

PENGARUH *SPINDLE SPEED, FEED RATE, DAN DEPTH OF CUT* TERHADAP AKURASI HASIL PERMESINAN PADA MESIN *CNC ROUTER 3 SUMBU*

Irawan Malik¹⁾, Azharuddin²⁾, Slamet Riyadi³⁾

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139
Telp : 0711-353414, Fax : 0711-453211
e-mail : Slamet0803@gmail.com

Abstrak

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Spindle Speed, Feed Rate dan Depth of Cut terhadap akurasi hasil permesinan pada mesin CNC Router 3 sumbu. Proses permesinan pada mesin CNC Router 3 sumbu yang dilakukan menggunakan material kayu Tembesu dengan variasi parameter spindle speed 530, 663, dan 795 (RPM), Feed Rate 50, 55, dan 60 (mm/mnt), dan Depth Of Cut 1, 2, dan 3 (mm), dengan desain benda kerja pada Sumbu X 30 mm, Sumbu Y 30 mm, dan Sumbu Z 6 mm. Hasil dari proses permesinan pada mesin CNC Router 3 sumbu setelah dilakukan pengukuran pada benda kerja di setiap sumbu, data tersebut diproses dengan menggunakan program SPSS 22 dihasilkan keakurasian benda kerja hasil proses permesinan pada mesin CNC Router parameter Spindle speed, Feed Rate dan Depth Of Cut secara bersama-sama berpengaruh sebesar; 91,8 % pada sumbu X, 74.3% pada sumbu Y, dan 5.5 % pada umbu Z. dan 8.2% pada sumbu X, 25.4% pada sumbu Y, 94.5% pada umbu Z, keakurasian dipengaruhi oleh tidak rantaya permukaan atau penempatan benda kerja pada meja mesin, serat benda kerja (kayu tembesu) yang tidak sama. Akurasi terbaik didapat pada spindle speed 530 (RPM), Feed Rate 50 (mm/mnt), dan Depth Of Cut 2 (mm), dengan ukuran benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X 29.99 mm, Sumbu Y 30.01 mm, dan Sumbu Z 6.01 mm.

Kata Kunci : CNC Router, Spindle Speed, Feeding, DO, Akurasi Benda Kerja Yang Dihasilkan, Kayu Tembesu.

Abstract

The main purpose of this study is to determine the effect of Spindle Speed, Feed Rate and Cut Depth on the accuracy of machining results on a 3 axis CNC Router machine. The machining process on the 3 axis CNC Router machine is carried out using Tembesu wood material with variations in spindle speed parameters 530, 663, and 795 (RPM), Feed Rate 50, 55 and 60 (mm / min), and Depth of Cut 1, 2, and 3 (mm), with the workpiece design on the X 30 mm Axis, 30 mm Y Axis, and 6 mm Z Axis. The results of the machining process on the 3 axis CNC Router machine after measurement on the work object on each axis, this data is processed using the SPSS 22 program resulting in the accuracy of the workpiece machining work on the CNC Router machine spindle speed, Feed Rate and Cut by joint depth -same affect of; 91.8% on the X axis, 74.3% on the Y axis, and 5.5% on the Z axis. And 8.2% on the X axis, 25.4% on the Y axis, 94.5% on the Z axis, accuracy by there is no chain on the machine table, fiber objects work (kayu tembesu) that are not the same. The best accuracy is obtained at 530 spindle speed (RPM), Feed Rate 50 (mm / min), and Depth of Cut 2 (mm), with the workpiece dimension is obtained at 29.99 mm X axis, 30.01 mm Y axis, and Z axis 6.01 mm.

Keyword : CNC Router, Spindle Speed, Feeding, DOC, Accuracy of Workpiece Produced, Tembesu Wood.

1. PENDAHULUAN

Persaingan pada era globalisasi menuntut bahwa setiap kegiatan produksi manufaktur harus memperhatikan aspek standar kualitas. Dalam proses permesinan secara manual maupun (*Computer Numerical Control*) CNC, output yang diharapkan adalah mampu melakukan proses permesinan secara tepat dalam skala yang besar dengan desain yang telah di tentukan. Namun pada hasil proses permesinan sering terjadi adanya penyimpangan ukuran dalam produk yang dikerjakan.

CNC (*Computer Numerical Control*) adalah salah satu mesin yang ada sejak berkembangnya ilmu pengetahuan dan output yang diharapkan adalah mampu melakukan proses permesinan secara tepat dan skala yang besar dengan desain yang diharapkan. Namun pada hasil proses permesinan masih sering terjadi penyimpangan ukuran pada produk yang dikerjakan .

Mesin CNC milling router adalah mesin perkakas bersistem kontrol menggunakan CNC (*Computer Numerical Control*) dengan gerak utama berputar dan gerak makannya dilakukan oleh alat potong atau Spindle milling . Mesin perkakas CNC Router 3 axis sistem kontrol PC (*Personal Computer*) Program CNC menggunakan perangkat lunak CAD/CAM. diubah oleh software Mach3 dan dikirimkan sinyal pada setiap sumbu x, y dan z melalui motor stepper menjadi perintah untuk mengoperasikan [9].

Pada kegiatan produksi yang proses pengerjaannya menggunakan mesin CNC Router 3 sumbu, ketepatan bentuk dan keakurasian ukuran yang ditampilkan akan mempengaruhi nilai jual suatu produk. Dasar dari setiap pekerjaan permesinan mempunyai persyaratan kualitas ketepatan bentuk dan keakurasian ukuran yang berbeda-beda tergantung dari fungsinya. Kualitas bentuk hasil dari penyayatan dapat dilihat dari ketepatan ukuran dari produk tersebut. Makin akurat ukurannya maka makin baik kualitasnya, sehingga cukup beralasan bahwa keakuratan ukuran hasil pekerjaan mesin milling diperhatikan dan dicari solusi untuk mendapatkan yang seakurat mungkin.

Proses permesinan yang dilakukan pada mesin CNC milling adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong yang berputar. Beberapa parameter yang bisa mempengaruhi proses permesinan adalah cutter speed yang berhubungan dengan putaran motor dan diameter alat potong, Feed Rate berhubungan dengan kecepatan pemakanan dan *Depth Of Cut* (kedalaman pemakanan). Ketiga parameter pemakanan tersebut merupakan parameter penting dalam sebuah proses permesinan. Pemilihan parameter pemotongan yang tepat dalam proses permesinan adalah hal yang sangat penting untuk meraih kualitas produk

yang baik serta proses yang ekonomis dan produktif [2].

2. BAHAN DAN METODA

Pelaksanaan pengambilan data dalam proses penelitian ini, dilakukan dengan melakukan eksperimen. Bahan/material dan peralatan yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bahan/material yang digunakan adalah Kayu Tembesu.
- Peralatan yang digunakan adalah Mesin CNC Router 3 sumbu dengan area kerja 100 cm x 60 cm, Jangka Sorong Digital Ketelitian 0,01mm, Cutter Straight Bit 6.35 mm.



Gambar 1. Mesin CNC Router

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana proses pengambilan data bahan sebagai sampel diproses permesinan dengan CNC Router dengan variabel seperti pada Tabel 1, kemudian dilakukan pengukuran di sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z pada beda kerja hasil proses permesinnan tersebut.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No.	Parameter		
	<i>Spindle Speed</i> (RPM)	<i>Feed Rate</i> (mm/mnt)	<i>Depth Of Cut</i> (mm)
1	530	50	1
2	530	55	1
3	530	60	1
4	663	50	1
5	663	55	1
6	663	60	1
7	795	50	1
8	795	55	1
9	795	60	1
10	530	50	2
11	530	55	2
12	530	60	2
13	663	50	2
14	663	55	2
15	663	60	2
16	795	50	2

No.	Parameter		
	Spindle Speed (RPM)	Feed Rate (mm/mnt)	Depth Of Cut (mm)
17	795	55	2
18	795	60	2
19	530	50	3
20	530	55	3
21	530	60	3
22	663	50	3
23	663	55	3
24	663	60	3
25	795	50	3
26	795	55	3
27	795	60	3

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL PENELITIAN

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan variabel parameter permesinan Spindle speed 530 Rpm, 663 Rpm, dan 795 Rpm, Feed Rate 50 mm/Mnt, 55 mm/Mnt, dan 60mm/Mnt, Depth Of Cut 1 mm 2 mm dan 3 mm, dengan desain benda kerja pada sumbu x 30mm, sumbu Y 30mm, dan sembu Z 6 mm. didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

No.	Parameter			Hasil Pengukuran		
	Spindle Speed (RPM)	Feed Rate (mm/mnt)	Depth Of Cut (mm)	Sumbu X (30 mm)	Sumbu Y (30 mm)	Sumbu Z (6 mm)
1	530	50	1	30.05	29.99	6.02
2	530	55	1	29.68	29.96	6.06
3	530	60	1	30.00	30.02	6.09
4	663	50	1	30.04	30.00	6.15
5	663	55	1	29.90	30.08	6.13
6	663	60	1	30.11	30.05	6.09
7	795	50	1	29.97	30.03	6.07
8	795	55	1	30.03	29.85	5.97
9	795	60	1	29.42	30.08	5.98
10	530	50	2	29.99	30.01	6.01
11	530	55	2	29.44	30.07	6.02
12	530	60	2	29.76	30.12	6.16
13	663	50	2	29.63	29.83	6.09
14	663	55	2	29.14	29.85	6.19
15	663	60	2	29.30	29.92	6.21
16	795	50	2	29.32	29.75	6.04
17	795	55	2	29.28	29.79	5.96
18	795	60	2	29.12	29.66	5.95
19	530	50	3	28.73	29.63	5.96
20	530	55	3	28.74	29.73	5.95
21	530	60	3	28.59	29.75	6.02
22	663	50	3	28.61	29.61	6.05
23	663	55	3	28.52	29.51	6.00

No.	Parameter			Hasil Pengukuran		
	Spindle Speed (RPM)	Feed Rate (mm/mnt)	Depth Of Cut (mm)	Sumbu X (30 mm)	Sumbu Y (30 mm)	Sumbu Z (6 mm)
24	663	60	3	28.56	29.39	5.95
25	795	50	3	28.71	29.53	6.09
26	795	55	3	28.15	29.63	6.00
27	795	60	3	28.29	29.35	5.93

3.2 PEMBAHASAN

Data hasil pengujian akan dikalkulasi dan dianalisis dengan menggunakan bantuan software IBM SPSS 22, pembahasan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pengaruh Parameter Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed Terhadap Hasil Permesinan Pada Sumbu X

Untuk mengetahui Pengaruh Parameter Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed terhadap hasil permesinan pada Sumbu X, dapat dilihat pada tabel dan pembahasan dibawah ini:

Tabel 3. Tabel Model Summary Sumbu X

Model Summary ^a				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.963 _a	.928	.918	.17811

a. Predictors: (Constant), Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed
 b. Dependent Variable: Sumbu X

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dihasilkan koefisien determinasi (Adjusted R Square) sebesar 91,8 %, hal ini menunjukkan bahwa 91,8 % keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X yang terjadi dipengaruhi oleh Spindle speed, Feed Rate dan Depth Of Cut.

Tabel 4. Tabel ANOVA Sumbu X

ANOVA ^a						
Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	
1	Regression	9.368	3	3.123	98.428	.000 ^b
	Residual	.730	23	.032		
	Total	10.097	26			

a. Dependent Variable: Sumbu X
 b. Predictors: (Constant), Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed

Untuk menguji bahwa variabel Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut memang benar mempunyai pengaruh simultan (bersama-sama) terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan

pada Sumbu X, hal ini perlu dilakukan pengujian hipotesanya dengan menggunakan angka F yang dihasilkan pada Tabel ANOVA. Hipotesanya adalah:

- H0: variabel Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.
- H1: variabel Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.
- Jika Fhitung > FTabel, maka H0 ditolak dan H1 diterima.
- Jika Fhitung < FTabel, maka H0 diterima dan H1 ditolak

$F_{Tabel} = (k; n-k) = F (3;24) = 3.01$

Berdasarkan Tabel F atau Tabel distribusi F dihasilkan $F_{Tabel} = 3.01$ dan $F_{hitung} = 98.428$. Sehingga hal tersebut dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima, yang berarti variabel Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.

Tabel 5. Tabel Residuals Statistics Sumbu X

Residuals Statistics ^a					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	28.4561	30.1427	29.2993	.60024	27
Residual	-.42045	.41677	.00000	.16752	27
Std. Predicted Value	-1.405	1.405	.000	1.000	27
Std. Residual	-2.361	2.340	.000	.941	27

a. Dependent Variable: Sumbu X

Dengan dihasilkannya nilai *Std. Error of the Estimate (SEE)* lebih kecil dari *Std. Deviation* ($0,17811 < 0.941$), maka dapat dinyatakan bahwa variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* cukup layak dijadikan sebagai *predictor* untuk variabel keakurasian pada Sumbu X.

Model regresi tersebut dinyatakan layak/baik untuk memprediksi tingkat keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X, karena angka probabilitas yang dihasilkan pada Tabel ANOVA lebih kecil dari 0,05 (angka probabilitasnya 0,000).

Tabel 6. Tabel Coefficient Sumbu X

Coefficients ^a				
	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	T	Sig.
Model				

	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	31.624	.515		61.367	.000
Spindle Speed	-.001	.000	-.115	-2.051	.052
Feed Rate	-.008	.008	-.056	-1.006	.325
Depth Of Cut	-.715	.042	-.955	-17.031	.000

a. Dependent Variable: Sumbu X

Untuk menguji bahwa variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* memang benar mempunyai pengaruh parsial (sendiri) terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X, hal ini perlu dilakukan pengujian hipotesanya dengan menggunakan angka t_{Tabel} pada Tabel distribusi dan angka t_{hitung} yang dihasilkan pada Tabel *Coefficients* Sumbu X.

$t_{Tabel} = (\alpha/2; n-k-1) = t (0.025; 23) = -2.069$

Hipotesa untuk variabel *Spindle speed* :

- H0 : variabel *Spindle speed* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.
- H1 : variabel *Spindle speed* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima. Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Diketahui nilai $t_{hitung} -2.051 < t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 terima dan H1 ditolak, yang berarti variabel *Spindle speed* secara parsial (sendiri) tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.

Hipotesa untuk variabel *Feed Rate* :

- H0 : variabel *Feed Rate* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.
- H1 : variabel *Feed Rate* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima. Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

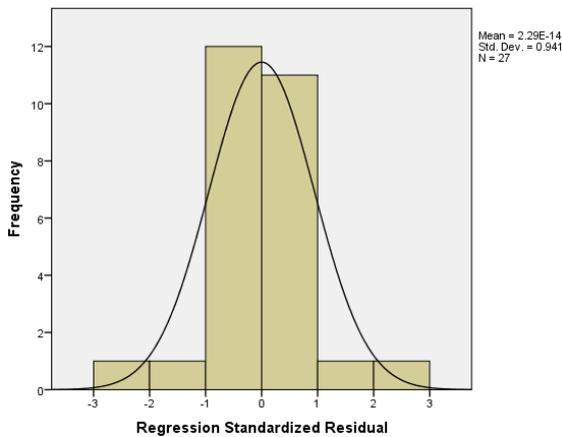
Diketahui nilai $t_{hitung} -1.006 < t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 terima dan H1 ditolak, yang berarti variabel *Feed Rate* secara parsial (sendiri) tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.

Hipotesa untuk variabel *dept of cut*:

- H0 : variabel *dept of cut* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.
- H1 : variabel *dept of cut* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima. Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Diketahui nilai $t_{hitung} -17.031 > t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 terima, yang berarti variabel *dept of cut* secara pasial (sendiri) berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X.



Gambar 2. Grafik *Dependent* variabel sumbu X

3.2.1 Pengaruh Parameter *Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed* Terhadap Hasil Permsinan Pada Sumbu Y.

Untuk mengetahui Pengaruh Parameter *Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed* terhadap hasil permsinan pada Sumbu Y, dapat dilihat pada tabel dan pembahasan dibawah ini:

Tabel 7. Tabel Model Summary Sumbu Y

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.879 ^a	.773	.743	.11340

a. Predictors: (Constant), *Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed*
 b. *Dependent Variable*: Sumbu Y

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dihasilkan koefesien determinasi (*Adjusted R Square*) sebesar 74.3%, hal ini menunjukkan bahwa 74.3% keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y yang terjadi dipengaruhi oleh *Spindle speed, Feed Rate dan Depth Of Cut*.

Tabel 8. Tabel ANOVA Sumbu Y

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	<i>Regression</i>	1.004	3	.335	26.035	.000 ^b
	<i>Residual</i>	.296	23	.013		
	Total	1.300	26			

a. *Dependent Variable*: Sumbu Y
 b. Predictors: (Constant), *Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed*

(Sumber: Telah Diolah)

Untuk menguji bahwa variabel *Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut* memang benar mempunyai pengaruh simultan (bersama-sama) terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y, hal ini perlu dilakukan pengujian hipotesanya dengan menggunakan angka F yang dihasilkan pada Tabel ANOVA. Hipotesanya adalah :

- H_0 : variabel *Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.
- H_1 : variabel *Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.
- Jika $F_{hitung} > F_{Tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- Jika $F_{hitung} < F_{Tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

$F_{Tabel} = (k; n-k) = F (3;24) = 3.01$

Berdasarkan Tabel F atau Tabel distribusi F dihasilkan $F_{Tabel} = 3.01$ dan $F_{hitung} = 26.035$. Sehingga hal tersebut dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti variabel *Spindle speed, Feed Rate dan dept of cut* secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.

Tabel 9. Tabel Residuals Statistics Sumbu Y

Residuals Statistics ^a					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
<i>Predicted Value</i>	29.4914	30.1526	29.821	.19655	27
<i>Residual</i>	-.19827	.21966	.00000	.10666	27
<i>Std. Predicted Value</i>	-1.681	1.683	.000	1.000	27
<i>Std. Residual</i>	-1.748	1.937	.000	.941	27

a. *Dependent Variable*: Sumbu Y

Dengan dihasilkannya nilai *Std. Error of the Estimate (SEE)* lebih kecil dari *Std. Deviation* ($0.11340 < 0.941$), maka dapat dinyatakan bahwa variabel *Spindle Speed, Feed Rate dan dept of cut* cukup layak dijadikan sebagai *predictor* untuk variabel keakurasian pada Sumbu Y.

Model regresi tersebut dinyatakan layak/baik untuk memprediksi tingkat keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y, karena angka probabilitas yang dihasilkan pada Tabel ANOVA lebih kecil dari 0,05 (angka probalitasnya 0,000).

Tabel 10. Tabel Coefficients Sumbu Y

Coefficients ^a	
---------------------------	--

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	30.945	.328		94.315	.000
Spindle Speed	-.001	.000	-.362	-3.639	.001
Feed Rate	-.004	.005	-.070	-.707	.487
Depth Of Cut	-.214	.027	-.798	-8.023	.000

a. Dependent Variable: Sumbu Y

Untuk menguji bahwa variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* memang benar mempunyai pengaruh parsial (sendiri) terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y, hal ini perlu dilakukan pengujian hipotesanya dengan menggunakan angka t_{Tabel} pada Tabel distribusi dan angka t_{hitung} yang dihasilkan pada Tabel *Coefficients*.

$$t_{Tabel} = (\alpha/2; n-k-1) = t(0.025; 23) = -2.069$$

Hipotesa untuk variabel *Spindle speed*:

- H0: variabel *Spindle speed* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.
- H1: variabel *Spindle speed* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima.

Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Diketahui nilai $t_{hitung} -3.639 > t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima, yang berarti variabel *Spindle speed* secara parsial (sendiri) berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.

Hipotesa untuk variabel *Feed Rate*:

- H0: variabel *Feed Rate* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.
- H1: variabel *Feed Rate* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima.

Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Diketahui nilai $t_{hitung} -0.707 < t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 diterima dan H1 ditolak, yang berarti variabel *Feed Rate* secara parsial (sendiri) tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.

Hipotesa untuk variabel *dept of cut*:

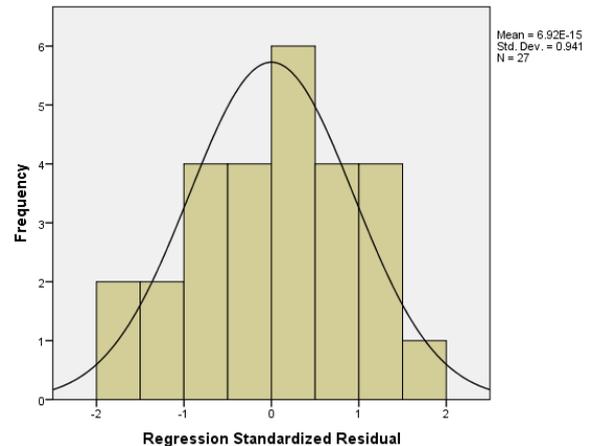
- H0: variabel *dept of cut* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.

- H1: variabel *dept of cut* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima.

Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Diketahui nilai $t_{hitung} -8.023 > t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima, yang berarti variabel *dept of cut* secara parsial (sendiri) berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Y.



Gambar 3. Grafik *Dependent* variabel sumbu Y

3.2.2 Pengaruh Parameter *Depth Of Cut*, *Feed Rate*, *Spindle Speed* Terhadap Hasil Permsinan Pada Sumbu Z.

Untuk mengetahui Pengaruh Parameter *Depth Of Cut*, *Feed Rate*, *Spindle Speed* terhadap hasil permsinan pada Sumbu Z, dapat dilihat pada tabel dan pembahasan dibawah ini:

Tabel 11. Tabel Model Summary Sumbu Z

Model Summary ^a				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.405 ^a	.164	.055	.07633

a. Predictors: (Constant), Depth Of Cut, Feed Rate, Spindle Speed
b. Dependent Variable: Sumbu Z

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dihasilkan koefisien determinasi (*Adjusted R Square*) sebesar 5.5 %, hal ini menunjukkan bahwa 5.5 % keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z yang terjadi dipengaruhi oleh *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *Depth Of Cut*.

Tabel 12. Tabel ANOVA Sumbu Z

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.026	3	.009	1.503	.240 ^b
Residual	.134	23	.006		
Total	.160	26			

a. *Dependent Variable:* Sumbu Z
 b. *Predictors:* (Constant), *Depth Of Cut*, *Feed Rate*, *Spindle Speed*

Untuk menguji bahwa variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* memang benar mempunyai pengaruh simultan (bersama-sama) terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z, hal ini perlu dilakukan pengujian hipotesanya dengan menggunakan angka F yang dihasilkan pada Tabel ANOVA. Hipotesanya adalah :

- H0: variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.
- H1: variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.
- Jika $F_{hitung} > F_{Tabel}$, maka H0 ditolak dan H1 diterima.
- Jika $F_{hitung} < F_{Tabel}$, maka H0 diterima dan H1 ditolak

$$F_{Tabel} = (k; n-k) = F (3;24) = 3.01$$

Berdasarkan Tabel F atau Tabel distribusi F dihasilkan $F_{Tabel} = 3.01$ dan $F_{hitung} = 1.503$. Sehingga hal tersebut dapat disimpulkan bahwa $F_{hitung} < F_{Tabel}$, maka H0 diterima dan H1 ditolak, yang berarti variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* secara simultan (bersama-sama) tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.

Tabel 13. Tabel *Residuals Statistics* Sumbu Z

<i>Residuals Statistics</i>					
	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>N</i>
<i>Predicted Value</i>	5.9890	6.0955	6.0422	.03178	27
<i>Residual</i>	-.09456	.16337	.00000	.07179	27
<i>Std. Predicted Value</i>	-1.674	1.675	.000	1.000	27
<i>Std. Residual</i>	-1.239	2.140	.000	.941	27

a. *Dependent Variable:* Sumbu Z

Dengan dihasilkannya nilai *Std. Error of the Estimate (SEE)* lebih kecil dari *Std. Deviation* ($0.07633 > 0.03178$), maka dapat dinyatakan bahwa variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* cukup layak dijadikan sebagai *predictor* untuk variabel keakurasian pada Sumbu Z.

Tabel 14. Tabel *Coefficients* Sumbu Z

<i>Coefficients^a</i>					
Model	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	T	Sig.
	B	<i>Std. Error</i>	Beta		

1 (Constant)	6.131	.221		27.760	.000
<i>Spindle Speed</i>	-9.987E-5	.000	-.140	-.736	.469
<i>Feed Rate</i>	.001	.004	.047	.247	.807
<i>Depth Of Cut</i>	-.036	.018	-.377	-1.976	.060

a. *Dependent Variable:* Sumbu Z

Untuk menguji bahwa variabel *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *dept of cut* memang benar mempunyai pengaruh parsial (sendiri) terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z, hal ini perlu dilakukan pengujian hipotesanya dengan menggunakan angka t_{Tabel} pada Tabel distribusi dan angka t_{hitung} yang dihasilkan pada Tabel *Coefficients*.

$$t_{Tabel} = (\alpha/2; n-k-1) = t (0.025; 23) = -2.069$$

Hipotesa untuk variabel *Spindle speed* :

- H0 : variabel *Spindle speed* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.
- H1 : variabel *Spindle speed* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima. Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Diketahui nilai $t_{hitung} -0.736 < t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 diterima dan H1 ditolak, yang berarti variabel *Spindle speed* secara parsial (sendiri) tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.

Hipotesa untuk variabel *Feed Rate*:

- H0: variabel *Feed Rate* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.
- H1: variabel *Feed Rate* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima. Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

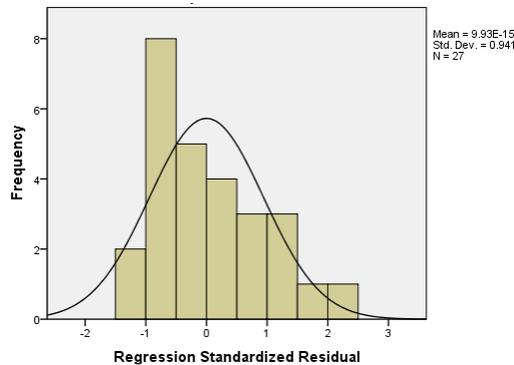
Diketahui nilai $t_{hitung} -0.247 < t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 diterima dan H1 ditolak, yang berarti variabel *Feed Rate* secara parsial (sendiri) tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.

Hipotesa untuk variabel *dept of cut*:

- H0 : variabel *dept of cut* tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.
- H1 : variabel *dept of cut* berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.

Jika $t_{hitung} > t_{Tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima. Jika $t_{hitung} < t_{Tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Diketahui nilai $t_{hitung} -1.976 < t_{Tabel} -2.069$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 terima dan H_1 ditolak, yang berarti variabel *Feed Rate* secara pasial (sendiri) tidak berpengaruh terhadap keakurasian benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu Z.



Gambar 4. Grafik *Dependent* variabel sumbu Z

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Keakurasian benda kerja hasil proses permesinan pada mesin CNC Router dipengaruhi oleh *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *Depth Of Cut* dengan pengaruh sebesar; 91,8 % pada sumbu X, 74.3% pada sumbu Y, dan 5.5 % pada sumbu Z. Selain dari pengaruh *Spindle speed*, *Feed Rate* dan *Depth Of Cut* keakurasian benda kerja hasil proses permesinan pada mesin CNC Router 8.2% pada sumbu X, 25.4% pada sumbu Y, 94.5% pada sumbu Z, dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: Tidak rata permukaan atau penempatan benda kerja pada meja mesin, Serat benda kerja (kayu tembesu) yang tidak sama.

Akurasi terbaik didapat pada *spindle speed* 530 (RPM), *Feed Rate* 50 (mm/mnt), dan *Depth Of Cut* 2 (mm), dengan ukuran benda kerja yang dihasilkan pada Sumbu X 29.99 mm, Sumbu Y 30.01 mm, dan Sumbu Z 6.01 mm. Hasil pengujian ini bersifat khusus untuk benda kerja kayu tembesu dan mesin CNC Router dengan:

- Menggunakan satu buah motor stepper Nema 23 pada sumbu X.
- Menggunakan dua buah motor stepper Nema 17 pada sumbu Y.
- Menggunakan satu buah motor stepper Nema 17 pada sumbu Z.
- Sistem transmisi pada sumbu X dan Y menggunakan *Timing Belt* dan *Timing Pully* dan *Lead Screw* pada sumbu Z.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arthaya, B., dkk. 2010. The Design and Development of G-Code Checker and Cutting

Simulator for CNC Turning Operation. Journal of Mechanical Engineering Research Volume 2. Nomor 3.

2. Draganescu F., Gheorghe M., Doicin C.V. 2003. Models of machine tool efficiency and specific consumed energy. Journal of Materials Processing Technology. Volume 141. Nomor 1.
3. Elvys E.Y., 2015. Peningkatan Keakurasian Gerakan Pada Prototype Mesin Cnc Milling 3-Axis. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin. Banjarmasin Kalimantan Selatan.
4. Martawijaya A., Kartasujana I., Mandang Y.I., Prawira S.A, Kadir K. 2005. Atlas Kayu Indonesia. Jilid II. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan.
5. Nelson, K.A. 2018. Aplikasi Hasil Rancang Bangun Mesin CNC Router 3 Axis Terhadap Proses Kalibrasi Sumbu Z. Skripsi Tidak Diterbitkan Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Nyaorama, F. Waluyo, B. Sedoyono, J. 2016, Analisa Sumbu Z Pada Proses Kalibrasi Dan Pergerakan Mesin Cnc Router 3 Axis. Publikasi Ilmiah, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Raharjo Sahid. 2014. *Download Distribusi Nilai Tabel Statistik Lengkap* [url://www.spssindonesia.com](http://www.spssindonesia.com). Diakses pada 24/06/2019.
8. Rahmadahan, R.M. 2018. *Aplikasi Hasil Mesin CNC router 3 Sumbu Pada Ukiran Kayu Khas Palembang*. Skripsi Tidak Diterbitkan Politeknik Negeri Sriwijaya.
9. Wijayanto, D. Febriantoko, W.B., Anggono, A.D. 2016. *Pengaruh Tool Path Dan Feed Rate Pada Proses Mesin Milling CNC Router 3 Axis Dengan Material Acrylic*. Publikasi Ilmiah, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
10. Yunus, M. Ginting. M., Karmin. 2013. *Pengaruh Spindle Speed, Feed Rate Dan Dept Of Cut Pad Proses Cnc Milling Terhadap Nilai Kekasaran Baja Aisi 1045 Berbasis Regresi Linear*. Jurnal Austenit. Volume 5. Nomor 1. Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
11. Yusoa, Y. 2015. *New Interpretation Module For Open Architecture Control Based Cnc System*. Parit Raja, University Tun Husein Onn Malaysia.
12. Chindyka Kurnia Dewi, Irawan Malik, Azharuddin, 2019 *Aplikasi Hasil Rancang Bangun Mesin Cnc Router Terhadap Proses Permesinan (Cutting Speed, Feeding Cutting Dan Depth Of Cut Terhadap Waktu)*. Jurnal Austenit. Volume 5. Nomor 1. Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. ISSN : 2085-1286 E-ISSN : 2622-7649.