

**PERANCANGAN SISTEM PENEKUK PADA SIMULATOR  
MESIN CNC PEMBUAT BEGEL**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Habiburohman**

**No. Mahasiswa : 12525110**

**NIRM : 2012061535**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2017**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

Nama : Habiburohman

No. Mahasiswa : 12525110

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam laporan tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam penulisan naskah ini dan disebutkan sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima hukuman atau sanksi apapun sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 15 Desember 2017

Penulis,



Habiburohman

NIM : 12525110

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PERANCANGAN SISTEM PENEKUK PADA SIMULATOR  
MESIN CNC PEMBUAT BEGEL**

**TUGAS AKHIR**



Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Purtojo, S.T., M.Sc.

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PERANCANGAN SISTEM PENEKUK PADA SIMULATOR  
MESIN CNC PEMBUAT BEGEL**

**TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : **Habiburohman**

No. Mahasiswa : **12525110**

NIRM : **2012061535**

Tim Penguji

Purtojo, S.T., M.Sc.

Ketua



Tanggal : **22/01/18**

Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.

Anggota I



Tanggal : **24/1/2018**

Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.

Anggota II




Tanggal : **24/1/2018**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Universitas Islam Indonesia



  
Risdiono, S.T., M.Eng, Dr.Eng.

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Saya persembahkan karya tulis ini kepada,  
Kedua orang tua saya yang karenanya penulis bisa sampai ke titik ini dimana hal yang paling berharga dalam hidup yaitu menyelesaikan study S1, berkat doa, arahan, serta dukungan moril dari mereka yang tidak henti-hentinya.  
Kedua kakak saya Muhammad Hanif Hilmi beserta istri Nur Amalia dan Muhammad Hafid Hilmi yang tidak henti-hentinya juga untuk memberikan arahan, motivasi, serta dukungan yang bersifat membangun.  
Keluarga besar K.H Nahrawi dan Bapak Narpa yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan moril, karena mereka semua penulis dapat bersemangat dalam menjalani masa perkuliahan.  
Dan teman-teman terbaik saya Syari Eka Oktaviani, Reza Iman Ramdhan, Hedy Priyatno, Cisron Sutrisno, Sandi M. P., Raga P., Dian Lukman H., Alfio F., Gyan Kasandra selaku partner dalam mengerjakan tugas akhir, serta teman-teman seperjuangan Teknik Mesin FTI UII yang selalu mendukung, menyemangati dan mendoakan.

## HALAMAN MOTTO

*“Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang di jalan Allah hingga pulang.”*

(H.R. Tirmidzi)

*“Tabir yang memisahkan antara kami dengan keberhasilan hanyalah keputusasaan, jika harapan tertanam kuat dalam diri maka dengan izin Allah kita akan banyak mencapai kebaikan.”*

(Hasan Al Banna)

*“Barang siapa membunuh waktunya maka sama saja dengan membunuh dirinya sendiri karena waktu adalah kehidupan itu sendiri.”*

(Hasan Al Banna)

*“Lihat pada dirimu sendiri sebelum engkau membawa dirimu pada orang lain sebab manusia tak bisa melihat kata yang selalu bertentangan dengan perbuatan.”*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

*Alhamdulillah Robbilalamin*, puji syukur kehadiran Allah S.W.T. atas segala limpahan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad S.A.W. beserta keluarga, sahabat dan semua umatnya hingga saat ini.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Pada pelaksanaan tugas akhir, mahasiswa diharapkan dapat mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama di bangku perkuliahan dan membentuk pola berfikir dalam menghadapi masalah.

Selama pelaksanaan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T. atas segala limpahan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya.
2. Rasulullah Muhammad S.A.W. yang menjadi teladan dan idola terbaik.
3. Bapak, ibu , kakak dan seluruh keluarga yang sangat saya cintai dan sayangi.
4. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan izin untuk melakukan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Purtojo, S.T., M.Sc. selaku pembimbing tugas akhir, terima kasih atas saran serta nasehat baik dalam proses bimbingan dan pembentukan karakter sehingga penulis dapat mengambil hikmah dari segala nasehat yang diberikan. Semoga Allah SWT membalas atas bantuan serta dorongan semangat yang menjadikan penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

6. Segenap karyawan jurusan dan staff Laboratorium Teknik Mesin FTI UII.
7. Arif Fauzi yang telah membantu membimbing pengoprasian modul PLC Beckhoff.
8. Sahabat dan teman-teman kontrakan, posko wacana yang selalu memberikan semangat berupa pertanyaan-pertanyaan kapan sidang.
9. Gyan Kasandra selaku partner dalam mengerjakan tugas akhir ini.
10. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin FTI-UII dan sahabat-sahabat seperjuangan semoga kelak di kemudian hari dapat bertemu dan berkumpul kembali.
11. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu per-satu.

Semoga Allah S.W.T. senantiasa memberikan balasan limpahan rahmat dan karunia-Nya, serta kelapangan hati atas segala kebaikan yang mereka berikan. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan kesalahannya, untuk itu diharapkan masukan saran dan kritik yang sekiranya dapat menambah pengetahuan serta lebih menyempurnakan laporan ini sehingga lebih bermanfaat lagi.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 15 Desember 2017

Penyusun,

Habiburohman

NIM : 12525110



## **ABSTRAK**

*Simulator Mesin CNC pembuat begel merupakan mesin yang digunakan untuk proses pembuatan begel dengan berbagai ukuran sesuai dengan kebutuhan pada industri infrastruktur bangunan dengan waktu produksi yang relatif cepat. Mesin ini menggunakan teknologi PLC (Programmable Logic Control) Beckhoff yang dimana sistem ini dapat mengatur putaran Motor Servo DC untuk proses pembuatan begel. Salah satu komponen utama yang dibutuhkan pada mesin ini adalah sitem penekuk. Sitem ini bekerja berdasarkan pergerakan motor yang telah diatur derajat putarannya sehingga dapat beroperasi sesuai yang direncanakan. Dalam perencanaan ini hasil yang diinginkan adalah membuat begel berbentuk persegi dengan sudut lengkungan  $90^\circ$ , mampu mebuat begel dengan ukuran yang berbeda-beda, serta waktu produksi yang cepat. Hasil tersebut diperoleh dari uji coba parameter jarak (distance) dan kecepatan (velocity) pada program PLC Beckhoff serta dari beberapa aspek yang dipengaruhi oleh perancangan desain mesin.*

*Kata kunci: Begel, PLC Beckhoff, Motor Servo DC.*

## **ABSTRACT**

*CNC Machine Simulator for Brace Making is a machine used for the process of brace making with various sizes as needed in the infrastructure industry with a relatively fast production time. This machine uses Beckhoff's PLC (Programmable Logic Control) technology, which the system can adjust the rotation of Servo DC Motor for brace making process. One of the main components needed on this machine is the bending system. This system works based on the movement of the motor that has been set the degree of rotation so that it can operate as planned. In this plan, the desired result is a curved angle on the brace, which is 90 °, can create brace with different sizes, and fast production time. The results obtained from the experimental value of distance parameters and velocity parameters on the Beckhoff PLC program as well as from some aspects that are influenced by the design of the machine.*

*Keywords: Brace, Beckhoff PLC, Servo DC Motor.*

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL .....   | i   |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....                            | ii  |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....                    | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI .....                       | iv  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                                   | v   |
| HALAMAN MOTTO .....   | vi  |
| KATA PENGANTAR .....  | vii |
| ABSTRAK .....   | ix  |
| ABSTRACT .....  | x   |
| DAFTAR ISI .....  | xi  |
| DAFTAR TABEL .....  | xiv |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xv  |
| BAB 1 .....   | 1   |
| PENDAHULUAN .....   | 1   |
| 1.1 Latar Belakang .....                                    | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                   | 2   |
| 1.3 Batasan Masalah .....                                   | 2   |
| 1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....                | 2   |
| 1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....               | 3   |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                             | 3   |
| BAB 2 .....   | 4   |
| TINJAUAN PUSTAKA .....                                      | 4   |
| 2.1 Kajian Pustaka .....                                    | 4   |
| 2.2 Dasar Teori 1 .....                                     | 5   |
| 2.2.1 Begel .....   | 5   |
| 2.2.2 CAD (Computer Aided Design) .....                     | 6   |
| 2.2.3 Solidwork .....                                       | 6   |
| 2.2.4 <i>Progammable Logic Control</i> (PLC) Beckhoff ..... | 7   |
| 2.2.5 Perangkat Lunak TwinCat Beckhoff .....                | 8   |
| 2.2.6 Komponen Dasar PLC .....                              | 8   |

|                            |  |    |
|----------------------------|--|----|
| 2.2.7                      | Bahasa Pemrograman.....                                | 10 |
| 2.2.8                      | Ladder Diagram (LDR).....                              | 10 |
| 2.2.9                      | Motor Servo .....                                      | 11 |
| 2.2.10                     | Tegangan.....  | 12 |
| 2.2.11                     | Tegangan Tarik ( <i>Tensile Strenght</i> ) .....       | 13 |
| 2.2.12                     | Torsi .....  | 14 |
| 2.2.13                     | Hubungan Torsi dengan Daya Pada Motor Listrik .....    | 14 |
| 2.2.14                     | Pelengkungan .....                                     | 15 |
| BAB 3 .....                |  | 16 |
| METODE PENELITIAN .....    |  | 16 |
| 3.1                        | Alur Penelitian .....                                  | 16 |
| 3.2                        | Observasi.....   | 17 |
| 3.3                        | Konsep desain dan perancangan alat .....               | 17 |
| 3.3.1                      | Perancangan Alat .....                                 | 17 |
| 3.3.2                      | Konsep Desain .....                                    | 18 |
| 3.3.3                      | Sistem Elektronik.....                                 | 22 |
| 3.3.4                      | Perhitungan Kekuatan Motor Pada proses penekukkan..... | 27 |
| 3.3.5                      | Perhitungan Dimensi Kawat .....                        | 28 |
| 3.4                        | Peralatan dan Bahan .....                              | 29 |
| BAB 4.....                 |  | 30 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |  | 30 |
| 4.1                        | Hasil Perancangan Mesin CNC Pembuat Cincin Begel.....  | 30 |
| 4.1.1                      | Hasil Perancangan Sistem Penekuk .....                 | 33 |
| 4.1.2                      | Pembuatan Sistem Penekuk .....                         | 34 |
| 4.2                        | Kontrol Sistem pada Perangkat Lunak TwinCat.....       | 37 |
| 4.2.1                      | Kontrol Sistem pada TwinCat System Mannager.....       | 37 |
| 4.2.2                      | Pemrograman pada Twincat PLC Control .....             | 40 |
| 4.3                        | Langkah-langkah pengoperasian mesin .....              | 45 |
| 4.4                        | Monitoring pada Proses Penekukkan .....                | 46 |
| 4.5                        | Hasil Pengujian .....                                  | 47 |
| 4.5.1                      | Pengujian Penekukkan .....                             | 47 |
| 4.5.2                      | Pengujian Kecepatan Kerja Alat .....                   | 49 |

|                |                         |    |
|----------------|-------------------------|----|
| 4.6            | Kendala dan Solusi..... | 51 |
| 4.6.1          | Kendala .....           | 51 |
| 4.6.2          | Solusi.....             | 51 |
| BAB 5          | .....                   | 52 |
| PENUTUP        | .....                   | 52 |
| 5.1            | Kesimpulan .....        | 52 |
| 5.2            | Saran.....              | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | .....                   | 53 |
| LAMPIRAN       | .....                   | 54 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3. 1 Tabel Alat dan Bahan .....  | 29 |
| Tabel 4. 1 Instruksi Tombol.....   | 42 |
| Tabel 4. 2 Pengujian Perbedaan Paramater Distance terhadap sudut penekukkan kawat 10x10 cm ..... | 48 |
| Tabel 4. 3 Pengujian Perbedaan Paramater Distance terhadap sudut penekukkan kawat 12x12 cm ..... | 49 |
| Tabel 4. 4 Perubahan velocity terhadap waktu.....  | 50 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Begel .....  | 5  |
| Gambar 2. 2 Tampilan Software Solidwork .....                                    | 7  |
| Gambar 2. 3 PLC .....  | 8  |
| Gambar 2. 4 Diagram Block PLC .....  | 9  |
| Gambar 2. 5 Diagram Ladder .....   | 11 |
| Gambar 2. 6 Motor Servo .....  | 12 |
| Gambar 2. 7 Hubungan antara Lear Pulsa dengan Posisi Poros Motor Servo .....     | 12 |
| Gambar 3. 1 Alur Penelitian .....  | 16 |
| Gambar 3. 3 Desain Mesin Perangkai Begel Otomatis .....                          | 19 |
| Gambar 3. 4 Gambar Rangka Mesin .....  | 19 |
| Gambar 3. 5 PLC ( <i>Progammmble Logic Control</i> ) .....                       | 20 |
| Gambar 3. 6 Motor Servo .....  | 20 |
| Gambar 3. 7 Flexible Coupling .....  | 21 |
| Gambar 3. 8 Pillow Block .....   | 21 |
| Gambar 3. 9 <i>Bearing</i> .....   | 21 |
| Gambar 3. 10 Lengan Pembengkok .....   | 22 |
| Gambar 3. 11 Embeded System CX5010 .....   | 22 |
| Gambar 3. 12 Digital Input EL1008 .....  | 23 |
| Gambar 3. 13 Digital Output .....  | 24 |
| Gambar 3. 14 Terminal Servo Motor EL7211-0010 .....                              | 24 |
| Gambar 3. 15 Motor Cable .....   | 25 |
| Gambar 3. 16 Motor Servo am8122 .....  | 25 |
| Gambar 3. 17 Power Supply .....  | 26 |
| Gambar 3. 18 Rangkain Sitem Elektronik .....                                     | 26 |
| Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Mesin CNC Pembuat Cincin Begel .....               | 30 |
| Gambar 4. 2 Hasil Perancangan Tampak Depan .....                                 | 30 |
| Gambar 4. 3 Hasil Perancangan Desain Tampak Atas .....                           | 31 |
| Gambar 4. 4 Hasil Perancangan Desain Tampak Samping .....                        | 31 |
| Gambar 4. 5 Hasil Perancangan Tampak Belakang .....                              | 31 |
| Gambar 4. 6 Desain Sistem Penekuk Tampak Isometrik .....                         | 33 |
| Gambar 4. 7 Desain Sitem Penekuk Tampak Depan .....                              | 33 |
| Gambar 4. 8 Desain Sitem Penekuk Tampak Atas .....                               | 34 |
| Gambar 4. 9 Desain Sitem Penekuk Tampak Samping .....                            | 34 |
| Gambar 4. 10 Lengan Penekuk .....  | 35 |
| Gambar 4. 11 Pelurus .....   | 35 |
| Gambar 4. 12 Dudukan / Penahan untuk proses penekukkan .....                     | 35 |
| Gambar 4. 13 Cover Plat .....  | 36 |
| Gambar 4. 14 Hasil Perancangan Proses Penekuk pada Mesin CNC pembuat Begel ..... | 36 |
| Gambar 4. 15 System Mannager TwinCat .....                                       | 37 |
| Gambar 4. 16 NC-Configuration .....  | 37 |
| Gambar 4. 17 PLC-Configuration .....   | 38 |
| Gambar 4. 18 I/O-Configuration .....   | 38 |
| Gambar 4. 19 Parameter Kecepatan Maksimum Motor .....                            | 39 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4. 20 Scaling Factor .....                             | 39 |
| Gambar 4. 21 Kv-Factor .....                                  | 40 |
| Gambar 4. 22 Diagram Alir Pemrogram PLC .....                 | 41 |
| Gambar 4. 23 Instruksi Tombol pada Program PLC Beckhoff ..... | 42 |
| Gambar 4. 24 Block MC_Power .....                             | 43 |
| Gambar 4. 25 Instruksi Penekukkan.....                        | 44 |
| Gambar 4. 26 Monitoring pada Proses Penekukkan .....          | 46 |
| Gambar 4. 27 Parameter Input Distance pada Program .....      | 47 |
| Gambar 4. 28 Parameter Input Velocity pada Program.....       | 50 |



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada beberapa tahun belakangan ini pembangunan infrastruktur di Indonesia telah berkembang pesat. Banyak diantaranya dibangun gedung-gedung perkantoran, perumahan, jembatan dan infrastruktur lainnya sebagai penunjang kesejahteraan masyarakat. Oleh karenanya kebutuhan akan bahan-bahan yang digunakan konstruksi bangunan pun akan meningkat pula. salah satunya adalah kebutuhan akan besi begel yang berfungsi untuk menahan gaya geser dari balok cor atau kolom beton bertulang sehingga bangunan semakin kokoh.

Pada proses pembuatan begel di Indonesia, banyak diantaranya masih menggunakan metode manual, dalam arti lain proses pembuatan begel masih menggunakan tenaga manusia seperti menggunakan kunci begel, balok kayu dan paku yang disusun berdasarkan ukuran diameter dan panjang begel yang akan ditekuk. Proses ini akan membutuhkan waktu produksi yang lama dan memungkinkan adanya kelalaian dalam proses pembuatan begel serta dalam produksinya hanya dapat membuat satu ukuran saja. Oleh karenanya dibutuhkan alternatif baru untuk proses pembuatan begel.

Simulator Mesin CNC pembuat begel adalah sejenis perangkat mesin untuk memudahkan dalam pembuatan begel dengan mengandalkan tenaga listrik. Sehingga akan memudahkan proses pembuatan begel yang selama ini dibuat hanya mengandalkan tenaga manusia. Dengan adanya mesin Simulator CNC pembuat begel maka pekerjaan membuat begel kini akan lebih cepat dan presisi serta mampu membuat begel dengan ukuran yang berbeda-beda. Menggunakan PLC sebagai perangkat pengontrolnya maka kawat begel akan dibentuk sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Kebutuhan akan perkembangan teknologi jelas terlihat pada bidang industri berskala kecil maupun besar. Pada umumnya suatu industri akan berusaha untuk menghasilkan produk-produk yang seragam dan cepat sehingga mampu memenuhi kebutuhan konsumen. Oleh karena itu penulis melaksanakan

Tugas Akhir sebagai bagian dari ilmu amaliah dengan judul “Perancangan Sistem Penekuk pada Simulator Mesin CNC Pembuat Begel”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Dalam pembuatan begel dengan metode manual untuk proses pembuatan begel tidak cepat dan presisi.
2. Dalam pembuatan begel dengan metode manual belum mampu membuat begel dengan ukuran yang berbeda-beda dalam satu alat.

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang dibuat oleh peneliti karena keterbatasan kemampuan peneliti yaitu:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada proses penekukkannya saja.
2. Hardware yang digunakan adalah PLC Beckhoff dan motor dc servo.
3. Software yang digunakan adalah Twincat.
4. Parameter-parameter yang dimasukkan mengikuti parameter yang terdapat pada software Twincat.
5. Perhitungan mekanik hanya difokuskan pada bagian penekuknya saja.
6. Alat yang dirancang dalam skala kecil
7. Begel yang dibuat bukan berbahan dasar besi melainkan kawat berbahan dasar galvanized dengan ukuran diameter 1 mm.

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dikemukakan, maka dapat ditentukan tujuan penelitian atau perancangan sebagai berikut:

1. Merancang sistem penekuk simulasi mesin cnc pembuat begel.
2. Membuat produk begel segi empat dengan lengkungan sudut 90°.
3. Membuat begel dengan ukuran dan waktu yang berbeda – beda.

## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari perancangan mekanisme perangkat begel ini adalah:

1. Dapat menghemat atau mengefisienkan waktu dan tenaga dalam proses pembuatan begel jika diperlukan jumlah yang banyak.
2. Tersedianya alat yang lebih praktis untuk membuat begel dengan ukuran yang berbeda-beda.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini diuraikan bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Pokok-pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima bab :

1. Bab 1 Pendahuluan, berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan laporannya.
2. Bab 2 Tinjauan Pustaka, berisikan tentang kajian pustaka dan dasar teori
3. Bab 3 Metode Penelitian, berisikan tentang alur penelitian, perancangan, serta peralatan dan bahan.
4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan, berisikan tentang pembahasan mengenai proses perancangan sistem penekuk dan hasil pengujian
5. Bab 5 Penutup, yang berisi tentang kesimpulan dan saran.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Tekuk merupakan pengerjaan dengan cara memberi tekanan pada bagian tertentu sehingga terjadi deformasi plastis pada bagian yang diberi tekanan. Sedangkan proses bending merupakan proses penekukan atau pembengkokan menggunakan alat bending manual maupun menggunakan mesin bending (Pratiwi, 2016).

Penggunaan teknologi di industri merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produktifitas dan menekan biaya produksi. Teknologi yang digunakan saat ini adalah teknologi otomasi. Teknologi otomasi banyak digunakan oleh industri hal ini disebabkan karena teknologi otomasi ini terbukti dapat meningkatkan produktifitas, menekan biaya produksi. Otomasi merupakan suatu teknik yang digunakan dalam proses produksi untuk mengurangi biaya produksi, memperbaiki kualitas produk dan meningkatkan volume produksi (Kurniadi, 2017).

Tekukan dan membentuk adalah proses yang hampir sama, yang membedakan hanya pada cara kerja pembengkokan. Dalam penekukkan sederhana bagian besi yang lurus ditebuk hingga berbentuk suatu radius (Suchy, 2006).

Proses bending memiliki beberapa macam proses dan metode. Berikut macam-macam proses bending plat :

##### **1. MESIN BENDING PLAT MANUAL**

Mesin ini menggunakan tenaga manusia yang dibantu dengan bandul pemberat. Mesin ini tidak menggunakan daya listrik sedikitpun murni menggunakan tenaga manusia. Kelebihan mesin ini adalah murah dan hemat biaya operasionalnya sedangkan kelemahannya hanya cocok untuk plat berbahan dasar mild steel tipis atau alumunium.

##### **2. MESIN BENDING PLAT HIDROLIK**

Mesin ini menggunakan sisitem hidrolik sebagai sumber tenaga penekuknya. Mesin ini membutuhkan tenaga listrik yang lebih efisien untuk

menggerakkan pompa hidroliknya, mesin ini menggunakan fluida dalam sistem hidroliknya berupa oli hidrolik yang secara berkala harus diganti. Kelebihan mesin ini adalah mampu menekuk plat yang tebal seperti mild steel, stainless steel dan alumunium, akurasinya terkontrol. Sedangkan kekurangannya adalah kerjanya relatif lamban walaupun konsumsi listrik lebih efisien dibandingkan tipe mekanikal.

### 3. MESIN BENDING PLAT MEKANIKAL

Mesin ini menggunakan tenaga motor listrik yang dibantu dengan semacam roda gila yang berfungsi sebagai pengumpul tenaga. Kelebihan dari mesin ini adalah berkecepatan tinggi dan tenaganya besar. Kekurangannya listriknya besar dan suaranya sangat berisik serta tingkat kepresisiannya rendah (Kurniawan, 2013).

## 2.2 Dasar Teori 1

### 2.2.1 Begel

Begel adalah suatu komponen yang terbuat dari besi beton. Kegunaan dari besi begel adalah untuk menahan gaya geser dari balok cor atau kolom beton bertulang. Dan kegunaan lainnya adalah untuk menahan cor pada pondasi dan tulangan pada dinding rumah sehingga rumah semakin kokoh.

Pada umumnya begel dibentuk dengan ukuran / dimensi yang berbeda beda, berikut adalah ukuran / dimensi begel yang umum di pasaran dan sering digunakan dalam konstruksi bangun antara lain : 8cm x 8cm, 10cm x 10cm, 12cm x 12cm, 15cm x 15cm, 8cm x 15cm (Dwijaya, 2012).



Gambar 2. 1 Begel

Sumber : <http://pramanadwijaya.com/produk/besi-beton/begel-kolom/>

### 2.2.2 CAD (Computer Aided Design)

*Computer-aided design (CAD)* atau *computer-aided design and drafting (CADD)*, merupakan satu bentuk otomatisasi yang membantu perancang untuk memperbaiki gambar, spesifikasi, dan elemen-elemen yang berhubungan dengan perancangan yang menggunakan efek grafik khusus dan perhitungan program-program komputer. Teknologi yang digunakan untuk bermacam produk dalam lingkungan dan arsitektur, elektronik, dan erodinamika (ilmu dinamika udara), teknik otomotif dan desain produk. Walaupun sistem *CAD* biasanya tidak selalu menggambar otomatis, biasanya meliputi pemodelan 3 dimensi dan model operasi simulasi komputer. Sistem *CAD* dijalankan melalui *PC* untuk desain dan pemodelan 2D serta proses *drafting*, kemudian dijalankan dan diintegrasikan dengan sistem *CAM (Computer Aided Manufacture)* yang disesuaikan dengan format mesin *CNC (Computer Numeric Control)* yang akan digunakan (Handayani, 2005).

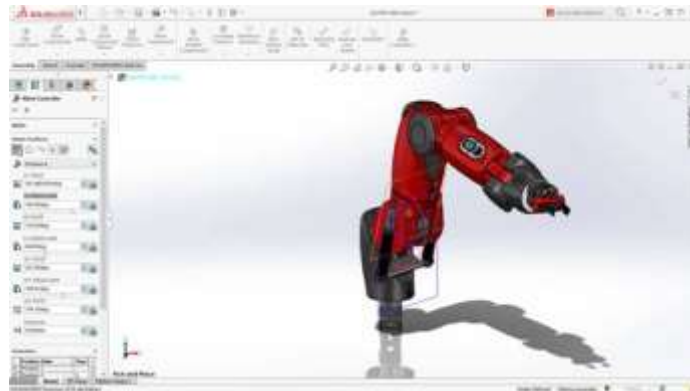
### 2.2.3 Solidwork

*SolidWorks* adalah apa yang kita sebut “parametrik” *modelling* yang *solid* yang diperuntukan untuk pemodelan desain 3-D. Parametrik sendiri itu berarti bahwa dimensi dapat memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya dan dapat diubah pada saat proses desain dan secara otomatis mengubah *part solid* dan dokumentasi terkait (*blueprint*).

*SolidWorks* sendiri adalah *software* program mekanikal 3D *CAD (computer aided design)* yang berjalan pada *Microsoft Windows*. *file SolidWorks* menggunakan penyimpanan *file format Microsoft* yang terstruktur. Ini berarti bahwa ada berbagai *file* tertanam dalam setiap *SLDDRW (file gambar)*, *SLDPRT (part file)*, *SLDASM (file assembly)*, dengan *bitmap preview* dan *metadata sub-file*.

Berbagai macam *tools* dapat digunakan untuk mengekstrak *sub-file*, meskipun *sub-file* dalam banyak kasus menggunakan *format file biner*. *SolidWorks* adalah parasolid yang berbasis *solid modelling*, dan menggunakan pendekatan berbasis *fitur-parametric* untuk membuat model dan

*assembly* atau perakitan. Parameter mengacu pada pembatasan yang bernilai menentukan bentuk atau geometri dari model.



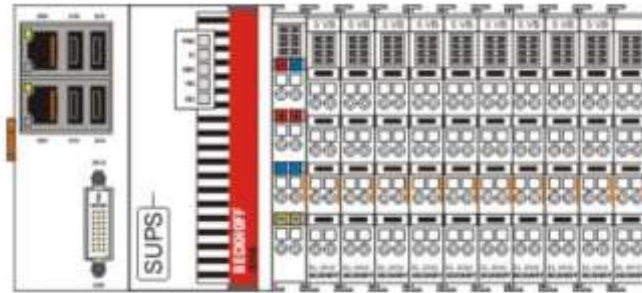
Gambar 2. 2 Tampilan *Software Solidwork*

Sumber: (Solidworks indonesia 2016)

Parameter dapat berupa numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal. Parameter numerik dapat dikaitkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud dari desain (Solidworks indonesia, 2016).

#### **2.2.4 *Progammable Logic Control (PLC) Beckhoff***

*PLC Beckhoff* merupakan perangkat yang menerapkan sistem otomasi terbuka berdasarkan teknologi *PC Control* yang meliputi komponen *I/O* dan *Fieldbus*, Teknologi *Drive* dan perangkat lunak otomasi. Produk yang dapat digunakan sebagai komponen terpisah atau diintegrasikan ke dalam sistem kontrol yang lengkap dan mulus yang tersedia untuk semua industri. Filosofi “*New Automation Technology*” Beckhoff mewakili solusi kontrol dan otomasi universal dan terbuka yang digunakan di seluruh dunia dalam berbagai macam aplikasi yang berbeda, mulai dari alat mesin yang dikendalikan *CNC* sampai otomatisasi bangunan cerdas. Teknologi kontrol berbasis *PC* ini menawarkan skalabilitas dan fleksibilitas yang sangat baik. Roland van Mark, marketing *PC* industri di *Beckhoff*, menjelaskan karakteristik dan keunggulan penting *PC* industri *Beckhoff* terkait dengan keunggulan sistem perangkat lunak *TwinCat Beckhoff* (Beckhoff, 2008).



Gambar 2. 3 PLC

Sumber: *Beckhoff*

### 2.2.5 Perangkat Lunak TwinCat Beckhoff

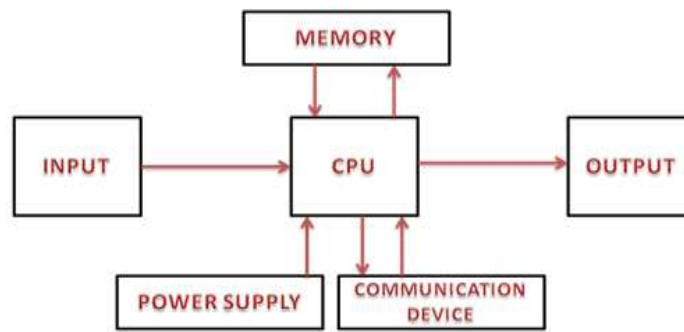
Sistem perangkat lunak *TwinCat* mengubah hampir semua *PC* yang kompatibel menjadi pengendali *real-time* dengan sistem *multi-PLC*, kontrol sumbu *NC*, pemrograman dan stasiun operasi. *TwinCat* menggantikan pengendali *PLC* dan *NC / CNC* konvensional serta perangkat pemrograman dan sistem *run-time* secara opsional bersama pada satu *PC*. *TwinCat* menggantikan pengendali *PLC* dan *NC / CNC* konvensional serta perangkat operasi dengan :

- Perangkat keras *PC* yang kompatibel.
- *Embedded IEC 61131-3 software PLC, software NC dan software CNC* di *Windows NT/ 2000 / XP / Vista, Windows 7, NT / XP Embedded, CE.*
- Program dan sistem *run-time* secara opsional dalam satu *PC* atau dipisahkan.
- Koneksi ke semua *common fieldbuses*.
- *PC interface support.*
- Komunikasi data dengan antar muka pengguna dan program lainnya dengan menggunakan *standar Microsoft* (OPC, OCX, DLL, dll). (Beckhoff)

### 2.2.6 Komponen Dasar PLC

*PLC* terusun atas beberapa komponen dasar yang dapat dilihat pada gambar 2. 4 berupa diagram *block PLC*.





Gambar 2. 4 Diagram Block PLC

Sumber: Block Diagram of PLC <http://er.yuvayana.org/plc-programmable-logic-controller-introduction-use-example-with-block-diagrams/>

Dimana pada Gambar 2.4 dijelaskan beberapa komponen-komponen *PLC* yaitu :

- A. **CPU** (*Central Processing unit*), yaitu otak dari *PLC* yang mengerjakan berbagai operasi, antara lain mengeksekusi program, menyimpan dan mengambil data dari memori, membaca kondisi/nilai input serta mengatur nilai *output*, memeriksa adanya kerusakan (*self - diagnosis*), serta melakukan komunikasi dengan perangkat lain.
- B. **Input**, merupakan bagian *PLC* yang berhubungan dengan perangkat luar yang memberikan masukan kepada *CPU*. Perangkat luar input dapat berupa tombol, *switch*, *sensor* atau piranti lain.
- C. **Output**, merupakan bagian *PLC* yang berhubungan dengan perangkat luar yang memberikan keluaran dari *CPU*. Perangkat luar output dapat berupa lampu, katub (*valve*), motor dan perangkat – perangkat lain.
- D. **Memory**, yaitu tempat untuk menyimpan program dan data yang akan dijalankan dan diolah oleh *CPU*. Dalam pembahasan *PLC*, memori sering disebut sebagai *file*. Dalam *PLC* memori terdiri atas memori program untuk menyimpan program yang akan dieksekusi, memori data untuk menyimpan nilai-nilai hasil operasi *CPU*, nilai *timer* dan *counter*, serta memori yang menyimpan nilai kondisi input dan *output*. Kebanyakan *PLC* sekarang memiliki satuan memori dalam *word* (16 bit).

- E. **Communication Device**, yang membantu *CPU* dalam melakukan pertukaran data dengan perangkat lain, termasuk juga berkomunikasi dengan komputer untuk melakukan pemrograman dan pemantauan.
- F. **Power Supply**, untuk memberikan sumber tegangan kepada semua komponen dalam *PLC*. Biasanya sumber tegangan *PLC* adalah 220 V AC atau 24 V DC.

Pada dasarnya sinyal yang diterima/dibangkitkan oleh unit input/output *PLC* berupa sinyal digital, yang bernilai biner 0 atau 1. Perangkat input/output yang memiliki sinyal analog memerlukan piranti *ADC* (*Analog to Digital Converter*) atau *DAC* (*Digital to Analog Converter*) agar dapat dihubungkan ke *PLC*. Biasanya piranti ini terdapat dalam modul analog yang diproduksi pabrik pembuat *PLC*. Sinyal analog yang biasanya digunakan dalam *PLC* mengikuti standar industri, yaitu arus 4 – 20 mA untuk tegangan *input digital* bermacam-macam mulai dari 5 V DC, 12 V DC atau 24 V DC, sedangkan terminal *output* dapat berupa relay atau transistor (Achmad, 2007 : 5-6).

### 2.2.7 Bahasa Pemrograman

Dalam pemrograman *PLC*, terdapat beberapa metode pemrograman yang dilakukan oleh *PLC* agar dapat beroperasi. Metode yang umum terdapat dalam pilihan antara lain metode pemrograman dengan diagram logika tangga (*ladder logic diagram*), *mnemonic* (*statement list*), dan diagram fungsi blok (*function block diagram*). Adanya pilihan metode tersebut dimaksudkan agar pengguna bisa membuat program dengan mudah sesuai dengan keahlian atau metode pemrograman yang disukainya. Berdasarkan Standar Internasional IEC- 61131-3, bahasa pemrograman *PLC* ada 5 macam yaitu, *Ladder Diagram*, *Function Block Diagram*, *Structure Text*, *Mnemonic / statement list*, *Sequential Function Chart* (Automation Indo, 2016).

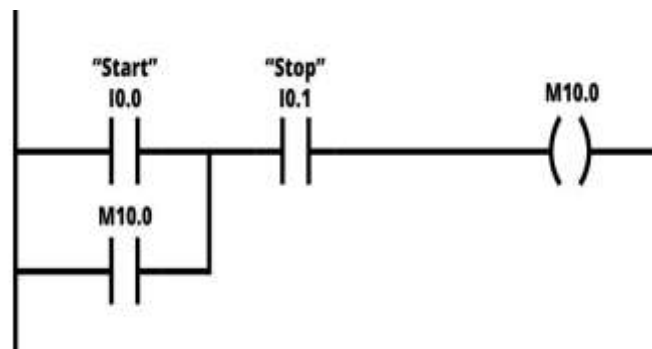
### 2.2.8 Ladder Diagram (LDR)

*Ladder* diagram menggambarkan program dalam bentuk grafik. Diagram ini dikembangkan dari kontak-kontak relay yang terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik. Dalam *ladder diagram* ini terdapat dua buah

garis vertikal. Garis vertikal sebelah kiri dihubungkan dengan sumber tegangan positif/rel catu daya aktif sedangkan garis sebelah kanan dengan sumber tegangan negatif/rel catu daya pasif.

Diantara dua garis ini dipasang kontak-kontak yang menggambarkan kontrol dari *switch*, *sensor* atau *output*. Satu baris dari diagram disebut dengan satu rung. *Input* menggunakan symbol “| |” (kontak, *normal open*) dan “|/|” (negasi kontak, *normal closed*). *Output* mempunyai simbol “( )” yang terletak paling kanan menempel garis vertikal kanan.

Selama pemrograman setiap simbol yang diberikan adalah alamat *PLC* sesungguhnya atau merupakan alamat simbolic (misalnya I0.0 “*Start*”, I0.1 “*Stop*”, M10.0). Dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Diagram *Ladder*

Sumber : <http://www.plcademy.com/ladder-logic-examples/>

### 2.2.9 ServoMotor

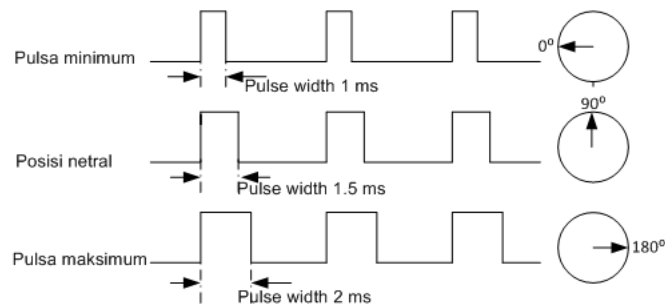
*Servo Motor* adalah salah satu jenis DC motor. Berbeda dengan *stepper motor*, *servo motor* beroperasi secara *closed loop*. Poros motor dihubungkan dengan rangkaian kendali, sehingga jika putaran poros belum sampai pada posisi yang diperintahkan maka rangkaian kendali akan terus mengoreksi posisi sehingga mencapai posisi yang diperintahkan. *Servo motor* banyak digunakan pada peranti R/C (*Remote Control*) seperti mobil, pesawat, *helicopter*, dan kapal, serta sebagai *actuator* robot maupun penggerak pada kamera.



Gambar 2. 6 *Servo Motor*

Sumber: [www.indiamart.com](http://www.indiamart.com)

*Servo motor* terdiri dari dua jenis yaitu *servo motor* standar yang hanya dapat bergerak pada rentang sudut tertentu, biasanya  $180^\circ$  atau  $270^\circ$ , dan *servo motor continue* yang dapat berputar secara *continue* pada *servo motor* standar yang dapat dikendalikan adalah posisi poros sedangkan pada *servo motor continue* yang dapat dikendalikan adalah kecepatan. Cara pengendaliannya adalah sama yaitu dengan mengatur lebar pulsa yang diberikan. Lebar pulsa yang diperlukan antara 1 ms hingga 2 ms. Gambar 2.5 menunjukkan hubungan antara lebar pulsa yang diberikan dengan posisi poros. Pulsa haruslah selalu diulang setiap 20 hingga 30 ms atau frekuensi kurang lebih 50 Hz (Adi, 2010).



Gambar 2. 7 Hubungan antara Lear Pulsa dengan Posisi Poros Motor Servo

Sumber : <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2014/03/Pengertian-Motor-Servo.html>

### 2.2.10 Tegangan

Tegangan (*stress*) pada benda, misalnya kawat besi, didefinisikan sebagai gaya persatuan luas penampang benda tersebut. Tegangan diberi simbol  $\sigma$  (dibaca sigma). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Dimana: F = Beban atau gaya yang bekerja pada benda

A = Luas penampang melintang benda

$\sigma$  = tegangan (N/m<sup>2</sup>)

Dalam satuan SI, Satuan Tegangan adalah *Pascal* (Pa) yang sama dengan N/m<sup>2</sup>

Bila dua buah kawat dari bahan yang sama tetapi luas penampangnya berbeda diberi gaya, maka kedua kawat tersebut akan mengalami tegangan yang berbeda. Kawat dengan penampang kecil mengalami tegangan yang lebih besar dibandingkan kawat dengan penampang lebih besar. Tegangan benda sangat diperhitungkan dalam menentukan ukuran dan jenis bahan penyangga atau penopang suatu beban, misalnya penyangga jembatan gantung dan bangunan bertingkat (College Loan Consolidation, 2015).

### 2.2.11 Tegangan Tarik ( *Tensile Strenght* )

Tegangan Tarik ( *Tensile Strenght* ) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Beberapa bahan dapat patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, yang berarti benda tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Bahan lainnya akan meregang dan mengalami deformasi sebelum patah, yang disebut dengan benda elastis (*ductile*).

Dimensi dari kekuatan tarik adalah gaya per satuan luas. Dalam satuan SI, digunakan pascal (Pa) dan kelipatannya (seperti MPa, *megapascal*). Pascal ekuivalen dengan Newton per meter persegi (N/m<sup>2</sup>). Satuan imperial diantaranya pound-gaya per inci persegi (lbf/in<sup>2</sup> atau psi), atau *kilo-pound per inci persegi* (ksi, kpsi).

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (2.2)$$

Dimana:  $F_s$  = Gaya pada titik luluh

$A_0$  = Luas penampang awal sampel uji

### 2.2.12 Torsi

Pada gerak translasi (gerak dengan lintasan lurus) yang menyebabkan benda bergerak adalah gaya. Pada gerak rotasi gaya juga menyebabkan benda bergerak berputar pada suatu poros tertentu. Namun pembahasan pergerakan benda ketika bergerak rotasi akan ada sedikit memiliki perbedaan dibanding gerak translasi. Yang menyebabkan benda mengalami gerak rotasi dinamakan Torsi / Torca atau biasa juga disebut Momen Gaya ( berasal dari bahasa latin *torquere* yang berarti memutar). Sebenarnya Torsi juga merupakan turunan dari gaya, dengan kata lain semakin besar gaya yang diberikan maka akan dapat memperbesar torsinya. Namun analisis rumusnya akan lebih kompleks pada gerak rotasi dibanding gaya pada gerak translasi. (Pelita Ilmu, 2017)

Misalkan kita ambil contoh ketika membuka pintu engsel, jika kita memberikan gaya pada bagian gagangnya (jauh dari sumbu putar / engsel) maka terasa lebih mudah jika didorong pada bagian yang lebih dekat ke sumbu putar. Ternyata besar kekuatan yang menyebabkan benda berputar lebih besar jika diberikan jauh pada tempat yang jauh dari sumbu putar. Besaran kekuatan tersebut lah yang kemudian dikenal dengan Torsi. Secara matematis dituliskan sbb :

$$T = F \times r \text{ (N.m)} \quad (2.3)$$

dimana:

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya pada benda (N)

r = Jarak lengan benda (m)

### 2.2.13 Hubungan Torsi dengan Daya Pada Motor Listrik

Secara umum torsi (*torque*) merupakan gaya yang digunakan untuk menggerakkan sesuatu dengan jarak dan arah tertentu. Dari penjelasan tersebut maka rumus untuk torsi dapat diturunkan menjadi:

$$T = F \cdot i \quad (2.4)$$

dimana : T = Torsi, Newton meter (N.m);

F =Gaya penggerak, Newton (N)

i = jarak, meter (m)

Sedangkan hubungan torsi (*Torque*) terhadap daya (*power*) pada sebuah motor adalah :

$$P = \omega \cdot t \quad (2.5)$$

dimana :  $\omega$  = Kecepatan sudut, radian/detik (Rad/s)

P = daya atau power, watt (W)

Untuk motor listrik, rumusan untuk kecepatan sudut adalah :

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60 \quad (2.6)$$

dimana :

n = Kecepatan putaran motor (rpm)

Dari ketiga persamaan diatas dapat dilihat bahwa *power* yang dibutuhkan oleh motor sebanding dengan besarnya torsi yang dihasilkan pada kecepatan putaran tertentu (Direktori Listrik, 2011).

#### 2.2.14 Pelengkungan

Pelengkungan adalah proses perubahan bentuk-bentuk yang harus menjadi bengkok. Proses ini merupakan proses yang digunakan untuk merubah lembaran pelat menjadi bentuk lengkung sesuai yang diinginkan (Jhon A. Schey, 2000).

$$I = 2\pi (R_b + 0.5h)90/360 \quad (2.7)$$

dimana :

I = Nilai panjang lengkungan

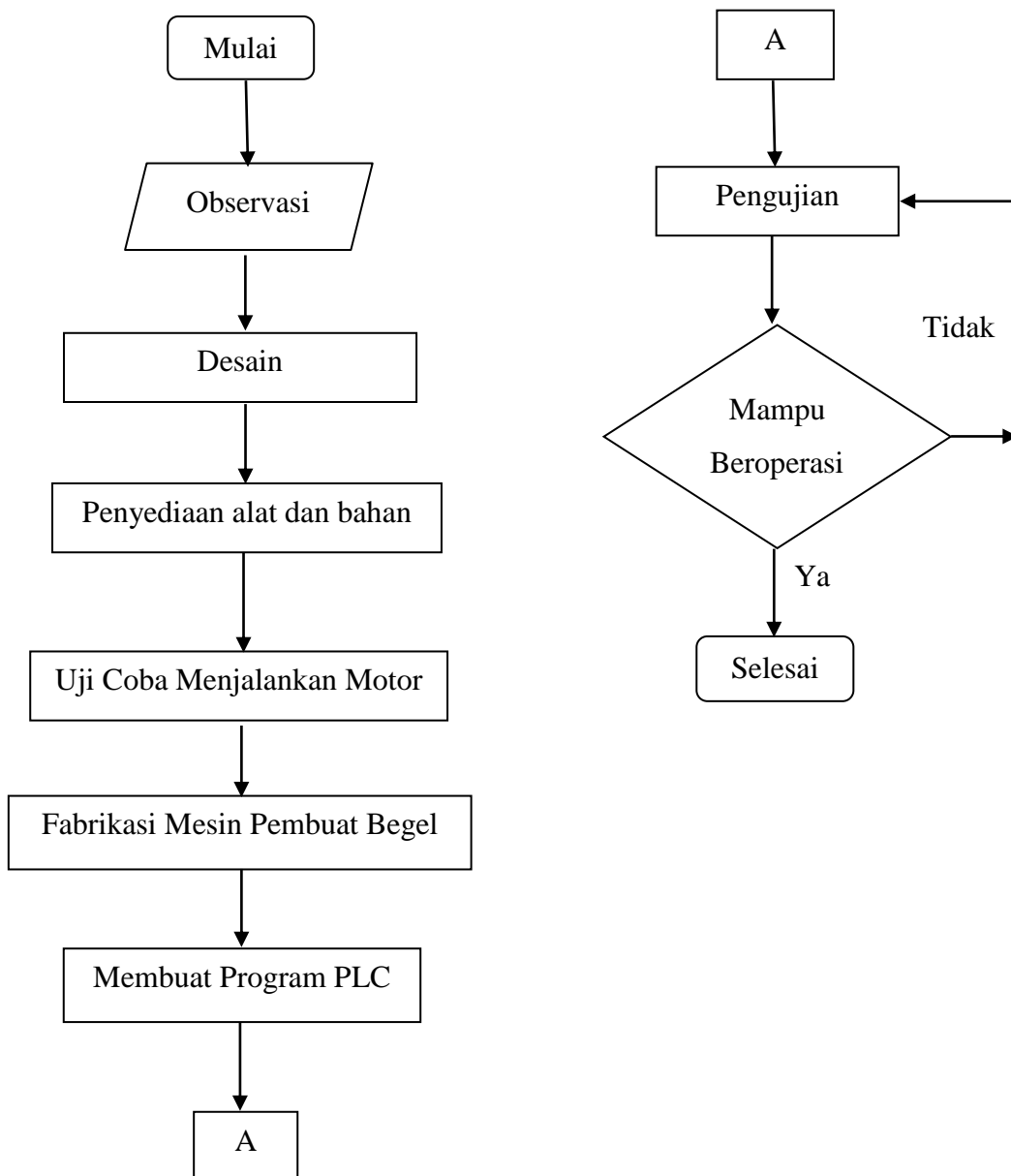
R<sub>b</sub> = Jari-jari pelengkungan

h = Tebal / diameter benda

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Berikut ini diagram alir dari beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian



## 3.2 Observasi

Dalam penelitian ini dilakukan observasi dengan tujuan untuk melihat berbagai macam proses pembuatan begel yang sudah ada serta melakukan identifikasi masalah yang terjadi pada proses pembuatan begel.

### a. Identifikasi masalah

Sebagian besar di Indonesia untuk membuat begel masih menggunakan metode manual atau dalam kata lain masih menggunakan tenaga manusia hal ini memungkinkan adanya faktor kelainan dan kelelahan dalam proses penekukkan begel sehingga berpengaruh terhadap hasil begel.

### b. Deskripsi

Setelah mendapatkan hasil dari identifikasi yang dilakukan, maka selanjutnya membuat deskripsi terkait dengan desain yang akan dibuat. Terkait dengan desain yang akan dibuat / dirancang, ada beberapa kriteria yang telah diinginkan yaitu sebagai berikut:

1. Mesin yang dirancang dengan ukuran/skala yang kecil
2. Diameter kawat yang diinginkan adalah 1-3 mm.
3. Material kawat yang digunakan adalah berbahan *galvanized*.
4. Kawat dibentuk persegi dengan ukuran yang berbeda-beda.

## 3.3 Konsep desain dan perancangan alat

### 3.3.1 Perancangan Alat

Perancangan mesin dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu sebagai berikut: (Dahlan, 2012).

#### 1. Perancangan Adaptif (*Adaptive Design*)

Yaitu memodifikasi rancangan yang sudah ada secara minor.

#### 2. Perancangan Pengembangan (*Development Design*)

Yaitu mengembangkan Rancangan yang sudah ada menjadi ide baru dengan mengadopsi perkembangan ilmu yang lain misalnya material baru dan metode manufaktur baru.

#### 3. Perancangan Baru (*New Design*)

Jenis ini memerlukan penelitian dan pengembangan .

Dalam pembuatan rancangan simulator mesin CNC pembuat begel ini menggunakan perangkat lunak *solidwork*. Pada saat pembuatan desain rancangan mesin baru ini, hal-hal yang harus di perhatikan yaitu sebagai berikut:

A. Ukuran kawat/benda kerja.

Ukuran kawat merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain mesin. Dalam hal ini ukuran kawat menjadi parameter dalam mendesain ukuran celah kawat agar dapat bergerak linier tanpa adanya beban yang berlebih, sehingga ukuran celah tidak terlalu besar dan juga tidak terlalu kecil.

B. Luas area mesin.

Luas area mesin menjadi pertimbangan dalam mendesain rancangan mesin karena untuk tujuan perancangan lebih efisien / untuk mengantisipasi pemborosan dalam penggunaan bahan.

C. Pemilihan material.

Bila desain rancangan mesin sudah jadi, sebegus apapun desainnya jika pemilihan bahan/materialnya tidak tepat maka semuanya akan sia-sia saja.

D. Mudah dioperasikan.

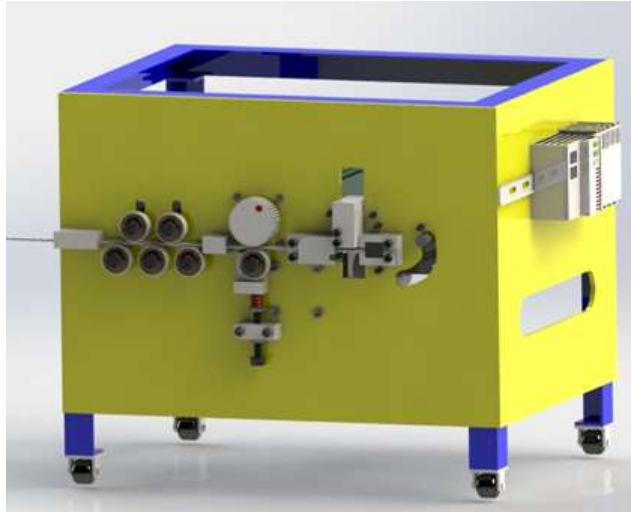
Rancangan yang dibuat harus mudah dioperasikan oleh semua pengguna mesin karena tingkat kecerdasan tiap operator/pengguna mesin berbeda-beda.

E. *Assembling*

Proses *assembling* merupakan pekerjaan yang mempunyai pertimbangan ketelitian yang cukup baik. Proses ini tidak mudah dilakukan karena harus melakukan beberapa penyesuain-penyesuaian ukuran antara part yang satu dengan part yang lainnya sehingga dapat menjadi keatuan.

### 3.3.2 Konsep Desain

Setelah melakukan observasi mesin pembuat begel yang sudah ada, dilakukan proses perancangan desain mesin baru menggunakan metode otomasi dengan cara mengontrol motor sehingga bergerak sesuai yang diinginkan. Dalam hal ini motor yang digunakan meliputi 3 motor dc servo yang dimana motor tersebut dipasang di masing-masing proses diantaranya proses pengumpanan, proses penekukkan, dan proses pemotongan.

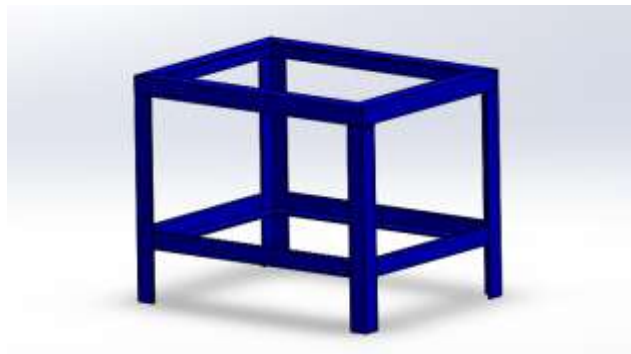


Gambar 3. 2 Desain Mesin Perangkai Begel Otomatis

Pada desain mesin pembuat begel otomatis ini memiliki beberapa komponen beserta fungsinya yaitu sebagai berikut:

1. Rangka/frame

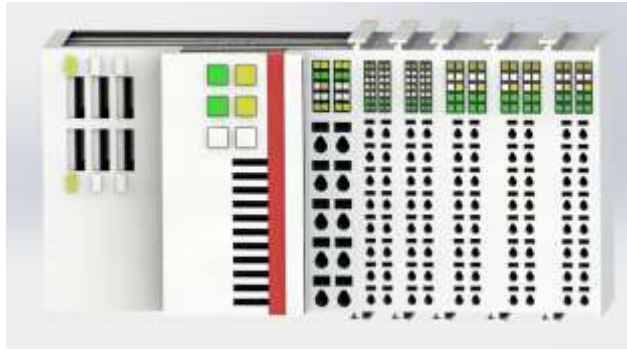
Rangka merupakan komponen yang digunakan sebagaiudukan komponen yang lainnya. Pada bagian rangka keseluruhan menggunakan porfil L dengan dimensi 40x40 mm.



Gambar 3. 3 Gambar Rangka Mesin

2. *PLC*

*PLC* merupakan suatu alat/komponen *controller* untuk menerima signal perintah pemrogramman dan juga mengeluarkan perintah tersebut berdasarkan yang telah dirancang untuk mengaktifkan kondisi motor sesuai yang diinginkan.



Gambar 3. 4 PLC (*Progammmble Logic Control*)

### 3. *Servo Motor*

*Servo Motor* merupakan jenis motor yang digunakan sebagai perangkat penggerak atau *actuator*.



Gambar 3. 5 Motor Servo

### 4. *Flexible Coupling*

*Flexible Coupling* ialah suatu alat yang berfungsi untuk menghubungkan dua *shaft* guna menyalurkan suatu gerak (torsi), secara sederhana *flexible coupling* berfungsi sebagai *power transmission*. Cara kerja *flexible coupling* ialah ujung kedua *shaft* motor dengan *shaft* lainnya disambungkan pada *flexible coupling*, maka saat *shaft* motor mulai bekerja (berputar), *shaft* lainnya put ikut berputar dan apabila ada beban makan *flexible coupling* ini dapat meredam hentakannya sehingga motor menjadi aman.



Gambar 3. 6 Flexible Coupling

#### 5. Pillow Block

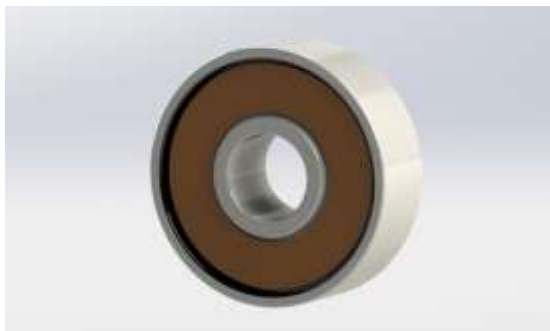
*Pillow Block* berfungsi untuk menstabilkan putaran sehingga pada proses shaft berputar tidak terjadi guncangan yang berlebih terhadap *shaft* tersebut.



Gambar 3. 7 Pillow Block

#### 6. Bearing

Pada perancangan ini bearing digunakan sebagai perangkat pelurus kawat yang dimana pelurus ini berfungsi apabila terdapat kawat yang mengalami kelengkungan / tidak lurus dapat terkena tekanan yang diakibatkan oleh *bearing* sehingga kawat menjadi lurus.



Gambar 3. 8 *Bearing*

## 7. Lengan Pembengkok

Lengan pembengkok berfungsi sebagai perangkat penyalur gaya dari motor. Dengan berdasarkan hasil perhitungan mekanik dari lengan tersebut, gaya yang didistribusikan dari motor dapat membengkokkan kawat.



Gambar 3. 9 Lengan Pembengkok

### 3.3.3 Sistem Elektronik

Sistem elektronik merupakan sistem penunjang kerja alat yang dimana mekanisme kerjanya menggunakan tenaga listrik. Diketahui bahwa alat/mesin pembentuk begel otomatis ini menggunakan perangkat elektronik berupa *PLC* (*Programmable Logic Control*) sebagai alat pengontrol motor. *PLC* yang digunakan adalah *PLC bechhoff*, pada perangkat *PLC bechhoff* ini terdapat beberapa komponen yang terintegrasi antara lain :

#### 1. *Embeded System CX5010*

Seri perangkat CX5010 adalah sistem kontrol modular yang dirancang dengan sistem terukur sehingga modul yang dibutuhkan dapat dirakit dan dipasang di kabinet kontrol atau kotak terminal sesuai kebutuhan. (Beckhoff)

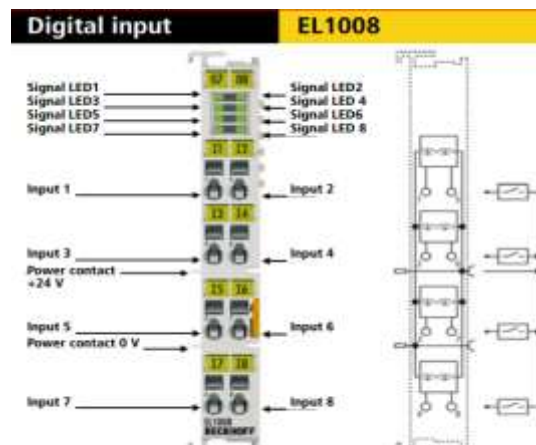


Gambar 3. 10 Embeded System CX5010

Sumber : Beckhoff

## 2. Digital Input EL1008

Sinyal *Input PLC* dalam bentuk *Digital* adalah suatu nilai masukan informasi (*Input*) yang hanya memiliki dua kondisi (*Sinyal Biner*). Nilai dalam bentuk *Digital* ini biasanya hanya memiliki dua pilihan yang biasa dilambangkan dengan angka 1 dan 0. Atau umumnya dapat diartikan sinyal yang diterima berupa terhubung (*On*) atau terputus (*Off*). Sinyal *digital* ini diterima *PLC* dari suatu alat sistem kontrol *Digital*. (Beckhoff)



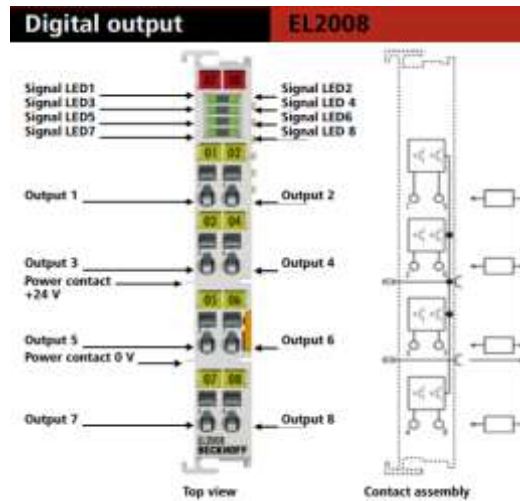
Gambar 3. 11 Digital Input EL1008  
Sumber: Beckhoff

## 3. Digital Output EL2008

Sama halnya dengan sinyal *Digital Input*, Sinyal *Output PLC* dalam bentuk *Digital* adalah nilai keluaran atau perintah yang dikirimkan *PLC* ke suatu alat yang juga bekerja secara *Digital*. Sinyal *Digital* dapat diartikan suatu perintah yang hanya memiliki dua kondisi (*sinyal biner*) yang dikirimkan ke sistem kontrol. Seperti contohnya *On-Off*, buka-tutup, *Run-stop* pada suatu alat digital yang menerima sinyal tersebut. (Beckhoff)

Contoh peralatan yang menerima sinyal *digital Output*:

- *Electro motor, Pump, Valve, Machine*, dan lainnya.

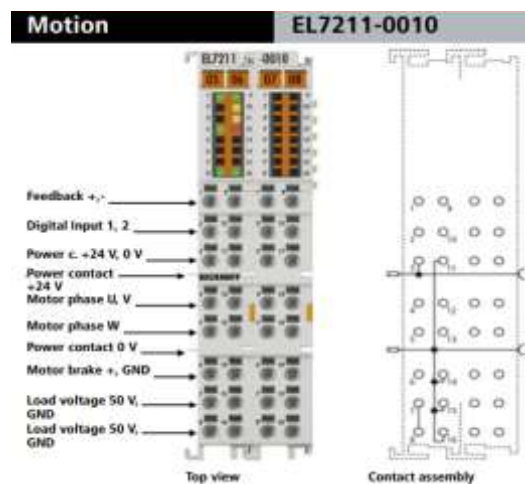


Gambar 3. 12 Digital Output

Sumber : Beckhoff

#### 4. Terminal EL7211-0010 Servo Motor

Terminal EtherCAT EL7211-0010 servo motor dengan *Integrated One Cable Technology* (OCT) menawarkan kinerja servo tinggi dalam desain yang sangat ringkas. *One Cable Technology* menggabungkan kabel motor dan sistem umpan balik mutlak dalam satu kabel. Pelat tipe elektronik terintegrasi dari motor AM81xx dapat dibaca secara otomatis oleh terminal servo untuk mengkonfigurasi parameter motor secara otomatis. Teknologi kontrol cepat, berdasarkan arus pengontrol arus dan kontrol kecepatan lapangan, mendukung tugas posisi yang cepat dan dinamis. (Beckhoff)



Gambar 3. 13 Terminal Servo Motor EL7211-0010

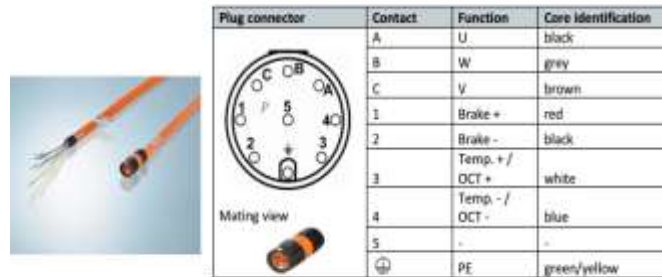
Sumber : Beckhoff



### 5. Motor Cable ZK4704-0421-2zzz

Motor Cable ZK4704-0421-2zzz merupakan perangkat penghubung antar motor dengan terminal/driver motor. Dengan menerapkan sistem *Integrated One Cable Technology* (OCT). (Beckhoff)

Motor cable ZK4704-0421-2zzz (OCT)



Gambar 3. 14 Motor Cable

Sumber : Beckhoff

### 6. Motor servo am8122

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. (Beckhoff)



Gambar 3. 15 Motor Servo am8122

Sumber: Beckhoff

## 7. Power Supply

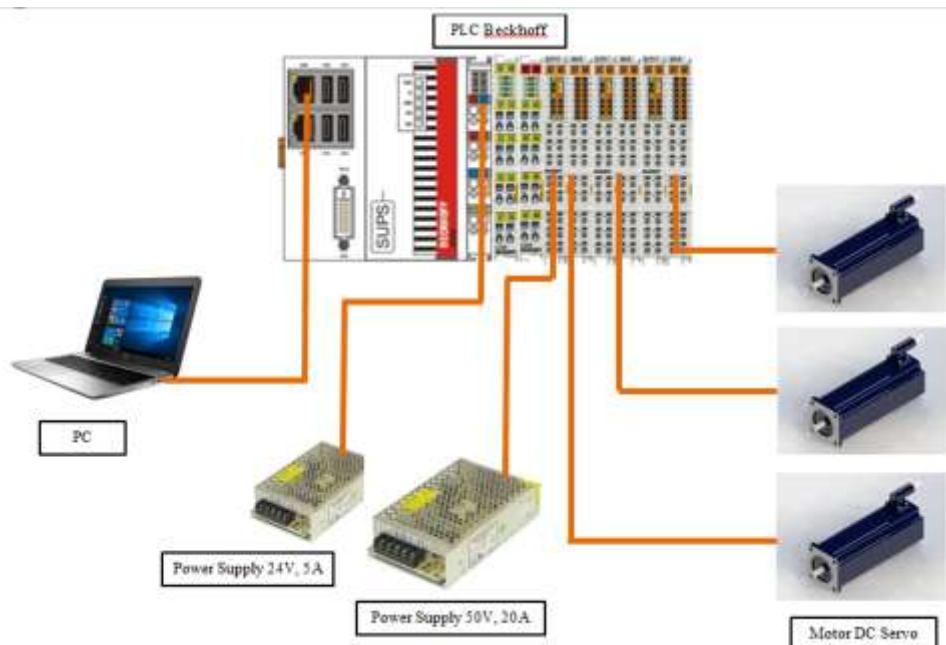
Power Supply adalah perangkat keras yang berfungsi untuk menyuplai tegangan langsung kekomponen dalam *casing* yang membutuhkan tegangan, misalnya *motherboard*, *hardisk*, kipas, dll. Namun dalam hal ini *power supply* digunakan untuk mendukung perangkat PLC. Sesuai dengan kebutuhannya *power supply* yang digunakan adalah 2 jenis *power supply* dengan tegangan 24v dan arus 5A, serta tegangan 50v dan arus 20A.



Gambar 3. 16 Power Supply

Sumber : <http://www.skycraftsurplus.com/24vdc45apowersupply.aspx>

Berikut merupakan rangkain sistem eletronik pada PLC



Gambar 3. 17 Rangkain Sitem Elektronik

Pada rangkain sistem elektronik menggunakan 2 *power supply*, *power supply* 24v 5 A untuk mensuplay perangkat IPC dan *power supply* 50v 20A untuk mensuplai perangkat motor driver. Besarnya tegangan dan arus ditentukan berdasarkan kebutuhan perangkat tersebut. Untuk pengkabelan dapat melihat *datasheet* yang terdapat pada masing-masing gambar di perangkat terminal PLC.

### 3.3.4 Perhitungan Kekuatan Motor pada Proses Penekukkan

➤ Gaya pada proses penekukkan

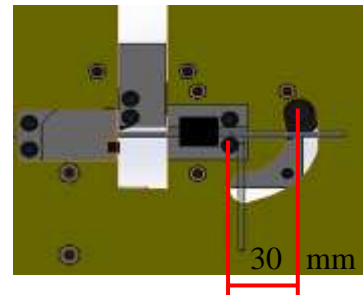
Diketahui :

$$L = 30 \text{ mm}$$

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$\sigma_s = 356,9 \text{ N/mm}^2$$

$$k = 0,25$$



$$F = \frac{k \times \sigma_s \times d^3}{L}$$

$$= \frac{0,25 \times 356,9 \times 1^3}{30}$$

$$= 2,97 \text{ N}$$

Dimana :

L = Jarak titik nol/titik tumpuan dengan titik pemotongan

d = Diameter Kawat

$\sigma_s$  = *Tensile Strenght Galvanized*

k = Konstanta wiping bending 0,25

F = Gaya yang bekerja pada kawat

➤ Torsi pada proses penekukkan

Diketahui :

$$F = 2,97 \text{ N}$$

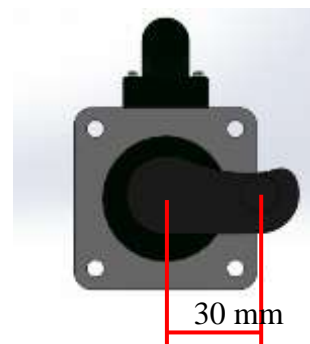
$$r = 30 \text{ mm}$$

$$= 0.03 \text{ m}$$

$$T = F \cdot r$$

$$= 2,97 \text{ N} \times 0.03 \text{ m}$$

$$= 0.09 \text{ N.m}$$



Dimana:

F = Gaya Pembengkokkan

r = Jarak lengan

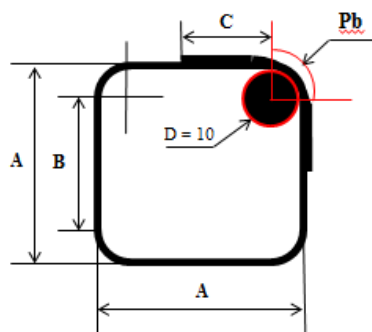
T = Torsi motor yang dibutuhkan

Pada hasil analisa ini didapat bahwa torsi yang dibutuhkan motor untuk membengkokkan kawat adalah 0.09 N.m. Dalam hal ini motor yang digunakan memiliki rentang torsi 0.8 – 4 N.m sehingga menunjukkan bahwa motor mampu untuk membengkokkan kawat.

### 3.3.5 Perhitungan Dimensi Kawat

Pada kasus ini kawat yang diuji merupakan kawat berbahan galvanized dengan ukuran diameter 1mm dan akan dibentuk menjadi begel dengan 2 ukuran yang berbeda yaitu: 10x10 cm dan 12x12 cm.

Diketahui :



A = Panjang sisi begel

C = 62 mm (Jarak antara titik tumpuan dengan titik Pemotongan)

D = 10 mm, r = 5 mm (Diameter tumpuan)

h = 1 mm (Tebal kawat / Diameter kawat)

Pb = Panjang kawat yang melengkung

#### ➤ Ukuran 10x10 cm

$$10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

- $Pb = 2\pi (r + 0.5h) \frac{90}{360}$   
 $= 2 \times 3.14 (5 + 0.5 \times 1) \frac{90}{360}$   
 $= 8,6 \text{ mm}$
- $B = A - 2r - 2h$   
 $= 100 - 2(5) - 2(1)$   
 $= 88 \text{ mm}$
- Panjang Total =  $4B + 5 Pb + 2C$   
 $= (4 \times 88) + (5 \times 8.6) + (2 \times 62)$   
 $= 519 \text{ mm}$

#### ➤ Ukuran 12x12 cm

$$12 \text{ cm} = 120 \text{ mm}$$

- $Pb = 2\pi (r + 0.5h) \frac{90}{360}$

$$= 2 \times 3.14 (5 + 0.5 \times 1) 90/360$$

$$= 8,6 \text{ mm}$$

- $B = A - 2r - 2h$ 

$$= 120 - 2(5) - 2(1)$$

$$= 108 \text{ mm}$$
- Panjang Total =  $4B + 5Pb + 2C$ 

$$= (4 \times 108) + (5 \times 8.6) + (2 \times 62)$$

$$= 599 \text{ mm}$$

### 3.4 Peralatan dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Tabel 3. 1 Tabel Alat dan Bahan

| ALAT                            | BAHAN                       |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Mesin Bubut                  | 1. Galvanized Iron Wire 1mm |
| 2. Mesin Frais / Milling        | 2. Alumunium                |
| 3. Las Listrik                  | 3. Besi Plat 5 mm           |
| 4. Gerinda potong               | 4. Besi Plat 3 mm           |
| 5. Kikir                        | 5. Baut dan mur M10         |
| 6. Hand Bor                     | 6. Baut dan mur M6          |
| 7. Penggaris                    | 7. Baut dan mur M8          |
| 8. Jangka Sorong                |                             |
| 9. Roda / Trolley               |                             |
| 10. Bearing diameter 30mm       |                             |
| 11. Pillow Block Bearing        |                             |
| 12. Flexible Coupling           |                             |
| 13. Motor Servo Am8122 Beckhoff |                             |
| 14. PLC Beckhoff                |                             |
| 15. Power Supply 24v, 5A        |                             |
| 16. Power Supply 50v, 20A       |                             |

## BAB 4

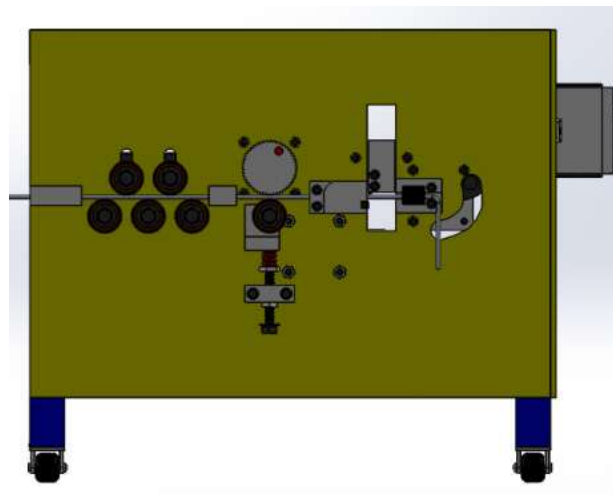
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan Mesin CNC Pembuat Cincin Begel

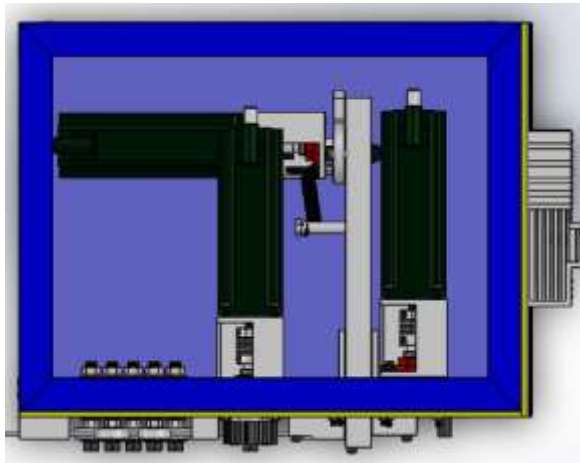
Dari hasil observasi yang dilakukan pada umumnya mekanisme kerja alat pembentuk begel ini hampir semuanya sama yaitu meliputi proses pengumpanan, penekukkan, dan pemotongan. Oleh karena itu hasil perancangan yang dibuatpun meliputi ketiga proses tersebut. Perancangan didesain menggunakan perangkat lunak atau *software solidwork 2015*. Berikut hasil perancangan alat yang telah dibuat:



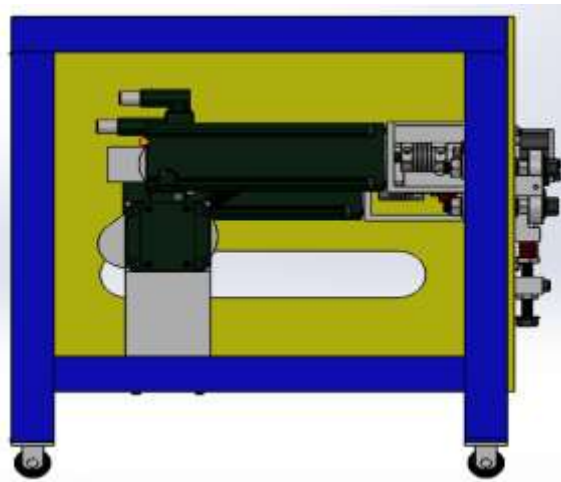
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Mesin CNC Pembuat Cincin Begel



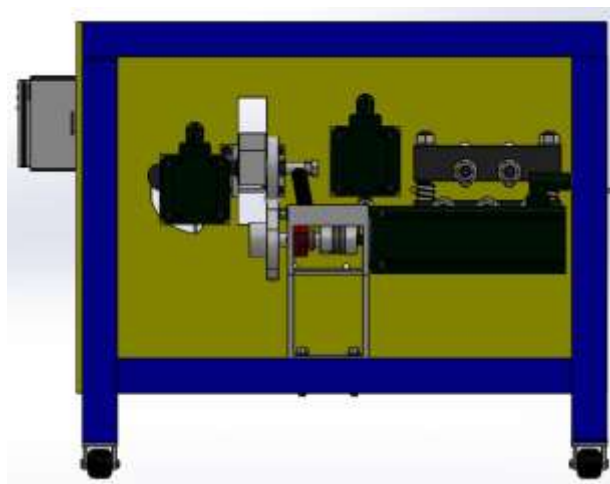
Gambar 4. 2 Hasil Perancangan Tampak Depan



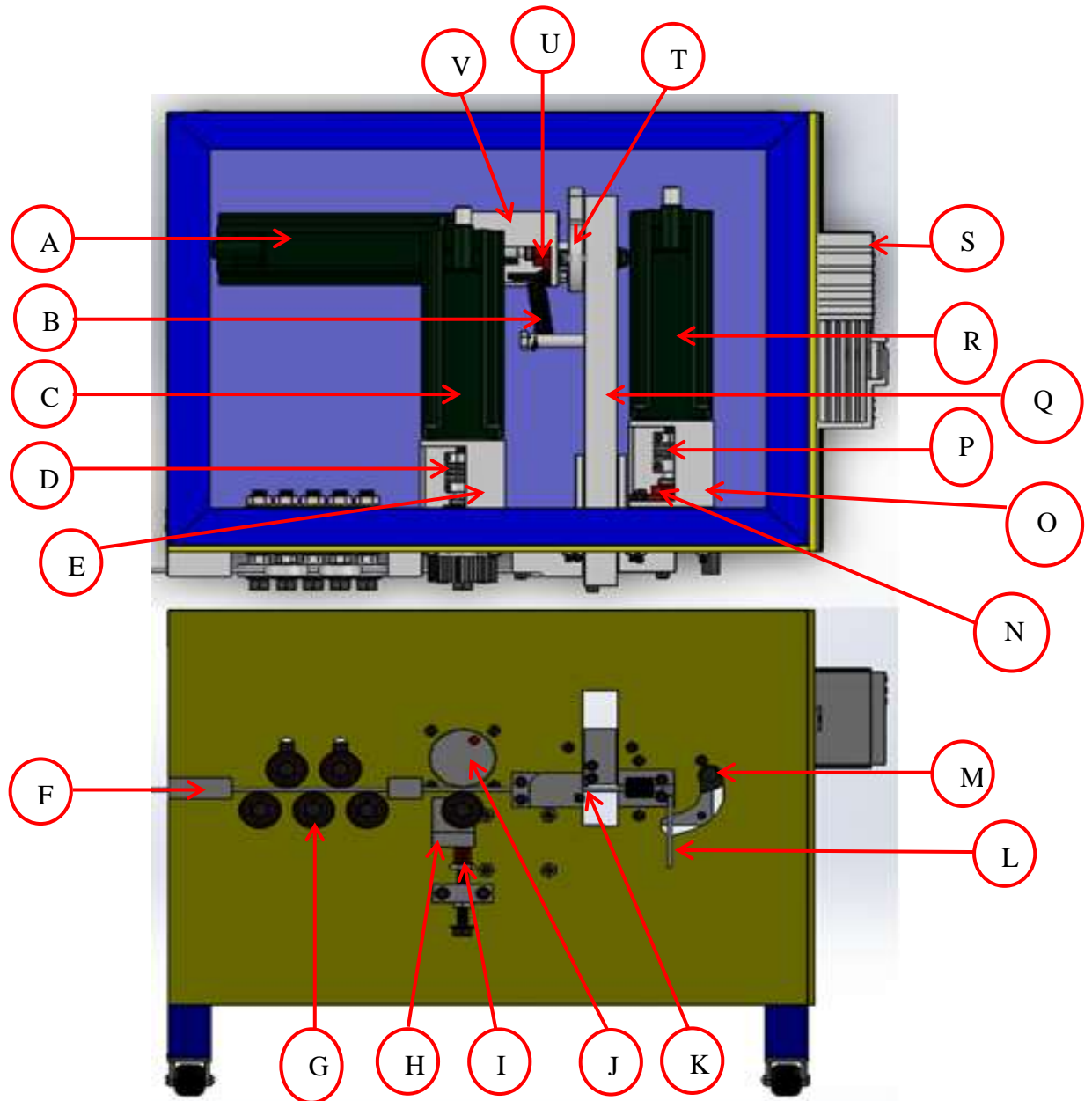
Gambar 4. 3 Hasil Perancangan Desain Tampak Atas



Gambar 4. 4 Hasil Perancangan Desain Tampak Samping



Gambar 4. 5 Hasil Perancangan Tampak Belakang



Keterangan :

A. Motor pemotong

B. Per

C. Motor pengumpan

D. *Flexible Coupling* Pengumpan

E. Dudukan Motor Pengumpan

F. Dudukan kawat

G. Bearing pelurus

H. *Ajuster Pulley*

I. Per

J. *Pulley*

K. HSS

L. Kawat

M. Lengan Penekuk

N. *Pillow Block*

O. Dudukan Motor Penekuk

P. *Flexible Coupling* penekuk

Q. Lengan Pemotong

R. Motor Penekuk

S. *PLC*

T. Cam Pemotong

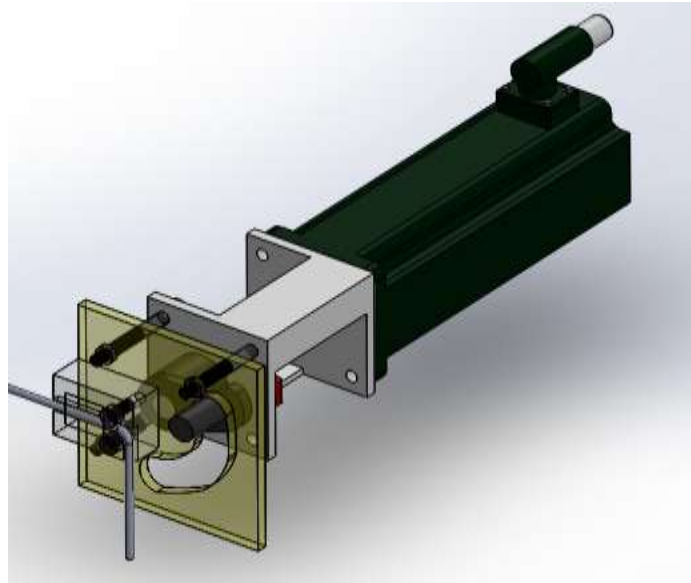
U. *Pillow Block*

V. Dudukan Motor

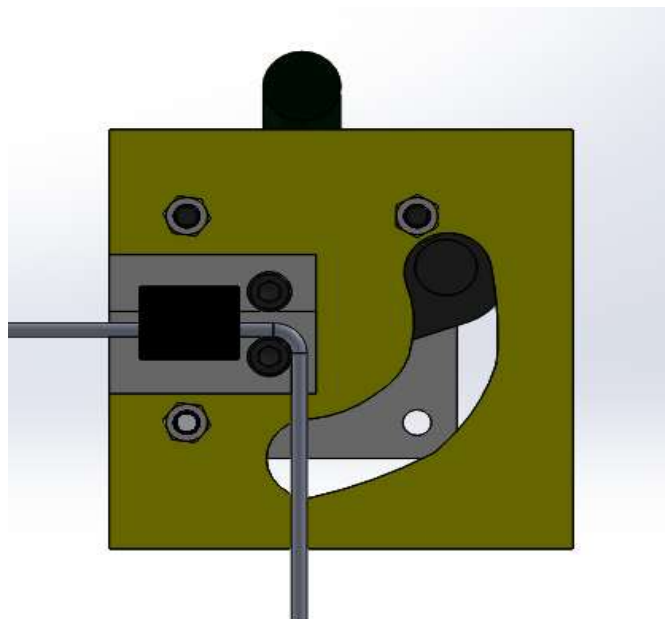


#### 4.1.1 Hasil Perancangan Sistem Penekuk

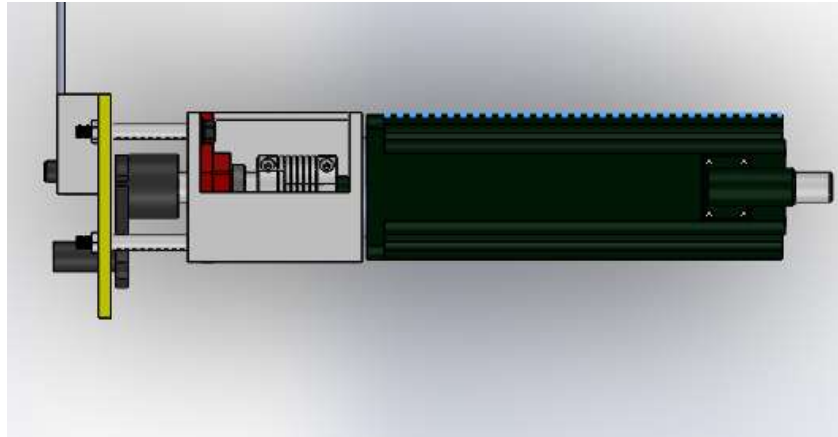
Perancangan sistem penekuk ini meliputi beberapa komponen diantaranya adalah *Servo Motor*, *Pillow Block*, *Flaxible Coupling*, *saft* penghubung, lengan penekuk,udukan motor,udukan atau penahan tekukkan, *cover plat*.



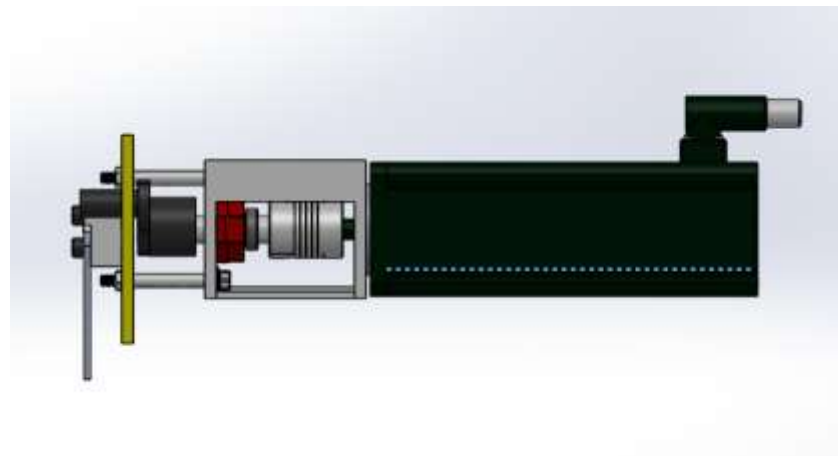
Gambar 4. 6 Desain Sistem Penekuk Tampak Isometrik



Gambar 4. 7 Desain Sitem Penekuk Tampak Depan



Gambar 4. 8 Desain Sitem Penekuk Tampak Atas



Gambar 4. 9 Desain Sitem Penekuk Tampak Samping

#### 4.1.2 Pembuatan Sistem Penekuk

Pembuatan alat dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Mesin FTI UII dengan menggunakan mesin serta alat-alat yang tersedia disana seperti mesin bubut, mesin frais, mesin single bor, mesin las, *hand bor*, gerinda potong, kikir, penggaris, jangka sorong, kunci pas, dan lain sebagainya. Berikut beberapa unit utama pada sistem penekuk yang dibuat :

##### 1. Lengan Penekuk

Lengan penekuk dibuat dari bahan besi, dengan panjang 30 mm.



Gambar 4. 10 Lengan Penekuk

## 2. Dudukan Motor

Dudukan motor dibuat dari 2 plat besi dengan tebal 5 mm serta panjang 60 mm dan lebar 60 mm kemudian disambung atau di-las dengan besi profil L berukuran tebal 3 mm.



Gambar 4. 11 Pelurus

## 3. Dudukan / Penahan untuk proses penekukkan

Dudukan / penahan untuk proses penekukkan ini dibuat dari bahan aluminium yang dibentuk menyesuaikan dengan dimensi kawat.



Gambar 4. 12 Dudukan / Penahan untuk proses penekukkan

### 5. Cover Plat

*Cover Plat* dibuat dari bahan besi plat 5 mm, proses pembuatannya dengan cara di-bor sehingga terbentuk lubang-lubang yang telah disesuaikan oleh desain.



Gambar 4. 13 Cover Plat

Setelah beberapa unit utama pada proses penekukkan dibuat maka dilakukan proses assembly sehingga hasil dapat dilihat pada gambar :

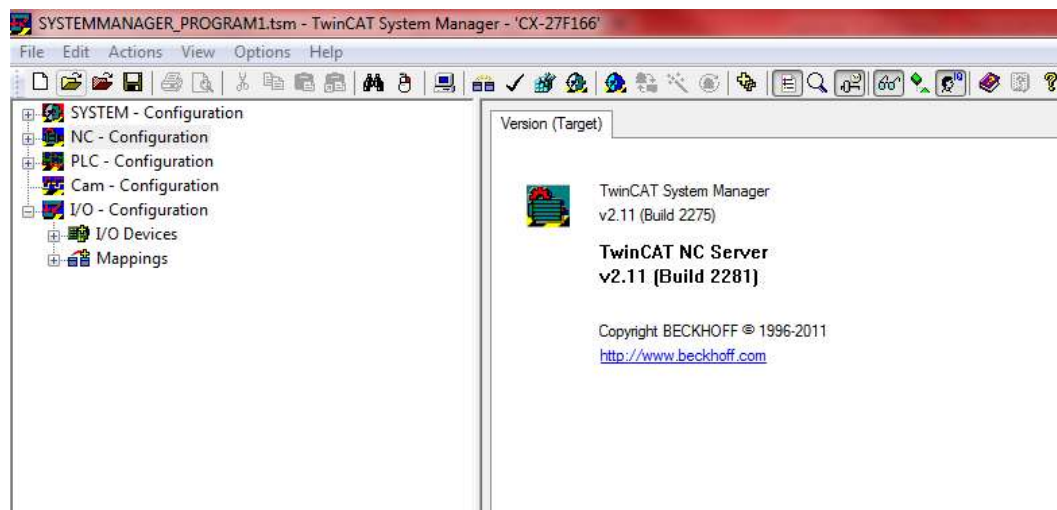


Gambar 4. 14 Hasil Perancangan Proses Penekuk pada Mesin CNC pembuat Begel

## 4.2 Kontrol Sistem pada Perangkat Lunak TwinCat

### 4.2.1 Kontrol Sistem pada TwinCat System Manager

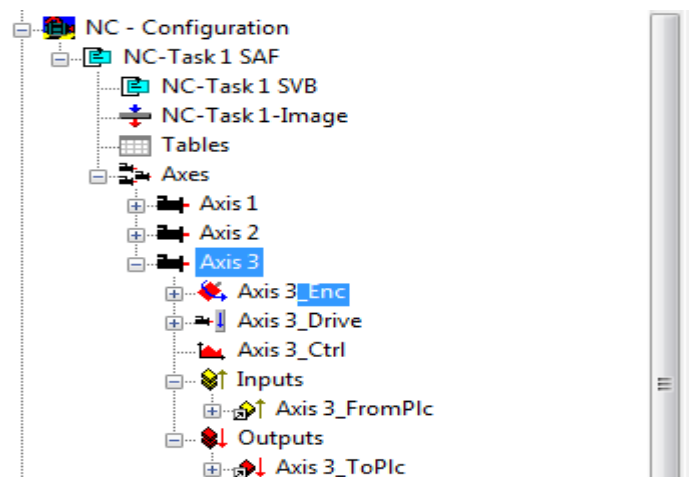
*System Manager* merupakan konfigurasi untuk proses pembacaan perangkat terminal yang terintegrasi pada *PLC Beckhoff* diantaranya adalah pembacaan perangkat *actuator* (*NC-Configuration*), pembacaan program *PLC* (*PLC-Configuration*), pembacaan *cam* (*Cam-Configuration*), dan pembacaan perangkat *input/output* (*I/O-Configuration*).



Gambar 4. 15 *System Mannager TwinCat*

#### 1. Pembacaan *NC-Configuration*

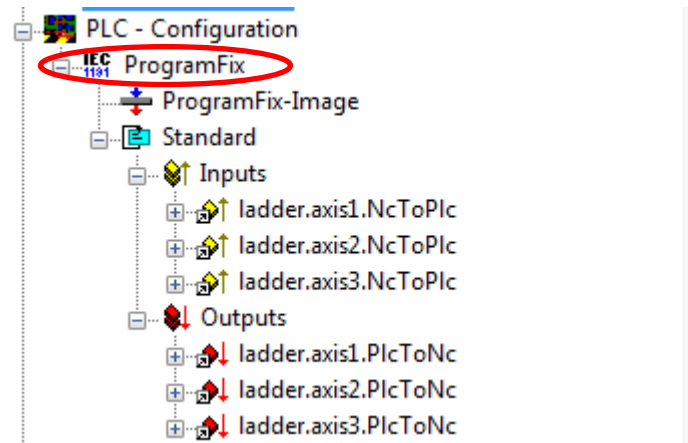
Pada pembacaan *NC-Configuration* terdapat 3 axis yang merupakan pembacaan dari jumlah motor yang digunakan. Pada *NC-Configuration* didalamnya terdapat parameter-parameter untuk proses kontrol motor.



Gambar 4. 16 *NC-Configuration*

## 2. Pembacaan *PLC-Configuration*

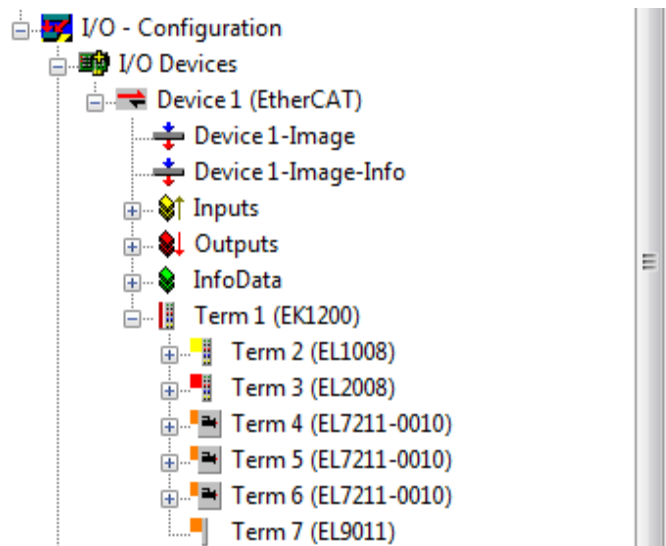
*PLC-Configuration* merupakan pembacaan dari program *PLC* yang dikerjakan kemudian dipanggil ke system manager agar program tersebut dapat terintegrasi dengan parameter-parameter yang di-set pada *NC-Configuration*, dalam hal ini penulis membuat program *PLC* sedemikian rupa dengan *variable* nama “*ProgramFix*”.



Gambar 4. 17 *PLC-Configuration*

## 3. Pembacaan *I/O-Configuration*

Pada *I/O-Configuration* terdapat perangkat terminal yang terbaca pada system manager, diantaranya adalah terminal digital input (EL1008), terminal digital output (EL2008), serta terminal *driver* motor (EL7211). Dalam kasus ini *driver* motor yang digunakan berjumlah 3 buah karena menyesuaikan dengan jumlah motornya.

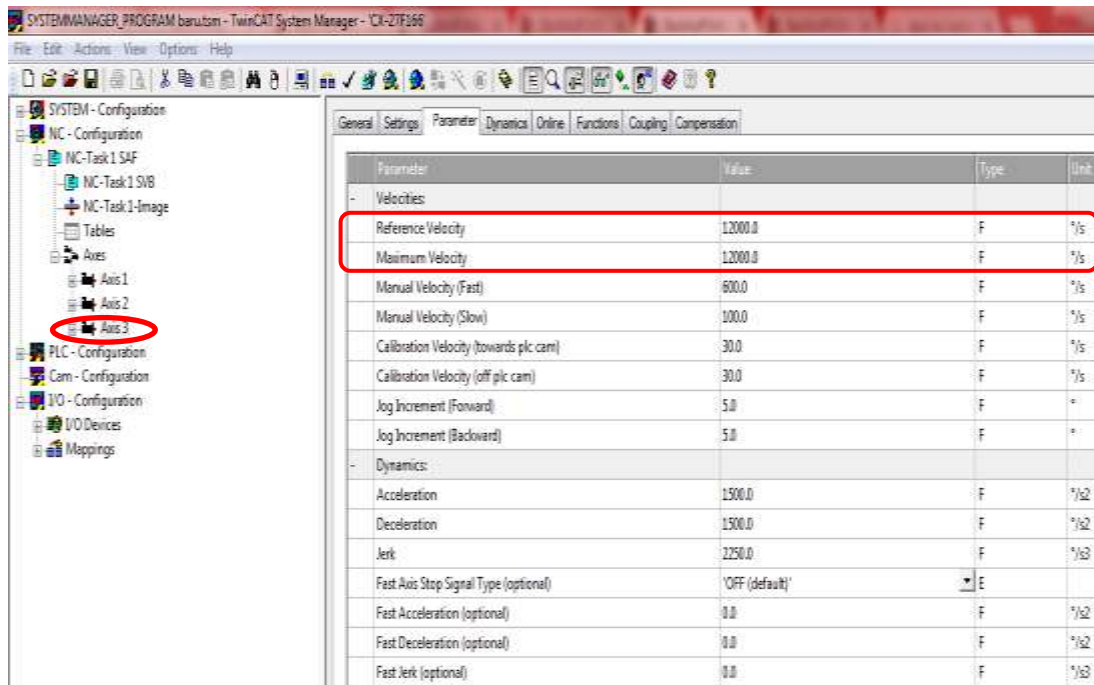


Gambar 4. 18 *I/O-Configuration*

#### 4. Setting Parameter pada NC-Configuration

##### ➤ Parameter Velocity

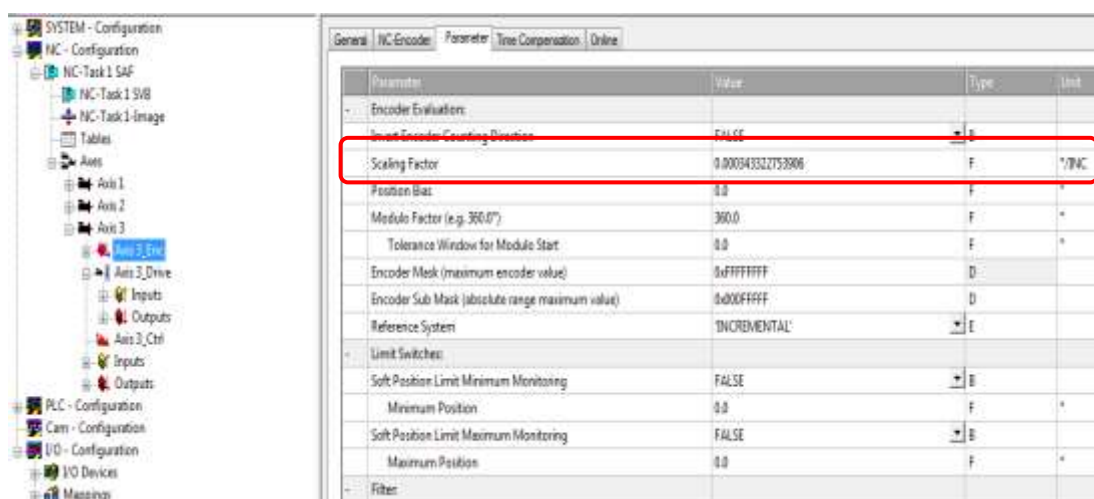
$$V_{max} = \frac{V_{max\ motor} \times 360^\circ}{60s} = \frac{2000 \times 360^\circ}{60s} = 12000 \text{ }^\circ/s$$



Gambar 4. 19 Parameter Kecepatan Maksimum Motor

##### ➤ Parameter Scaling Factor

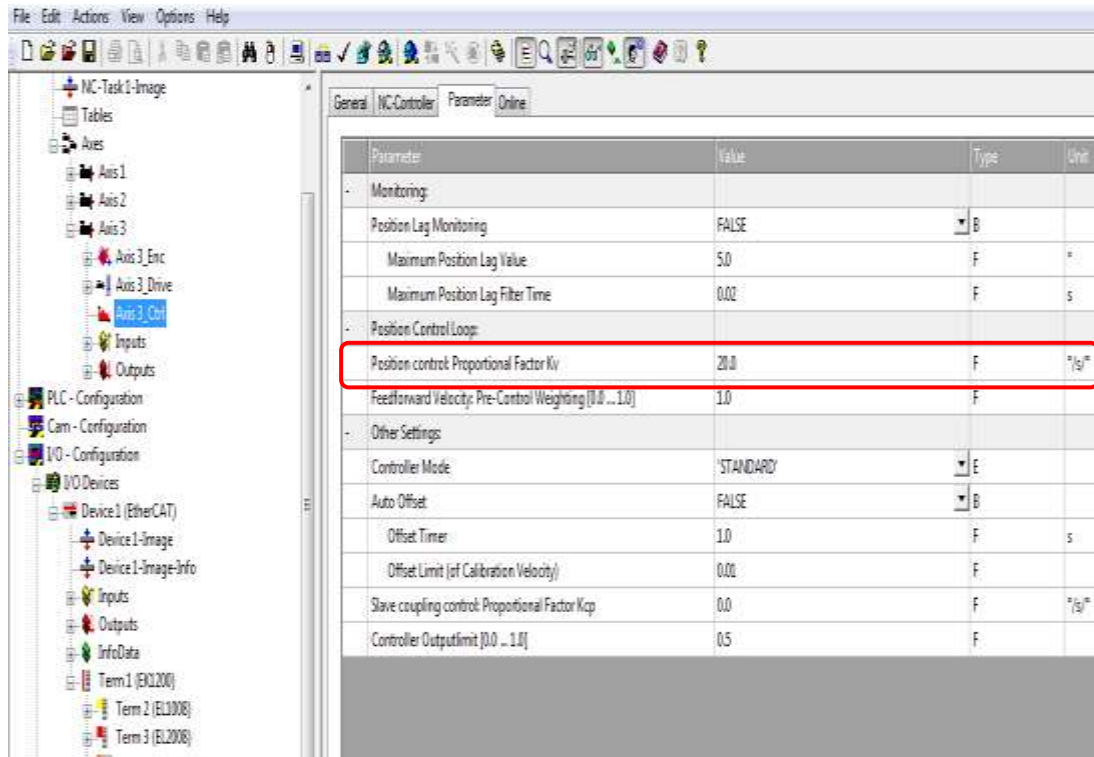
$$SF = \frac{\text{distance per round}}{20 \text{ Singleturn Bits}} = \frac{360^\circ}{220} = 0.000343322753906 \text{ }^\circ/INC$$



Gambar 4. 20 Scaling Factor

➤ Parameter *Kv-Factor*

*Kv-Factor* merupakan Konstanta Proporsional yang faktornya bisa digunakan untuk mengatur torsi starup dan torsi pengereman. Berdasarkan hasil percobaan dan pendekatan, untuk proses penekukkan nilai *Kv-Factor* diberi nilai 20.

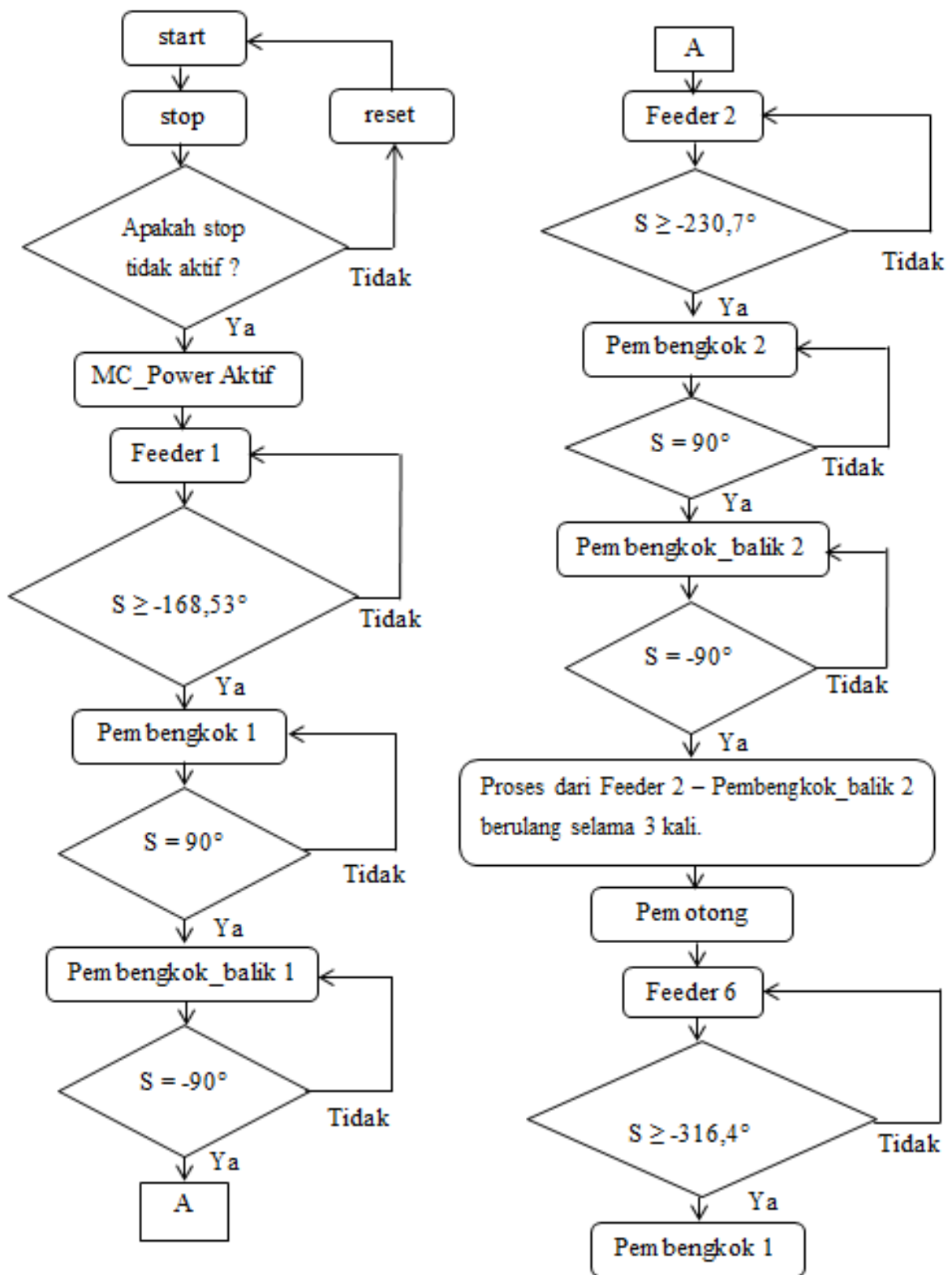


Gambar 4. 21 Kv-Factor

#### 4.2.2 Pemrograman pada Twincat PLC Control

Pemrograman dirancang untuk mengendalikan proses pembuatan begel. Program tersebut berbentuk *ladder diagram* dengan sistem kerja sesuai dengan diagram alir pada gambar 4.22 dan dengan menggunakan fungsi-fungsi internal serta instruksi-instruksi yang ada pada *TwinCat PLC Control* seperti pada Tabel 4.1, gambar 4.23, gambar 4.24, dan gambar 4.25.



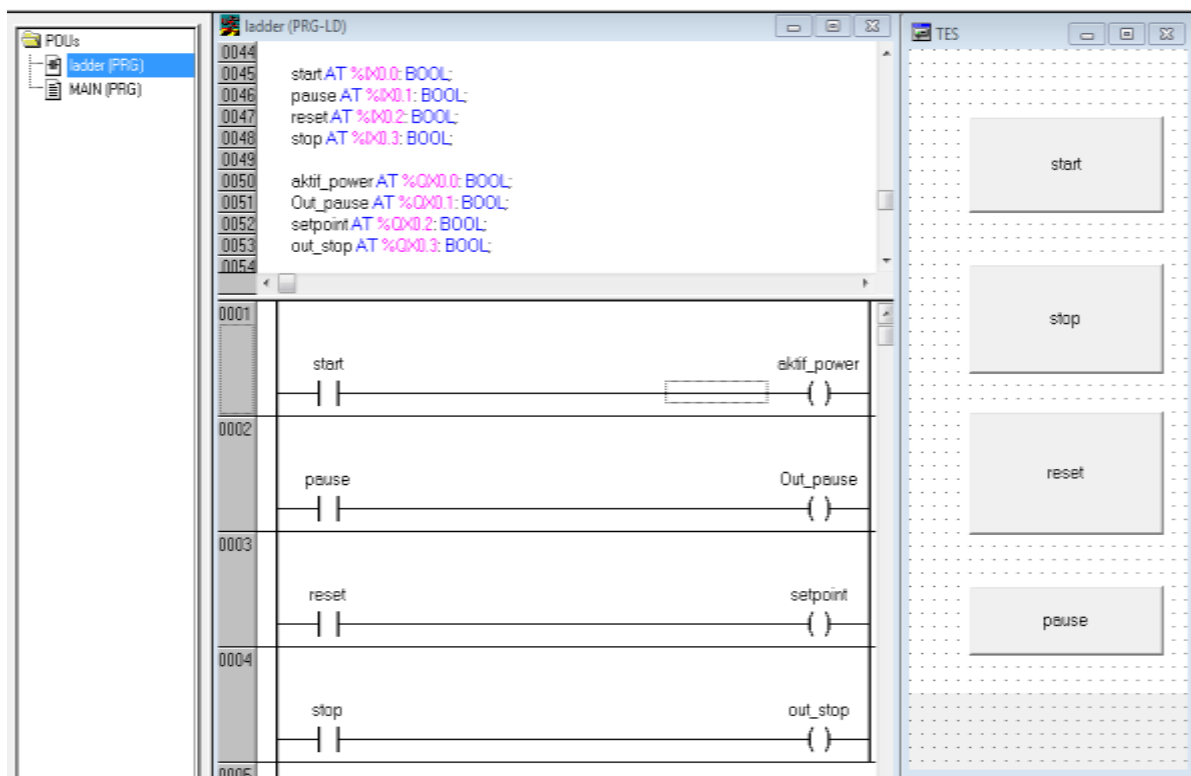


Gambar 4. 22 Diagram Alir Pemrogram PLC

## 1. Instruksi Tombol

Tabel 4. 1 Instruksi Tombol

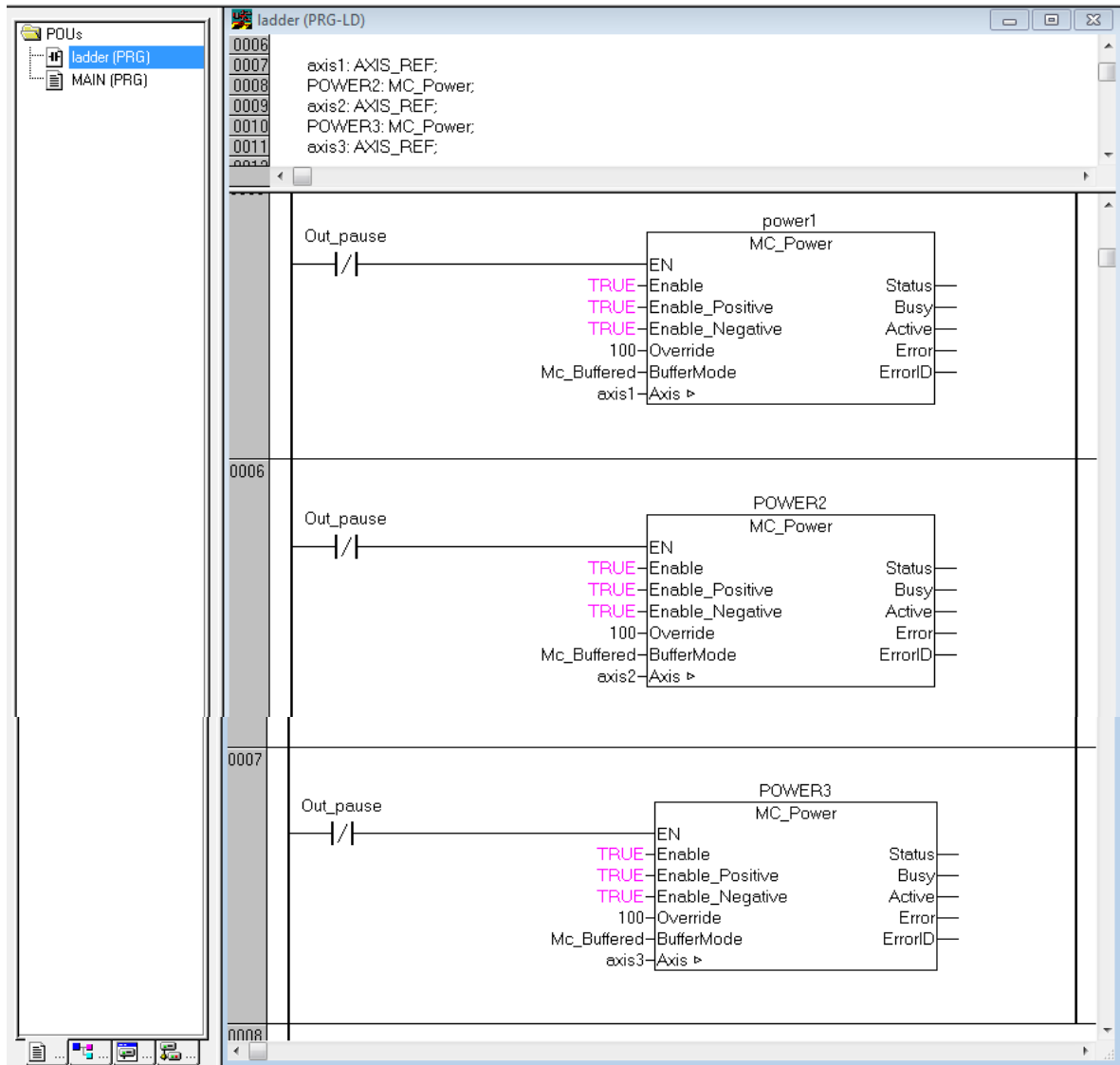
| Input       | Alamat                       |
|-------------|------------------------------|
| Start       | start AT %IX0.0: BOOL;       |
| pause       | pause AT %IX0.1: BOOL;       |
| reset       | reset AT %IX0.2: BOOL;       |
| stop        | stop AT %IX0.3: BOOL;        |
| Output      | Alamat                       |
| aktif_power | aktif_power AT %QX0.0: BOOL; |
| Out_pause   | Out_pause AT %QX0.1: BOOL;   |
| setpoint    | setpoint AT %QX0.2: BOOL;    |
| out_stop    | out_stop AT %QX0.3: BOOL;    |



Gambar 4. 23 Instruksi Tombol pada Program PLC Beckhoff

## 2. Instruksi MC\_Power

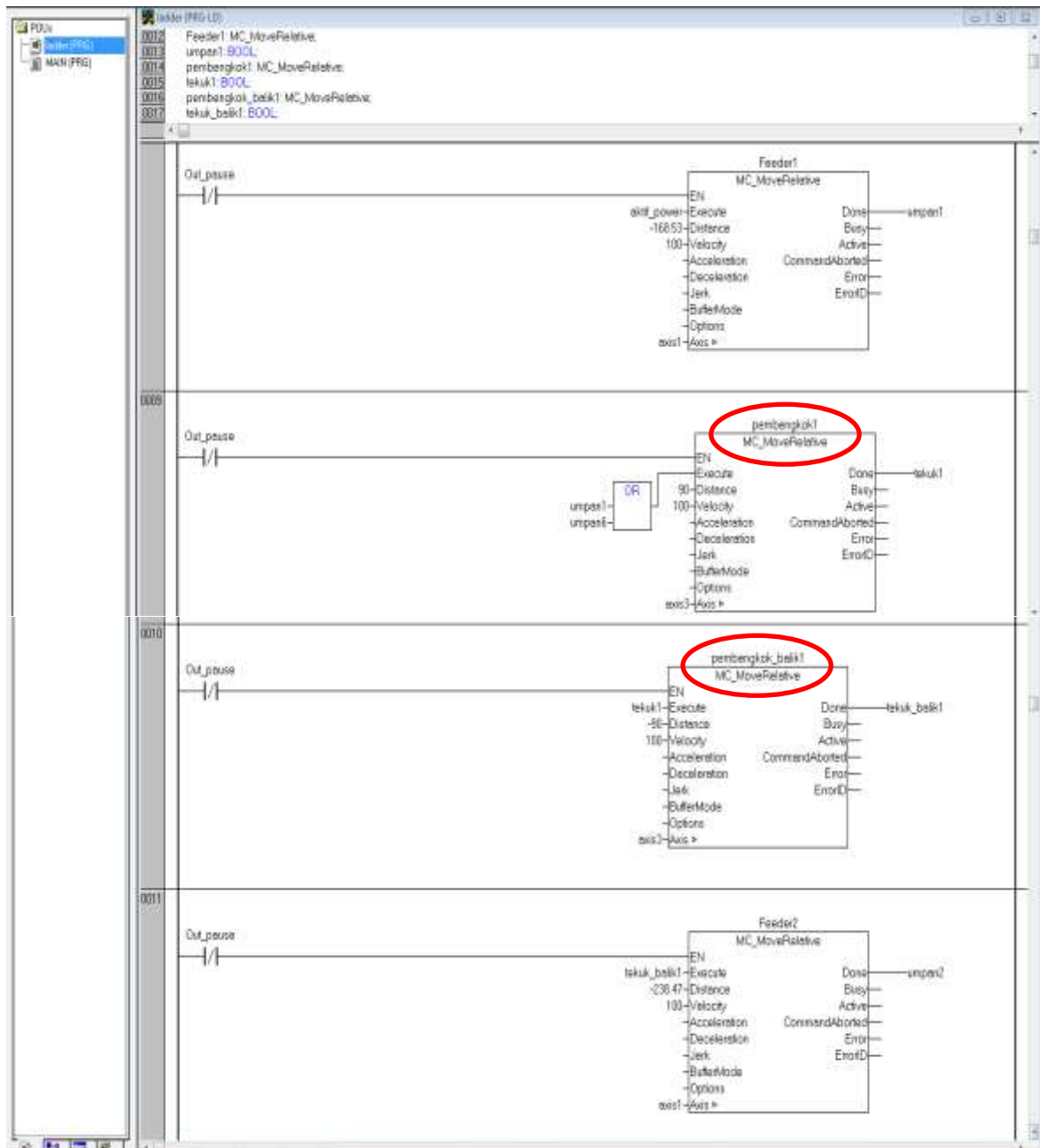
*Block MC\_Power* berfungsi untuk mengaktifkan sumbu / *axis*, pada kasus ini sumbu dimaksudkan pada perangkat aktuator yang digunakan yaitu motor servo dc.



Gambar 4. 24 *Block MC\_Power*

### 3. Instruksi Penekukkan

Pada instruksi penekukkan menggunakan *block MC\_MoveRelative* guna mempermudah memberikan nilai masukan pada pengontrolan jarak (*distance*) dan kecepatan (*velocity*). Pada gambar 4.26 menunjukkan *block MC\_MoveRelative* dengan nilai *distance* 90 dan *velocity* 100 pada *axis* 3.

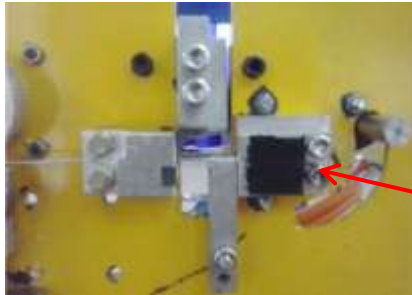


Gambar 4. 25 Instruksi Penekukkan

### 4.3 Langkah-langkah pengoperasian mesin

Langkah-langkah untuk menjalankan / mengoperasikan simulator mesin CNC pembuatan begel adalah:

1. Set kawat pada titik nol



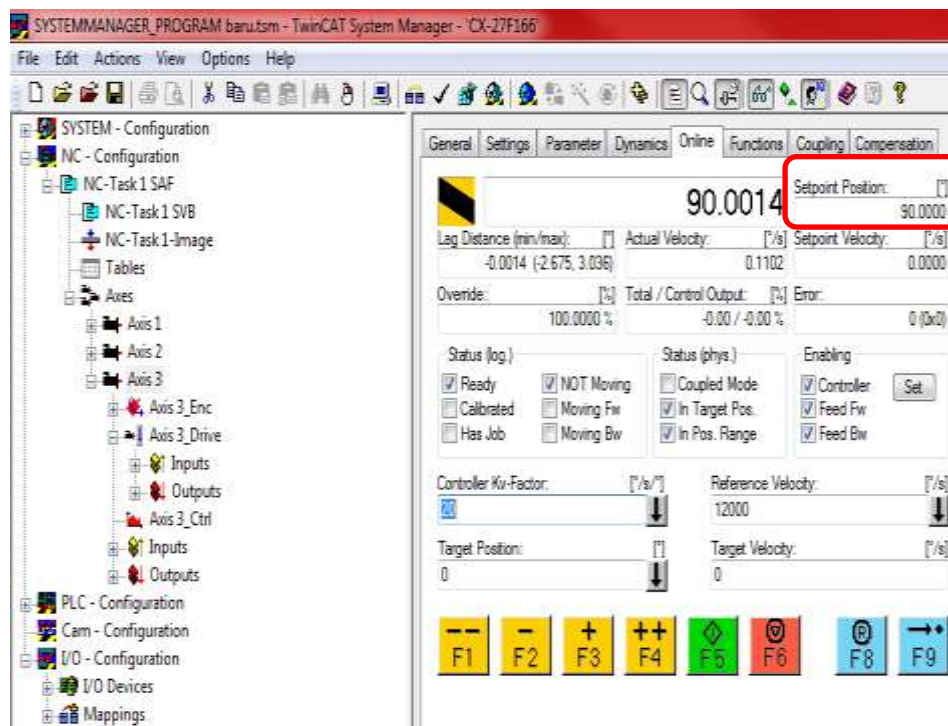
Titik nol kawat

2. Tekan tombol start, yang terjadi adalah motor 1 aktif dengan instruksi (Feeder 1) untuk mengumpan kawat dan akan bergerak dengan jarak (S) =  $-168,53^\circ$  yang artinya kawat bergerak linier sejauh 70,6 mm.
3. Setelah motor 1 berhenti / telah selesai beroperasi, maka motor 3 aktif dengan instruksi (Pembengkok 1 dan Pembengkok\_balik 1) untuk proses penekukkan dengan arah bolak-balik yaitu dengan sudut tekukkan  $90^\circ$  dan  $-90^\circ$ .
4. Setelah proses Pembengkok\_balik 1 selesai beroperasi maka motor 1 aktif kembali dengan instruksi (Feeder 2) untuk mengumpan kawat dan akan bergerak dengan jarak (S) =  $-230,7^\circ$  yang artinya kawat bergerak linier sejauh 96,6 mm.
5. Setelah motor 1 berhenti atau instruksi Feeder 2 telah selesai beroperasi, maka motor 3 aktif (Pembengkok 1 dan Pembengkok\_balik 1) untuk proses penekukkan dengan arah bolak-balik yaitu dengan sudut  $90^\circ$  dan  $-90^\circ$ .
6. Proses nomor 4 dan nomor 5 berulang selama 3 kali atau dalam program PLC hingga bertemu pada instruksi Feeder ke 5 dan proses penekukkan dengan instruksi Pembengkok 5 dan Pembengkok\_balik 5 atau hingga kawat telah berbentuk persegi empat sesuai yang telah direncanakan.
7. Setelah proses instruksi Pembengkok\_balik 5 selesai beroperasi, maka motor 2 aktif dengan instruksi (Pemotongan) untuk proses memotong kawat.
8. Setelah motor 2 selesai beroperasi maka motor 1 aktif kembali dengan instruksi (Feeder 6) untuk proses pengumpanan dengan jarak (S) =  $-316,4^\circ$  yang artinya kawat bergerak linier sejauh 132,6 mm.

9. Setelah proses instruksi Feeder 6 selesai beroperasi, maka akan kembali pada proses Pembengkok 1 dan seterusnya. Siklus ini berulang terus menerus hingga berhenti apabila instruksi stop diaktifkan.
10. Apabila instruksi *stop* diaktifkan maka proses pengoprasian mesin secara program telah berhenti kemudian tekan tombol reset untuk proses set ulang jarak ke titik nol.
11. Jika sudah ke titik nol maka tekan tombol start untuk kembali menjalankan mesin sesuai dengan program *PLC*.

Keterangan : tanda minus (-) merupakan arah gerak putaran motor yaitu berlawanan arah jarum jam (CCW)

#### 4.4 Monitoring pada Proses Penekukkan



Gambar 4. 26 Monitoring pada Proses Penekukkan

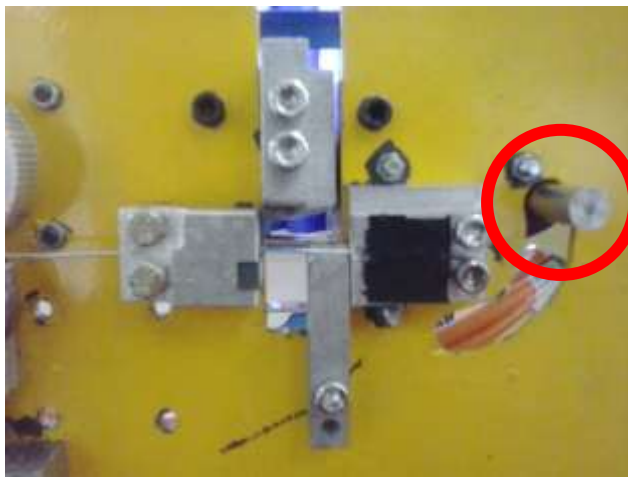
Pada gambar 4.25 terlihat bawah pada Setpoint Position menunjukkan angka 90.000, itu menunjukkan bahwa motor telah berputar dengan jarak 90°. Pada jendela monitoring ini juga dapat terlihat parameter *Kv-factor* dan *reference velocity* serta terdapat pembacaan *actual* pada proses berputarnya motor.

## 4.5 Hasil Pengujian

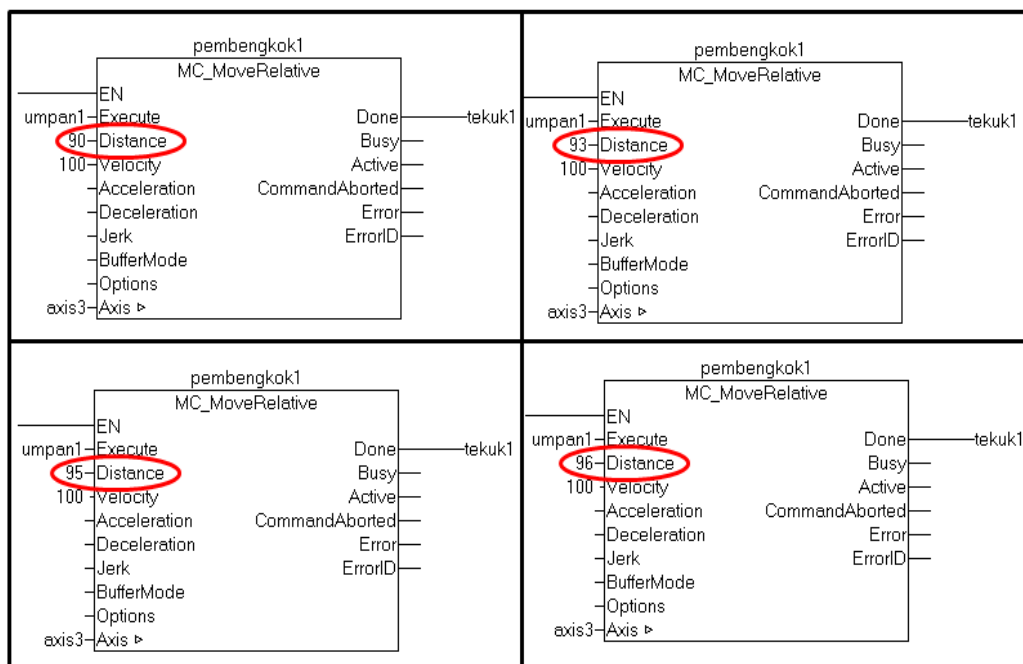
### 4.5.1 Pengujian Penekukkan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai sudut yang terbentuk berdasarkan parameter yang diberikan. *Output* nilai sudut yang diinginkan adalah  $90^\circ$  sehingga berdasarkan titik nol sudut penekukkan yang sudah ditentukan, maka parameter nilai sudut harus diatur melalui program dan melakukan pendekatan nilai sehingga nilai output dapat sesuai dengan yang diinginkan.

#### ➤ Titik nol



#### ➤ Parameter pada program



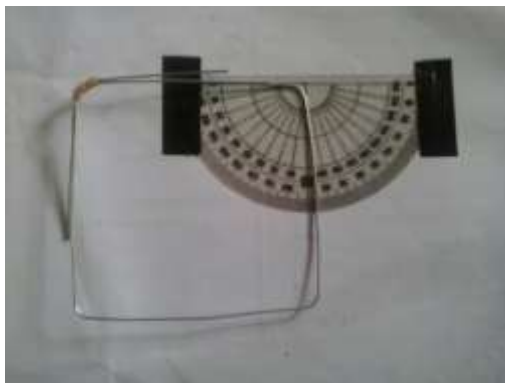
Gambar 4. 27 Parameter Input Distance pada Program

➤ Kawat 10x10 cm

Tabel 4. 2 Pengujian Perbedaan Parameter Distance terhadap sudut penekukkan kawat 10x10 cm

| PARAMETER<br>SUDUT | JUMLAH SUDUT |     |     |     |     |
|--------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|
|                    | 1            | 2   | 3   | 4   | 5   |
| 90°                | 84°          | 85° | 85° | 85° | 84° |
| 93°                | 87°          | 87° | 88° | 87° | 87° |
| 95°                | 89°          | 89° | 89° | 89° | 89° |
| 96°                | 90°          | 90° | 90° | 90° | 90° |

Gambar Hasil Pengujian :



Hasil Pengujian 90°



Hasil Pengujian 93°



Hasil Pengujian 95°



Hasil Pengujian 96°



➤ Kawat 12x12 cm

Tabel 4. 3 Pengujian Perbedaan Parameter Distance terhadap sudut penekukkan kawat 12x12 cm

| PARAMETER<br>SUDUT | JUMLAH SUDUT |     |     |       |       |
|--------------------|--------------|-----|-----|-------|-------|
|                    | 1            | 2   | 3   | 4     | 5     |
| 90°                | 85°          | 85° | 85° | 85°   | 85°   |
| 93°                | 87°          | 88° | 88° | 88°   | 88°   |
| 95°                | 89°          | 89° | 89° | 89.5° | 89.5° |
| 96°                | 90.5°        | 90° | 90° | 90°   | 91°   |

Gambar Hasil Pengujian :



Hasil Pengujian 90°



Hasil Pengujian 93°



Hasil Pengujian 95°

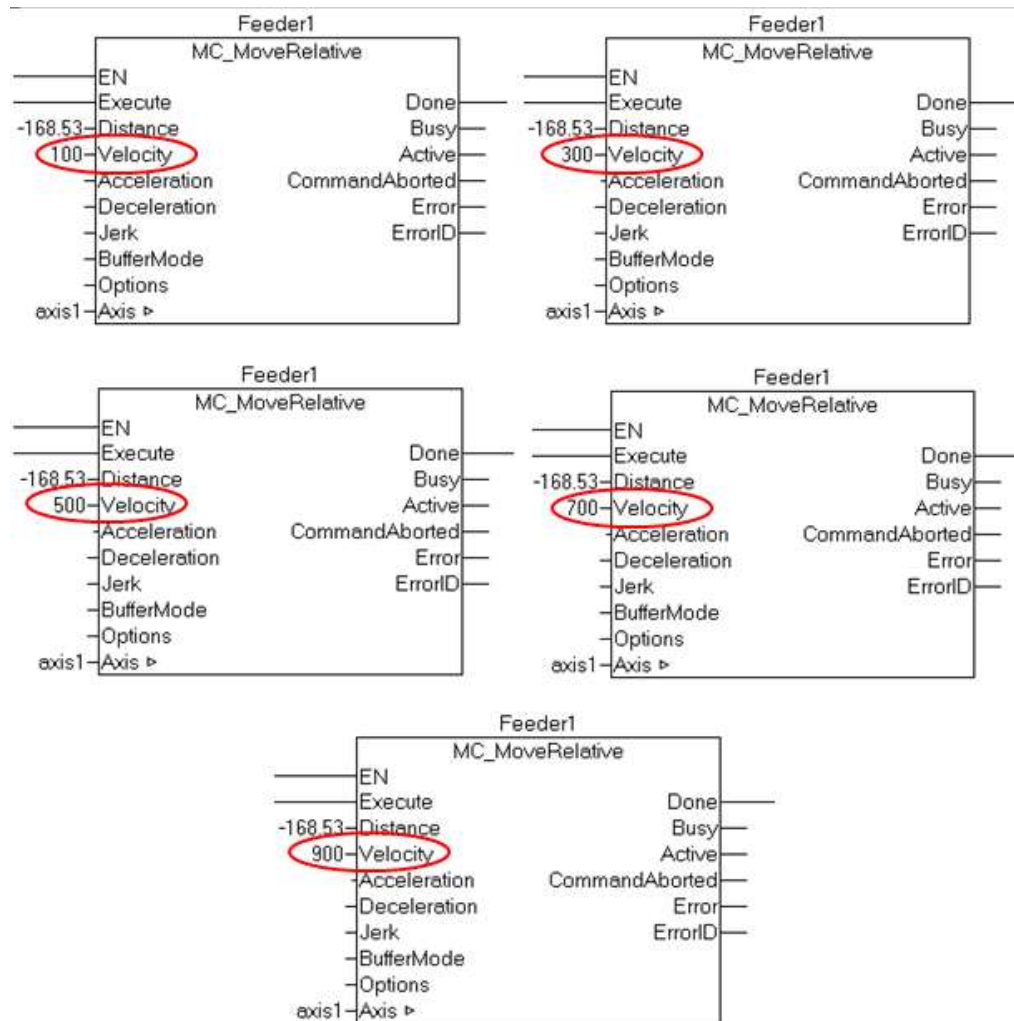


Hasil Pengujian 96°

#### 4.5.2 Pengujian Kecepatan Kerja Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kecepatan produksi alat dalam satu siklus pengerjaan. Satu siklus disini dianggap dengan 1 kali waktu dalam

pembuatan 1 begel. Kecepatan dapat diatur berdasarkan masukkan nilai parameter kecepatan pada program. Berikut adalah parameter *input* kecepatan pada program :



Gambar 4. 28 Parameter *Input Velocity* pada Program

➤ Hasil pengujian kecepatan

Tabel 4. 4 perubahan velocity terhadap waktu

| Velocity (°/second) | Waktu Produksi 1 Begel (s) |
|---------------------|----------------------------|
| 100                 | 40.22                      |
| 300                 | 22.57                      |
| 500                 | 17.36                      |
| 700                 | 14.85                      |
| 900                 | 12.23                      |

## **4.6 Kendala dan Solusi**

### **4.6.1 Kendala**

1. Pada unit pengumpan sering terjadi slip dikarenakan putaran *pulley* yang tidak stabil.
2. Pada unit pelurus dapat berpengaruh terhadap terjadinya slip apabila settingannya tidak pas.
3. Jarak antara pemotongan dengan titik tumpuan/titik nol kawat tidak dapat berubah nilainya yaitu 62 mm.
4. Hasil pengujian sudut penekukkan nilainya tidak tetap dikarenakan pengaruh slip dari unit pengumpan.
5. Pada proses pengontrolan motor masih banyak yang belum diketahui terkait dengan perhitungan parameter-parameternya.
6. Belum diketahui mengapa waktu tercepat berada pada parameter 900 °/s, jika diberi nilai lebih dari 900 °/s maka alat tidak dapat beroperasi.
7. Unit pemotong belum dapat beroperasi.

### **4.6.2 Solusi**

1. Diberikan per atau pegas pada *pulley* bagian bawah agar dapat menyesuaikan pulley bagian atas yang tidak stabil sehingga akan tetap memberikan tekanan.
2. Disetting sedemikian rupa sehingga kawat dapat berjalan dengan lancar dan tidak terjadi slip
3. Harus dilakukan kajian desain ulang.
4. Harus diperbaiki lagi sistem pengumpanannya agar tidak terjadi slip.
5. Harus dilakukan kajian lebih mendalam lagi terkait pengetahuan parameter-parameter pengontrolan motor pada *software beckhoff*.
6. Menggunakan control PID untuk proses pengontrolan kecepatan motor agar lebih akurat.
7. Dilakukan kajian perhitungan kembali pada unit pemotong.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Simulator Mesin CNC pembuat begel berbahan dasar kawat galvanized dengan diameter 1 mm telah berhasil dirancang dan dibuat.
2. Sistem penekuk mampu membentuk begel segi empat dan mampu menekuk dengan sudut 90°.
3. Simulator Mesin CNC pembuat begel mampu membuat begel dengan ukuran yang berbeda yaitu dengan ukuran 100 x 100 mm dan 120 x 120 mm serta mampu memproduksi dengan waktu yang berbeda-beda.

#### **5.2 Saran**

1. Untuk perancangan berikutnya, dapat menambahkan beberapa fitur seperti menggunakan push button untuk pengoprasian on dan off nya, penambahan lampu indikator, serta penambahan LCD untuk visualnya.
2. Ditinjau lebih dalam lagi mengenai software twincat untuk penggunaan parameter-parameter pengontrol motornya.

## DAFTAR PUSTAKA

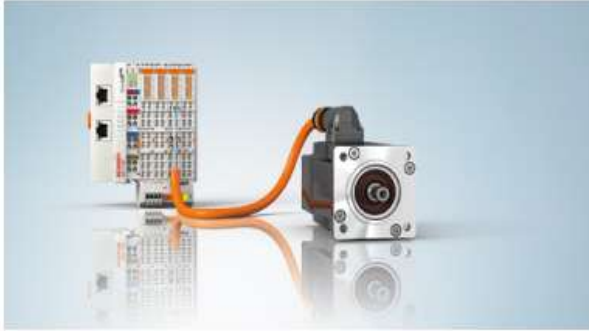
- Agung Nugroho Adi. 2010. *Mekatronika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Automation Indo. n.d. 2016. "Bahasa Pemrograman Pada PLC." *Automation Indo, The Authority in Automation System* (blog). <http://www.automationindo.com/article/315/bahasa-pemrograman-pada-plc#.WjDdTFV1-00>.
- Beckhoff. 2008. "Beckhoff New Automation Technology." *Beckhoff* (blog). <https://www.beckhoff.com/>.
- College Loan Consolidation. 2015. "Tegangan, Regangan, Dan Modulus Elastisitas." *Fisika Zone* (blog). February 25, 2015. <http://fisikazone.com/tegangan-regangan-dan-modulus-elastisitas/>.
- Dahmir Dahlan. 2012. *Elemen Mesin*. Jakarta: Citra Harta Prima.
- Direktori Listrik. 2011. "Torsi (Torque) Pada Motor." *Direktori Listrik, Belajar Dan Berbagi Ilmu Listrik* (blog). 2011. <https://direktorilistrik.blogspot.co.id/2012/11/torsi-torque-pada-motor.html>.
- Handayani. 2005. "Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]." *Dinamik - Jurnal Teknologi Informasi* (blog). November 3, 2005. <http://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/fti1/article/view/23>.
- Jhon A. Schey. 2000. *Introduction to Manufacturing Processes*. Yogyakarta: ANDI.
- Pelita Ilmu. 2017. "Pengertian Dan Rumus Torsi Dalam Fisika." *Belajar Dengan Menulis* (blog). 2017. <http://pelitahijau.blogspot.co.id/2017/01/pengertian-dan-rumus-torsi-dalam-fisika.html>.
- Pramana Dwijaya. 2012. "Kegunaan Dan Ukuran Besi Begel." *Distributor & Jual Aneka Bahan Bangunan* (blog). <http://pramanadwijaya.com/produk/besi-beton/begel-kolom/>.
- Solidworks indonesia. 2016. "Perbedaan SolidWorks Dan AutoCad." *Reseller SolidWorks Indonesia since 1996* (blog). February 22, 2016. <http://arismadata.com/solidworks/blog/2016/02/perbedaan-solidworks-dan-autocad/>.

## LAMPIRAN

Gambar alat yang telah dibuat



## Spesifikasi Motor Servo DC AM8122 Beckhoff



### AM8122 | Servomotor 0.8 Nm (standstill torque)

| Data for 50 V DC        | AM8122-wFyz             | AM8122-wJyz            |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Standstill torque       | 0.80 Nm                 |                        |
| Rated torque            | 0.80 Nm                 | 0.71 Nm                |
| Rated speed             | 2000 min <sup>-1</sup>  | 4500 min <sup>-1</sup> |
| Rated power             | 0.17 KW                 | 0.34 KW                |
| Peak torque             | 4 Nm                    |                        |
| Standstill current      | 4.0 A                   | 8.0 A                  |
| Peak current            | 22.4 A                  |                        |
| Torque constant         | 0.20 Nm/A               |                        |
| Voltage constant        | 13 mV/min <sup>-1</sup> |                        |
| Number of poles         | 6                       |                        |
| Rotor moment of inertia | 0.253 kgcm <sup>2</sup> |                        |
| Weight                  | 1.6 kg                  |                        |
| EtherCAT Terminal       | EL7211-0010             | EL7221-9014            |
| EtherCAT plug-in module | EJ7211-0010             |                        |

Hasil Begel dengan Ukuran 12 x 12 cm dan 10 x 10 cm



# Program PLC Beckhoff

