

# Perancangan Sistem Kontrol CNC pada mesin *Roller Bending 3 Axis* pada Pipa Diameter 10 mm.

Sigit Widiyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa  
E-mail : [widiyantosigit997@gmail.com](mailto:widiyantosigit997@gmail.com)

**Abstrak**—Perkembangan teknologi di revolusi 4.0 semakin memudahkan pekerjaan untuk membuat sesuatu lebih cepat dan efisien. Perkembangan teknologi tersebut menggabungkan antara komponen mekanik, elektrik dan *computer numerical controller*, sehingga proses produksi di kendalikan dengan bantuan komputer. *Bending* atau Pembengkokan pipa merupakan salah satu kebutuhan untuk mendukung suatu perancangan mesin atau alat untuk saluran pipa. Pada perancangan ini akan dirancang mekanik dan *system control CNC* pada mesin *roller bending* pipa diameter 10 mm. Pipa hidrolik yang akan diproses *ASME E235N (st 37.4 NBK)* diameter luar 10 mm dan diameter dalam 7 mm dan panjang 1000 mm. Dengan kontrol *CNC* proses pembengkokan pipa dapat memproduksi lebih banyak dengan sudut yang bervariasi.

**Keywords**— *bending* pipa, *system control cnc*.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pembengkokan pipa merupakan proses pembentukan yang banyak dilakukan untuk membuat komponen-komponen industri maupun rumah tangga misalnya membuat kontruksi, saluran fluida, kanopi, kursi, dan komponen lainnya yang menggunakan bahan pipa. Proses pembentukan ini dilakukan dengan memberi beban melampaui kekuatan elastisnya yaitu pada daerah plastis. Proses pembuatan komponen mesin diperlukan perancangan dan analisa terhadap proses pembentukan. Salah satunya mesin *roller bending*, bagian utamanya adalah *dies*. Komponen ini menerima gaya paling besar dibanding komponen lain serta bersinggungan langsung dengan benda kerja (pipa). Dengan kondisi ini perlu perancangan yang baik agar mesin *bending* tidak mengalami kegagalan.

Pembengkokan manual ini dilakukan dengan cara yang masih menggunakan tenaga operator. Besi pipa di tempatkan di *dies* diantara *roller* kemudian dibengkokkan dengan alat bantu stang di bagian yang diinginkan. Sementara pada proses *Roller Bending* dengan *system control cnc* melibatkan komponen mekanik sebagai kerja dan komponen elektrik sebagai perintah kerja. Proses ini di lakukan dengan memanfaatkan motor servo sebagai penggerak benda kerja sekaligus sebagai pembengkok benda kerja. Untuk mengatur jarak benda kerja dengan perbandingan *gear*. Sedangkan untuk proses *bending* di lakukan dengan sistem roda gila / *flywheel* yang dapat menyalurkan tenaga besar.

Proses *bending* manual dan semi otomatis masih terdapat kekurangan, yaitu membutuhkan waktu yang lama dan sulit untuk variasi model *bending*. Seiring perkembangan teknologi kekurangan proses tersebut bisa di dukung dengan pembengkokan otomatis dengan penggunaan kontrol program.

### B. Tujuan.

Adapun tujuan perancangan alat ini untuk memberikan pemahaman mengenai perancangan mekanisme penekuk dan *system control* mesin *roller bending* Pada Pipa 10 mm dengan standar *ASTM E235N (st 37.4 NBK)* dan *DIN 2391C (10305-4)*.

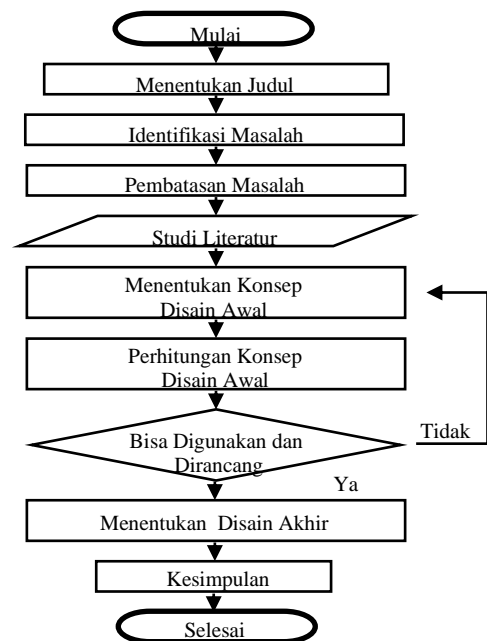
## II. METODOLOGI PERANCANGAN

### A. Dasar Pemilihan Perancangan Mekanik dan Sistem Kontrol Mesin *Roller Bending CNC*

Proses perancangan mesin *bending CNC* dipilih berdasarkan penelitian lapangan untuk membuat alat *bending* otomatis. Perancangan alat ini akan dirancang dan dihitung dengan benda kerja pipa diameter 10 mm.

### B. Diagram Alir Perancangan Mesin *Bending CNC*

Perancangan alat melalui beberapa tahapan agar bisa dirancang dan diperhitungkan dengan baik. Berikut beberapa tahapan perancangan prototype mesin *Roller bending CNC*.



Gambar 1 Diagram Alir perancangan Prototype 3 Axis CNC bending

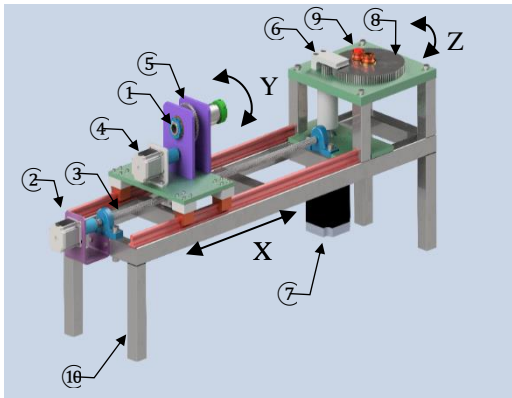
### C. Konsep Mesin *Bending CNC* Pipa Hidraulik

Konsep mesin *bending* pipa hidrolik pada intinya adalah dengan menggunakan sistem pendorong pipa untuk panjang jarak *bending* yang dibutuhkan sumbu (X). Untuk proses *bending* menggunakan dua buah *roller*, *roller* pertama sebagai penahan dan *roller* kedua sebagai pembending (sumbu Z). Untuk mendukung proses *bending* dengan sudut yang bervariasi

maka ditambahkan sumbu (Y). Sumbu y berfungsi untuk memutar pipa sehingga titik nol pipa dapat berubah.

#### D. Mekanisme Kerja Mesin Bending CNC Pipa Hidrolik

Mekanisme kerja mesin *bending 3 Axis CNC* pipa hidrolik dalam pengoperasiannya menggunakan tiga sumbu. Proses kerja mesin seperti ditunjukkan pada gambar desain mesin dibawah ini:



Gambar 2 Mekanisme Mesin Bending

Langkah awal, pipa dimasukan kedalam poros berongga (1) sebagai pengencangan di lakukan oleh arbor. Ketika motor stepper (2) sumbu x berputar daya disalurkan melalui ballscrew (3), sehingga dapat menggerakkan bad maju atau mundur. Di atas bad berada motor stepper (4) sumbu Ymenyalurkan daya ke roda gigi (5) perbandingan gigi 1:3 untuk memutar pipa. Penahan pipa (6) berfungsi untuk menahan pipa pada saat proses pembendingan. Motor stepper (7) menyalurkan daya ke roda gigi (8) untuk proses pembendingan. Ketika roda gigi berputar maka roller (9) ikut berputar membending pipa. Rangka (10) berfungsi sebagai tempat semua komponen di rancang.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam bab ini akan dibahas dan diperhitungkan perancangan sumbu Z sebagai pembending. Komponen pendukung pada sumbu Z ialah motor stepper/servo (sumbu z), roller penahan, roller pembengkok, gear pembengkok dan komponen pendukung lainnya.

#### A. Spesifikasi Teknis Pipa Hidrolik

Untuk perhitungan gaya *bending* maka harus diketahui spesifikasi banda kerja dalam hal ini dalam hal ini pipa hidrolik dengan standar ASTM E235N (st 37.4 NBK) dan DIN 2391C (10305-4). Pipa hidrolik yang di proses dengan tekanan 16 Bar atau 250 Psi.

Pembengkokan pipa hidrolik dirancang dengan mengambil data dari sumber katalog pipa yang ada di pasaran. Berdasarkan katalog HIDRAULIC PIPING STANDAR HANDBOOK (revision 1) maka di dapat data yang akan di proses :

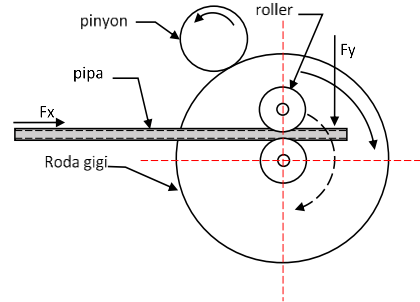
Pipa hidraulik sandar ASME E235N (st 37.4 NBK) :

Bahan : Baja Karbon  
Diameter luar : 10 mm

Tebal dinding : 1,5 mm  
Temperatur : 20<sup>0</sup> – 60<sup>0</sup> C  
Tegangan tarik : min 340 N/mm<sup>2</sup>  
Tgangan elastik : min 235 N/mm<sup>2</sup>  
Tekanan : 16 Bar / 250 Psi

#### B. Perancangan Sumbu Z Sebagai Pembengkok

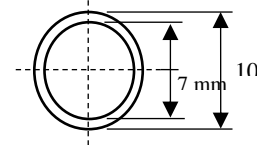
Proses pembengkokan pipa dirancang dengan sumbu Z. Pada sumbu terdapat elemen-elemen mesin yang bergerak, diantaranya roller, pin roller, motor stepper, roda gigi dan elemen lain pendukungnya.



Gambar 3 Benda Bebas Perancangan Sumbu Z

#### 1) Menentukan Luas Penampang Pipa

Luas penampang sangat menentukan untuk proses gaya bending, dalam hal ini penampang alumunium berbentuk cincin sehingga digunakan rumus



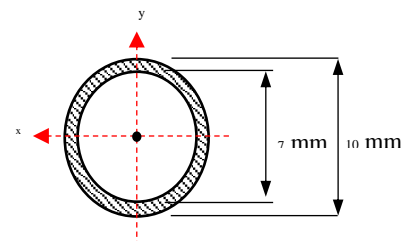
Gambar 4 Benda Bebas Penampang Pipa hidrolik

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (10 \text{ mm}^2 - 7 \text{ mm}^2) = 40.035 \text{ mm}^2$$

#### 2) Menentukan momen inersia

Momen inersia dihitung untuk mengetahui titik terberat atau sumbu netral dari pipa.

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$



Gambar 5 Momen Inersia Pipa Hidrolik

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (10^4 - 7^4) = 372.82 \text{ mm}^4$$

#### 3) Menentukan gaya bending

Besarnya gaya *bending* yang di butuhkan untuk membengkokan pipa dapat di hitung dengan rumus:

$$E.V.Popov, \sigma_{max} = \frac{Mc}{I} \Rightarrow \frac{(F \cdot L)c}{I}$$

$$\sigma_b = \frac{(F \cdot L)c}{I} \rightarrow \sigma_b = 1,2 \times \sigma_t$$

$$= 1,2 \times 400 \text{ N/mm}^2 = 480 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{(F \cdot L)c}{I} \quad F = \frac{\sigma_b \times I}{L \times c}$$

$$= \frac{480 \text{ N/mm}^2 \times 372,82 \text{ mm}^4}{40 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}} = 894,84 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan didapat bahwa gaya untuk membending pipa adalah 894.84 N

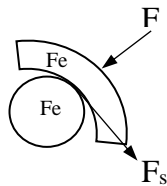
#### 4) Menentukan Gaya Gesek Proses Bending

Berdasarkan data yang di ambil dari internet koefisien gesek antara baja dengan baja adalah :

$$\text{koefisien gesek statis } (\mu_s) = 0,74$$

$$\text{koefisien gesek kinestis } (\mu_k) = 0,57$$

karena ini adalah proses bending maka koefisien gesik yang di ambil adalah untuk gesekan kinetis, yaitu ( $\mu_k$ ) = 0,57



Gambar 6 Koefisien Gesek

$$F_s = F \times \mu_k = 894,84 \times 0,57 = 510,1 \text{ N}$$

#### 5) Menentukan gaya bending total

Untuk mendapatkan gaya bending total maka semua gaya yang bekerja digabungkan dengan faktor keamanan *safety factor (SF)*. Berdasarkan tabel didapat dan di pilih:

$$\text{Jenis material} = \text{Steel}$$

$$\text{Jenis beban } (S_f) = \text{kejut} = 3$$

$$\text{Gaya bending } (F) = 894,84 \text{ N}$$

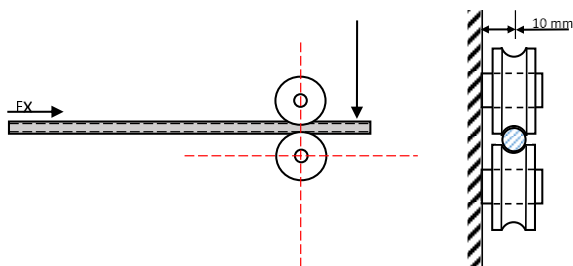
Maka gaya bending total dihitung :

$$F_{total} = F + F_s = 894,84 \text{ N} + 510,1 \text{ N} = 1404,84 \text{ N}$$

$$F_{Bending} = F_{total} \times S_f = 1404,84 \text{ N} \times 3 = 4100 \text{ N}$$

#### 6) Menentukan Diameter Pin Roller

Pin untuk menahan gaya bending ada dua dan satu pin sebagai pembending, akan tetapi dalam perhitungan satu pin yang akan dihitung karena pada saat bending hanya satu pin yang menerima gaya maksimal. Pin dalam perancangan menerima beban lentur murni.



Gambar 8 Benda Bebas Pin Penahan

Torsi pada pin pembending:  
F = 4100 N

$$T = F \times L = 4100 \text{ N} \times 10 \text{ mm} = 41000 \text{ N.mm} = 4100 \text{ Kg.mm}$$

Spesifikasi bahan yang di pergunakan :

Bahan : S45C

Tegangan tarik ( $\sigma_B$ ) : 58 Kg/mm<sup>2</sup>

Faktor aman (Sf1) : 6

Faktor pengali Sf2 : 2

Tegangan ijin

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf1 \cdot Sf2} = \frac{58 \text{ Kg/mm}^2}{6,0 \times 2,0} = 4,83 \text{ Kg/mm}^2$$

Diameter pin

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{10,2}{\tau_a} \times T} \dots\dots\dots(\text{rumus menurut sularso})$$

$$= \sqrt[3]{\frac{10,2}{4,83 \text{ Kg/mm}^2} \times 4100 \text{ Kg.mm}}$$

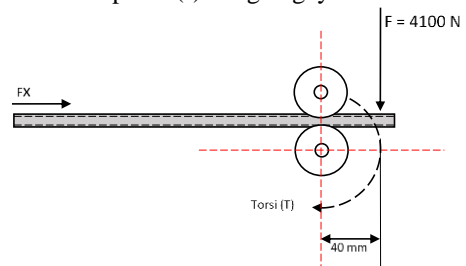
$$= 20,5 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

Jadi dapat didesain kedua pin diameter 20 mm

#### 7) Menghitung Torsi Pembengkokan

Cara kerja pembendinan menggunakan transmisi roda gigi yaitu pinyon dan roda gigi. Karena menggunakan transmisi roda gigi yang harus di perhitungkan adalah torsi dari kedua roda gigi tersebut.

Berdasarkan R.S.Khurmi, J.K.Gupta, 2005, torsi adalah gaya di kali jarak. Jarak pembendingan terjadi dari gaya F dan ke titik pusat (r) dengan gaya tekan F=4100 N.



Gambar 7 Benda Bebas Torsi Pembengkokan

$$T = F \times r = 4100 \text{ N} \times 40 \text{ mm} = 16400 \text{ N.mm}$$

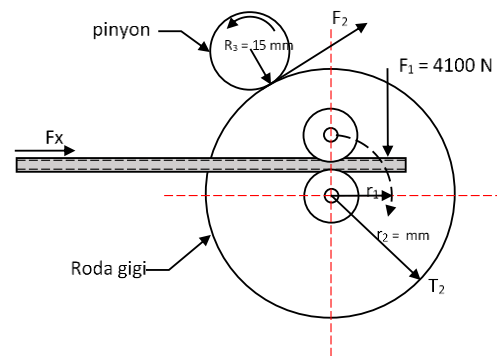
#### 8) Menghitung Torsi Pada Motor Sumbu Z

Pada perhitungan torsi motor direncanakan perbandingan roda gigi adalah 5:1. Torsi pada motor sama dengan torsi pada pinyon. Perbandingan tersebut untuk mendapatkan torsi pada motor stepper lebih kecil.

Diasumsikan : diameter roda gigi (DP) = 210 mm

Diameter pinyon (dp) = 30 mm

Telah di dapat bahwa perhitungan torsi pada saat pembendingan (T1) adalah 16400 N.mm. Maka untuk mendapatkan torsi terakhir pada peros motor stepper dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 8 Benda Bebas Torsi Pada Motor Sumbu Z

$T_1 = 16\,400 \text{ N.mm}$   
 $F_1 = 4100 \text{ N}$   
 Maka :  
 $F_2 = \frac{r_1}{r_2} \times F_1 = \frac{40}{105} \times 4100 \text{ N} = 1562 \text{ N}$   
 $T_2 = \text{Torsi pada roda gigi}$   
 $T_2 = F_2 \times r = 1562 \text{ N} \times 105 \text{ mm} = 164\,010 \text{ N.mm}$   
 Perhitungan torsi berdasarkan rumus pada katalog motor stepper  
 $T_{gh} = T_m \times G_r \times 0,85^n$   
 Dimana :

$T_{gh} \text{ (torsi pada roda gigi)} = 164\,010 \text{ N.mm}$   
 $T_m \text{ (torsi pada motor)} = ?$   
 $G_r \text{ (perbandingan gear)} = 1/7 = 7$   
 $N \text{ (nomor dari roda gigi)} = 0,85$   
 maka:  $T_m = \frac{T_{gh}}{G_r \times 0,85} = \frac{164\,010 \text{ N.mm}}{7 \times 0,85} = 27\,565 \text{ N.mm}$

Telah di dapatkan bahwa torsi pada motor untuk gaya bending pipa adalah 27 565 N. mm atau 27,6 N.m

### 9) Menentukan Daya Motor Rencana

Sebagai data awal untuk menentukan perhitungan daya motor yang dibutuhkan adalah torsi. Torsi pada poros motor telah di hitung pada perhitungan sebelumnya dan didapatkan hasil 27,6 N.m. Dengan hasil perhitungan torsi tersebut daya motor bisa di dapatkan dengan melihat dari katalog motor stepper.

Dengan torsi 27,6 N.m maka di pilihlah berdasarkan spesifikasi jenis motor stepper dengan Max. Holding Torque 39,74 N.m dengan data :

Tabel spesifikasi umum motor stepper

Motor stepper NEMA 42 (K series SIGMAX 3 rotor stacks)

Model = K43HXHM-LXK-XX-XX:  
 Tegangan = 160 Volt  
 Arus = 8 Ampere

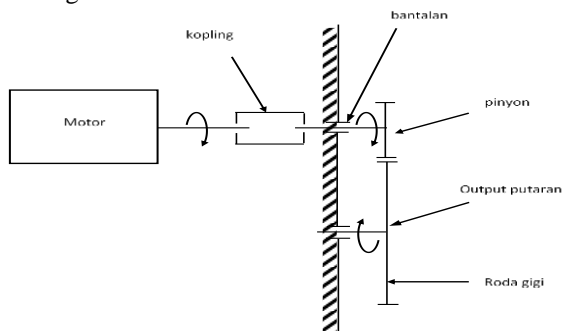
Dari data di atas dapat ditentukan daya motor rencana dengan menggunakan rumus

$P = V \times I$     dimana :  $P$  = daya (Watt)  
                    $V$  = Tegangan (Volt)  
                    $I$  = Arus (ampere)

Maka  $P = V \times I = 160 \text{ V} \times 8 \text{ A} = 1280 \text{ Watt}$

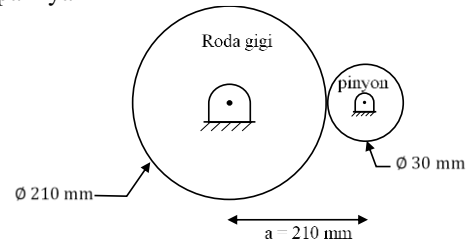
### 10) Menentukan Transmisi Roda Gigi Z

Transmisi roda gigi digunakan untuk perancangan mesin bending. Transmisi ini dipilih untuk meneruskan daya dari motor Stepper/Servo ke roda gigi yang terdapat roller pembengkok. Transmisi roda gigi mempunyai keunggulan dibandingkan



Gambar 9 Benda Bebas Transmisi Roda Gigi.

Roda gigi ada berbagai klasifikasi nama dalam perancangan ini akan dipilih roda gigi lurus. Roda gigi lurus di pilih karna lebih mudah dalam pembuatan dan penerapannya



Gambar 10 Benda Bebas Roda Gigi Rencana

Daya yang akan di transmisikan: 1280 Watt = 1,280 kW  
 Putaran poros penggerak : 150 rpm  
 Perbandingan roda gigi (i) :  $\pm 5$   
 Jarak sumbu poros (a) :  $\pm 90 \text{ mm}$   
 Sudut tekan pahat ( $\alpha$ ) :  $20^\circ$   
 Bahan pinyon : SCN22  
 Bahan roda gigi : SCN22  
 Daya motor rencana:  $P = 1280 \text{ Watt} = 1,2 \text{ kW}$ ,  
 $N = 300 \text{ rpm}$ ,  $i \approx 7,42$ ,  $\alpha = 20^\circ$

Daya motor belum termasuk kelebihan daya, maka memerlukan faktor koreksi rata-rata yang diperlukan diambil  $f_c = 2$

Daya rencana  $P_d = 1 \times 1,28 \text{ kW} = 1,28 \text{ kW}$

Diameter sementara lingkaran jarak bagi

$$d_1 = \frac{2a}{(1+i)} = \frac{2 \times 120}{(1+7)} = 30 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{2a \cdot i}{(1+i)} = \frac{2 \times 120 \times 7}{(1+7)} = 210 \text{ mm}$$

Dari diagram pemilihan modul berdasarkan daya dan putaran maka di pilih modul (m) = 2, sudut tekan ( $\alpha_0$ ) =  $20^\circ$

Jumlah gigi :

$$d_{k1} = (z_1 + 2) m$$

$$z_1 = \frac{d_{k1} - 2}{m} = \frac{30 - 2}{2} = 14$$

$$d_{k2} = (z_2 + 2) m$$

$$z_2 = \frac{d_{k2} - 2}{m} = \frac{210 - 2}{2} = 104$$

Perbandingan gigi :

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{104}{14} \approx 7,42$$

Diameter jarak bagi (roda gigi standar)

$$d_{o1} = z_1 \times m = 14 \times 2 = 28 \text{ mm}$$

$$d_{o2} = z_2 \times m = 104 \times 2 = 208 \text{ mm}$$

Jarak sumbu poros

$$\alpha_0 = \frac{z_1 + z_2}{2} m = \frac{14 + 104}{2} \times 2 = 118 \text{ mm}$$

Misalkan:

Kelonggaran sisi ( $c_o$ ) = 0

Kelonggaran puncak ( $c_k$ ) =  $0,25 \times m = 0,25 \times 2 = 0,5 \text{ mm}$

Diameter kepala:

$$d_{k1} = (z_1 + 2) \cdot m = (14 + 2) \cdot 2 = 32 \text{ mm}$$

$$d_{k2} = (z_2 + 2) \cdot m = (104 + 2) \cdot 2 = 212 \text{ mm}$$

Diameter kaki:

$$d_{f1} = (z_1 - 2) \cdot m - 2c_k = (14 - 2) \cdot 2 - 2 \cdot 0,25 = 23,5 \text{ mm}$$

$$d_{f2} = (z_2 - 2) \cdot m - 2c_k = (104 - 2) \cdot 2 - 2 \cdot 0,25 = 203,5 \text{ mm}$$

Kedalaman pemotongan:

$$H = 2m + c_k = 2 \times 2 + 0,25 = 4,25 \text{ mm}$$

Faktor bentuk gigi. Berdasarkan jumlah gigi maka harga Y didapat:

$$z_1 = 14 ; \rightarrow y_1 = 0,276$$

$$z_2 = 74 ; \rightarrow y_2 = 0,446 + (0,459 - 0,446)\left(\frac{4}{50}\right) = 0,447$$

Kecepatan keliling:

$$v = \frac{\pi d_{o1} n_1}{60 \times 1000} = \frac{3,14 \times 28 \times 300}{60 \times 1000} = 0,44 \text{ m/s}$$

Gaya tangensial:

$$F_t = \frac{102 P_d}{v} = \frac{102 \times 1,28 \text{ Kw}}{0,44 \text{ m/s}} = 296,72 \text{ kg}$$

Faktor dinamis:

Berdasarkan perhitungan kecepatan (v) diasumsikan roda gigi teliti yang kurang dari 10 m/s. Maka

$$f_v = \frac{3}{3 + v} = \frac{3}{3 + 0,44 \text{ m/s}} = 0,87$$

Bahan masing-masing gigi

Dikarenakan dalam perancangan ini memiliki beban berat maka dipilih:

Pinyon SCN22 :

- Kekuatan tarik  $(\sigma_{B1}) = 100 \text{ kg/mm}^2$

- Kekerasan permukaan sisi gigi  $(H_{B1}) = 600$  (dicelup air dingin)

Roda gigi SCN22 :

- Kekuatan tarik  $(\sigma_{B1}) = 100 \text{ kg/mm}^2$

- Kekerasan permukaan sisi gigi  $(H_{B1}) = 400$  (rata-rata)

Tegangan lentur yang diizinkan:

Bahan SCN22:  $\sigma_{a1} = \sigma_{a2} = 50 \text{ kg/mm}^2$

Diasumsikan tegangan kontak antara baja dengan baja dengan kekerasan  $(150 H_B)$ . Maka  $k_H = 0,348 \text{ kg/mm}^2$

Beban lentur yang diizinkan persatuan lebar :

$$F_{b1} = \sigma_{a1} m Y_1 f_v = 50 \times 2 \times 0,276 \times 0,87 = 24,0 \text{ kg/mm}$$

$$F_{b2} = \sigma_{a2} m Y_2 f_v = 50 \times 2 \times 0,447 \times 0,87 = 38,8 \text{ kg/mm}$$

Beban permukaan yang diizinkan per satuan lebar:

$$F_H = f_v k_H d_{o1} = 0,87 \times 0,348 \text{ kg/mm}^2 \times 30 \text{ mm} \frac{2 \times 104}{14 + 104} = 17,1 \text{ kg/mm}$$

Harga minimum  $F_{min}$  adalah 17,1 dari  $F_H$

Lebar sisi :

$$b = \frac{F_t}{F_{min}} = \frac{296,72 \text{ kg}}{17,1 \text{ kg/mm}} = 17,3 \text{ mm} \approx 18 \text{ mm}$$

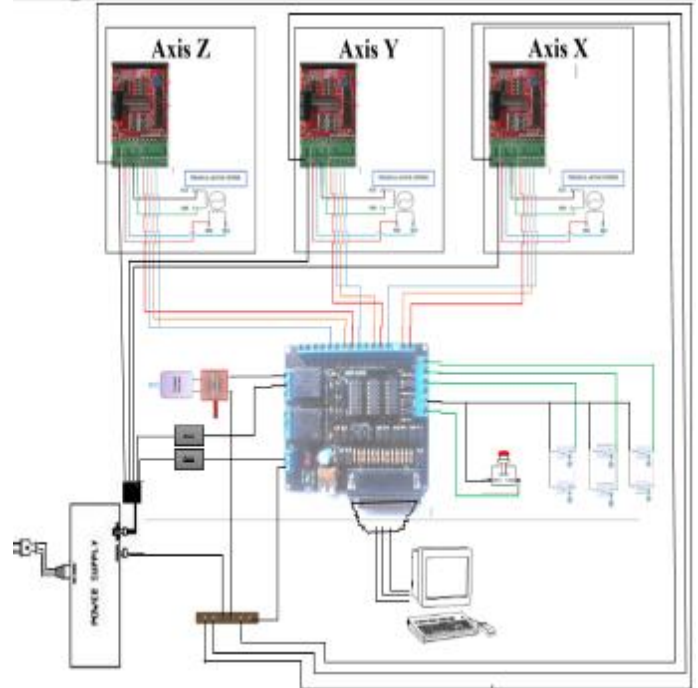
Dalam disain lebar sisi roda gigi biasanya b/m kurang dari 10 untuk daya kecil.

$$\frac{b}{m} = \frac{18}{2} = 9 < 10 \text{ sesuai.}$$

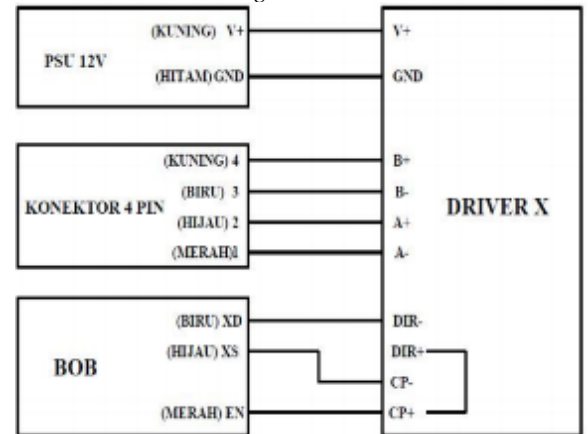
### 10. Perancangan Sistem Kontrol CNC

Langkah selanjutnya yaitu membuat gambar sistem pengkawatan (Wiring Diagram), hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses perakitan dan perancangan setiap komponen mesin.

Berikut ini gambar lengkap dari Wiring Diagram Roller Bending CNC pada Pipa 10 mm :



Gambar 10. Total Skema Wiring Diagram Mesin Roller Bending CNC



Gambar 11. Skema Wiring Diagram Mesin Roller Bending CNC

Tabel 1. Bahan dan Alat untuk merakit mesin Roller Bending CNC

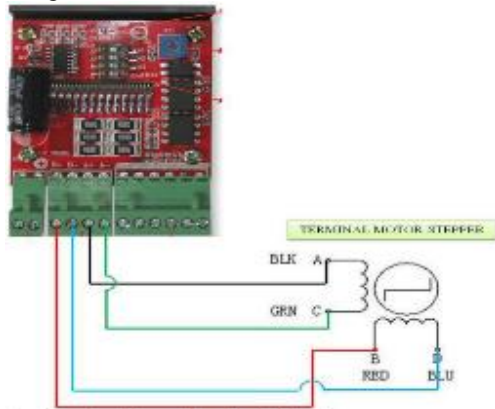
No.	Nama Komponen	Type	Jumlah
1	Motor Stepper	TPE17M	3
2	BreakOut Board	BOB DB25	1
3	Driver Motor Stepper	TB6600	3
4	Power Supply	SMPS 20 Ampere 12	1
5	Kabel	Kabel Terisolai	Secukupnya
6	Push Button	Emergency push button	1
7	Limit Switch	Push limit switch	6
8	Fuse Box		1
9	Relay	Single Pole 5V	2
10	Ground Box		1
11	Voltae Regulator	In 220V, out 0-260V, 1A max	1
12	Motor Spindle	AC 220, 350 watt	1



Proses Perakitan

1. Menghubungkan Motor Stepper dengan Driver Motor Stepper

Langkah pertama yaitu menghubungkan motor stepper dengan driver motor stepper dengan mengikuti skema berikut ini (Contoh sumbu Z):



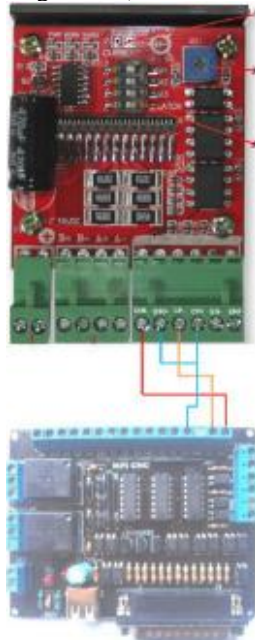
Gambar 12. Skema Koneksi Driver ke Motor Stepper

Untuk skema rangkaian axis X dan skema rangkaian axis Y bentuk rangkaian sama seperti gambar diatas begitupun masing-masing sumbu axis.

2. Menghubungkan Driver Motor Stepper dengan BOB

Langkah selanjutnya adalah menghubungkan 3 driver motor stepper ke BOB sesuai dengan axis yang akan di gerakkan. Cara menghubungkan setiap axis dengan mengikuti skema sebagai berikut:

**Driver ↔ Motor Stepper Sumbu X=Y=Z**  
(Sesuai masing sumbu):



Gambar 13. Skema Koneksi Driver Sumbu X=Y=Z ke BOB

3. Menghubungkan BOB ke Limit Switch

Untuk Mencegah terjadinya resiko kerusakan mekanis dari eretan atau *overload* pada motor *stepper* maka dipasang limit *switch* ke masing-masing sumbu pada eretan BOB, sehingga saat

eretan bergerak melebihi batas kapasitas akan membuat switch menutup (*Close Condition*). Adapun skema perakitan adalah sebagai berikut:

**BOB ↔ Limit Switch Sumbu X=Y=Z**

Posisi penempatan limit switch dari sumbu Z adalah saat dimana eretan mulai menabrak braket ulirtransportir atau mur di kedua sisi lintasan eretan Z (Arah plus (+) dan minus (-). Cara penyusunan limit switch adalah dengan sistem paralel sehingga apabila salah satu switch tertekan akan mengakibatkan motor penggerak berhenti.

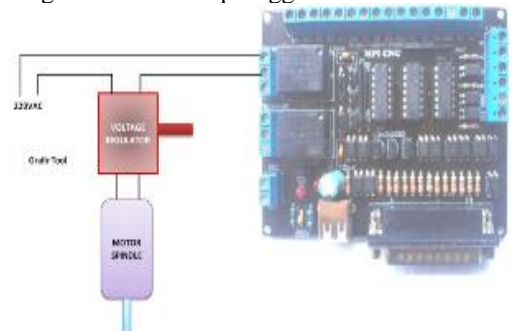
4. Menghubungkan BOB ke Emergency Stop

Langkah selanjutnya adalah memasang *Emergency Stop Button*, *Emergency switch* bekerja dengan cara memutuskan atau menghentikan setiap aktivitas gerakan mesin dengan cara memutus arus listrik. Ini adalah cara terbaik untuk menghentikan semua aktivitas mesin dengan cepat dan aman, jika dengan memutus aliran listrik utama di khawatirkan masih terdapat aliran listrik yang tersimpan di dalam *Capacitor* yang mengakibatkan motor berhenti dengan lambat.

5. Merakit Motor Spindle

Langkah selanjutnya adalah merakit motor spindle. Pada dasarnya ada beberapa pilihan kontrol motor spindle utama, ini disesuaikan dengan jenis motor yang akan di pakai, apakah *Motor Servo* atau *Motor Stepper*. Untuk perancangan mesin *Roller Bending CNC* ini akan di gunakan motor ac dengan pengaturan putaran manual dengan mengubah voltase yang masuk ke motor. Sedangkan pengaturan *On/Off* di lakukan dengan *M-Code*. *M-Code* di program *G-Code*. *M3 = Motor Spindle ON* dan *M5 = Motor Spindle OFF*.

Dalam merakit dan menyentuh komponen saat mesin berjalan, diharapkan untuk berhati-hati, dikarenakan tegangan yang masuk ke dalam rangkain BOB cukup tinggi.



Gambar 14. Skema Koneksi Motor Spindle

Perakitan Komponen ke Power Supply

Langkah terakhir yaitu merangkai semua komponen elektrik mesin dengan power supply, dimana sebelum menuju ke setiap komponen harus melewati *Fuse box* terlebih dahulu sebagai perangkat pengaman hubungan singkat.

Berikut ini skema rangkaian merakit komponen dengan power supply sesuai tegangan yang di butuhkan :

1. Rangkaian BOB dengan *power supply* BOB menggunakan power supply tersendiri dengan output 5VDC arus 3 ampere.
  2. Rangkaian *Motor Spindle* Dengan *Regulator*  
Dikarena motor spindle membutuhkan tegangan AC yang bisa di atur voltasenya, maka rangkaian di buat seperti gambar di bawah ini :
  3. Rangkaian *Driver Motor Stepper* dengan *Power Supply*  
Untuk *driver motor stepper* menggunakan power supply yang sama disetiap *motor stepper* nya.
  4. Menghubungkan Massa ke *Ground Box*  
Menghubungkan massa dari *power supply* dengan *Ground Box* serta massa dari setiap komponen mesin. Karena dari *Mach3* merekomendasikan penggunaan ground box agar aliran listrik massa berpusat pada satu titik. *Ground box* dapat di buat menggunakan sebuah plat tembaga atau aluminium yang di buat berlubang-lubang dan setiap kabel di sekrupkan dengan erat ke plat tersebut. Apabila ada koneksi yang menggunakan kabel terlindung (*Coaxial*) maka konduktor untuk pelindung harus di hubungkan juga dengan *ground box*.
- [4] Khurmi, R.S. Strengh Of Materials. S.Chand & Company Ltd. New Delhi. 2001.
  - [5] Popov, E.V. Mekanika Teknik. Terjemahan Zainul Astamar. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1984.
  - [6] Sularso. (1991) Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

#### IV. PENUTUP

##### A. Kesimpulan

Dari perhitungan dan perancangan pada “ Perancangan mekanik dan Sistem Kontrol CNC mesin bending pipa 10 mm ” diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Untuk proses pembendingan pipa hidrolik ASME E235N (st 37.4 NBK) diameter luar 10 mm dan diameter dalam 7 mm dibutuhkan gaya sebesar 4100 N sudah termasuk faktor keamanan.
- 2) Torsi motor yang dibutuhkan untuk membending pipa (sumbu Z) sebesar 27,6 N.m. Maka digunakan motor penggerak dengan jenis motor stepper AC NEMA 42 (K series SIGMAX 3 rotor stacks) dengan torsi max 39,74 N.m dan daya motor 1280 Watt = 1,280 kW.
- 3) Sistem transmisi yang digunakan roda gigi sebagai pembending (sumbu Z) dirancang perbandingan gigi 7,42, modul gigi 2, tebal gigi 18 mm dan bahan SCN22.
- 4) Pin untuk roda gigi sumbu Z digunakan dengan bahan SCN22 dengan diameter 40 mm.
- 5) Perancangan ini dikendalikan dengan Sistem kontrol CNC dan *Software CNC Mach 3*.

#### REFERENSI

- [1] Gieck, K. Kumpulan Rumus Teknik. Penerjemah R. Slamet Brotodirejo, Heryanto Slamet. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta. 1992.
- [2] Hagendoorn, J.J.M. Konstruksi Mesin. Penerjemah Soedjono. Penerbit PT. Rosda Jayaputra. Jakarta. 1993.
- [3] Khurmi, R.S. J.K. Gupta. A Textbook of Machine Design. S.I. Units. Eurasia Publishing House (Pvt) Ltd. New Delhi. 2004.