

# PENGARUH KESALAHAN DIMENSI MESIN CNC *HYBRID* 3 AXIS TERHADAP KETELITIAN DAN KEPRESISIAN PRODUK YANG DI HASILKAN

\*M. Ikhsan Januardi<sup>1</sup>, Syafri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Dosen Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293, Telp. 0761-63272

\*Email : [Ikhsan.januardi@gmail.com](mailto:Ikhsan.januardi@gmail.com)

## ABSTRACT

*CNC machines are machine tools that can be operated automatically. Usually a CNC machine can only do one machining process, so it is considered less effective. Based on this, the researchers conducted some research on machine tools capable of carrying out two or more machining processes (CNC Hybrid). In manufacturing CNC Hybrids, one that must be considered is the machine work area and accuracy. In this study, testing was conducted to determine the value of the work area and accuracy of the 3 Axis of CNC Hybrid. Testing is done by making as many as 20 pcs of product samples each. Furthermore, the products are measured to determine the value of the work area and accuracy of the machine. For the 3D printing process the test results are obtained in the form of a work area of 30 cm x 30 cm x 30 cm and a level of accuracy of 0.35 mm and a deviation value of 0.6205 mm. As for the machining process, the accuracy value is 0.45 mm and the repeat value is 18.15375 mm with a deviation of 1.84625 mm.*

**Keywords :** CNC, work area, accuracy, precision.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi sangat mempengaruhi semua aspek dari kehidupan khususnya dunia industri. Pada umumnya industri telah beradaptasi kepada teknologi otomasi 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 [1]. Suatu sistem atau mesin yang bersifat otomatis dapat bekerjadengan ketelitian yang tinggi, waktu kerja yang tak terbatas dan kondisi kerja yang ekstrim. Salah satu contohnya adalah mesin CNC. Mesin CNC merupakan sebuah bentuk mesin perkakas yang bersifat otomatis. Sebelum berkembangnya teknologi CNC mesin perkakas bekerja dioperasikan secara langsung oleh manusia sehingga untuk mendapatkan hasil yang teliti harus didukung dengan keahlian dari manusia atau operator mesin tersebut dalam menggunakan mesin. Dengan dirancangnya mesin perkakas CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi [2].

Dalam perkembangannya mesin CNC selama ini di khususkan hanya untuk satu proses kerja saja sesuai dengan jenis mesin CNC tersebut. Hal ini lah yang menerlatar belakangi pemilihan penelitian CNC *Hybrid* ini untuk dijadikan subjek penelitian. Adapun CNC *Hybrid* ini adalah mesin CNC yang memiliki dua atau lebih mampu proses pengerjaan mesin. Dalam penelitian ini menggabungkan dua proses pemesinan yaitu CNC 3D dan CNC *Milling*. Karena mesin ini dibuat

secara manual maka perlu dilakukan penelitian seberapa besar penyimpangan dimensi komponen mesin dari gambar desainnya, dari hasil pengukuran penyimpangan tersebut selanjutnya di analisis pengaruhnya terhadap output mesin dalam bentuk ketelitian kepresisian dan ketepatan produk yang mampu dihasilkan oleh mesin.

Pada Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, telah ada penelitian mengenai "Pembuatan Rangka Mesin CNC *Hybrid* 3 Axis"[3]. Reza dkk [4] melakukan penelitian menghubungkan program CAD CAM dengan eksekusi program ke dalam *interface* sehingga mesin CNC 3 Axis dapat dikendalikan oleh perangkat computer. Perancangan ini di fokuskan untuk membuat mesin CNC dengan biaya murah agar harga jual terjangkau oleh pelaku UKM. Maka dari itu, di perlukan sebuah penelitian hasil produksi dari mesin CNC dengan spesifikasi tersebut.

Penelitian ini difokuskan pada bahasan mengenai pengaruh kesalahan dimensi mesin terhadap hasil produksi dari mesin CNC tersebut.

## 2. Metodologi

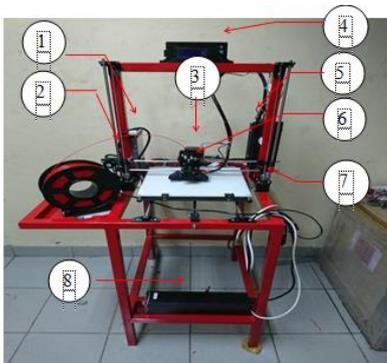
### 2.1 Data Spesifikasi Mesin CNC *hybrid* 3 axis

Pada tahap ini di perlukan data dari spesifikasi mesin CNC yang akan di jadikan penelitian, berikut ini adalah data spesifikasi.

1. Fungsi : 3D *printer* / CNC *Router*
2. Support material akrilik, pcb, gravoply, MDF, plywood, triplex, dan filament 3D *printer*.
3. Tegangan kerja : AC220V.
4. Area kerja 3D : 30 x 30 x 30 cm

5. Area kerja CNC : 30 x 30 x 30 cm.
6. *Frame* : Baja Hollow ST37 30 x 30 x 1.2
7. *Lighting* : *Led Strip*
8. Motor Spindle dengan Universal Chuck
9. Berat: 35.000 gr
10. Catu daya : *Powersupply* 12V 10A
11. Daya : ±470 Watt
12. Motor : Nema 17 1.8° step angle
13. *Controller* : Arduino Mega 2560
14. Mekanika Penggerak : *Timing Belt* *Gt2 pulley* dan *Leadscrew*
15. *Nozzle* : 0,4 mm
16. Pendingin : Fan 2510 dan Turbo Fan 12V
17. *Software* : Solidworks, Repetier host , Slic3r, Arduino IDE
18. *Extruder* : Direct
19. Bahan : *Filament* 1,75 PLA
20. *Endstop* : *Micro Limit Switch*
21. *Display* : LCD 128x64 and *rotary encoder*
22. Penguat Mekanik : Murdan Baut
23. *Shield* : Ramps 1.4 Shield Arduino Mega

Setelah data spesifikasi mesin CNC di tentukan, lalu mesin CNC dirakit sesuai dengan desain yang telah di sepakati di awal penelitian. Berikut ini adalah gambar mesin yang telah selesai di rakit dapat di tunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Mesin CNC *hybrid* 3 axis

Keterangan Gambar :

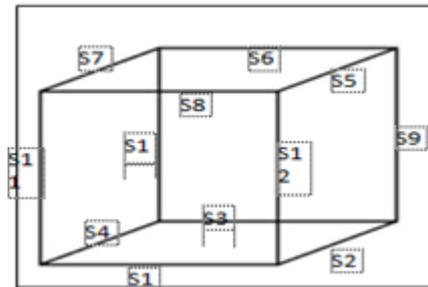
1. *Power supply* Motor *Stepper*
2. *Motor Stepper* X
3. *Motor Stepper* Y
4. *LCD* atau *Display*
5. *Arduino* dan *Driver*
6. *Ekstruder*
7. *Motor Stepper* Z
8. *Power Supply* *Spindle*

## 2.2 Prosedur Pengujian 3d Printing

Dalam penelitian bacaan instrument biasanya akan menghasilkan bacaan-bacaan yang berbeda satu sama lain dan umumnya orang hanya akan memperhatikan rata-rata bacaannya saja [5].

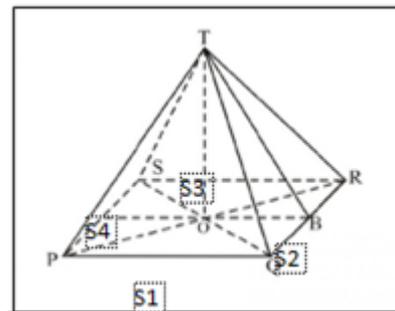
Untuk dapat menentukan ketelitian mesin cnc 3d *printing* maka dilakukan pengujian dengan

cara memprogram dan menggerakkan mesin membentuk sebuah kubus dengan ukuran setiap sisi 20 mm. Bentuk benda yang akan di cetak dapat di lihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Penandaan Kubus

Lalu, untuk dapat menentukan ketepatan mesin cnc 3d *printing* maka dilakukan pengujian dengan cara memprogram mesin untuk membuat *pyramid* dengan ukuran sisi1 = 20 mm, sisi2= 20 mm, dan tinggi = 20 mm. Bentuk benda yang akan di cetak dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Penandaan *Pyramid*

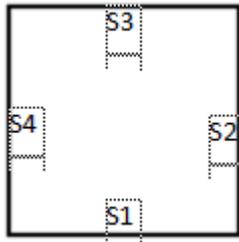
Lalu, setiap sisi dari benda di ukur sebanyak 20 kali persisi benda sesuai penomoran pada gambar 2.2 dan gambar 2.3. Kemudian untuk menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi pengukuran maka digunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$SD = \sqrt{\sum_{k=1}^n \frac{(\bar{S} - Sd)^2}{n-1}} \quad (1)$$

## 2.3 Prosedur Pengujian CNC Milling

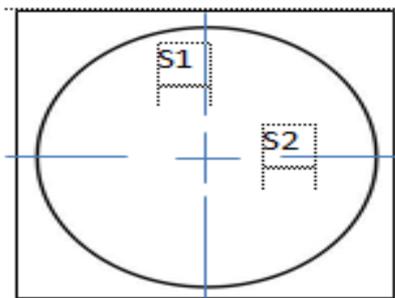
Kepresisian alat dapat di ukur berdasarkan hasil dari footprint hasil kerukan dan pengeboran mesin [7].

Untuk dapat menentukan ketelitian mesin cnc *milling* maka dilakukan pengujian dengan cara memprogram dan menggerakkan mesin membentuk sebuah persegi dengan ukuran setiap sisi 20 mm. Bentuk benda yang akan di cetak dapat di lihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Penandaan Persegi

Lalu, untuk dapat menentukan ketepatan mesin cnc *milling* maka dilakukan pengujian dengan cara memprogram dan menggerakkan mesin membentuk sebuah lingkaran dengan ukuran diameter 20 mm. Bentuk benda yang akan di cetak dapat di lihat pada gambar 5.

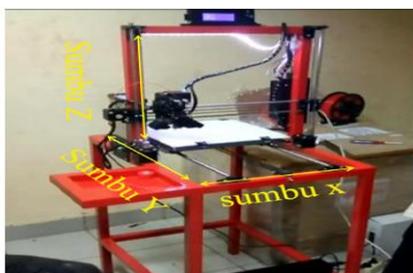


**Gambar 5.** Penandaan Lingkaran

Lalu, setiap sisi dari benda di ukur sebanyak 20 kali persisi benda sesuai penomoran pada gambar 2.4 dan gambar 2.5. Kemudian untuk menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi pengukuran maka digunakan persamaan (1).

#### 2.4 Prosedur Pengukuran Dimensi Mesin

Untuk dapat menentukan ketelitian dimensi mesin cnc *hybrid* maka dilakukan pengujian dengan cara mengukur tiap sumbu dan pengukuran dilakukan dengan menentukan 20 titik per tiap sumbu pergerakan mesin cnc. Bentuk penitikan yang akan di ukur dapat di lihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Penandaan Sumbu Dimensi Mesin

Lalu, setiap titik di sepanjang tiap sumbu dari benda di ukur sesuai penitikan gambar 2.6. Kemudian untuk menentukan nilai rata-rata dan

standar deviasi pengukuran maka digunakan persamaan (1).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Area Kerja

Data Hasil X rata-rata.

X= 30 cm.

Y= 30 cm.

Z = 30 cm.

Hasil rata rata pengukuran sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z konstan 30, 30 dan 30, dikarenakan proses pengujian dilakukan dengan manual dengan menggerakkan mesin dari nilai (0,0) hingga titik maksimalnya dan hasil yang diperoleh akan tetap sama.

#### 3.2 Hasil Pengujian 3D Printing

##### a. Ketelitian

Setelah data hasil pengukuran di dapat maka di data tersebut diolah dengan menggunakan persamaan standar deviasi untuk mendapatkan nilai ketelitiannya.

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

$$= \sqrt{\frac{(0,867)}{20-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,867}{19}}$$

$$= 0,04563158$$

Dari data yang diperoleh, didapat nilai standar deviasi sebesar 0,04563158. Dengan ketelitian yang dimiliki mesin mencapai 0,35 mm.

##### b. Ketepatan

Setelah data hasil pengukuran di dapat maka di data tersebut diolah dengan menggunakan persamaan standar deviasi untuk mendapatkan nilai ketepatannya.

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

$$= \sqrt{\frac{8,0739}{20-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{8,0739}{19}}$$

$$= 0,42494211$$

Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai Standar deviasi : 0,42494211, nilai keterulangan yang didapat 19.3795 dengan penyimpangan sebesar 0,6205.

### 3.3 Hasil Pengujian CNC Milling

#### a. Ketelitian

Setelah data hasil pengukuran di dapat maka di data tersebut diolah dengan menggunakan persamaan standar deviasi untuk mendapatkan nilai ketelitiannya.

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

$$= \sqrt{\frac{59.1037}{20-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{59.1037}{19}}$$

$$= 3.11721052$$

Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai Standar deviasi : 3.11721052. Dengan ketelitian dari CNC Milling senilai 0.45 mm.

#### b. Ketepatan

Setelah data hasil pengukuran di dapat maka di data tersebut diolah dengan menggunakan persamaan standar deviasi untuk mendapatkan nilai ketepatannya.

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

$$= \sqrt{\frac{68.440625}{20-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{68.440625}{19}}$$

$$= 3.60213816$$

Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai Standar deviasi : 3.60213816, nilai keterulangan yang didapat 18.15375 dengan penyimpangan sebesar 1.84625.

### 3.4 Perhitungan Proses Milling

Lalu untuk menentukan kecepatan mesin digunakan persamaan sebagai berikut [8]:

#### 1. Kecepatan potong

$$V_c = \frac{3,14.0,01m.300rpm}{1000} \quad (2)$$

$$= 0,00942^{mm}/_{menit}$$

#### 2. a = 0,2 mm

$$3. \quad l_t = l_v + l_w + l_n \quad (3)$$

$$= 0,5 \text{ mm} + 21 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm}$$

$$= 21 \text{ mm}$$

$$4. \quad V_f = f \times n \quad (4)$$

$$= 0.2 \text{ mm} \times 300 \text{ rpm}$$

$$= 60^{mm}/_{menit}$$

$$5. \quad T_c = \frac{l_t}{V_f} \quad (5)$$

$$= \frac{21mm}{60mm/ \text{menit}}$$

$$= 0.35 \text{ min}$$

### 3.5 Perhitungan dimensi mesin

#### a. Sumbu x

Untuk mengetahui kesejajaran sisi sumbu dilakukan pengukuran dengan menggunakan penggaris. Hasil pengukuran sumbu x yaitu 401 mm dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pengukuran Sumbu X

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

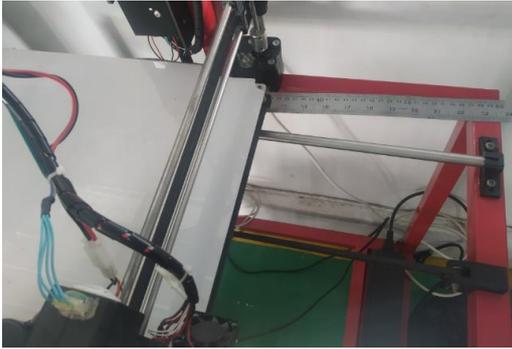
$$= \sqrt{\frac{39.4375}{20-1}}$$

$$= 1.111740$$

Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai Standar deviasi : 1.111740, nilai keterulangan yang didapat 401,3875 dengan penyimpangan sebesar 1,3875.

#### b. Sumbu y

Untuk mengetahui kesejajaran sisi sumbu dilakukan pengukuran dengan menggunakan penggaris. Hasil pengukuran sumbu y yaitu 601 mm dapat dilihat pada gambar 8.



**Gambar 8.** Pengukuran Dimensi Sumbu Y

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

$$= \sqrt{\frac{19.75}{20-1}}$$

$$= 1.0195458$$

Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai Standar deviasi : 1,0195458, nilai keterulangan yang didapat 600,975 dengan penyimpangan sebesar 0,975.

c. Sumbu z

Untuk mengetahui kesejajaran sisi sumbu dilakukan pengukuran dengan menggunakan penggaris. Hasil pengukuran sumbu z yaitu 497 mm dapat dilihat pada gambar 9.



**Gambar 9.** Pengukuran Dimensi Sumbu Z

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

$$= \sqrt{\frac{35.4375}{20-1}}$$

$$= 1.3656982$$

Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai Standar deviasi : 1,3656982, nilai keterulangan yang didapat 496,3125 dengan penyimpangan sebesar 1,3125.

#### 4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, luas area kerja mesin diperoleh senilai  $X = 30$  cm,  $Y = 30$  cm dan  $Z = 30$  cm. Oleh karena nya untuk menjaga keamanan mesin maka pada semua ujung sumbu koordinat mesin di pasang *limit switch*, sehingga apa bila spindel mesin bergerak melebihi batas area kerja maka mesin akan mati secara otomatis.

Ketelitian yang diperoleh berdasarkan hasil percobaan adalah sebesar 0,35mm dan nilai standar deviasi sebesar 0,04563158. Mengacu kepada fungsi mesin sebagai mesin kontrol numerik, maka tingkat ketelitian 0,35 mm relatif kurang baik untuk proses pemesinan karena hasil yang akan diberikan cenderung memiliki penyimpangan yang cukup besar.

Setelah dilakukan pengujian ketepatan didapat standar deviasi 0,42494211, dan penyimpangan dari keterulangan adalah 0,6205. Ketepatan dan ketelitian mesin menjadi kurang baik juga dipengaruhi oleh mesin yang dirakit (assembly) secara manual sehingga kekurangan-kekurangan berupa kelonggaran dan defleksi sangat mungkin terjadi pada mesin. Akibatnya pergerakan pada mesin menjadi tidak sempurna, sehingga ketelitiannya menjadi kurang baik. Hal ini terjadi karena mesin menggunakan ulir (*thread bar*), sehingga cenderung menyebabkan ketelitian mesin menjadi lebih rendah. Seharusnya menggunakan *ball Screw*, akan tetapi *ball screw* dengan ukuran yg sangat kecil tidak dapat ditemukan. Dan juga dengan bahan ukur / hasil cetakan yang kurang rapi menyebabkan penyimpangan yang cukup besar pada saat melakukan pengukuran, dan mempengaruhi ketelitian mesin.

Kemudian, untuk standar mesin CNC ketelitian sumbu x 1.1117406 mm, ketelitian sumbu y 1.0195458 mm dan ketelitian sumbu z 1.3656982 mm. Setelah dilakukannya pengujian tersebut dapat di analisa bahwa penyimpangan terjadi di karenakan pembuatan dan perakitan rangka dilakukan secara manual. Sebaiknya dalam perakitan di perlukan perlakuan khusus pada beberapa tahap yang membutuhkan tingkat hasil ketelitian yang tinggi seperti hasil pemotongan part rangka dan hasil pengelasan part rangka. Untuk pemotongan bisa menggunakan laser cutting yang menghasilkan potongan dengan ketelitian tinggi lalu untuk pengelesan dapat dilakukan dengan metoda las GTAW.

#### 5. Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dilakukan beberapa langkah prosedur menjalankan mesin sehingga dapat bekerja dengan baik. Dari hasil yang telah diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain adalah:

- a. Mesin CNC *Hybrid 3 Axis* yang dibuat berhasil bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
- b. Hasil data nilai dari luas area kerja Optimal dari mesin CNC *milling 3 Axis* adalah 30cm x 30cm x 30cm.
- c. Berdasarkan hasil pengujian ketelitian mesin CNC *Hybrid 3 Axis* dengan benda ukur berupa kubus.diperoleh nilai Standar deviasi 0,04563158, dan nilai ketelitian mesin 0,35 mm.
- d. Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai Standar deviasi sebesar 0,42494211, nilai keterulangan yang didapat 19.3795 dengan penyimpangan sebesar 0,6205.
- e. Dengan perakitan mesin yang dilakukan secara manual memungkinkan terjadinya kelonggaran dan defleksi sehingga mengakibatkan pergerakan mesin menjadi tidak sempurna, yang menyebabkan ketelitian dan ketepatan menjadi kurang baik.
- f. Mesini CNC *Hybrid 3 Axis* ini tidak cocok untuk memproduksi sebuah benda yang memiliki ketelitian tinggi.
- g. Hasil data pengukuran ketelitian dimensi sumbu x 1.1117406 mm, ketelitian sumbu y 1.0195458 mm dan ketelitian sumbu z 1.3656982 mm.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Islami, Fadli. 2013. *Rancang Bangun Prototype Mesin CNC*. Padang : Skripsi Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Andalas.
- [2] Rahdyanta, D. 2016. Bagian – bagian Utama Mesin *Milling CNC*, UNY, Yogyakarta.
- [3] Paruci, Cahyo D. 2019. Pembuatan Rangka Mesin CNC *Hybrid 3 Axis*.
- [4] Fahlevi M.R., Syafri, Susilawati, A., 2017. Perencanaan CAD CAM Mesin CNC *Milling Router 3 Axis* Dengan Perangkat Lunak *Msatercam*.
- [5] Rochim, Taufik. 2001. Spesifikasi, Metrologi Dan Kontrol Kualitas Geometric I. Bandung : ITB.
- [6] Sudjana. 2009. Metode Statistika. Bandung: Tarsito
- [7] Pradana, Dityo Kurniawan. 2011. Rancang Bangun CNC *Milling*.
- [8] Widarto. 2008. Teknik Pemesinan. Jakarta : Depdiknas.