

PENGARUH KESALAHAN DIMENSI TERHADAP KETELITIAN GERAK *OUTPUT* MESIN *MILLING* 3 AXES

Muhammad Syaifudin¹, Syafri²,

Jurusan Teknik Mesin, Univesitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru, 28293

¹syai.udin60@yahoo.com, ²prie_00m022@yahoo.com,

ABSTRACT

The CNC (Computer Numerically Controlled) machine is a tool equipped with a computer-controlled mechanical and control system capable of reading N, G, F, T, and other code instructions. The codes will be instructed to the CNC machine interface system, so that the machine can work in accordance with the program listings that have been made. In general the selling price of this machine is still very high. Therefore, in this study designed a CNC machine with low cost which is intended for small and medium enterprises (SMEs). This CNC milling assembly machine has 3 axes that is X, Y and Z axis. In this research, the CNC milling 3 axes machine is consists of several important components such as guide ways, transmission system, driver and controller. These components are widely available in the market. CNC milling machine has dimensions size of machine length of 700 mm x width of 600 mm x height of 1227 mm. the CNC milling machine 3 axes has advantages that can make several types of wood carving products and acrylic. The results of the test where obtained accuracy of CNC milling 3 axes machine for Y axis that was 0.1946 mm and for X axis of 0.2463 mm.

Key Words : CNC, dimensions, accuracy, axis

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi sangat mempengaruhi semua aspek dari kehidupan khususnya dunia industri. Pada umumnya industri telah beradaptasi kepada teknologi otomatis sehingga yang dulunya pekerjaan tersebut dikerjakan oleh manusia sekarang digantikan oleh mesin. Hal ini karena adanya kekurangan manusia dalam bekerja seperti keterbatasan waktu kerja, ketelitian dan kondisi kerja (Islami,2013). Salah satu penyebab rendahnya produktifitas usaha kecil menengah (UKM) dalam negeri dikarenakan minimnya modal untuk pengadaan mesin perkakas modern seperti mesin *control numeric* (CNC), oleh karenanya sebagian UKM yang bergerak dibidang manufaktur dirasa tidak mampu mengadakan mesin perkakas tersebut untuk proses produksinya. Akibatnya UKM tidak mampu memproduksi produk-produk dengan geometri khusus dengan ketelitian yang tinggi, sehingga kalah bersaing dengan produk-produk impor yang berasal dari berbagai negara (Harrizal,2017).

Secara konseptual, pengembangan perusahaan dan produk kerajinan dapat dilakukan dengan peningkatan ketelitian produksi yang dapat: mengurangi penyesuaian pekerjaan, mengurangi tenaga kerja dengan keterampilan tinggi, pemanfaatan mesin yang lebih baik, dan menstabilkan kualitas hasil produksi (Okumoto dan Matsuzaki,1997)

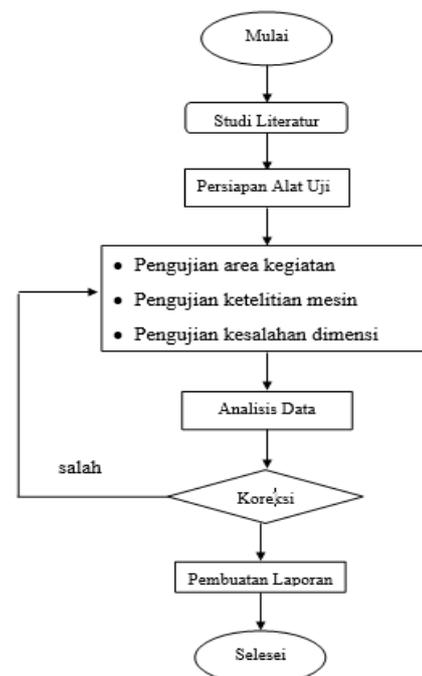
Di jurusan Teknik Mesin Universitas Riau telah mulai dilakukan penelitian tentang rancang bangun prototipe konstruksi mekanik mesin CNC *milling* 3 axis (Naldy, 2016).

Selanjutnya diteruskan penelitian tentang perancangan sistem kontrol mesin CNC 3 axis (Harrizal,2017).

Penelitian tersebut telah diperhitungkan sedemikian rupa dan telah dibuat di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin dengan biaya minimum. Pada penelitian ini akan difokuskan pada pengujian mesin CNC *milling* 3 axis. Nantinya penelitian ini akan difokuskan pada hasil penguujian mesin CNC *milling* 3 axis untuk mengetahui kesalahan dimesi terhadap ketelitian gerak yang dihasilkan mesin CNC *milling* 3 axis

2. Metodologi

Dalam pengujian ini ada beberapa tahapan yang harus dikerjakan, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan Sistem Pengujian.

2.1. Analisa Statistik

a. Rata - Rata :

Dalam penelitian bacaan instrumen biasanya akan menghasilkan bacaan-bacaan yang berbeda satu sama lain dan umumnya orang hanya akan memperhatikan rata-rata bacaannya saja. Jika bacaan ini ditandai X_i dan ada n bacaan maka rata-ratanya dapat dilihat pada persamaan 1 (Rochim, 2001).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

b) Devisiasi standar

Standar deviasi (simpangan baku) merupakan akar kuadrat dari varian dapat dilihat pada persamaan 2 (Rochim, 2001).

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2)$$

Nilai varian diperoleh dari pembagian hasil penjumlahan kuadrat (*sum of squares*) dengan ukuran data (n) dapat dilihat pada persamaan 3 (Rochim, 2001).

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3)$$

Namun begitu, dalam penerapannya, nilai varian tersebut bias untuk menduga varian populasi. Dengan menggunakan rumus tersebut, nilai varian populasi lebih besar dari varian sampel dapat dilihat pada persamaan 4 (Rochim, 2001).

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (4)$$

Nilai varian yang dihasilkan merupakan nilai yang berbentuk kuadrat. Untuk menyeragamkan nilai satuannya maka varian diakarkan kuadratkan sehingga hasilnya adalah standar deviasi (simpangan baku) dapat dilihat pada persamaan 5 (Rochim, 2001).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Untuk mempermudah penghitungan, rumus varian dan standar deviasi (simpangan baku) tersebut bisa diturunkan dapat dilihat pada persamaan 6 (Rochim, 2001).

Rumus varian :

$$s^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)} \quad (6)$$

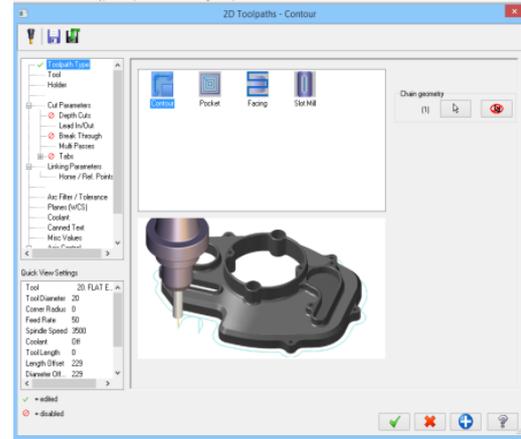
Rumus standar deviasi (simpangan baku) dapat dilihat pada persamaan 7 (Rochim, 2001).

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

2.2. Jenis-jenis proses pengerjaan mesin CNC milling

Pada penelitian ini, proses pengerjaan yang dapat dilakukan oleh mesin CNC *milling 3 axis* dapat dilihat pada Gambar 2 (N.N. 2004).

1. Contour



Gambar 2 Proses Contour

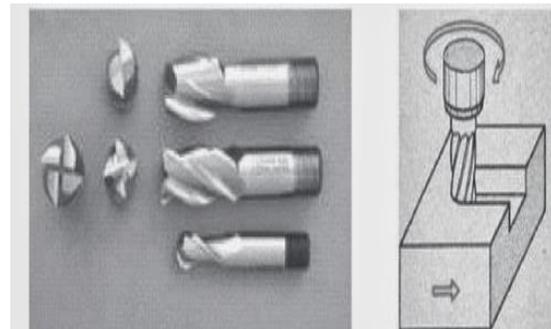
2. Pocket

3. Facing

4. Slot mill

2.3. Jenis Mata pahat

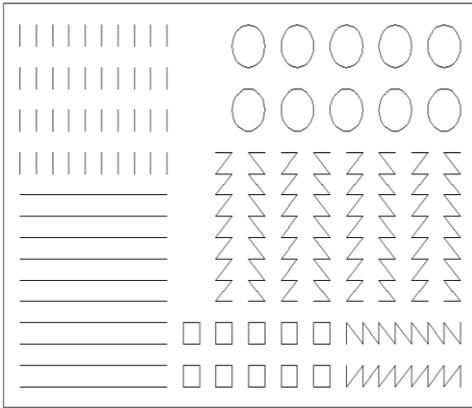
Dalam penelitian ini menggunakan mata pahat (*tool*) berupa mata pahat pisau *frais*.



Gambar 3 Pisau Frais Jari (Tim Asisten, 2011)

2.4. Disain Sample

Desain sampel yang akan diuji dibuat dengan menggunakan *software* CAD. Desain tersebut dibuat dengan dimensi dan posisi yang telah diatur agar hasil yang didapatkan mudah untuk diukur. Desain inilah yang menjadi pembanding dari hasil yang diperoleh dari proses mesin CNC *milling*. Desain CAD dari sampel dapat dilihat pada Gambar 4.

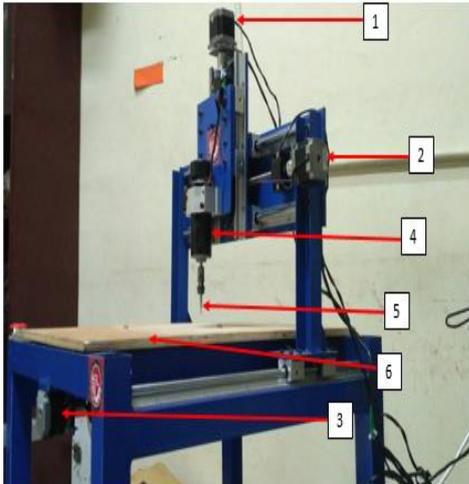


Gambar 4 Disain CAD Sampel untuk Pengujian Ketelitian dan Keterulangan

2.5. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian pengaruh kesalahan dimensi terhadap ketelitian gerak *output* mesin CNC *milling* 3 axis dapat dilihat pada Gambar 5.

a) Mesin CNC *milling* 3 axis



Gambar 5 Mesin CNC *milling* 3 axis

Keterangan:

1. Sumbu Z
2. Sumbu Y
3. Sumbu X
4. *Spindle*
5. Mata pahat
6. Meja kerja

b) Alat ukur yang digunakan, yaitu:

1. Jangka sorong
2. *Waterpas*

c) Sedangkan bahan uji yang digunakan:

1. Kertas milimeter

2.6. Prosedur pengukuran ketelitian gerak *output* mesin

1. Siapkan kertas milimeter
2. Siapkan *tool* yang telah diganti menggunakan pensil

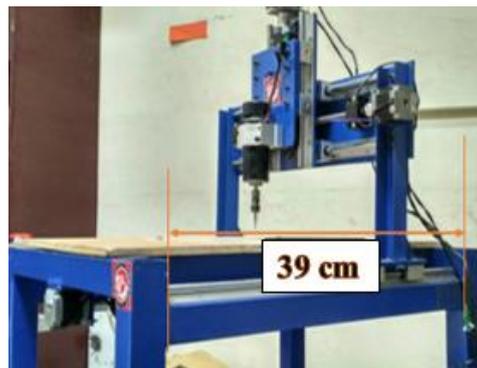
3. Buat gambar dimensi *sample* dengan menggunakan CAD
4. Membuat program *G code* dengan master *cam*
5. Operasikan mesin sesuai dengan *G code*
6. Hasil kertas milimeter diukur dan dibandingkan dengan data desain

3. Hasil

3.1. Parameter area kerja

a) Sumbu X

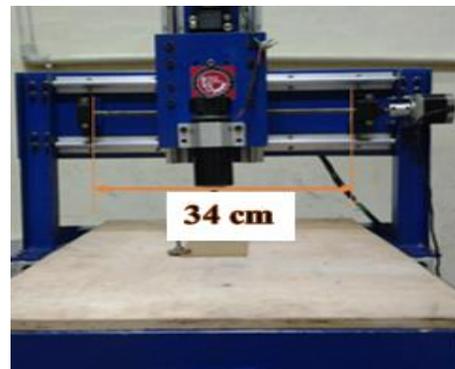
Parameter yang telah diukur pada mesin CNC *milling* 3 axis ini memiliki panjang area kerja 39,0 cm dapat dilihat pada Gambar 6. Area kerja ini dapat diketahui dengan cara mengukur panjang lintasan rel yang di lalui oleh batang sumbu X.



Gambar 6 Area kerja Sumbu X dengan panjang 39,0 cm.

b) Sumbu Y.

Panjang area kerja sumbu Y dapat diketahui panjangnya dengan mengukur panjang *ball screw* yang dilalui oleh lintasan sumbu Y dan panjang lintasan untuk sumbu Y yaitu 34,0 cm. Dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Area kerja Sumbu Y adalah 34,0 cm.

c) Sumbu Z

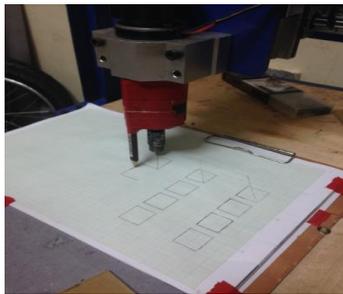
Panjang area kerja sumbu Z dapat diukur dari pergerakan naik turunnya *spindle* pada lintasan *ball screw* yang dapat dilihat pada Gambar 8. Panjangnya yaitu 9,67 cm.



Gambar 8 Area kerja Sumbu Z adalah 9.67 cm.

3.2. Proses pengujian keterulangan desain sampel persegi ukuran 20 mm x 20 mm.

Adapun proses pengujian desain sampel keterulangan persegi 20 mm x 20 mm dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Proses pengujian keterulangan.

3.3. Pengolahan data sampel keterulangan.

1. Data keterulangan persegi ukuran 20 mm x 20 mm untuk sumbu X dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabell Data keterulangan sumbu X

NO	Panjang sisi (x)	Satuan (mm)	Selesih (x) (mm)	(x-x)^2 (mm)
	(mm)			
1	19.50	20.00	0.50	0.03
2	20.00	20.00	0.00	0.11
3	20.00	20.00	0.00	0.11
4	19.50	20.00	0.50	0.03
5	19.50	20.00	0.50	0.03
6	20.50	20.00	0.50	0.03
7	19.50	20.00	0.50	0.03
8	20.50	20.00	0.50	0.03
9	19.50	20.00	0.50	0.03
10	20.00	20.00	0.00	0.11
11	20.00	20.00	0.00	0.11
12	19.50	20.00	0.50	0.03
Rata-rata	20.92	20.00	0.33	0.06
Jumlah	251.00	240.00	4.00	0.67

Setelah hasil pengolahan data diketahui dapat dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi pada sumbu X.

Standar deviasi sumbu X:

$$SD = \sqrt{\sum_{k=1}^n \frac{(X - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Maka:

$$= \sqrt{\frac{0.6667}{12-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.66667}{11}}$$

$$= \sqrt{0.060609}$$

$$= 0.2462 \text{ mm}$$

2. Data keterulangan persegi ukuran 20 mm x 20 mm untuk sumbu Y dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data keterulangan sumbu Y

No	Panjang sisi (x)	Satuan (mm)	Selesih (x) (mm)	(X-x)^2 (mm)
	(mm)			
1	21.00	20.00	1.00	0.01
2	21.00	20.00	1.00	0.01
3	21.00	20.00	1.00	0.01
4	21.00	20.00	1.00	0.01
5	21.00	20.00	1.00	0.01
6	20.50	20.00	0.50	0.17
7	21.00	20.00	1.00	0.01
8	20.50	20.00	0.50	0.17
9	21.00	20.00	1.00	0.01
10	21.00	20.00	1.00	0.01
11	21.00	20.00	1.00	0.01
12	21.00	20.00	1.00	0.01
Rata-rata	20.92	20.00	0.92	0.03
jumlah	251.00	240.00	11.00	0.42

Setelah hasil pengolahan data diketahui dapat dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi pada sumbu Y.

Standar deviasi sumbu Y:

$$SD = \sqrt{\sum_{k=1}^n \frac{(Y - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

Maka:

$$= \sqrt{\frac{0.4167}{12-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.4167}{11}}$$

$$= \sqrt{0.0379}$$

$$= 0.19463 \text{ mm}$$

3.4. Hasil pengukuran kesalahan dimensi

1. Kerataan meja kerja di ukur menggunakan *waterpass*

Dengan menggunakan *waterpass* sebagai alat untuk mengukur kerataan pada dudukan meja kerja, kita dapat mengetahui kerataan dudukan pada meja kerja mesin CNC *milling 3 axis* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Kerataan meja kerja di ukur menggunakan *waterpass*

2. Kelurusan plat Y diukur dengan menggunakan *waterpass*

Pengukuran plat Y menggunakan *waterpass* dapat dilakukan untuk mengetahui apakah plat Y lurus atau tidak dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Kelurusan plat Y diukur dengan menggunakan *waterpass*

3. Kelurusan rel Y1 dan Y2 diukur menggunakan *waterpass*

Dengan menggunakan *waterpass* kita dapat mengetahui kelurusan rel Y1 dan Y2 dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Kelurusan rel Y1 dan Y2 diukur menggunakan *waterpass*

4. Kelendutan plat Y di ukur dengan menggunakan *waterpass*

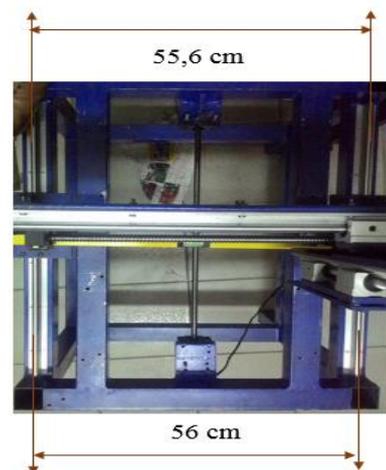
Dengan pengukuran menggunakan *waterpass* dapat kita ketahui kelendutan yang terjadi pada plat Y seperti pada Gambar 13 yaitu sebesar 1,5 mm.



Gambar 13 Kelendutan plat Y di ukur dengan menggunakan *waterpass*

5. Kesejajaran rel X1 dan rel X2

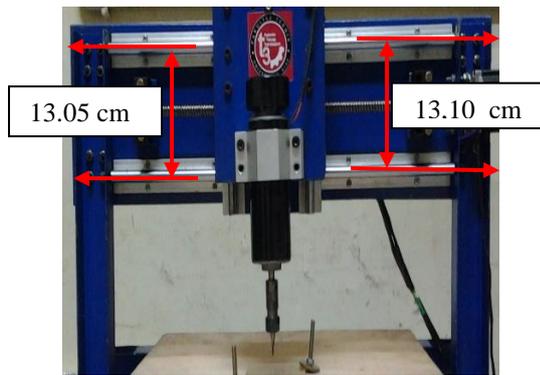
Untuk mengetahui kesejajaran antara rel X1 dan rel X2 dilakukan pengukuran menggunakan meteran. Hasil pengukuran untuk rel X1 yaitu 56 cm dan rel X2 55,6 cm. jadi selisih antara rel X1 dan rel X2 adalah 0,4 cm dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Kesejajaran rel X1 dan X2

6. Kesejajaran rel Y1 dan Y2

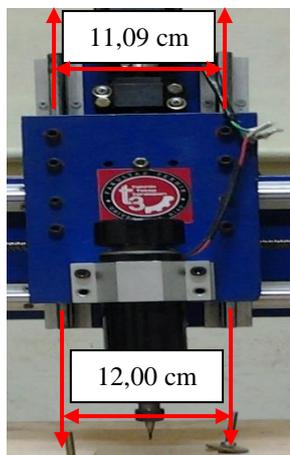
Untuk mengetahui kesejajaran antara rel Y1 dan rel Y2 dilakukan pengukuran menggunakan meteran. Hasil pengukuran untuk rel Y1 yaitu 13,10 cm dan rel Y2 13,05 cm. jadi selisih antara rel Y1 dan rel Y2 adalah 0,05 cm dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Kesejajaran rel Y1 dan Y2

7. Kesejajaran rel Z1 dan Z2

Untuk mengetahui kesejajaran antara rel Z1 dan rel Z2 dilakukan pengukuran menggunakan meteran. Hasil pengukuran untuk rel Z1 yaitu 11,9 cm dan rel Z2 adalah 12 cm. jadi selisih antara rel Z1 dan rel Z2 adalah 0,1 cm dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Kesejajaran rel Z1 dan Z2

4. Pembahasan

Untuk standar mesin CNC ketelitian sumbu X 0,2462 mm dan untuk ketelitian sumbu Y 0,1946 mm. Setelah dilakukannya pengujian tersebut dapat dianalisa adanya beberapa bagian dari mesin tersebut yang memiliki tingkat ketelitian yang rendah sehingga terjadinya penyimpangan dari produk yang dibuat. Adapun komponen tersebut adalah:

1. Screw dan Nut

Pada mesin CNC *milling* ini menggunakan *power screw* dan nut. Pemakaian *screw* untuk *transmission* pada mesin CNC ada beberapa kelemahan yaitu adanya *backlash* sehingga ketelitian mesin menjadi berkurang dan gesekan yang tinggi.

Jika dipakai terus menerus bisa mengakibatkan ketelitian mesin semakin berkurang karena adanya pengikisan material akibat gesekan *screw* dengan nut. Untuk mendapatkan mesin CNC yang teliti

transmission yang baik untuk digunakan adalah *ball screw*.

2. Profile Rail Guide

Mesin CNC *milling* ini menggunakan *profile rail guide*. Adapun kelemahan dari *profile rail guide* ini adalah jika diberi beban *vertical* mengakibatkan adanya penyimpangan. Hal ini sangat terlihat pada rangka sumbu X, saat sumbu X digerakkan terjadi penyimpangan antara 2 sisi dari *profile rail guide* di kiri dan di kanan sehingga gerakan sumbu X bergoyang dan tidak lancar.

Untuk pilihan *guide ways* yang baik untuk mesin CNC adalah menggunakan *roller guide ways* atau *bearing carriage guides*, karena *roller guide* mampu menahan beban *vertical* yang besar dan gesekan yang terjadi tidak terlalu besar.

4. Kedudukan tool pada sumbu Z

Bagian ini sangat besar mempengaruhi tingkat ketelitian dari mesin, Karena menjadi tempat kedudukan *tool*. Pada mesin CNC umumnya bagian ini harus sangat kokoh karena getaran dan pembebanan sangat besar, jika bagian ini tidak kokoh mengakibatkan penyimpangan saat pemotongan. Hal ini sangat terlihat pada saat benda yang dipotong memiliki kekerasan yang tinggi.

Pada pengujian sifat keterulangan mesin dapat dilihat bahwa keterulangan dari mesin cukup baik. Untuk pembuatan persegi penyimpangan terjadi pada sumbu X 0,2462 mm dan sumbu Y 0,1946 mm hal ini sama dengan ketelitian dari mesin. Tetapi pada pembuatan bentuk lingkaran untuk melihat kemampuan mesin bergerak secara parabolik adanya penyimpangan yang besar. Hal ini karena untuk bergerak parabolik melibatkan kombinasi dua sumbu yaitu XY yang bergerak secara bersamaan sehingga adanya penyimpangan yang besar.

5. Simpulan

Dari keseluruhan tugas akhir ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Mesin CNC *milling* yang dibuat berhasil bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
- Hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada mesin CNC *milling* adalah.

Ketelitian sumbu X: 0,2462 mm

Ketelitian sumbu Y: 0,1946 mm

- Area Kerja Optimal dari mesin CNC *milling* adalah 390 mm x 340 mm x 96,7 mm.

- Kesalahan dimensi pada mesin CNC *milling* 3 axis.

Kelendutan plat Y : 1,50 mm

Selisih kesejajaran rel X : 0,40 cm

Selisih kesejajaran rel Y : 0,05 cm

Selisih kesejajaran rel Z : 0,10 cm

- e) Mesin CNC *milling* dapat digunakan untuk pengerjaan berbahan kerja kayu, akrilik, aluminium.
- f) Adapun faktor-faktor yang menyebabkan kurangnya keakuratan atau kepresisian dari hasil pengujian dapat di pengaruhi dari beberapa faktor seperti:
- Selisih pengukuran kerataan, kelendutan dan kelurusan antara rel Y1, Y2 dan X1, X2 mengakibatkan kerja dari mesin CNC optimal, sehingga hasil pengerjaan yang dilakukan tidak sesuai dengan desain yang telah dirancang.
 - Pada mur *spindle* mengalami kecacatan sehingga saat dilakukan penguncian untuk mengencangkan mur hasil putaran mata pahat.

Daftar Pustaka

- Harrizal, Ikhlas Syukran. 2017. *Rancang Bangun System Control Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System*. JOM FTEKNIK, Vol.4, No. 2, Hal: 1-8.
- Islami, Fadli. 2013. *Rancang Bangun Prototype Mesin CNC Router*. Skripsi, Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Andalas Padang.
- N.N. 2004. Automation Mechanics, Eletronics, Software, System 2004. 10 Mesin CNC. Bowockcnc.blogspot.com. diakses tanggal 20 maret 2017.
- Naldy, Devri. 2016. *Perancangan dan Analisis Struktur Mekanik Prototipe Mesin CNC Milling 3 axis*. Skripsi, Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Riau Pekanbaru.
- Okumoto & Matsuzaki, *Approach to Accurate Production of Hull Strrcture*, 1997, Journal of Ship Production, Vol. 13, No. 3, 207 -214.
- Rochim, Taufik. 2001. *Spesifikasi, Metrologi, Dan Kontrol Kualitas Geometric 1*. ITB. Bandung.
- Tim Asisten. 2011. Laporan Pratikum Proses Produksi 1. Teknik Mesin.Universitas Andalas.