

Perancangan Mesin CNC Router Kayu Mini

Ludvi Arif Wibowo¹, Hera Supriyati²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna 25, Kota Sukabumi, Indonesia
ludviarifwibowo@polteksmi.ac.id
Herasupriyati19@gmail.com

Abstrak

Karya seni kayu di Indonesia umumnya masih dibuat secara manual. Akibat kuantitas produk yang terbatas dan kualitasnya tidak seragam. secara cepat dan kualitas seragam. Salah satu alat bantu yang dapat membantu para pengrajin seni kayu tersebut adalah Mesin CNC Router yang dapat digunakan secara otomatis dalam menghasilkan produk yang diinginkan. Mesin CNC Router adalah mesin yang digunakan untuk membuat profil dan menghias tepian kayu dengan bertujuan untuk memperindah tampilan kayu. Pada perancangan Mesin CNC Router Kayu Mini ini bertujuan untuk mempersingkat proses waktu pengerjaan kerajinan berbahan dasar kayu yaitu dengan merancang suatu mesin pembelajaran yang sudah ada di dunia industri untuk di realisasikan kepada mahasiswa maupun masyarakat umum. Dalam perancangan Mesin CNC Router Kayu Mini adalah sebagai berikut : Mesin menggunakan 3 AXIS yaitu sumbu X, Y dan Z. Motor listrik yang di butuhkan adalah jenis *Spindle Motor* sebagai tempat atau kedudukan pisau (*endmill*) dengan daya yang direncanakan 463,45 watt dan putaran 3000 rpm. Jenis yang kedua yaitu *Stepper Motor* sebagai penggerak arah sumbu dengan model NEMA 17. Bahan rangka yaitu Gantry dengan bahan BOB dan aluminium Vslot type 2040. Estimasi biaya pembuatan yang di rencanakan dalam proses perancangan Mesin CNC Router Kayu Mini adalah sebesar Rp.9.328.800.

Kata kunci : *Mesin CNC, Router, Kayu*

I. PENDAHULUAN

Di era globalisasi perkembangan teknologi semakin pesat dan berkembang dengan cepat. Industri di Indonesia begitu beragam salah satunya industri kayu yang berasal dari hutan maupun perkebunan. Produksi dari kayu yang khas asli dari Indonesia yaitu seni ukir kayu.

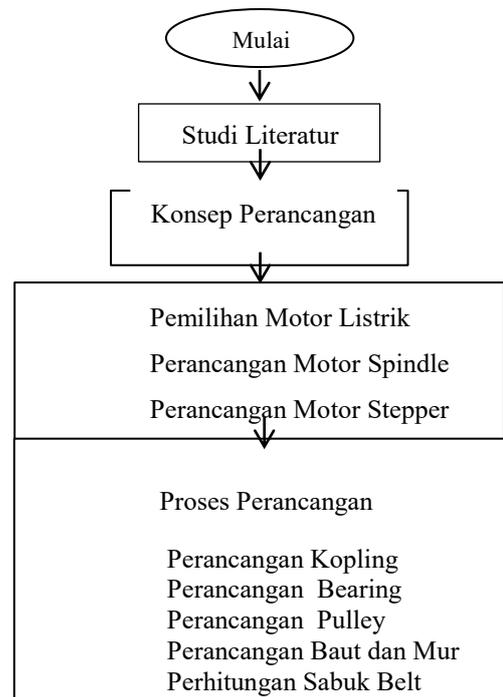
Di dalam dunia industri kreatif sekarang proses pengerjaan kayu banyak digeluti karena banyaknya permintaan membuat profil atau ukiran kayu dan menghias tepian kayu ataupun aksesoris dari kayu. Untuk meningkatkan hasil produksi industri kreatif maka harus menggunakan mesin otomatisasi dalam sistem produksinya. Di dalam dunia kreatif sekarang menggunakan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) adalah salah satu untuk meningkatkan efisiensi, efektif, dan ketelitian suatu produksi dalam dunia industri. Pengukiran kayu dalam bentuk dan ukuran tentu dengan menggunakan mesin CNC Router kayu supaya produk yang dihasilkan memiliki tingkat ketelitian yang sangat tinggi sehingga dapat bersaing dengan industri besar.

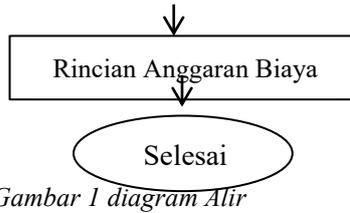
Dari gagasan di atas yang singkat ini, maka penulis mengajukan tugas akhir dengan judul "PERANCANGAN MESIN CNC ROUTER KAYU MINI" sebagai salah satu syarat kelulusan program DIPLOMA III di Politeknik Sukabumi.

II. PENELITIAN

A. Diagram Alir

Diagram alir adalah suatu gambaran yang dipergunakan untuk dasar dalam bertindak. Seperti halnya pada perancangan diperlukan suatu diagram alir yang bertujuan untuk mempermudah proses pada pelaksanaannya.

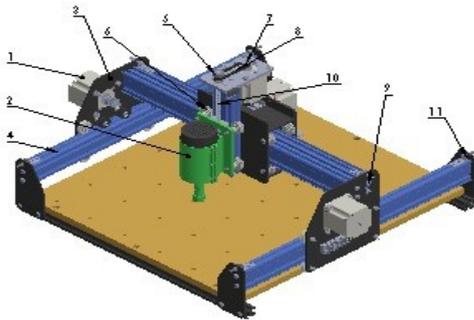




Gambar 1 diagram Alir

B. Konsep Perancangan Mesin

Pada gambar 2 dibawah ini adalah gambar sketa yang menunjukkan bagian-bagian komponen mesin CNC router kayu mini yang akan dirancang



Gambar 2 Mesin CNC Router Kayu Mini

C. ALAT DAN BAHAN

Berikut ini merupakan alat dan bahan yang akan digunakan oleh penulis dalam perancangannya yaitu :

1) Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam proses perancangan mesin CNC Router kayu mini yaitu adalah yang tertera pada tabel 3.2
Tabel 1 peralatan yang di gunakan

2) Bahan

Dalam proses pemilihan bahan hal yang harus diperhatikan adalah tingkat ketebalan bahan yang akan digunakan harus sesuai dengan peoses kerja yang akan dilakukan, hal ini dilakukan agar bahan yang dipakai sesuai dengan yang dibutuhkan.

Adapun bahan yang akan digunakan untuk mesin CNC roter kayu yaitu seperti pada tabel 2

Table 2 Bahan Pembuatan

No.	Nama Bahan	Jenis Bahan
1.	Motor stepper	Motor listrik
2.	Motor spindle full set	Motor listrik
3.	Gantry plat base	POM

4.	V- slot 2040	aluminium
5.	Kopling	AL 7075
6.	Bearing	Stainless Steel
7.	Pulley	Alluminium
8.	Sabuk V	Karet
9.	Besi plat	ST 37
10.	Mur badan Baut	ST 37

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Motor Spindle

Perancangan yang dilakukan yaitu pada motor spindle. Torsi dan rpm yang sangat mempengaruhi kebutuhan pergerakan pemakanan maka di asumsikam gaya pemakanan yaitu sebagai berikut.

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 F_s &= \text{gaya pemakanan} \\
 \text{Diameter endmill maksimal} &= 8 \text{ mm, } r = 0,004 \text{ m} \\
 T &= F_s \times r \\
 F_s &= 0,8 \cdot U.t.\sigma \\
 F_s &= 0,8 \times 1600 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 8 \\
 F_s &= 307.200 \text{ N.mm} \\
 &= 307,2 \text{ N.m} \\
 T &= F_s \cdot r \\
 &= 307,2 \times 0,004 \\
 &= 1,29 \text{ N.m} \\
 \text{Rpm maksimal yang direncanakan} &=
 \end{aligned}$$

	Nama Peralatan	Jumlah
1	Laptop	1 Unit
2	Auto CAD	1
3	Master cam X5	1
4	Pensil	1 Unit
5	Bukugambar	1 Unit
6	Penghapus	1 Unit
7	Mistar Siku	1 Unit

$$\begin{aligned}
 &3000 \text{ rpm} \\
 P &= T \times \frac{2 \pi n}{60}
 \end{aligned}$$

$$= 1,29 \times \frac{2,3,14,3000}{60}$$

$$= 386,22 \text{ w}$$

$$= 284,86 \text{ lb.ft}$$

Daya yang direncanakan
Pd = Fc x P
Pd = 1,2 x 284,86 lb.ft
= 341,83 lb.ft

$$= 463,45 \text{ watt}$$

Motor spindle yang biasa digunakan sesuai yang ada dipasaran yaitu dengan daya 500 watt dengan spesifikasi pada tabel berikut.



Voltase	100 V
Power	500 w
Speed Maximum	12000 rpm
Diameter	52 mm
Water Cooling	ER11

Gambar 3 spindle motor spesifikasi

B. Perhitungan Motor Stepper

Dalam perhitungan motor stepper diasumsi beban yang di rencanakan

$$F = 30 \text{ N}$$

Diameter shaft = 8 mm,
r = 0,004 m
Pulsa maksimal = 200 pulsa / rotasi
Kecepatan pulsa masuk = 1000 pulsa / rotasi
Kecepatan putaran motor
 $n = 60 \frac{pps}{Np}$
 $= 60 \frac{1000}{200}$
 $= 300 \text{ rpm}$

a. Perencanaan sumbu Y
Pada perhitungan sumbu Y beban yang di tumpu yaitu sebesar 3,8 kg.

$$F = m.g$$

$$m = 5,94 \text{ kg}$$

$$gg = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 5,94 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 58,21 \text{ kg m/s}^2$$

$$T = F.r$$

$$T = 58,21 \text{ N} \times 0,004 \text{ m}$$

$$= 0,232 \text{ N.m}$$

$$P = T.\omega$$

$$P = 0,232 \text{ N.m} \times 31,4 \text{ rad/detik}$$

$$= 7,28 \text{ watt}$$

$$= 0,009 \text{ Hp}$$

b. Perencanaan sumbu Z
Pada perhitungan sumbu Z beban yang di tumpu yaitu sebesar 3,8 kg

$$F = m.g$$

$$F = 5,07 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 46,68 \text{ kg m/s}^2$$

$$T = 46,68 \text{ N} \times 0,004 \text{ m}$$

$$= 0,168 \text{ N.m}$$

$$P = T.\omega$$

$$P = 0,168 \text{ N.m} \times 31,4 \text{ rad/detik}$$

$$= 5,27 \text{ watt}$$

$$= 0,007 \text{ Hp}$$

Dari perhitungan di atas diambil daya terbesar untuk motor stepper sumbu Y dengan spesifikasi pada gambar 4.



Gambar 4 Stepper Motor Spesifikasi

C. Perhitungan Bantalan (Bearing)

Bantalan yang digunakan yaitu tipe *single deep groove ball bearing*

Beban ekuifalen pada bantalan

- Dari tabel bantalan diperoleh no. 300 dengan :
C0 = 3600 N
C = 6300 N
Diameter = 10 mm
Diameter luar = 35 mm
Tebal = 11 mm
- $\frac{F_a}{F_r} = \frac{18,83}{47,07} = 0,40 \leq e$
- Dari tabel diperoleh :
 $X_r = 1$ dan $Y_a = 0$
Ks = uniform and steady load = 1,0
 $f_e = (X_r \cdot V \cdot F_r + Y_a \cdot F_a) K_s$
 $= (1.1.47,07 + 0.18,83) 1$
 $= 47,07 \text{ N}$
- Untuk menghitung umur pakai bantalan
 $L = \left(\frac{C}{F_e}\right)^k \times 10^6$
 $L = \left(\frac{6300}{47,07}\right)^3 \times 10^6$
 $= 133,84^3 \times 10^6$
 $= 2.397.495,41 \times 10^6$
- Umur pakai bantalan berdasarkan jam
 $L_h = \frac{10^6}{60 \times n} \times L$
 $= \frac{10^6}{60 \times 3000} \times 2.397.495,41$
 $= 13319418,94$
- Untuk menghitung beban dinamis bantalan

$$C = F_e \left(\frac{L}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$= 47,07 \left(\frac{13319418,94}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 111,57 N$$

D. Hasil Perhitungan Kopling

Kopling yang dipakai pada mesin CNC Router Kayu Mini yaitu jenis kopling *Flens Flexible coupling*

Dimana diketahui :

Diameter ulir = 8 mm

diameter flange :

- $D_2 = 4 \times 8 \text{ mm}$

= 32 mm

Diameter lingkaran baut (jarak antara sumbu baut) :

- $D_1 = 3 \times d = 3 \times 8 = 24 \text{ mm}$

Diameter hub :

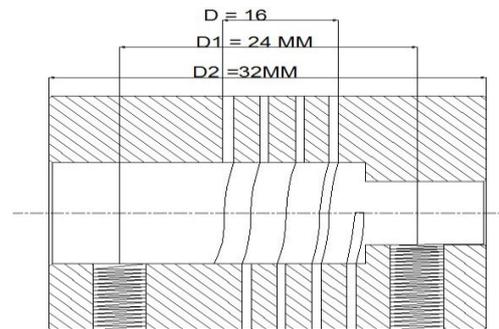
- $D = 2 \times d = 2 \times 8 = 16 \text{ mm}$

Tebal Hub:

- $L = 1,5 \times d = 1,5 \times 8 = 12 \text{ mm}$

Tebal *Flange* :

- $t_f = 0,5 \cdot d = 0,5 \times 8 = 4 \text{ mm}$



Gambar 5 kopling flens flexible

E. Perhitungan Baut Dan Mur

Jenis baut yang digunakan sesuai dengan lubang frame gantry yaitu M5 dan M6 maka perhitungan tegangan tarik dan tegangan geser adalah sebagai berikut :

1. Baut M5

Jumlah baut = 36

$d_o = 5 \text{ mm}$ (M 5)

$d_i = 4,019 \text{ mm}$

$$\sigma = 40 \text{ Kg/mm}^2 = 392,2 \text{ N/mm}^2$$

dengan bahan standar tipe baja karbon untuk konstruksi mesin lambang S20C

(berdasarkan tabel 3.1 Material Kopling Flens)

Gaya awal pada baut :

$$F_c = 284 d \text{ (kg)}$$

$$F_c = 2840 \times 5 = 1420 \text{ N}$$

$$= 14200 \text{ N}$$

Dengan :

F : initial tension / gaya awal

d : diameter nominal/mayor (mm)

a) Tegangan Tarik

F : gaya luar yang dikerjakan

d_i : diameter minor

σ_t : tegangan tarik ijin bahan baut sesuai persamaan 2.35 dan 2.36 yaitu :

$$\sigma_t = \frac{\sigma}{s_f} = \frac{392,266}{8} = 49,082 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot \sigma_t \cdot n$$

jumlah baut

$$F = \frac{\pi}{4} \times 4,019^2 \times 49,08 \times 36$$

$$F = 22404,25 \text{ N/mm}^2$$

$$= 22,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maka : } 22,40 \text{ N/mm}^2 \leq 49,08 \text{ N/mm}^2$$

b) Tegangan geser

F_s : gaya geser

d_o : diameter mayor (nominal)

n : jumlah baut

$$F_s = \frac{\pi}{4} d_o^2 \cdot \tau \cdot n$$

$$F_s = \frac{\pi}{4} \times 5^2 \times 392,2 \times 36$$

$$F_s = 277089,3 \text{ N/mm}^2$$

$$F_s = 277,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maka : } 277,08 \text{ N/mm}^2 \leq 392,2 \text{ N/mm}^2$$

Disimpulkan tegangan tarik dan tegangan geser \leq tegangan tarik ijin dan tegangan geser ijin maka baut di nyatakan AMAN

2. Baut M6

Jumlah baut = 16

$d_o = 6 \text{ mm}$ (M 6)

$d_i = 4,773 \text{ mm}$

dengan bahan standar tipe baja karbon untuk konstruksi mesin lambang S20C

$$\sigma = \tau = 40 \text{ Kg/mm}^2 = 392,2 \text{ N/mm}^2$$

(berdasarkan tabel 2.12 Material Kopling Flens)

Gaya awal padabaut :

$$F_c = 284 d \text{ (kg)}$$

$$F_c = 2840 \times 5 = 1420 \text{ N}$$

$$= 14200 \text{ N}$$

Dengan :

F : initial tension / gaya awal

d : diameter nominal/mayor (mm)

a) Tegangan Tarik

F : gaya luar yang dikerjakan

d_i : diameter minor

σ_t : tegangan tarik ijin bahan baut sesuai persamaan 2.35 dan 2.36 yaitu :

$$\sigma_t = \frac{\sigma}{s_f} = \frac{392,266}{8} = 49,082 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot \sigma_t \cdot n$$

jumlah baut

$$F = \frac{\pi}{4} \times 4,773^2 \times 49,08 \times 16$$

$$F = 14043,5 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 14,04 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Maka : } 14,04 \text{ N/m}^2 \leq 49,082 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

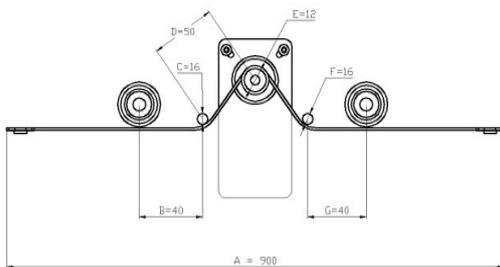
b) Tegangan geser

F_s : gaya geser
 d_o : diameter mayor (nominal)
 n : jumlah baut
 $F_s = \frac{\pi}{4} d_o^2 \cdot \tau \cdot n$
 $F_s = \frac{\pi}{4} \times 6^2 \times 392,2 \times 16$
 $F_s = 177377,15 \text{ N/mm}^2$
 $F_s = 177,33$
 Maka : $177,33 \text{ N/m}^2 \leq 392,266 \text{ N/m}^2$

Disimpulkan tegangan tarik dan tegangan geser \leq tegangan tarik izin dan tegangan geser izin maka baut di nyatakan AMAN

F. Perhitungan Sabuk Belt

Sabuk belt yang digunakan adalah tipe A, sehingga untuk menentukan panjang sabuk yaitu dengan persamaan berikut



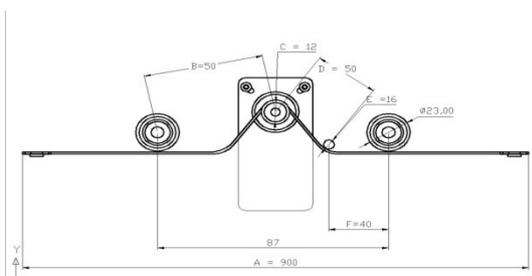
Gambar 6 rangkaian v-belt sumbu Z
Tabel

- panjang belt untuk sumbu Z yaitu dengan persamaan :

$$L = A + B + \frac{1}{4}C + D + \frac{1}{2}E + \frac{1}{4}F + G$$

$$L = 900 + 40 + 4 + 50 + 6 + 4 + 40$$

$$= 1.044 \text{ mm}$$



Gambar 7 rangkaian v-belt sumbu Y

- Panjang belt untuk sumbu Y yaitu dengan persamaan :

$$L = A + B + \frac{1}{2}C + D + \frac{1}{4}E + F$$

$$L = 900 + 40 + 50 + 6 + 50 + 4 + 40$$

$$= 1.144 \text{ mm}$$

maka pada perhitungan di atas panjang belt sumbu Z yaitu 1.044 mm dan sumbu Y yaitu : 1.144 mm dengan tipe Timing belt Gt 2.

G. Estimasi Biaya Untuk Pembuatan Mesin Cnc Router Kayu Min

Perhitungan biaya dalam sebuah pembuatan mesin diperlukan untuk mengetahui total yang harus di keluarkan. Demikian dalam pembuatan Mesin CNC Router Kayu Mini perhitungan anggaran biaya produksi dapat di ketahui dari data-data sebagai berikut :

Tabel 3. Rincian Anggaran Biaya

No	Nama material	Harga (Rp)	Qty	Total (Rp)
1	Stepper NEMA 17	150.000	4	600.000
2	Motor Spindle Set	1.500.000	1	1.500.000
3	Aluminium v slot 2040	150.000	12	1.800.000
4	Gantry set	2.000.000	1	2.000.000
5	Koplingflens flexible	80.000	1	80.000
6	Sabuk v-belt / meter	17.000	3	51.000
7	Arduino PCB	200.000	1	200.000
8	CNC Shiel	70.000	1	70.000
9	Power supply	150.000	1	150.000
10	Limit Switch	50.000	1	50.000
11	Cable drag chain	50.000	3,5	175.000
12	Jasa Pembuatan			500.000
13	Provit 30%	7.176.000		2.152.800
Jumlah				9.328.800

Catatan :

Harga yang tertera pada tabel diatas berdasarkan survey yang ada pada internet. Untuk harga jual Mesin CNC Router Kayu Mini ini yaitu sekitar : Rp. 9.328.800.

IV. KESIMPULAN

Hasil yang diambil dari Tugas Akhir perancangan Mesin CNC Router Kayu Mini ini adalah :

1. Perancangan mesin yang dibuat mampu menghasilkan mesin dengan luas area kerja 800 mm x 800 mm dengan ketinggian benda kerja sekitar 200 mm
2. Menggunakan jenis motor jenis stepper dengan type NEMA 17 berjumlah 4 buah.
3. Jenis motor spindle yang di gunakan yaitu dengan kapasitas 500 W dengan RPM 10.000.
4. Rangka mesin yang berbahan Aluminium V-slot 2040.
5. Perencanaan estimasi biaya pembuatan mesin sebesar Rp. 9.328.800

V. SARAN

Proses penyempurnaan produk masih di perlukan untuk meningkatkan efisiensi, demikian usulan untuk perbaikan perancangan mesin antara lain :

1. Dalam proses perancangan Mesin CNC Router Kayu Mini ini penulis memperhatikan perancangan yang paling sesuai dengan kebutuhan saat ini, baik dari segi material, kekuatan dan estimasi biaya. Oleh karena itu penulis menyarankan agar pembuatan mesin ini nantinya dapat dibuat sesuai dengan apa yang telah di hitung dalam perancangan ini.
2. Penulis menyadari bahwa masih terdapat beberapa kekurangan dalam perancangan mesin ini seperti :
 - a. Perlunya analisa pengujian gerak sumbu agar hasil kerja mesin dapat maksimal dalam kepresisiannya.
 - b. Pengembangan motor listrik agar mampu meningkatkan torsi dan kecepatan.
 - c. Analisa kekuatan rangka meja yang menopang mesin ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zoro zulfikar, dan syarif, (2017) "*PRODUKSI PROTOTIPE CNC ROUTER 3 AXIS*"
2. Ranga Yudhi Ardiansyah, Nur Aldi Ariyanto, Syaefani Arif Romadhon "*RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL CNC ROUTER 3 AXIS MENGGUNAKAN BOARD MACH3*"
3. M Ade Ridwan, Bayu Wiro K, Fais Hamzah "*RANCANG BANGUN CNC ROTER KAYU*

DENGAN MENGGUNAKAN CONTROL MACH 3"

4. Dumanauw, J. F. 1990 "*MENGENAL KAYU*" Yogyakarta : kanisius
5. Oktafian Nanda Susila (2016) "*PERANCANGAN MESIN CNC ROUTER MILLING (BAGIAN STATIS)*"
6. BSN, SNI 07-0601-2006, "*BAJA LEMBARAN, PELAT, DAN GULUNGAN CANAI PANAS (BJP)*" BSN, JAKARTA, 2006.
7. Wahyu Abdi Wibowo (2017) "*RANCANG BANGUN WOODWORKING CNC MACHINE (WCM) 3 AXIS (X, Y, DAN Z) MENGGUNAKAN MOTOR STEPPER MACH3 PC BASE*"
8. Damera, Ane, 2009 "*MENGENAL CNC ROUTER DAN PENGAPLIKASIANNYA*" Jakarta : Wikipedia
9. Sularso, dan Suga, Kiyokatau. 1994. "*DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN.*" PT Pradnya Paramita Jakarta.
10. Sato, G Takeshi. Hartanto, Sugiarto. "*MENGGAMBAR MESIN MENURUT STANDAR ISO.*" Jakarta : PT. Pradnya Paramita.