui perlakuan panas yang tepat. Baja karbon ini lebih keras dan kuat dibandingkan baja ringan.

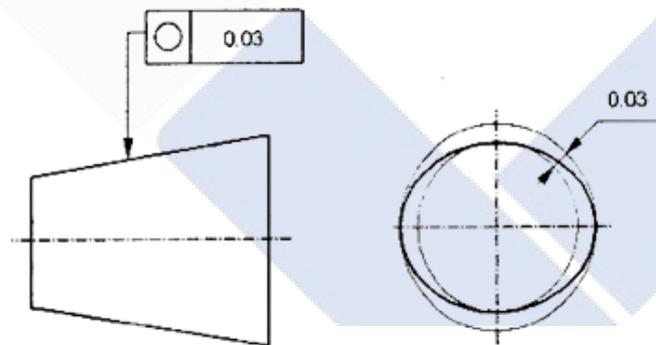
**C. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)**

Kandungan C baja karbon tinggi adalah 0,6-1,5%, kekerasannya sangat tinggi, tetapi keuletannya rendah, hampir tidak mungkin menentukan jarak dari tegangan luluh ke tegangan proporsional pada diagram tegangan regangan. Pengerasan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang maksimal dibandingkan dengan baja karbon rendah karena banyaknya martensit membuat baja menjadi rapuh.

Baja S45C ini merupakan jenis baja karbon menengah dengan memiliki kandungan karbon sebesar 0,5012 %. Baja karbon sedang, banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan, dan dalam permesinan. Baja karbon sedang kekuatannya lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas dan dipotong [9].

## 2.5. Kebulatan Benda Kerja

Kebulatan merupakan salah satu bentuk geometrik yang perlu dan penting untuk diperhatikan. Menurut Hamdi dkk (2015) kebulatan adalah keseragaman jarak antara titik pusat dengan titik terluar (jari-jari). Profil kebulatan dapat dilihat dari jarak antara titik-titik pada suatu geometri kebulatan tersebut sama terhadap titik pusatnya. Secara sekilas kebulatan itu sendiri hampir sama dengan yang lainnya. Suatu kondisi kebulatan yang ideal memang sangat sulit didapatkan. Oleh karena itu, harus diperlukan adanya sebuah toleransi nilai untuk menyikapi ketidakbulatan benda kerja dengan tetap memperhatikan fungsi/ tujuan komponen tersebut.



Gambar 2.1 Toleransi Untuk Geometrik Kebulatan

(Sumber: Taufik Rochim, 2006)

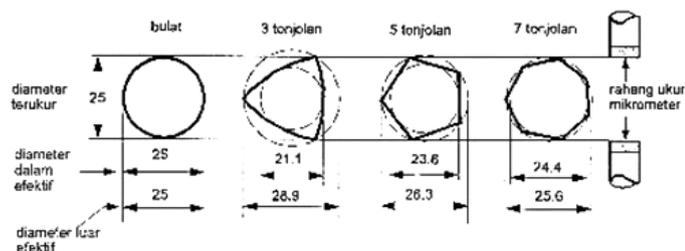
Menurut Taufik Rochim, ketidakbulatan akan terjadi sewaktu komponen dibuat. Penyebab suatu ketidakbulatan tersebut antara lain [2]:

1. Pada saat proses permesinan terdapat suatu keausan, baik pada bantalan poros utama mesin maupun ataupun mesin gerinda yang digunakan.
2. Gaya pemotongan yang besar sehingga mengakibatkan lenturan pada mesin perkakas ataupun benda kerja.

3. Kesalahan posisi senter yang menjadikan komponen tersebut menjadi tidak bulat.
4. Tekanan alat pemegang/pencekam (3 atau 5 *jaw chuck*) pada komponen berdinding tipis bias yang menjadi sumber ketidakbulatan, dimana setelah pencekam dibuka akan terjadi pelepasan tegangan-dalam pada komponen
5. Adanya getaran akibat dari kesalahan pemilihan kondisi pada proses pemotongan.
6. Ketidakbulatan cetakan sewaktu komponen dibuat dengan cara ekstrusi atau penarikan (*drawing*).
7. Adanya ketidakbulatan yang terjadi pada produksi massal dari poros yang dihasilkan dari proses gerinda tanpa *center* (*centerless grinding*).
8. Proses penyebaran panas yang tak merata saat komponen diproses

## 2.6. Pengukuran Kebulatan

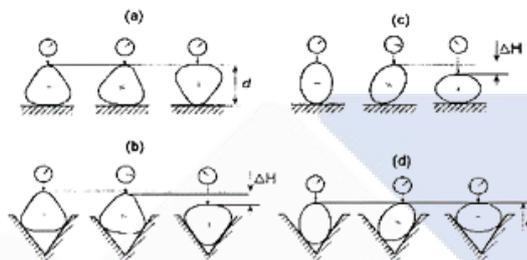
Untuk mengukur suatu nilai kebulatan dapat dilakukan dengan berbagai macam alat ukur. Dalam pengukuran ini dapat menggunakan alat ukur yang dilihat dari jumlah sensor dari alat ukur tersebut. Sensor dari alat ukur tersebut dapat dibagi menjadi beberapa macam, seperti alat ukur yang memiliki 2 sensor yang bertolak belakang 180 derajat misalnya mikrometer. Salah satunya dapat dilakukan dengan cara mengukur diameter dari sisi terjauh dan diameter pada sisi terdekat suatu poros maka dengan mikrometer dapat diketahui ketidakbulatannya. Tetapi, mikrometer tersebut hanya dapat mengetahui ketidakbulatan penampang poros dengan dua tonjolan beraturan (*elips*), untuk poros yang memiliki tonjolan yang berjumlah ganjil beraturan mikrometer sudah tidak lagi dapat digunakan. Pengukuran kebulatan dengan alat ukur dua sensor seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Alat Ukur Kebulatan Dua Sensor

(Sumber: Taufik Rochim, 2006)

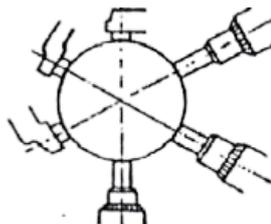
Cara lain yang dapat digunakan untuk mengukur suatu nilai ketidakbulatan adalah dengan alat ukur kebulatan 3 sensor. Contoh alat ukur kebulatan 3 sensor tersebut adalah *roundness tester*, tetapi pengukuran kebulatan menggunakan *block-v* dan *dial indicator* dapat juga disetarakan dengan alat ukur tiga sensor tersebut. Dengan alat *dial indicator* serta bantuan *block-v* dan *dial stand* dapat digunakan untuk pengukuran kebulatan suatu benda kerja poros untuk mengetahui nilai kebulatan benda kerja tersebut [11]. Pengukuran kebulatan dengan alat ukur tiga sensor seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Alat Ukur Kebulatan Tiga Sensor

(Sumber: Taufik Rochim, 2006)

Kebulatan diukur pada beberapa sudut berbeda di sekitar sumbu tengah benda kerja dengan menggunakan mikrometer. Kebulatan dan diameter merupakan dua ciri geometri yang berbeda, meskipun keduanya berkaitan. Ketidakbulatan dapat mempengaruhi hasil pengukuran diameter, sebaliknya pengukuran diameter tidak selalu menunjukkan ketidakbulatan, misalnya suatu penampang suatu poros yang memiliki dua tonjolan beraturan (berbentuk lonjong) akan dikatakan tidak bulat. bulat. Jika kebulatan diukur dengan dua sensor yang posisinya berlawanan (180°), misalnya menggunakan mikrometer. Namun bila mikrometer digunakan untuk mengukur diameter penampang suatu sumbu dengan aturan bilangan ganjil, maka mikrometer tersebut tidak akan dapat menunjukkan ketidakbulatan [12].



Gambar 2.4 Pengukuran Dengan Micrometer

(Sumber: Taufik Rochim, 2006)

Dalam hal ini menggunakan analisis MZC (*Minimum Zone Circle*). Berikut ditampilkan rumus MZC untuk pengukuran penyimpangan kebulatan ini:

$$MZC = R_{maks} - R_{min} \quad (2.3)$$

Di mana:

$R_{maks}$  = Jari-jari maksimum (mm)

$R_{min}$  = Jari-jari minimum (mm)

(Sumber: Muhammad Yanis, 2010)

## 2.7. Standar Toleransi

Standar toleransi adalah seperangkat pedoman yang ditetapkan untuk mengukur dan mengendalikan variasi dalam dimensi atau karakteristik tertentu dari suatu produk atau proses. Memberikan panduan yang konsisten dalam menentukan batas-batas perbedaan yang dapat diterima, memastikan bahwa produk-produk tersebut memenuhi spesifikasi yang diinginkan, dan memungkinkan interoperabilitas yang lebih baik di antara berbagai komponen. Standar toleransi memiliki peran penting dalam menjaga kualitas, konsistensi, dan keakuratan produk-produk yang dihasilkan dalam berbagai industri.

Dalam penelitian ini, standar toleransi yang diacu adalah ISO 286-1, sebuah standar internasional yang secara khusus mengatur toleransi dimensi pada bagian-bagian mesin dan alat mekanis. ISO 286-1 menyediakan panduan yang jelas terkait sistem toleransi dasar, ukuran dasar, dan batas-batas toleransi, memungkinkan produsen menentukan toleransi yang sesuai spesifikasi produk dan mendukung kompatibilitas dengan komponen lain sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Toleransi ukuran (*dimension tolerance*) merupakan perbedaan ukuran antara kedua harga batas (*two permissible limits*) dimana ukuran atau jarak permukaan/ batas geometri komponen harus terletak [2]. Untuk setiap komponen, dimensi dasar perlu didefinisikan sehingga dua nilai batas (zona toleransi batas maksimum dan minimum) dapat dinyatakan dalam bentuk penyimpangan dari dimensi dasar.

Kualitas toleransi adalah sekelompok toleransi yang di anggap mempunyai ketelitian yang setaraf untuk semua ukuran dasar. Pada standar yang telah ditetapkan ISO pada telah ditetapkan 18 kelas toleransi (*grade of tolerance*) yang dinamakan toleransi standar [2]. Standar toleransi ini disimbolkan dengan IT yang dimulai dari IT 01 sampai dengan IT 16. IT 01 sampai IT 4 digunakan untuk pekerjaan yang sangat teliti, seperti alat ukur, instrumen *optic*, dan lainnya. IT 5 sampai IT 11 dipakai dalam bidang pemesinan umum, untuk bagian-bagian mampu tukar, yang dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti dan pekerjaan biasa. IT 12 sampai IT 16 digunakan untuk pekerjaan kasar. Toleransi standar ini ditetapkan untuk benda kerja yang diameter nominalnya sampai dengan 500 mm. Kualitas IT 5 s.d IT 16 suatu harga toleransi standar digunakan dengan menggunakan rumus satuan toleransi. Apabila dinyatakan dalam rumus adalah sebagai berikut.

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (2.4)$$

Di mana:

- $i$  = Satuan toleransi ( $\mu m$ )  
 $D$  = Diameter nominal ( $mm$ )

Suatu nilai  $D$  dapat ditentukan berdasarkan rata-rata harga geometrik dari dua harga batas pada tingkatan diameter nominal tersebut. Dua harga batas pada tingkatan diameter nominal sampai dengan 500 mm dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Dua Harga Batas Nominal Sampai 500 mm

Tingkatan Utama ( $mm$ )		Tingkatan Antara ( $mm$ )	
Di atas	sampai	Di atas	Sampai
	3		
3	6		
6	10		
		10	14
10	18	14	18
		18	24
18	30	24	30
		30	40
30	50	40	50

(Sumber: Taufik Rochim, 2001)

Tabel 2.3 Dua Harga Batas Nominal Sampai 500 mm (Lanjutan)

Tingkatan Utama ( <i>mm</i> )		Tingkatan Antara ( <i>mm</i> )	
Di atas	sampai	Di atas	Sampai
50	80	50	65
		65	80
80	120	80	100
		100	120
		120	140
120	180	140	160
		160	180
		180	200
		200	225
180	250	225	250
		250	280
250	315	280	315
		315	355
315	400	355	400
		400	450
400	500	450	500

(Sumber: Taufik Rochim, 2001)

Harga toleransi standar untuk kualitas 5 - 16 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Harga Toleransi Standar Untuk Kualitas 5 - 16

Kualitas	Harga	Kualitas	Harga
IT 5	$7i$	IT 11	$100i$
IT 6	$10i$	IT 12	$160i$
IT 7	$16i$	IT 13	$250i$
IT 8	$25i$	IT 14	$400i$
IT 9	$40i$	IT 15	$640i$
IT 10	$64i$	IT 16	$1000i$

(Sumber: Taufik Rochim, 2001)

Untuk kualitas 01 sampai 1, harga toleransi standar langsung dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Harga Toleransi Standar Untuk Kualitas 01, 0, dan 1

Kualitas	IT 01	IT 0	IT 1
Harga	$0.3 - 0.008 D$	$0.5 - 0.012 D$	$0.8 - 0.020 D$

(Sumber: Taufik Rochim, 2001)

Harga  $D$  dalam hal ini merupakan rata-rata geometrik dari diameter maksimum dan diameter minimum pada setiap tingkat diameter. Apabila dinyatakan dalam rumus sebagai berikut.

$$D = \sqrt{D_{min} \times D_{maks}} \quad (2.5)$$

Di mana:

$D$  = Satuan nominal (mm)

$D_{min}$  = Diameter minimum (mm)

$D_{maks}$  = Diameter maksimum (mm)

Seluruh toleransi standar untuk benda berdiameter sampai dengan 500 mm dapat dilihat di tabel *international tolerance* pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 *International Tolerance*

Diameter (mm)	Angka Kualitas (IT; <i>International Tolerance</i> ); Toleransi yang dimaksud dalam $\mu m$																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\leq 3$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
> 3-6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
> 6-10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
> 10-18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
> 18-30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
> 30-50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
> 50-80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
> 80-120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
> 120-180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
> 180-250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
> 250-315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
> 315-400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	2600
> 400-500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

(Sumber: Taufik Rochim, 2001)

## 2.8. Penelitian Eksperimen

Metode penelitian eksperimen pada umumnya digunakan dalam penelitian yang bersifat laboratoris. Jadi, penelitian eksperimen yang mendasarkan pada paradigma positivistik pada awalnya memang banyak diterapkan pada penelitian ilmu-ilmu keras (*hard-science*), seperti biologi dan Fisika, yang kemudian diadopsi

untuk diterapkan pada bidang-bidang lain. Penelitian eksperimen pada umumnya lebih menekankan pada pemenuhan validitas internal, yaitu dengan cara mengontrol atau mengendalikan atau mengeliminir pengaruh faktor-faktor di luar yang dieksperimenkan yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen.

Adapun faktor-faktor yang dapat mengancam validitas internal suatu hasil penelitian eksperimen antara lain:

1. *History*, yaitu kejadian-kejadian tertentu yang terjadi antara pengukuran pertama (*pretest*) dan kedua (*post-test*), selain variabel-variabel yang dieksperimenkan (*treatment*).
2. *Maturation* (kematangan), yaitu: proses perubahan (*kematangan*) di dalam diri subyek yang terjadi selama berlangsungnya eksperimen (misal: makin trampil, makin lelah/ jenuh dsb). Untuk mengatasi hal ini adalah dengan mendisain eksperimen yang tidak terlalu lama.
3. *Testing effect*, yaitu efek yang ditimbulkan hasil pengukuran pertama (*pretest*) terhadap hasil pengukuran kedua (*post-test*). Cara mengatasinya adalah dengan tidak memberikan *pre-test*.
4. *Instrumentation*, yaitu efek yang ditimbulkan akibat perubahan cara pengukuran, perubahan pengamat, yang dapat membuat perubahan hasil pengukuran.
5. *Selection*, yaitu adanya bias di dalam menentukan/memilih responden/ subyek untuk kelompok eksperimen (atau kelompok yang diberikan perlakuan) dan kelompok kontrol/ pembandingan.
6. *Statistical regression*, yaitu bahwa kelompok yang dipilih berdasarkan skor yang ekstrim cenderung akan meregres ke rerata populasi.
7. *Mortality*, yaitu kehilangan subyek, baik pada kelompok eksperimen maupun kelompok pembandingan, yaitu adanya pengurangan subyek ketika dilakukan pengukuran terhadap dampak eksperimen/ perlakuan.

Borg & Gall menyatakan bahwa penelitian eksperimen merupakan penelitian yang paling dapat diandalkan keilmiahannya (paling valid), karena dilakukan dengan pengontrolan secara ketat terhadap variabel-variabel pengganggu

di luar yang dieksperimenkan. Menurut Emmory, penelitian eksperimen merupakan bentuk investigasi yang digunakan untuk menentukan variabel-variabel apa saja dan bagaimana bentuk hubungan antara satu dengan yang lainnya. Menurut konsep klasik, eksperimen merupakan penelitian untuk menentukan pengaruh variabel perlakuan (*independent variable*) terhadap variabel dampak (*dependent variable*).

Definisi lain menyatakan bahwa penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan terhadap variabel yang data-datanya belum ada sehingga perlu dilakukan proses manipulasi melalui pemberian treatment/ perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian yang kemudian diamati/ diukur dampaknya (data yang akan datang). Penelitian eksperimen juga merupakan penelitian yang dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan treatment/ perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian guna membangkitkan sesuatu kejadian/ keadaan yang akan diteliti bagaimana akibatnya [13]

Penelitian eksperimen merupakan penelitian kausal (sebab akibat) yang pembuktiannya diperoleh melalui komparasi/ perbandingan antara lain :

1. Kelompok eksperimen (yang diberi perlakuan) dengan kelompok kontrol (yang tidak diberikan perlakuan); atau
2. Kondisi subjek sebelum diberikan perlakuan dengan sesudah diberi perlakuan.

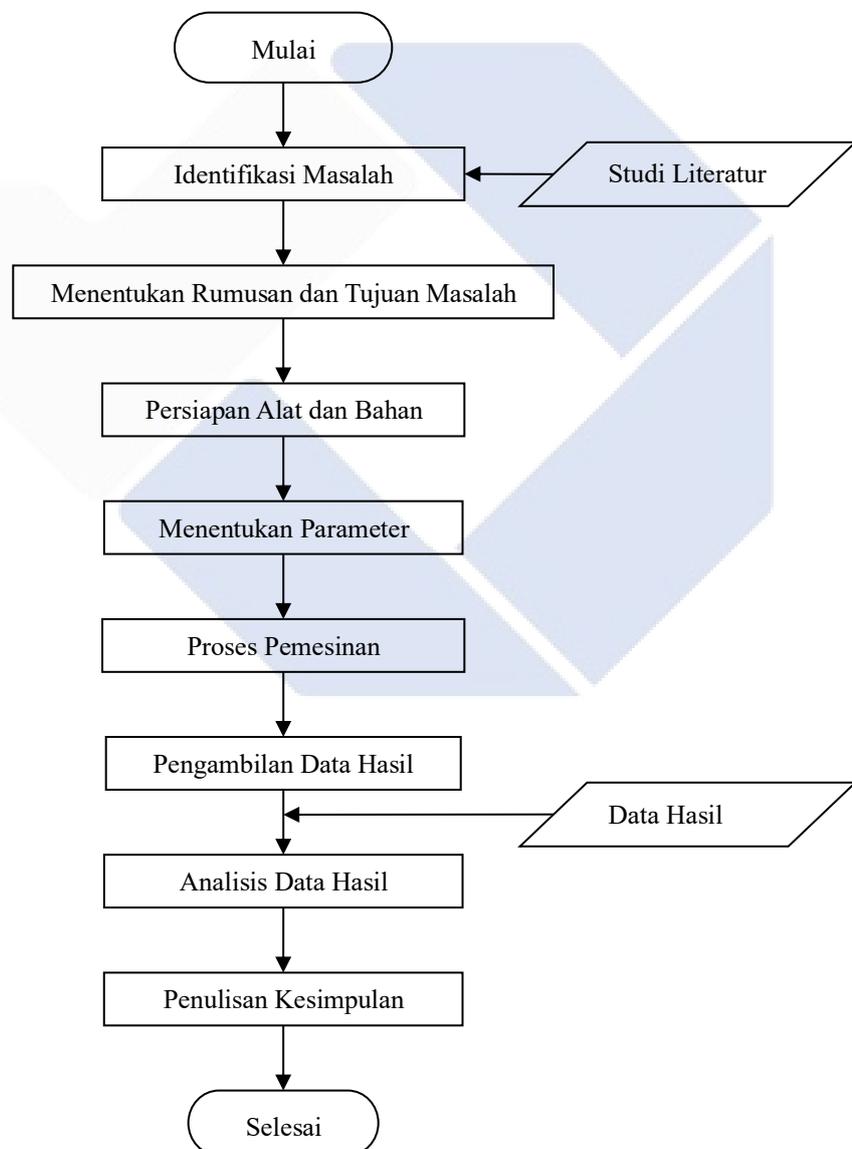
Metode eksperimen merupakan satu-satunya metode penelitian yang dianggap paling dapat menguji hipotesis hubungan sebab-akibat, atau paling dapat memenuhi validitas internal. Metode eksperimen merupakan rancangan penelitian yang memberikan pengujian hipotesis yang paling ketat dibanding jenis penelitian yang lain. Metode eksperimen merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap dampaknya kondisi yang terkendalikan [13].

## BAB III

### METODE PELAKSANAAN

#### 3.1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Metode pelaksanaan yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah dengan merancang kegiatan dalam bentuk diagram alir, bertujuan agar tindakan yang dilakukan lebih terarah dan terkontrol serta sebagai pedoman pelaksanaan proyek akhir agar target yang diharapkan dapat tercapai. Diagram alir pada proyek akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## **3.2. Rincian Penelitian**

Informasi lebih lanjut tentang metode pelaksanaan dijelaskan lebih terperinci pada bagian ini. Mencakup identifikasi masalah, menentukan rumusan masalah dan tujuan penelitian, persiapan alat dan bahan, menentukan parameter, proses pemesinan, pengambilan data hasil, analisis data hasil, dan penulisan laporan.

### **3.2.1. Identifikasi Masalah**

Suatu penelitian dapat dilakukan karena adanya suatu masalah ataupun fonema yang memiliki potensi untuk dipecahkan permasalahannya. Oleh karena itu, proses identifikasi masalah merupakan hal yang harus dilakukan pada awal proses penelitian yang mana untuk mengetahui masalah yang perlu diteliti dengan cara mengamati pokok permasalahan yang akan diteliti. Hal yang akan dilakukan pada proses penelitian ini adalah pengumpulan beberapa data yang berkaitan dengan permasalahan pokok yang akan diamati. Menambah wawasan mengenai masalah serupa yang pernah terjadi dengan cara mencari informasi data terkait dari penelitian sebelumnya, jurnal, buku, referensi lainnya serta survei terkait masalah yang akan diteliti akan mendukung identifikasi masalah sebelumnya. Sehingga tercapainya tujuan dari studi literatur dan observasi mesin yaitu mengetahui sebuah kondisi dan masalah yang akan dihadapi, serta penyusunan rencana kerja yang akan dihadapi dapat dilakukan.

### **3.2.2. Menentukan Rumusan dan Tujuan Masalah**

Menentukan rumusan masalah dan tujuan penelitian adalah langkah lanjutan dari identifikasi masalah. Rumusan masalah membantu mempersempit fokus studi, memberikan arah yang jelas, dan mengidentifikasi permasalahan yang akan diteliti. Di sisi lain, tujuan penelitian menjelaskan dengan rinci apa yang ingin dicapai melalui penelitian tersebut, mengapa penelitian ini penting, dan memberikan pedoman untuk menilai keberhasilan penelitian.

### **3.2.3. Persiapan Alat dan Bahan**

Persiapan alat dan bahan dalam penelitian melibatkan pemilihan, persiapan, dan perawatan alat serta bahan yang dibutuhkan. Ini termasuk memastikan bahwa

alat-alat berfungsi dengan baik, material siap digunakan, dan semuanya dalam kondisi terbaik agar penelitian berjalan lancar dan menghasilkan data yang akurat.

#### **A. Alat Penelitian**

Alat penelitian merujuk pada perangkat, instrumen, atau peralatan yang digunakan dalam melakukan penelitian. Berikut beberapa alat yang digunakan:

##### **1. Mesin Gergaji Potong**

Mesin gergaji potong yang digunakan adalah DO ALL Model C-916 yang berfungsi sebagai alat potong benda kerja menjadi spesimen pengujian. Pada Gambar 3.2 ditampilkan mesin ini.



Gambar 3.2 Mesin Gergaji Potong DOALL Model C-916

##### **2. Kikir**

Kikir digunakan untuk membersihkan bagian-bagian sisa potong pada spesimen uji. Ditampilkan kikir pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kikir

### 3. Mesin CNC Milling

Mesin CNC yang akan digunakan pada penelitian yaitu menggunakan mesin CNC Milling Lagun MC-750. Mesin ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 CNC Milling Lagun MC-750

Spesifikasi mesin CNC Milling dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin CNC Milling

<i>Factor</i>	<i>Keterangan</i>
<i>Manufacturer</i>	Lagun
<i>Model</i>	MC-750
<i>Year of Manufacture</i>	1997
<i>Axes (X-Y-Z)</i>	750x410x510 mm
<i>Table height form the floor</i>	750 mm
<i>Table dimensions</i>	900x400 mm
<i>Min/ max distance from spindle to table</i>	150-600 mm
<i>Distance between table centre and column</i>	195-605 mm
<i>Distance from centre axis to the column</i>	400 mm
<i>Max table weight</i>	450 kg
<i>Spindle cone</i>	MAS-403-BT 40
<i>Spindle speed</i>	60-6000 rpm
<i>Precision positioning</i>	+/- 0.005 mm
<i>Repeatability</i>	+/- 0.005 mm

### 4. Alat Potong CNC Milling

Mata potong yang digunakan dalam suatu penelitian ini adalah pahat *insert carbide* APMT113508 PDTR YG. *Cutting conditions* : P: Baja VC : 70-380 FZ : 0,15-0,25. Dapat dilihat pada Gambar 3.5 untuk *insert carbide* dan *holder*.



Gambar 3.5 *Insert Carbide* dan *Holder*

*Insert carbide* adalah sebuah mata potong yang digunakan untuk memotong bagian dari sebuah bidang benda kerja yang dibuang bagian-bagian tersebut sehingga sebagaimana diinginkan. Sedangkan, *holder* merupakan suatu alat yang digunakan untuk menahan mata potong supaya bisa melakukan pemotongan dan bisa melakukan pemotongan.

## 5. Micrometer

Alat ini menjadi alat uji kebulatan pada penelitian ini. *Micrometer* digunakan sebagai ganti penggunaan alat ukur kebulatan yaitu *roundness tester* untuk mengukur nilai kebulatan pada spesimen uji. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 ditampilkan *micrometer*.



Gambar 3.6 *Micrometer*

## B. Bahan Penelitian

Bahan penelitian merujuk pada semua materi atau subjek yang menjadi objek atau fokus penelitian. Berikut bahan yang digunakan dalam penelitian.

### 1. Benda Kerja

Baja S45C adalah bahan yang akan digunakan sebagai spesimen uji pada

penelitian ini. Secara umum, baja S45C adalah baja karbon sedang, persentase karbon dalam besi adalah 0,3% C – 0,59% C, titik didihnya 1550°C, titik lelehnya 2900°C, juga dikenal sebagai baja keras, banyak digunakan dalam tangki, Kapal, jembatan dan permesinan. Baja karbon sedang memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong [10]. Penggunaan bahan ini dikarenakan baja S45C merupakan bajayang sering digunakan sebagai bahan dalam pembuatan komponen-komponen mesin terkhusus komponen-komponen yang berpenampang bulat seperti poros, roda gigi dan lain sebagainya. Ukuran spesimen yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan Ø32 dan panjang 50 mm. Gambar spesimen uji baja S45C dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Spesimen Uji Baja S45C

## 2. Media Pendingin

Media pendingin adalah bahan atau cairan yang digunakan dalam proses pemotongan dan penggilingan untuk mendinginkan alat pemotong dan menghindari overheating. Untuk media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah dromus B. Dromus B adalah salah satu merek media pendingin yang digunakan dalam manufaktur untuk menjaga suhu dan kualitas alat pemotong.

### 3.2.4. Penentuan Parameter

Parameter adalah suatu elemen atau kondisi yang dapat diubah atau dimanipulasi oleh peneliti dalam suatu penelitian. Parameter ini memiliki potensi untuk mempengaruhi hasil atau respons yang diamati dalam rangka memahami hubungan antar parameter tersebut dalam konteks studi atau eksperimen. Penentuan

parameter merupakan proses pemilihan dan identifikasi masalah yang akan diteliti dalam suatu penelitian. Ini melibatkan pengenalan elemen-elemen atau aspek-aspek tertentu yang memiliki potensi untuk memengaruhi hasil penelitian. Penentuan parameter adalah langkah penting dalam merancang penelitian karena akan mempengaruhi bagaimana data dikumpulkan, analisis dilakukan, dan kesimpulan dihasilkan. Dalam Tabel 3.2 ditampilkan penentuan parameter bebas dan level yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3. 2 Penentuan Parameter Bebas dan Level

Kode	Parameter Bebas	Level	
		1	2
A	Kecepatan Potong ( <i>m/min</i> )	120	150
B	Kedalaman Pemakanan ( <i>mm</i> )	0,2	0,4
C	Pergerakan Pemakanan ( <i>G-Code</i> )	G02	G03

Rancangan parameter percobaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Rancangan Parameter Percobaan Penelitian

No	Parameter Proses			Nilai Kebulatan		
	Kecepatan Potong ( <i>Vc</i> )	Kedalaman Pemakanan ( <i>a</i> )	Pergerakan Pemakanan	<i>n</i>	Rep 1	Rep 2
1	120	0,2	G02	1.1.02	1.2.02	1.3.02
2	120	0,4	G02	2.1.02	2.2.02	2.3.02
3	150	0,2	G02	3.1.02	3.2.02	3.3.02
4	150	0,4	G02	4.1.02	4.2.02	4.3.02
5	120	0,2	G03	1.1.03	1.2.03	1.3.03
6	120	0,4	G03	2.1.03	2.2.03	2.3.03
7	150	0,2	G03	3.1.03	3.2.03	3.3.03
8	150	0,4	G03	4.1.03	4.2.03	4.3.03

### 3.2.5. Proses Pemesinan

Proses pemesinan untuk uji kebulatan atau uji metrologi gerak melingkar merupakan serangkaian langkah yang menitikberatkan pada pengujian akurasi dan kepresisian gerakan melingkar pada mesin *CNC milling*. Fokus utama adalah keakuratan pergerakan sumbu mesin dan alat potong untuk mencapai kebulatan yang diinginkan serta memastikan bahwa mesin mampu memproduksi gerakan melingkar sesuai dengan toleransi yang telah ditetapkan.

Dalam konteks penelitian ini, proses pemesinan ini dilakukan menggunakan mesin *CNC Milling* Lagun MC-750. Penggunaan mesin ini melibatkan persiapan 24 spesimen uji baja S45C berukuran Ø31,6 mm dan panjang 50 mm dengan pemakaian alat bantu seperti *handle chuck*, obeng, alat tulis, dan oli. Mata potong yang digunakan dalam proses *milling* adalah pahat *insert carbide* APMT1135. Pembuatan program *CNC Milling* dilakukan sebelum spesimen uji dipasang pada cekam untuk memastikan pemasangan yang kuat sebelum memulai proses pemotongan sesuai program yang telah dibuat. Proses pemakanan dilakukan secara berkala dengan pergerakan searah jarum jam pada 12 spesimen dan berlawanan arah jarum jam pada 12 spesimen lainnya. Setelah selesai, mesin CNC dimatikan, dan setiap spesimen uji diberi tanda nomor sebagai bukti telah melalui proses *milling*.

#### **3.2.6. Pengambilan Data Hasil**

Proses pengujian kebulatan pada spesimen hasil proses *CNC milling* dari mesin *CNC Milling* Lagun MC-750 akan dilakukan dengan cermat. Langkah pertama adalah mempersiapkan alat-alat yang diperlukan, seperti *micrometer* dengan tingkat kecermatan 1 µm. Setelah itu, diperlukan persiapan alat bantu untuk menandai titik dan posisi sudut pada spesimen uji.

Hasil dari pengujian kebulatan kemudian dicatat dengan cermat juga dokumentasi saat pengujian, dan informasi mengenai posisi serta titik pengujian dicatat menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk memudahkan analisis lebih lanjut.

#### **3.2.7. Analisis Data Hasil**

Pengumpulan, pengolahan, perhitungan, sampai penyajian data dilakukan pada bagian ini. Penyajian data sesuai dengan tata letak yang telah ditetapkan pada penelitian ini. Penyajian data yang berupa perhitungan, interpretasi hasil penelitian dalam bentuk tabel dan diagram dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Analisis kebulatan data dilakukan untuk mengetahui penyimpangan geometrik pada mesin melalui benda kerja yang dihasilkan dan mengetahui toleransi kemampuan mesin dalam memproses benda kerja menggunakan *CNC Milling* Lagun MC-750.

### **3.2.8. Penulisan Kesimpulan**

Penulisan kesimpulan merujuk pada hasil akhir penelitian. Dengan menyusun secara sistematis dan terstruktur serta berisi informasi. Tujuan utama penulisan kesimpulan ini adalah untuk menyampaikan informasi kepada pembaca tentang jawaban dari tujuan masalah yang telah didapatkan.



## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Proses Pemesinan

Proses pemesinan ini adalah serangkaian langkah untuk mengetahui penyimpangan geometri kebulatan pemotongan gerakan melingkar searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam pada mesin CNC *Milling* Lagun MC-750. Tahapan ini berfokus pada toleransi mesin untuk mencapai kebulatan yang diinginkan serta memastikan bahwa hasil produksi sesuai dengan toleransi yang telah ditetapkan. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 saat proses pemesinan dilakukan.



Gambar 4.1 Proses Pemesinan

Langkah-langkah proses pemesinan ini adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan spesimen dengan material baja S45C dengan ukuran  $\text{Ø}31,6$  mm dan panjang 50 mm sebanyak 24 buah.
2. Mempersiapkan alat *handlechuck*, obeng, alat tulis, dan oli.
3. Mempersiapkan mata pahat *insert carbide* APMT1135.
4. Membuat program CNC sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan.
5. Memasang spesimen uji pada cekam.
6. Memasang alat potong pada *tool holder* mesin CNC.
7. Menyalakan mesin CNC.
8. Lakukan proses *milling* dengan pergerakan G02 pada 12 spesimen dan pergerakan G03 terhadap 12 spesimen lainnya.
9. Matikan mesin CNC *milling* ketika telah selesai melalui proses.
10. Berikan tanda nomor pada spesimen uji yang telah diproses.

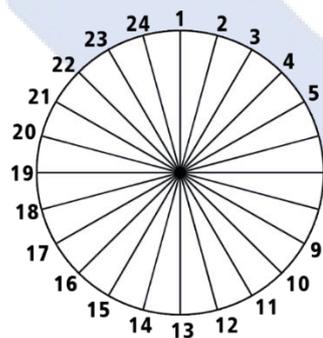
## 4.2 Pengambilan Data Hasil

Dari proses pemesinan yang telah dilakukan sebelumnya, akan dilanjutkan dengan proses pengambilan data hasil. Pengambilan data hasil ini bertujuan untuk mengetahui hasil geometrik kebulatan dari spesimen. Alat yang digunakan adalah *micrometer* dengan ketelitian  $1\mu\text{m}$ . Pada Gambar 4.2 ditampilkan proses saat pengambilan data hasil.



Gambar 4.2 Proses Pengambilan Data Hasil

Sebelum pengambilan data, spesimen diberikan tanda berupa garis pada setiap derajat  $15^\circ$  dan diperlukan form pengujian spesimen. Gambar tanda garis ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Tanda Garis Setiap  $15^\circ$

Adapun langkah-langkah untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Siapkan alat-alat yang digunakan untuk proses pengujian kebulatan, yaitu *micrometer* ketelitian  $1\mu\text{m}$ .
2. Siapkan alat bantu yang akan digunakan dalam pembuatan tanda garis, yaitu lem, alat tulis, penggaris, dan kertas.

3. Berikan tanda garis pada spesimen dengan setiap sudut  $15^\circ$ .
4. Lakukan kalibrasi *micrometer* sebelum digunakan.
5. Letakan spesimen di atas meja yang telah disiapkan.
6. Lakukan pengukuran dengan *micrometer* pada permukaan spesimen.
7. Tuliskan hasil pengukuran pada form pengujian.

#### **4.3 Analisis Data Hasil**

Setelah dilakukan proses pemesinan dan pengambilan data, selanjutnya menganalisis data dari hasil seluruh spesimen. Seluruh hasil data yang didapatkan akan dimasukkan ke dalam *software* analisis yaitu Microsoft Excel. Data-data disusun ke dalam tabel dan diagram polar untuk mengetahui diameter tertinggi dan terendah. Tabel 4.1 sampai 4.8 menampilkan hasil uji pada mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 yang dapat dilihat pada halaman berikutnya.

## Pergerakan Pemakanan Searah Jarum Jam (G02)

### Proses 1 – G02

Kecepatan Potong (Vc) : 120 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,2 mm

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Proses 1 – G02

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
1.1.02	30,312	30,454	30,228	30,208	30,205	30,314	30,318	30,318	30,292	30,296	30,312	30,312
1.2.02	30,227	30,208	30,205	30,314	30,313	30,318	30,312	30,454	30,292	30,314	30,313	30,312
1.3.02	30,222	30,512	30,228	30,208	30,314	30,313	30,318	30,455	30,810	30,315	30,312	30,312

### Proses 2 – G02

Kecepatan Potong (Vc) : 120 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,4 mm

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Proses 2 – G02

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
2.1.02	30,492	30,487	30,474	30,452	30,441	30,205	30,314	30,296	30,378	30,366	30,376	30,018
2.2.02	30,492	30,487	30,475	30,452	30,441	30,313	30,318	30,314	30,379	30,367	30,376	30,030
2.3.02	30,492	30,487	30,474	30,452	30,441	30,314	30,313	30,315	30,392	30,363	30,376	30,018

### Proses 3 – G02

Kecepatan Potong (Vc) : 150 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,2 mm

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Proses 3 – G02

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
3.1.02	30,242	30,346	30,337	30,349	30,343	30,333	30,379	30,302	30,285	30,275	30,253	30,247
3.2.02	30,243	30,346	30,337	30,349	30,343	30,332	30,377	30,304	30,286	30,274	30,253	30,247
3.3.02	30,243	30,344	30,336	30,349	30,344	30,332	30,379	30,304	30,286	30,274	30,253	30,247

### Proses 4 – G02

Kecepatan Potong (Vc) : 150 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,4

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Proses 4 – G02

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
4.1.02	30,293	30,455	30,423	30,473	30,483	30,467	30,443	30,064	30,375	30,364	30,343	30,295
4.2.02	30,293	30,455	30,423	30,475	30,484	30,466	30,443	30,066	30,375	30,364	30,345	30,306
4.3.02	30,301	30,456	30,433	30,475	30,484	30,467	30,443	30,064	30,375	30,364	30,343	30,296

### Pergerakan Pemakanan Berlawanan Arah Jarum Jam (G03)

#### Proses 1 – G03

Kecepatan Potong (Vc) : 120 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,2 mm

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Proses 1 – G03

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
1.1.03	30,313	30,454	30,228	30,205	30,205	30,313	30,318	30,318	30,292	30,297	30,312	30,313
1.2.03	30,313	30,454	30,226	30,205	30,205	30,313	30,514	30,318	30,292	30,296	30,313	30,313
1.3.03	30,314	30,455	30,228	30,208	30,205	30,314	30,313	30,318	30,292	30,297	30,312	30,312

#### Proses 2 – G03

Kecepatan Potong (Vc) : 120 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,4 mm

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Proses 2 – G03

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
2.1.03	30,408	30,407	30,407	30,412	30,411	30,388	30,432	30,446	30,444	30,473	30,032	30,016
2.2.03	30,407	30,407	30,407	30,410	30,411	30,387	30,432	30,446	30,445	30,473	30,032	30,016
2.3.03	30,407	30,407	30,407	30,412	30,410	30,386	30,432	30,448	30,446	30,473	30,033	30,016

### Proses 3 – G03

Kecepatan Potong (Vc) : 150 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,2

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Proses 3 – G03

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
3.1.03	30,217	30,217	30,252	30,335	30,308	30,285	30,335	30,332	30,325	30,324	30,176	30,182
3.2.03	30,218	30,218	30,252	30,335	30,308	30,285	30,335	30,332	30,325	30,325	30,178	30,182
3.3.03	30,218	30,218	30,252	30,335	30,308	30,285	30,333	30,332	30,335	30,324	30,178	30,182

### Proses 4 – G03

Kecepatan Potong (Vc) : 150 m/min

Kedalaman Pemakanan (a) : 0,4

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Proses 4 – G03

Rep	Hasil Pengukuran (mm)											
	Titik 01	Titik 02	Titik 03	Titik 04	Titik 05	Titik 06	Titik 07	Titik 08	Titik 09	Titik 10	Titik 11	Titik 12
4.1.03	31,273	31,275	31,273	31,315	31,356	31,446	31,316	31,311	31,336	31,335	31,366	31,376
4.2.02	30,273	30,386	30,393	30,441	30,456	30,341	30,383	30,296	30,384	30,324	30,354	30,358
4.3.02	30,463	30,496	30,497	30,482	30,006	30,016	30,045	30,391	30,406	30,402	30,436	30,458

Dari data-data sebelumnya akan dilanjutkan analisis mencari nilai profil diameter tertinggi dan terendah pada seluruh spesimen uji. Analisis ini menggunakan MZC (*Minimum Zone Circle*) dengan bantuan *software* Microsoft Excel. Berikut rumus MZC yang akan digunakan.

$$MZC = R_{maks} - R_{min} \quad (2.3)$$

Di mana:

$R_{maks}$  = Jari-jari maksimum (mm)

$R_{min}$  = Jari-jari minimum (mm)

(Sumber: Muhammad Yanis, 2010)

Terdapat dua hasil analisis MZC pergerakan searah jarum jam (G02) dan berlawanan arah arah jarum jam (G03). Untuk hasil pergerakan searah jarum jam ditampilkan pada Tabel 4.9, sedangkan yang berlawan arah jarum jam ditampilkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Nilai Hasil Analisis MZC Searah Jarum Jam - G02

Replikasi	MAX (mm)	MIN (mm)	MZC (mm)
1.1.02	15,227	15,102	125
1.2.02	15,227	15,102	125
1.3.02	15,405	15,104	301
2.1.02	15,246	15,009	237
2.2.02	15,246	15,015	231
2.3.02	15,246	15,009	237
3.1.02	15,189	15,121	68
3.2.02	15,188	15,121	67
3.3.02	15,189	15,121	68
4.1.02	15,241	15,032	209
4.2.02	15,242	15,033	209
4.3.02	15,242	15,032	210

Tabel 4.10 Nilai Hasil Analisis MZC Berlawanan Arah Jarum Jam - G03

Replikasi	MAX (mm)	MIN (mm)	MZC (mm)
1.1.03	15,227	15,103	124
1.2.03	15,257	15,102	155
1.3.03	15,227	15,102	125
2.1.03	15,236	15,008	228
2.2.03	15,236	15,008	228
2.3.03	15,236	15,008	228
3.1.03	15,168	15,088	80
3.2.03	15,168	15,089	79
3.3.03	15,168	15,089	79
4.1.03	15,723	15,636	87
4.2.03	15,228	15,136	92
4.3.03	15,248	15,003	245

Data keseluruhan diketahui dari pengukuran nilai kebulatan sampai analisis spesimen uji yang menggunakan metode MZC (*Minimum Zone Circle*). Pada proses pemesinan menggunakan mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 dengan parameter kedalaman potong ( $a$ ), kecepatan potong ( $V_c$ ), dan gerak pemakanan searah jarum jam (G02) dan berlawanan arah jarum jam (G03). Didapatkan nilai rata-rata untuk ketidakbulatan gerakan pemakanan searah jarum jam (G02) 301 mm, sedangkan gerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam (G03) adalah 245 mm.

Untuk menentukan kelayakan hasil proses pemesinan dari mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 diperlukan nilai kualitas toleransi. Menurut ISO 286-1 terdapat 18 tingkatan kualitas toleransi, yaitu IT 01, IT 0, IT 1 sampai dengan IT 16. IT 01 sampai IT 4 diperuntukkan pekerjaan yang sangat teliti, seperti alat ukur, instrumen-instrumen optic, dan lainnya. Tingkat IT 5 sampai IT 11 dipakai dalam bidang pemesinan umum dan untuk bagian-bagian mampu tukar yang dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti juga pekerjaan biasa. Tingkat IT 12 sampai IT 16 dipakai untuk pekerjaan kasar.

Dapat disimpulkan dari hasil nilai rata-rata ketidakbulatan untuk diameter spesimen  $\varnothing 31,6$  mm dengan gerakan pemakanan searah jarum jam (G02) 301mm, sedangkan gerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam (G03) adalah 245 mm. Nilai 301 mm masuk ke dalam IT 12 dan 245 mm masuk ke dalam IT 11. Jadi mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 masih layak untuk memproses benda kerja dengan pergerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam, sedangkan untuk pergerakan pemakanan searah jarum jam tidak layak.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dalam uji metrologi gerak melingkar pada mesin CNC *Milling* di Bengkel Mekanik Polmanbabel, didapatkan hasil analisis secara tingkatan kualitas toleransi. Pergerakan pemakanan searah jarum jam (G02) tercatat nilai penyimpangan sebesar 301 mm pada IT 12, sementara pergerakan berlawanan arah jarum jam (G03) tercatat 245 mm pada IT 11. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin tidak layak digunakan dengan pergerakan pemakanan searah jarum jam, tetapi masih layak jika dengan pergerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam. Hal ini dikarenakan IT 12 sampai IT 16 dipakai untuk pekerjaan kasar dan Tingkat IT 5 sampai IT 11 dipakai dalam bidang pemesinan umum dan untuk bagian-bagian mampu tukar yang dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti juga pekerjaan biasa. Dengan demikian, mesin ini dapat diandalkan untuk memproduksi benda kerja dengan pergerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam, serta masih masuk ukuran yang sesuai standar ISO 286-1, meskipun telah berusia dan sering digunakan untuk proses pembelajaran serta produksi suku cadang.

#### **5.2 Saran**

Dalam uji metrologi gerak melingkar pada mesin CNC *Milling* di Bengkel Mekanik Polmanbabel ini memerlukan saran yang membangun untuk pengembangan ke depannya. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode lainnya guna memperoleh hasil yang lebih optimal. Selain itu, dapat menggunakan material yang lebih bervariasi. Terakhir, sangat penting untuk melakukan perawatan secara rutin pada mesin CNC *Milling* di Bengkel Mekanik Polmanbabel yang berguna untuk mengurangi penyimpangan berlebih.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif Wicaksana dan Tahar Rachman, *Revolusi Industri 4.0 Perspektif Teknologi, Manajemen, dan Edukasi Penggunaan Prosthetic*, vol. 3, no. 1. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2018.
- [2] Taufik Rochim, *Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik 2*. Bandung: Ganesha, 2006.
- [3] Krisnal Tolosi, Rudy Poeng, dan Romels Lumintang, “Analisis Ketelitian Geometrik Mesin Frais Horizontal Kunzmann UF6N,” *Universitas Sam Ratulangi*, vol. 1, no. 1, p. 2, 2015.
- [4] Agung Suseno, “Analisis Variasi Metode Pendinginan Milling CNC Tipe VMC-L-540 Pada Kekasaran Permukaan S45C Dengan Metode Taguchi,” Universitas Jember, 2016.
- [5] Isya Prakoso, “Analisa Pengaruh Kecepatan Feeding Terhadap Kekasaran Permukaan Draw Bar Mesin Milling Aciera dengan Proses CNC Turning,” *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, vol. 3, no. 3, pp. 1–6, 2014.
- [6] Dhanu Widhiantoro, “Pengaruh *Spindle Speed* dan *Feed Rate* terhadap Kekasaran Permukaan AL 6061 Melalui Proses CNC Milling Sinumeric Type 802S,” Universitas Negeri Semarang, 2017.
- [7] Muhammad Nahak, “*Analysis of Tool Life During Turning Operation by Determining Optimal Process Parameters*,” *Jurnal Chemical Information and Modelling*, vol. 53, no. 9, pp. 21–25, 2017.
- [8] Kurniawan Suharyadi dan Mochamad Arif Irfa'i, “Pengaruh Jumlah Mata Sayat *End Mill Cutter* Menggunakan Kode Program G 02 dan G 03 Terhadap Kerataan Alumunium 6061 Pada Mesin CNC TU-3A,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol.3, pp. 293–298, 2014.

- [9] Ridwan Redi Putra, Sarjito Jokosisworo, dan Ari Wibawa Budi, “Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja ST 60 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (*Propeller Shaft*) setelah Proses Tempering,” *Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 368–374, 2020.
- [10] Gusti Rusydi Furqon dan Muhammad Firman, “Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda,” *Jurnal Ilmu Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [11] Pranowo Sidi dan Muhammad Thoriq Wahyudi, “Aplikasi Metoda Taguchi Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut CNC,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 101–108, 2013.
- [12] Muhammad Yanis, “Analisis Profil Kebulatan Untuk Menentukan Kesalahan Geometrik Pada Pembuatan Komponen Menggunakan Mesin Bubut CNC,” *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, vol. 19, no. 1, 2010.
- [13] Amat Jaedun, Nuryadin Eko Rahardjo, Faqih Ma'arif, dan V. Lilik Haryanto, “*Implementing Multimedia-Based Integrated Learning of Concrete Construction and Entrepreneurship to Improve the Students' Entrepreneurial Spirit*,” *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 26, no. 1, 2020.



# **LAMPIRAN 1**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### Data Pribadi

Nama Lengkap : Muthiara Syahbilla  
Tempat Tanggal Lahir : Sungailiat, 18 Agustus 2002  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Air Pengabis, Jalan Mentawai,  
Air Ruay, Pemali, Bangka,  
Kepulauan Bangka Belitung  
HP : +62 882 8625 0765



### Riwayat Pendidikan

SD Negeri 9 Pemali  
SMP Negeri 1 Sungailiat  
MA Negeri 1 Bangka  
Polman Negeri Bangka Belitung

### Pengalaman Organisasi

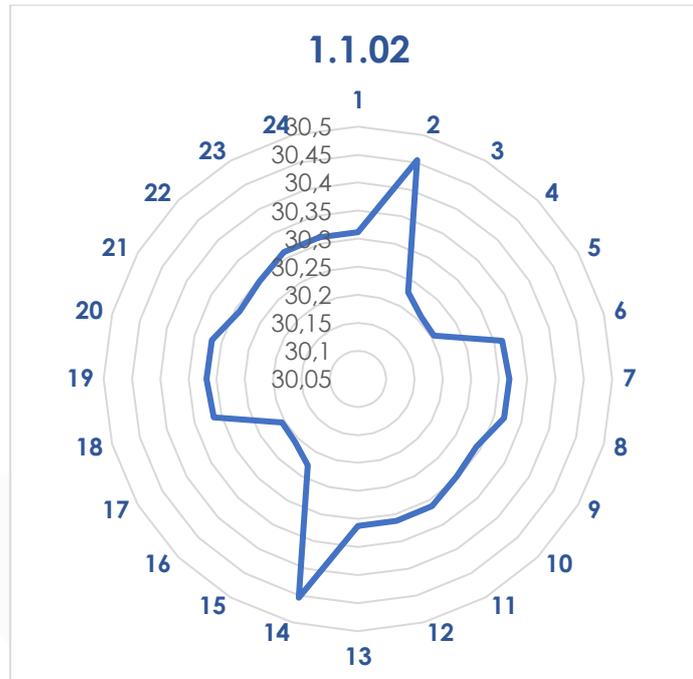
Sekretaris - Himunan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Periode 2021-2022



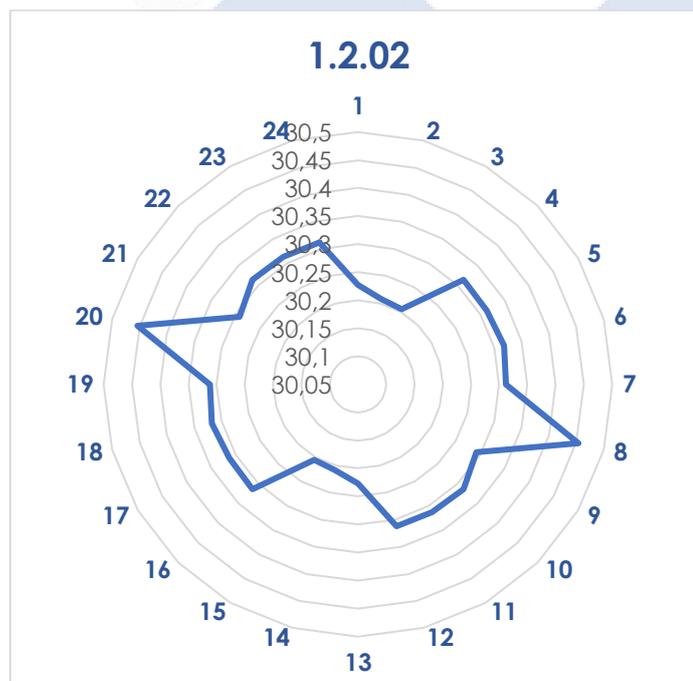
**LAMPIRAN 2**

## DIAGRAM POLAR HASIL PENGUJIAN

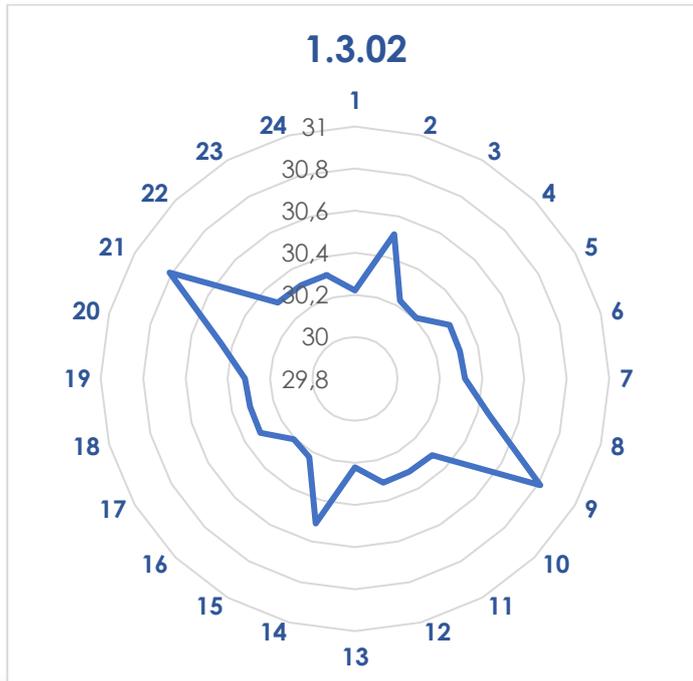
Ditampilkan diagram polar hasil pengujian dengan pergerakan pemakanan searah jarum jam (G02).



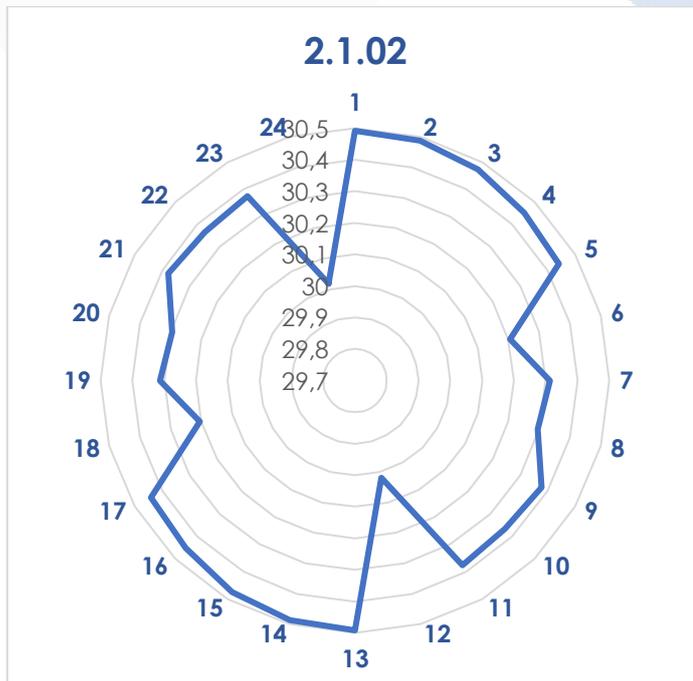
Grafik Polar Pengukuran 1.1.02



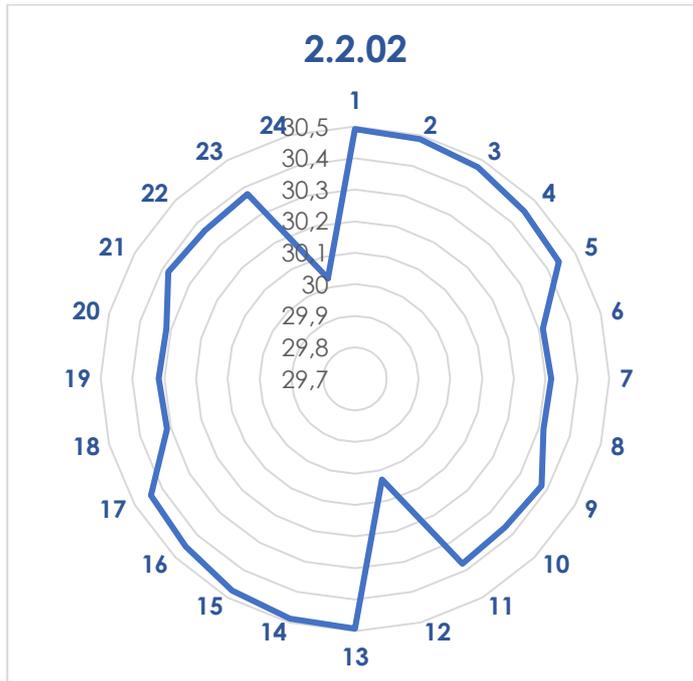
Grafik Polar Pengukuran 1.2.02



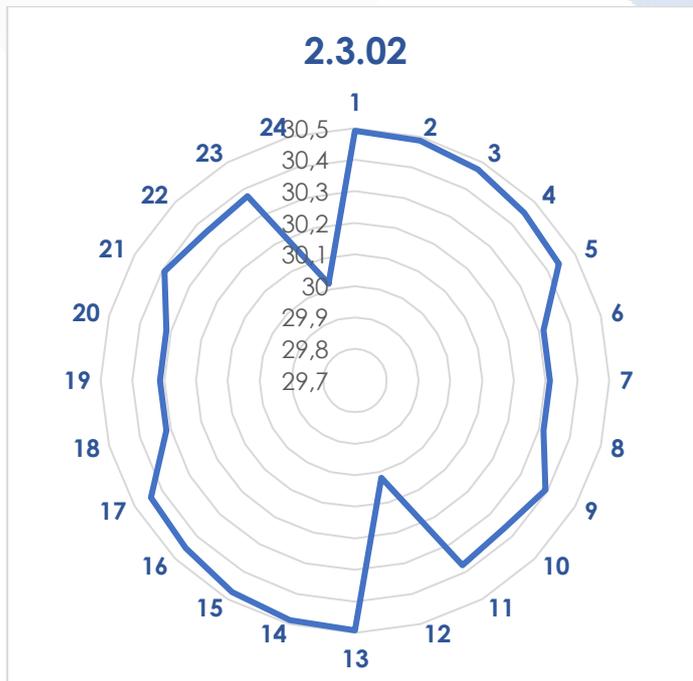
Grafik Polar Pengukuran 1.3.02



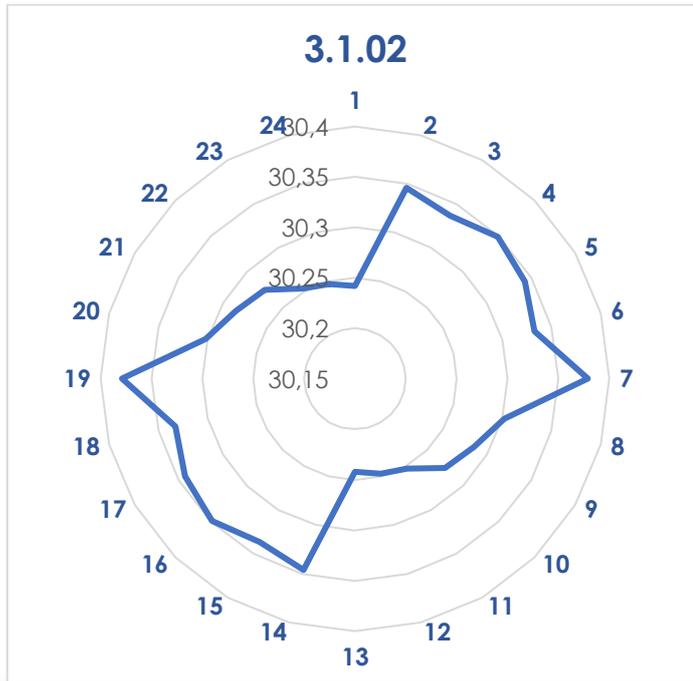
Grafik Polar Pengukuran 2.1.02



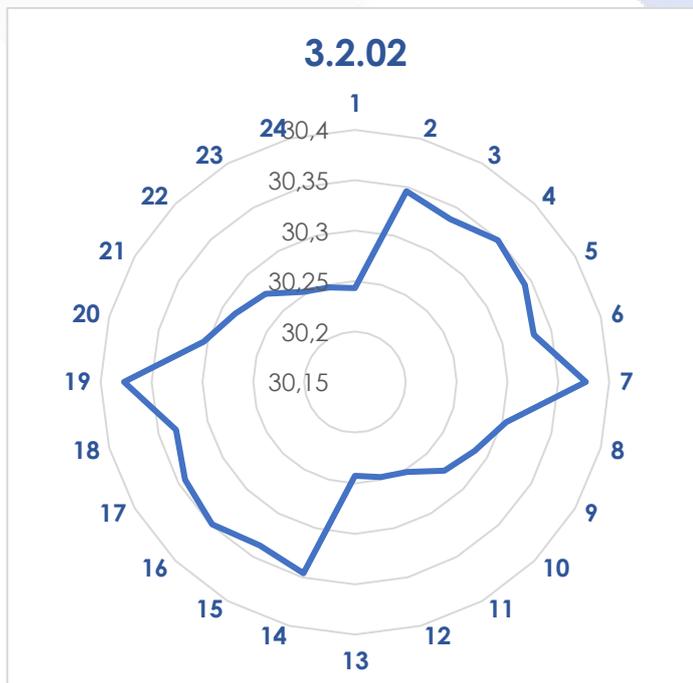
Grafik Polar Pengukuran 2.2.02



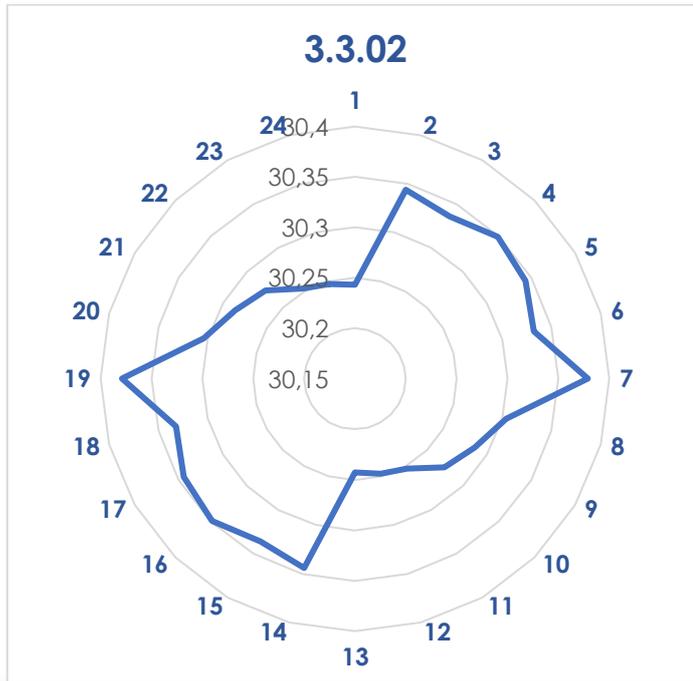
Grafik Polar Pengukuran 2.3.02



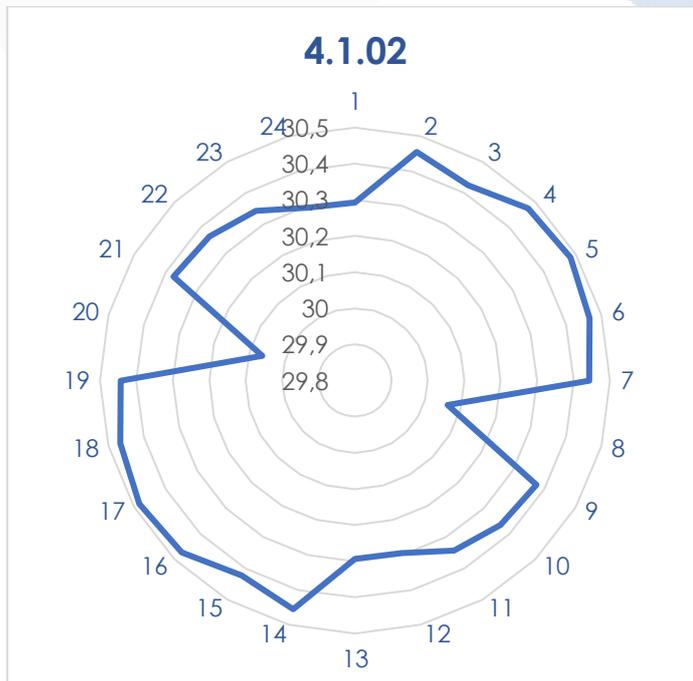
Grafik Polar Pengukuran 3.1.02



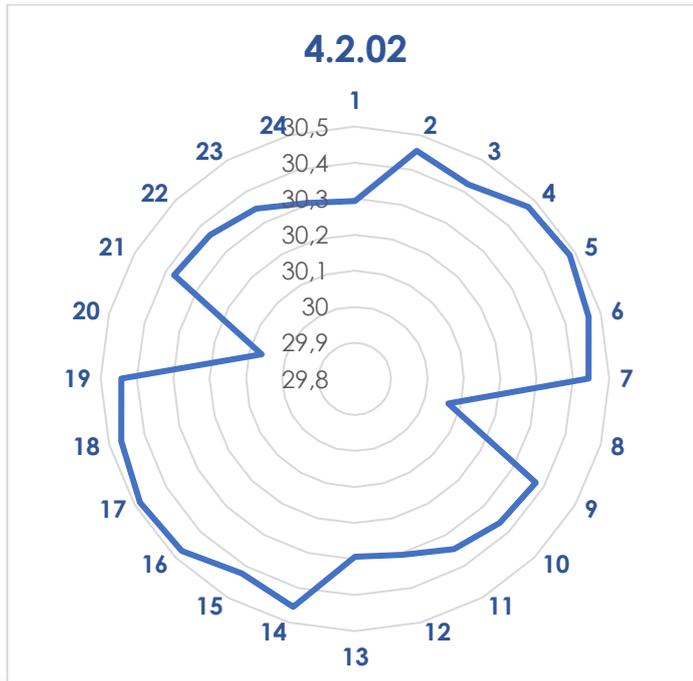
Grafik Polar Pengukuran 3.2.02



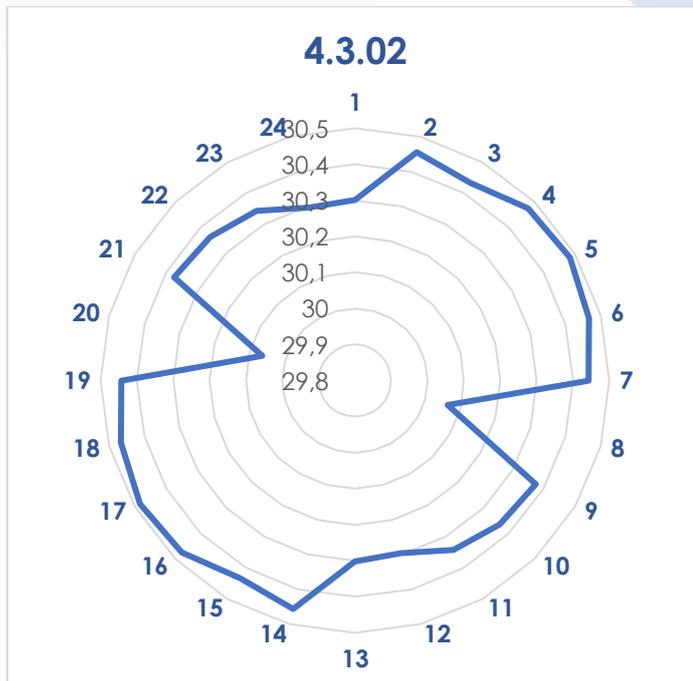
Grafik Polar Pengukuran 3.3.02



Grafik Polar Pengukuran 4.1.02

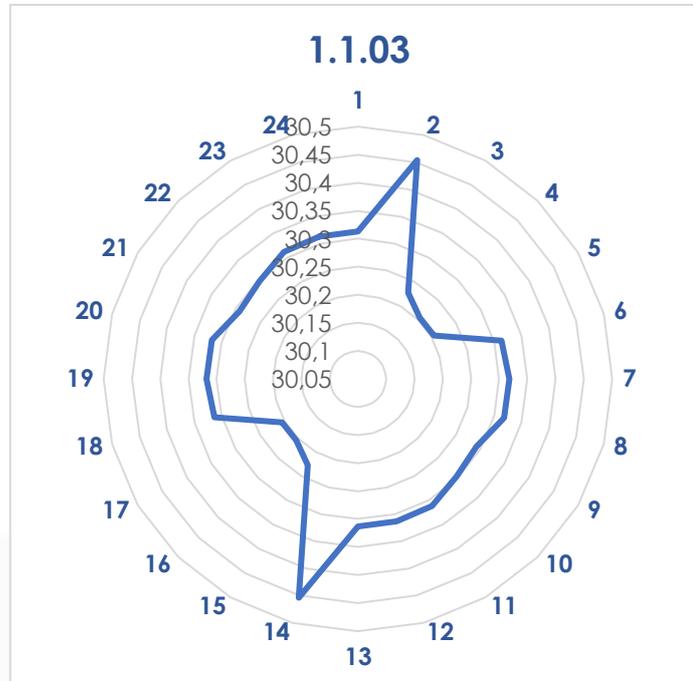


Grafik Polar Pengukuran 4.2.02

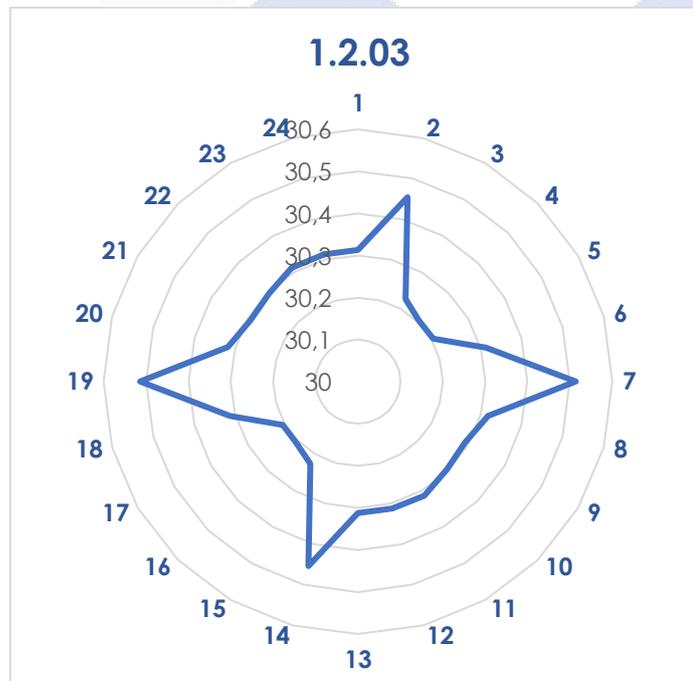


Grafik Polar Pengukuran 4.3.02

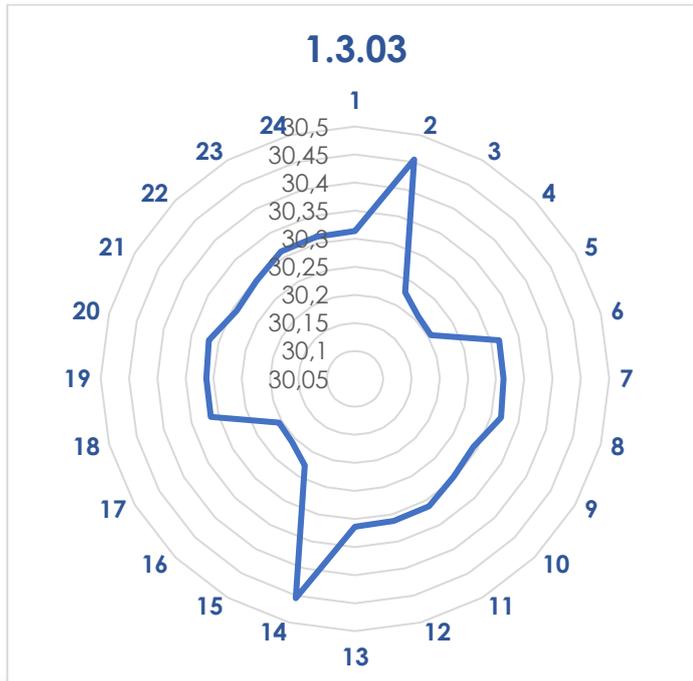
Ditampilkan diagram polar hasil pengujian dengan pergerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam (G03).



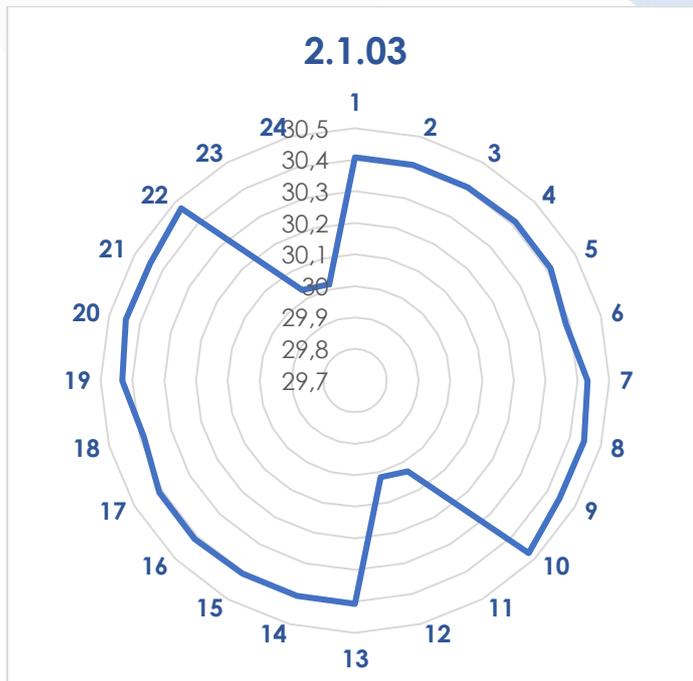
Grafik Polar Pengukuran 1.1.03



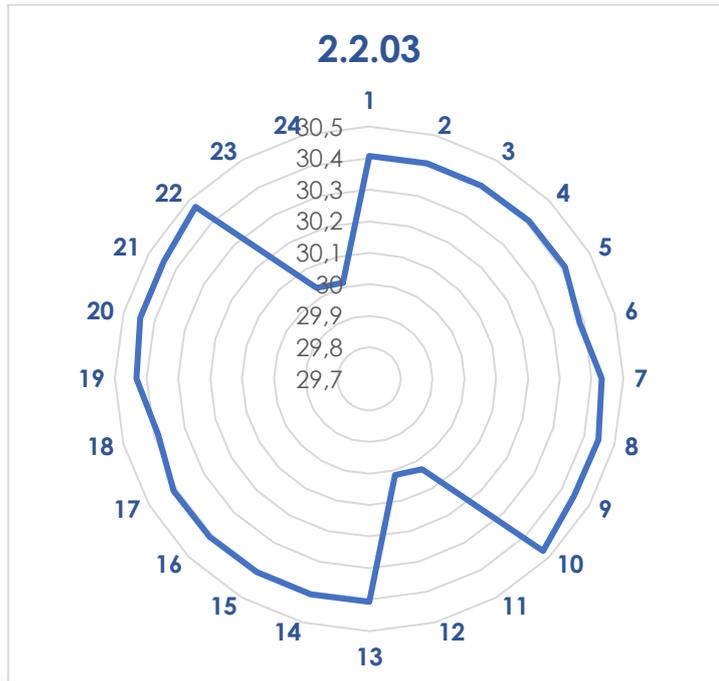
Grafik Polar Pengukuran 1.2.03



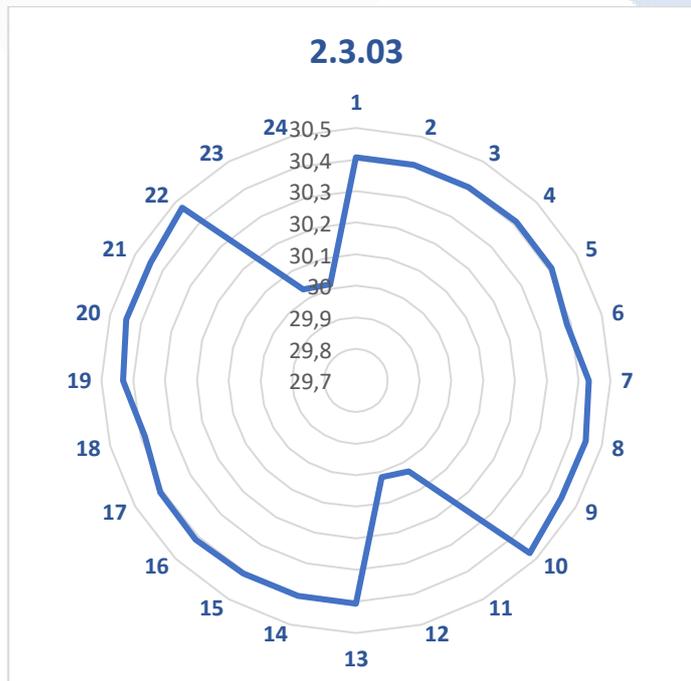
Grafik Polar Pengukuran 1.3.03



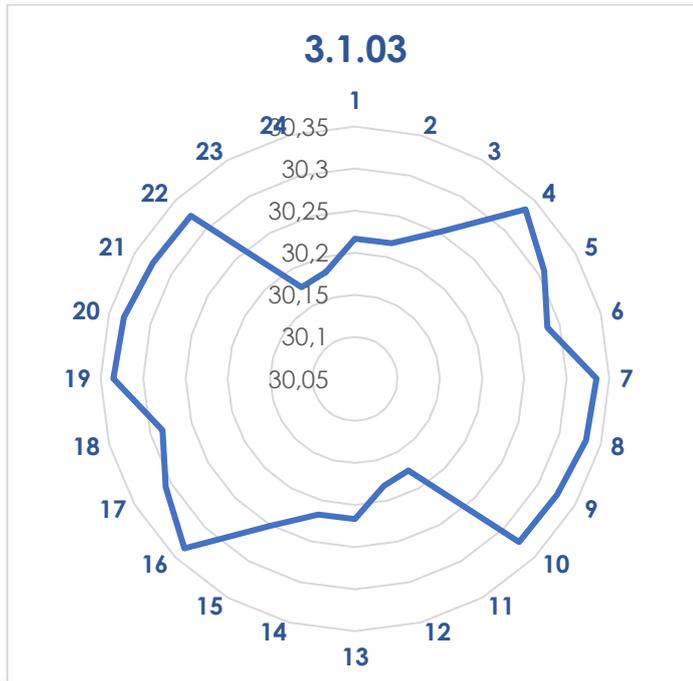
Grafik Polar Pengukuran 2.1.03



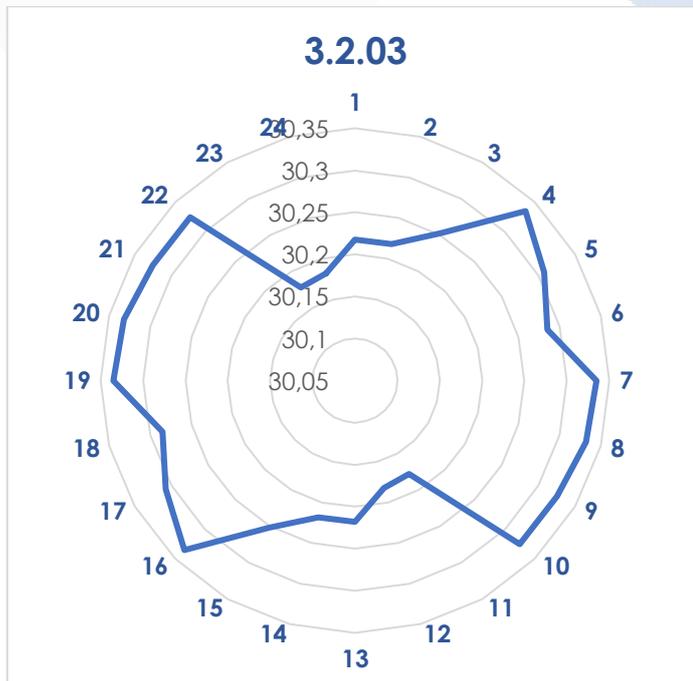
Grafik Polar Pengukuran 2.2.03



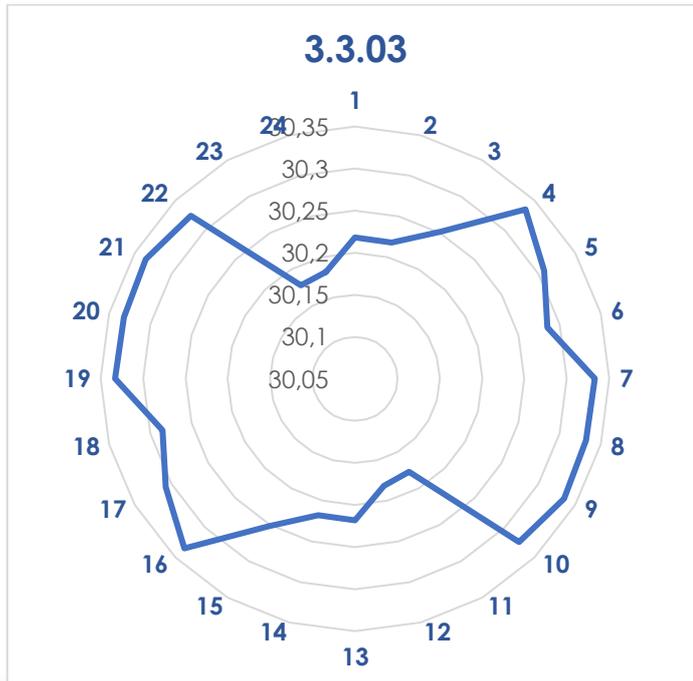
Grafik Polar Pengukuran 2.3.03



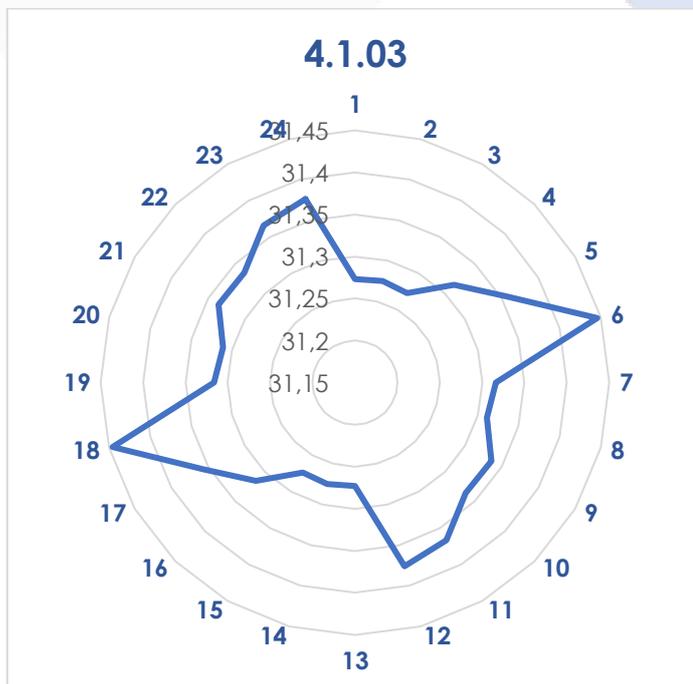
Grafik Polar Pengukuran 3.1.03



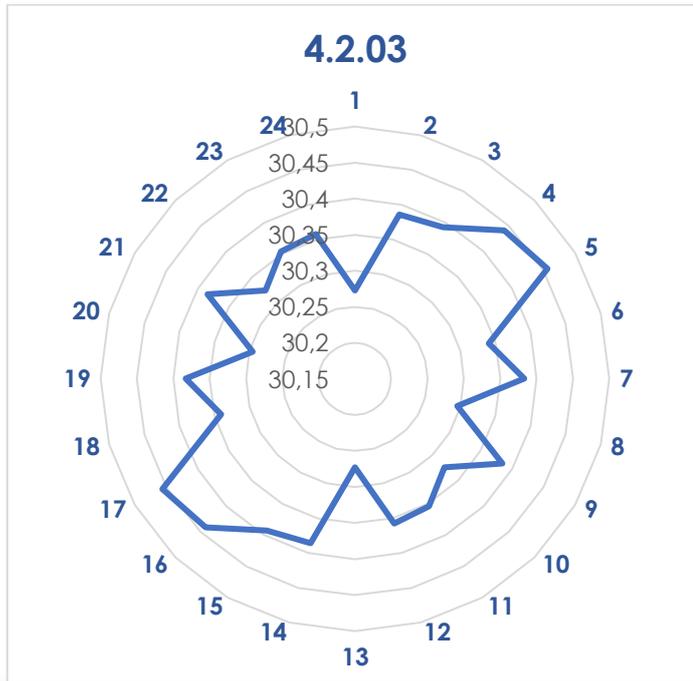
Grafik Polar Pengukuran 3.2.03



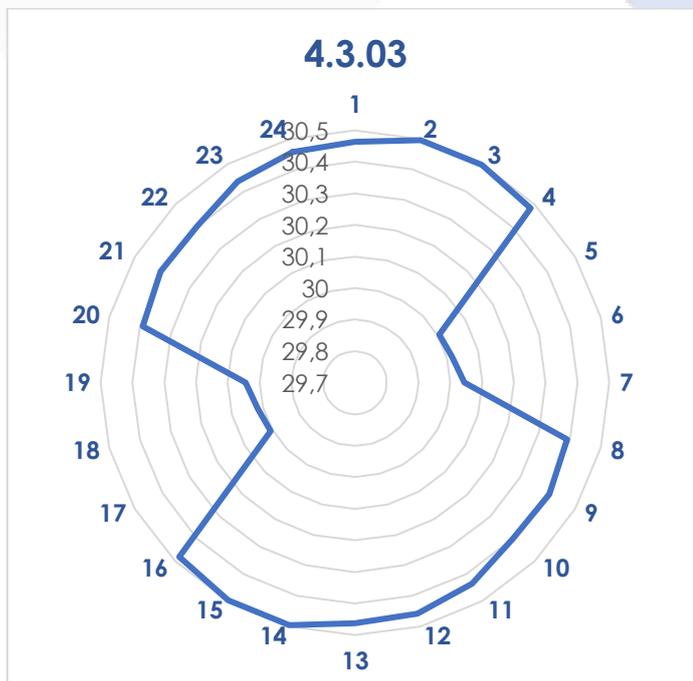
Grafik Polar Pengukuran 3.3.03



Grafik Polar Pengukuran 4.1.03



Grafik Polar Pengukuran 4.2.03



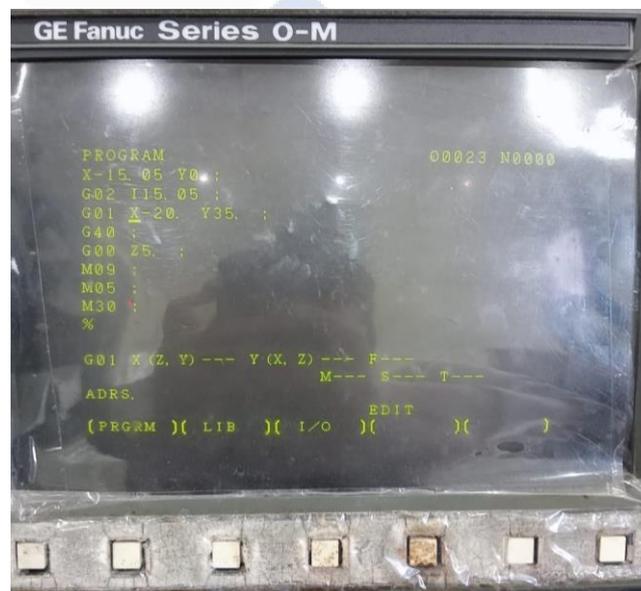
Grafik Polar Pengukuran 4.3.03



# **LAMPIRAN 3**

## DAFTAR G-CODE

### G-CODE Pergerakan Searah Jarum Jam (G02)



## G-CODE Pergerakan Berlawanan Jarum Jam (G03)





**LAMPIRAN 4**





# **LAMPIRAN 5**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul:

UJI METROLOGI GERAK MELINGKAR PADA MESIN CNC MILLING DI  
BENGKEL MEKANIK POLMANBABEL

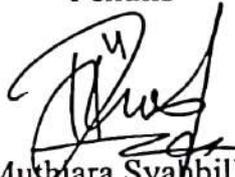
Oleh:

1. Muthiara Syahbilla/ NPM 1042020

Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan *hardcopy*.  
Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 30 Januari 2024

Penulis



Muthiara Syahbilla

Mengetahui,

Pembimbing 1



Husman, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2

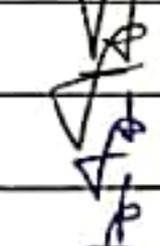
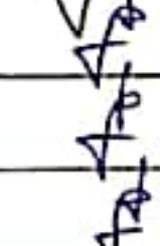
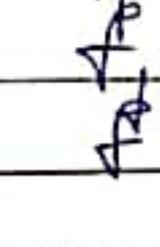
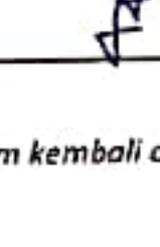


Erwansyah, S.S.T., M.T.



**LAMPIRAN 6**

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2023..2024		
JUDUL	UJI METROLOGI GERAK MELINGKAR PADA MESIN CNC MILUNG DI BENSREL KERAMIK POLIMANBISSEL		
Nama Mahasiswa	MUTHIARA SYAHRELLA NIRM: 104 2020		
Nama Pembimbing	1. <u>Husman, S.S.T., M.T.</u> 2. <u>Erumayuh, S.S.T., M.T.</u> 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	09/05 2023	-Evaluasi daftar fitur -Membahas metode yg digunakan -Menentukan ukuran benda kerja	
2	22/06 2023	-Evaluasi bab 1-3 -membahas metode faktorial 2 <sup>k</sup> -Menentukan parameter proses	
3	05/07 2023	-Menentukan jumlah spesimen uji -Pengecekan Pada BAB 1 - 3	
4	07/2023 07	- Parameter Proses - Pahat Insert Carbide	
5	12/2023 09	- Parameter bebas - Parameter kontrol - Insert Carbide AMT 1135	
6	18/2023 09	- Parameter bebas - Variasi	
7	13/2023 10	- Program mesin CNC Milling/ bubut - Tabel percobaan - Masalah bab 1 - 3	
8	31/2023 10	- Cara mengambil data	
9	09/2023 1	- Proses Pemrosesan / Finishing	
10	4/2023 1	- Proses pemrosesan CNC	

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

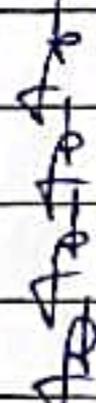
FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2023./2024		
JUDUL	Uji Metrologi Gerak Melingkar Pada Mesin CNC Milling di Bengkel Mekanik Polmanbabel		
Nama Mahasiswa	Mutiara Syahbilla NIRM: 1042020		
Nama Pembimbing	1. <u>Husman, S.S.T., M.T.</u> 2. <u>Erwansyah, S.S.T., M.T.</u> 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	05/07/2023	- Menentukan parameter proses - pengecekan laporan Bab 1-3	<i>[Signature]</i> Erwansyah
2	07/07/2023	- pengecekan laporan Bab 1-3 - Mata Potong CNC Milling	<i>[Signature]</i>
3	10/07/2023	- pengecekan masalah bab 1-3	<i>[Signature]</i>
4	13/10/2023	- pengecekan masalah bab 1-3	<i>[Signature]</i>
5	15/10/2023	- Masalah bab 1-3	<i>[Signature]</i>
6	16/10/2023	- Jumlah Sampel	<i>[Signature]</i>
7	20/11/2023	- Cara Mengambil data Sampel	<i>[Signature]</i>
8	23/11/2023	- Penggundah data ukur untuk mengambil data	<i>[Signature]</i>
9	01/11/2023	- Pengolahan data di excel	<i>[Signature]</i>
10	02/11/2023	- Membuat grafik polar	<i>[Signature]</i>

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	<p>FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2023/2024</p>		
<p>JUDUL</p>	<p>UJI Metrologi Geometri Melingkar Pada Mesin CNC Milling di Bengkel Mekanik Polmanbabel</p>		
<p>Nama Mahasiswa</p>	<p>NIRM: .....</p>		
<p>Nama Pembimbing</p>	<p>1. _____ 2. _____ 3. _____</p>		
<p>Pertemuan Ke</p>	<p>Tanggal</p>	<p>Topik Bimbingan</p>	<p>Paraf dan nama Pembimbing</p>
<p>1</p>	<p>15/11 2023</p>	<p>- Proses pemrosesan CNC Milling</p>	
<p>2</p>	<p>23/11 2023</p>	<p>- Penggunaan alat ukur &amp; Mengambil data</p>	
<p>3</p>	<p>30/11 2023</p>	<p>- Pengolahan data di Excel</p>	
<p>4</p>	<p>02/11 2023</p>	<p>- Membuat grafik polar foto 29 3 persimen</p>	
<p>5</p>			
<p>6</p>			
<p>7</p>			
<p>8</p>			
<p>9</p>			
<p>10</p>			

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir



**LAMPIRAN 7**

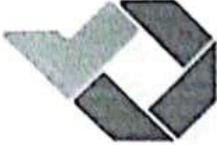
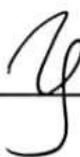
FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		<b>FORM MONITORING PROYEK AKHIR</b> <b>TAHUN AKADEMIK</b> _____	
<b>JUDUL</b>		<u>Uji Kepraktisan Game Menyalak Peta Merah CAC</u> <u>Miting di Sanggar Mahasiswa Politeknik</u>	
<b>Nama Mahasiswa</b>		1. <u>Mutiara Syahidita</u> /NIRM: <u>1218030</u> 2. _____ /NIRM: _____ 3. _____ /NIRM: _____ 4. _____ /NIRM: _____ 5. _____ /NIRM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	2018.07/2018.07	3 50 2	 

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
<b>Pembimbing 1</b>  (Mutiara, S.ST, MT)	<b>Pembimbing 2</b>  (Erwiningsih, S.ST, MT)	<b>Pembimbing 3</b> (.....)

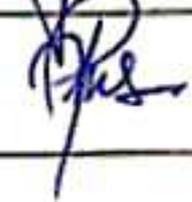
FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK ...../.....	
		UJI Metrologi Gerak Melingkar Pada Mesin CNC Milling di Rengket Mekanik Polmanbabel	
JUDUL			
Nama Mahasiswa		1. Muthiara Syahid /NIRM: 10A2020 2. .... /NIRM: ..... 3. .... /NIRM: ..... 4. .... /NIRM: ..... 5. .... /NIRM: .....	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	16 October 2023	55% 	
2	16 October 2023		

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIAP~~ / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....)	Pembimbing 2  (.....)	Pembimbing 3 (.....)

FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2023 / 2024</u>	
JUDUL		Uji Metrologi Garuk Melingkar Pada Mesin CNC Milling di Bengkel Mekanika Polmankabel	
Nama Mahasiswa		1. <u>Muthiana Syahilla</u> /NIRM: <u>1012020</u> 2. .... /NIRM: ..... 3. .... /NIRM: ..... 4. .... /NIRM: ..... 5. .... /NIRM: .....	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	09 Desember 2023	95%	
3	09 Desember 2023	95%	

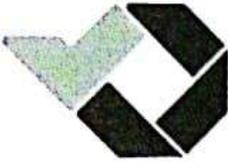
KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / ~~BUKUM~~ (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....)	Pembimbing 2  (.....)	Pembimbing 3 (.....)



**LAMPIRAN 8**

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK

...../.....

JUDUL : .....

Nama Mahasiswa :  
 1. Mutharo Syahbilla NIRM: 1042020  
 2. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>Bauro Makalah Saat REVISI!</u>	

Sunggailiat, 8...01...2024.....

Penguji  
  
 (.....)

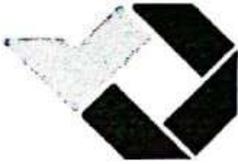
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,  
Pembimbing

(.....)

Sunggailiat, 29...01...2024.....

Penguji  
  
 (.....)



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK  
2023 / 2024

JUDUL : Uji Metrologi Gerak Melingkar pada Mesin CNC Milling di Bengkel Mekanik Polmanbabel

Nama Mahasiswa :  
 1. Muthiara Syahbilla NIRM: 1042020  
 2. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_

Bagian yang direvisi	Halaman
• Penulisan Abstrak	
• Sebutkan standar yg dimaksud pd Rumusan Masalah dan Tujuan	
• Program blm detan pilkn (G-Code)	
• Jelaskan ttg standar	

Sungailiat, ... 18 Januari 2024

Penguji  
  
 (...Manda P...)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,  
Pembimbing  
  
 (...[Signature]...)

Sungailiat, .....  
 Penguji  
  
 (...[Signature]...)



FORM REVISI LAPORAN AKHIR

TAHUN AKADEMIK

2023 / 2024

JUDUL : Ceji Neutralisasi Berat Meringkan pada  
Musim COVID-19 di Bergelombang Mekanik  
Polman Babel

Nama Mahasiswa : 1. Muthiana Syahbilla NIRM: \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_ NIRM: \_\_\_\_\_

Bagian yang direvisi	Halaman
- Istilah Variabel faktor	
- Spele alat partus di Catukan pd Batas Masalah	
- penentuan 8 spesies di jelaskan (Variabel faktor)	
- No. Standar ISO IT Ø 150 28 16 -1	
- Standar penulisan Kutipan	
- Lampiran G Code	
- gambar hasil pengujian di gambar di lampiran	
- Nilai M <sub>2C</sub>	

Sunggailiat, 18-01-2024

Penguji

([Signature])

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,  
Pembimbing

([Signature])

Sunggailiat, .....

Penguji

([Signature])



**LAMPIRAN 9**

# Proyek Akhir Uji Metrologi Gerak melingkar Pada Mesin CNC Milling di Bengkel Mekanik Polmanbabel

## ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Student Paper	4%
2	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	3%
3	<a href="http://repository.unhas.ac.id">repository.unhas.ac.id</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://ml.scribd.com">ml.scribd.com</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://mobile.wattpad.com">mobile.wattpad.com</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://ojs3.unpatti.ac.id">ojs3.unpatti.ac.id</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://eprints.polsri.ac.id">eprints.polsri.ac.id</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://repository.unugiri.ac.id">repository.unugiri.ac.id</a> Internet Source	1%

Submitted to Universitas Tanjungpura

9

Student Paper

1 %

---

10

[repository.unmuhpnk.ac.id](http://repository.unmuhpnk.ac.id)

Internet Source

1 %

---

11

[repository.polman-babel.ac.id](http://repository.polman-babel.ac.id)

Internet Source

1 %

---

12

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Internet Source

1 %

---

13

[vdocuments.pub](http://vdocuments.pub)

Internet Source

1 %

---

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 1%

Exclude bibliography  On