

Proses Kalibrasi Sumbu X, Y, Dan Z Pada Mesin CNC Router Kayu 3 Axis Menggunakan Alat Bantu *Dial Indicator* dan *Block Gauge*

Zaynawi¹, Bayu Wiro. K², Fipka Bisono³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3} Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email: zaynawi93@gmail.com

Abstrak

Kemajuan di bidang teknologi yang semakin berkembang merupakan aspek sebuah pengetahuan dan teknologi yang mengharuskan kalangan pendidikan tinggi untuk dapat meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi. Terutama pada teknologi tepat guna. Teknologi tepat guna merupakan teknologi yang tepat sasaran yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat umum. Pengembangan teknologi tepat guna harus lebih ditingkatkan sebagai penunjang pemanfaatan teknologi masyarakat Indonesia.

Mesin CNC router kayu yang akan dikalibrasi menggunakan 3 axis dalam pengoperasiannya, dimana ketiga tiganya menggunakan 3 unit motor servo dengan daya 0,4 kW pada sumbu x, y, z dan menggunakan motor spindle dengan daya 1,5 kW, untuk mengetahui hasil kalibrasi pada mesin CNC router kayu 3 axis menggunakan alat bantu dial indicator dan block gauge. Dan untuk mengetahui sumber kesalahan apa saja yang dapat dideteksi dengan cara kalibrasi sumbu X, Y, dan Z pada mesin CNC router kayu 3 axis.

Hasil dari kalibrasi ini adalah untuk mengetahui hasil penyimpangan dari mesin tersebut pada sumbu x sebesar 0,01 mm, sumbu y sebesar 0,01 mm dan sumbu z sebesar 0,02 mm, dengan adanya proses kalibrasi ini diharapkan CNC router kayu ini bisa beroperasi secara akurat dan presisi pada benda kerja.

Kata kunci : *Mesin CNC router kayu*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang amat pesat. Dalam hal ini komputer telah diaplikasikan ke dalam alat-alat mesin perkakas diantaranya mesin bubut, mesin frais, mesin skrap, mesin bor. Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*). Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC.

2. METODOLOGI

2.1 Spesifikasi Mesin CNC Router Kayu

Spesifikasi mesin CNC router kayu ditentukan atas berbagai pertimbangan yang dimana akan mempengaruhi performansi, akurasi dan kepresisian mesin. Untuk memenuhi kebutuhan spesifikasi mesin, sebagai berikut :

1. Maksimal *spindle speed* mesin CNC router kayu ini adalah 24.000 rpm.

2. *Stroke* penggerakan sumbu x yaitu 530 mm, sumbu y yaitu 350 mm dan sumbu z yaitu 120 mm.
3. Untuk daya motor servo yang dipakai untuk sumbu x, y, dan z adalah 400 watt dengan kecepatan motor maksimal adalah 3000 rpm
4. Diameter *cutting tools* yang dapat di gunakan pada *spindle* berkisar Ø3 sampai Ø12 mm.
5. Pengerjaan mesin CNC *router* kayu ini dibatasi untuk material seperti kayu, akrilik, dan material yang lebih lunak sehingga hasil pengerjaan dapat maksimal dan sesuai dengan yang diharapkan.

Keunggulan dari mesin CNC *router* kayu 3 axis yang menjadi objek penelitian kalibrasi adalah :

1. Kondisi mesin masih baru di buat/rancang.
2. Mampu membuat bentuk kompleks dari 2D menjadi 3D.
3. Mampu mempercepat proses ukir kayu daripada ukir kayu manual.
4. Keakurasian dan keakuratan hasil lebih baik daripada ukir kayu manual.

2.2 Dimensi Block Gauge

Adapun dimensi dari *block gauge* berdasarkan pengukuran dari beberapa jenis diantaranya adalah :

Tabel 1. Dimensi *block gauge*

Kelas	P x L x T (mm)		
A	100 x 35 x 12	125 x 35 x 12	200 x 10 x 12
B	100 x 35 x 10	125 x 35 x 10	200 x 10 x 10

Untuk tinggi dan lebar dimensi *block gauge* pada tabel 4.1 dalam batas minimal.

2.3 Kualitas Block Gauge

Ada beberapa kualitas *block gauge*, baik dari kelas A maupun dari kelas B, yang membedakan dari tingginya. Berikut merupakan rumus dari beberapa kelas *block gauge* antara lain adalah :

$$\text{Kelas A, } (2 + \frac{L}{50})$$

$$\text{Kelas B, } (4 + \frac{L}{10})$$

Keterangan : L adalah panjang efektif dari *block gauge* dalam satuan mm.

2.4 Batas Toleransi

Adapun batas toleransi yang dapat di lihat pada tabel berikut ini dengan perhitungan pada pembahasan sebelumnya.

Tabel 2. batas toleransi *block gauge*

L (mm)	100	125	200
Kelas A (µm)	4	5	6
Kelas B (µm)	14	15	24

Jadi dari beberapa kelas *block gauge* yang digunakan pada kalibrasi yaitu kelas B dari panjang efektif *block gauge* 200 mm, sehingga diketahui batas toleransi sebesar 0,024 mm.

2.5 Diagram Alir



Gambar 3.1 Flow Chart Diagram Mesin CNC router

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Standar Ukur dan Alat Bantu Pengukuran Yang Digunakan

Berikut ini merupakan standar ukur dan alat bantu pengukuran dalam proses kalibrasi dengan beberapa macam alat yang digunakan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Batang pelurus yang akan di ukur kelurusan
2. Batang pelurus referensi 200 mm dengan tingkat kualitas (*grade*) 0
3. Meja rata dengan tingkat kualitas (*grade*) 0
4. Blok ukur presisi (*block gauge*) dengan tingkat kualitas (*grade*) 1
5. Dial indicator dengan tingkat ketelitian 0,01 mm
6. Alat bantu pemegang dial indicator (*height gauge*)
7. Wash bensin sebagai cairan pembersih
8. Tisu yang dipergunakan untuk membersihkan alat ukur dan alat bantu pengukuran

3.2 Kondisi Ruang Laboratorium

Berikut merupakan kondisi ruangan laboratorium yang dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya :

1. Kondisi ruangan laboratorium harus berada pada suhu $20 \pm 1^\circ\text{C}$.
2. Kelembapan pada ruangan laboratorium berkisar antara 50-60%.
3. Ruang kalibrasi harus di hindarkan dari mesin-mesin atau keadaan yang menimbulkan getaran-getaran besar, getaran yang diperbolehkan antara 1-30 Hz.
4. Pencahayaan dalam ruang kalibrasi menggunakan lampu yang mempunyai kekuatan cahaya 100 Lux.

3.3 Persiapan Kalibrasi

Adapun langkah-langkah persiapan sebelum dilakukan kalibrasi sebagai berikut ini :

1. Bersihkan permukaan meja rata dari kotoran dan debu dengan menggunakan wash bensin.
2. Bersihkan obyek ukur, alat ukur dan alat bantu pengukuran dari kotoran, debu dan lapisan yang melindunginya (oli, vaselin) dengan menggunakan wash bensin

3.4 Prosedur Kalibrasi Dengan Menggunakan *Dial Indikator*

Adapun langkah-langkah kalibrasi menurut prosedur dengan menggunakan *dial indicator* berikut ini :

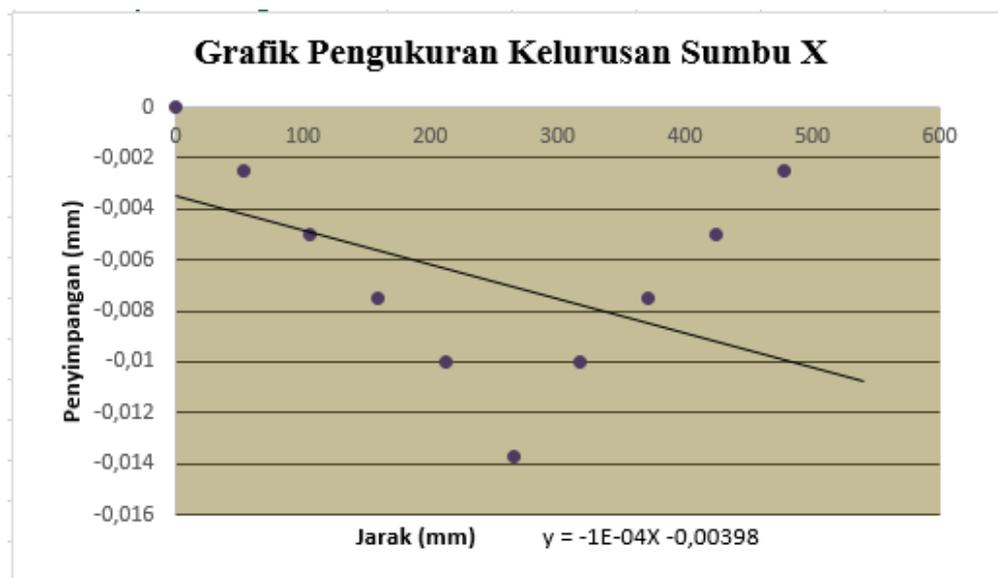
1. Tandai meja pada sumbu X dengan jarak 53 mm, sehingga akan didapat 9 titik dengan panjang meja 477 mm.
2. Tandai meja pada sumbu Y dengan jarak 33 mm, sehingga akan didapat 10 titik dengan panjang meja 330 mm.
3. Letakan batang pelurus (*block gauge*) yang akan dikalibrasi di atas meja rata dengan ditumpu oleh blok ukur presisi pada kedua ujungnya, kemudian atur jaraknya dengan batang pelurus referensi.
4. Letakan dial indikator bersama pemegangnya di atas batang pelurus referensi. Atur kedudukannya sehingga sensornya dapat menyentuh permukaan batang pelurus yang akan dikalibrasi dengan baik.
5. Sebelum dilakukan kalibrasi, uji cobalah dengan menggeserkan pemegang dial indikator disepanjang meja. Amati apakah jarum penunjuk pada dial indikator dapat bergerak dengan baik.
6. Amati dan catat perubahan yang terjadi pada jarum penunjuk dial indikator untuk setiap titik pengukuran yang telah ditentukan.
7. Jika kalibrasi telah sampai pada posisi akhir, maka geser alat bantu pemegang dial indikator ke posisi awal pengukuran dan catat hasilnya. Hasil tadi merupakan faktor koreksi.

3.5 Data dan analisa kelurusan permukaan meja

1. Sumbu X

Tabel 1. Data dan analisa kelurusan permukaan meja

Jarak (mm)	Posisi Pengukuran (mm)				Rata-rata (mm)
	1	2	3	4	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
53	-0,01	-0,01	0,00	0,01	-0,003
106	-0,02	0,00	-0,01	0,01	-0,005
159	-0,02	0,00	0,00	-0,01	-0,008
212	-0,01	-0,03	-0,02	0,02	-0,010
265	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	-0,014
318	-0,01	-0,02	-0,01	0,00	-0,010
371	0,00	-0,02	-0,01	0,00	-0,008
424	-0,02	0,00	-0,01	0,01	-0,005
477	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,003



Gambar 1. Grafik pengukuran kelurusan pada permukaan meja sumbu X

Dari hasil pengujian penyimpangan terbesar terjadi pada titik (265, -0,014). Jarak antara titik penyimpangan terbesar dengan garis regresi adalah

$$d1 = \left| \frac{Ax1 + By1 + C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \right|$$

$$d1 = \left| \frac{(-0,0000102)(265) - (-0,014) - 0,00525}{\sqrt{(-0,0000102)^2 + (1)^2}} \right|$$

$$d1 = \frac{0,006047}{1,0000000001}$$

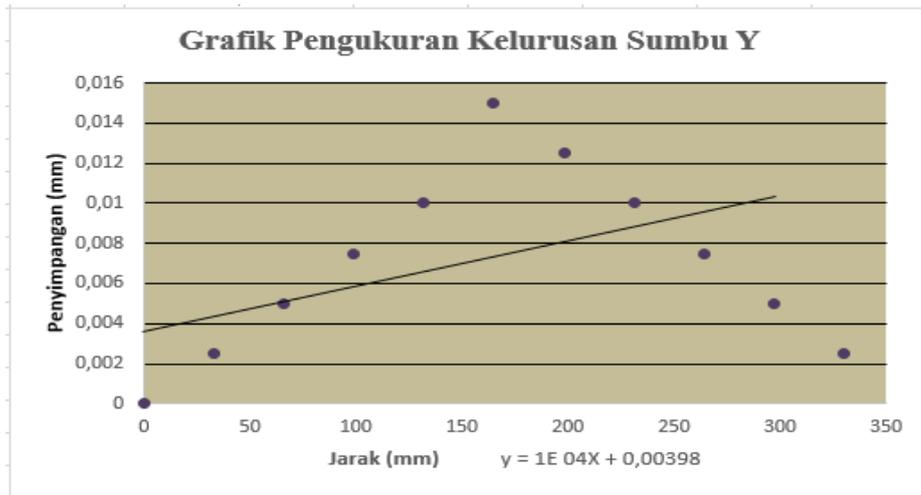
$$d1 = 0,006047 \text{ mm} \approx 0,01 \text{ mm}$$

Jadi $d1$ adalah nilai penyimpangan kelurusan batang pelurus (*block gauge*) pada sumbu X adalah 0,01 mm, hasil pengujian kedua sumbu X sudah memenuhi parameter standar kalibrasi, maka mesin CNC *router* kayu layak untuk di oprasikan atau di jalankan, sehingga masuk dalam toleransi mesin adalah 0,02 mm.

2. Sumbu Y

Tabel 2. Data dan analisa kelurusan permukaan meja sumbu Y

Jarak (mm)	Posisi Pengukuran (mm)				Rata-rata (mm)
	1	2	3	4	
0	0	0	0	0	0
33	0,05	-0,04	0,03	-0,03	0,003
66	0,05	-0,02	0,02	-0,01	0,005
99	0	0,01	0,01	0,01	0,008
132	0,01	0,02	0	0,01	0,010
165	0,02	0,01	0,01	0,02	0,015
198	0,01	0,01	0,01	0,02	0,013
231	0,02	0	0,01	0,01	0,010
264	0	0,02	0,01	0	0,008
297	0,01	0	0	0,01	0,005
330	0,01	0	0	0	0,003



Gambar 2. Grafik pengukuran kelurusan pada permukaan meja sumbu Y

Dari hasil pengujian penyimpangan terbesar terjadi pada titik (165, 0,015). Jarak antara titik penyimpangan terbesar dengan garis regresi adalah

$$d2 = \left| \frac{Ax1 + By1 + C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \right|$$

$$d2 = \left| \frac{(0,00008)(165) - (0,015) + 0,009}{\sqrt{(0,00008)^2 + (1)^2}} \right|$$

$$d2 = \frac{0,0072}{1,0089442719}$$

$$d2 = 0,0071361721 \text{ mm} \approx 0,01 \text{ mm}$$

Jadi $d2$ adalah nilai penyimpangan kelurusan batang pelurus (*block gauge*) pada sumbu Y adalah 0,01 mm, hasil pengujian sumbu Y sudah memenuhi parameter standar kalibrasi, maka mesin CNC *router* kayu layak untuk di oprasikan atau dijalankan, sehingga masuk dalam toleransi mesin adalah 0,02 mm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut. :

1. Dari analisa hasil perhitungan didapatkan nilai penyimpangan kelurusan yaitu:
 - a. Proses kalibrasi yang pertama sumbu X dilakukan dengan cara menggeser *dial indicator* diatas permukaan *block gauge* ditata sejajar dengan koordinat sumbu X sebesar 0,034 mm, sumbu Y sebesar 0,020 mm, dan sumbu Z dilakukan dengan cara menggeser *dial indicator* pada *body*

spindle sehingga diketahui hasil yaitu sebesar 0,02 mm. maka pengujian pertama mesin CNC *router* kayu belum layak dioperasikan.

b. Proses kalibrasi yang kedua sumbu X dilakukan dengan cara menggeser *dial indicator* diatas permukaan *block gauge* ditata sejajar dengan koordinat sumbu X sebesar 0,01 mm, sumbu Y sebesar 0,01 mm, dan sumbu Z dilakukan dengan cara menggeser *dial indicator* pada *body spindle* sehingga diketahui hasil yaitu sebesar 0,02 mm. maka pengujian kedua mesin CNC *router* kayu dinyatakan layak dioperasikan karena sudah memenuhi syarat toleransi mesin yaitu sebesar 0,02 mm.

c. Dari beberapa hasil percobaan baik dari bentuk simple maupun bentuk rumit, mesin ini mampu untuk dioperasikan sehingga output penelitian ini akan terus dijalankan.

2. Sumber kesalahan yang didapatkan atau dideteksi dengan cara mengkalibrasi sumbu x, y, dan z menggunakan alat *dial indicator* dan *block gauge* adalah sebagai berikut :

a. Sumber kesalahan pada mesin CNC *router* kayu yaitu pada ketinggian meja , sehingga perlu diberi alas pada sisi kaki meja dengan kertas 80 gr.

b. Hasil uji coba benda 2D menjadi 3D dapat menghasilkan benda yang baik. Hasil pengujian ini bersifat khusus untuk mesin CNC *router* kayu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ekinović, S., dkk.. 2013. *Callibration of Machine Tools by Means of Laser Measuring Systems*. Asian Transactions Engineering. Volume 02, pp.17-21.
- Elvys, E Y. 2015. *Peningkatan Keakurasian Gerakan Pada Prototype Mesin CNC Router 3 Axis*. Akademi Teknik Soroako. Sulawesi Selatan.
- Nayorama, Feriagam. 2016. *Analisa Sumbu Z Pada Proses Kalibrasi Dan Pergerakan Mesin CNC Router*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Prabowo Gesit. 2016. *Analisa Pengaruh Sumbu X Pada Mesin CNC Router*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Putra, Fajar Wijaya. 2016. *Kalibrasi sumbu Y terhadap ketelitian benda kerja pada mesin CNC router*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Subekti, Purwo. Prihartono Joko .2013. *Perencanaan Dan Kalibrasi Batang Pelurus Berdasarkan Standar JIS B7514*. Universitas Tama Jagakarsa. Jakarta. Volume 6, No.02, pp. 153-157