

PENINGKATAN KINERJA SISTEM PENEKUK PADA SIMULATOR MESIN CNC PEMBUAT BEGEL

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

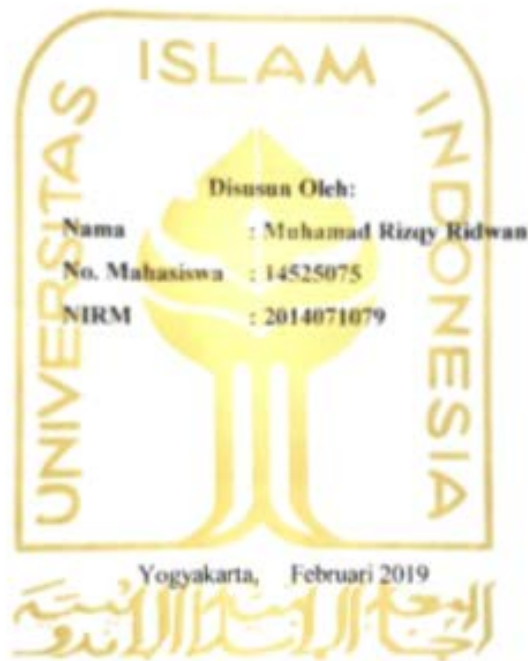
Nama : Muhamad Rizqy Ridwan
No. Mahasiswa : 14525075
NIRM : 2014071079

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

2019

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PENINGKATAN KINERJA SISTEM PENEKUK PADA
SIMULATOR MESIN CNC PEMBUAT BEGEL

TUGAS AKHIR



Pembimbing I,

Partojo, S.T., M.Sc.

Pembimbing II,

Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENINGKATAN KINERJA SISTEM PENEKUK PADA SIMULATOR MESIN CNC PEMBUAT BEGEL TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Muhamad Rizqy Ridwan

No. Mahasiswa : 14525075

NIRM : 2014071079

Tim Penguji

Purtojo, S.T., M.Sc.

Ketua

Tanggal : 11 Februari 2019

Donny Suryawan, S.T., M.Eng

Anggota I

Tanggal : 10 Februari 2019

Rahmat Riza, S.T., M.Sc. ME

Anggota II

Tanggal : 21 Februari 2019

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

“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 sanksi atau hukuman sesuai hukum yang berlaku”

Yogyakarta, 6 Februari 2019

Penulis


M. TERAI
TIMPEL
201902050902
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Muhamad Rizqy Ridwan

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan hasil tugas akhir ini kepada ayah dan ibu tercinta yang tak pernah lelah memberikan segala macam bentuk dukungan dan doa.

Dosen pembimbing bapak Purtojo, ST., Msc. dan bapak Agung Nugroho Adi, ST., M.T. yang selalu memberikan arahan untuk menemukan segala macam kemungkinan.

Keluarga Himpunan Teknik Mesin LEM FTI UII sebagai tempat peggaplikasian ilmu .

Sahabat tercinta yang selalu memberikan masukan dan suntikan tawa dalam pembuatan tugas akhir ini .

HALAMAN MOTTO

*"Selesaikan dan pertanggung jawabkan dengan baik segala sesuatu yang
telah kamu mulai"*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur alhamdulillah, penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Akhirnya tugas akhir dengan judul **"Peningkatan Kinerja Sistem Penekuk pada Simulator Mesin CNC Pembuat Begel"** ini telah selesai setelah melalui proses belajar yang cukup panjang. Perjuangan melewati masa-masa sulit telah berlalu dengan selesainya laporan tugas akhir ini.

Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh dosen Prodi Teknik Mesin FTI UII khususnya kepada Bapak Purtojo S.T., M.Sc. dan Bapak Agung Nugroho Adi S.T.,M.T. Sebagai dosen pembimbing tugas akhir penulis, kepada keluarga yang selalu mendukung, dan kepada teman-teman yang membantu menghilangkan kejenuhan. Sulit rasanya menjabarkan terima kasih yang setulus-tulusnya dalam bentuk tulisan. Sekali lagi, kepada semuanya, saya hanya bisa mengucapkan Terima Kasih.

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi para pembaca. Penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran untuk tulisan ini. Penulis harap, tulisan ini dapat berperan sebagai karya ilmiah yang dapat membantu kemajuan ilmu pengetahuan secara umum, dan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dalam pengerjaan karya ilmiah secara khusus. Demikianlah dari penulis.

Wassalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakatuh.

Abstrak

Rancangan mesin CNC pembuat begel berbasis PLC pada laboratorium Teknik Mesin UII merupakan sebuah purwarupa. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya masih terdapat beberapa kekurangan. Kekurangan terbesar adalah mesin tidak dapat memproduksi sebuah begel dengan bahan dasar besi tulangan. Selain itu karena mesin dibuat sebagai sarana edukasi diharapkan dapat membuat bentuk selain persegi. Peningkatan kinerja alat begel berfokus agar alat dapat menekuk besi tulangan $\varnothing 4$ mm. Setelah melakukan beberapa kali realisasi rancangan dan evaluasi, mesin dapat menekuk besi tulangan $\varnothing 4$ mm dengan beberapa kekurangan. Saat menggunakan putaran motor searah jarum jam pada perancangan pertama dengan nilai K_v -factor 90 hasil penekukan maksimal 45° , pada perancangan kedua dengan nilai K_v -factor yang sama menghasilkan tekukan maksimal 55° pada realisasi perancangan ketiga dengan tumpuan dimajukan sebanyak 15 mm mesin tidak dapat menekuk sama sekali baik putaran motor searah maupun berlawanan jarum jam. Pada realisasi perancangan keempat menghasilkan hasil yang berbeda. Hasil paling maksimum dan konstan pada perancangan dengan nilai K_v -factor yang sama menghasilkan tekukan konstan diantara angka 55 - 65° . Bentuk baru yang dibuat adalah segitiga karena sudut pada segitiga dianggap mampu menjadi representatif dari bangun dua dimensi.

KataKunci: Begel, Mesin Begel berbasis PLC, Peningkatan Kinerja.

ABSTRACT

The design of CNC brace builder based on PLC in UII Mechanical Engineering laboratory is a prototype. In the previous research, several drawbacks were found in the previous research. The main weakness was that the machine cannot produce a brace with reinforced iron. In addition, the engine is aimed for education tool that are expected to create different shapes, except a square shape. Performance improvement of the brace tool focuses on bend reinforcement iron Ø4 mm. After performing several times of design and evaluation, the machine affords to bend the reinforcement iron Ø4 mm with a lack of disadvantages. For the first design, the result of maximum bending on the reinforcement iron using motor rotating with K_v -factor = 90 is 45°. In the second design with the same K_v -factor value, the machine was formed 55° as its maximum bending. In the third design with a pedestal forwarded to 15 mm, the machine cannot bend together once, both were directed with the same or the opposite clockwise of motor rotation. The fourth design created a different result. The maximum and constant result with the same K_v -factor value created constant bending with the angle between 55-65°. The new form created was a triangle because the angle was considered as a representative of a two-dimensional object.

Keywords: Brace, Brace machine based on PLC, Performance improvement.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	Error! Bookmark not defined.
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	Error! Bookmark not defined.
Pernyataan Bebas Plagiarisme.....	Error! Bookmark not defined.
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.6.1 Bagi Peneliti	3
1.6.2 Bagi Program Universitas.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Perancangan.....	6
2.2.2 Begel.....	6
2.2.3 <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	7
2.2.4 <i>Programmable logic control (PLC)</i> Beckhoff	7
2.2.5 Tegangan	10
2.2.6 Torsi.....	12
2.2.7 Kekuatan Material	12

Bab 3 Metode Penelitian	14
3.1 Alur Penelitian	14
3.2 Peralatan.....	15
3.2.1 Perangkat Keras	15
3.2.2 Perangkat Lunak	18
3.2.3 Rangkaian PLC, <i>FieldBus</i> , Catu Daya, dan Motor.....	19
3.3 Uji Coba Menjalankan Motor dan Program Sederhana.....	21
3.4 Evaluasi.....	24
3.5 Kriteria Desain	26
3.6 Perancangan dan Desain	27
3.6.1 Perhitungan Dimensi Kawat.....	27
3.6.2 Perhitungan Mekanis	29
3.6.3 Pengembangan Alternatif Penyelesaian Masalah.....	32
3.6.4 Pemilihan Prioritas	32
3.6.5 Perancangan Alat.....	33
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	36
4.1 Hasil Perancangan 1.....	36
4.1.1 Realisasi Perancangan 1	38
4.2 Hasil Evaluasi Perancangan 1	45
4.2.1 Alternatif Hasil Evaluasi Perancangan 1	45
4.2.2 Hasil Perancangan 2	46
4.2.3 Hasil Percobaan 2	47
4.2.4 Evaluasi Perancangan 2	47
4.3 Hasil Evaluasi Perancangan 2.....	47
4.3.1 Alternatif Hasil Evaluasi Perancangan 2	48
4.3.2 Hasil Perancangan 3	48
4.3.3 Hasil Percobaan 3	49
4.4 Hasil Akhir.....	49
4.4.1 Pembahasan	54
Bab 5 Penutup.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya	55
5.3 Refleksi Diri.....	56

Daftar Pustaka	57
----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1-1 Perbedaan parameter dan hasil penekukan (Habiburohman, 2017).....	2
Tabel 4-1 Perbandingan nilai K_v -factor terhadap hasil penekukan.	42
Tabel 4-2 Parameter dan hasil pada ukuran 100mm x 100mm	51
Tabel 4-3 Parameter dan hasil pada ukuran 120mm x 120mm	52
Tabel 4-4 Kecepatan yang digunakan dan waktu produksi sebuah begel 100 x 100 mm.....	53
Tabel 4-5 Kecepatan yang digunakan dan waktu produksi sebuah begel 120 x 120 mm.....	53
Tabel 4-6 Kecepatan yang digunakan dan waktu produksi bentuk segitiga.....	53
Tabel 5-1 Tabel tombol instruksi	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Begel.....	7
Gambar 2-2 sistem PLC	8
Gambar 2-3 Ilustrasi PLC Beckhoff.....	8
Gambar 2-4 Contoh IL, ST, FBD, LD dan SFC.....	10
Gambar 2-5 Tegangan normal.....	11
Gambar 2-6 Tegangan Geser	11
Gambar 2-7 Kurva tegangan regangan.....	13
Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3-2 Motor Servo AM8122Fwyz	15
Gambar 3-3 PLC Beckhoff CX9020	16
Gambar 3-4 <i>Input</i> PLC Beckhoff EL1008	16
Gambar 3-5 <i>Output</i> PLC Beckhoff EL2008.....	17
Gambar 3-6 FieldBus PLC EL7201 (kiri) & EL7211 (kanan).....	18
Gambar 3-7 Power supply	18
Gambar 3-8 Rangkaian PLC, <i>fieldbus</i> , <i>powersupply</i> , motor servo	19
Gambar 3-9 Menghubungkan kabel power supply dengan PLC.....	20
Gambar 3-10 cara menghubungkan kabel motor servo dengan fieldbus	20
Gambar 3-11 <i>Input</i> untuk mengaktifkan motor	21
Gambar 3-12 Perintah untuk memulai,berhenti dan atur ulang	21
Gambar 3-13 Perintah memberikan daya pada motor	22
Gambar 3-14 Perintah menjalankan proses penekukan.....	22
Gambar 3-15 Perintah menjalankan proses pemotongan	22
Gambar 3-16 Parameter skala faktor	23
Gambar 3-17 Parameter kecepatan.....	23
Gambar 3-18 Parameter nilai lag.....	24
Gambar 3-19 Kawat yang mengambang pada lubang pelurus	24
Gambar 3-20 Penekuk bertitik akhir +-90 derajat	25
Gambar 3-21 Tempat pemberian tumpuan besi HSS	26
Gambar 3-22 <i>Linkage</i> antara motor dengan pemotong	26
Gambar 3-23 Sketsa begel.....	27
Gambar 3-24 Lingkaran biru menunjukan titik.....	29

Gambar 3-25 Sketsa beban dan momen pada Batang	30
Gambar 3-26 Model perancangan pengumpan dan penekukan 1.....	34
Gambar 3-27 Perancangan dan penekukan 2	34
Gambar 3-28 Sketsa 1 <i>reloader</i>	34
Gambar 3-29 Sketsa pemasangan <i>reloader</i> dengan penekukan	35
Gambar 3-30 Model perancangan <i>reloader</i>	35
Gambar 4-1 Hasil perancangan	36
Gambar 4-2 Hasil perancangan tampak belakang	36
Gambar 4-3 Penempatan <i>reloader</i>	37
Gambar 4-4 Keterangan hasil perancangan tampak depan	37
Gambar 4-5 Keterangan hasil perancangan tampak depan	37
Gambar 4-6 Komponen penggerak.....	38
Gambar 4-7 Dudukan <i>gearbox</i>	39
Gambar 4-8 Hasil tampak depan	39
Gambar 4-9 Pengujian pertama	40
Gambar 4-10 Kotak kuning menunjukan eror yang terjadi	40
Gambar 4-11 K_v -factor menyebabkan perbedaan hasil	41
Gambar 4-12 Hasil pengecekan arus	42
Gambar 4-13 Hasil tekukan motor dengan arah berlawanan jarum jam	43
Gambar 4-14 Besi tulangan yang berputar kebawah karena cengkaman tidak erat	43
Gambar 4-15 Lingkaran merah merupakan titik momen,	44
Gambar 4-16 Penyisipan besi pada pencekam akhir	44
Gambar 4-17 Sketsa setelah evaluasi	45
Gambar 4-18 Hasil perancangan setelah evaluasi	46
Gambar 4-19 Pencekam Akhir	46
Gambar 4-20 Lingkaran merah menunjukan peninggian dudukan motor.....	47
Gambar 4-21 Penggantian penumpu menggunakan.....	48
Gambar 4-22 Penggantian penumpu menggunakan.....	49
Gambar 4-23 Bentuk hasil akhir.....	50
Gambar 4-24 Perintah menekuk pada bentuk persegi	50
Gambar 4-25 Perintah menekuk pada bentuk segitiga	51
Gambar 4-26 Hasil pengujian begel persegi.....	52

Gambar 4-27 Hasil pengujian bentuk segitiga	52
---	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam membangun sebuah tempat tinggal ataupun gedung yang digunakan untuk perkantoran selayaknya dibuat dengan struktur bangunan yang kokoh. Demi mendirikan bangunan kokoh selain bahan baku yang berkualitas juga dihitung faktor-faktor yang akan mempengaruhi bangunan tersebut.

Banyak faktor yang diperhitungkan dalam pembangunan infrastruktur jangka panjang. Salah satunya adalah pengisi dari beton yang akan digunakan, untuk mengurangi tegangan geser yang akan terjadi, maka beton diisi dengan rangka besi/baja tulangan dan diikat oleh begel (Dharma, 2006). Begel merupakan barang pokok yang dibutuhkan dalam jumlah banyak. Karena dibutuhkan dengan jumlah yang banyak maka pembuatan sebuah begel dalam satu siklus produksi idealnya dilakukan dalam waktu singkat.

Alat pembuat begel telah beberapa kali diteliti di laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia sebagai objek peraga/purwarupa dari alat begel berbasis pneumatik (Al Asad, 2016), (Tri Permana, 2016) dan (Arismanto, 2018) maupun pembuatan begel berbasis PLC yang sebelumnya oleh (Habiburohman, 2017) dan (Cassandra Suwito, 2018) telah berhasil dibuat.

Sejauh ini, perancangan mesin begel berbasis PLC yang dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia dapat membuat bentuk persegi dengan spesimen kawat berdiameter 1 mm, sedangkan yang dibutuhkan pada bangunan infrasturuktur adalah bentuk persegi dengan menggunakan besi tulangan berdiameter 4 mm/6 mm/8 mm, dengan menggunakan motor servo yang ada hal tersebut adalah mungkin untuk dilakukan. Dengan PLC sebagai perangkat pengontrol memungkinkan untuk pembuatan begel akan membuat produk dengan ukuran yang bervariasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut diperlukan proses penelitian berfokus pada perancangan ulang mesin begel dengan pengontrol PLC yang terdapat di laboratorium mekatronika Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan penelitian yang penulis ajukan ini dapat diidentifikasi permasalahannya sebagai berikut:

1. Parameter sistem kontrol motor servo belum diketahui secara keseluruhan yang berakibat pada motor yang bergerak hanya hidup dan mati.
2. Proses pengumpanan pada mesin sering terjadi slip, dikarenakan *pulley* tidak mencengkram dengan baik.
3. Pada proses penekukan, perintah yang ada pada PLC berbeda dengan hasil. Karena masalah ada pada penempatan titik 0 *set point*.

Tabel 1-1 Perbedaan parameter dan hasil penekukan (Habiburohman, 2017)

PARAMETER 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°

4. Mesin tidak dapat memotong spesimen kawat Ø1 mm.
5. Mesin hanya dapat membuat bentuk persegi dengan kawat Ø1 mm sedangkan yang digunakan di pasaran adalah begel minimal Ø4 mm jika menggunakan kontrol PLC dapat membuat bentuk lain sebagai sarana pembelajaran.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi yang sudah dilakukan, maka dapat dibentuk rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah mesin dapat membuat bentuk lain?
2. Apakah mesin dapat menghasilkan begel dengan besi tulangan minimal Ø4 mm ?
3. Bagaimana menentukan parameter yang tepat untuk mengontrol motor servo?
4. Bagaimana menentukan parameter *input* pada PLC kontrol aplikasi TwinCat2 berbanding lurus dengan hasil penekukan?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus, sempurna, dan mendalam dengan memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya yaitu :

1. Penelitian difokuskan untuk dapat membuat begel berbahan dasar besi Ø4 mm.
2. Hardware yang digunakan adalah PLC dan motor dc servo Beckhoff yang teradapat pada laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Software yang digunakan adalah Twincat 2.
4. Tidak membahas tentang *reloader* alat.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mesin dapat menghasilkan membuat bentuk segitiga.
2. Mesin dapat menghasilkan begel dengan besi tulangan minimal Ø4 mm.
3. Dapat menentukan parameter yang tepat untuk mengontrol motor servo.
4. Dapat menyelaraskan antara nilai *input* parameter pada *system manager* dengan hasil produk begel.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian peningkatan kinerja sistem penekuk pada simulator mesin CNC pembuat begel ini adalah:

1.6.1 Bagi Peneliti

1. Sebagai sarana edukasi dalam bidang PLC.
2. Penerapan teori dengan relevansi.

1.6.2 Bagi Program Universitas

1. Menguji kemampuan mahasiswa dalam menerapkan teori di bidang praktik.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari masing-masing bab yaitu:

1. Bagian pendahuluan berisi halaman judul, lembar pengesahan dosen pembimbing, lembar pengesahan dosen penguji, halaman motto, kata pengantar, abstraksi, daftar isi, daftar tabel dan daftar gambar.
2. Bab 1 Pendahuluan berisi latar belakang penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.
3. Bab 2 Kajian Pustaka berisi tentang tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya dan dasar teori yang melandasi penelitian ini.
4. Bab 3 Metodologi Penelitian berisi penjelasan tentang alat dan bahan serta metode perancangan dalam membuat mesin CNC pembuat begel.
5. Bab 4 Hasil dan Pembahasan berisi tentang penjelasan kendala yang muncul selama perancangan serta pemberian solusi dari kendala yang ada.
6. Bab 5 Penutup berisikan kesimpulan dan saran bisa dilakukan untuk penelitian berikutnya.
7. Bagian akhir memuat tentang daftar pustaka serta lampiran-lampiran yang menunjang dalam laporan tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Alat pembuat begel dibuat dengan harapan mampu mengefisiensikan waktu produksi sebuah begel. Terdapat beberapa jenis alat pembuat begel yang ada di pasaran, di antaranya adalah alat pembuat begel dengan aktuator pneumatik dengan sumber tenaga udara, alat pembuat begel dengan aktuator hidrolik dan alat pembuat begel manual dengan bantuan tenaga manusia.

Perancangan mesin begel sudah dilakukan seperti pada perancangan (Satria & Son, 2014) membahas tentang pembuatan mesin begel bersumber tenaga manusia. Spesimen yang digunakan adalah baja karbon rendah AISI 1035 pada proses penekukan menggunakan tuas dan proses pemotongan memanfaatkan gunting potong besi, adapun perancangan mesin pembuat begel dengan aktuator pneumatik yang telah dilakukan oleh Al asad dan Aji(2016) alat bekerja menekuk besi cor 3 mm menggunakan plat besi ukuran 50 mm x 70 mm dan tebal 50 mm, pada proses penekuk plat yang dipasangkan di ujung silinder pneumatik mendorong besi hingga bengkok. Sistem pemotong ada pada bagian ujung silinder pneumatik menggunakan material plat besi ukuran 50 mm x 150 mm dengan ketebalan 40 mm untuk penampang dan tebal pisau 60 mm, di bagian plat besi diberi jalur lubang agar saat kebawah pemotongnya turun ke spesimen.

Perancangan tentang mesin penekuk begel dengan kontrol PLC yang telah dilakukan oleh Cassandra Suwito dan Habiburrohman(2018). Perancangan berisi tentang pembuatan sistem pengumpanan dan penekuk pada mesin begel dengan memiliki keterbatasan pada begel yang dibuat dengan menggunakan kawat besi berbahan dasar galvanize, selain itu mesin yang dibuat masih sering terjadi slip pada proses pengumpanan belum dapat memotong kawat sebagai spesimen juga belum dapat mengontrol kecepatan motor dc.

Mengacu dari perancangan tersebut maka penelitian tentang perancangan begel yang dilakukan untuk perbaikan pengumpanan, pemotongan, penekukan, dan kontrol motor DC.

2.2 Dasar Teori

Dalam melakukan perancangan ini. Dasar teori digunakan untuk memperkuat materi-materi yang ada pada penelitian ini. Terdapat beberapa landasan teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam perancangan.

2.2.1 Perancangan

Perancangan adalah kegiatan yang ditujukan untuk membuat sistem baru untuk dapat memecahkan masalah yang dihadapi dengan pengembangan alternatif masalah dan pemilihan prioritas terbaik (Ladjamudin, 2005). Pada perancangan suatu alat kerja harus meningkatkan performansi dan meminimalkan potensi kecelakaan kerja.

Terdapat tahapan umum yang dilakukan pada proses perancangan, biasa dikenal dengan nama NIDA, kepanjangan dari *Need, Idea, Decision, Action* (Ilman Fadhillah, 2018). Tahapan awal perancangan adalah kebutuhan (*need*) dimana proses ini ialah tahapan dalam menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan. Setelah itu masuk kedalam tahap ide (*idea*) tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan ide yang ada dan mencari alternatif pengembangan-pengembangan ide yang akan dilakukan pada perancangan nantinya. Setelah pengumpulan kebutuhan dan pencarian ide alternatif lantas dilakukan tahap penentuan (*decision*), dalam tahapan ini perancang memutuskan dari segi penilaian, analisis, kebutuhan yang sudah diidentifikasi dari awal. Tahapan terakhir adalah proses pembuatan (*action*) untuk menghasilkan sebuah produk atau sebuah sistem yang dibutuhkan.

2.2.2 Begel

Begel adalah sebuah komponen yang umumnya berbentuk kotak dengan kegunaan sebagai kolom untuk membuat sebuah pola pada struktur, begel sangat berguna sebagai pemikul beban dari konstruksi bangunan (Satria & Son, 2014), kegagalan pada sebuah kolom begel dapat menjadikan penyebab utama runtuhnya lantai bangunan.



Gambar 2-1 Begel

sumber: (Cassandra Suwito, 2018)

Pada gambar 2-1 dapat dilihat bentuk dari begel. Begel memiliki ukuran yang berbeda tergantung dari bentuk struktur bangunan yang akan dibuat, umumnya di pasaran ukuran konstruksi begel yaitu : 8cm x 8cm, 10cm x 10cm, 12cm x 12cm, 15cm x 15cm, 8cm x 15cm (Cassandra Suwito, 2018).

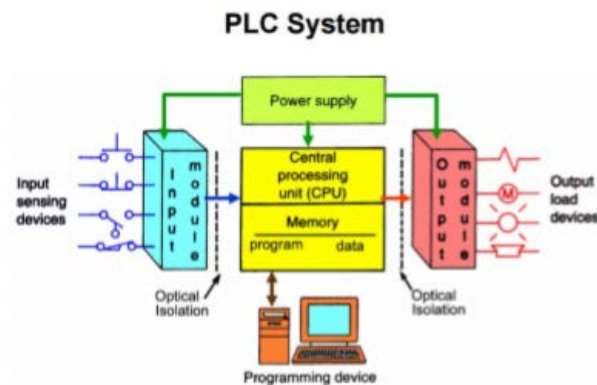
2.2.3 *Computer Aided Design (CAD)*

CAD adalah sebuah proses desain yang dilakukan oleh manusia dengan menggunakan komputer, berfungsi untuk membantu dalam penciptaan, merekayasa, analisis, dan optimasi desain. Peran CAD adalah untuk mendefinisikan geometri desain bagian mekanik, perakitan produk, struktur arsitektur, sirkuit elektronik, tata letak bangunan (Habiburohman, 2017).

2.2.4 *Programmable logic control (PLC) Beckhoff*

PLC adalah program yang mendukung untuk menjalankan sistem otomatisasi. Pada dasarnya PLC adalah sebuah komputer khusus yang digunakan untuk mengontrol proses pada sebuah mesin. PLC dapat digunakan untuk mengontrol regulasi yang memiliki variabel berupa kontinyu atau juga dapat digunakan untuk menyatakan kondisi ON/OFF (Setiawan, 2006). PLC sendiri berperan besar dalam menghilangkan banyak perangkat keras relay konvensional. Dirangkum dari buku (Petruzzella, 2011) terdapat 3 kelebihan dari PLC, yaitu :

1. Lebih mudah diandalkan, ketika sebuah program sudah dibuat, didownload dan dicoba maka program tersebut sudah tersimpan dalam memori PLC sedikit kemungkinan untuk pemasangan kabel yang eror.
2. Lebih fleksibel, dengan adanya PLC jika terjadi eror maka diubah adalah program sebelumnya untuk merubah kontrol gerak maka harus mengubah pengkabelan yang terpasang
3. Lebih murah, dibandingkan dengan penggunaan logika kontrol relay penggunaan PLC jauh lebih menghemat biaya.



Gambar 2-2 sistem PLC
sumber :(Hanak, 2017)

PLC Beckhoff sendiri ialah sebuah merk PLC buatan Jerman yang mengedepankan skalabilitas dan fleksibilitas yang sangat baik. 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. PLC Beckhoff berkaitan dengan perangkat lunak Twincat Beckhoff. Dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** ilustrasi PLC Beckhoff.



Gambar 2-3 Ilustrasi PLC Beckhoff

Sumber: Beckhoff

2.2.4.1 IEC 61131-3

Dalam pemrograman PLC, terdapat bahasa pemrograman yang sudah dibuat untuk meratakan bahasa yang digunakan didunia internasional yakni dinamakan IEC 61131-3. Dengan tolok ukur yang sudah disamakan di dunia internasional ditujukan kepada pengguna PLC agar memprogram sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang sudah dimiliki. Terdapat 5 macam bahasa pemrograman pada IEC 61131-3 (PLC Open, 2013), yaitu:

1. *Function Block Diagram (FBD)*

Adalah bahasa pengontrol logika dengan menggambarkan fungsi antara variabel *input* dan *output*, digambarkan dengan satu set blok yang menghubungkan antara jalur *input* dan *output*.

2. *Structure Text (ST)*

Mengacu pada article PLC Open structure text adalah bahasa pemrograman modern berdasar dari pascal & C, structure text juga adalah bahasa yang sangat kuat sehingga dapat digunakan sangat baik untuk mendefinisikan sebuah blok yang kompleks.

3. *Ladder Diagram (LD)*

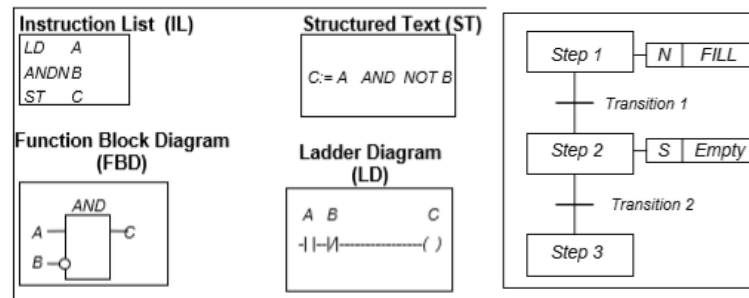
Berasal dari Amerika Serikat lader diagram adalah bahasa yang paling sering digunakan dalam memprogram PLC karena berdasarkan dari presentasi grafis *diagram ladder relay*

4. *Instruction List (IL)*

Dari semua bahasa yang digunakan oleh IEC 61131-3, IL adalah bahasa yang paling rendah, dikatakan paling rendah karena IL menggunakan bahasa perakitan sehingga variabel dan panggilan fungsi ditentukan oleh elemen umum sehingga bahasa yang berbeda dapat digunakan dalam program yang sama.

5. *Sequential Flow Chart (SFC)*

Sebagai salah satu bahasa pemrograman PLC, SFC merupakan sistem kontrol menggunakan bagan, langkah penulisan program sama dengan cara menuliskan sebuah *flowchart*, yakni langkah berikutnya aktif setelah langkah sebelumnya aktif.



Gambar 2-4 Contoh IL, ST, FBD, LD dan SFC

sumber: PLC Open

2.2.5 Tegangan

Permasalahan pada proses perancangan suatu elemen adalah kekuatan untuk menahan beban luar. Orientasi elemen tegangan sangat penting untuk menentukan titik di dalam bagian pembawa beban yang mengalami tingkat tegangan tertinggi (Mott, 2004). Sehingga, tegangan dapat didefinisikan sebagai ketahanan sebuah elemen yang ditawarkan oleh satuan luas material terhadap beban luar.

Pada suatu elemen yang membawa beban luar terdistribusi merata pada seluruh area penampang, maka besaran yang dimiliki tegangan dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{F}{A}$$

Dimana:

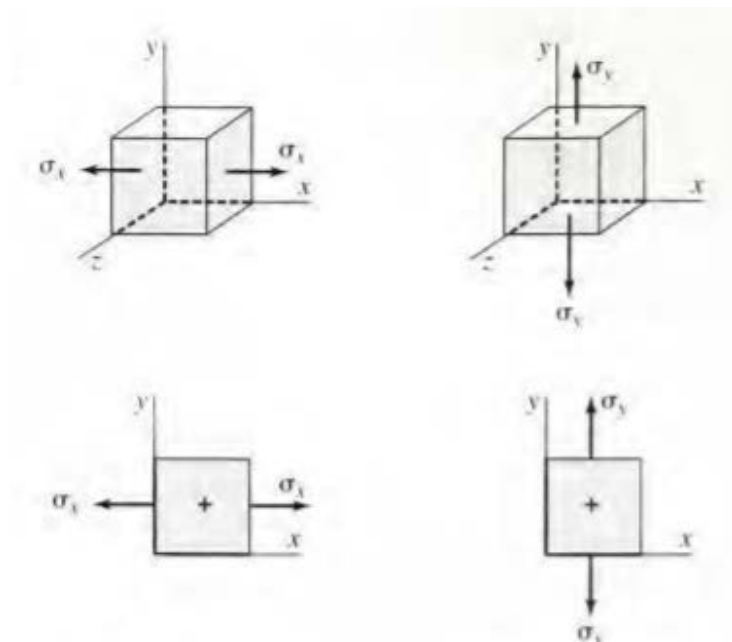
σ = Tegangan Normal (N/mm²)

F = Gaya (Newton)

A = Luas Penampang (mm²)

Dirangkum dari Robert L. Mott (2004), secara mendasar terdapat 2 macam tegangan yakni tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal dapat diartikan sebagai tegangan yang terjadi karena arah gaya tegak lurus terhadap permukaan elemen yang berlawanan ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2-5. Dari arah gaya yang bekerja, tegangan normal menghasilkan dua jenis tegangan yaitu tegangan tarik dan tegangan tekan.

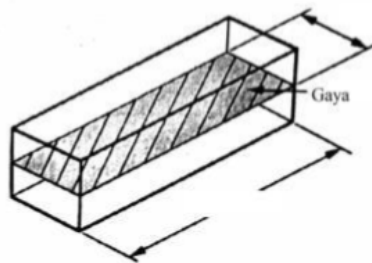
Tegangan tarik memiliki kecenderungan merobek sebuah elemen dan tegangan tekan bersifat meremukan tegangan.



Gambar 2-5 Tegangan normal

Sumber: (Mott, 2004)

Sedangkan tegangan geser adalah tegangan yang terjadi dengan kecenderungan tekanan yang terjadi memotong sebuah elemen, tekanan yang diberikan pada suatu wajah secara vertikal ke arah bawah dan secara bersamaan ada tekanan ke arah atas pada paralel berlawanan. Dapat di definisikan tegangan geser terjadi jika gaya yang bekerja pada material sejajar dengan luas permukaan bidang kerja. Dapat dilihat ilustrasi tegangan geser pada Gambar 2-6.



Gambar 2-6 Tegangan Geser

Sumber : (Mott, 2004)

Dengan metode perhitungan sederhana mengasumsikan bahwa tegangan terdistribusi merata diseluruh area geser, maka didapatkan rumus:

$$\tau = \frac{\text{Gaya Geser}}{\text{Luas Bidang Geser}} = \frac{F}{A_s}$$

Dimana:

τ = Tegangan geser (N/mm²)

A_s = Luas bidang geser (mm²)

2.2.6 Torsi

Gerak rotasi atau gerak melingkar menghasilkan sebuah gaya, berbeda dengan gerak translasi gaya yang dihasilkan oleh gerak rotasi dinamakan torsi atau biasa disebut juga dengan momen gaya. Pada dasarnya torsi adalah turunan dari gaya, jadi semakin besar gaya maka nilai torsi semakin besar. Akan tetapi pada perhitungan nilai torsi pada gerak rotasi akan lebih rumit dibandingkan gerak translasi (Habiburohman, 2017). Semakin jauh tumpuan gaya yang diberikan pada suatu gerak rotasi maka nilai dari torsi akan semakin besar, secara matematis sederhana nilai torsi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$T = \text{Gaya} \times \text{Jarak} = F \times r$$

Dimana:

T = Torsi (Nmm)

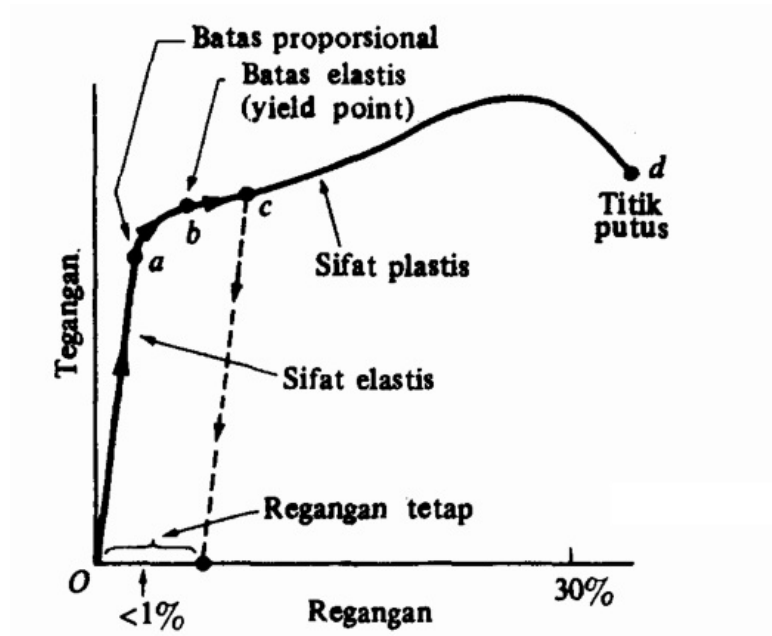
r = Panjang lengan (mm)

2.2.7 Kekuatan Material

Kekuatan ialah nilai yang dimiliki oleh sebuah material dalam menerima gaya eksternal, kekuatan material didapatkan dari pengujian. Pengujian yang biasanya digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan material adalah pengujian tarik, pada pengujian tersebut dapat diketahui nilai kegagalan sebuah material dalam menerima gaya eksternal (Ir. Sularso & Kyokatsu, 2004).

Pada gambar 2-7 dapat dilihat hasil pengujian tarik. Pada kurva dapat dilihat terdapat garis linear yakni menandakan bahwa sebuah material masih dalam keadaan elastis (perubahan bentuk sementara). Namun pada kurva non linear menandakan bahwa benda memasuki daerah plastis (perubahan bentuk permanen).

Pada penelitian yang akan dilakukan pengetahuan tentang kekuatan material berguna untuk menentukan besaran nilai minimal ketika spesimen material dapat menekuk dan terpotong.



Gambar 2-7 Kurva tegangan regangan

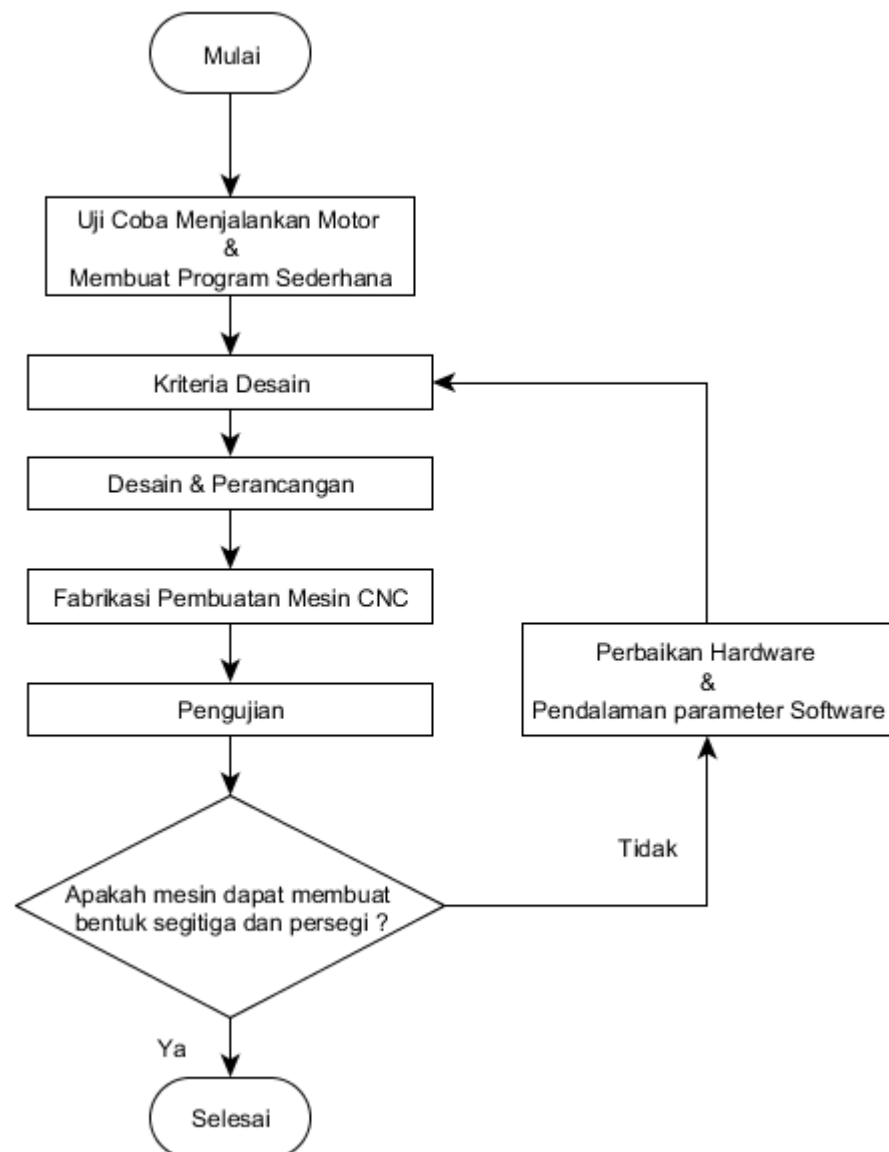
Sumber: (Ir. Sularso & Kyokatsu, 2004)

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 Diagram Alir Penelitian

3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis. Perangkat keras dan perangkat lunak.

3.2.1 Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian adalah:

1. Motor Servo Beckhoff AM8122Fwyz

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, 2012). Motor servo Beckhoff dapat dilihat pada gambar 3-2.

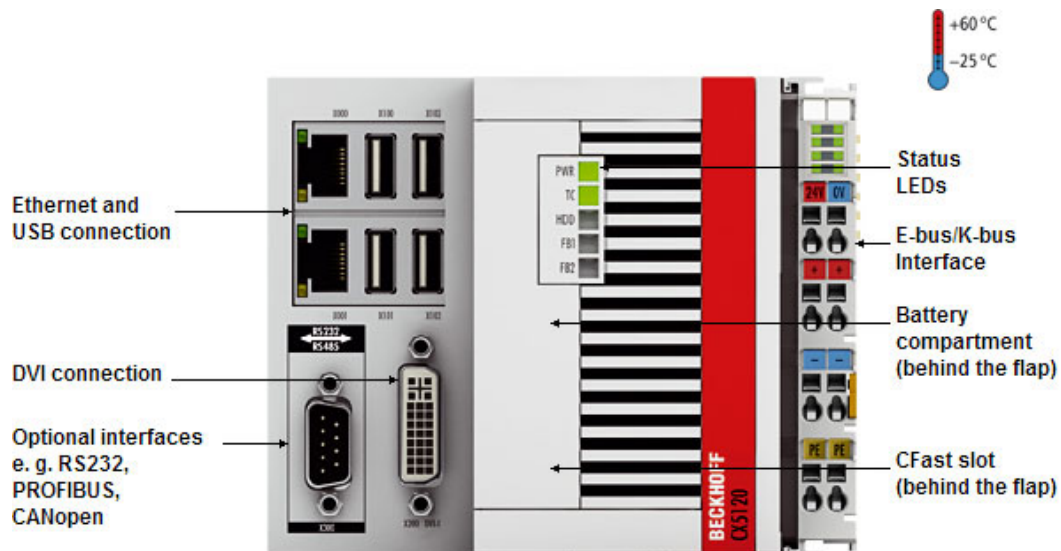


Gambar 3-2 Motor Servo AM8122Fwyz

Sumber: Beckhoff

2. PLC Beckhoff 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, 2012). Seri CX merupakan seri tertinggi dalam PLC Beckhoff kelebihan yang paling menonjol adalah pada saat melakukan pemindaian aktuator, PLC dapat memindai dengan sendirinya. PLC CX5010 dapat dilihat pada gambar 3-3.

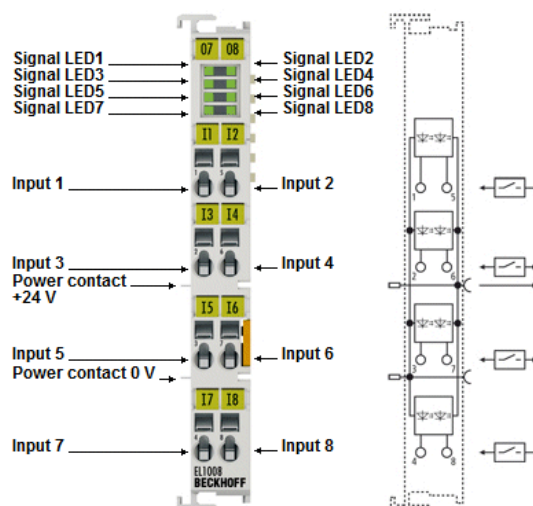


Gambar 3-3 PLC Beckhoff CX9020

Sumber: Beckhoff

3. Input PLC Beckhoff 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. EL 1008 dapat dilihat pada gambar 3-4.

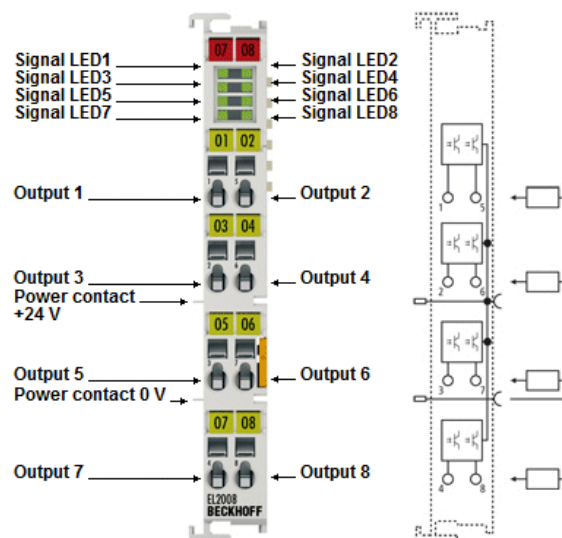


Gambar 3-4 Input PLC Beckhoff EL1008

Sumber: Beckhoff

4. Output PLC Beckhoff 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 yang dikirimkan ke sistem kontrol. Seperti contohnya *on-off*, buka-tutup, *run-stop* pada suatu alat digital yang menerima sinyal tersebut (Beckhoff, 2012). *Output* EL2008 dapat dilihat pada Gambar 3-5 .



Gambar 3-5 Output PLC Beckhoff EL2008

Sumber: Beckhoff

5. FieldBus PLC EL7201 & EL7211

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, 2012). *Fieldbus* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3-6.



Gambar 3-6 FieldBus PLC EL7201 (kiri) & EL7211 (kanan)

Sumber: Beckhoff

6. *Power Supply*

Power Supply adalah perangkat keras yang berfungsi untuk menyuplai tegangan langsung kekomponen dalam *casing* yang membutuhkan tegangan. Dalam hal ini *power supply* digunakan untuk mendukung perangkat PLC. Sesuai dengan kebutuhannya power supply yang digunakan adalah dua jenis *power supply* dengan tegangan 24v dan arus 5A, serta tegangan 50v dan arus 20A. Gambar 3-7 merupakan bentuk dari *power supply*.



Gambar 3-7 Power supply

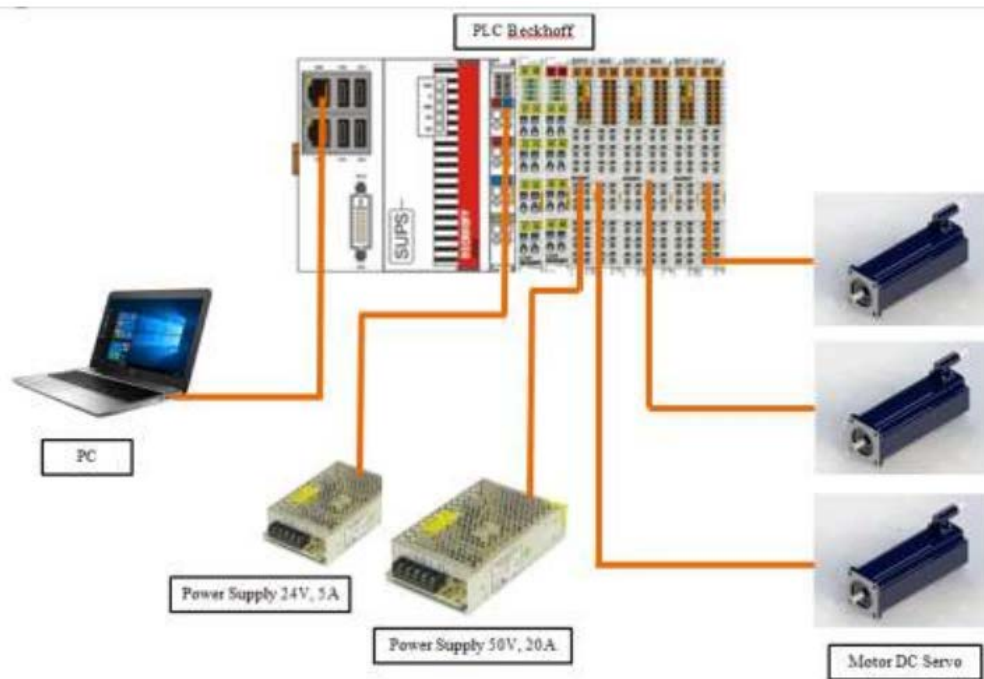
Sumber: (Habiburohman, 2017)

3.2.2 Perangkat Lunak

1. Twincat2 digunakan untuk mengatur *system* dan pembuatan program PLC Beckhoff.

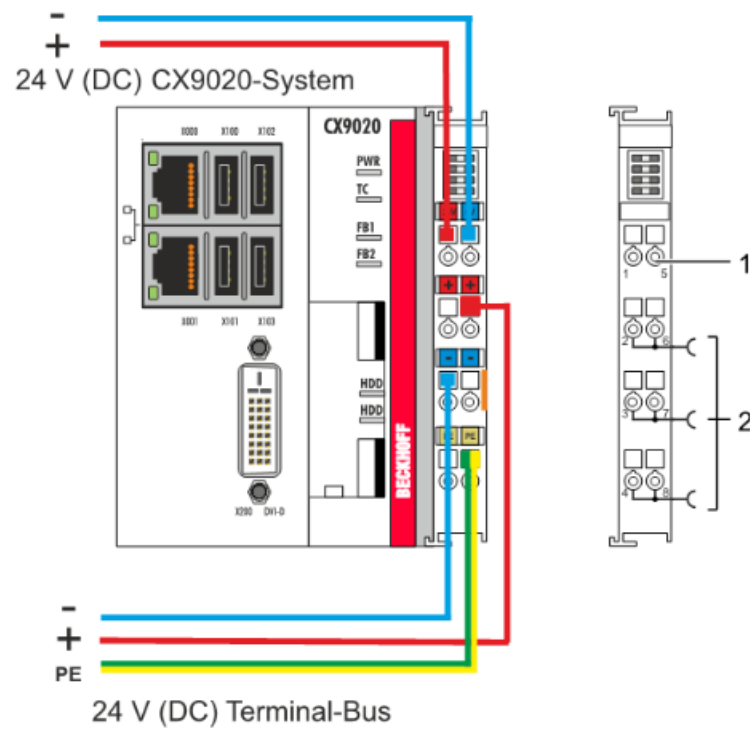
3.2.3 Rangkaian PLC, *FieldBus*, Catu Daya, dan Motor

Pada Gambar 3-8 dapat dilihat cara merangkai antara motor dengan *fieldbus*, *power supply* dengan plc dan antara PC dan PLC. Menghidupkan PLC dan *fieldbus* menggunakan *power supply* untuk membuat tegangan AC menjadi DC.



Gambar 3-8 Rangkaian PLC, *fieldbus*, *powersupply*, motor servo

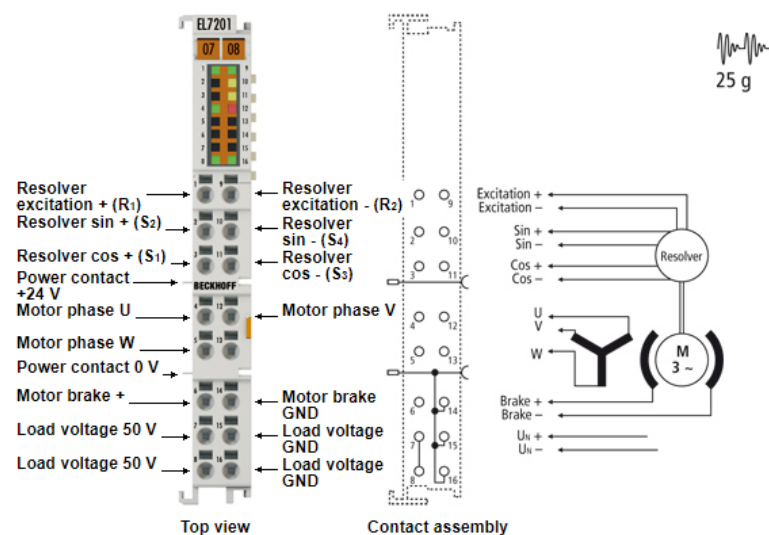
Gambar 3-9 menunjukkan cara menghubungkan *power supply* dengan PLC CX5010, garis merah biru pada bagian atas menunjukkan kabel positif dan negatif yang dihubungkan langsung ke *power supply*. Sedangkan garis merah dan biru pada bagian bagian bawah dihubungkan dengan positif negatif pada untuk mengaktifkan *fieldbus*.



Gambar 3-9 Menghubungkan kabel power supply dengan PLC

Sumber: Beckhoff

Gambar 3-10 merupakan cara menghubungkan kabel pada motor servo dengan *fieldbus*. Pada kabel motor servo terdapat warna berbeda, setiap warna memiliki keterangannya yang sudah dituliskan pada kulit kabel masing-masing.



Gambar 3-10 cara menghubungkan kabel motor servo dengan fieldbus

Sumber: Beckhoff

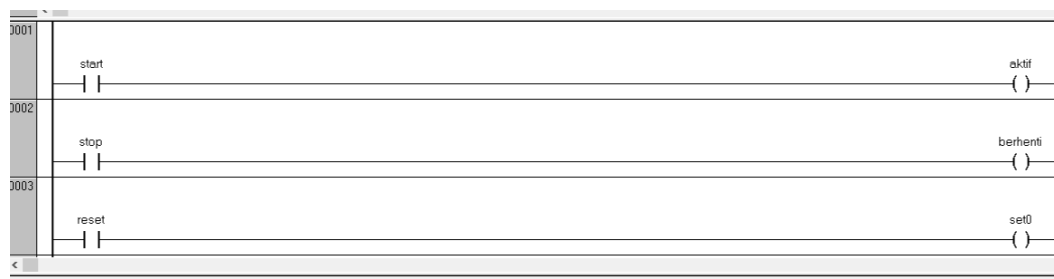
3.3 Uji Coba Menjalankan Motor dan Program Sederhana

Penelitian ini diawali dari uji coba menjalankan motor dan membuat program sederhana, parameter yang dijalankan adalah parameter yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Pada Gambar 3-11 merupakan *input* untuk mengaktifkan, mematikan, dan mengatur ulang motor servo. Adapun pemrograman yang dibuat sebagai berikut:

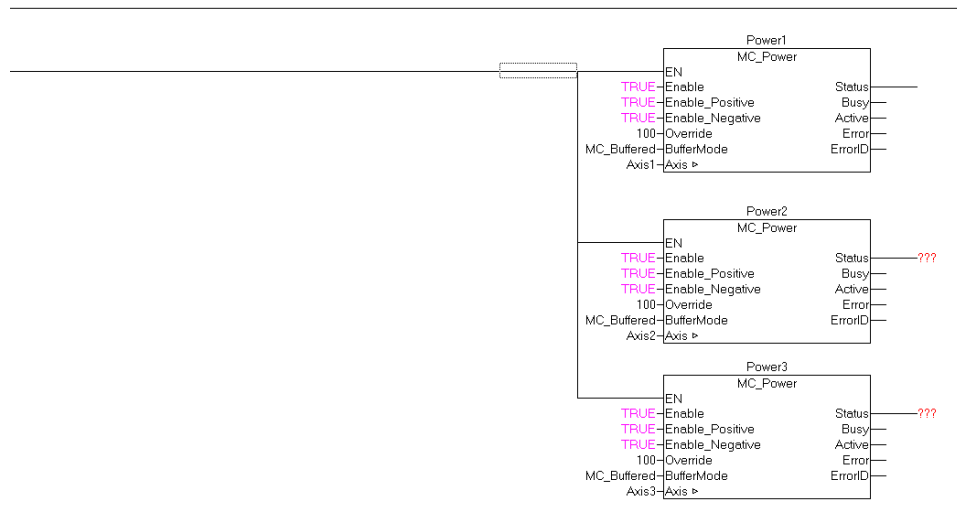
```
0001 PROGRAM MAIN
0002 VAR
0003     start AT%X0.0:BOOL;
0004     aktif AT%X0.0:BOOL;
0005     stop AT%X0.1:BOOL;
0006     berhenti AT%X0.1:BOOL;
0007     reset AT%X0.2:BOOL;
0008     set0 AT%X0.2:BOOL;
0009
0010     Axis1 : AXIS_REF;
0011     Axis2 : AXIS_REF;
0012     Axis3 : AXIS_REF;
```

Gambar 3-11 *Input* untuk mengaktifkan motor

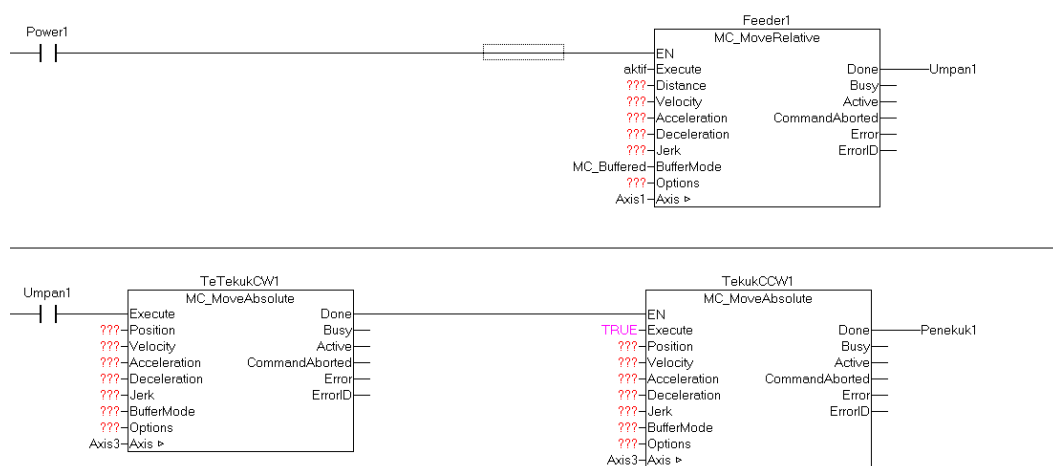
Gambar 3-12 merupakan perintah pada PLC untuk membuat tombol mulai, berhenti dan atur ulang. Gambar 3-13 merupakan perintah untuk memberikan daya pada motor servo sedangkan gambar 3-14 dan 3-15 merupakan perintah untuk menekuk dan memotong spesimen.



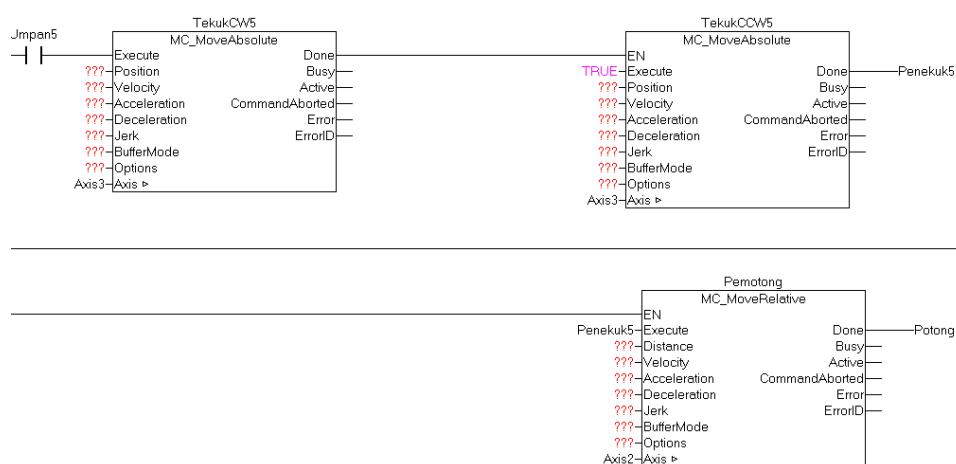
Gambar 3-12 Perintah untuk memulai,berhenti dan atur ulang



Gambar 3-13 Perintah memberikan daya pada motor



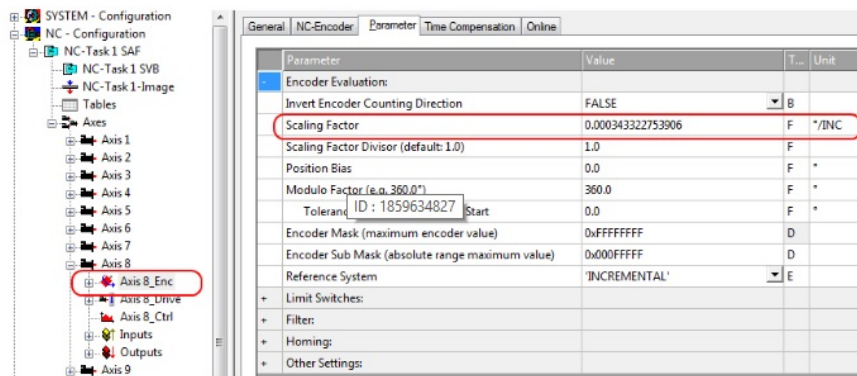
Gambar 3-14 Perintah menjalankan proses penekukan



Gambar 3-15 Perintah menjalankan proses pemotongan

Gambar 3-16 adalah cara penentuan nilai skala faktor yang digunakan. Gambar 3-17 adalah cara untuk menentukan batas maksimal kecepatan motor dan referensi kecepatan. Terakhir pada gambar 3-18 merupakan pengisian parameter nilai lag posisi. Semua parameter yang digunakan merupakan parameter oleh peneliti sebelumnya. Dari pemrograman sederhana bertujuan untuk mengetahui mekanisme gerak yang dilakukan dan mendapatkan masalah pada perancangan yang ada.

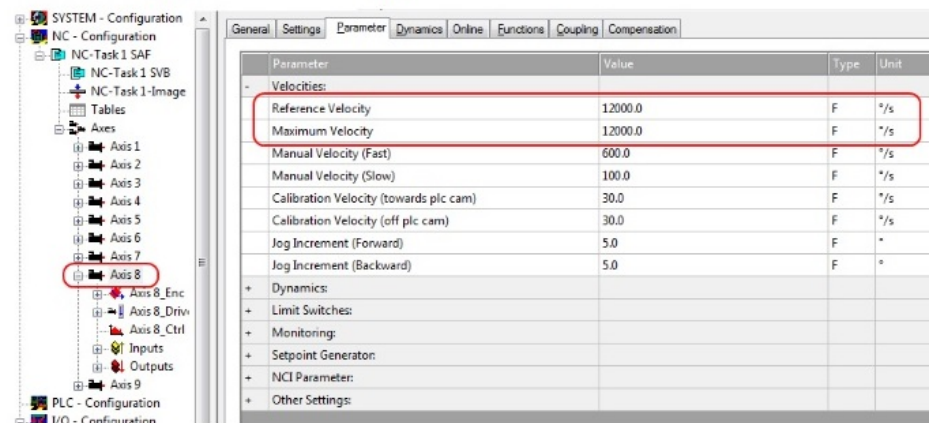
$$SF = \frac{\text{distance per round}}{2^{\text{Singleturn Bits}}} = \frac{360^\circ}{2^{20}} = 0,000343322753906^\circ / \text{INC}$$



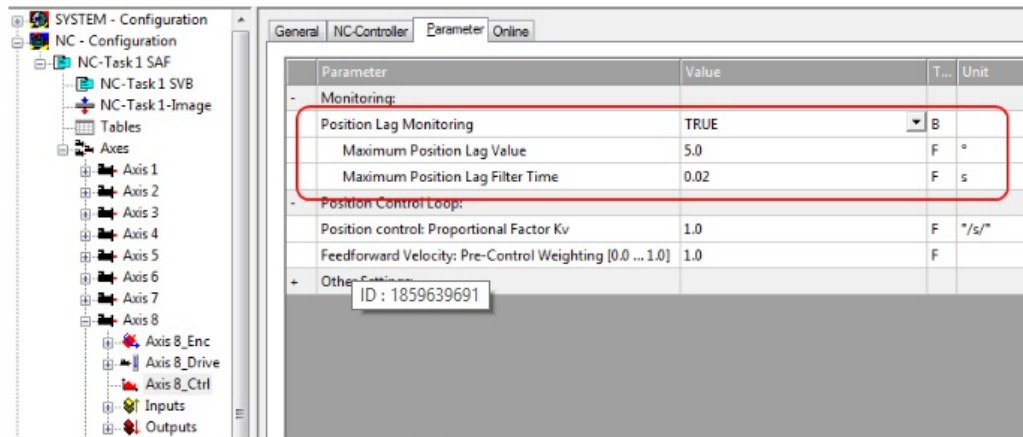
Gambar 3-16 Parameter skala faktor

$$v_{Bez} = \frac{v_{maxMotor} \times 360^\circ}{60 s} = \frac{2000 \frac{1}{min} \times 360^\circ}{60 s} = 12000^\circ / s$$

$$v_{max} = \frac{v_{maxMotor} \times 360^\circ}{60 s} = \frac{2000 \frac{1}{min} \times 360^\circ}{60 s} = 12000^\circ / s$$



Gambar 3-17 Parameter kecepatan

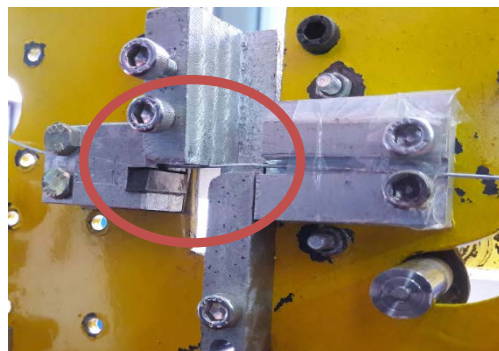


Gambar 3-18 Parameter nilai lag

3.4 Evaluasi

Perbaikan rancangan dilakukan untuk memenuhi sebuah kebutuhan baru, sebelum itu maka tahap evaluasi harus dilakukan, evaluasi bertujuan untuk mengetahui kekurangan dan langkah preventif untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Diketahui dari proses uji coba motor terdapat beberapa masalah yakni:

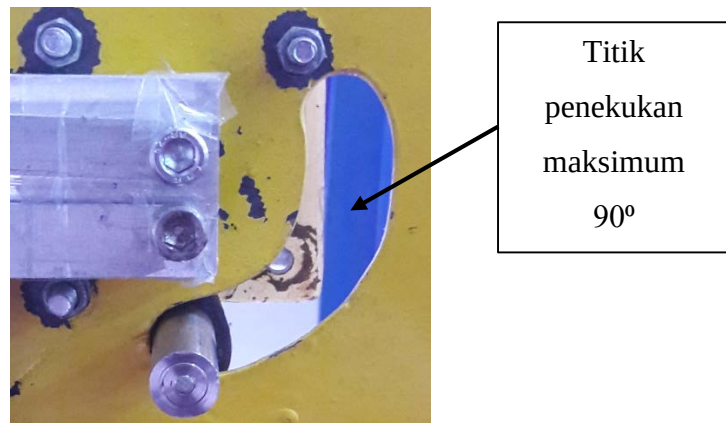
1. Mesin hanya dapat menekuk kawat, sedangkan pada bahan bangunan besi yang digunakan sebagai begel paling tidak adalah besi tulangan $\varnothing$ 4 mm.
2. Slip sering terjadi pada proses pengumpanan.
3. Proses pemotongan yang belum dapat dilakukan, hal ini berhubungan dengan pengumpan yang slip mengakibatkan kawat renggang, selain itu dikarenakan lengan pemotong yang hanya dapat turun memotong 5 mm sedangkan jika lengan pemotong hanya turun 5 mm kawat akan berada dalam posisi mengambang pada lubang pelurus dapat dilihat pada gambar 3-19.



Gambar 3-19 Kawat yang mengambang pada lubang pelurus

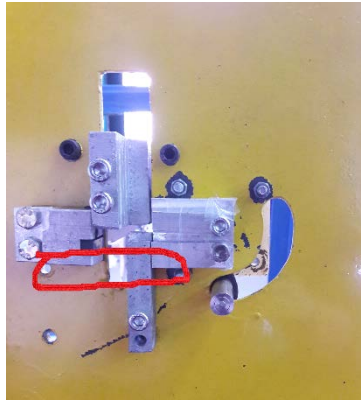
Dari permasalahan diatas terdapat beberapa alternatif solusi untuk mengoptimalkan kerja mesin sebagai berikut:

1. Pada kontrol motor servo, respon dapat diperbaiki dengan mengganti isi parameter dengan menggunakan system manager pada aplikasi Twincat 2. Selain itu bisa juga melakukan perbaikan pada PID motor.
2. Slip pada pulley menyebabkan *output* poros yang diinginkan tidak dapat tercapai, penggunaan pulley berprofil V dapat mengecilkan faktor slip (Syafrizal, 2017), oleh karena itu pada proses pengumpan penyelesaian masalah dengan cara penggantian pulley berprofil, ada beberapa pilihan penggunaan pulley sebagai berikut:
 - Penggunaan pulley yang memiliki drat
 - Penggunaan pulley yang memiliki alur
 - Penggunaan pulley yang memiliki alur dan drat
3. Menurut kurva *s Ziegler Nichols* sebuah motor memerlukan waktu untuk dapat mencapai titik yang diinginkan. Dengan dasar tersebut, mesin akan dioptimalkan penekukan dengan titik akhir dilebihkan dri 90 derajat. Dapat dilihat pada gambar 3-20.



Gambar 3-20 Penekuk bertitik akhir +-90 derajat

4. Pada proses pemotongan terdapat beberapa alternatif perbaikan Diberikan tumpuan besi HSS dibagian bawah agar pemotongan yang lebih baik dan rapi. Pemberian tumpuan HSS akan ditempatkan seperti dilihat pada gambar 3-21.



Gambar 3-21 Tempat pemberian tumpuan besi HSS

5. Mengganti *linkage* pada gambar 3-22 antara motor dengan pemotong dengan model sama ukuran yang lebih besar agar pemotongan spesimen tidak mengambang pada lubang pelurus.



Gambar 3-22 *Linkage* antara motor dengan pemotong

6. Mengganti *linkage* pemotongan dengan mekanisme roda gigi. Bertujuan untuk meningkatkan torsi yang akan keluar untuk memotong besi $\varnothing 4$ mm.

3.5 Kriteria Desain

Kriteria desain didapatkan setelah melakukan evaluasi. Adapun beberapa kriteria desain, yaitu:

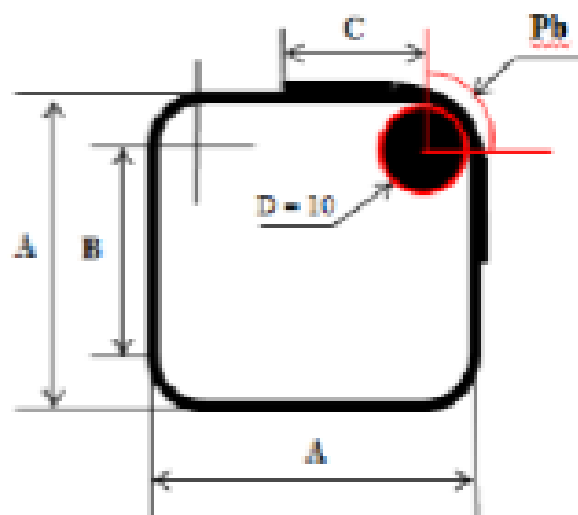
1. Mesin dirancang untuk dapat menekuk besi tulangan $\varnothing 4$ mm.
2. Pengumpan pada mesin dirancang untuk tidak mudah slip.
3. Mesin dirancang untuk dapat memotong besi tulangan $\varnothing 4$ mm.

3.6 Perancangan dan Desain

Sesuai dengan sub bab 2.2.1 yang menjelaskan tentang perancangan yang dilakukan dengan konsep NIDA (*Need, Idea, Decision, Action*), maka perancangan ulang mesin begel CNC diawali dengan *need* (kebutuhan) yang sudah dijalankan pada tahap evaluasi alat. Kemudian setelah mendapatkan masalah maka muncul ide-ide yang akan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan. Sebelum melanjutkan kepada tahapan pengambilan keputusan dan pembuatan, maka dilakukan perhitungan mekanis dan pengembangan ide alternatif untuk menentukan keputusan terbaik yang diambil dari prioritas yang ada.

3.6.1 Perhitungan Dimensi Kawat

Dalam perancangan ini, spesimen yang digunakan adalah baja tulangan SNI, dengan ukuran $\varnothing 4$ mm, yang akan dibentuk begel dengan 2 ukuran. Ukuran 10x10 mm dan 12x12 mm. maka dapat dihitung dengan dengan rumus sebagai berikut:



Gambar 3-23 Sketsa begel
Sumber: (Habiburohman, 2017)

Bahwa:

A: Panjang sisi begel

C: Jarak titik pemotongan dengan titik tumpuan

D: Diameter tumpuan

h : Tebal kawat

P_b : Panjang kawat yang melengkung

r = jari-jari tumpuan

- Ukuran 10 x 10 cm

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

Menentukan panjang kawat yang melengkung

$$\begin{aligned} P_b &= 2\pi (r + 0.5h) 90/360 \\ &= 2 \cdot 3.14 (5 + 0.5(4)) 90/360 \\ &= 6.28 (5 + 2) 0.25 \\ &= 10.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan panjang kawat yang tidak melengkung

$$\begin{aligned} B &= A - 2r - 2h \\ &= 100 - 2(5) - 2(4) \\ &= 100 - 10 - 8 \\ &= 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang Total

$$\begin{aligned} &= 4B + 5 P_b + 2C \\ &= (4(82) + 5 (10.9) + 2(60)) \\ &= 526.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Ukuran 12 x 12 cm

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

Menentukan panjang kawat yang melengkung

$$\begin{aligned} P_b &= 2\pi (r + 0.5h) 90/360 \\ &= 2(3.14) (5 + 0.5(4)) 90/360 \\ &= 6.28 (5 + 2) 0.25 \\ &= 10.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan panjang kawat yang tidak melengkung

$$\begin{aligned} B &= A - 2r - 2h \\ &= 120 - 2(5) - 2(4) \\ &= 102 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang Total

$$\begin{aligned}
&= 4B + 5 Pb + 2C \\
&= (4(102) + 5 (10.9) + 2(60)) \\
&= 582.5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

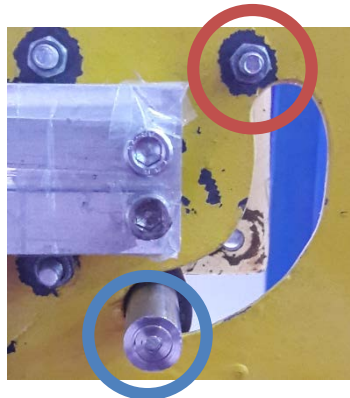
3.6.2 Perhitungan Mekanis

Perhitungan mekanis digunakan sebagai identifikasi untuk menentukan perancangan alat yang akan dibuat.

3.6.2.1 Perhitungan Gaya pada Proses Penekukan

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, maka kriteria perancangan pada proses penekukan sebagai berikut:

1. Titik penekukan tidak boleh kurang dari 40 mm, jika kurang maka titik penekukan akan mengenai baut untuk motor.
2. Titik penekukan tidak boleh terlalu jauh, jika terlalu jauh maka akan banyak gaya dari motor yang hilang (Mott, 2004).



Gambar 3-24 Lingkaran biru menunjukan titik penekukan & lingkaran merah adalah baut pada motor

Merujuk dari kriteria yang ada, maka ditentukan titik penekukan pada jarak 40 mm dari titik tengah motor. Untuk mengetahui gaya yang akan bekerja pada proses penekukan maka menggunakan rumus:

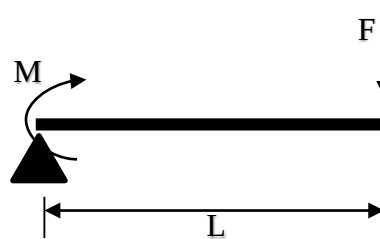
$$\sigma_{Max} = \frac{32 * M}{\pi D^3}$$

σ_{Max} = Tegangan pada spesimen untuk melewati daerah plastis

M = Momen yang bekerja pada spesimen

D = Diameter spesimen

Menghitung momen yang bekerja pada spesimen, gaya yang terjadi



Gambar 3-25 Sketsa beban dan momen pada Batang

Gaya yang bekerja pada spesimen (F) diketahui dari persamamaan

$$T = F \times r$$

T = Torsi motor yang didapat dari *datasheet* (0.8 Nm = 800 Nmm)

F = Gaya pada spesimen

r = Panjang lengan

$$800 \text{ Nmm} = F \times 40 \text{ mm}$$

$$F = 800 \text{ Nmm} / 40 \text{ mm}$$

$$F = 20 \text{ N}$$

L adalah panjang spesimen dihitung dari titik tumpuan ke titik penekukan yakni 40 mm, lalu untuk mengetahui momen yang terjadi pada spesimen besi untuk mengetahui gaya minimum yang dibutuhkan untuk menekuk dengan persamaan:

$$\sigma_{Max} = \frac{32 * M}{\pi D^3}$$

σ_{Max} = Tegangan pada spesimen melewati daerah plastis pada data yang ada di SNI menunjukan (240 N/mm²) sedangkan pada autodesk inventor menyatakan (330 N/mm²)

M = Momen yang bekerja pada spesimen

D = Diameter spesimen

$$\begin{aligned}
330 \text{ N/mm}^2 &= 32M/3.14(4^3) \\
330 \text{ N/mm}^2 &= 32M/3.14(64\text{mm}^3) \\
66316.8 \text{ Nmm} &= 32M \\
M &= 1884 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Persamaan diatas menunjukan bahwa untuk menekuk spesimen dibutuhkan gaya penekukan 1884 Nmm, sedangkan gaya yang tersedia pada motor dikalikan dengan panjang lengan adalah 800 Nmm.

3.6.2.2 Perhitungan Gaya pada Proses Pemotongan

Menghitung gaya maksimal yang ada pada silinder pejal, maka menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\tau_{max} = \frac{4}{3} * \frac{V}{A}$$

τ_{max} = Tegangan maksimal (400MPa = 400 N/mm²) berdasarkan ASTM A242.
V = Gaya geser
A = Luas Penampang

$$\begin{aligned}
400 \text{ N/mm}^2 &= 4/3 \times V/A \\
400 \text{ N/mm}^2 &= 4/3 \times V/12.56 \text{ mm}^2 \\
400 \text{ N} &= 0.1V \\
V &= 4000 \text{ N}
\end{aligned}$$

Persamaan matematika diatas digunakan untuk menentukan gaya geser yang dibutuhkan untuk memotong spesimen, diketahui gaya minimal adalah 4000 N.

3.6.2.3 Perhitungan Peningkatan Torsi

Berlandaskan dari hukum ketiga Newton yaitu aksi reaksi, maka peningkatan torsi akan berdampak pada menurunnya kecepatan yang dimiliki motor servo. Meningkatkan torsi motor adalah dengan menggunakan roda gigi rasio

dimana jumlah roda gigi *output* harus lebih banyak dibanding roda gigi *input*.
Dirumuskan sebagai berikut:

$$Torsi_{Output} = Torsi_{Input} \times \frac{D_o}{D_i}$$

D_o = Jumlah gigi roda *output*

D_i = Jumlah gigi roda *input*

Rumus diatas dapat diketahui bahwa untuk meningkatkan kekuatan torsi pada proses penekukan maka jumlah gigi pada roda gigi *output* harus minimal tiga kali lebih banyak dibandingkan roda gigi *input*, sedangkan pada proses penekukan maka harus jumlah roda gigi *output* harus 4000 kali lebih banyak dibandingkan roda gigi *input*.

3.6.3 Pengembangan Alternatif Penyelesaian Masalah

Setelah mendapatkan nilai yang harus dipenuhi dari persamaan matematika untuk proses pemotongan dan penekukan, dilakukan pengembangan alternatif guna mendapatkan cara terbaik untuk menyelesaikan masalah yang ada. Adapun alternatif yang didapatkan adalah:

1. Menggunakan roda gigi rasio, ketika sebuah mesin dengan gerakan memerlukan peningkatan torsi maka digunakanlah roda gigi rasio akan tetapi jika terlalu banyak roda gigi yang digunakan maka akan meningkatkan kerugian efisiensi.
2. Menggunakan *gear box*, *gear box* adalah kesatuan dari roda gigi rasio biasanya sudah ditentukan reduksi yang dilakukan oleh sebuah *gear box*.
3. Penggantian motor dengan torsi lebih besar.

3.6.4 Pemilihan Prioritas

Berdasarkan alternatif yang ada, maka yang paling memungkinkan adalah penggunaan roda gigi rasio atau penggunaan roda gigi box. Akan tetapi proses pemotongan tidak mungkin dilakukan, karena:

1. Pada proses pemotongan dibutuhkan gaya minimum 4000N sedangkan motor yang ada hanya berkekuatan 0.8N, penggantian motor tidak

memungkinkan karena harus adanya alat tambahan untuk menyambungkan antara motor konvensional dan PLC Beckhoff.

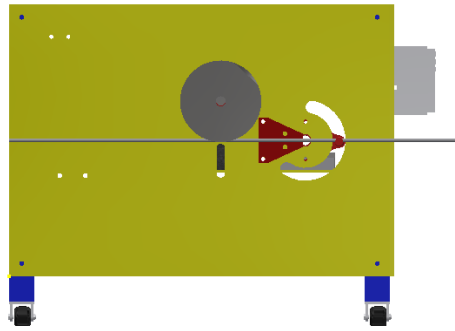
2. Penggunaan *gear box* tidak memungkinkan karena tidak ada *gear box* di Indonesia untuk meningkatkan torsi hingga 4000 kali.
3. Penggunaan roda gigi rasio tidak memungkinkan karena meja kerja yang ada terlalu kecil yakni 450mm x 350mm, sedangkan untuk meningkatkan 4000 kali harus menggunakan banyak roda gigi.

Perancangan ini yang memungkinkan adalah proses penekukan karena hanya dibutuhkan gaya 1884Nmm dan yang dimiliki sekarang adalah 800Nmm, oleh karena itu torsi dapat ditingkatkan paling tidak tiga kali lipat untuk dapat menekuk spesimen. Ketika proses pemotongan tidak dapat dilakukan maka yang dapat digunakan adalah spesimen yang sudah terpotong karena jika menggunakan spesimen yang masih panjang harus melakukan pemotongan dan proses pelurusan besi juga tidak perlu dilakukan maka dari itu dengan spesimen yang sudah dipotong nantinya dimasukan *reloader*. Pembuatan *reloader* dilatar belakangi dengan adanya mesin pelurus besi yang dewasa ini banyak digunakan untuk mendaur ulang besi yang sudah dipakai.

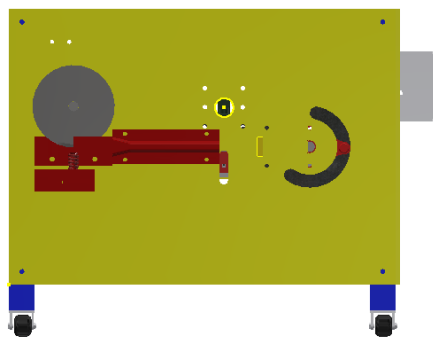
3.6.5 Perancangan Alat

Perancangan penekuk dan *reloader* dimulai dengan membuat beberapa model perancangan dan sketsa yang selanjutnya dipilih salah satu desain yang paling memungkinkan untuk memotong kawat yang ditargetkan.

Pada model perancangan gambar 3-26 pengumpan berada di dekat penekuk, pada gambar 3-27 pengumpan berada jauh dari penekuk. Perbedaan pada penempatan pengumpan berlandaskan pada sistem peningkatan torsi yang digunakan.

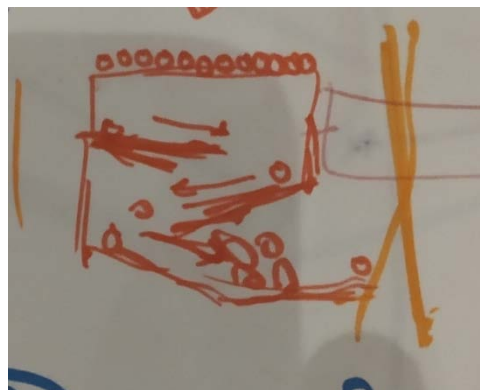


Gambar 3-26 Model perancangan pengumpan dan penekukan 1

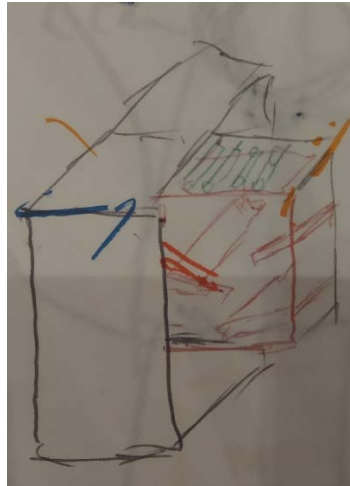


Gambar 3-27 Perancangan dan penekukan 2

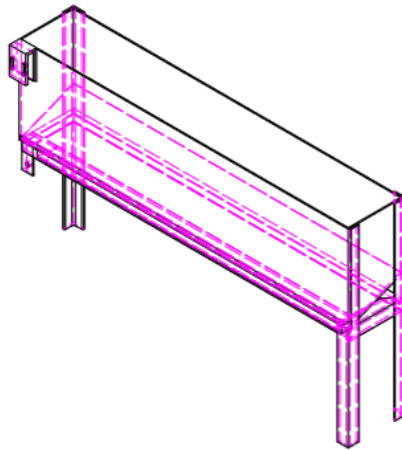
Sketsa Gambar 3-28 dan Gambar 3-29 pembuatan reloader dibuat dengan jalur sedangkan pada gambar 3-30 reloader dibuat tidak menggunakan jalur. Dari beberapa model perancangan dan sketsa yang telah dibuat, nantinya akan dipilih yang terbaik untuk direalisasikan.



Gambar 3-28 Sketsa 1 *reloader*



Gambar 3-29 Sketsa pemasangan *reloader* dengan penekukan



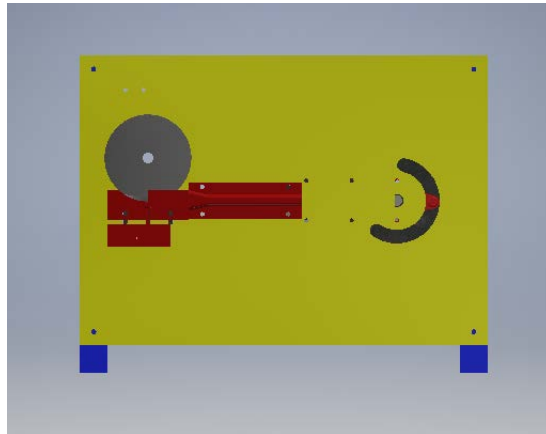
Gambar 3-30 Model perancangan *reloader*

BAB 4

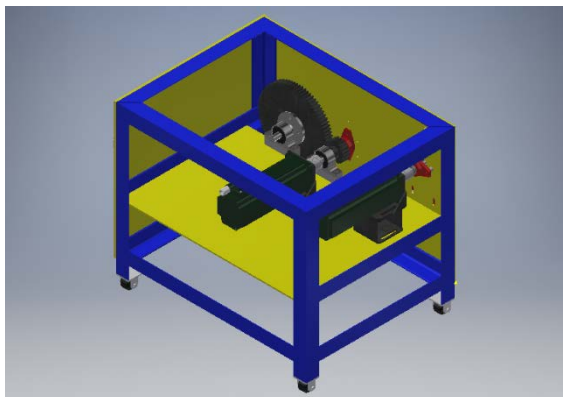
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan 1

Berlandaskan pada perhitungan yang telah dilakukan saat proses perancangan, maka dihasilkan bahwa dengan meja kerja yang ada, motor servo tidak dapat digunakan untuk proses pemotongan besi karena harus meningkatkan 4000 kali kekuatan motor. Oleh karena itu pada perancangan kali ini digunakan *reloader* sebagai jalan masuk besi potongan yang akan dibengkokkan, selain itu proses penekukan dibuatkan roda gigi rasio untuk meningkatkan torsi motor servo. Pembuatan model perancangan menggunakan aplikasi CAD.

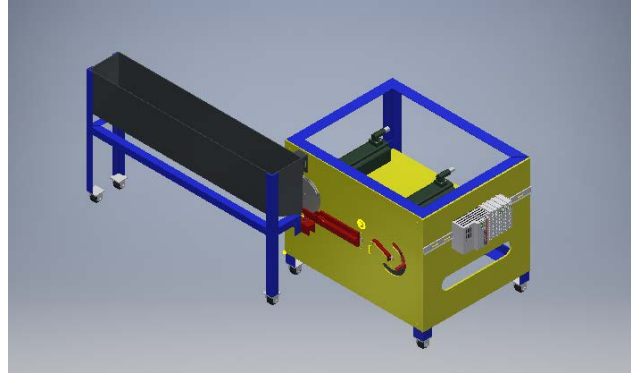


Gambar 4-1 Hasil perancangan

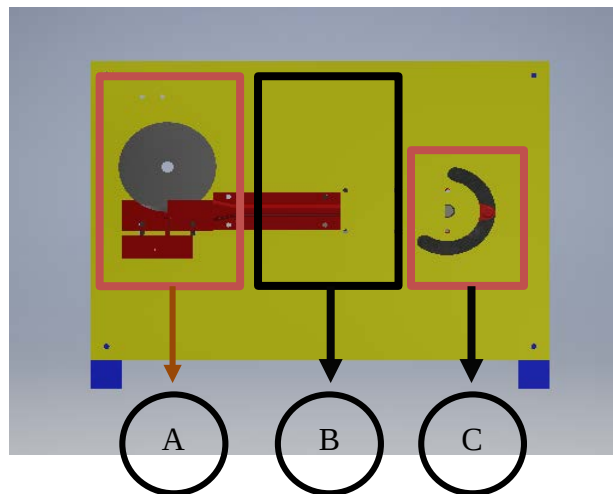


Gambar 4-2 Hasil perancangan tampak belakang

Akibat tidak adanya proses pemotongan maka perancangan yang dibuat terlihat lebih sederhana dan hanya menggunakan dua motor servo, satu motor servo digunakan untuk proses pengumpanan dan lainnya digunakan untuk proses penekukan dihubungkan dengan roda gigi rasio untuk peningkatan torsi. Adapun penggunaan *reloader* sebagai pemuat besi potongan.



Gambar 4-3 Penempatan *reloader*



Gambar 4-4 Keterangan hasil perancangan tampak depan

Terdapat 3 proses pada hasil perancangan yang telah dibuat, lingkaran A adalah proses pengumpanan, lingkaran B adalah jalur yang akan dilewati besi dan lingkaran C adalah pencekam. Dari hasil perakitan desain gambar komponen atau *assembly* menghasilkan konsep desain digunakan sebagai acuan untuk fabrikasi alat.

4.1.1 Realisasi Perancangan 1

Tahap realisasi atau pembuatan alat mempertimbangkan harga, waktu dan bahan yang mudah didapatkan. Pembuatan alat dilakukan di laboratorium Teknik Mesin UII



Gambar 4-6 Komponen penggerak

Komponen penggerak pada gambar 4-6 menggunakan dua buah motor servo, satu motor digunakan sebagai penekuk yang dihubungkan dengan *gearbox* dan motor servo lainnya sebagai penggerak pengumpan. Penggunaan *gearbox* merupakan perubahan dari rancangan dikarenakan hal sebagai berikut:

1. Roda gigi rasio yang diperlukan berharga dua kali lebih mahal dibandingkan *gearbox*.
2. Dengan harga yang lebih murah reduksi yang dimiliki oleh *gearbox* lebih besar dibandingkan roda gigi rasio.
3. Roda gigi rasio membutuhkan waktu lebih dari dua minggu untuk didapatkan karena harus dibuat terlebih dahulu, Sedangkan *gearbox* bisa didapatkan langsung.

Pemilihan *gearbox* memberikan kelebihan dan kekurangan pada alat yang akan dibuat, yaitu:

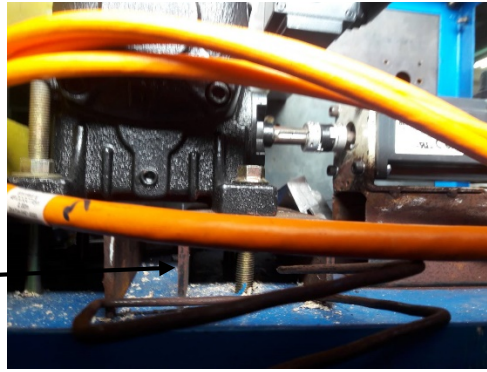
Kelebihan:

1. Pengumpan dapat dibuat lebih dekat dengan penekuk.
2. Reduksi *gearbox* yang digunakan adalah 1:10, maka torsi yang dimiliki akan lebih besar.

Kekurangan:

1. Shaft pada *gearbox* dan motor servo tidak lurus tanpa adanyaudukan maka harus dibuat dudukan.

Dudukan
motor



Gambar 4-7 Dudukan *gearbox*



Gambar 4-8 Hasil tampak depan

Pembuatan dudukan menggunakan bahan yang ada pada laboratorium proses produksi Teknik Mesin UII. Gambar 4-7 menunjukkan dudukan *gearbox* Gambar 4-8 mesin tampak depan, meliputi mekanisme pengumpan, jalur dan pencekam dibuat sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

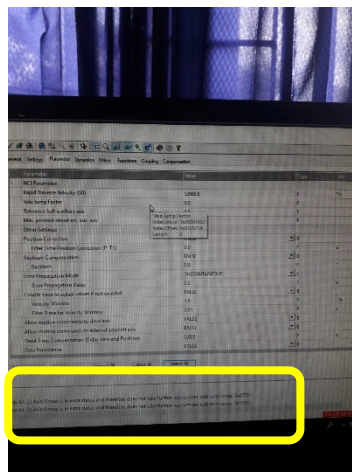
4.1.1.1 Pengujian dan Evaluasi

Setelah pembuatan alat selesai maka dilanjutkan dengan tahapan pengujian. Pengujian pertama yang dilakukan adalah penekukan besi tulangan.



Gambar 4-9 Pengujian pertama

Pengujian pertama penekukan besi menggunakan parameter awal mengikuti pada perancangan sebelumnya. Menghasilkan besi tulangan yang hanya tertekuk lima derajat dan muncul eror pada PLC, mengatakan bahwa *lag position error*. *Lag position* adalah nilai posisi aktual motor dikurangi posisi bacaan pada sistem, atau bisa juga disebut batas perbedaan atas nilai antara posisi aktual dengan posisi bacaan sistem. Setelah melakukan percobaan diketahui bahwa perubahan nilai *input lag monitoring* pada *system manager* PLC mempengaruhi hasil dari derajat penekukan, dengan nilai input 360° hasil penekukan bisa lebih baik 1-5°.



Gambar 4-10 Kotak kuning menunjukan eror yang terjadi

Setelah eror terjadi maka dilakukan pengaturan ulang nilai *lag position*, akan tetapi hasil yang didapatkan sama dengan sebelumnya. Maka dari itu

dilakukan pendalaman pemahaman pada parameter yang tertera pada sistem, diketahui bahwa yang mempengaruhi torsi pada motor adalah nilai K_v -factor.

K_v -factor merupakan nilai konstanta proporsional yang faktornya digunakan untuk mengatur torsi startup dan torsi pengereman. Nilai masukan konstanta tidak boleh sangat tinggi. Jika sangat tinggi maka akan terjadi osilasi pada motor, berdasarkan hasil percobaan nilai K_v -factor yang digunakan tidak boleh lebih dari 90.



Gambar 4-11 K_v -factor menyebabkan perbedaan hasil

Terlihat pada gambar 4-11, terdapat perbedaan hasil penekukan. Hasil penekukan dengan derajat paling kecil yakni 20° menggunakan nilai K_v -factor 35. Hasil penekukan kedua dengan penekukan maksimal berada pada daerah 30° menggunakan nilai K_v -factor 55, hasil penekukan ketiga dengan nilai K_v -factor 70 hasil penekukan maksimal berada pada daerah 40° . Terakhir dengan menggunakan nilai K_v -factor 90, hasil maksimal penekukan yang didapatkan adalah 45° . Jika sudah memasuki titik dimana tekukan sudah 45° maka muncul lagi kata-kata lag position error pada sistem PLC. Setelah error kerap terjadi maka dilakukan evaluasi pada perangkat keras, setelah melakukan percobaan, menunjukkan bahwa nilai K_v -factor tidak dapat lebih dari 90. Jika lebih dari 90 maka motor terjadi osilasi lalu terjadi *error* pada *system manager* PLC dan pada akhirnya sistem meminta untuk di *reset*. Tabel 4-1 Perbandingan nilai K_v -factor terhadap hasil penekukan.

Tabel 4-1 Perbandingan nilai K_v -factor terhadap hasil penekukan.

<i>Input</i> nilai K_v -factor ($^{\circ}/s/^{\circ}$)	Hasil Penekukan ($^{\circ}$)
0	5
20	10
35	20
55	30
70	40
90	45
>90	Motor berosilasi

Dugaan awal adalah kurangnya arus yang diterima oleh motor maka menyebabkan motor tidak kuat untuk menekuk. Maka dilakukan pengecekan arus pada catu daya.

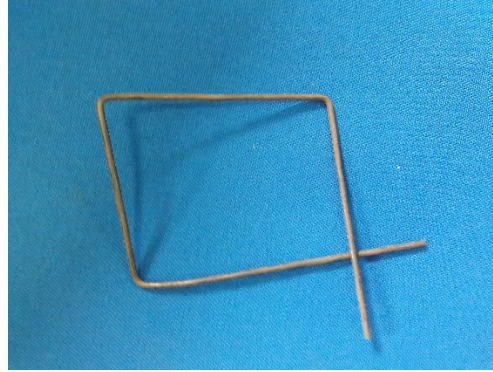


Gambar 4-12 Hasil pengecekan arus

Terlihat pada gambar 4-12 hasil pengecekan pada catu daya adalah 17 ampere, sedangkan yang dibutuhkan oleh sebuah motor untuk bergerak adalah 4 ampere per satuan periode waktu. Dengan 17 ampere dan hanya dua motor servo yang digunakan dapat disimpulkan arus yang mengalir tidak bermasalah, karena jika arus telah dibagi oleh sistem PLC. Kalau arus yang mengalir kurang dari yang diizinkan maka akan ada eror yang keluar pada sistem PLC.

Setelah beberapa evaluasi dilakukan, maka percobaan penyelesaian masalah selanjutnya adalah memutar balik arah motor untuk menekuk. Pada awalnya arah tekukan motor adalah searah jarum jam dan dicoba dengan putaran

motor berlawanan arah jarum jam. Perbedaan putaran motor menghasilkan tekukan dapat membentuk 90° dan berhasil membuat bentuk begel terlihat pada gambar 4-13.



Gambar 4-13 Hasil tekukan motor dengan arah berlawanan jarum jam

Perancangan awal bertujuan menekuk besi tulangan ke arah bawah atau putaran motor searah jarum jam, maka dengan putaran berlawanan arah jarum jam menimbulkan masalah baru. Masalah yang timbul adalah besi harus dicekam dengan erat sedangkan pada saat pengumpanan pencekam terlalu erat maka motor tidak kuat karena motor butuh waktu untuk mencapai torsi maksimum dimiliki. Kurangnya waktu dalam mencapai torsi maksimum menyebabkan eror muncul pada sistem dan motor tidak bergerak lagi sebelum diatur ulang. Apabila tidak dicekam dengan erat maka pada saat pengumpanan besi tulangan yang seharusnya menghadap ke atas setelah penekukan berputar kebawah karena pencekaman yang tidak erat.



Gambar 4-14 Besi tulangan yang berputar kebawah karena cengkaman tidak erat

Beberapa percobaan dengan putaran motor berlawanan arah jarum jam menghasilkan tekukan hanya sampai 20° . Dalam beberapa percobaan dapat diketahui bahwa masalah yang ada pada perpindahan titik momen lengkung,

karena pada saat pencekam akhir disisipkan besi 2 mm tekukan yang terjadi terus menerus dapat mencapai titik hingga 90° .



Gambar 4-15 Lingkaran merah merupakan titik momen, lingkaran biru daerah perpindahan momen

Gambar 4-15 memperlihatkan pindahnya momen pada titik biru menyebabkan daerah besi yang tertekuk adalah pada jalur diantara lingkaran merah dan biru. Kejadian tersebut menyebabkan motor tidak kuat menekuk besi tulangan.



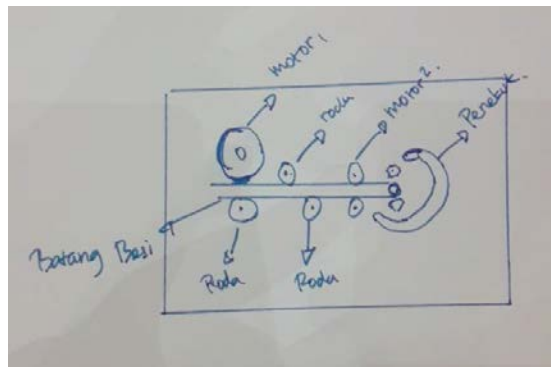
Gambar 4-16 Penyisipan besi pada pencekam akhir

Gambar 4-16 memperlihatkan ketika pencekam akhir diselipkan besi, maka terjadi penekukan 90° secara konstan. Berlandaskan masalah-masalah yang ada, selayaknya dengan beberapa perubahan pada pencekam besi tulangan akan tertekuk 90° .

4.2 Hasil Evaluasi Perancangan 1

Bersumber dari evaluasi ada beberapa perbaikan yang harus dilakukan, yakni:

1. Alur pada pencekam harus sesuai dengan ukuran besi yang digunakan agar momen tidak berpindah.
2. Pengumpan dibuat menggunakan minimal 2 buah roda agar meminimalkan gesekan dan mengurangi torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan besi.



Gambar 4-17 Sketsa setelah evaluasi

Sketsa evaluasi pada gambar 4-17 menggunakan tiga motor servo, satu sebagai pengumpan, satu sebagai pencengkram besi tulangan dan terakhir digunakan sebagai penekuk. Menggunakan roda beralur diantara motor 1 dan 2 yang berguna agar saat perjalanan besi menuju motor kedua tidak terjatuh, sedangkan untuk penumpu digunakan batang besi yang ditaruh 40 mm dari penekuk.

4.2.1 Alternatif Hasil Evaluasi Perancangan 1

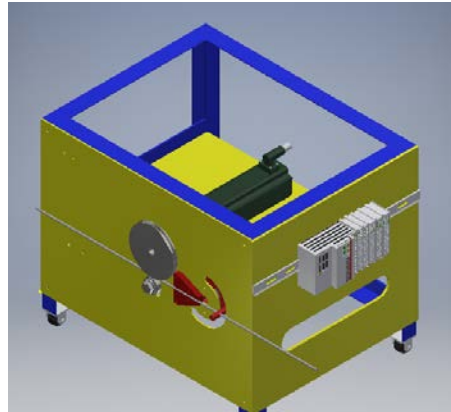
Setelah membuat sketsa rancangan maka dibuatlah alternatif penyelesaian masalah untuk menentukan cara terbaik dalam penyelesaian masalah, adapun alternatif penyelesaian sebagai berikut:

1. Menggunakan besi sebagai tumpuan jalur.
2. Menggunakan bearing sebagai roda jalur besi.
3. Menghilangkan beberapa roda yang akan digunakan. Guna menekan biaya pembuatan.
4. Menggunakan dua buah motor, satu motor digunakan untuk pengumpan dan lainnya digunakan untuk penekuk.

5. Menggunakan pencekam dengan bentuk berbeda.

4.2.2 Hasil Perancangan 2

Setelah diawali dengan membuat sketsa, maka selanjutnya menentukan alternatif penyelesaian masalah. dibuatlah hasil dari pemilihan prioritas dengan mempertimbangkan keadaan yang ada.



Gambar 4-18 Hasil perancangan setelah evaluasi

Gambar 4-18 merupakan hasil perancangan setelah melalui masa sketsa dan alternatif penyelesaian masalah. Hasilnya adalah tidak menggunakan roda untuk mengurangi biaya pembuatan juga waktu pengerjaan. Roda dibawah pengumpan menggunakan bearing dan pencekam menggunakan profil segitiga ber alur 4 mm disesuaikan dengan spesimen uji agar tidak terjadi perpindahan momen. Pada ujung alur segitiga dibuat tumpul guna memudahkan penekukan terlihat pada gambar 4-19.



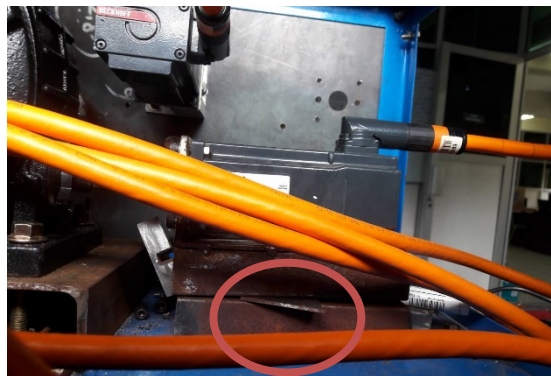
Gambar 4-19 Pencekam Akhir

4.2.3 Hasil Percobaan 2

Pada hasil percobaan dengan spesimen uji besi tulangan $\varnothing 4$ mm dan menggunakan pencekam segitiga yang terjadi adalah pada proses penekukan dengan motor dijalankan searah jarum jam, penekukan konstan pada daerah 45 sampai 50°. Sedangkan dengan motor dijalankan berlawanan arah jarum jam besi dapat dibengkokkan hingga 70-85°.

4.2.4 Evaluasi Perancangan 2

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, maka perbaikan bukan hanya pada pencekam melainkan padaudukan motor servo. Dudukan motor dibuat lebih tinggi dan dibuat lebih sejajar dengan *shaft gearbox* ditunjukan pada gambar 4-20.



Gambar 4-20 Lingkaran merah menunjukan peninggian dudukan motor

4.3 Hasil Evaluasi Perancangan 2

Terdapat beberapa hasil evaluasi perancangan kedua. Pertama membuat dudukan motor lebih tinggi, kemudian dibuat juga penumpu tekukan menggunakan profil baru untuk melihat kemungkinan kekuatan motor berbeda dari *datasheet*.

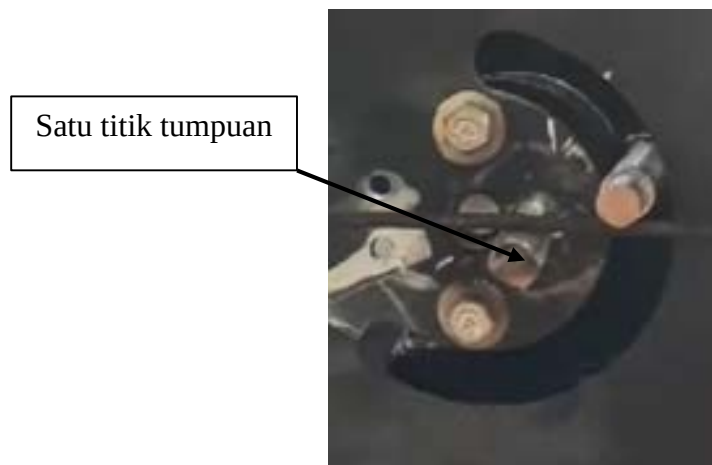
4.3.1 Alternatif Hasil Evaluasi Perancangan 2

Berlandaskan dari banyak percobaan yang telah dibuat, ada beberapa alternatif penyelesaian masalah. yaitu:

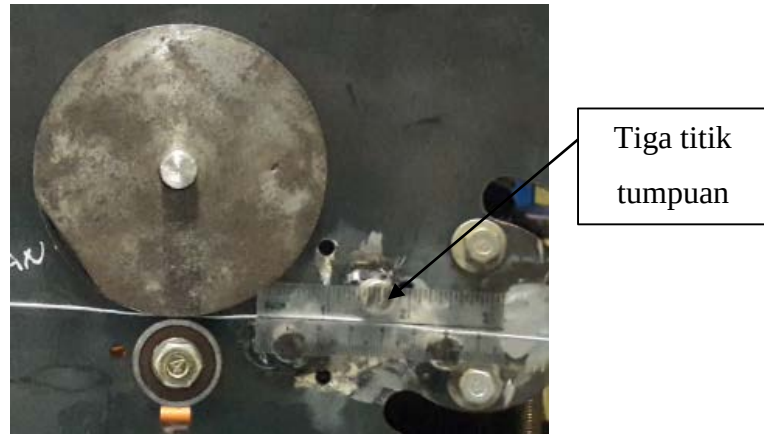
1. Penggantian bahan dasar pencekam, karena ada kemungkinan bahwa dengan bahan dasar alumunium pada bagian akhir pencekaman terkikis habis.
2. Pembuatan satu titik tumpuan.
3. Pembuatan dua titik tumpuan.
4. Pembuatan tiga titik tumpuan.

4.3.2 Hasil Perancangan 3

Pada perancangan ketiga tidak dibuat sketsa. Karena berdasarkan dari alternatif yang ada, prioritas ada pada pembuatan penumpu baru berprofil lingkaran dengan satu titik tumpuan terlihat pada gambar 4-21 dan tiga titik tumpuan terlihat pada gambar 4-22.



Gambar 4-21 Penggantian penumpu menggunakan satu titik penumpu



Gambar 4-22 Penggantian penumpu menggunakan tiga titik penumpu

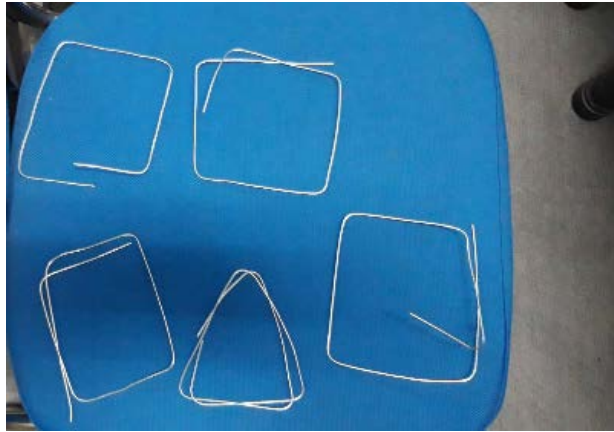
4.3.3 Hasil Percobaan 3

Percobaan perancangan ketiga memiliki hasil sebagai berikut:

1. Pada penumpu satu titik, motor tidak kuat sama sekali untuk menekuk. Penumpu ini dibuat dengan titik tumpu dimajukan 10 mm, pada perhitungan dengan titik tumpu dimajukan 10 mm seharusnya motor masih dapat menekuk.
2. Pada penumpu tiga titik motor kuat menekuk dan membuat sudut konstan diantara 55-60°.

4.4 Hasil Akhir

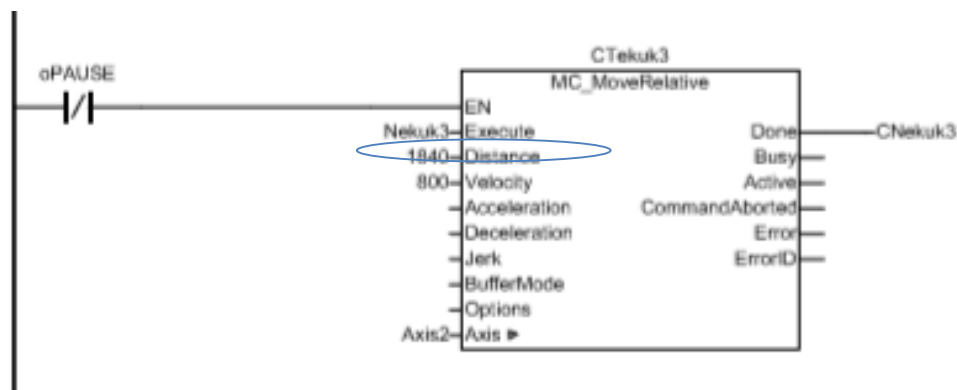
Setelah beberapa percobaan maka pada akhirnya diputuskan untuk mengikuti tujuan awal penelitian, yakni berupa pembuatan bentuk yang berbeda pada hasil akhir menggunakan benda silinder berdiameter lebih kecil dari 4 mm. Tidak ada besi tulangan dibawah 4 mm, jadi pada akhirnya dibuatlah bentuk berbeda dengan menggunakan kawat. Hasil dapat dilihat pada gambar 4-23.



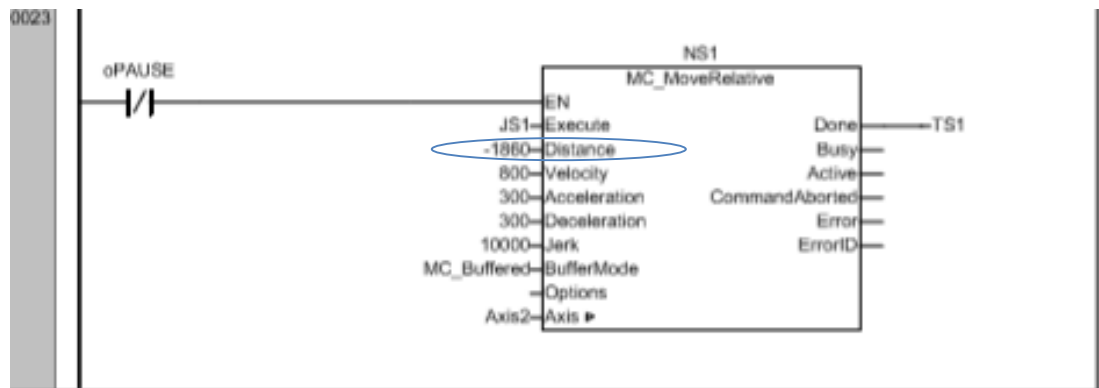
Gambar 4-23 Bentuk hasil akhir

Hasil akhir pembuatan adalah bentuk persegi dengan diawali tekukan 45° terlebih dahulu. Tekukan 45° diawal merupakan keharusan dari setiap begel yang dibuat karena pada kenyataannya tekukan tersebut berguna untuk mengikat begel pada besi tulangan. Bentuk segitiga merupakan sebuah representatif dari ukuran sudut maksimal sebuah bentuk. Jika bentuk segitiga bisa dibuat maka bentuk bidang datar lain dapat dibuat selain lingkaran, karena jika ingin membuat bentuk lingkaran maka tumpuan harus didekatkan lagi dengan penekuk. Berikut merupakan parameter sudut dan hasil penekukan yang dilakukan juga kecepatan pembuatan satu buah begel.

Gambar 4-24 dan 4-25 merupakan perintah penekukan untuk bentuk persegi dan segitiga. Perbedaan yang ada pada perintah yang dibuat adalah sudut tekukan, yakni untuk tekukan segitiga memerlukan jarak tempuh yang lebih jauh karena harus membuat sudut 45° terlebih dulu.



Gambar 4-24 Perintah menekuk pada bentuk persegi



Gambar 4-25 Perintah menekuk pada bentuk segitiga

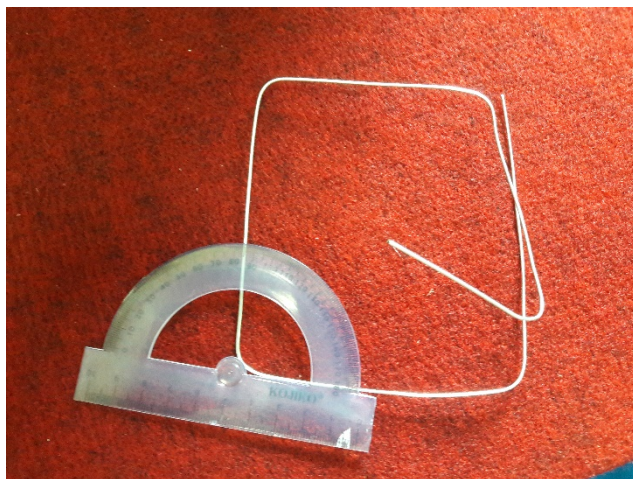
Pada Tabel 4-2 dan 4-3 merupakan perbandingan antara sudut *input* pada program PLC dan sudut hasil produk begel. Nilai *input* parameter berada pada daerah nilai 1800 karena pada proses penekukan dilakukan reduksi dengan *gearbox* 1:10. Menurut data yang ada nilai *input* pada parameter kontrol PLC membutuhkan nilai kompensasi dikarenakan adanya kelendutan dari spesimen kawat yang menyebabkan kawat akan kembali beberapa derajat.

Tabel 4-2 Parameter dan hasil pada ukuran 100mm x 100mm

Nilai <i>input</i> penekukan pada sistem PLC (°)	Tekukan Ke-				
	1	2	3	4	5
1800	86	86	86	86	86
1810	88	88	88	88	88
1820	88,5	88,5	88	89	88,5
1830	89	89	88,5	89	89
1840	90	90	90	89,5	90

Tabel 4-3 Parameter dan hasil pada ukuran 120mm x 120mm

Nilai <i>input</i> penekukan pada sistem PLC(°)	Tekukan Ke-				
	1	2	3	4	5
1800	86	86	86	86	87
1810	88	88	88	88	88
1820	88,5	88,5	88	89	88,5
1830	89	89	88,5	90	90
1840	90	90	90	91	90,5



Gambar 4-26 Hasil pengujian begel persegi



Gambar 4-27 Hasil pengujian bentuk segitiga

Gambar 3-26 dan 3-27 menunjukkan hasil pengujian begel berbentuk persegi dan segitiga. Tabel 4-4, 4-5 dan 4-6 merupakan kecepatan produksi sebuah begel. Begel dengan bentuk persegi 100 x 100 mm merupakan produksi begel dengan waktu tercepat dalam pembentukan karena merupakan objek yang paling kecil.

Tabel 4-4 Kecepatan yang digunakan dan waktu produksi sebuah begel 100 x 100 mm

Velocity (°/s)	Waktu Produksi (s)
800	22.56
1000	19.22
1200	17.36

Tabel 4-5 Kecepatan yang digunakan dan waktu produksi sebuah begel 120 x 120 mm

Velocity (°/s)	Waktu Produksi (s)
800	24.33
1000	21.64
1200	18.10

Tabel 4-6 Kecepatan yang digunakan dan waktu produksi bentuk segitiga

Velocity (°/s)	Waktu Produksi (s)
800	23.40
1000	20.23
1200	18.76

4.4.1 Pembahasan

Pembuatan bentuk segitiga sebagai bentuk baru produksi mesin begel karena dianggap dapat menjadi representatif bentuk bangun ruang dua dimensi, selain itu bentuk segitiga di Indonesia banyak digunakan sebagai pagar dan antena orari. Gambar hasil pembuatan begel menunjukkan hasil yang kurang memuaskan karena setelah begel diproduksi memiliki bentuk yang belum sempurna diakibatkan pada begel terdapat bagian bergelombang. Begel kawat yang kurang sempurna merupakan akibat dari tidak adanya pelurus pada awal proses. Pada saat proses penekukan, begel yang ditekuk merupakan kawat yang diluruskan secara manual sehingga lurusnya kawat tidaklah sempurna.

Setelah dibuatnya 3 rancangan dan 4 percobaan dengan profil penumpu dan alur yang berbeda. Dapat diketahui bahwa ada beberapa kemungkinan, yaitu:

1. Kekuatan motor pada *datasheet* berbeda dengan kekuatan aktual. Karena pada saat penumpu dimajukan 15 mm penekuk tidak kuat untuk menekuk sama sekali.
2. Tinggi antara *shaft* motor dan *shaft gearbox* tidak lurus 100% mengakibatkan mengakibatkan motor memerlukan usaha lebih pada saat penekukan.
3. Alas antara dudukan motor dan *gearbox* yang merupakan kayu tidak *rigid* menyebabkan ada pergeseran dudukan saat motor berusaha menekuk besi.
4. Kopling penghubung antara motor servo dengan *gearbox* dibuat secara manual karena tidak ada ukuran kopling yang sama dengan ukuran *shaft*. Kemungkinan menyebabkan lost pada *shaft* saat terkena beban karena ukuran yang berbeda.
5. Kemungkinan kekuatan material pada toko berbeda dengan kekuatan yang ada pada *datasheet* SNI.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Mesin dapat membuat bentuk persegi dengan ukuran 100 x 100 mm dan 120 x 120 mm, juga dapat membuat bentuk baru yakni segitiga sama sisi.
2. Mesin dapat menekuk besi tulangan Ø4 mm dengan dengan beberapa kekurangan.
3. Parameter pada system PLC telah dapat ditentukan. Nilai konstanta yang paling menentukan adalah K_v -factor sebagai konstanta torsi mulai dan pengereman motor. Beberapa parameter pada *system manager* tidak digunakan karena hanya digunakan saat penggunaan Beckhoff sebagai CAM.
4. Nilai *input* pada parameter *system manager* memerlukan nilai kompensasi, jika tidak diberikan nilai kompensasi maka hasil penekukan akan kurang dari derajat yang diinginkan. Karena besi masih mengalami kelendutan dan kembali beberapa derajat jadi jika melakukan proses penekuk.

5.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

1. Pada penelitian selanjutnya lebih diperhatikan lagi aspek mekanik pada mesin. Dari dudukan motor, *gearbox*, alas pada dudukan motor, sambungan antara shaft. Dibuat dengan lebih presisi agar menurunkan kemungkinan terjadinya kegagalan pada mesin yang telah dibuat.
2. Pada penelitian mesin pembuat begel selanjutnya diharuskan untuk membuat mekanisme pelurus, agar produk dihasilkan tidak bergelombang.

5.3 Refleksi Diri

Setelah mengerjakan tugas akhir, terdapat banyak pembelajaran berharga dan dapat dijadikan ilmu untuk diaplikasikan kedepannya, antara lain:

1. Selalu mencari alternatif yang memungkinkan untuk memecahkan sebuah masalah.
2. Selalu berpikir positif untuk menyelesaikan masalah, bahwa segala macam masalah dapat diselesaikan.
3. Tidak mudah menyerah dalam menyelesaikan masalah, selalu berpikir bahwa semua masalah dapat diselesaikan jika dikerjakan.
4. Tidak memunda waktu, semakin menunda maka waktu selesainya pekerjaan akan semakin tertunda.
5. Lebih percaya diri dalam mengambil keputusan, hilangkan pikiran akan kegagalan. Jika tidak dicoba maka tidak akan mengetahui hasil yang akan didapatkan.
6. Selalu bersosial, terdapat waktu ketika sebuah pekerjaan mengalami jalan buntu, tetapi dengan banyak bersosial dan bercerita tentang masalah yang ada memungkinkan mendapat jalan keluar dari orang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Asad, H. (2016). Pembuatan begel menggunakan aktuator pneumatik., Tugas Akhir. *Prodi Teknik Mesin UII*.
- Arismanto. (2018). Perancangan Ulang Pemotong Kawat Besi Pada Alat Pembuat Sengkang Berbasis Pneumatik.
- Beckhoff. (2012). Beckhoff Information System. Beckhoff Information System.
- Cassandra Suwito, G. (2018). Perancangan Sistem Pengumpan Pada Simulasi Mesin CNC pembuat Begel.
- Dharma, B. (2006). Baja Tulangan pada Bangunan Gedung.
- Habiburohman. (2017). PERANCANGAN SISTEM PENEKUK PADA SIMULATOR MESIN CNC PEMBUAT BEGEL.
- Hanak, M. (2017). *Advanced PLC programming methods*. Czech Technical University in Prague: Faculty of Electrical Engineering Department of Cybernetics.
- Ilman Fadhilah, D. (2018). Perancangan Mesin Auto Gluing Conveyor Composer Pada Kelompok Kerja Mesin Leg Studi Kasus Di PT Yamaha Indonesia.
- Ir. Sularso, & Kyokatsu, S. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Ladjamudin, A.-B. bin. (2005). Analisis dan Desain Sistem Informasi.
- Mott, R. L. (2004). *Machine Elements In Mechanical Design* (4th ed.). New Jersey: Pretince Hall.
- Petruszella, F. D. (2011). *Program Logic Control*. New York, America: McGraw-Hill.

PLC Open. (2013). IEC 61131-3.

Satria, F., & Son, L. (2014). Rancang Bangun Alat Bending Senggang pada Kolom Skala Laboratorium. *Universitas Andalas*, 21.

Setiawan. (2006). Programmable Logic Control dan Perancangan Sistem Kontrol.

Syafrizal. (2017). Bagaimana Menentukan Slip Pada Pulley & V-Belt Pada Beban Tertentu Dengan Menggunakan Motor Bedaya Seperempat HP.

Tri Permana, Y. (2016). Perancangan dan pembuatan sistem pengumpan pada mesin begel semi otomatis skala UKM., Tugas Akhir. *Teknik Mesin UII*.

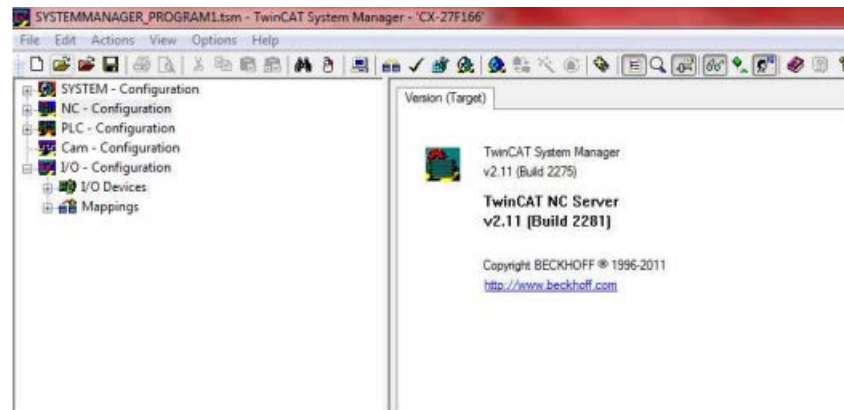
LAMPIRAN

KONTROL SISTEM PADA PERANGKAT LUNAK TWINCAT

Kontrol sistem merupakan cara untuk mengontrol *input* dan *output* pada PLC menggunakan aplikasi TwinCat2.

1. Kontrol Sistem pada TwinCat System Manager

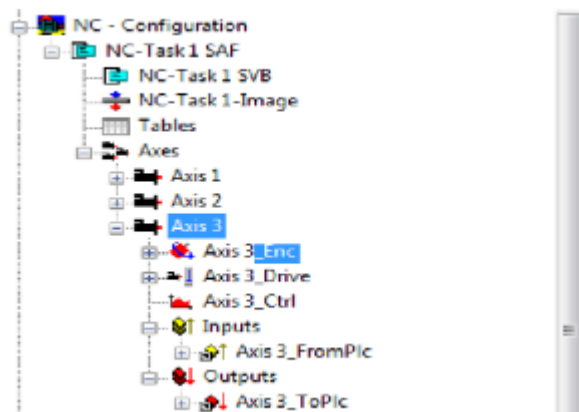
System Manager merupakan konfigurasi untuk proses pembacaan perangkat terminal yang terintegrasi pada PLC Beckhoff diantaranya adalah pembacaan perangkat actuator (*NC-Configuration*), pembacaan program PLC (*PLC-Configuration*), pembacaan cam (*Cam-Configuration*), dan pembacaan perangkat *input/output*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



Interface system manager

2. NC- Configuration

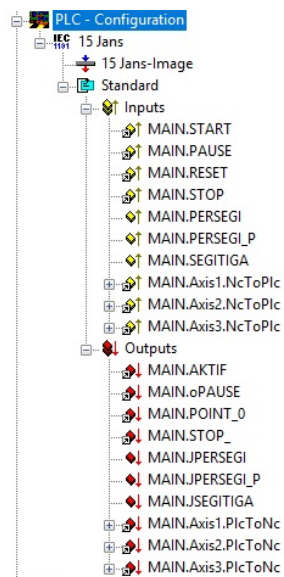
Pembacaan *NC-Configuration* terdapat 3 axis, merupakan pembacaan dari jumlah motor yang digunakan. Pada *NC-Configuration* didalamnya terdapat parameter proses kontrol motor.



Interface NC-Configuration

3. PLC-Configuration

PLC-Configuration merupakan pembacaan dari program PLC yang dikerjakan kemudian dipanggil ke *system manager* agar program tersebut dapat terintegrasi dengan parameter pada NC-Configuration, dalam hal ini program PLC yang dibuat dengan variabel yang diinginkan.

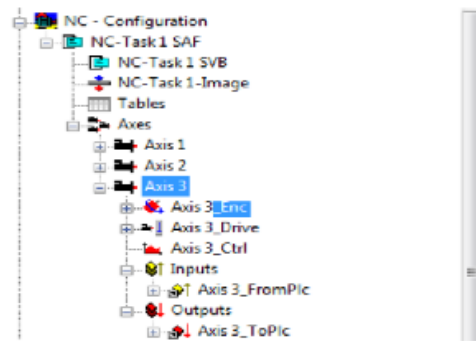


PLC -Configuration

4. Pembacaan I/O-Configuration

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*

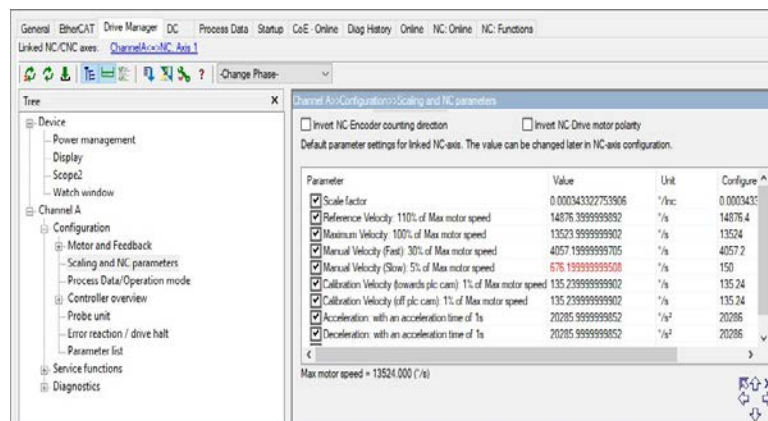
motor yang digunakan berjumlah 3 buah karena menyesuaikan dengan jumlah motornya.



Interface I/O configuration

5. Scaling and NC parameters

Scaling and NC parameters merupakan salah satu *interface* dari *system manager* berfungsi sebagai nilai *input* untuk secara otomatis menghitung *scale factor*, *velocity*, *acceleration*, *deceleration*, *jerk* dan *maximum motor speed* dalam satuan yang diinginkan.



Interface scaling and NC parameters

6. Startup Registry

Interface yang berfungsi sebagai registrasi motor yang diinginkan. Pada kasus ini menggunakan motor am8122, dan menggunakan file am8122.xml untuk di *input* dengan cara di *import* kedalam *startup registry*.

Transition	Protocol	Index	Data	Comment
<PS>	CoE	0x1C12 C 0	02 00 00 16 01 16	download pdo 0x1C12 index
<PS>	CoE	0x1C13 C 0	02 00 00 1A 01 1A	download pdo 0x1C13 index
PS	CoE	0x2003 11	0x00002710 (10000)	Max current
PS	CoE	0x6075 00	0x0000FA0 (4000)	Rated current
PS	CoE	0x2003 20	0x00C8 (200)	Motor thermal time constant
PS	CoE	0x2003 13	0x03 (3)	Motor pole pairs
PS	CoE	0x2003 15	0xFFA6 (65446)	Commutation offset
PS	CoE	0x2003 16	0x000000C8 (200)	Torque constant
PS	CoE	0x2003 18	0x000000FD (253)	Rotor moment of inertia
PS	CoE	0x2003 19	0x0025 (37)	Winding inductance
PS	CoE	0x6080 00	0x000007D0 (2000)	Motor speed limitation
PS	CoE	0x2002 13	0x01B7 (439)	Current loop proportional g...
PS	CoE	0x2002 12	0x0005 (5)	Current loop integral time
PS	CoE	0x2002 15	0x000000C4 (196)	Velocity loop proportional g...
PS	CoE	0x2002 14	0x00000096 (150)	Velocity loop integral time
PS	CoE	0x2004 11	0x0000 (0)	Release delay
PS	CoE	0x2004 12	0x0000 (0)	Application delay
PS	CoE	0x2004 13	0x0000 (0)	Emergency application tim...
PS	CoE	0x2004 14	0x0000 (0)	Brake moment of inertia
PS	CoE	0x2002 33	0x000A (10)	Stand still window
PS	CoE	0x2002 19	0x0000B8B0 (48000)	Nominal DC Link Voltage
PS	CoE	0x6010 17	0x0000000A (10)	Position loop proportional g...

Interface startup registry

Pemrograman pada Aplikasi TwinCat2

Pemrograman pada PLC Beckhoff menggunakan aplikasi TwinCat2. dirancang untuk mengendalikan proses pembuatan begel, kali ini pemrograman yang dilakukan menggunakan bahasa *ladder diagram*. Juga menggunakan fungsi-fungsi internal serta instruksi pada TwinCat PLC *control*.

1. Instruksi Tombol

Pada instruksi tombol pemrograman menggunakan alamat *input* dan *output* sebagai pemicu menjalankan program. Variabel yang dibuat menyesuaikan dari programer yang membuat.

Tabel 5-1 Tabel tombol instruksi

Input	Alamat
START	AT%IX0.0:BOOL;
PAUSE	AT%IX0.1:BOOL;
RESET	AT%IX0.2:BOOL;
STOP	AT%IX0.3:BOOL;
PERSEGI	AT%IX0.4:BOOL
PERSEGI_P	AT%IX0.5:BOOL;

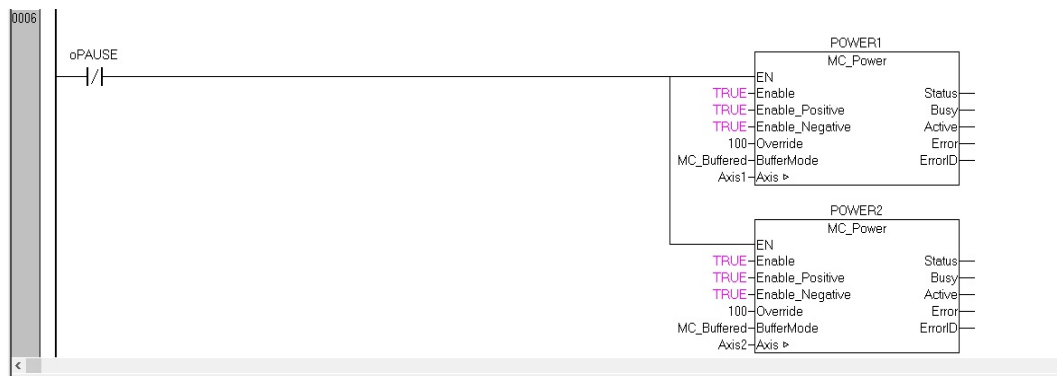
SEGITIGA	AT%IX0.6:BOOL;
<i>Output</i>	<i>Alamat</i>
AKTIF	AT%QX0.1:BOOL;
oPAUSE	AT%QX0.2:BOOL;
POINT_0	AT%QX0.3:BOOL;
STOP_	AT%QX0.4:BOOL;
JPERSEGI	AT%QX0.5:BOOL;
JPERSEGI_P	AT%QX0.6:BOOL;
JSEGITIGA	AT%QX0.7:BOOL;



Input & output pada ladder diagram

2. Instruksi MC_Power

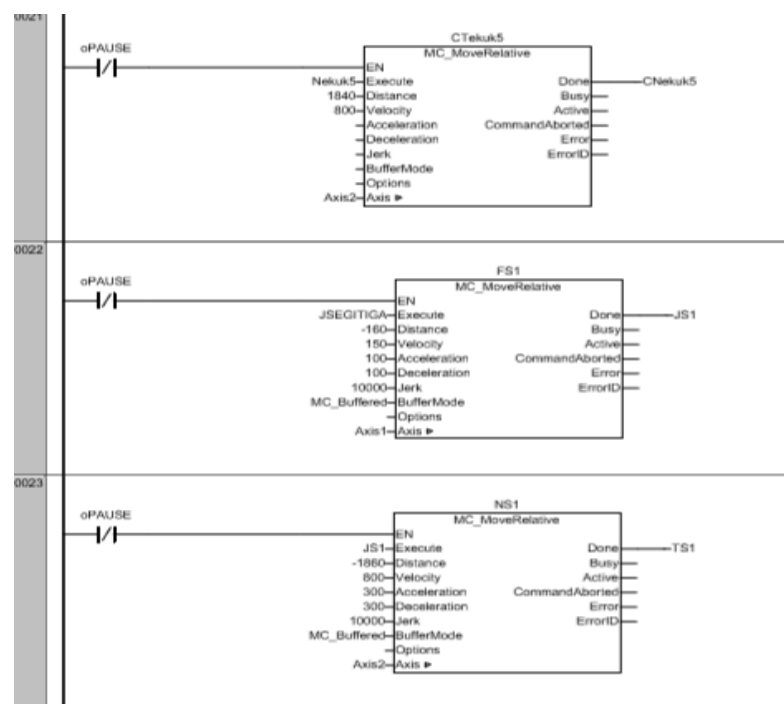
Block *mc_Power* merupakan blok fungsi pada library berguna untuk mengaktifkan sumbu/axis, yang dimaksudkan adalah pengaktifan aktuator berupa motor servo.



Blok mc_power

3. Instruksi penekuk

Instruksi penekuk pada diagram ladder kali ini menggunakan fungsi blok mc_moverelative untuk mengontrol pergerakan motor. Dalam blok ini pengguna dapat mengontrol nilai jarak (*distance*), kecepatan (*velocity*), akselerasi (*acceleration*) dan deselerasi (*deceleration*). Seperti yang ditunjukkan pada **Error! Reference source not found..**

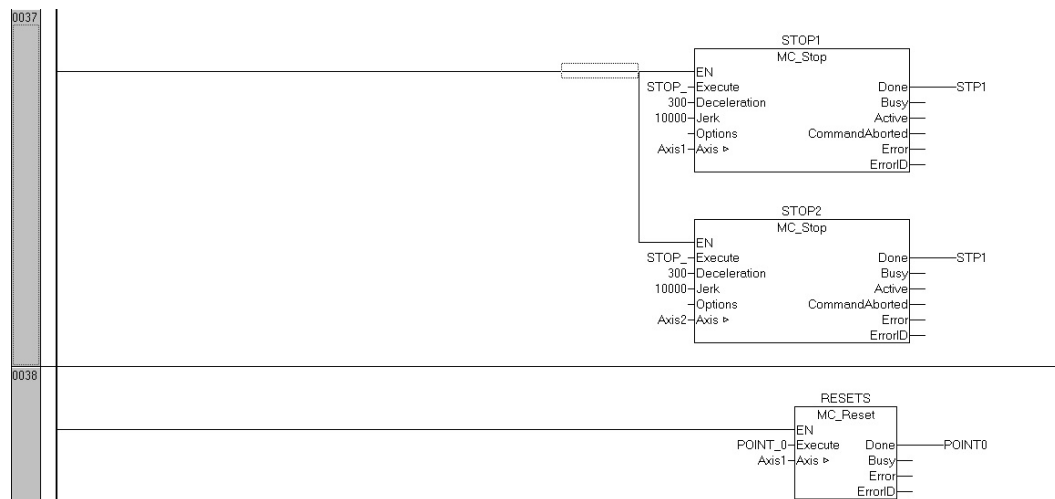


Blok MC_MoveRelative

4. Instruksi Reset dan Stop

Kedua blok instruksi *reset* dan *stop* juga ada pada *library* yang dimiliki aplikasi TwinCat2. Blok fungsi *MC_Reset* berguna sebagai pemberi instruksi untuk mengembalikan posisi kepada posisi awal dan *MC_Stop* berguna sebagai

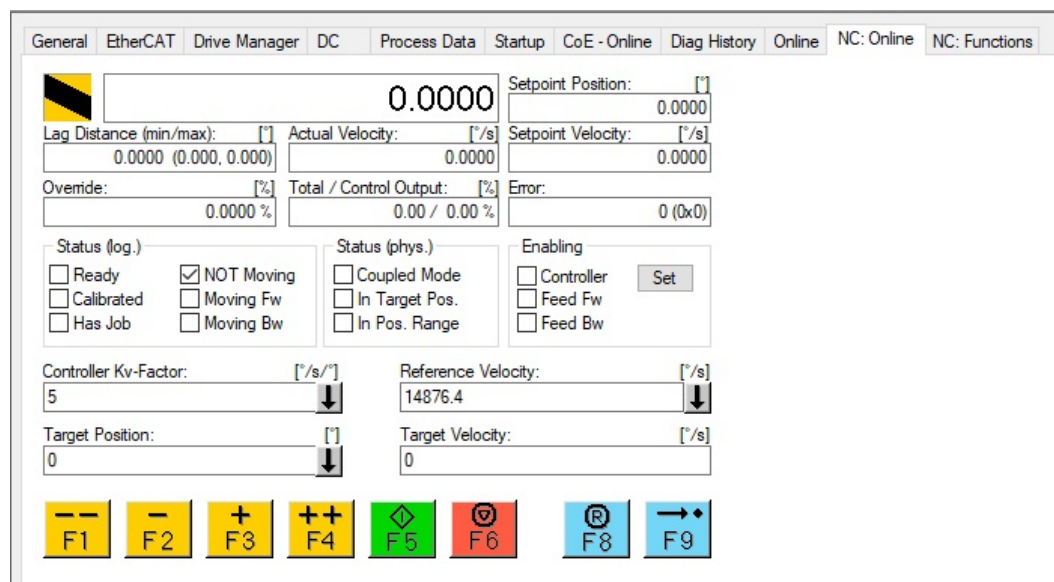
instruksi untuk mengintrupsi jalannya program untuk berhenti. Dapat dilihat pada **Error! Reference source not found..**



Blok fungsi MC_Stop dan MC_Reset

5. Monitoring pada Jalannya Program

Aplikasi TwinCat2 juga memberikan kelebihan ketika menjalankan program. Pada jendela monitoring ini juga dapat terlihat parameter K_v -factor dan *reference velocity* serta terdapat pembacaan aktual proses berputarnya motor.



Jendela Monitoring

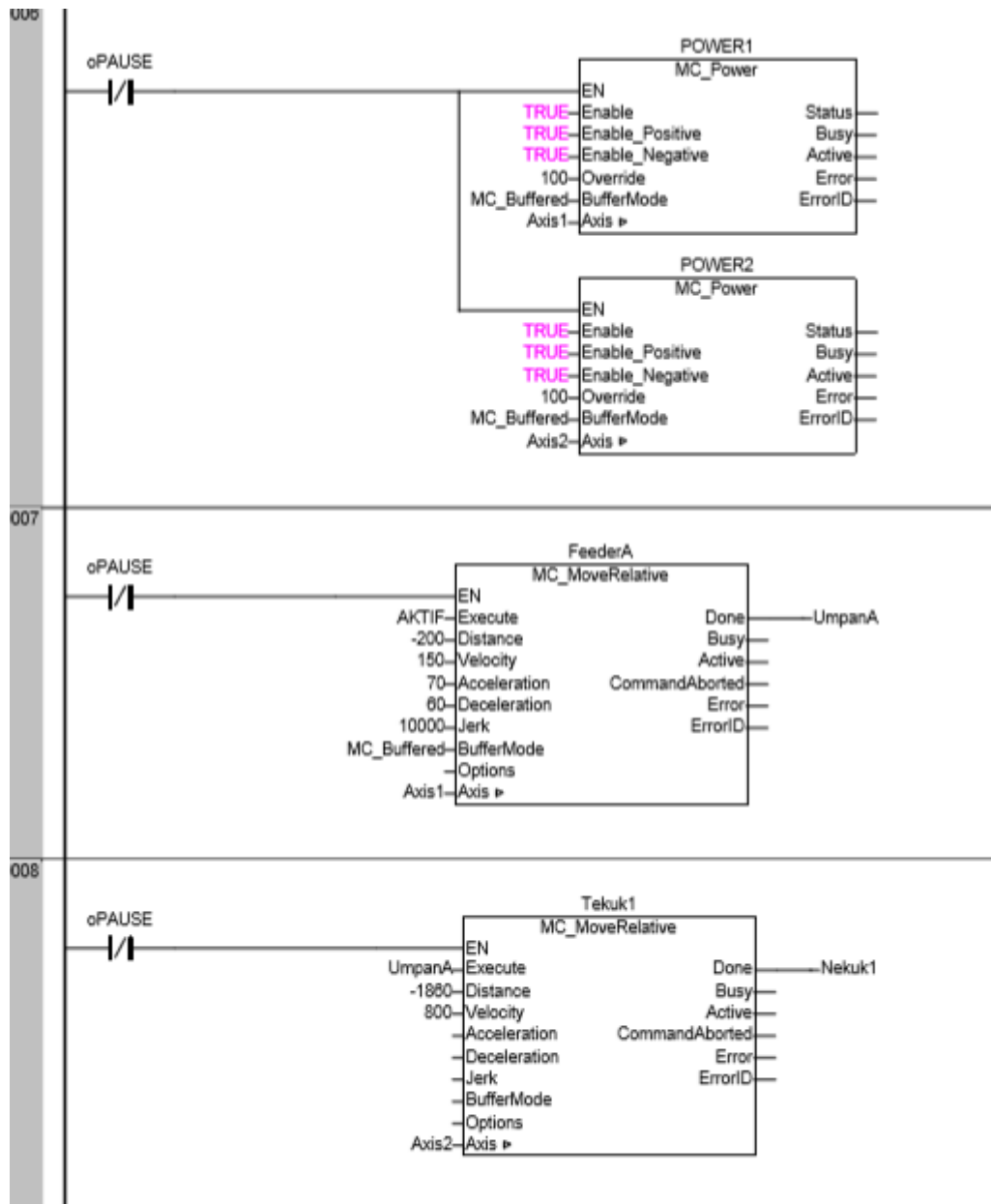
PROGRAM LADDER PADA PLC TWINCAT

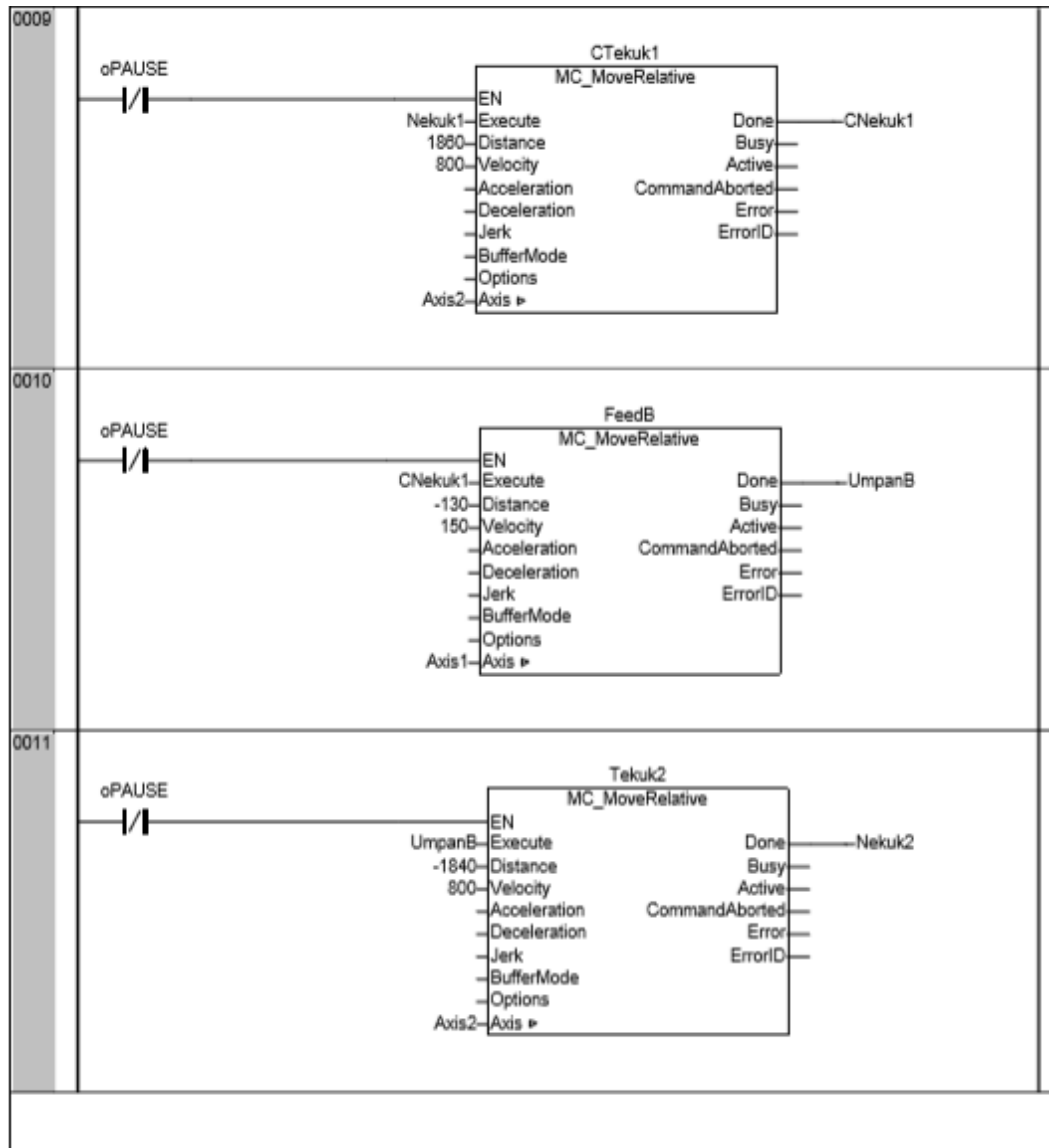
```

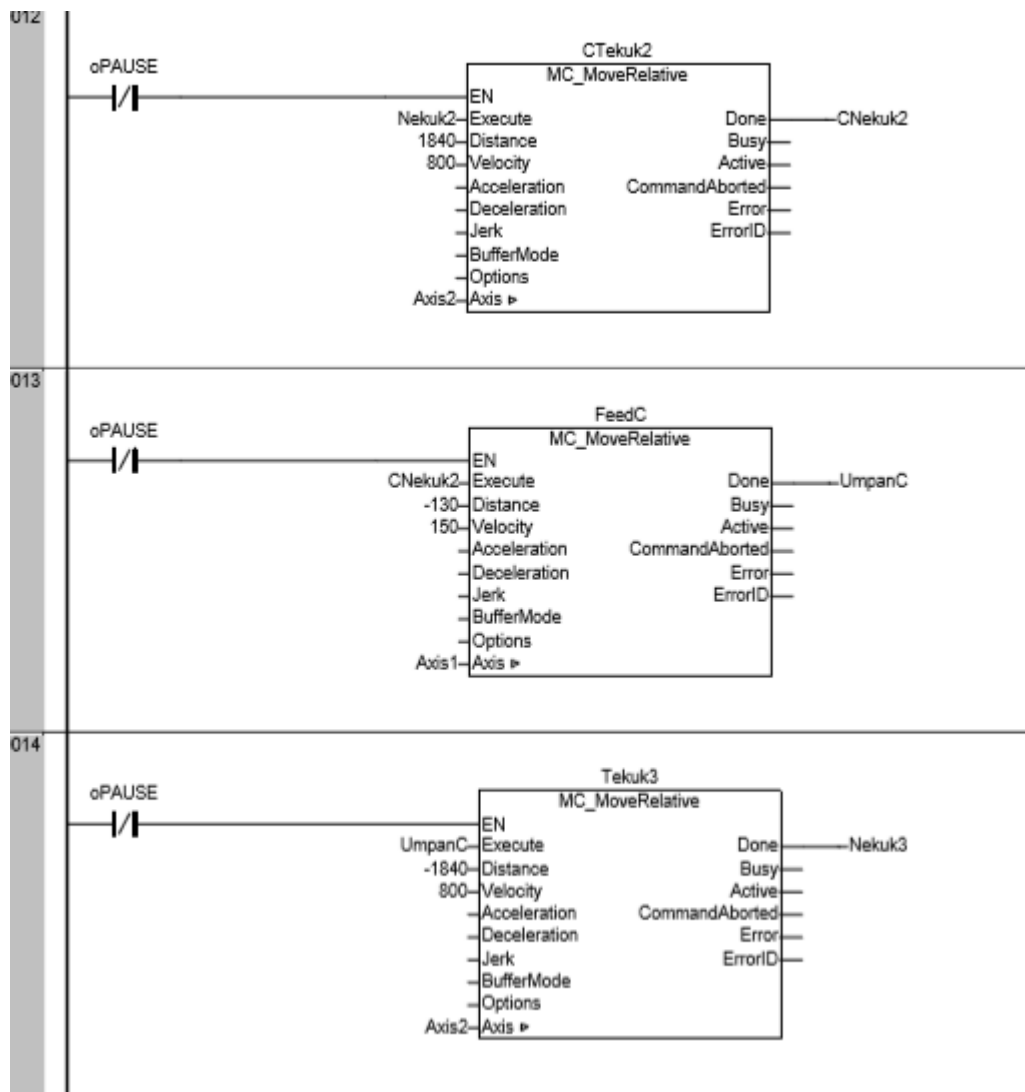
I001 PROGRAM MAIN
I002 VAR
I003   START AT%IX0.0:BOOL;
I004   PAUSE AT%IX0.1:BOOL;
I005   RESET AT%IX0.2:BOOL;
I006   STOP AT%IX0.3:BOOL;
I007   PERSEGI AT%IX0.4:BOOL;
I008   PERSEGI_P AT%IX0.5:BOOL;
I009   SEGITIGA AT%IX0.6:BOOL;
I010
I011   AKTIF AT%QX0.1:BOOL;
I012   oPAUSE AT%QX0.2:BOOL;
I013   POINT_0 AT%QX0.3:BOOL;
I014   STOP_AT%QX0.4:BOOL;
I015   JPERSEGI AT%QX0.5:BOOL;
I016   JPERSEGI_P AT%QX0.6:BOOL;
I017   JSEGITIGA AT%QX0.7:BOOL;
I018
I019
I020
I021   Axis1 : AXIS_REF;
I022   Axis2 : AXIS_REF;
I023   Axis3 : AXIS_REF;
I024   POWER1: MC_Power;
I025   POWER2: MC_Power;
I026   POWER3: MC_Power;
I027   FeederA: MC_MoveRelative;
I028   Tekuk1: MC_MoveRelative;
I029   FeedB: MC_MoveRelative;
I030   Tekuk2: MC_MoveRelative;
I031   FeedC: MC_MoveRelative;
I032   FeedD: MC_MoveRelative;
I033   Tekuk3: MC_MoveRelative;
I034   Tekuk4: MC_MoveRelative;
I035   FeedE: MC_MoveRelative;
I036   Tekuk5: MC_MoveRelative;
I037   UmpanA: BOOL;
I038   Nekuk1: BOOL;
I039   UmpanB: BOOL;
I040   Nekuk2: BOOL;
I041   CTekuk1: MC_MoveRelative;
I042   CNekuk1: BOOL;
I043   CTekuk2: MC_MoveRelative;
I044   CNekuk2: BOOL;
I045   UmpanC: BOOL;
I046   Nekuk3: BOOL;
I047   CTekuk3: MC_MoveRelative;
I048   CNekuk3: BOOL;
I049   UmpanD: BOOL;
I050   Nekuk4: BOOL;
I051   CTekuk4: MC_MoveRelative;
I052   CNekuk4: BOOL;
I053   Umpan5: BOOL;
I054   Nekuk5: BOOL;
I055   CTekuk5: MC_MoveRelative;
I056   CNekuk5: BOOL;
I057
I058   FS1: MC_MoveRelative;
I059   JS1: BOOL;
I060   NS1: MC_MoveRelative;
I061   TS1: BOOL;
I062   CNS1: MC_MoveRelative;
I063   CTS1: BOOL;
I064   FS2: MC_MoveRelative;

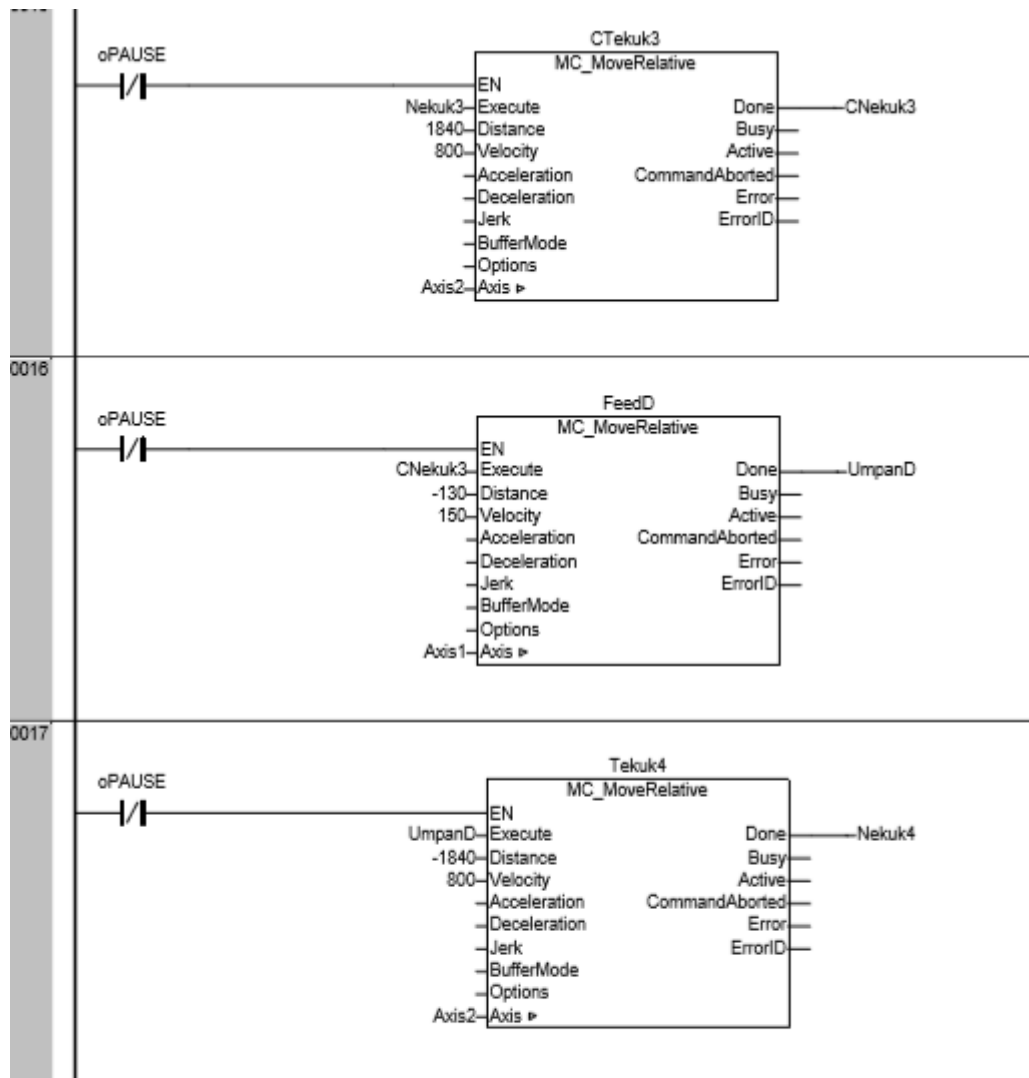
```

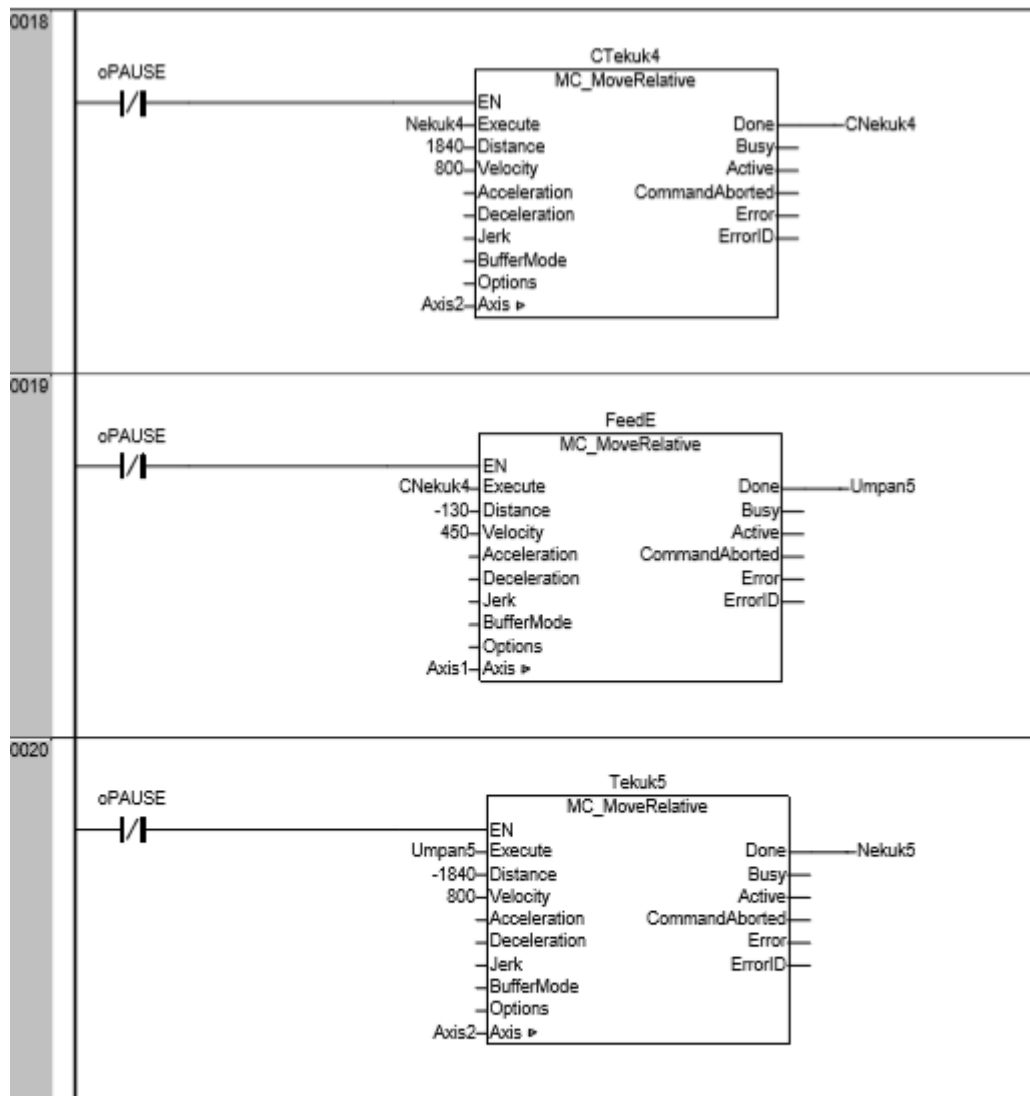
0065	JS2: BOOL;
0066	NS2: MC_MoveRelative;
0067	TS2: BOOL;
0068	CNS2: MC_MoveRelative;
0069	CTS2: BOOL;
0070	FS3: MC_MoveRelative;
0071	JS3: BOOL;
0072	NS3: MC_MoveRelative;
0073	TS3: BOOL;
0074	CNS3: MC_MoveRelative;
0075	CTS3: BOOL;
0076	FS4: MC_MoveRelative;
0077	JS4: BOOL;
0078	NS4: MC_MoveRelative;
0079	TS4: BOOL;
0080	CNS4: MC_MoveRelative;
0081	CTS4: BOOL;
0082	FS5: MC_MoveRelative;
0083	JS5: BOOL;
0084	NS5: MC_MoveRelative;
0085	TS5: BOOL;
0086	CNS5: MC_MoveRelative;
0087	CTS5: BOOL;
0088	STOP1: MC_Stop;
0089	STP1: BOOL;
0090	STOP2: MC_Stop;
0091	POINT0: BOOL;
0092	END VAR
0001	START AKTIF
0002	SEGITIGA JSEGITIGA
0003	PAUSE oPAUSE
0004	RESET POINT_0
0005	STOP STOP_

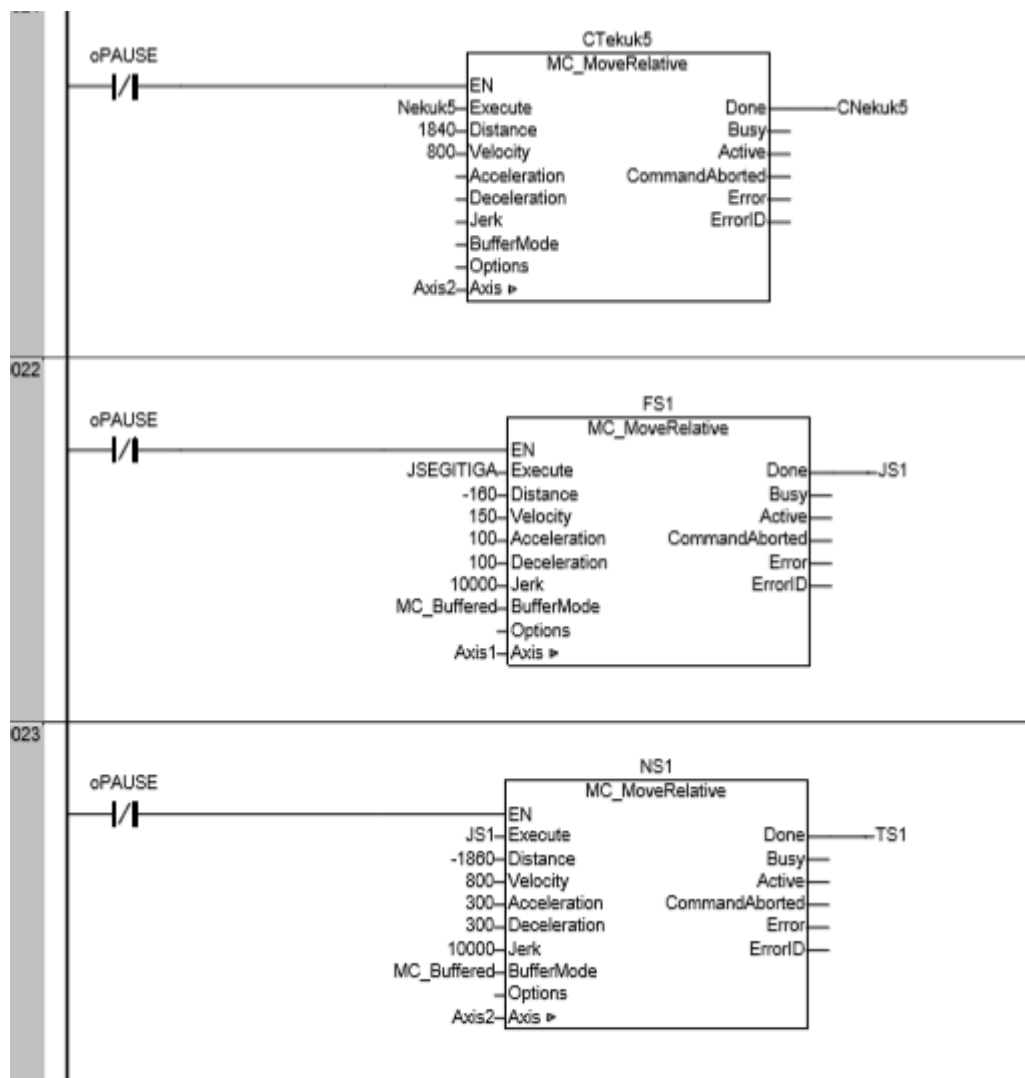


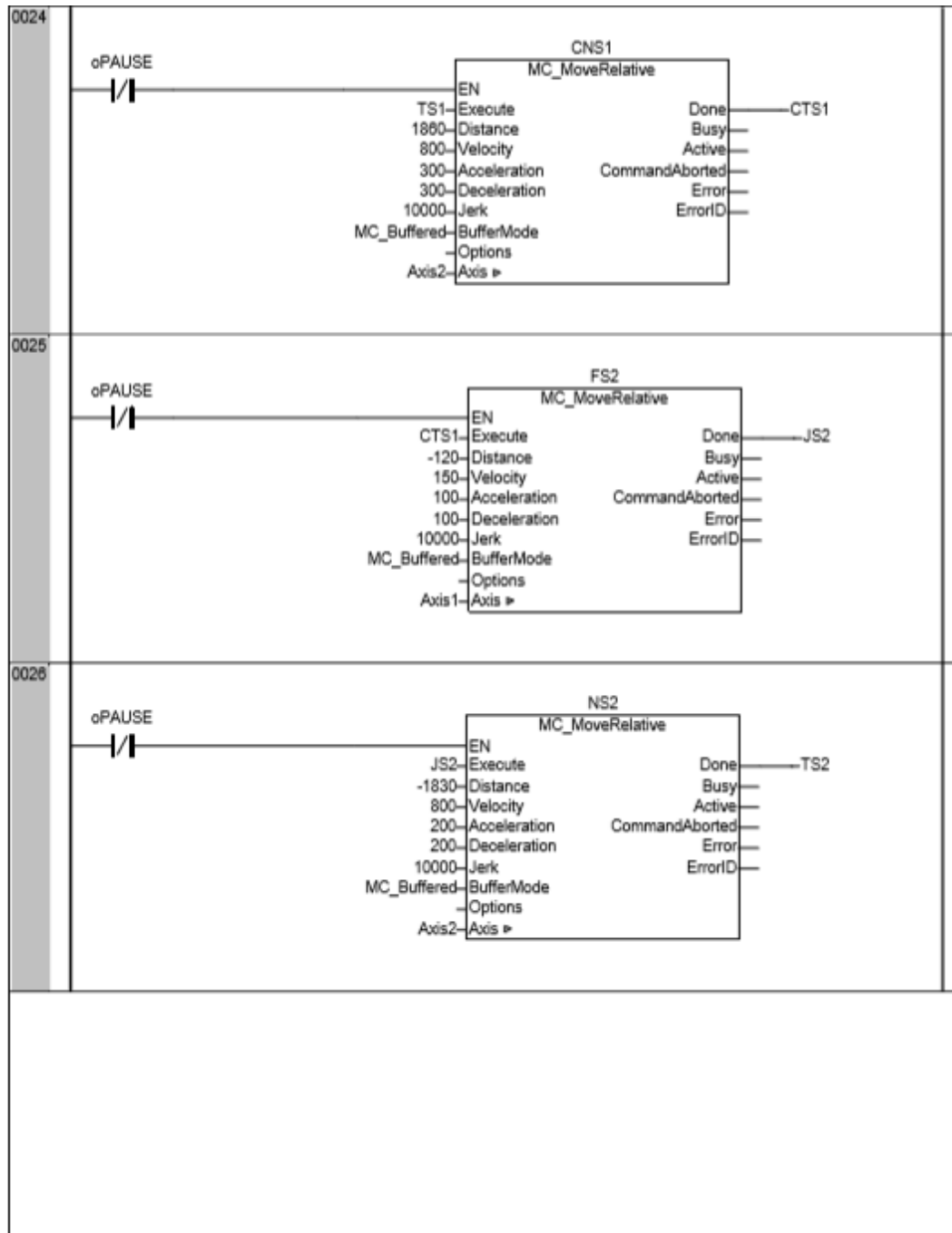


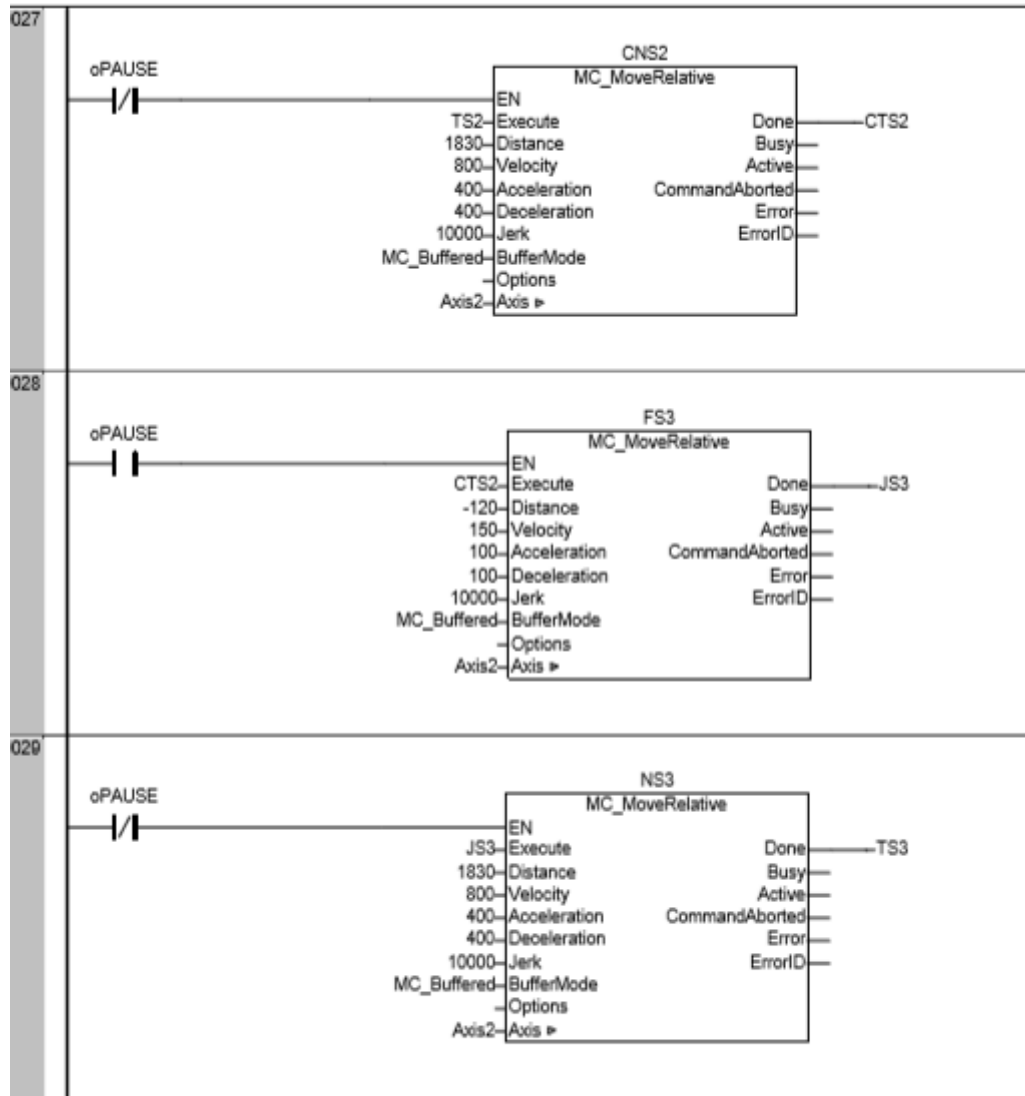


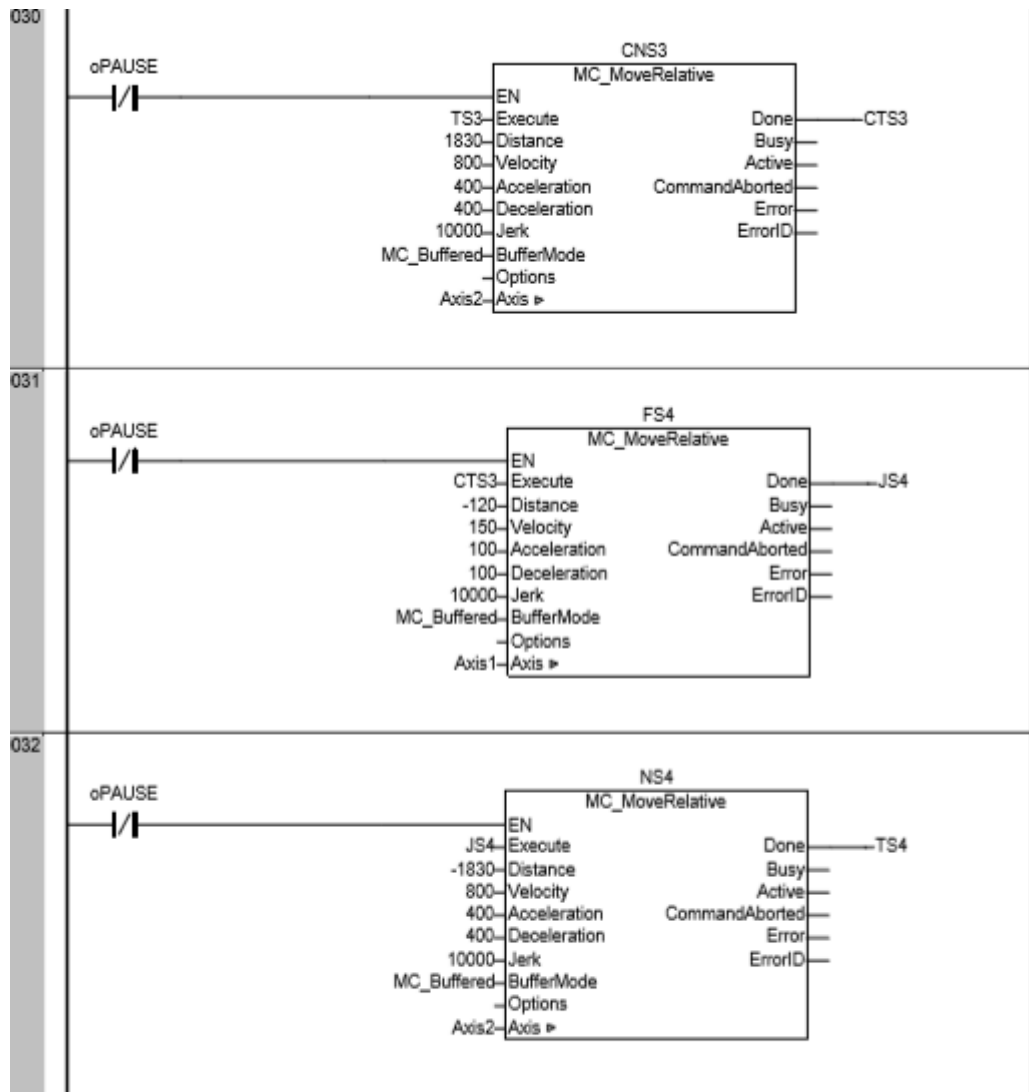


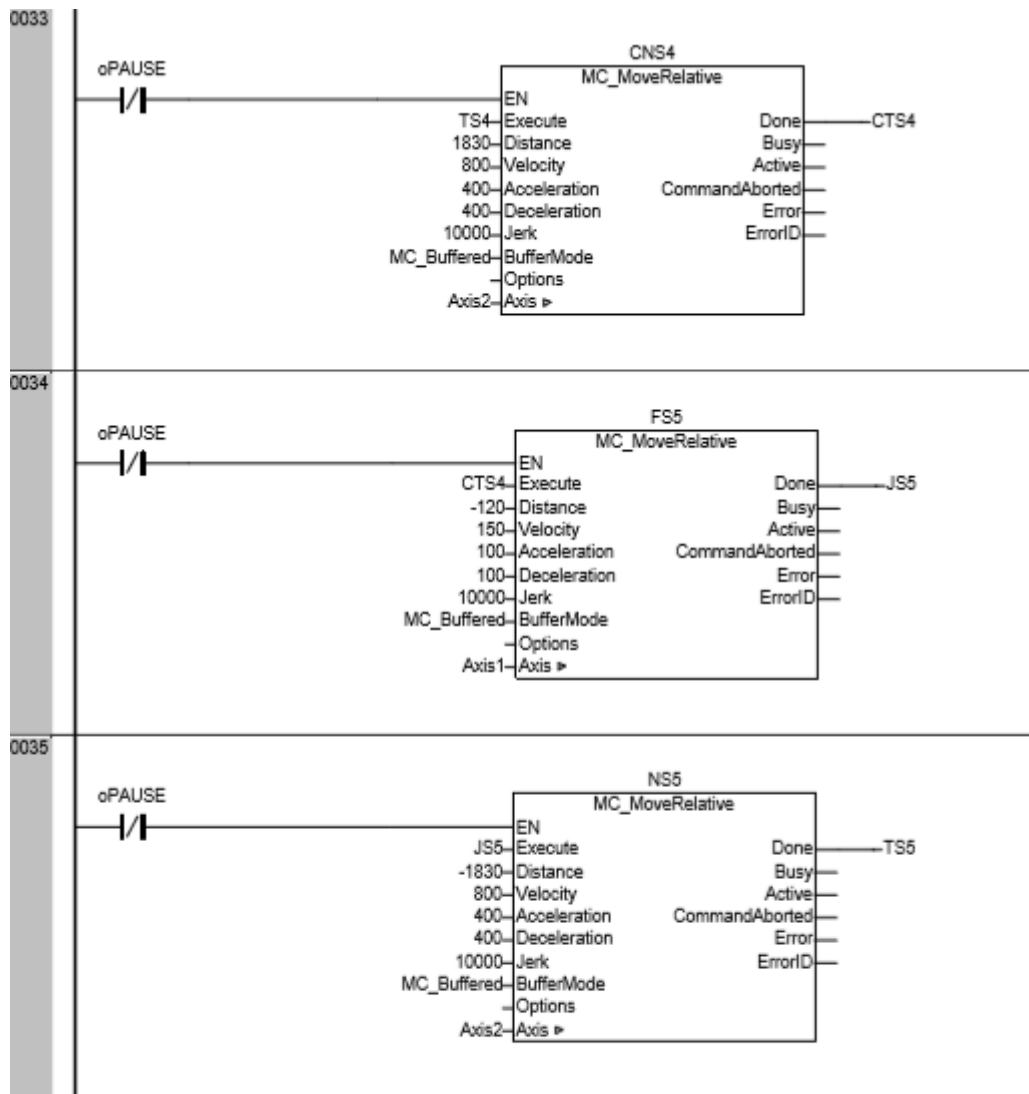


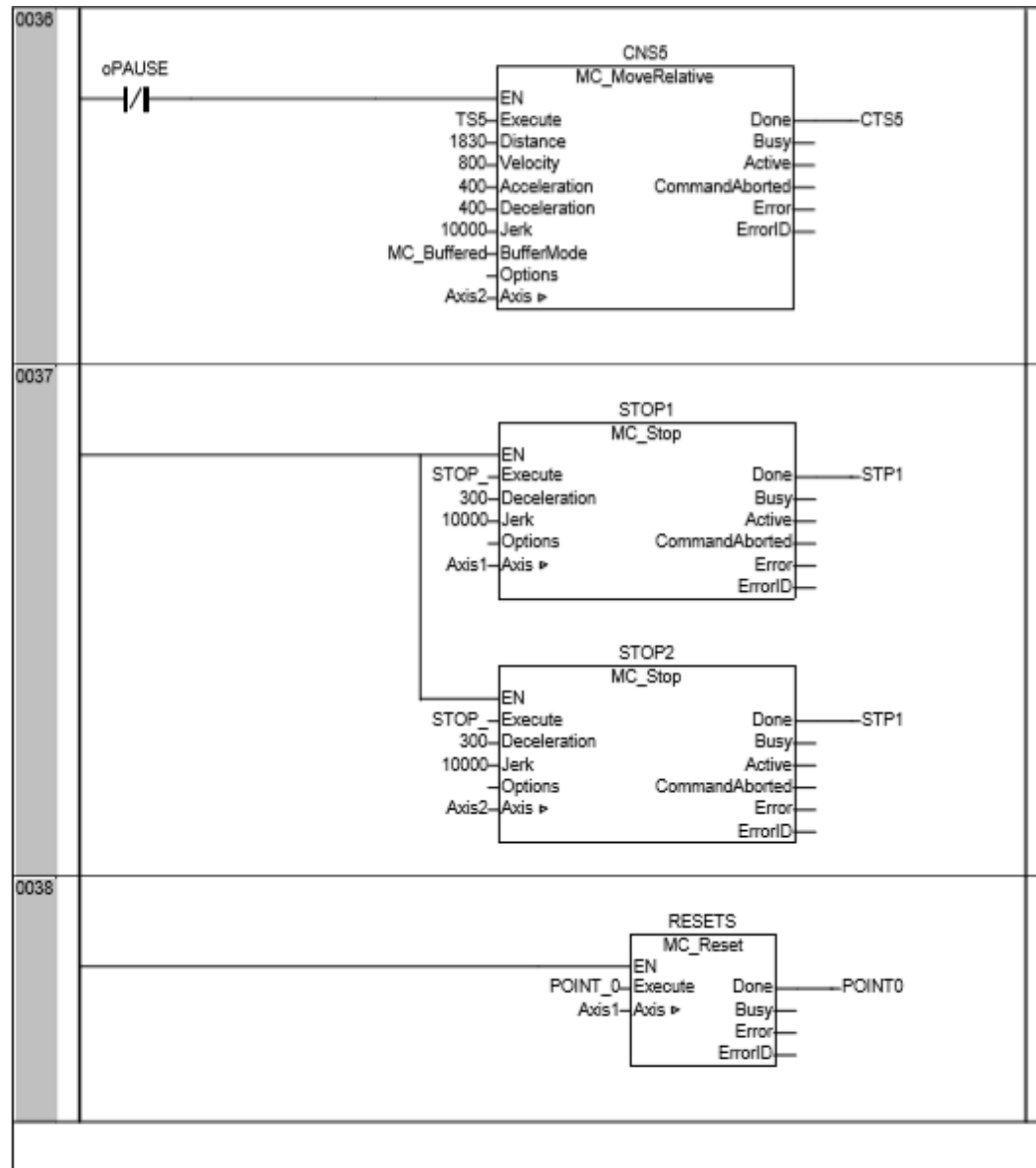








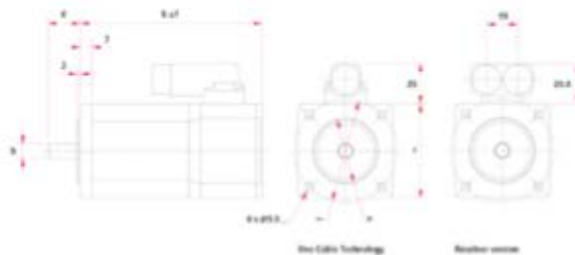




SPEKIFIKASI MOTOR



AM812x | Servomotor 0.5...0.8 Nm (M_0), F2 (58 mm)



Dimensions	a	b	d	l	r	k (without brake)	k (with brake)
AM8121	40 j6	9 k6	20 mm	63 mm	58 mm	111.5 mm	146 mm
AM8122	40 j6	9 k6	20 mm	63 mm	58 mm	133.5 mm	168 mm

Accessories	
EL7211-0010	servomotor EtherCAT Terminal for OCT, 50 V DC, $I_{max} = 4.5$ A
EL7201-0010	servomotor EtherCAT Terminal for OCT, 50 V DC, $I_{max} = 2.8$ A
ZK4704-0421-2xxx	Motor cables for AM81xx servomotors to EL72xx-0010 and EL72xx-9014 servomotor terminal with OCT
EL7211	servomotor EtherCAT Terminal for resolver, 50 V DC, $I_{max} = 4.5$ A
EL7201	servomotor terminal for resolver 50 V DC, $I_{max} = 2.8$ A
ZK4704-0411-2xxx	motor cables for AM81xx/AM81xx servomotors to EL7201 EtherCAT Terminal
ZK4724-0410-2xxx	resolver cables for AM81xx/AM81xx servomotors to EL7201 EtherCAT Terminal
AG2250-+PLE60-M01-i	Planetary gear units for compact Drive Technology, single-stage
AG2250-+PLE60-M02-i	Planetary gear units for compact Drive Technology, two-stage
AG2250-+WPLE60-M01-i	Angled planetary gear units for compact Drive Technology, single-stage
AG2250-+WPLE60-M02-i	Angled planetary gear units for compact Drive Technology, two-stage

AM8122 | Servomotor 0.8 Nm (standstill torque)

Data for 50 V DC	AM8122-wFyz	AM8122-wlyz
Standstill torque	0.80 Nm	
Rated torque	0.80 Nm	0.71 Nm
Rated speed	2000 min ⁻¹	4500 min ⁻¹
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 ⁻¹	
Number of poles	6	
Rotor moment of inertia	0.253 kgcm ²	
Weight	1.6 kg	
EtherCAT Terminal	EL7211-0010	EL7221-9014
EtherCAT plug-in module	EJ7211-0010	

GAMBAR TEKNIK

