

# Rancang Bangun CNC Router Kayu Dengan Menggunakan Control Mach 3

M Ade Riawan<sup>1</sup>, Bayu Wiro K<sup>2</sup> dan Fais Hamzah<sup>3</sup>

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

<sup>2,3</sup> Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email : [aderiawan83@gmail.com](mailto:aderiawan83@gmail.com)

## Abstrak

Saat ini Indonesia sudah terkenal di dunia sebagai produsen barang berkualitas namun belum dibarengi dengan teknologi produksi yang tinggi seperti CNC. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya barang yang beredar merupakan hasil pekerjaan tangan atau hand made. Hasil survey awal penelitian tentang pembuatan produk industri kreatif Indonesia dengan peralatan manual yang memungkinkan dikerjakan dengan CNC, sebagai berikut : pembuatan ukiran dari bahan kayu dengan bentuk 2-3 dimensi, seperti : ukiran kayu jepara, ukiran patung Bali dan produk lain dengan bahan kayu lainnya. Pengerjaan produk dengan cara manual seperti diatas memang memungkinkan, saat hanya menghasilkan dengan produk yang sedikit. Pengerajin sangat kesulitan jika mendapat pesanan seragam dengan jumlah yang banyak. Hasil yang didapat tidak akan sama dengan kecepatan produksi dibatasi oleh lelahnya pengerajin. Alasan tersebut memperkuat dibutuhkannya CNC, karena dengan CNC hasil produk dan kecepatan produksi dapat konsisten.

Mesin CNC router kayu yang akan dibangun menggunakan 3 axis dalam pengoperasiannya dan bersifat portable yang bertujuan untuk mempermudah dalam penempatan. Mesin router kayu ini memiliki kapasitas yang terbatas dalam ukuran bahan baku yang akan digunakan. Alat ini memiliki motor spindle utama sebesar 1,5 kW untuk memutar spindle, sedangkan untuk menggerakkan 3 axis alat ini menggunakan 3 unit motor servo 0,4 kW pada 3 sisi yang berbeda.

Hasil dari perancangan CNC router kayu ini adalah untuk memenuhi kebutuhan proses permesinan industri. Dan dengan mesin CNC ini diharapkan dapat membantu proses permesinan skala menengah kebawah. Mesin ini juga diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat proses produksi yang dimana dibantu dengan system computer atau otomatis.

**Kata kunci** : Computer Numerical Control (CNC), perancangan, router kayu

## 1. PENDAHULUAN

Di era globalisasi perkembangan teknologi semakin pesat dan berkembang dengan cepat. Tak bisa dipungkiri teknologi sangat berperan besar dalam kehidupan manusia serta membantu di berbagai aspek di antaranya pendidikan, kesehatan, ekonomi, industri dan lain sebagainya. Oleh sebab itu teknologi di Indonesia harus berkembang agar dapat bersaing di kancah internasional khususnya dalam bidang industri.

Industri di Indonesia begitu beragam salah satunya industri kayu yang berasal dari hutan maupun perkebunan. Indonesia mulai memanfaatkan hutan pada awal tahun 1970-an, melalui pembangunan industri pengolahan kayu. Saat ini, Indonesia menjadi eksportir kayu lapis terbesar di dunia, dan juga produksi kayu gelondongan, kayu olahan dan bubur kayu untuk produksi kertas. Ada juga produksi dari kayu yang khas asli dari Indonesia yaitu seni ukir kayu.

Karya ukir kayu memiliki kekhasan tersendiri karena merupakan suatu karya cipta manusia yang didasari rasa estetis sesuai apa yang diinginkan oleh manusia itu sendiri. Karya seni ukir kayu biasanya diciptakan menggunakan teknik memahat. Penciptaan karya-karya kerajinan ukir kayu dengan penyusunan unsur sehingga terbentuk unsur yang bermakna dan harus dan harus memiliki keterampilan memahat yang kreatif untuk menghasilkan karya yang baik, menarik serta memiliki makna dan nilai estetika yang tinggi sekaligus bermanfaat dalam kehidupan masyarakat.

## 2. METODOLOGI

Dalam perancangan mesin CNC router kayu dengan pengoperasian menggunakan software Mach 3 ini yang harus dilakukan agar perancangan dapat berjalan lancar yakni : tahap awal dilakukan survei

kebutuhan. Survei ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan gambaran tentang desain dan sistem kerja mesin CNC yang sesuai dengan keinginan.

Metode yang di gunakan dalam penyusunan laporan ini adalah : metode pengumpulan data dimana penulis mengadakan pengamatan dan pengujian secara langsung sehingga akan memperjelas penulisan karena diharapkan langsung pada media yang diamati. Perancangan dan pembuatan mesin CNC router kayu dikerjakan dengan melakukan pengamatan secara langsung pada mesin CNC router lainnya untuk melihat mekanisme dan prinsip kerjanya sebagai dasar dalam perancangan dan pembuatan mesin CNC router kayu dan mempelajari bahan-bahan yang berhubungan dengan laporan.

## 2.1. Formula Matematis

### 2.1.1. Motor Penggerak

Rumus untuk mencari torsi pada motor servo:

$$T = \frac{5250 \times HP}{n} \quad (2.1)$$

### 2.1.2. Motor spindle

Spindle adalah alat pemegang *cutting tool* untuk melakukan proses *machining*. Spindel dapat diputar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, namun kecepatan putarnya maksimal sesuai dengan spesifikasi dari motor spindle yang digunakan

Rumus untuk mencari torsi dan daya pada motor spindle :

$$T = F_c \times r \quad (2.2)$$

$$P = T \times \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad (2.3)$$

Jika  $P$  adalah daya nominal output dari motor penggerak ( $W$ ), maka berbagai faktor keamanan bisa diambil, sehingga koreksi pertama bisa diambil kecil. Jika faktor koreksi adalah  $f_c$ , maka daya perencanaan adalah :

$$P_d = f_c \times P \quad (2.4)$$

**Tabel 1** Faktor Koreksi Daya yang ditransmisikan (Sularso, 1997)

Daya yang akan ditransmisikan	$f_c$
Daya rata-rata yang diperlukan	1.2-2.0
Daya maksimum yang di perlukan	0.8-1.2
Daya normal	1.0-1.5

#### 2.1.2.1. Feeding

Feeding dalam proses pengefraisan adalah jarak penyayatan dalam satu menit yang dihitung dari besarnya sayatan per gigi ( $s_z$  atau  $f_z$ ) dikalikan dengan jumlah mata potong dan dikalikan putaran pisau frais dalam satu menit. Perhitungan *feeding* dijabarkan seperti berikut :

Rumus untuk mencari feeding :

$$S = S_z \times Z \times n \quad (2.5)$$

#### 2.1.3. Guide ways dan slide ways

Rumus perhitungan gaya pembebanan vertical :

$$R_1 = \frac{-F_z}{4} + \frac{(F_z \times P_{fy} - F_y \times P_{fz})}{2 \times L_1} - \frac{(F_x \times P_{fz} - F_z \times P_{fx})}{2 \times L_0} \quad (2.6)$$

$$R_2 = \frac{-F_z}{4} + \frac{(F_z \times P_{fy} - F_y \times P_{fz})}{2 \times L_1} + \frac{(F_x \times P_{fz} - F_z \times P_{fx})}{2 \times L_0} \quad (2.7)$$

$$R_3 = \frac{-F_z}{4} - \frac{(F_z \times P_{fy} - F_y \times P_{fz})}{2 \times L_1} + \frac{(F_x \times P_{fz} - F_z \times P_{fx})}{2 \times L_0} \quad (2.8)$$

$$R_4 = \frac{-F_z}{4} - \frac{(F_z \times P_{fy} - F_y \times P_{fz})}{2 \times L_1} - \frac{(F_x \times P_{fz} - F_z \times P_{fx})}{2 \times L_0} \quad (2.9)$$

Perhitungan total pembebanan :

$$F_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (2.10)$$

#### 2.1.4 Ballscrew

Rumus perhitungan torsi yang dibutuhkan ballscrew :

$$T = \frac{D}{2} W \tan(\alpha + \theta) \quad (2.11)$$

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 2.2. Torsi servo motor

servo pada sumbu x dan y, z tidak dibedakan dayanya karena beban yang akan digerakkan masih mencukupi untuk torsi yang sama : Motor servo pada sumbu x,y dan z : 400 watt (0.54 HP) dan 3000 rpm Torsi pada motor servo pada sumbu x,y dan z :

$$T = \frac{5250 \times 0.54}{3000} = 0.945 \text{ Nm}$$

### 2.3. Spindle Motor

Spindle motor adalah motor yang berfungsi untuk menggerakkan *cutting tools*/ alat potong. Dimana torsi dan rpm yang sangat mempengaruhi kebutuhan pergerakan pemakanan.

Diasumsikan gaya pemakanan adalah 22 N.

$$F_s = 0,8.u.t.\sigma t$$

(diambil dari kebutuhan gaya pemakanan untuk material kayu mahoni),

Dimana :  $F_s$  : gaya pemakanan (N)

$u$  : keliling (mm)

$t$  : tebal (mm)

$\sigma t$  : Tegangan tarik maksimal (N/mm<sup>2</sup>)

(didapat dari tabel kelas kekuatan kayu)

**Tabel 2.** Tabel kelas kekuatan kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis	Tekan-Tarik // Serat (kgf/cm <sup>2</sup> )		Tarik ⊥ Serat (kgf/cm <sup>2</sup> )		Kuat Lentur (kgf/cm <sup>2</sup> )	
		Absolut	Ijin	Absolut	Ijin	Absolut	Ijin
I	≥0.900	>650	130		20	>1100	150
II	0.600-0.900	425-650	85		12	725-1100	100
III	0.400-0.600	300-425	60		8	500-725	75
IV	0.300-0.400	215-300	45		5	360-500	50
V	≤0.300	< 215	-		-	<360	-

$$\begin{aligned}
 F_s &= 0,8 \cdot u.t. \cdot \sigma_t \\
 &= 0,8 \cdot 780 \cdot 30 \cdot 1,2 \\
 &= 22.464 \text{ N} \cdot \text{mm} = 22 \text{ N} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

dan diameter *cutting tool* adalah 6 mm ( $r = 0.003 \text{ m}$ ).

$$T = F_c \times P$$

$$= 1,2 \times 251,2$$

$$= 301.44 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Daya yang direncanakan pada motor spindel :

Untuk maks. rpm yang di rencanakan adalah 24.000 rpm, maka didapat maks. daya untuk motor spindel :

$$\begin{aligned}
 P &= T \times \frac{2\pi \cdot n}{60} \\
 &= 0.1 \times \frac{2\pi \cdot 24000}{60} \\
 &= 0.1 \times 2512 \\
 &= 251,2 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Daya yang di rencanakan :

$$\begin{aligned}
 P_d &= f_c \times P \\
 &= 1.2 \times 251,2 \\
 &= 301.44 \text{ W} = 0,4 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

#### 2.4. Feeding

**Tabel 3** Feeding (Sumber : Feeding Mahony Wood, 2010)

Type ↕	Material ↕	Bit ↕	Cut Depth ↕	Speed ↕	Dewalt ▲	Makita ↕	Feed ↕	Plunge ↕
--------	------------	-------	-------------	---------	----------	----------	--------	----------

Wood	Bamboo	1/4" #201 or #202	5.59	19000	2.5	3.25	1651	762
Other	Graphite	1/4" #201 or #202	2.54	19800	3	3.5	508	381
Wood	Plywood	1/4" #201 or #202	6.35	19700	3	3	2540	1270
Wood	Mahogany	1/4" #201 or #202	2.54	19700	3	3.5	1651	813
Wood	Pine	1/4" #201 or #202	10.16	21000	3.5	3.75	1905	1016
Plastic	Delrin	1/4" #201 or #202	2.03	20500	3.5	3.75	1651	813
Plastic	HDPE	1/4" #201 or #202	3.18	21500	4	4	2032	1016
Plastic	Polypropylene	1/4" #201 or #202	2.03	24200	5	4.5	2286	381

Dari table diatas di peroleh untuk pengerjaan material mahogany wood adalah Tool yang digunakan yaitu HSS dengan diameter 6 dan jumlah mata potong 2 buah dengan kecepatan putaran 19700 Rpm dan kecepatan penyatan (feeding) adalah 1651 mm/menit. dengan maks. *cutting depth* 2.54 mm.

## 2.5. Perhitungan Ballscrew

### 1. Pada sumbu X :

Berat dari mesin pada *ballscrew* x,  $W_{sx} = 200 \text{ N}$   
 $= 44 \text{ N}$  ( berat sumbu z yang direncanakan ) +  $56 \text{ N}$  (berat sumbu y yang direncanakan) +  $100$  (berat sumbu x yang direncanakan) ( dihitung dari 3D model pada *software solidworks* 2016)

Gaya gesekan dalam arah sejajar pada *ballscrew* X :

$$\begin{aligned} W_{x1} &= \mu \cdot W_{sx} \\ &= 0.03 \times 200 \\ &= 6 \text{ N} \end{aligned}$$

Total gaya :

$$\begin{aligned} W_x &= W_{x1} + W_1 \\ &= 6 + 46 \\ &= 52 \text{ N} \end{aligned}$$

### 2. Pada sumbu Y :

Berat dari mesin pada *ballscrew* y,  $W_{sy} = 100 \text{ N}$   
 $= 44 \text{ N}$  ( berat z yang direncanakan ) +  $56 \text{ N}$  ( berat sumbu y yang direncanakan ) ( diperhitungkan dari 3D model pada *software solidworks*)

Gaya gesek dalam arah sejajar pada *ballscrew* y :

$$\begin{aligned} W_{y1} &= \mu \cdot W_{sy} \\ &= 0.03 \times 100 \\ &= 3 \text{ N} \end{aligned}$$

Total gaya :

$$\begin{aligned} W_y &= W_{y1} + W_1 \\ &= 3 + 46 \\ &= 49 \text{ N} \end{aligned}$$

### 3. Pada sumbu Z :

Berat dari mesin pada *ballscrew* z  $W_{sz} = 44 \text{ N}$  ( berat motor spindle beserta guideways) ( diperhitungkan dari 3D model pada *software solidworks*)

Total gaya :

$$\begin{aligned} W_{z1} &= \mu \cdot W_{sz} \\ &= 0.03 \times 44 \\ &= 1.3 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya :

$$\begin{aligned} W_z &= W_{z1} + W_1 \\ &= 1.3 + 46 \\ &= 47.3 \text{ N} \end{aligned}$$

*Pitch ballscrew* yang digunakan adalah,  $P = 5 \text{ mm}$

Diameter *ballscrew* yang digunakan adalah  $D = 16 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}\alpha &= \tan^{-1}\left(\frac{P}{\pi D}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{5}{\pi 16}\right) \\ &= \tan^{-1} 0.099 \\ &= 5.653^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}(0.03) \\ &= 1.718^\circ\end{aligned}$$

Torsi yang digunakan untuk menggerakkan *ballscrew* :

$$\begin{aligned}T &= \frac{D}{2} W \tan(\alpha + \theta) \\ &= \frac{16}{2} \times 51 \times \tan(5.653 + 1.718) \\ &= \frac{16}{2} \times 51 \times 0.129 \\ &= 52.63 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$D = 0.526 \text{ Nm}$$

### 3.5 Pembebanan linier motion ways

#### 1. Y axis

Berat yang diterima X axis (Z axis) :

$$\begin{aligned}W &= m \times g \\ &= 10 \times 10 \\ &= 100 \text{ N}\end{aligned}$$

$$L_o = 0.069 \text{ m} \quad L_1 = 0.1 \text{ m}$$

$$P_{fx} = 0.03 \text{ m} \quad P_{fy} = 0 \text{ m} \quad P_{fz} = 0.03 \text{ m}$$

(Diambil dari jarak guide ke tengah pembebanan pada y axis)

$$F_x = 0 \text{ N} \quad F_y = 0 \text{ N} \quad F_z = -100 \text{ N}$$

$$R_1 = \frac{100}{4} + \frac{(-100 \times 0 - 0 \times 0.1)}{2 \times 0.1} - \frac{(0 \times 0.1 - (-100) \times 0.03)}{2 \times 0.069}$$

$$= 25 \text{ N}$$

$$R_2 = \frac{100}{4} + \frac{(-100 \times 0 - 0 \times 0.1)}{2 \times 0.1} + \frac{(0 \times 0.1 - (-100) \times 0.03)}{2 \times 0.069}$$

$$= 47 \text{ N}$$

$$R_3 = \frac{100}{4} + \frac{(-100 \times 0 - 0 \times 0.1)}{2 \times 0.1} + \frac{(0 \times 0.1 - (-100) \times 0.03)}{2 \times 0.069}$$

$$= 25 \text{ N}$$

$$R_4 = \frac{100}{4} + \frac{(-100 \times 0 - 0 \times 0.1)}{2 \times 0.1} - \frac{(0 \times 0.1 - (-100) \times 0.03)}{2 \times 0.069}$$

$$= 47 \text{ N}$$

Perhitungan total pembebanan :

$$\begin{aligned}F_{eq} &= 25 + 47 + 25 + 47 \\ &= 144 \text{ N}\end{aligned}$$

#### 2. X Axis

Berat yang diterima x axis + y axis + (z axis) :

$$W = m \times g$$

$$= 20 \times 10$$

$$= 200 \text{ N ( diasumsikan sebagai fz )}$$

$$L_0 = 0.067 \text{ m} \quad L_1 = 0.4 \text{ m}$$

$$F_x = 0 \text{ N} \quad F_y = 0 \text{ N} \quad F_z = -200 \text{ N}$$

$$P_{fx} = 0.2 \text{ m} \quad P_{fy} = 0 \text{ m}$$

$$P_{fz} = 0.3 \text{ m (Diambil dari jarak guide ke tengah)}$$

pembebanan pada x axis )

Perhitungan gaya pembebanan vertical :

$$R_1 = \frac{200}{4} + \frac{(-200 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.4} - \frac{(0 \times 0.3 - (-200) \times 0.2)}{2 \times 0.067}$$

$$= 25 \text{ N}$$

$$R_2 = \frac{200}{4} + \frac{(-200 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.4} + \frac{(0 \times 0.3 - (-200) \times 0.2)}{2 \times 0.067}$$

$$= 323 \text{ N}$$

$$R_3 = \frac{200}{4} + \frac{(-200 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.4} + \frac{(0 \times 0.3 - (-200) \times 0.2)}{2 \times 0.067}$$

$$= 323 \text{ N}$$

$$R_4 = \frac{200}{4} + \frac{(-200 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.4} - \frac{(0 \times 0.3 - (-200) \times 0.2)}{2 \times 0.067}$$

$$= 25 \text{ N}$$

$$F_{eq} = 323 + 25 + 323 + 25$$

$$= 696 \text{ N}$$

3. Z axis

$$W = m \times g$$

$$= 4.4 \times 10$$

$$= 44 \text{ N ( diasumsikan sebagai fz )}$$

$$L_0 = 0.09 \text{ m} \quad L_1 = 0.05 \text{ m}$$

$$F_x = 0 \text{ N} \quad F_y = 0 \text{ N} \quad F_z = -44 \text{ N}$$

$$P_{fx} = 0.04 \text{ m} \quad P_{fy} = 0 \text{ m}$$

$$P_{fz} = 0.3 \text{ m (Diambil dari jarak antara guide ke tengah)}$$

pembebanan z axis)

Perhitungan gaya pembebanan vertical :

$$R_1 = \frac{44}{4} + \frac{(44 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.05} - \frac{(0 \times 0.3 - (-44) \times 0.04)}{2 \times 0.09}$$

$$= 11 \text{ N}$$

$$R_2 = \frac{44}{4} + \frac{(44 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.05} + \frac{(0 \times 0.3 - (-44) \times 0.04)}{2 \times 0.09}$$

$$= 20 \text{ N}$$

$$R_3 = \frac{44}{4} + \frac{(44 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.05} + \frac{(0 \times 0.3 - (-44) \times 0.04)}{2 \times 0.09}$$

$$= 20 \text{ N}$$

$$R_4 = \frac{44}{4} + \frac{(44 \times 0 - 0 \times 0.3)}{2 \times 0.05} - \frac{(0 \times 0.3 - (-44) \times 0.04)}{2 \times 0.09}$$

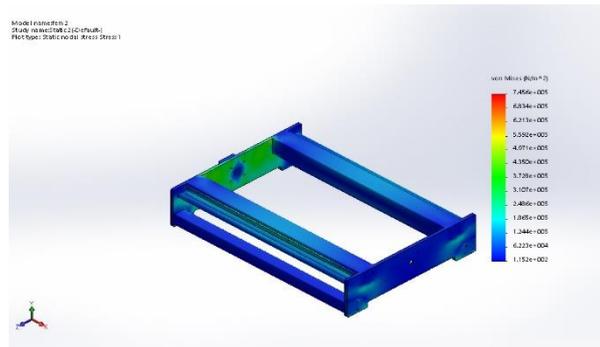
$$= 11 \text{ N}$$

$$F_{eq} = 11 + 20 + 20 + 11$$

$$= 62 \text{ N}$$

3.6 Analisa pembebanan pada rangka menggunakan software *solidworks*

Pembebanan pada rangka dianalisis menggunakan *software* SolidWorks 2016 untuk mempermudah mengetahui berapa beban yang diterima oleh rangka. Analisis tersebut sebagai pedoman apakah dimensi dan material yang digunakan pada perancangan dapat memenuhi kebutuhan pembebanan. Sehingga memperkecil kemungkinan kendala pada rangka saat proses perakitan. Gambar ilustrasi model pembebanan pada rangka dapat dilihat dibawah :



**Gambar 1** Von Mises Information

Untuk mengetahui keamanan dari rangka Y axis mesin CNC hasil tegangan (*Von Mises Stres*) dengan *yield strength* material (dapat dilihat pada tabel 4.2) yaitu  $4.108 \text{ N/mm}^2 \leq 27.574 \text{ N/mm}^2$  jadi rangka aman digunakan. Hasil displacement yang terjadi adalah 0.003 sehingga material yg digunakan dinyatakan aman/baik.

#### 4. KESIMPULAN

1. Design permodelan mesin CNC menggunakan software *solidworks* 2016 dengan pemodelan mesin tipe CNC *moving gantry*. Rangka yang digunakan untuk mesin CNC ini adalah aluminium Alloy.
2. Mesin CNC *Router* ini dibuat melalui beberapa tahap. Dimana tahap tahap tersebut harus dilakukan secara beruntut untuk membuat mesin yang presisi. Tahapan yang di lakukan diantaranya : perancangan design dan mekanis, perakitan rangka CNC, Assembly rangka mesin CNC *setting parameter control* dan melakukan trial and eror.
3. Kebutuhan biaya keseluruhan untuk pembuatan 1 unit CNC *router* kayu ini dibutuhkan biaya sebesar Rp.50.013.000. biaya tersebut sudah termasuk permesinan dan lain-lain.
4. Mesin CNC *router* ini menggunakan motor servo x,y dan z sebesar 400W dan motor spindle sebesar 1.5Kw dengan kecepatan 24.000 Rpm. dan *Feeding speed* 1651 mm/min. mesin CNC ini mampu mengerjakan benda (maks) wood atau bahan yang lebih lunak lainnya. Dan mampu mencapai kepresisian hingga 0.01 mm saat proses pengerjaan benda kerja.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Albert, A. 2009.** *Understanding CNC routers.* Canada: **Forintek.**
- Brown HP, Panshin AJ, dan Forsaith CC. 1952. *Text Book of Wood Technology.*
- Sularso & Kiyokatsu suga. 1997. *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin.* Jakarta. Pradna Paramita
- Dameria, Ane, 2009, '*Mengenal Mesin CNC Router dan Pengaplikasiannya*' Jakarta : Wikipedia
- Dumanauw, J. F. 1990. *Mengenal Kayu.* Yogyakarta: kanisius
- Emco,1990. *Petunjuk Pemrogaman – Pelayanan Emco TU 2A.* Emco Marier
- Haygreen, J. G. dan Bowyer, J.L., 1982, Forest Products
- Haygreen, J. G. dan Bowyer, J.L. diterjemahkan oleh Hadikusumo, S.A.
- Karunia pradana, ditya, 2011, “Rancang Bangun CNC Router untuk membuat ukiran”, nomer 1, volume 10, Universitas Udayana.**
- Kollman, F. dan Cote,J. R. (1968). *Principles of Wood Science and Technology I. Solid Wood.* New York
- Rochim, Taufiq. 1994. Proses Permesinan. Jakarta: Erlangga.**
- Sumaryono, Muhammad. 2013. Pengertian Mesin Frais/Milling. Dalam <https://muhammadsumaryono.wordpress.com>**