

## Uji Metrologi Gerak Melingkar Pada Mesin CNC Milling Di Bengkel Mekanik Polmanbabel

Muthiara Syahbilla<sup>1\*</sup>, Husman<sup>1</sup>, Erwansyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : muthiarabilla18@gmail.com

Received : 21 Desember 2023; Received in revised form : 19 Juli 2024;

Accepted : 16 Agustus 2024

### Abstract

The manufacturing industry now demands machining processes that are not only precise but also highly efficient. Computer Numerical Control (CNC) machines such as CNC milling have emerged as the answer to these challenges by enabling high-precision mass production. The State Polytechnic of Manufacturing in Bangka Belitung has an aging CNC Milling Machine Lagun MC-750, which has been in use since the establishment of the campus several years ago. The research is focused on metrological testing of circular motion on the CNC Milling machine in the Mechanical Workshop of Polmanbabel. The analytical method involves experimental studies encompassing machining processes, data collection of the results, and data analysis. The machining process is carried out using the CNC Milling Machine Lagun MC-750 with specific parameters such as cutting depth, cutting speed, and feed motion. The test specimens are made of S45C steel with dimensions  $\varnothing 31.6 \times 50$  mm. The analysis of 12 specimens revealed a value of  $146 \mu\text{m}$  for clockwise feed motion (G02) and  $174 \mu\text{m}$  for counterclockwise feed motion (G03) for the other 12 specimens. These results fall within the tolerance grade IT 10. This indicates that the machine is suitable for processing workpieces within standard tolerances, as IT 10 is commonly used in general machining for interchangeable parts that can also be classified as highly precise work.

**Keywords:** CNC milling; Geometric; Roundness, Deviation; Tolerance.

### Abstrak

Industri manufaktur kini menuntut proses pemesinan yang tak hanya presisi, tapi juga efisiensi tinggi. Mesin *Computer Numerical Control* (CNC) seperti CNC milling 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 yang sudah tua, bahkan sejak beberapa tahun kampus berdiri. 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  $\varnothing 31,6 \times 50$  mm. Hasil dari analisis terhadap 12 spesimen didapatkan nilai  $146 \mu\text{m}$  untuk pergerakan pemakanan searah jarum jam (G02) dan 12 spesimen lainnya didapatkan nilai  $174 \mu\text{m}$  untuk pergerakan berallawanan arah jarum jam (G03). Hasil nilai ini masuk ke dalam tingkatan toleransi IT 10. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin tersebut layak untuk memproses benda kerja dengan ukuran toleransi standar, karena IT 10 biasa dipakai dalam bidang pemesinan umum, untuk bagian-bagian mampu tukar yang dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti.

**Kata kunci:** CNC milling; Geometrik, Kebulatan, Penyimpangan; Toleransi.

## 1. PENDAHULUAN

Tingginya tuntutan akan produksi berkualitas tinggi di 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 tua, bahkan sejak beberapa tahun kampus berdiri. Namun, perawatan mesin yang tepat sangat penting. 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 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 ( $V_c$ ), 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

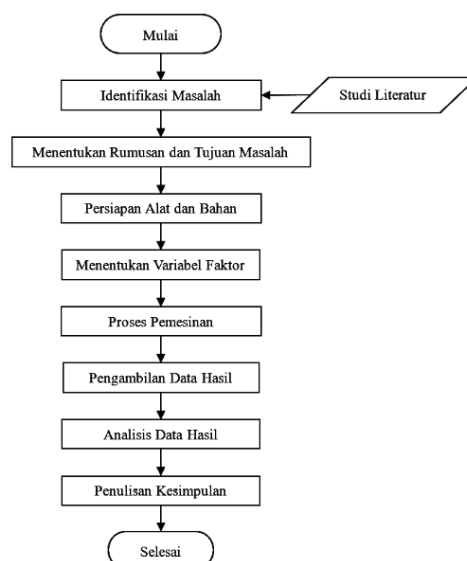
akan menurun. Akan tetapi, kesalahan dari faktor lain juga tidak dapat dikesampingkan. Kebulatan adalah salah satu geometri yang perlu diperhatikan untuk produk, Karena banyak bagian mesin, terutama bagian yang berputar memiliki penampang melingkar [2].

Kajian kebulatan benda kerja pernah dilakukan untuk mengukur keakuratan mesin dengan memeriksa tingkat keausannya, penelitian sebelumnya menerangkan bahwa besarnya nilai penyimpangan yang diperoleh dari mesin frais tersebut tidak layak digunakan untuk menghasilkan produk atau benda kerja dengan ketelitian tinggi, akan tetapi jika hanya untuk membuat benda kerja untuk kegiatan praktikum manufaktur masih layak digunakan [3].

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 proses pembelajaran juga memproduksi suku cadang.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian bertujuan untuk mengontrol pelaksanaan proyek akhir agar selesai sesuai target yang telah ditentukan. Diagram alir metode penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Dari Gambar 1 ditunjukkan beberapa langkah yang dilakukan untuk penelitian ini, seperti identifikasi masalah, menentukan rumusan dan tujuan masalah, persiapan alat dan bahan, menentukan variabel faktor, proses pemesinan, pengambilan data hasil, analisis data hasil, dan penulisan kesimpulan.

Identifikasi masalah dilakukan untuk melihat permasalahan yang ada dalam bengkel Polmanbabel dan mencari referensi di berbagai studi literatur. Menentukan rumusan dan tujuan masalah adalah langkah lanjutan dari identifikasi masalah dengan mempersempit fokus studi, memberikan arah yang jelas, dan mengidentifikasi permasalahan yang diteliti.

Persiapan alat dan bahan dalam penelitian melibatkan pemilihan, persiapan, dan perawatan alat serta bahan yang

dibutuhkan. Alat yang digunakan adalah mesin gergaji DO ALL Model C-916, kikir, mesin CNC *Milling* Lagun MC-750, alat potong CNC *milling* (*insert carbide* dan *holder*), dan *micrometer*. Bahan yang diperlukan adalah spesimen uji berbahan baja S45C berjumlah 24 buah berukuran Ø31,6 mm dan panjang 50 mm serta media pendingin dromus B.

Penentuan variabel faktor adalah proses pemilihan faktor-faktor yang akan diteliti dalam penilitan ini. Parameter faktor yang digunakan, yaitu kedalaman potong (*a*), kecepatan potong (*Vc*), dan gerak pemakanan searah jarum jam (G02) dan berlawanan arah jarum jam (G03). Variabel faktor parameter ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Faktor Percobaan Penelitian

No.	Kecepatan Potong ( <i>Vc</i> )	Parameter Proses		Nilai Kebulatan		
		Kedalaman Pemakanan ( <i>a</i> )	Pergerakan Pemakanan ( <i>G-Code</i> )	Rep 1	Rep 2	Rep 3
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

Proses pemesinan 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.

Pengambilan data hasil dilakukan setelah proses pemesinan selesai. Tahapan ini memerlukan alat ukur *micrometer* untuk mengukur diameter pada setiap sisi spesimen. Hasil pengambilan data dituliskan pada form pengujian, yang mana nilai pada

form ini nanti akan digunakan pada tahapan selanjutnya.

Analisis data hasil dilakukan dengan pengumpulan, pengolahan, perhitungan, sampai penyajian data pada penilitian ini. Tahapab ini banyak menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel dalam memproses data-data. Analisis ini adalah proses yang menentukan bagaimana hasil akhir dalam uji metrologi gerak melingkar.

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

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan secara rinci tahapan penelitian proses pemesinan, pengambilan data hasil, dan analisis data hasil dari uji metrologi gerak melingkar pada mesin CNC *milling* di bengkel mekanik Polmanababel.

#### 3.1. Proses Pemesinan

Saat proses ini dilakukan, perlu digunakan peralatan *safety* agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan. Beberapa langkah dalam proses pemesinan ini, seperti mempersiapkan spesimen S45C dengan ukuran Ø31,6 mm dan panjang 50 mm sebanyak 24 buah. Mempersiapkan *handlechuck*, obeng, alat tulis dan oli. Mempersiapkan mata potong, membuat program CNC dengan gerak pemakanan G02 dan G03. Memasang spesimen pada cekam mesin. Menyalakan mesin CNC dan melakukan proses *milling* dengan pergerakan G02 pada 12 spesimen dan pergerakan G03 pada 12 spesimen lainnya. Mematikan mesin ketika telah selesai pemakanan. Terakhir memberikan tanda nomor pada spesimen yang telah diproses pemesinan.

#### 3.2. Pengambilan Data Hasil

Pengambilan data hasil ini bertujuan untuk mengetahui hasil geometrik dari

proses pemesinan pada spesimen. Alat yang ukur yang digunakan adalah *micrometer* dengan kecermatan 1 µm. Sebelum dilakukan pengambilan data, spesimen diberikan tanda berupa garis pada setiap derajat 15° dan diperlukan form pengujian spesimen. Hasil pengukuran nanti akan dituliskan pada form pengujian.

#### 3.3. Analisis Data Hasil

Setelah proses pemesinan dan pengambilan data, selanjutnya menganalisis data dari hasil seluruh spesimen yang telah ditulis pada form pengujian. Hasil data dari form pengujian akan dimasukkan ke dalam *software* analisis yaitu Microsoft Excel. Data-data disusun dalam tabel untuk mengetahui diameter tertinggi dan terendah, juga nilai peyimpangan kebulatan menggunakan MZC (*Minimum Zone Circle*). Berikut rumus MZC yang akan digunakan.

$$MZC = \frac{D_{maks} - D_{min}}{2} \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $D_{maks}$  adalah diameter maksimum dan  $D_{min}$  adalah diameter minimum.

Terdapat dua hasil analisis MZC pergerakan searah jarum jam (G02) dan berlawanan arah arah jarum jam (G03). Ditampilkan pada Tabel 2 untuk hasil analisis MZC terhadap G02 dan G03.

Tabel 2. Hasil Analisis Data

Pergerakan Pemakanan G02				Pergerakan Pemakanan G03			
Rep.	MAKS	MIN	MZC	Rep.	MAKS	MIN	MZC
1.1.02	30,454	30,205	0,125	1.1.03	30,454	30,205	0,125
1.2.02	30,454	30,205	0,125	1.2.03	30,514	30,205	0,155
1.3.02	30,810	30,208	0,301	1.3.03	30,455	30,205	0,125
2.1.02	30,492	30,018	0,237	2.1.03	30,473	30,016	0,229
2.2.02	30,492	30,030	0,231	2.2.03	30,473	30,016	0,229
2.3.02	30,492	30,018	0,237	2.3.03	30,473	30,016	0,229
3.1.02	30,379	30,242	0,069	3.1.03	30,335	30,176	0,080
3.2.02	30,377	30,243	0,067	3.2.03	30,335	30,178	0,079
3.3.02	30,379	30,243	0,068	3.3.03	30,335	30,178	0,079
4.1.02	30,483	30,064	0,210	4.1.03	31,446	31,273	0,087
4.2.02	30,484	30,066	0,209	4.2.03	30,456	30,273	0,091
4.3.02	30,484	30,064	0,210	4.3.03	30,497	30,006	0,246
Avg.	30,482	30,134	0,174	Avg.	30,521	30,229	0,146

Data keseluruhan telah 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 ( $Vc$ ), 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) 0,174 mm atau 174  $\mu\text{m}$ , sedangkan gerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam (G03) adalah 0,146 mm atau 146  $\mu\text{m}$ .

Untuk menentukan kelayakan hasil proses pemesinan dari mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 diperlukan nilai kualitas toleransi. 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, untuk bagian-bagian mampu tukar yang dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti, dan pekerjaan biasa. Tingkat IT 12 sampai IT 16 dipakai untuk pekerjaan kasar. Dapat dilihat untuk daftar tingkatan kualitas toleransi menurut *international tolerance* pada Tabel 3.

Tabel 3. *International Tolerance*

Diameter (mm)	Angka Kualitas (IT; <i>International Tolerance</i> ); Toleransi yang dimaksud dalam $\mu\text{m}$																	
	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	3600
> 400-500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Dapat disimpulkan dari hasil nilai rata-rata ketidakbulatan untuk diameter spesimen  $\varnothing 31,6$  mm dengan gerakan pemakanan searah jarum jam (G02) 0,174 mm atau 174  $\mu\text{m}$ , sedangkan gerakan pemakanan berlawanan arah jarum jam (G03) adalah 0,146 mm atau 146  $\mu\text{m}$ . Nilai 174  $\mu\text{m}$  dan 146  $\mu\text{m}$  masuk ke dalam IT 10. Jadi mesin CNC *Milling* Lagun MC-750 dapat dikatakan masih layak untuk memproses benda kerja dengan ukuran toleransi standar, dikarenakan IT 5 sampai IT 11 dipakai dalam bidang pemesinan umum, untuk bagian-bagian mampu tukar yang dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti.

#### 4. SIMPULAN

Dalam uji metrologi gerak melingkar pada mesin CNC *milling* di bengkel mekanik Polmanbabel dengan metode analisa menggunakan studi eksperimen ini meliputi

proses pemesinan, pengambilan data hasil, dan analisis data. Proses pemesinan dilakukan dengan mesin CNC *milling* Lagun MC-750, menggunakan parameter kedalaman potong ( $a$ ) 0,2 mm dan 0,4 mm, kecepatan potong ( $V_c$ ) 120 dan 150 m/min, serta gerak pemakanan ( $G$ -Code) searah dan berlawanan arah jarum jam (G02 dan G03). Diameter spesimen yang digunakan  $\varnothing 31,6$  mm dan berbahan baja S45C. Alat ukur yang digunakan untuk pengambilan data hasil adalah *micrometer* dengan kecermatan 0,001 mm atau 1  $\mu\text{m}$ .

Dari hasil analisis tersebut, didapatkan nilai 146  $\mu\text{m}$  untuk pergerakan pemakanan searah jarum jam (G02) dan nilai 174  $\mu\text{m}$  untuk pergerakan berlawanan arah jarum jam (G03). Nilai ini masuk ke dalam IT 10. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin tersebut layak untuk memproses benda kerja dengan ukuran toleransi standar, karena IT 10 biasa dipakai dalam bidang pemesinan umum untuk bagian-bagian mampu tukar yang

dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Mengucapkan terima kasih secara mendalam kepada pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian uji metrologi gerak melingkar pada mesin CNC *milling* di bengkel mekanik Polmanbabel. Kepada Bapak Sunarwanto dan Ibu Riza Yullita selaku orang tua penulis, juga sahabat penulis Nikita Audy Lulu Khailullah dan Mutia Kinanti, serta Muhammad Lukman Salsabili Sutejo sebagai teman tersayang yang selalu membantu, mengingatkan, dan memberikan semangat dalam penulisan. Kepada dua orang pembimbing yaitu Bapak Husman, S.S.T., M.T. dan Bapak Erwansyah, S.S.T., M.T. yang telah membimbing dalam segala proses tahapan penulisan penelitian ini. Tidak lupa kepada kampus Politeknik Manufaktur Negeri bangka Belitung yang telah memberikan ruang dalam penulisan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jati Utomo Dwi Hatmoko, Revolusi Industri 4.0 Perspektif Teknologi, Manajemen dan Edukasi, Yogyakarta : Penerbit Andi, 2021.
- [2] Taufik Rochim, Spesifikasi Metrologi dan Kontrol Kualitas 2, Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [3] Krisnal Tolosi, Rudy Poeng, dan Romels Lumintang, "Analisis Ketelitian Geometrik Mesin Frais Horisontal Kunzmann UF6N di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin Unsrat", *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, vol. 2, no. 1, p.1, 2013.
- [4] Saraswati, W., Dhaniar, N., Wahjuningrum, D. A., Nuraini, N., & Bhardwaj, A. (2021). The Effect of Exposure Calcium Carbonat from Blood Cockle (Anadara Granosa) Shells to the Expression of the NF- $\kappa$ B on Dentin Pulp Complex. *Journal of International Dental and Medical Research*, 14(2), 549-553.
- [5] Dahuri, R., Raisa, S.P. Ginting & M.J. Sotepu. 1096. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan lautan secara terpadu. Pradnya Paramita. Jakarta. 305.