Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel Penelitian

Pengukuran Akurasi Posisi X-Axis Mesin CNC Cincinnati Milacron DGAL-F Menggunakan *Laser Measurement Renishaw XL-80*

Hendri Yanda, Dwi Dharma Yudha

Departmen Teknik Mesin, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 00 Desember 25
Revisi Akhir: 00 Desember 25
Diterbitkan *Online*: 00 Desember 25

KATA KUNCI

Mesin CNC lima sumbu
Akurasi posisi
Laser interferometer Renishaw XL-80
Backlash
Pengukuran sumbu X

KORESPONDENSI

E-mail:
hendriyanda@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

Akurasi pergerakan sumbu pada mesin CNC berperan penting dalam menjamin kualitas dan presisi produk hasil pemesinan, khususnya pada industri manufaktur berskala besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akurasi posisi sumbu X pada mesin CNC lima sumbu tipe *Cincinnati Milacron DGAL-F* yang digunakan di PT. XYZ. Pengukuran dilakukan sebagai bagian dari upaya evaluasi kondisi mekanis mesin serta untuk mengidentifikasi potensi penyimpangan posisi yang dapat mempengaruhi keakurasian dan kepresisian hasil proses pemesinan. Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian akurasi posisi linear menggunakan sistem Laser Interferometer Renishaw XL-80 yang dilengkapi dengan unit kompensasi lingkungan. Pengukuran dilakukan sepanjang lintasan sumbu X dengan panjang total 15.000 mm, menggunakan interval pengukuran setiap 250 mm sehingga diperoleh sebanyak 60 titik pengukuran. Pengujian dilakukan pada dua arah pergerakan, yaitu arah maju (+) dan arah mundur (−), guna memperoleh nilai deviasi posisi serta besaran *backlash* pada setiap titik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai deviasi posisi pada arah maju (+) berkisar antara 0 µm hingga −198 µm, sedangkan pada arah mundur (−) berkisar antara 0 µm hingga −169 µm. Penyimpangan maksimum terjadi pada posisi sekitar 8.000 mm. Nilai *backlash* yang terukur pada seluruh titik pengujian berada pada rentang 0,002 mm hingga 0,057 mm, dengan nilai rata-rata *backlash* sebesar 0,02381 mm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mesin CNC masih berada dalam batas toleransi *backlash* maksimum, yaitu 0,05 mm. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara umum kinerja pergerakan sumbu X mesin CNC masih berada dalam batas yang dapat diterima, meskipun terdapat kecenderungan adanya peningkatan penyimpangan seiring dengan bertambahnya jarak tempuh. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi kondisi mesin serta sebagai referensi dalam perencanaan pemeliharaan dan peningkatan keakurasian pemesinan di lingkungan industri manufaktur.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur modern menuntut tingkat presisi dan akurasi yang semakin tinggi, terutama pada sektor yang memproduksi komponen berdimensi besar dan kompleks [1]. Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) menjadi salah satu teknologi utama yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut karena kemampuannya dalam menghasilkan produk dengan ketelitian tinggi, konsistensi yang baik, serta efisiensi proses yang optimal. Dalam aplikasinya, mesin CNC lima sumbu banyak digunakan untuk pembuatan komponen dengan geometri rumit yang membutuhkan ketepatan posisi pada setiap sumbu gerak [2].

Salah satu faktor penting yang memengaruhi kualitas hasil pemesinan adalah akurasi posisi sumbu mesin. Penyimpangan posisi pada sumbu gerak, khususnya pada sumbu linear, dapat

https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.33-41.2025
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

menyebabkan kesalahan dimensi, penurunan kualitas permukaan, serta ketidaksesuaian produk terhadap spesifikasi desain. Penyimpangan ini dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti keausan komponen mekanis, perubahan kondisi lingkungan, kesalahan sistem penggerak, serta *backlash* pada mekanisme transmisi gerak [3]. PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memanfaatkan mesin CNC berskala besar untuk mendukung proses produksi komponen presisi. Salah satu mesin yang digunakan adalah Mesin *CNC Cincinnati Milacron DGAL-F* dengan konfigurasi lima sumbu [4]. Mesin ini memiliki lintasan sumbu X yang panjang sehingga potensi terjadinya penyimpangan posisi akibat akumulasi kesalahan mekanis menjadi lebih besar. Oleh karena itu, evaluasi terhadap akurasi pergerakan sumbu X menjadi hal yang penting untuk memastikan performa mesin tetap berada dalam batas toleransi yang diizinkan.

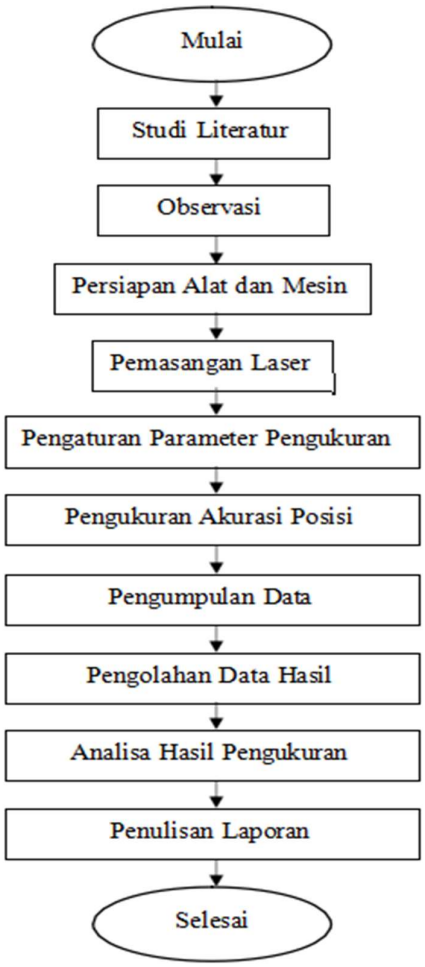
Pengukuran akurasi posisi sumbu mesin CNC membutuhkan metode yang memiliki ketelitian tinggi. Salah satu metode yang banyak digunakan di industri adalah pengukuran berbasis *laser interferometer*, seperti *Sistem Renishaw XL-80*. Sistem ini mampu mendeteksi penyimpangan posisi dalam satuan mikrometer serta dilengkapi dengan kompensasi lingkungan untuk meningkatkan keandalan hasil pengukuran. Melalui pengukuran ini, dapat diperoleh informasi mengenai nilai deviasi posisi dan besaran *backlash* yang terjadi sepanjang lintasan sumbu. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis akurasi posisi sumbu X pada mesin *CNC Cincinnati Milacron DGAL-F* di PT. XYZ menggunakan *Sistem Laser Interferometer Renishaw XL-80*.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi aktual kinerja mesin, menjadi dasar evaluasi sistem pemeliharaan, serta mendukung upaya peningkatan kualitas dan ketelitian proses pemesinan di lingkungan industry [5].

2. METODOLOGI

2.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dari pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Penelitian

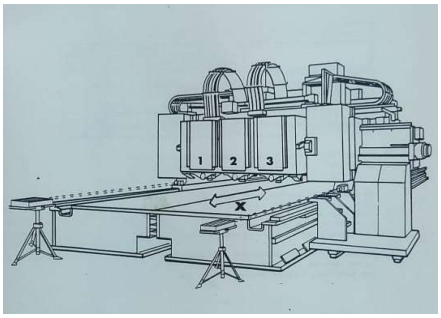
2.2. Objek Pengamatan dan Peralatan

2.2.1 Objek Pengamatan

a) *Mesin Cincinnati Milacron DGAL F*

Pada pengukuran kali ini, objek pengamatan atau objek yang akan diukur adalah akurasi posisi *axis* nya Mesin CNC *Cincinnati Milacron* DGAL-F, dimana mesin CNC ini dapat dilihat pada Gambar 2.

 https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.33-41.2025



Gambar 2. Mesin *Cincinnati Milacron DGAL-F*

Spesifikasi Mesin:

Mesin CNC dengan 5-*axis* (X, Y, Z, A, B).
a) Area pengamatan: *Axis* X.
b) Tujuan pengamatan: Mengukur akurasi pergerakan *axis* X untuk mengetahui perbedaan antara posisi yang diinginkan dan posisi aktual (*Error positioning*).

Parameter yang diamati:
a) Posisi sumbu X: Posisi aktual dibandingkan dengan posisi teoritis.
b) *Error* posisi: Perbedaan posisi aktual dengan posisi teoritis pada setiap interval pengukuran.

2.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. *Laser Measurement System*: *Renishaw* XL-80

1). *XL-80 Laser Unit*: Sumber laser yang digunakan untuk memancarkan sinar laser sepanjang *axis* yang diukur [3]. XL-80 Laser Unit dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *XL-80 Laser Unit*

2). XC-80 *Compensator Unit*: *Kompensator* suhu, tekanan, dan kelembaban udara untuk mengkompensasi perubahan kondisi lingkungan selama pengukuran. XC-80 *Compensator Unit* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *XC-80 Compensator Unit*

3). Reflector: Memantulkan sinar laser kembali ke sensor untuk pengukuran jarak yang akurat. Reflector dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Reflector*

4). Tripod: Digunakan untuk memasang dan menstabilkan laser unit. *Tripod* dapat dilihat pada Gambar 6.

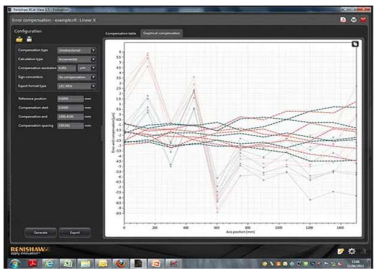


Gambar 6. Tripod

b. Software Measurement

Renishaw Software (Laser XL): Merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mengumpulkan dan memproses data dari sistem laser. Menyajikan data dalam bentuk grafik dan tabel, serta menghitung kesalahan posisi. Tampilan

dari jendela *Renishaw Software* dapat dilihat seperti Gambar 7.



Gambar 7. *Software Renishaw*

c. Peralatan Tambahan:

Komputer/Laptop: Untuk menjalankan perangkat lunak pengukuran dan merekam hasilnya, dapat digunakan laptop atau PC (Gambar 8).



Gambar 8. Laptop

2.3. Prosedur Pengukuran Akurasi

Dalam melakukan pengukuran akurasi posisi *axis* mesin CNC *Cincinnati Millacron* harus mengikuti langkah-langkah yang sesuai dengan panduan dan aturan. Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan pengukuran akurasi posisi *axis* mesin CNC *Cincinnati Millacron*:

a. Persiapkan perangkat XL-80 *Laser* yang dibutuhkan.
b. Posisikan *axis* x pada posisi 0 (*home*)
c. Posisikan *laser* XL-80 sesuai kondisi pengukuran, *setting* kedataran XL- 80, lalu aktifkan, seperti yang terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. *Laser Measurement Renishaw XL-80*

d. Selanjutnya posisikan *linear reflector optic* dan *linear beam splitter optic* diantara *linear interferometer* seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. *Reflector Optic* di Posisi 0

e. Selanjutnya posisikan *Linear reflector optic* pada *axis* x, sebagai *variable* pengukuran terhadap rentang jarak yang dibutuhkan (Gambar 11).



Gambar 11. *Linear Interferometer*

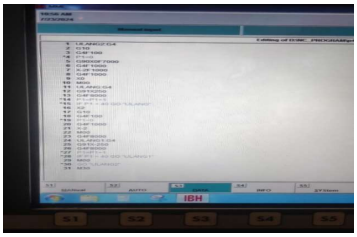
f. Pasang Instalasi *XC environmental compensation* yang berfungsi sebagai sensor temperatur udara dan temperatur material pada mesin (Gambar 12).

 https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.33-41.2025



Gambar 12. Instalasi *XC Enviromental Compensation*

h. Instal program gerak *Axis* x secara otomatis sesuai rentang jarak yang diinginkan, seperti terlihat pada layar laptop (Gambar 13).



i. Lakukan perhitungan dengan menggerakkan *Axis* X sesuai program secara otomatis (Gambar 14).



Gambar 14. *Set Up* Pengukuran

j. Hasil pendataan dan perhitungan selanjutnya dapat dilihat melalui *Software Quick View XL* pada layar laptop (Gambar 15).



Gambar 15. Tampilan Layar *Quick View* XL

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan

Hasil dari pengambilan data dan perhitungan kondisi akurasi posisi *Axis* X mesin *Cincinnati Milacron DGAL-F* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data dan Perhitungan Akurasi Posisi *Axis* X mesin *Cincinnati Milacron DGAL-F*

No Target	Position (mm)	Direction (mm)		*Backlash* (mm)
		-	+	
1	0	0.002	0.000	0.002
2	250	-0.007	-0.019	0.012
3	500	0.018	0.007	0.011
4	750	0.003	-0.004	0.007
5	1000	-0.006	-0.019	0.013
6	1250	-0.032	-0.055	0.023
7	1500	-0.024	-0.044	0.020
8	1750	-0.038	-0.062	0.024
9	2000	-0.028	-0.057	0.029
10	2250	0.021	-0.021	0.042
11	2500	0.003	-0.022	0.025
12	2750	0.032	-0.005	0.037
13	3000	0.006	-0.037	0.043
14	3250	-0.009	-0.052	0.043
15	3500	-0.024	-0.081	0.057
16	3750	-0.026	-0.072	0.046
17	4000	-0.079	-0.106	0.027
18	4250	-0.053	-0.079	0.026
19	4500	-0.030	-0.067	0.037
20	4750	-0.053	-0.076	0.023
21	5250	-0.057	-0.086	0.029
22	5500	-0.066	-0.098	0.032
23	5750	-0.107	-0.119	0.012
24	6000	-0.125	-0.154	0.029
25	6250	-0.100	-0.125	0.025
26	6500	-0.086	-0.110	0.024
27	6750	-0.089	-0.091	0.002
28	7000	-0.080	-0.085	0.005
29	7250	-0.104	-0.114	0.010
30	7500	-0.123	-0.145	0.022
31	7750	-0.159	-0.183	0.024
32	8000	-0.169	-0.198	0.029
33	8250	-0.147	-0.167	0.020
34	8500	-0.130	-0.150	0.020

Rata-rata *Backlash*

$$\overline{B} = \frac{\sum_{i=1}^{n} B_i}{n}$$

Dimana:

- B = Rata-rata *backlash* (mm)
- B_i = Nilai *backlash* pada titik ke-i (mm)
- n = Jumlah titik pengukuran

Total *backlash* hasil pengukuran:

$$\sum B_i = 1{,}429 \text{ mm}$$

Jumlah titik pengukuran: n = 60

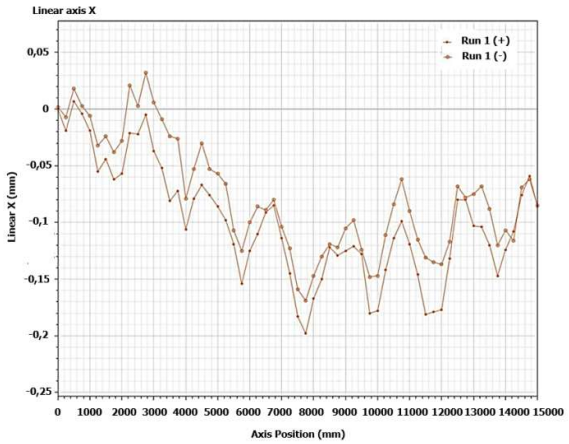
Sehingga:

$$\overline{B} = \frac{1{,}429}{60} = 0{,}02381 \text{ mm}$$

Backlash merupakan selisih antara posisi awal sumbu dan posisi aktual setelah dilakukan gerakan balik. Pengukuran akurasi posisi sumbu X dilakukan pada 60 titik pengukuran dengan interval jarak antar titik sebesar 250 mm. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur titik-titik tertentu sepanjang lintasan sumbu X guna memastikan cakupan pengukuran yang merata pada seluruh panjang lintasan sumbu mesin *CNC Cincinnati Milacron*.

Berdasarkan tabel hasil perhitungan akurasi posisi sumbu X, data pengukuran selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan analisis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 16. Grafik 16 menyajikan hubungan antara posisi pengukuran sepanjang sumbu X dan nilai deviasi atau kesalahan posisi yang terjadi pada setiap titik pengukuran.

Pada grafik, sumbu X merepresentasikan posisi atau jarak pengukuran sepanjang sumbu X, sedangkan sumbu Y menunjukkan nilai deviasi atau error posisi yang terukur, keduanya dalam satuan mikrometer (μm).



Gambar 16. Hasil Pengukuran Linear X vs Axis Position

Interpretasi grafik hasil pengukuran dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Fluktuasi *Backlash*

Fluktuasi nilai *backlash* yang terlihat pada grafik menunjukkan adanya variasi performa mekanis mesin CNC sepanjang lintasan sumbu X. Variasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain keausan komponen mekanis, ketidaksempurnaan sistem transmisi gerak, maupun pengaturan mesin yang kurang optimal.

b. Rata-rata *Backlash*

Nilai rata-rata *backlash* yang diperoleh menunjukkan bahwa secara umum kinerja mesin masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Meskipun terdapat fluktuasi pada beberapa titik pengukuran, nilai rata-rata *backlash* yang relatif stabil mengindikasikan bahwa sistem mekanis sumbu X masih berfungsi dengan baik.

c. Kondisi Operasional Mesin

Apabila nilai *backlash* pada beberapa titik pengukuran mendekati atau melebihi nilai rata-rata secara signifikan, kondisi tersebut dapat menjadi indikasi perlunya tindakan perawatan atau penyesuaian pada mesin. Langkah ini diperlukan untuk meminimalkan dampak negatif *backlash* terhadap akurasi pemesinan dan kualitas hasil produk.

 https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.33-41.2025

3.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran akurasi posisi sumbu X pada mesin *Cincinnati Milacron* menggunakan *Laser Measurement Renishaw XL-80*, dapat diketahui bahwa pengujian *positioning test* pada sumbu X dilakukan dengan interval pengukuran sebesar 250 mm dan jarak total pengukuran sepanjang 15.000 mm. Positioning test dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pengukuran arah positif (+) dari posisi 0 hingga 15.000 mm, serta pengukuran arah negatif (−) dari posisi 15.000 mm kembali ke posisi 0. Pada pengukuran arah positif (+) atau sumbu maju, penyimpangan terbesar terjadi pada posisi 8.000 mm dengan nilai sebesar −198 µm, sedangkan penyimpangan terkecil terjadi pada posisi 0 mm dengan nilai 0 µm. Sementara itu, pada pengukuran arah negatif (−) atau sumbu mundur, penyimpangan terbesar juga terjadi pada posisi 8.000 mm dengan nilai sebesar −169 µm, dan penyimpangan terkecil terjadi pada posisi 0 mm dengan nilai 0 µm.

Toleransi penyimpangan yang ditetapkan pada mesin ini adalah sebesar 50 µm, namun seiring dengan bertambahnya jarak tempuh sumbu mesin, nilai toleransi tersebut dapat meningkat. Hal ini terlihat dari data hasil pengukuran, di mana semakin jauh jarak pergerakan sumbu X, maka nilai penyimpangan yang terjadi semakin besar, dengan nilai puncak penyimpangan berada pada posisi 8.000 mm. Meskipun demikian, nilai penyimpangan yang diperoleh masih berada di bawah 200 µm sehingga secara umum masih dapat diterima. Besarnya penyimpangan yang terjadi pada jarak tertentu kemungkinan disebabkan oleh adanya *backlash* pada sistem mekanis mesin.

Backlash merupakan kehilangan gerakan pada sistem mekanis sumbu, sehingga pergerakan sumbu X yang ditargetkan berdasarkan program tidak sepenuhnya sesuai dengan pergerakan aktual mesin. Hal ini sejalan dengan penelitian Bhorin Tantomo [2] yang menunjukkan adanya perbedaan antara waktu teoritis dan waktu aktual pada proses pemesinan CNC akibat kondisi mesin dan sistem operasional. *Backlash* ini dapat terjadi akibat adanya keausan pada komponen mekanis, seperti roda gigi atau ball screw. Keausan tersebut disebabkan oleh gesekan yang terjadi secara terus-menerus antar komponen mekanis selama mesin beroperasi dalam jangka waktu tertentu.

Berdasarkan data penyimpangan posisi linear sumbu X pada mesin CNC *Cincinnati Milacron DGAL*, diperoleh nilai rata-rata *backlash* sebesar 23,81 µm. Nilai rata-rata *backlash* tersebut masih berada di dalam batas toleransi *backlash* mesin, yaitu maksimum 50 µm. Meskipun demikian, tetap diperlukan beberapa langkah pencegahan dan pemeliharaan guna menjaga kinerja mesin serta mencegah peningkatan penyimpangan di kemudian hari. Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Kompensasi Perangkat Lunak

Sebagian besar mesin CNC modern telah dilengkapi dengan fitur kompensasi *backlash* pada sistem perangkat lunaknya.

a. Nilai rata-rata *backlash* yang terukur sebesar 0,02381 mm dapat dimasukkan ke dalam sistem kontrol CNC agar pergerakan sumbu dapat dikompensasi secara otomatis, terutama saat terjadi perubahan arah gerak.
b. Setelah kompensasi diterapkan, perlu dilakukan pengujian ulang terhadap hasil pemotongan untuk memastikan bahwa tingkat akurasi telah mengalami perbaikan.

2) Pemeriksaan Mekanis

Apabila kompensasi perangkat lunak belum memberikan hasil yang optimal atau nilai *backlash* cenderung meningkat, maka perlu dilakukan pemeriksaan mekanis.

a. *Ball screw* dan *nut*: Pemeriksaan dilakukan untuk mendeteksi adanya keausan atau kerusakan. Jika ditemukan keausan yang signifikan, maka penggantian komponen perlu dipertimbangkan.
b. *Gibs* dan *guideways*: Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan tidak terjadi kelonggaran berlebih atau ketegangan yang tidak sesuai.

3) Penyesuaian Mekanis
Penyesuaian mekanis dapat dilakukan apabila diperlukan.

a. Penyetelan ketegangan pada sabuk atau komponen penggerak lainnya bertujuan untuk mengurangi celah mekanis.
b. Seluruh komponen harus dipastikan dapat bergerak dengan lancar tanpa gesekan berlebihan yang dapat mempercepat keausan.

4) Penggunaan *Anti-backlash Nut*

Apabila mesin sering mengalami permasalahan *backlash*, penggunaan *anti-backlash nut* dapat dipertimbangkan. Komponen ini dirancang untuk memberikan tekanan tambahan pada ulir *ball screw* sehingga celah antara *ball screw* dan *nut* dapat diminimalkan.

5) Kalibrasi Ulang Mesin

Setelah dilakukan perbaikan atau penyesuaian mekanis, mesin CNC perlu dikalibrasi ulang. Pengujian ulang *backlash* dilakukan pada beberapa titik sepanjang lintasan mesin untuk memastikan permasalahan telah teratasi.

6) Pemeliharaan Rutin

Untuk mencegah terjadinya masalah *backlash* di masa mendatang, perlu dilakukan pemeliharaan rutin.

a. Pemeliharaan dilakukan pada komponen mekanis seperti *ball screw*, *guideways*, dan *gibs*.
b. Pelumasan yang tepat harus dipastikan guna mencegah keausan berlebihan.

Apabila nilai *backlash* telah berada di luar batas toleransi, maka diperlukan tindakan perbaikan berupa penggantian roda gigi atau *ball screw*, serta penyetelan ulang sistem transmisi. Dengan demikian, pergerakan sumbu linear dapat kembali normal dan sesuai dengan perintah program, sehingga kesalahan pada hasil produk dapat diminimalkan. Selain itu, perawatan pada titik-titik kritis, khususnya sistem pelumasan, serta penghindaran pengoperasian mesin pada kondisi kritis sangat diperlukan untuk mencegah terulangnya penyimpangan [6].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan di atas, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

a. Mesin *CNC Cincinnati Milacron DGAL-F* perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala agar mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang baik dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.
b. Mesin *CNC Cincinnati Milacron DGAL-F* memiliki tiga spindel sehingga memungkinkan proses produksi dilakukan secara bersamaan dan meningkatkan efisiensi kerja.
c. Semakin banyak jumlah sumbu (*axis*) yang dimiliki oleh mesin CNC, maka sistem pergerakannya menjadi semakin kompleks dan berpengaruh terhadap bentuk serta ketelitian produk yang dihasilkan.
d. Kualitas produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kondisi sistem mekanis pada mesin CNC, termasuk sistem transmisi dan komponen penggeraknya.
e. Penyimpangan linear pada sumbu dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti keausan roda gigi, keausan *ball screw*, getaran mesin, benturan saat proses produksi, serta faktor operasional lainnya.
f. *Backlash* merupakan kehilangan atau kelonggaran gerak pada sistem pergerakan sumbu mesin yang dapat menyebabkan perbedaan kualitas dan akurasi hasil pemesinan.
g. Berdasarkan hasil pengukuran akurasi posisi sumbu X yang telah dilakukan, masih diperlukan beberapa langkah pencegahan dan pemeliharaan agar mesin *CNC Cincinnati Milacron* dapat beroperasi dengan baik serta mempertahankan tingkat akurasi yang tinggi.

4.2. Saran

 https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.33-41.2025

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan di PT. XYZ, ada beberapa saran yang dapat diberikan adalah seperti sebagai berikut:

a. Selama berada di area kerja, baik pengunjung maupun pekerja, disarankan untuk selalu menggunakan alat pelindung diri, seperti *safety helmet*, guna menjaga keselamatan dan meminimalkan risiko kecelakaan kerja.

b. Disarankan untuk meningkatkan kelengkapan fasilitas serta sarana pendukung kerja, khususnya pada bagian pemeliharaan (*maintenance*), agar proses pekerjaan dapat berjalan lebih efektif serta mampu meningkatkan kualitas dan efisiensi kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kepala Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. A. V. Chapman, Technical white paper. TE329 Environmental compensation of linear laser interferometer readings, 2013.

[2] A. Ahyari, Management, Produksi Perencanaan Sistem Produksi, Edisi Empat. Yogyakarta, BPPE, 2002.

[3] T. C. Bhorin Tantomo, Analisa Mesin Berdasarkan Perbedaan Waktu Teori dan Waktu Aktual pada Pembuatan Menu Mesin di Area Turning Laporan Kerja Surakarta dan Milling DM3600, 2016.

[4] Cincinnati Milacron Company, Special Manual Machine Evaluation Test Manual For Milacron Cincinnati Milacron Marketing Company, 1984.

[5]. Sutalaikaona et al., Teknik Perancangan Sisten Kerja Edu Keskus Bandung: ITB, 2006.

[6]. B. Teguh, Perencanaan dan Pengmulabas Produksi Jakarta Chudia Indonesia, 2002.