



**Implementasi *Debugging Program* dan Instalasi
Sistem Kelistrikan pada *Screwing*
Robot *Single Axis* Otomatis Berbasis PLC dan
HMI pada Industri**

Tugas Akhir

**Oleh:
Ego Tri Kurniawan (4212211028)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Implementasi *Debugging Program* dan Instalasi Sistem Kelistrikan pada *Screwing Robot Single Axis* Otomatis Berbasis PLC dan HMI pada Industri" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 19 Januari 2026



Ego Tri Kurniawan
NIM: 4212211028

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk digunakan sebagai rencana kerja pada pelaksanaan Tugas Akhir

Disusun oleh:
Ego Tri Kurniawan (4212211028)

Tanggal Seminar: 10 Juli 2025



1. Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng
NIK:197303212021211005

Disetujui oleh :

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'D' followed by a few loops.

1. Diono, S.Tr. T., M.Sc
NIK: 120243



2. Indra Hardian Mulyadi,
S.T.,M.Eng., Ph.D
NIK: 117179

Implementasi *Debugging Program* dan Instalasi Sistem Kelistrikan pada *Screwing Robot Single Axis* Otomatis Berbasis PLC dan HMI pada Industri

Abstrak

Perkembangan industri manufaktur menuntut penerapan sistem otomasi untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan konsistensi proses produksi, khususnya pada proses penyekrupan yang bersifat berulang dan membutuhkan presisi tinggi. Proses manual memiliki keterbatasan produktivitas serta risiko kesalahan manusia (*human error*), sehingga diperlukan sistem otomasi berbasis robotik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, serta melakukan *debugging* program dan instalasi sistem kelistrikan pada *screwing robot single axis* otomatis berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Human Machine Interface* (HMI). Metode penelitian meliputi perancangan sistem, instalasi kelistrikan sesuai standar panel kontrol industri, pemrograman dan *debugging* PLC, serta integrasi sistem dengan HMI sebagai media monitoring dan pengendalian. Pengujian dilakukan melalui pengujian fungsional sistem, pengujian *wiring* dan kelistrikan, pengujian HMI, pengujian presisi penyekrupan, pengujian waktu siklus, pengujian keandalan sistem, serta pengujian keselamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara otomatis dengan kinerja yang stabil, presisi penyekrupan yang baik, serta sistem keselamatan yang berfungsi sesuai spesifikasi. Berdasarkan pengujian keandalan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), diperoleh nilai efisiensi sebesar 70,93%. Dengan demikian, sistem *screwing robot single axis* berbasis PLC dan HMI ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi, keandalan, dan kualitas proses perakitan di industri manufaktur.

Kata kunci: PLC, HMI, *Robot Single Axis*, *Screwing Robot*, Otomasi Industri.

Implementation of Program Debugging and Electrical System Installation on PLC and HMI Based Automatic Single Axis Screwing Robot in Industry

Abstract

The development of the manufacturing industry demands the implementation of automation systems to improve efficiency, accuracy, and consistency in production processes, especially in repetitive and high-precision screwing processes. Manual processes have limitations in productivity and carry the risk of human error, thus requiring a robotic-based automation system. This study aims to design, implement, and perform program debugging and electrical system installation on an automatic single-axis screwing robot based on a Programmable Logic Controller (PLC) and Human-Machine Interface (HMI). The research methods include system design, electrical installation according to industrial control panel standards, PLC programming, and debugging, as well as system integration with HMI as a monitoring and control medium. Testing was conducted through functional system testing, wiring and electrical testing, HMI testing, screwing precision testing, cycle time testing, system reliability testing, and safety testing. The results of the study indicate that the system is capable of operating automatically with stable performance, good screwing precision, and a safety system that functions according to specifications. Based on reliability testing using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method, an efficiency value of 70.93% was obtained. Thus, this PLC- and HMI-based single-axis screwing robot system has been proven to improve the efficiency, reliability, and quality of the assembly process in the manufacturing industry.

Keywords: PLC, HMI, Single Axis Robot, Screwing Robot, Industrial Automation..

Daftar Isi

Lembar Pengesahan	i
Abstrak	ii
<i>Abstract</i>	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Robotik <i>Single Axiz</i>	5
2.2 <i>Human Machine Interface</i> (HMI)	6
2.3 Programmable Logic Controller ().....	8
Bab 3. Metode.....	10
3.1. Diagram Blok Sistem.....	11
3.2. Diagram Elektrikal Sistem	12
3.3. <i>Debugging</i> Program.....	19
3.4. Pengujian	21
3.4.1. Pengujian Fungsional Sistem	21
3.4.2. Pengujian <i>Wiring</i> dan Sistem Elektrikal	22
3.4.3. Pengujian HMI dan Antar muka pengguna	22
3.4.4. Pengujian Presisi dan Ketetapan Penyekrupan.....	23
3.4.5. Pengujian Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>).....	23
3.4.6. Pengujian Keandalan Sistem (<i>Reability Test</i>).....	23

3.4.7. Pengujian Keselamatan (<i>Safety Test</i>).....	24
Bab 4. Hasil dan Pembahasan.....	30
4.1 Hasil dan Instalasi Sistem	30
4.1.1 Instalasi Komponen Utama	30
4.1.2 Instalasi Komponen Pendukung	32
4.2 Implementasi Program dan <i>Debugging</i>	34
4.2.1 Logika dasar Program	35
4.2.2 Proses <i>Debugging</i>	35
Bab 5. Kesimpulan dan Saran.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	41
Daftar Pustaka	42
Lampiran.....	43

Daftar Gambar

Gambar 1 Robot Single Axis dan MITSUBHISI MR-J4-40A	5
Gambar 2 Programmable Logic Control (PLC)	8
Gambar 3 Contoh Diagram Alir	10
Gambar 4 Contoh Diagram Blok Sistem	11
Gambar 5 Peletakan Komponen Pada Panel	12
Gambar 6 Peletakan Komponen Pada Pintu Panel	12
Gambar 7 Pemasangan Sistem Control Pada Mesin	13
Gambar 8 Pemasangan Wiring pada Pintu Panel	14
Gambar 9 Pemasangan Kabel Keluaran PLC (I/O).....	14
Gambar 10 Relay Komunikasi dengan Screw Feeder dan Screw Driver	15
Gambar 11 Connector RS-232 Komunikasi dengan HMI	15
Gambar 12 Junction Box I/O	16
Gambar 13 Posisi Sensor Light Curtain	16
Gambar 14 Pemasangan Power dan Kabel Komunikasi (HMI).....	17
Gambar 15 Pemasangan Selenoid Output	17
Gambar 16 Debugging Tombol Emergency.....	19
Gambar 17 Debugging Tombol Emergency Left Jig.....	19
Gambar 18 Debugging Tombol Emergency Right Jig.....	19
Gambar 19 Debugging JOG Manual	20
Gambar 20 Debugging Alarm Driver Muncul pada HMI	20
Gambar 21 Debugging Safety Door.....	20
Gambar 22 Debugging Sensor Part	21
Gambar 23 Debugging Sinyal Torque.....	21
Gambar 24 Instalasi Komponen Secara Fisik didalam Panel.....	30
Gambar 25 Instalasi HMI yang berada diluar Panel	31
Gambar 26 Instalasi Relay	32
Gambar 27 Instalasi Tombol pada Cover.....	32
Gambar 28 Instalasi Light Curtain	33
Gambar 29 Instalasi Screw Feeder	33
Gambar 30 Instalasi Screw Driver	33
Gambar 31 Software PLC yang Digunakan	34
Gambar 32 Pemeriksaan Sinyal Input pada Software	35
Gambar 33 Pemeriksaan Sinyal Output pada Software	36
Gambar 34 Pemeriksaan Sinyal Home	36
Gambar 35 Penyesuaian Kecepatan Motor dengan Screw Feeder	37
Gambar 36 Pengecekan Sumber Tegangan 220 VAC.....	38
Gambar 37 Pengecekan Sumber Tegangan 24VDC	38
Gambar 38 Pengecekan Sumber Tegangan 48VDC	39
Gambar 39 Program Digital Input	43
Gambar 40 Program Input Alarm Axis	43
Gambar 41 Program Digital Output Cylinder	44

Gambar 42 Program Digital Output Lampu.....	44
Gambar 43 Program ON Servo Motor.....	45
Gambar 44 Program Home Mesin.....	45
Gambar 45 Program AUTO Mesin.....	46
Gambar 46 Program Safety dan Pause.....	46
Gambar 47 Program Request Part.....	47
Gambar 48 Program Insert Part Left.....	47
Gambar 49 Program Posisi Stanby.....	48
Gambar 50 Program Request Take Out Part Left.....	48
Gambar 51 Program Insert Part Right.....	49
Gambar 52 Program Part OK.....	49
Gambar 53 Program Part NG.....	50
Gambar 54 Program JOG Axis.....	50
Gambar 55 Program Read Position Axis.....	51
Gambar 56 Program Reset Axis.....	51
Gambar 57 Program Stop Axis.....	52
Gambar 58 Program Home Axis.....	52
Gambar 59 Program Safety Axis.....	53
Gambar 60 Display HMI Emergency.....	54
Gambar 61 Display HMI Mesin Standby.....	54
Gambar 62 Display HMI Posisi Screw.....	55
Gambar 63 Display HMI Manual Operation.....	55
Gambar 64 Display HMI JOG.....	56
Gambar 65 Display HMI Parameter Mesin.....	56
Gambar 66 Display HMI Input Signal.....	57
Gambar 67 Connector Komunikasi Feeder.....	58
Gambar 68 Soldering Komunikasi RS-232 HMI.....	59
Gambar 69 Konfigurasi Komunikasi RS-232 HMI dengan PLC.....	60
Gambar 70 Drawing control Panel.....	60
Gambar 71 Drawing Input PLC.....	61
Gambar 72 Drawing Output PLC.....	61
Gambar 73 Drawing I/O Axis X.....	62
Gambar 74 Drawing I/O Axis Y dan Z.....	62
Gambar 75 Drawing I/O Servo Stepper.....	63
Gambar 76 Drawing Servo Driver Mitsubishi.....	63
Gambar 77 Drawing I/O Screw Feeder dan Screw Driver.....	64
Gambar 78 Drawing Komunikasi PLC dan HMI.....	64
Gambar 79 Drawing Safety Light Curtain.....	65

Daftar Tabel

Tabel 1 Fitur pada <i>Robot Single Axis</i> dan <i>MITSUBISHI MR-J4-40A</i>	6
<i>Tabel 2 Fitur pada HMI MONITOUCH</i>	7
Tabel 3 List Part	13
Tabel 4 Estimasi biaya	18
Tabel 5 Pengujian Fungsional Sistem	22
Tabel 6 Pengujian <i>Wiring</i> dan Sistem Elektrikal	23
Tabel 7 Pengujian HMI dan Antar muka pengguna	24
Tabel 8 Pengujian Presisi dan Ketetapan Penyekrupan.....	25
Tabel 9 Nilai Posisi pada HMI	26
Tabel 10 Pengujian Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>).....	27
Tabel 11 Pengujian Keselamatan (<i>Safety Test</i>).....	29

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur saat ini didorong oleh kebutuhan akan efisiensi, konsistensi, dan kecepatan dalam proses produksi. Salah proses yang utama dalam revolusi industri 4.0 adalah penerapan Sistem otomasi dan Robotik untuk menggantikan proses manual yang memakan waktu dan berisiko tinggi terhadap kesalahan manusia (*human Error*). Otomatisasi tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga memungkinkan perusahaan untuk bersaing di pasar global yang semakin kompetitif. Dalam konteks otomasi industri, proses perakitan (*assembly*), khususnya aktivitas *Screwing* atau pemasangan sekrup, merupakan bagian penting yang sering dilakukan secara berulang dan membutuhkan presisi tinggi. Penerapan Sistem Robotik *single Axis* untuk tugas *Screwing* memberikan solusi efektif dengan memanfaatkan aktuator *linier* dan kontroler terprogram untuk menghasilkan gerakan presisi dalam satu arah utama. Sistem ini umumnya dikendalikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) yang memungkinkan koordinasi logika, kontrol Motor, dan interaksi dengan perangkat input/output lainnya.

Di sisi lain, integrasi *Human Machine Interface* (HMI) memberikan kemudahan dalam pengoperasian Sistem dan monitoring status proses secara real-time. HMI memungkinkan operator untuk berinteraksi langsung dengan Sistem otomasi melalui antarmuka grafis, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan responsivitas Sistem terhadap kebutuhan operasional. Integrasi antara PLC dan HMI pada Sistem Robotik *Screwing* dapat memberikan solusi otomasi yang komprehensif dan adaptif terhadap dinamika produksi modern.

Namun demikian, implementasi Sistem ini masih menghadapi tantangan seperti kesesuaian konfigurasi mekanik dengan objek kerja, sinkronisasi perangkat lunak dan perangkat keras, serta optimasi kecepatan dan torsi saat proses pengencangan sekrup. Oleh karena itu, diperlukan perancangan dan implementasi *Debugging program* dan Instalasi Sistem kelistrikan pada *Screwing Single Axis* Otomatis Berbasis dan HMI pada industri untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses perakitan dalam lingkungan industri.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan Sistem Robotik *Screwing single Axis* yang terintegrasi dengan dan HMI untuk mendukung otomatisasi proses industri?
2. Bagaimana metode pemasangan instalasi elektrikal yang tepat antara Sensor, Motor penggerak (*stepper/servo*), aktuator, dan agar komunikasi data dan kontrol berjalan stabil dan aman?
3. Bagaimana efektivitas integrasi dan HMI dalam meningkatkan kendali, monitoring, serta fleksibilitas Sistem Robotik *Screwing*?
4. Bagaimana metode pengujian fungsi (*function test*) dan Sistem integrasi dapat digunakan untuk memastikan seluruh subSistem (PLC, *Wiring*, HMI, Motor, dan Sensor) bekerja sesuai spesifikasi teknis?

Rumusan masalah ini menjadi landasan dalam penelitian guna mengembangkan solusi otomasi yang lebih efektif dan efisien dalam industri manufaktur.

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah

1. Merancang dan mengimplementasikan Sistem Robotik *Screwing single Axis* yang terintegrasi dengan dan HMI guna meningkatkan otomatisasi dalam proses pemasangan sekrup di industri.
2. Melakukan instalasi Sistem elektrikal yang meliputi pemasangan kabel antara komponen utama seperti , Sensor, Motor, dan HMI secara tepat dan aman.
3. Menilai dampak implementasi Sistem ini terhadap efisiensi produksi, pengurangan human *Error*, serta peningkatan kualitas hasil produksi dalam industri manufaktur.
4. Mengintegrasikan seluruh komponen Sistem (PLC, HMI, Motor, Sensor, dan *Wiring*) menjadi satu kesatuan Sistem otomasi penyekrupan yang dapat beroperasi secara stabil dan efisien.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diberikan pada "Implementasi *Debugging* Program dan Instalasi Sistem Kelistrikan pada *Screwing Robot Single Axis* Otomatis Berbasis dan HMI pada Industri".

1. Memberikan pengalaman langsung dalam merancang dan mengimplementasikan Sistem otomasi berbasis dan HMI yang digunakan dalam industri nyata.
2. Meningkatkan keterampilan dalam *Debugging* program , instalasi Sistem elektrikal, serta integrasi perangkat keras dan lunak dalam satu Sistem otomasi.
3. Manfaat nya integrasi dengan HMI adalah membuat akses dan pengontrolan mesin mudah untuk di lakukan karena sudah di munculkan oleh HMI tersebut.
4. Mengasah keterampilan instalasi dan *Wiring* Sistem elektrikal sesuai standar panel kontrol industri, termasuk pemahaman pada penggunaan Sensor (*proximity*), aktuator (*Servo/Stepper*), *Relay*, dan HMI.

1.5. Batasan

Batasan masalah pada penelitian ini membahas tentang Implementasi *Debugging* Program dan Instalasi Sistem Kelistrikan pada *Screwing Robot Single Axis* Otomatis Berbasis dan HMI adalah:

1. Sistem kontrol hanya menggunakan tipe tertentu seperti penggunaan PLC yang berasal dari OMRON dengan tipe *CP2M* dan *Expantion* yang di gunakan kemudia ada *Servo Driver MR-J4-20A* sebagai kontrol untuk pergerakan *Robot Single Axis* kemudian menggunakan tipe HMI *MONITOUCH* yang memiliki Komunikasi serial RS-232 .
2. Tidak melibatkan komunikasi lanjutan seperti *Ethernet/IP*, *MQTT*, atau protokol jaringan industri lainnya di karenakan pada penelitian ini hanya mengomunikasikan HMI dengan PLC menggunakan Komunikasi serial RS-232.
3. Tidak mencakup perhitungan beban daya total Sistem atau proteksi kelistrikan secara menyeluruh pada kontrol panel yang di berikan hanya mencakup proteksi menggunakan MCB Single Phase dengan tegangan 220 VAC.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

Menurut penelitian Singh et al dengan judul “ Design and development of *single* Robotic arm for automation in assembly line. *International Journal of Robotics and Automation* ” Motor *single* merupakan Sistem aktuasi yang dirancang untuk bergerak dalam satu arah linier atau rotasi saja, sesuai dengan satu sumbu utama (misalnya sumbu X saja)[1]. Sistem ini biasanya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan gerakan berulang dan terkontrol secara presisi, seperti dalam proses *Screwing*, pemotongan, pengeboran, atau pemindahan objek dalam jalur perakitan.

Penelitian lain oleh Andrian, Reni Rahmadewi, Insani Abdi Bangsa pada tahun 2020 Arm Robot ini menggunakan arduino yaitu sebagai Sistem yang berfungsi mengontrol gerak Arm Robot pada Robot pemindah barang. Dan untuk pada bagian Arm Robot kami menggunakan Motor *Servo MG995*, yaitu sebagai aktuator lengan Robot yang nantinya akan bergerak setelah mengolah data yang dihasilkan oleh Sensor warna[2].

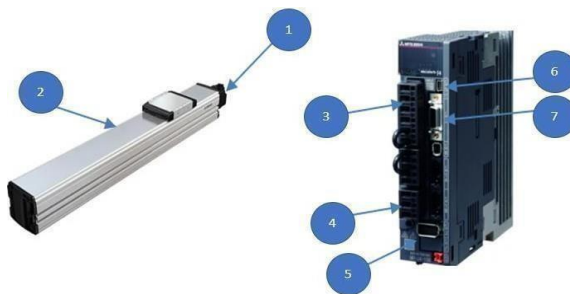
Penelitian yang di buat oleh Farrady Alif Fiolana, Diah Arie Widhining Kusumastutie pada tahun 2022 yang berjudul “Robotik Arm Rancangan Bangun Lengan Robot Arm Untuk Menggambar Menggunakan Invers Kinematik ” Robot lengan merupakan sebuah alat mekanik yang dapat melakukan sebuah proses manipulasi dengan menggunakan lengan mekanik. Robot lengan dibuat menyerupai lengan manusia memiliki sifat fleksibel sehingga mudah digunakan untuk melakukan suatu pekerjaan. Robot lengan memiliki jumlah derajat kebebasan (*degree of freedom*) *DOF* untuk melakukan gerakan tertentu. Rancangan Robot lengan ini memiliki 3 derajat kebebasan atau *3-dof* dimana setiap *joint* (sendi) memiliki gerakan berputar atau rotasi yang dapat melakukan pergerakan pada sumbu x, y, dan z dalam ruang tiga dimensi sebagai acuan gerak Robot lengan ini menggunakan 3 Motor stepper sebagai penggeraknya. Ada berbagai cara untuk membuat sebuah rancangan Robot lengan, salah satunya adalah menggunakan invers kinematik yaitu, mencari solusi untuk setiap sudut pada tiap Motor *stepper* agar posisi *end-effector* dapat tercapai[3].

2.1 Robotik *Single Axis*

Penelitian ini mengajukan Sistem kontrol Proporsional Integral pada Motor servo untuk mengurangi kesalahan pada waktu setelah *rise time*. Selain itu, besaran kesalahan juga diukur pada kontur linear dan *nonlinear* menggunakan RMSE sejak waktu nol detik. Dari hasil eksperimen menggunakan tiga sinyal uji diatas, dapat disimpulkan bahwa kontroler proporsional integral mampu mempercepat respon terbukti dengan nilai delay time sebesar 0,15 detik. Untuk *Error steady state* menuju ke nol dimulai waktu 60 detik. Selanjutnya untuk kontroler proporsional integral pada Motor servo, kontrol posisi dikontur linear menghasilkan \hat{A} nilai *RMSE* 10,0101 dan dikontur nonlinear memiliki *RMSE* yaitu 2,5192. *RMSE* pada kontur nonlinear lebih kecil dibandingkan dengan kontur linear[4].

Proses automasi Robotika atau *RPA* adalah teknologi perangkat lunak yang memudahkan untuk membangun, menyebarkan, dan mengelola Robot perangkat lunak yang meniru tindakan manusia yang berinteraksi dengan Sistem dan perangkat lunak digital. Bidang ini melibatkan desain, konstruksi, operasi dan penggunaan mesin yang disebut Robot untuk melakukan tugas-tugas yang dilakukan secara tradisional oleh manusia atau menggantikan tindakan manusia.

Melakukan suatu proses yang akan menunjukkan pergerakan Robot *single* ini akan lebih gampang terintegrasi dengan dan HMI. Robot *single Axis* yang akan kita gunakan yaitu *MITSUBISHI MR-J4-40a* dengan bantuan beberapa mekanisme dari Sistem mekanikal nya dan beberapa fitur yang di jelaskan pada table 1.



Gambar 1 Robot *Single Axis* dan *MITSUBHISI MR-J4-40A*

Tabel 1 Fitur pada *Robot Single Axis* dan *MITSUBISHI MR-J4-40A*

No	Description
1	Servo Motor
2	Sistem mekanik Belting dan pully
3	Konektor power
4	Konektor Motor
5	Konektor Encoder
6	Konektor download parameter
7	Konektor komunikasi I/O
8	
9	

2.2 Human Machine Interface (HMI)

Menurut Penelitian Sumardi sadi HMI adalah *human machine interface*, yaitu alat komunikasi atau penghubung antara mesin dan manusia (*operator*), dapat berupa *LCD, Monitor PC, Android HP*, atau bentuk layar lainnya. Pada dasarnya bahwa HMI berfungsi sebagai alat monitoring suatu proses Sistem yang melibatkan mesin produksi dengan operator (*User*). HMI dapat digunakan untuk monitoring berbagai aktifitas kerja yang ada di industri, baik pada industri skala kecil, menengah atau pun besar[5].

Menurut jurnal yang di buat oleh AH Siddique, T Shamsi, M dengan judul Human Machine Interaction (HMI) *in Offshore Drilling - oil rig workers' opinion about their interaction with machines* yang membahas tentang banyak sekali anjungan pengeboran di dunia dan begitu pekerja di anjungan tersebut mengalami kecelakaan, situasinya bisa sangat serius. Konsekuensinya bisa berupa lingkungan, ekonomi, dan dalam beberapa kasus fatal. Timur Tengah, sebagai salah satu wilayah yang kaya minyak, maka beberapa operator terbesar bekerja di sini. Perusahaan-perusahaan di sini memiliki berbagai jenis *rig jack up* mulai dari *rig* generasi lama hingga *rig cyber* terbaru. Makalah ini membahas apa yang dikatakan pekerja *rig* minyak tentang interaksi mereka dengan mesin, dan bagaimana Interaksi Manusia dan Mesin (HMI) dalam Pengeboran Lepas Pantai dapat ditingkatkan dengan desain. Penelitian tentang Interaksi Manusia dan Mesin (*Human Machine Interaction/HMI*) dan Faktor Manusia terkait hal ini telah dilakukan pada *rig cyber* generasi terbaru. Ada banyak aspek HMI dan ergonomi tetapi dalam penelitian ini konsentrasi khusus diberikan untuk menangani sudut pandang ergonomi dan mengevaluasi kontrol konsol pengebor. Bila dibandingkan dengan mesin yang ada, beberapa modifikasi dapat dipikirkan untuk interaksi manusia-mesin yang lebih baik. Sistem interaksi manusia-mesin yang lebih baik akan memastikan lingkungan yang lebih produktif bagi para pekerja anjungan minyak[6].

Untuk *Human Machine Interface* (HMI), yang saya gunakan pada Sistem *Screwing* yang saya buat menggunakan HMI yang berasal bermerek *MONITOUCH*. dengan fitur banyak fitur yang di sediakan oleh *MONITOUCH* Dan beberapa fitur yang di berikan.



Tabel 2 Fitur pada HMI *MONITOUCH*

NO	<i>Description</i>
1	Layar Display
2	COM 1
3	COM 2 Dan COM 3
4	Terminal Power 24v dc

Pada table diatas adalah beberapa fitur yang di sediakan oleh *MONITOUCH* untuk bisa di gunakan pada Sistem Industri.

2.3 Programmable Logic Controller (PLC)

Pada jurnal Califtexa nico adalah *Programmable Logic Controller* (PLC) merupakan gabungan beberapa rangkaian elektronik yang terkoneksi menjadi satu membentuk satu kesatuan sehingga dapat menerima berbagai macam perintah berupa berbagai macam fungsi– fungsi kontrol seperti perhitungan delay tunda, kontrol sebagai saklar pada level yang lebih tinggi. mengumpulkan data dari Sensor atau perangkat input yang terhubung, memprosesnya, dan kemudian mengaktifkan output berdasarkan pengaturan yang telah ditetapkan sebelumnya. memiliki kemampuan memantau dan merekam data yang bekerja terus- menerus seperti produktif nya suatu mesin atau suhu dalam pengoperasian mesin, memulai dan menghentikan proses secara otomatis, membuat alarm jika mesin gagal, dan banyak lagi, tergantung pada input dan output[7].

Sebuah dapat melakukan fitur – fitur berikut ini:

1. **Programmable**, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.
2. **Logic**, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan logika (*ALU*), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, *AND*, *OR*, dan lain sebagainya.
3. **Controller**, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.



Gambar 2 Programmable Logic Control (PLC)

merupakan suatu piranti berbasis kontrol yang dapat diprogram bersifat logika, yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan *Relay* yang dijumpai pada Sistem kontrol proses konvensional. bekerja dengan cara

mengamati masukan (melalui *Device* yang dipakai), kemudian melakukan proses.

Melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, seperti menghidupkan atau mematikan keluarannya. Dengan kata lain, menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrument keluaran berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati. merupakan suatu alat pengontrol yang bisa diprogram dengan bahasa program seperti *ladder diagram*, *statment list*, dan *function chart*. yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu *CP2M* dengan beberapa kombinasi *EXPANTION* yang digunakan untuk I/O ,*Pulse* dan beberapa fungsi yang lain. Dibawah ini ada beberapa gambar dan fitur yang di sediakan oleh *CP2M* dan *EXPANTION* .

Bab 3. Metode

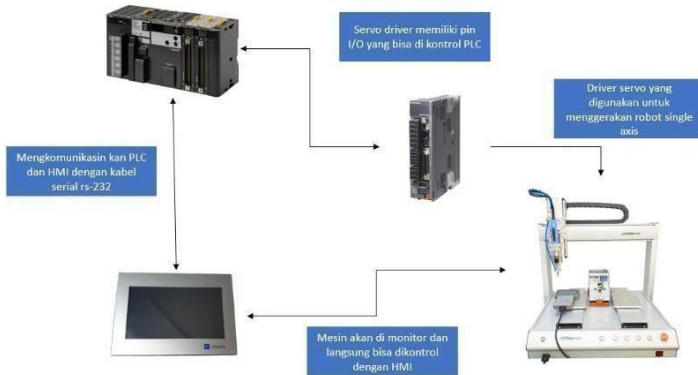
Tugas Akhir ini dikerjakan sesuai dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pertama tugas akhir ini penulis mencari studi literatur dari jurnal para peneliti sebelumnya, kemudian setelah mencari studi literatur penulis mendapatkan permasalahan dari peneliti sebelumnya, setelah itu penulis merumuskan perancangan Sistem yang akan dibuat. Perancangan yang akan dibuat yaitu perancangan Sistem implementasi proses *Screwing* dengan menggunakan *linier single Axis* yang di bantu oleh servo dan *Driver* yang bisa dikontrol oleh dan di integrasikan agar lebih mudah *monitoring* dengan bantuan HMI agar bisa menghasilkan produk yang berkualitas. Maka setelah hal sebelumnya sudah di lakukan maka masuk ke dalam proses pengecekan dan evaluasi terhadap proses yang dilakukan oleh Sistem yang di buat kemudian pembuatan laporan supaya memiliki data yang menjadi patokan parameter yang kita terapkan pada Sistem tersebut. Metode akan ditunjukkan oleh diagram alir pada gambar 4.



Gambar 3 Contoh Diagram Alir

3.1. Diagram Blok Sistem

Diagram Blok ini adalah proses dimana Sistem berajalan untuk menghasilkan Proses yang sesuai dengan implementasi yang dilakukan pada proses industri.

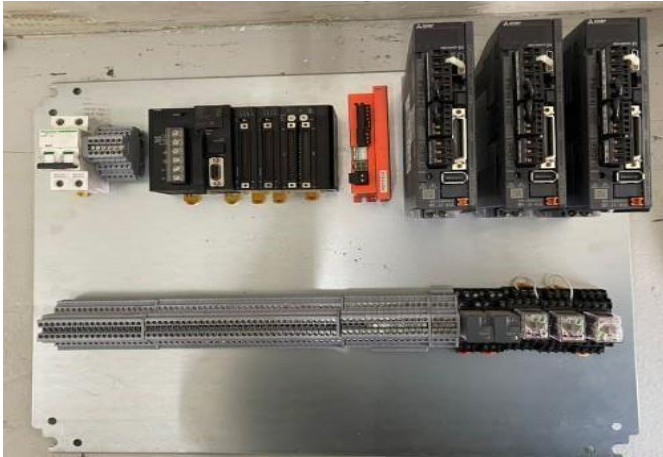


Gambar 4 Contoh Diagram Blok Sistem

Kemudian pada gambar ini ada beberapa komponen yang di pakai yaitu *OMRON CJ2M* yang di kombinasikan dengan *Expansion* untuk Mengendalikan dan mengontrol *Driver SERVO MR-J4-A MITSUBISHI* dengan dukungan *pin I/O* yang telah di sediakan. untuk Sistem monitори yang di terapkan adalah pemakaian HMI *MONITOUCH*.

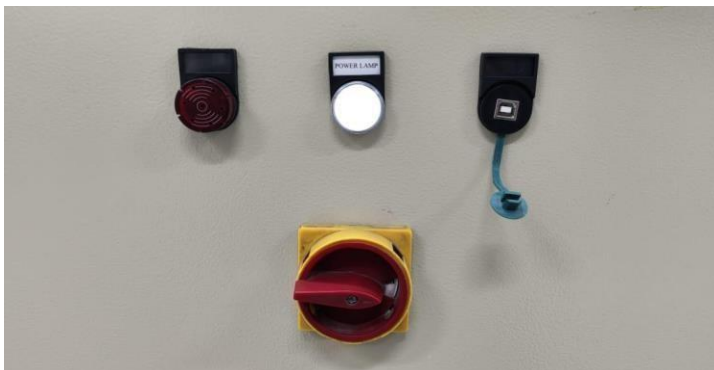
3.2. Posisi Peletakan Komponen

Peletakan komponen pada panel kontrol dilakukan dengan mempertimbangkan kemudahan instalasi, keamanan, serta kerapian tata letak. Setiap komponen ditempatkan sesuai fungsi dan jalur koneksinya agar proses perakitan dan perawatan dapat dilakukan dengan efisien.



Gambar 5 Peletakan Komponen Pada Panel

Pada gambar diatas adalah Peletakan posisi komponen pada Plat panel dan tata letak yang berisi beberapa komponen yang di pakai dalam pembuatan mesin.

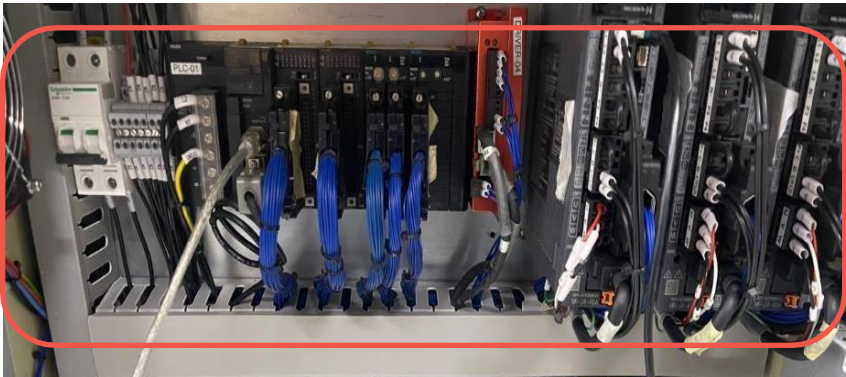


Gambar 6 Peletakan Komponen Pada Pintu Panel

Pada gambar diatas adalah peletakan posisi komponen yang berada pada sisi pintu panel.

Tabel 3 List Part

NO	NAMA	JUMLAH
1	Buzzer	1
2	<i>Lampu indicator</i>	1
3	USB port	1
5	MCB 25 A	1
6	OMRON CJ2M	1
7	Terminal 220V	15
8	<i>Driver Motor Stepper</i>	1
9	<i>Driver Motor Servo XL</i>	1
10	<i>Driver Motor Servo XR</i>	1
11	<i>Driver Motor Servo Y</i>	1
12	Terminal Power Input AC	1
13	Terminal I/O	45
14	<i>Relay 24VDC</i>	3



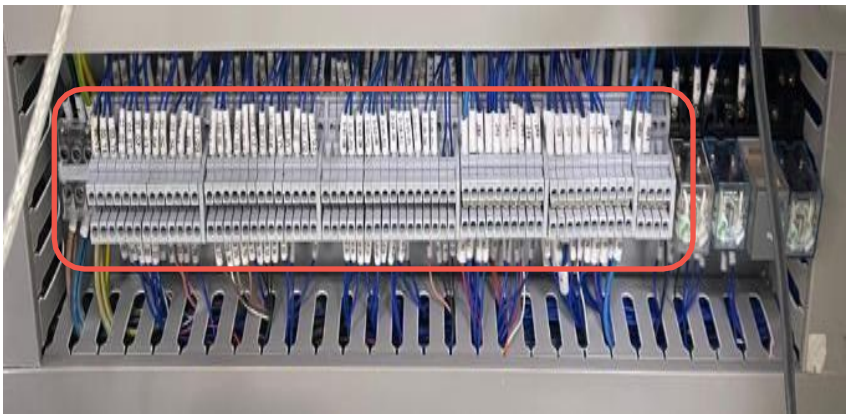
Gambar 7 Pemasangan Sistem Control Pada Mesin

Pada gambar diatas adalah gambar dimana komponen sudah melewati proses pemasangan *Cable* atau biasanya di sebut dengan Proses *Wiring*. Beberapa komponen yang di berikan Power yaitu *MCB*, , *Driver Servo*, *Power Supply* dan *Fan*.



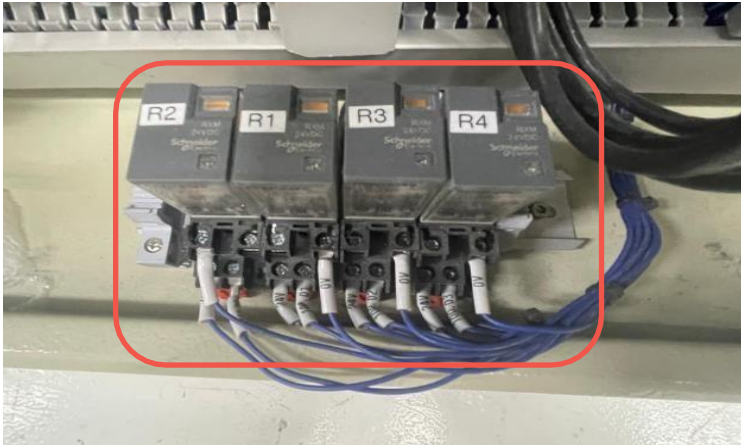
Gambar 8 Pemasangan Wiring pada Pintu Panel

Pada gambar diatas adalah gambar dimana komponen yang berada pada pintu panel sudah dilakukan Proses *Wiring*. Beberapa komponen yang ada pada pintu panel yaitu *Buzzer*, *Lamp*, *Cable Port USB* dan *Cam Switch*.



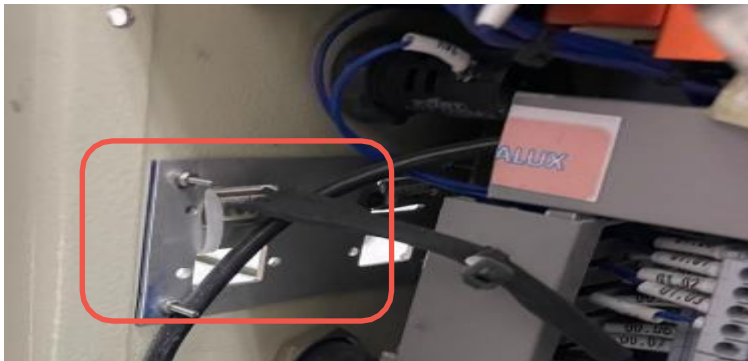
Gambar 9 Pemasangan Kabel Keluaran PLC (I/O)

Pada gambar diatas adalah hasil dari pemasangan Keluaran *Cable I/O* yang berasal dari dan kemudian di pasang menuju terminal yang telah tersedia untuk pemakaian dan Control untuk Komponen yang di pakai.



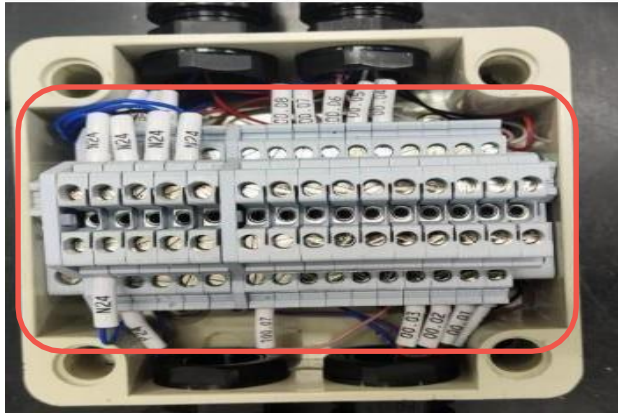
Gambar 10 Relay Komunikasi dengan Screw Feeder dan Screw Driver

Pada gambar diatas adalah hasil pemasangan *cable I/O* keluaran dari yang di gunakan untuk komunikasi secara langsung menggunakan Kontak Relay yang menuju *Screw Feeder* dan *Screw Driver*.



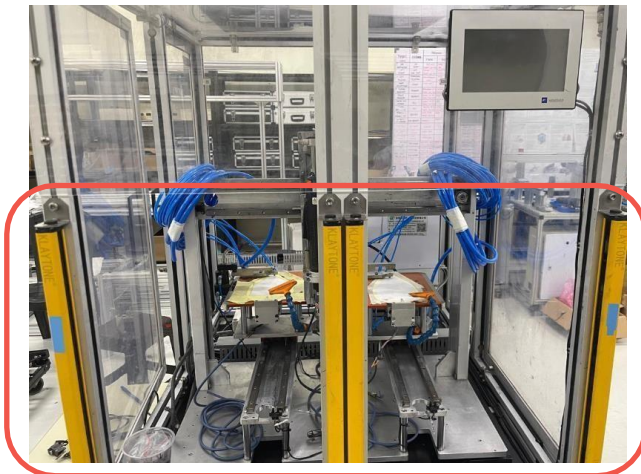
Gambar 11 Connector RS-232 Komunikasi dengan HMI

Pada gambar diatas adalah Pemasangan *Connector RS-232* untuk komunikasi dengan HMI. Dengan komunikasi Serial maka bisa mengakses dan menjalankan mesin secara Auto dengan sentuhan terhadap HMI.



Gambar 12 Junction Box I/O

Pada gambar diatas adalah *Junction Box* diatas di pasang diatas meja mesin letak nya berada di depan *Screw Feeder*. Digunakan untuk pemakaian aktuator yang berada di luar luar panel utama. Seperti Sensor deteksi part kanan dan kiri, Sensor Lecurtain, *Tower Lamp*, dan digunakan juga untuk mengeluarkan Power yang bertegangan 24V DC.



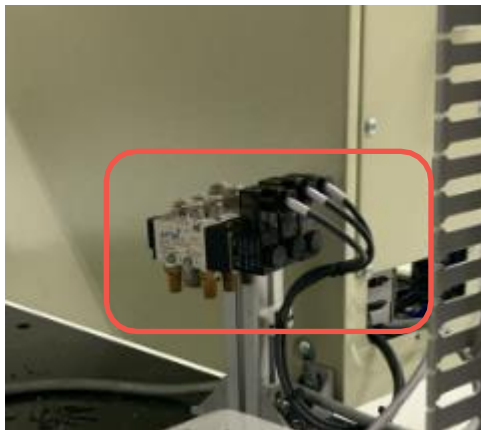
Gambar 13 Posisi Sensor *Light Curtain*

Pada gambar diatas adalah Posisi peletakan sensor Lecurtain yang langsung menuju Junction Box yang berada pada posisi belakang.



Gambar 14 Pemasangan Power dan Kabel Komunikasi (HMI)

Pada gambar diatas untuk HMI yang di gunakan pada mesin ini memiliki sumber power sebesar 24V DC. Komunikasi yang di sediakan oleh HMI tersebut adalah Serial RS-232 yang langsung di pasangkan pada PLC yang berada di dalam panel. Sumber 24V DC diambil dari *Junction Box*.



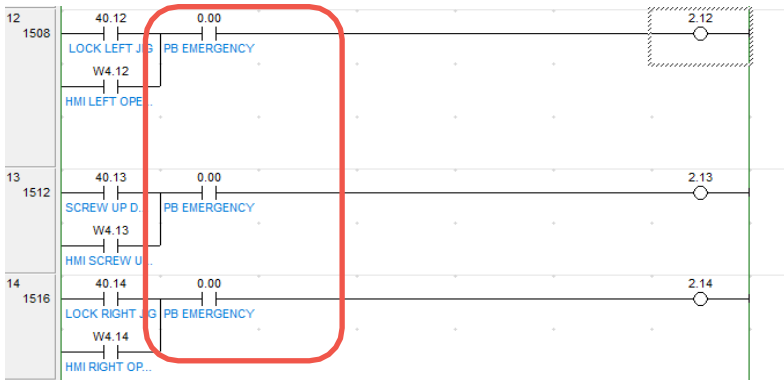
Gambar 15 Pemasangan Selenoid Output

Pada gambar diatas ini adalah pemasangan Output Selenoid Valve yang di kontrol oleh PLC dan pada mesin digunakan untuk menjepit part yang berada pada diatas jig, kemudian di gunakan juga untuk membantu *Screw Driver* untuk melakukan Penyekruan.

Tabel 4 Estimasi biaya

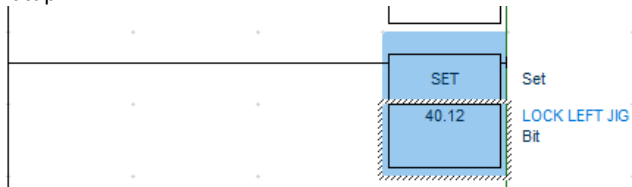
No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan ¹
1	<i>Omron C12M</i>	3.800.000	1	3.800.000	-
2	<i>Expantion CP1M</i>	1.325.00	1	1.325.00	-
3	<i>Power Suply 24VDC</i>	300.000	1	300.000	-
4	Terminal io	15.000	30	450.000	-
5	<i>Driver Stepper Motor</i>	500.000	1	500.000	-
6	<i>Driver Servo Motor</i>	7.000.000	3	21.000.000	-
7	<i>Motor Stepper</i>	1.000.000	1	1.000.000	-
8	Motor Servo	6.000.000	3	18.000.000	-
9	<i>Buzzer</i>	120.000	1	120.000	-
10	<i>Lampu Indikator</i>	80.000	1	80.000	-
11	Selektor Power	140.000	1	140.000	-
12	<i>Usb Port</i>	300.000	1	300.000	-
13	<i>Monitouch HMI</i>	6.000.000	1	6.000.000	-
14	<i>Tower Lamp</i>	350.000	1	350.000	-
15	<i>Power Suply 48VDC</i>	450.000	1	450.000	-
16	<i>Screw Feeder</i>	2.000.000	1	2.000.000	-
17	<i>Screw Driver</i>	500.000	1	500.000	-
18	Panel Box	1.200.000	1	1.200.000	-
19	<i>Solenoid Valve</i>	400.000	3	1.200.000	-
20	Selang Tubing	2.000.000	1kotak	2.000.000	-
21	<i>MCB</i>	300.000	1	300.000	-
..					
	Total			60.265.450	Punya Perusahaan

3.3. Debugging Program



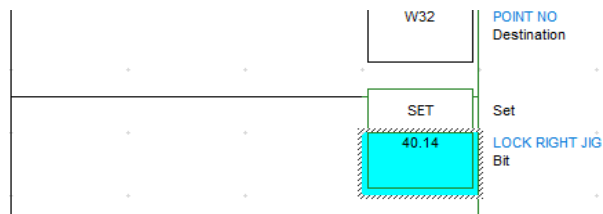
Gambar 16 Debugging Tombol Emergency

Pada proses *Debugging* program ini terdapat bahwa pada saat tombol *Emergency* nya di tekan tidak membuat Perangkat pada mesin tidak terbuka tetapi terus menutup.



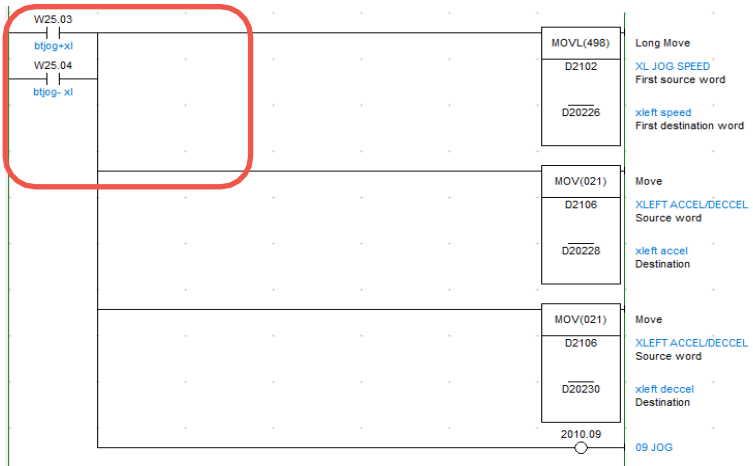
Gambar 17 Debugging Tombol Emergency Left Jig

pada gambar diatas adalah garis *Ladder* pada Program untuk mengecek kondisi apabila tombol *Emergency* di tekan apakah terbuka atau tidak untuk *Jig Left*.



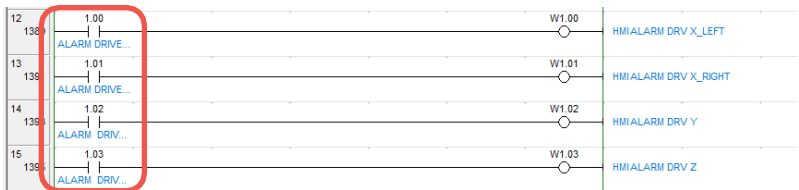
Gambar 18 Debugging Tombol Emergency Right Jig

pada gambar diatas adalah garis *Ladder* pada Program untuk mengecek kondisi apabila tombol *Emergency* di tekan apakah terbuka atau tidak untuk *Jig Right*.



Gambar 19 Debugging JOG Manual

Pada saat mesin sudah hidup maka dilakukan proses *JOG* manual melalui HMI dan bisa di lihat dari apakah sinyal masuk atau tidak.



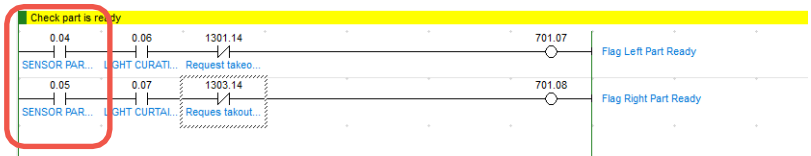
Gambar 20 Debugging Alarm Driver Muncul pada HMI

Pada proses *Debugging* disini adalah memastikan pada kondisi alarm yang terjadi pada Robot *single Axis* muncul dan bisa di tampilkan pada HMI .



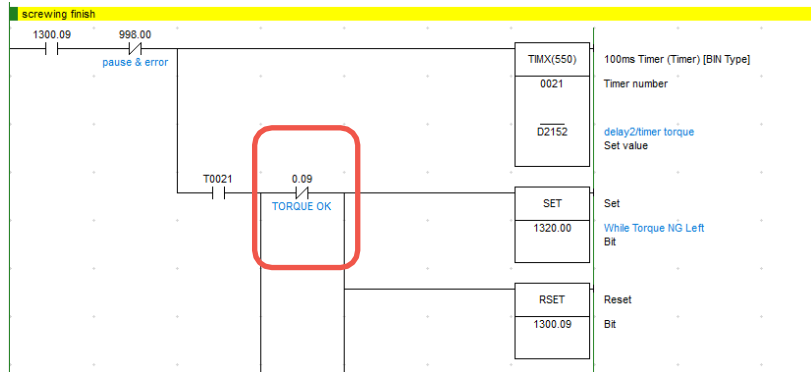
Gambar 21 Debugging Safety Door

Disini biasa nya sering terjadi dikarenakan *cover pintu* tidak di tutup mengakibatkan Sensor *safety door* mendeteksi dan mengakibatkan *Error* dan *Pause* pada saat mesin berjalan.



Gambar 22 Debugging Sensor Part

Untuk menjalankan mesin ini adalah dengan cara memasukkan produk yang akan di *Running* kan lalu *Sensor Part* mendeteksi dan memberikan sinyal bahwa *Part* sudah *Ready*. *Sensor Part* disini terbagi menjadi dua yaitu *Sensor Part* kiri dan *Sensor Part* kanan.



Gambar 23 Debugging Sinyal Torque

Pada saat mesin berjalan kemudian melakukan proses *Screwing* maka apabila *Sensor Torque* akan mengirim kan sinyal ke bahwa produk yang sudah di proses telah memiliki *Torque* yang sudah di masukan dalam parameter.


3.4. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah mesin ini sudah sesuai dengan proses dan harapan untuk menciptakan produk yang ingin di jual dan di pasaran agar perusahaan yang mengimplementasikan Sistem ini.

3.4.1. Pengujian Fungsional Sistem

Memastikan bahwa seluruh komponen Sistem berjalan sesuai fungsi masing-masing.

Tabel 5 Pengujian Fungsional Sistem

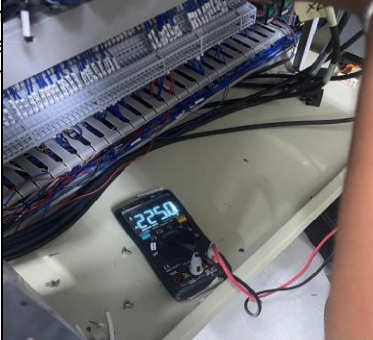
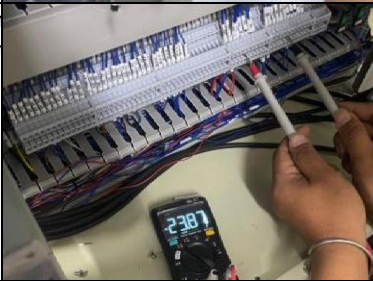

NO	PROSES	DOKUMENTASI
1	Melakukan proses pengecekan fungsi <i>Gripper</i> untuk mengikis dengan menggunakan part yang di berikan.	
2	Melakukan proses pengecekan fungsi Sensor dengan mengukir kunci L karena Sensor yang di pakai adalah tipe Induktif.	
3	Melakukan proses manual untuk menggerakan Robot <i>Single Axis</i> dengan melalui <i>Driver</i> dan <i>Software</i> yang sudah di berikan.	

Tabel diatas ini digunakan untuk menampilkan hasil dokumentasi dari pengujian fungsional Sistem seperti menggerakan Robot dengan *Software*, pengecekan beberapa Sensor yang sudah di pasang lalu dengan cara menggunakan Tespen untuk mengaktifkan Sensor secara langsung, pengecekan pergerakan jig yang terdapat Cylinder yang digunakan untuk menahan part pada proses Running dengan cara memasukan sumber angin kemudian menekan Selenoid.

3.4.2. Pengujian *Wiring* dan Sistem Elektrikal

Memastikan koneksi antar komponen elektrik benar, aman, dan sesuai *Wiring diagram*.

Tabel 6 Pengujian *Wiring* dan Sistem Elektrikal


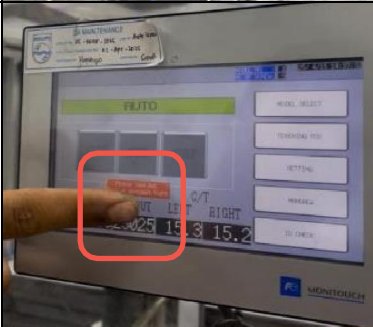

NO	PROSES	DOKUMENTASI
1	Melakukan proses pengecekan tegangan AC yang sudah masuk ke dalam Control mesin sebesar 220VAC.	
2	Melakukan pengecekan tegangan DC yang di keluarkan oleh Power Supply 24VDC sebesar 23.87VDC.	
3	Melakukan pengecekan tegangan DC yang di keluarkan oleh Power Supply 48VDC sebesar 48.51VDC.	

Tabel diatas berfungsi untuk menampilkan hasil dokumentasi terhadap pengujian *Wiring* dan Sistem Elektrikal dengan menggunakan alat pengukur yaitu *Multimeter*. kemudian melakukan pengecekan Tegangan yang masuk kedalam panel yang berisi komponen Elektrikal.

3.4.3. Pengujian HMI dan Antar muka pengguna

Menilai apakah tampilan HMI berfungsi baik dan mudah dioperasikan.

Tabel 7 Pengujian HMI dan Antar muka pengguna

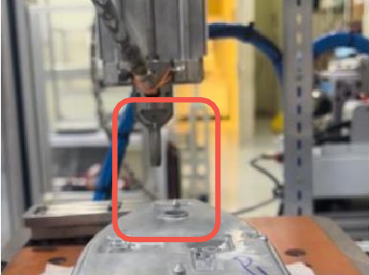


NO	PROSES	DOKUMENTASI
1	Melakukan proses manual JOG dengan menggunakan tampilan HMI.	
2	Memastikan bahwa Alarm sudah masuk dan muncul pada HMI.	
3	Melakukan proses menekan HMI untuk menjalankan proses AUTO.	

Pada tabel diatas adalah untuk menampilkan hasil dokumentasi yang ditampilkan pada HMI yang sudah terkoneksi dengan. kemudian HMI bisa menampilkan I/O dan melakukan pergerakan Robot.

3.4.4. Pengujian Presisi dan Ketetapan Penyekrupan

Mengukur ketepatan posisi dan kekencangan saat sekrup dipasang.

Tabel 8 Pengujian Presisi dan Ketetapan Penyekrupan

NO	PROSES	DOKUMENTASI
1	Proses pengujian kestabilan point yang sudah dimasukan kedalam HMI sebagai titik penyekrupan.	
2	Melakukan percobaan untuk langsung menuju titik Point yang sudah di simpan pada HMI.	
3	Memastikan untuk pemindahan Point sudah sesuai dengan point yang dimasukan. Dan nilai yang terbaca oleh HMI sudah sesuai.	

Pada tabel diatas untuk menampilkan hasil pergerakan Robot *Single Axis* yang bergerak sesuai dengan *Point* yang kita masukan ke dalam HMI.

Tabel 9 Nilai Posisi pada HMI

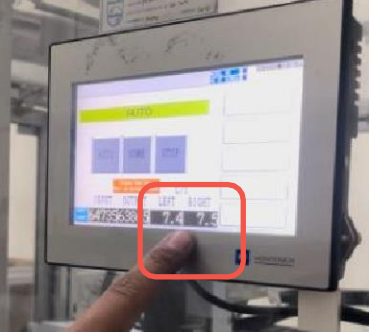
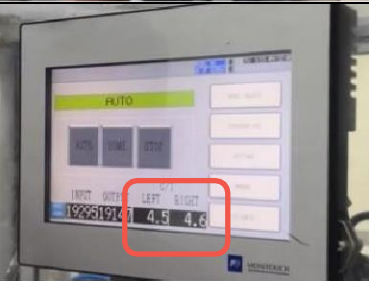
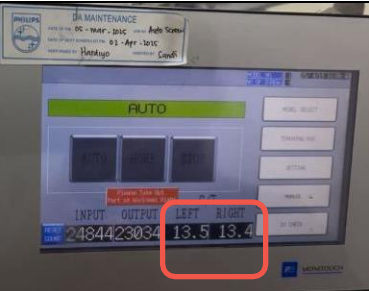
X	Y	Z	Posisi
27.63	141.99	0.00	Posisi Stanby
12.49	54.84	40.16	Posisi titik Screw 1
115.84	27.08	41.19	Posisi titik Screw 2
115.76	83.08	40.51	Posisi titik Screw 3
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	

Pada tabel diatas merupakan nilai yang di berikan oleh Encoder Motor yang digunakan yang langsung terkomunikasi oleh HMI dan muncul ketika Motor bergerak. Nilai tersebut yang saya gunakan untuk menjalan kan proses Penyekrewan yang di lakukan pada mesin.

3.4.5. Pengujian Waktu Siklus (Cycle Time)

Mengetahui seberapa cepat proses penyekrupan dilakukan secara otomatis.

Tabel 10 Pengujian Waktu Siklus (Cycle Time)

NO	PROSES	WAKTU
1.	Melakukan proses AUTO pada pengujian 5 point penyekrupan Dengan catatan waktu ± 7.4 s – 7.5 s	
2	Melakukan proses AUTO pada pengujian 3 point penyekrupan Dengan catatan waktu ± 4.5 s – 4.6 s	
3	Melakukan proses AUTO pada pengujian 9 point penyekrupan Dengan catatan waktu ± 13.4 s – 13.5 s	

Pada tabel diatas untuk menampilkan hasil waktu dari proses *Running* mesin dengan acuan waktu yang diberikan oleh User untuk membedakan proses secara otomatis dengan proses secara manual.

3.4.6. Pengujian Keandalan Sistem (*Reability Test*)

Mengetahui stabilitas Sistem setelah dijalankan dalam waktu lama.

- $Availability = \frac{Operating\ Time}{Planned\ Production\ Time}$
- $Performance = \frac{Ideal\ Cycle \times Total\ Output}{Operating\ Time}$
- $Quality = \frac{Good\ Units}{Total\ Units\ Produced}$
- $OEE = Availability \times Performance \times Quality$

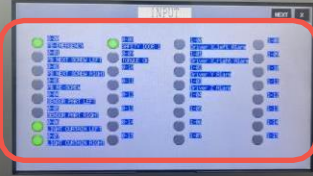


Data yang di miliki pada saat mesin sedang melakukan status Producent

- Operating time = 10 jam = 36.000 detik
- Planned Production = 10 jam = 36.000 detik
- Ideal Cycle Time = 8s per produk
- total output = 3.200
- good unit = 3.192
- total unit Produced = 3.200
- $Availability = \frac{36.000\ Detik}{36.000\ detik} = 1,00 = 100\%$
- $Performance = \frac{8 \times 3.200}{36.000\ detik} = \frac{25.600}{36.000\ detik} = 0,7111 = 71,11\%$
- $Quality = \frac{3.192}{3.200} = 0,9975 = 99,75\%$
- $OEE = 1,00 \times 0,7111 \times 0,9975$
 $OEE = 0,7093 = 70,93\%$

3.4.7. Pengujian Keselamatan (*Safety Test*)

Memastikan Sistem memiliki fitur keselamatan yang aktif saat terjadi kesalahan.

Tabel 11 Pengujian Keselamatan (*Safety Test*)

NO	PROSES	DOKUMENTASI
1	Melakukan pengecekan setelah mesin sudah hidup kemudian melihat sinyal untuk Lecurtair Right, Lecurtair Left, dan Safety Door.	
2	Melakukan pengetesan pada saat mesin sedang berjalan lalu memasukan tangan dan Sistem akan langsung berhenti.	
3	Muncul nya Alarm setelah mesin mendeteksi sinyal yang membahayakan dan harus dilakukan proses Reset terlebih dahulu kemudian akan berjalan kembali.	

Tabel ini untuk menampilkan hasil dari dokumentasi Safety yang di terapkan dalam mesin ini yang berfungsi sebagai pengaman pada saat mesin sedang berjalan diakibatkan oleh Human *Error* dan gangguan dari proses yang tidak normal.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini hasil dan pembahasan yang telah dicapai selama pengerjaan Tugas Akhir berlangsung antara lain:

4.1 Hasil dan Instalasi Sistem

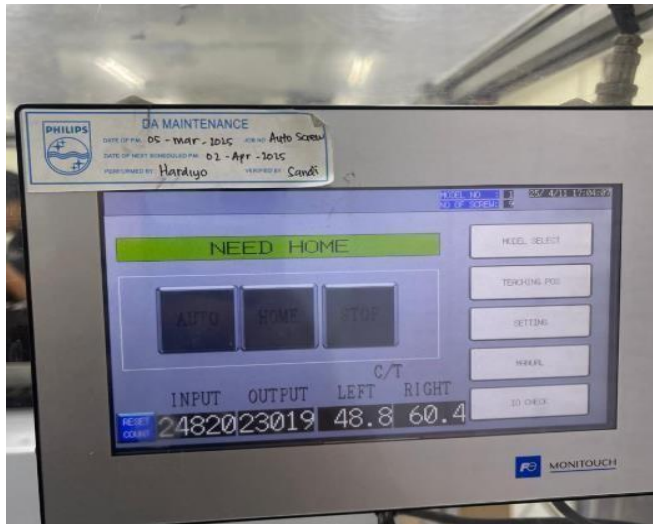
Pada tahap ini telah dilakukan proses instalasi sistem kelistrikan pada *Screwing Robot Single Axis Otomatis* yang dikendalikan menggunakan PLC dan HMI. Proses instalasi meliputi pemasangan komponen utama dan pendukung sistem agar seluruh perangkat dapat bekerja secara terintegrasi.

4.1.1 Instalasi Komponen Utama

komponen utama yang diinstalasi yaitu:



Gambar 24 Instalasi Komponen Secara Fisik didalam Panel



Gambar 25 Instalasi HMI yang berada diluar Panel

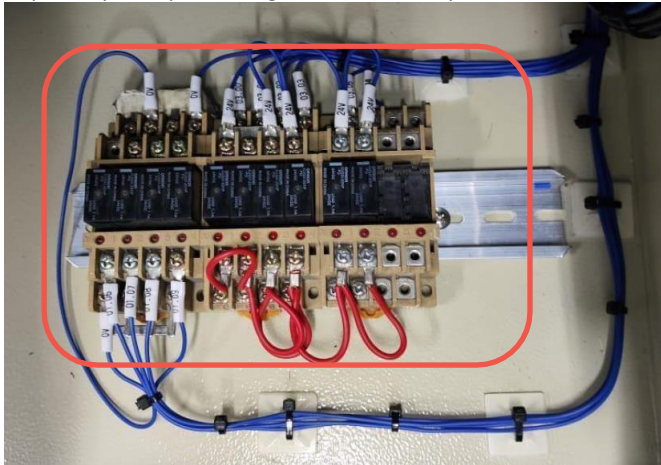
Alat beserta fungsi yang digunakan pada sistem ini adalah sebagai berikut:

1. PLC (Programmable Logic Controller) sebagai pusat kontrol logika sistem.
2. HMI(Human Machine Interface) sebagai media antarmuka antara operator dengan sistem.
3. *Driver* Motor dan Motor *single Axis* sebagai aktuator utama untuk menggerakkan mekanisme *Screwing*.
4. Power supply 24VDC untuk mendistribusikan sumber daya ke perangkat kontrol dan sensor.

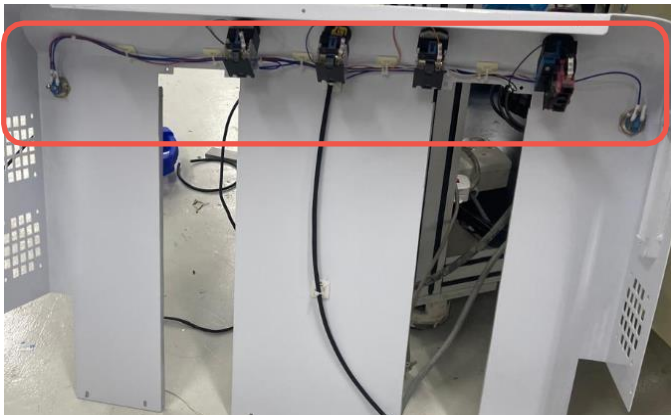
Pemasangan dilakukan dengan memperhatikan diagram *Wiring*, di mana terminal input dan output PLC dikoneksikan ke masing-masing sensor, limit switch, serta output aktuator. Semua koneksi diuji menggunakan multimeter digital untuk memastikan kontinuitas dan tegangan kerja sesuai spesifikasi.

4.1.2 Instalasi Komponen Pendukung

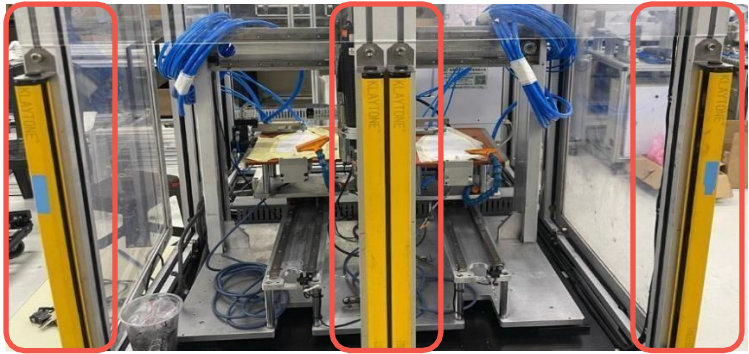
Beberapa komponen pendukung sistem diantaranya:



Gambar 26 Instalasi Relay



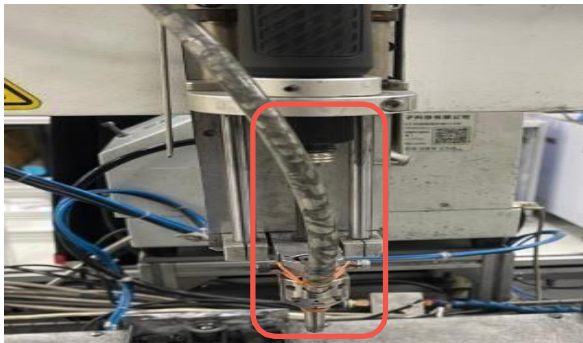
Gambar 27 Instalasi Tombol pada Cover



Gambar 28 Instalasi Light Curtain



Gambar 29 Instalasi Screw Feeder



Gambar 30 Instalasi Screw Driver

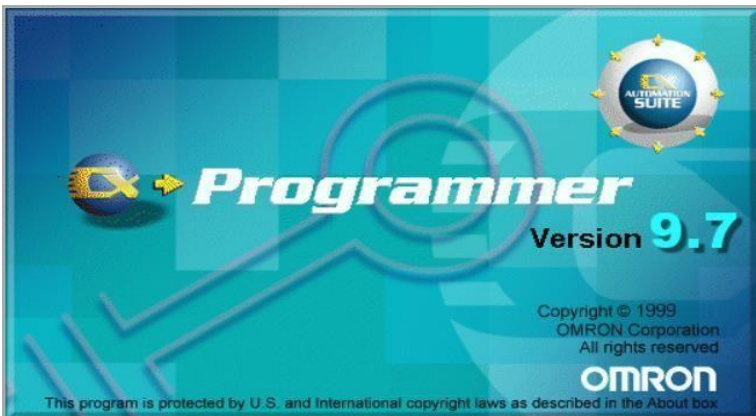
Alat beserta fungsi yang digunakan pada sistem ini adalah sebagai berikut:

1. *Relay* digunakan sebagai perantara kontrol antara PLC dan beban eksternal (seperti *Tower Lamp* dan *Screw Feeder*).
2. *Tower Lamp (Lampu Indikator)* berfungsi memberikan informasi visual status kerja sistem (misalnya: hijau = normal, kuning = proses, merah = *Error*).
3. *Screw Feeder* digunakan sebagai unit pemberi baut otomatis yang dikontrol melalui sinyal output PLC.
4. *Screw Driver* Otomatis yang dikendalikan secara sekuensial melalui gerakan Motor *single Axis* untuk proses pemasangan baut pada posisi yang telah ditentukan.
5. Tombol *External* digunakan sebagai control manual untuk melanjutkan proses apabila terjadi *Error* pada saat mesin sedang *Runing*.

Semua komponen diinstal pada panel kontrol dengan penataan kabel yang rapi dan diberi label sesuai fungsi terminal, untuk memudahkan proses pemeliharaan dan troubleshooting.

4.2 Implementasi Program dan Debugging

Tahap berikutnya adalah implementasi serta proses debugging pada program PLC. Program yang digunakan berbasis ladder diagram dan diunduh ke PLC menggunakan perangkat lunak seperti *Software Omron CX-Programmer*.



Gambar 31 *Software* PLC yang Digunakan

4.2.1 Logika dasar Program

Program PLC dirancang dengan beberapa kondisi kerja utama:

1. Start/Stop Control – mengatur inialisasi sistem dan penghentian proses.
2. *Home Position Routine* – memastikan posisi Motor *single Axis* berada di titik awal sebelum proses dimulai.
3. *Feeding Process* – mengaktifkan *Screw Feeder* untuk mengirim baut ke *Screw Driver*.
4. *Screwing Process* – mengatur gerakan turun *Screw Driver* untuk proses pemasangan baut secara otomatis.
5. *Error Handling* – menampilkan indikasi *Error* pada HMI dan *Tower Lamp* jika terjadi kesalahan seperti limit switch tidak aktif, Motor overload, atau baut tidak terdeteksi.

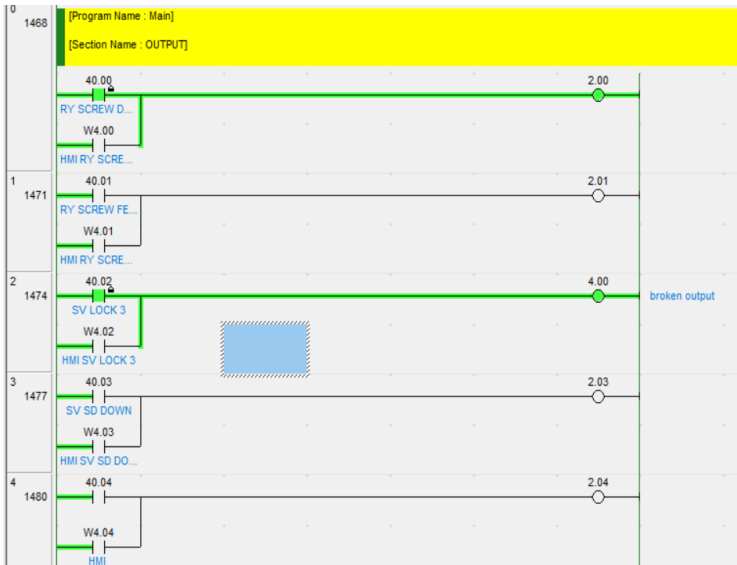
4.2.2 Proses *Debugging*

Debugging dilakukan untuk memastikan seluruh logika program berjalan sesuai urutan kerja yang diharapkan. Langkah-langkah *debugging* meliputi:

1. Pemeriksaan status input/output PLC secara *real-time* melalui *Software*.

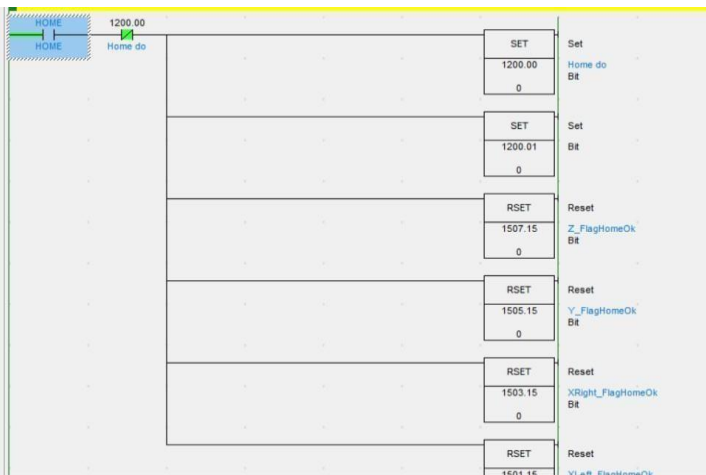


Gambar 32 Pemeriksaan Sinyal Input pada *Software*



Gambar 33 Pemeriksaan Sinyal Output pada Software

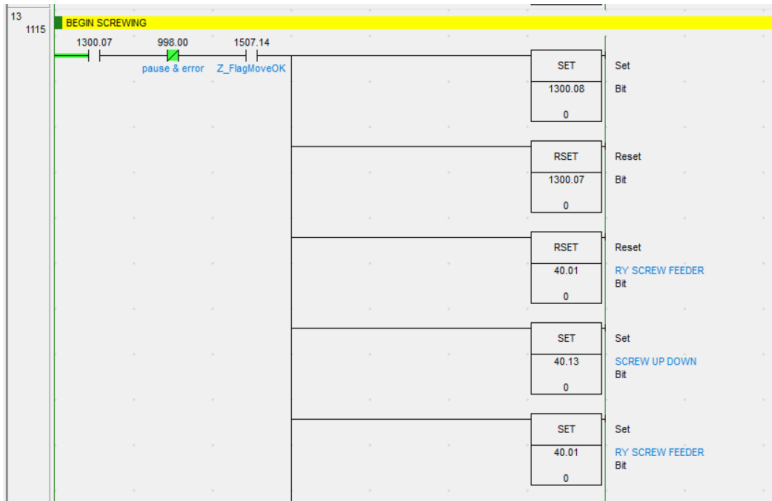
2. Pengujian delay waktu dan interlock antar proses untuk menghindari tabrakan gerakan.



Gambar 34 Pemeriksaan Sinyal Home

Pada gambar di atas menunjukkan apabila salah satu *Axis* yang belum melakukan posisi Home maka perintah untuk menjalankan proses selanjutnya tidak akan bisa berjalan di karenakan tidak memenuhi syarat pada program yang telah dibuat untuk menghindari terjadinya tabrakan antar *Axis*.

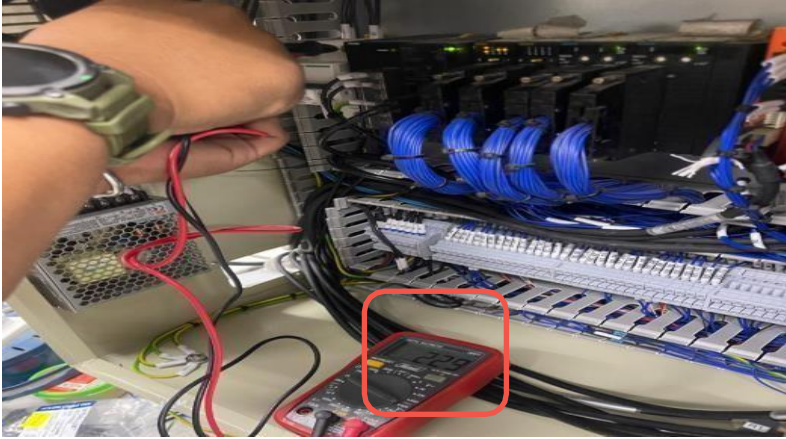
3. Penyesuaian program untuk menyinkronkan dengan kecepatan Motor dan durasi kerja *Screw Feeder*.



Gambar 35 Penyesuaian Kecepatan Motor dengan *Screw Feeder*

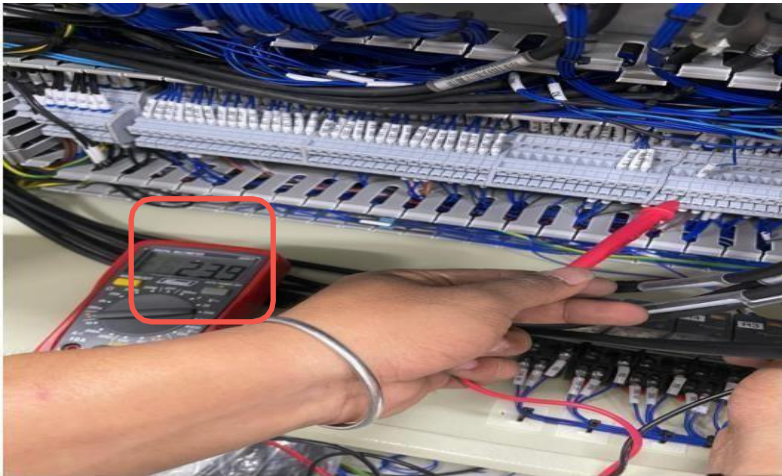
Pada gambar di atas menunjukkan bahwa Program harus menerima sinyal dari Motor apabila Motor sudah pada posisi yang di gunakan untuk melakukan proses *Screw* pada Produk.

4. Pengukuran tegangan sinyal kontrol menggunakan multimeter untuk memastikan tidak terjadi kehilangan tegangan atau gangguan sinyal.



Gambar 36 Pengecekan Sumber Tegangan 220 VAC

Pada gambar di atas pengecekan sumber tegangan AC sebesar 220 v maka mesin akan menyala dan bisa berjalan.



Gambar 37 Pengecekan Sumber Tegangan 24VDC

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa setelah melakukan pengekan terhadap tegangan 220 VAC maka panel akan hidup dan pada panel terdapat Power Suply yang bisa mmengubah tegangan AC menjadi tegangan DC yang berkapasitas sebesar 24 VDC yang banyak di gunakan pad komponen yang berada di dalam *Panel Box* dan *Junction Box*.



Gambar 38 Pengecekan Sumber Tegangan 48VDC

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa adanya tegangan 48 VDC yang ada di dalam panel yang berfungsi untuk menghidup kan *Driver Motor* yang di gunakan untuk *Axis Z* pada Mesin.

Dari hasil debugging, ditemukan beberapa kendala seperti:

1. Sensor limit tidak terbaca akibat koneksi longgar pada terminal input PLC.
2. Motor tidak bergerak pada perintah awal karena parameter kecepatan belum sesuai.
3. *Tower Lamp* tidak menyala saat *Error* akibat kesalahan alamat output pada PLC.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi yang telah dilakukan pada Tugas Akhir berjudul “Implementasi *Debugging* Program dan Instalasi Sistem Kelistrikan pada *Screwing Robot Single Axis* Otomatis Berbasis PLC dan HMI pada Industri”, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem *Robotic Screwing Single Axis* telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan integrasi antara PLC dan HMI. Sistem ini mampu melakukan proses pemasangan sekrup secara otomatis dengan kontrol terpusat melalui antarmuka HMI, sehingga memudahkan operator dalam pengoperasian dan pemantauan sistem.
2. Proses instalasi kelistrikan dilakukan dengan mengacu pada standar industri yang berlaku, seperti IEC 60204-1 untuk keselamatan peralatan listrik mesin, IEC 60364/PUIL sebagai pedoman instalasi listrik, serta IEC 60445 untuk penandaan kabel. Instalasi meliputi pengkabelan PLC, sensor, motor, dan HMI, dilengkapi sistem grounding serta pengujian koneksi dan fungsi I/O guna memastikan sistem beroperasi secara aman, stabil, dan andal.
3. Semua komponen utama sistem meliputi PLC, HMI, Motor penggerak, sensor, dan sistem *Wiring* telah terintegrasi dengan baik dan bekerja secara sinkron. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu beroperasi secara otomatis sesuai urutan logika yang telah diprogram, sehingga keseluruhan sistem otomatis berfungsi dengan optimal.
4. Implementasi sistem ini terbukti mampu meningkatkan produktivitas, keandalan, dan efisiensi kerja hingga 70,93% pada proses perakitan industri.

5.2 Saran

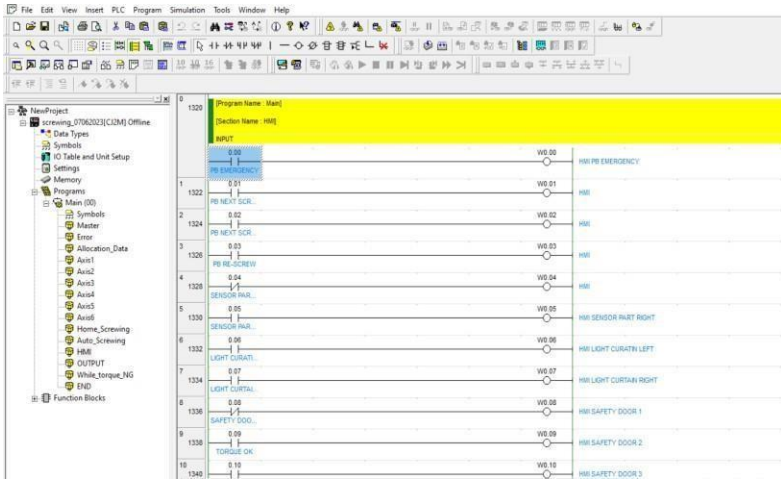
Agar sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dan memiliki kinerja yang lebih optimal, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan komunikasi berbasis jaringan industri, seperti *Ethernet/IP* atau *Modbus TCP*, agar sistem dapat terhubung dengan perangkat lain dalam satu lini produksi secara terintegrasi.
2. Penambahan sensor torsi atau sensor tekanan yang dapat memberikan umpan balik real-time terhadap kualitas penyekrupan, sehingga dapat menjamin konsistensi hasil setiap produk.
3. Penerapan sistem keamanan tambahan, seperti interlock digital atau sistem penguncian otomatis pada area berisiko tinggi, guna meningkatkan keselamatan kerja operator.
4. Optimasi logika program PLC untuk mempercepat waktu siklus (*cycle time*) dan meminimalkan jeda antar proses, sehingga efisiensi produksi dapat meningkat lebih tinggi lagi.
5. Perawatan rutin dan pengecekan berkala pada perangkat elektrikal serta konektor komunikasi, untuk mencegah kerusakan akibat getaran mesin atau penurunan kualitas kabel.
6. Untuk penelitian berikutnya, dapat dilakukan integrasi sistem dengan database produksi atau sistem manajemen pabrik (*Manufacturing Execution System*) agar data performa mesin dapat direkam dan dianalisis secara otomatis.

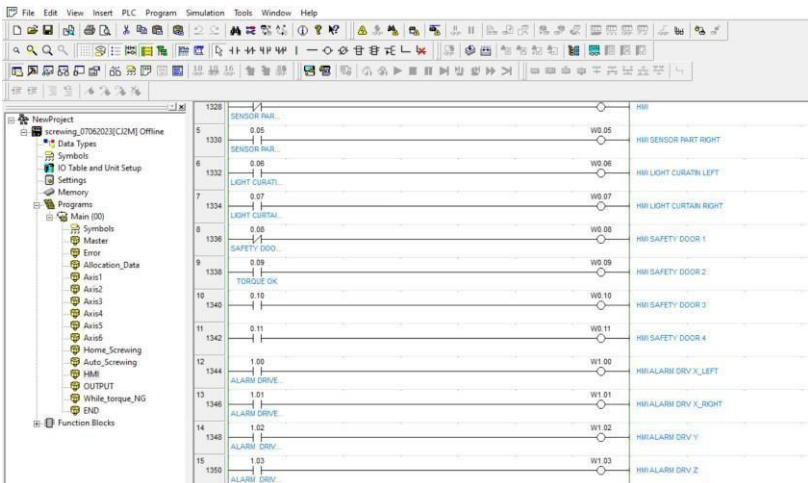
Daftar Pustaka

- [1] K. Kruthika, B. M. Kiran Kumar, and S. LaksHMInarayanan, "Design and development of a Robotic arm," in *2016 International Conference on Circuits, Controls, Communications and Computing, I4C 2016*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2017. doi: 10.1109/CIMCA.2016.8053274.
- [2] R. Rahmadewi and I. Abdi Bangsa, "ARM ROBOT PEMINDAH BARANG (AtwoR) MENGGUNAKAN MOTOR SERVO MG995 SEBAGAI PENGGERAK ARM BERBASIS ARDUINO ROBOT ARM GOODS MOVING (AtwoR) USES MG995 SERVO MOTOR AS ARDUINO BASED ARM DRIVE."
- [3] J. Techno Bahari, E. Puspita Sari, F. Alif Fiolana, and D. Arie Widhining Kusumastutie, "Trajectory Planning Pada Robot Lengan 3 DOF," vol. 11, no. 2, pp. 59–64, 2024.
- [4] A.Hadi dan, Z. Abidin, J. Teknik Elektro, P. Negeri Bengkalis Jl Bathin Alam, S. Alam, and K. Kunci, "Kontroler Proporsional Integral Motor Servo untuk Kesalahan Kontur".
- [5] Sumardi sadi, "IMPLEMENTASI *HUMAN MACHINE INTERFACE* PADA MESIN HEEL LASTING CHIN Ei BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER," 2020.
- [6] A. H. Siddique, T. Shamsi, and M. Hasan, "Human machine interaction (HMI) in offshore drilling - Oil rig workers' opinion about their interaction with machines," *Int J Occup Saf Health*, vol. 11, no. 3, pp. 181–191, 2021, doi: 10.3126/ijosh.v11i3.39812.
- [7] C. Nico Adirajasa, "ANALISIS KEGAGALAN KINERJA UNTUK PENGOPERASIAN MOTOR LISTRIK MAIN AIR COMPRESSOR DI MT. GALUNGGUNG," 2022.

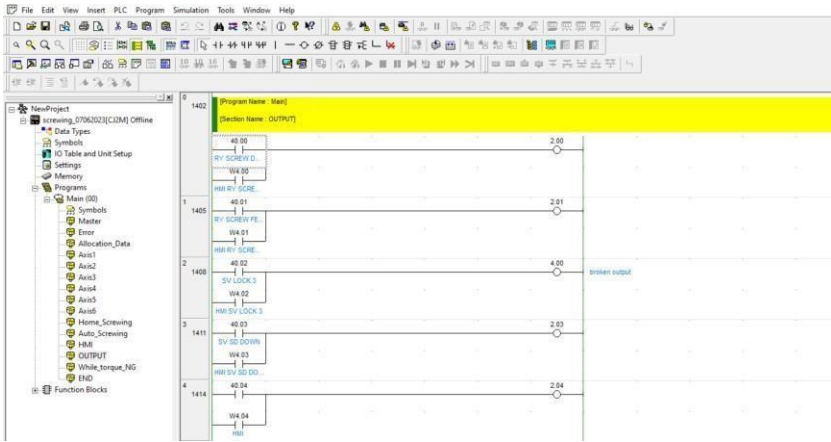
Lampiran



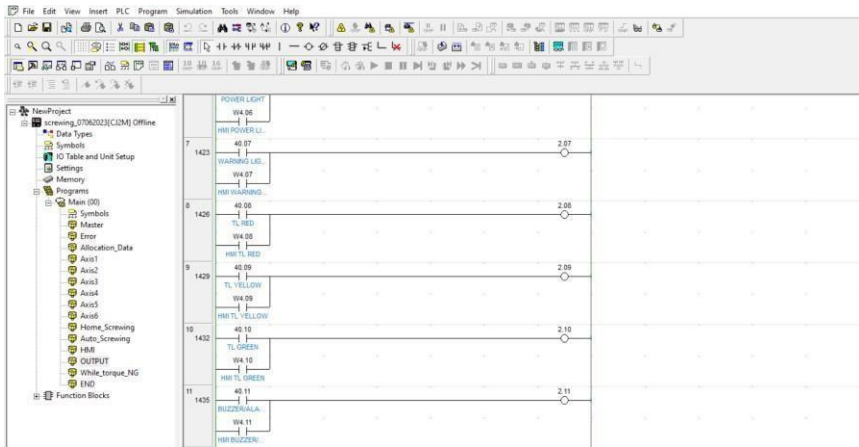
Gambar 39 Program Digital Input



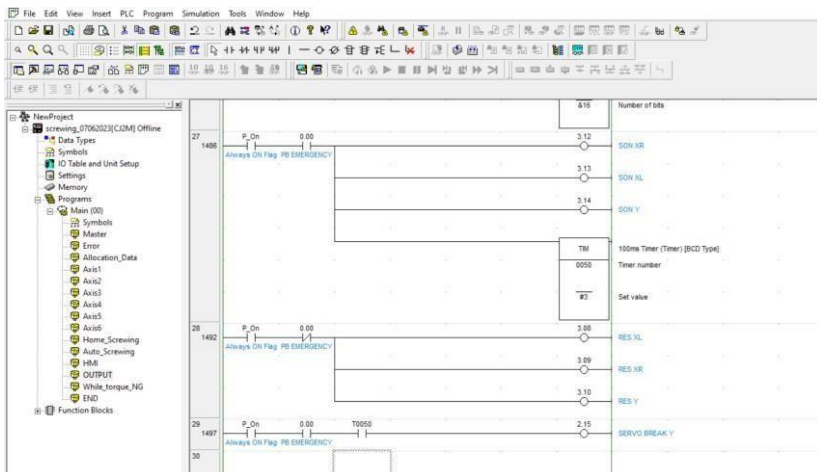
Gambar 40 Program Input Alarm Axis



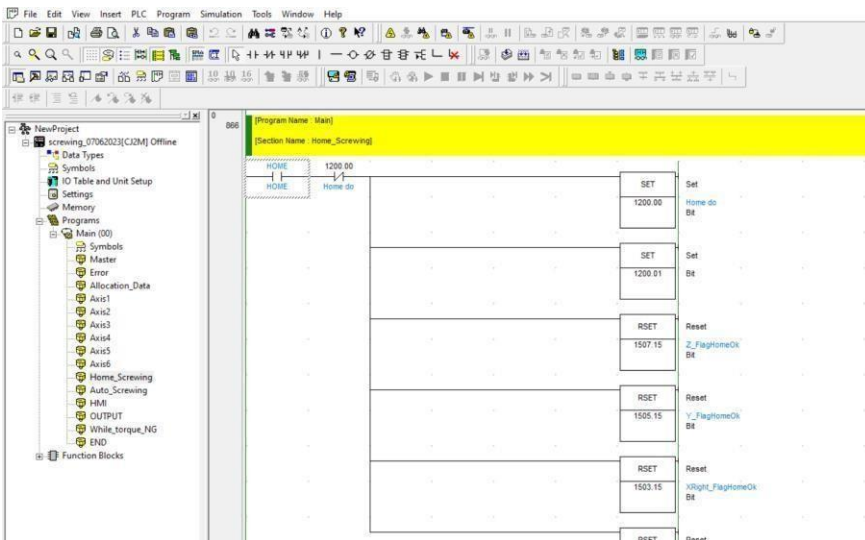
Gambar 41 Program Digital Output Cylinder



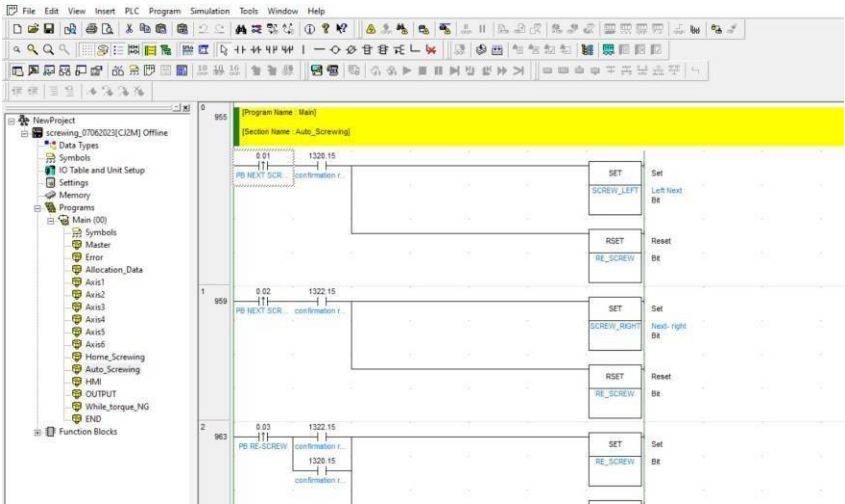
Gambar 42 Program Digital Output Lampu



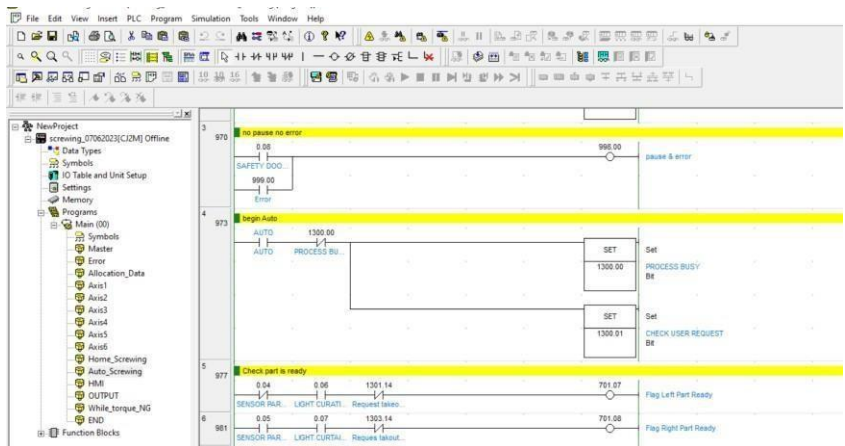
Gambar 43 Program ON Servo Motor



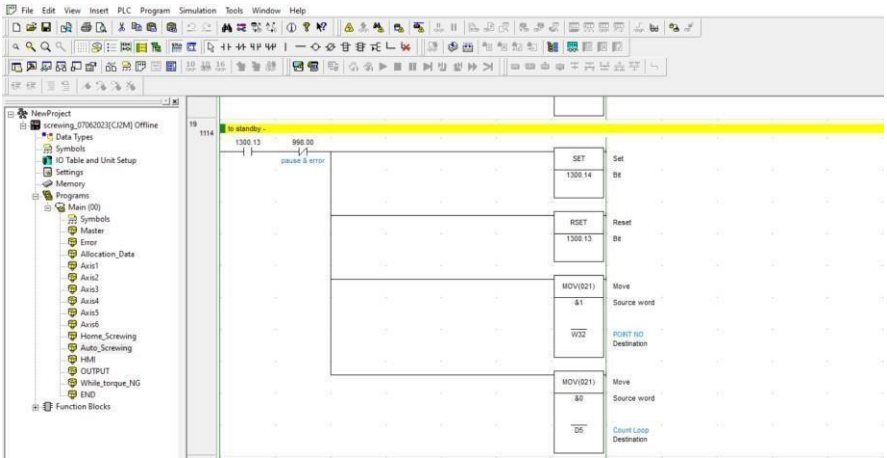
Gambar 44 Program Home Mesin



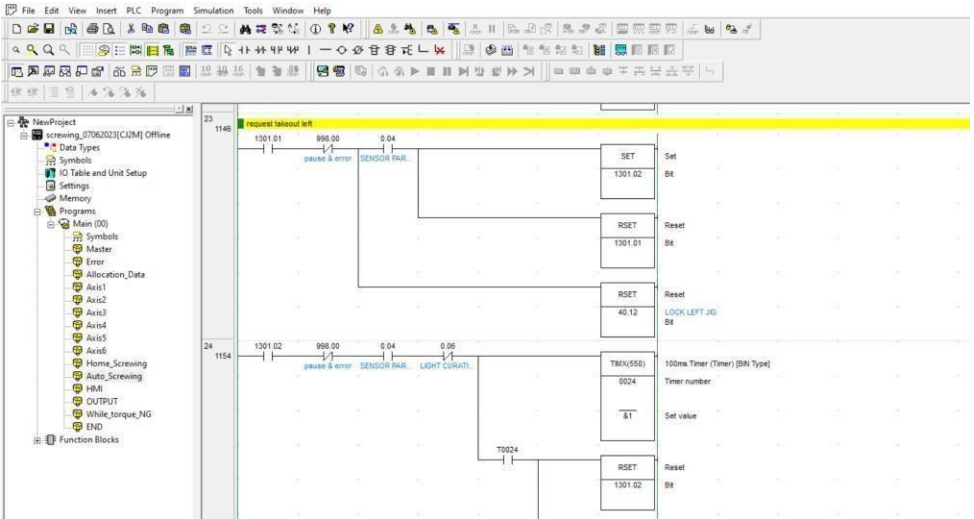
Gambar 45 Program AUTO Mesin



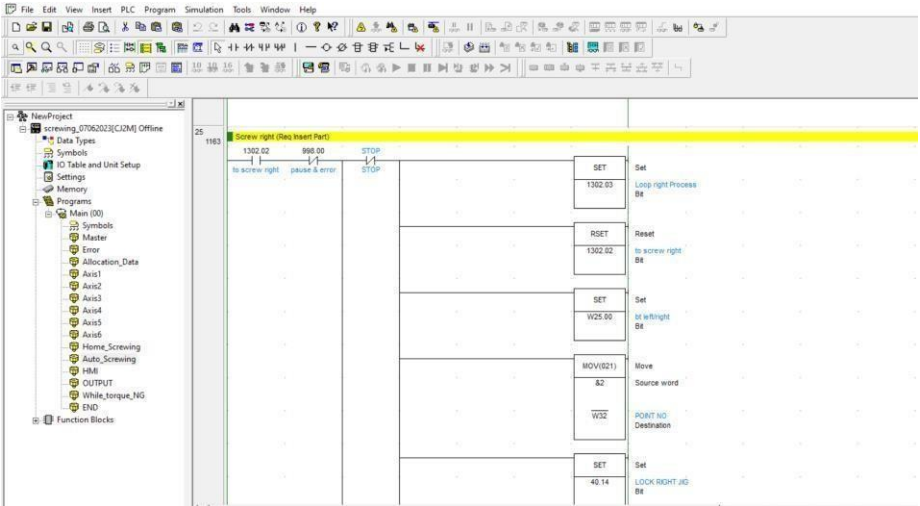
Gambar 46 Program Safety dan Pause



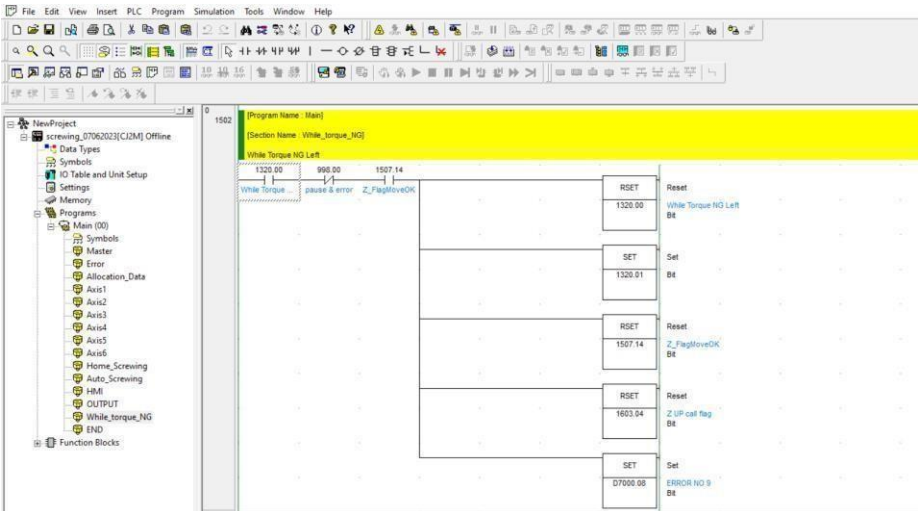
Gambar 49 Program Posisi Stanby



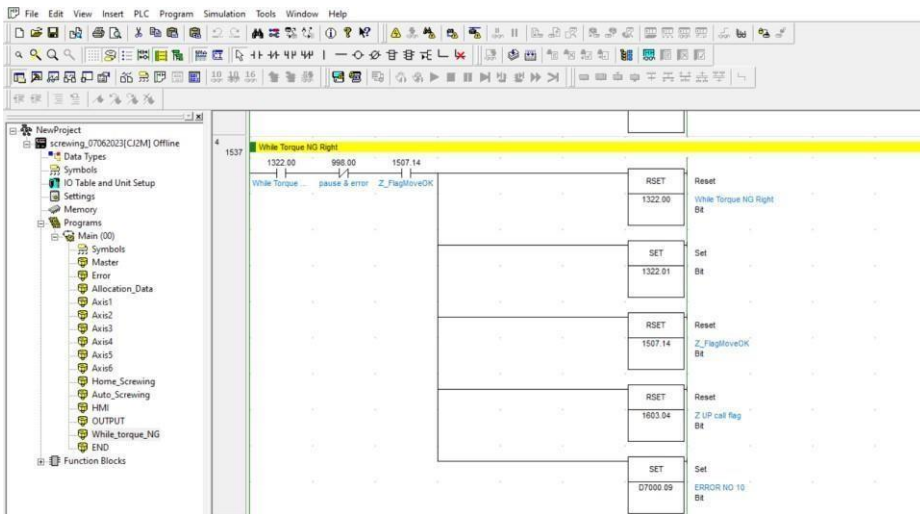
Gambar 50 Program Request Take Out Part Left



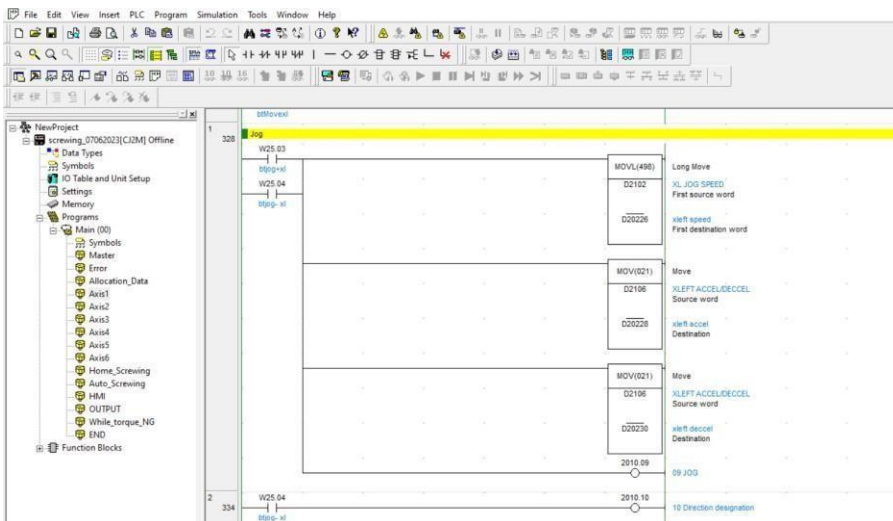
Gambar 51 Program Insert Part Right



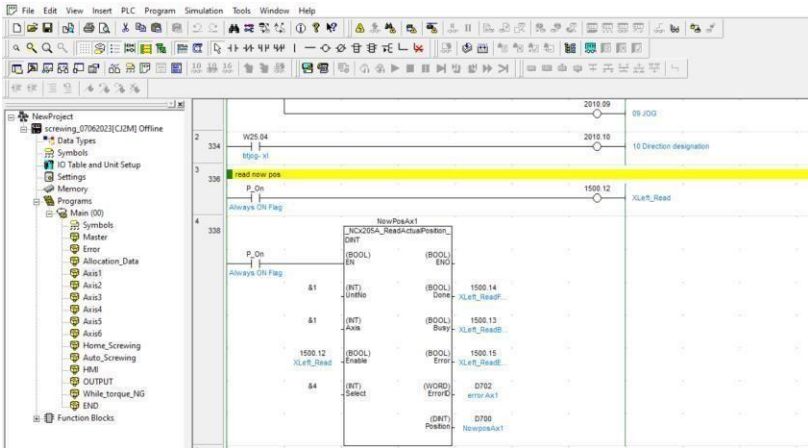
Gambar 52 Program Part OK



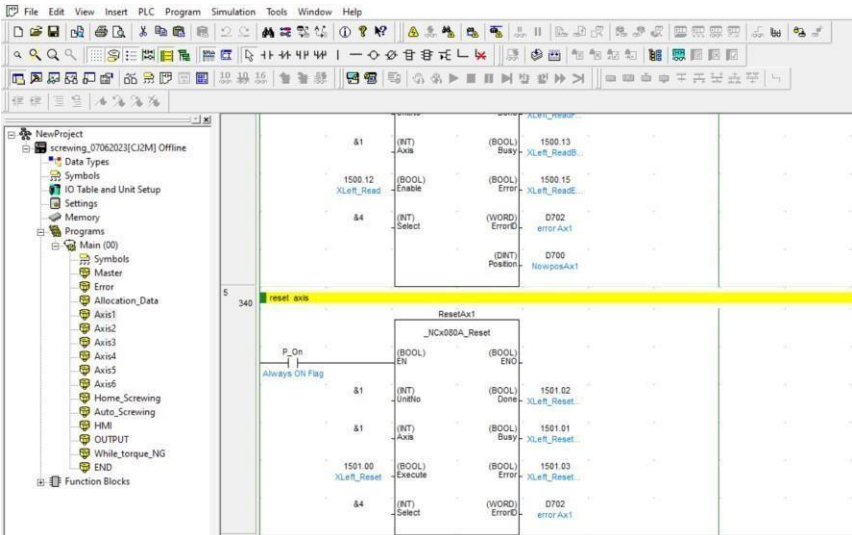
Gambar 53 Program Part NG



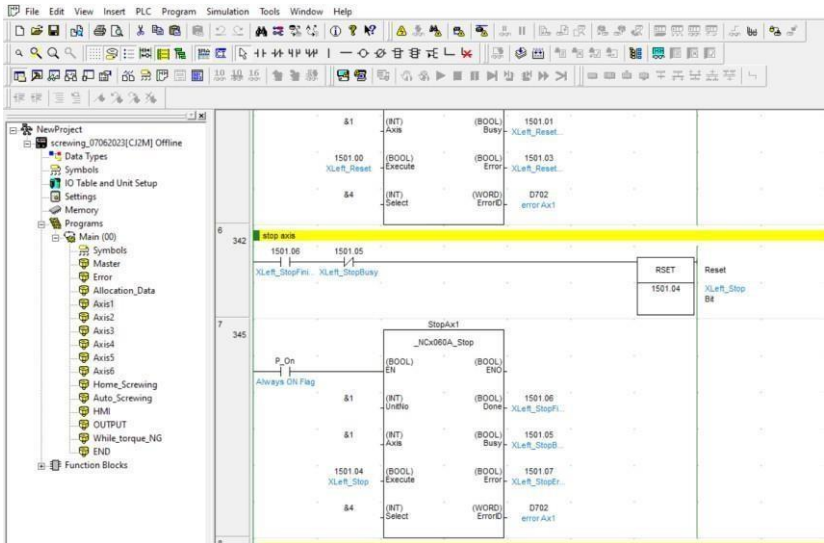
Gambar 54 Program JOG Axis



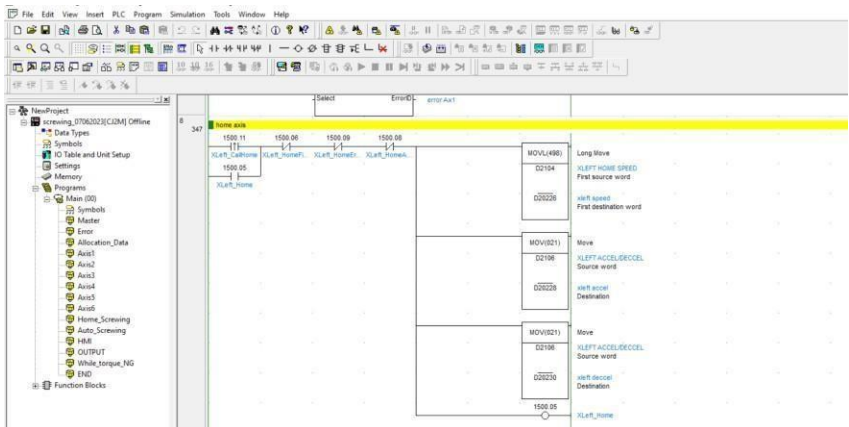
Gambar 55 Program Read Position Axis



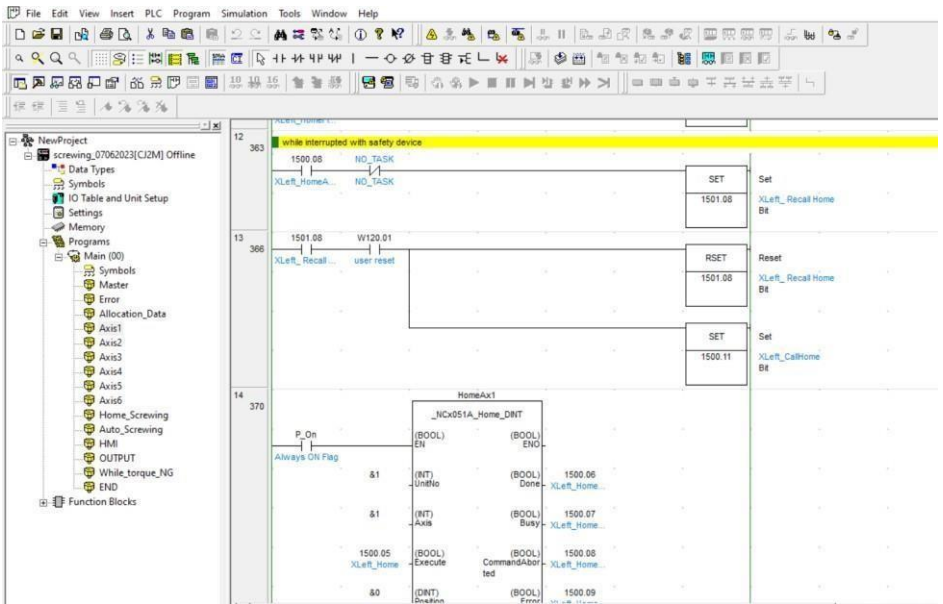
Gambar 56 Program Reset Axis



Gambar 57 Program Stop Axis



Gambar 58 Program Home Axis



Gambar 59 Program Safety Axis



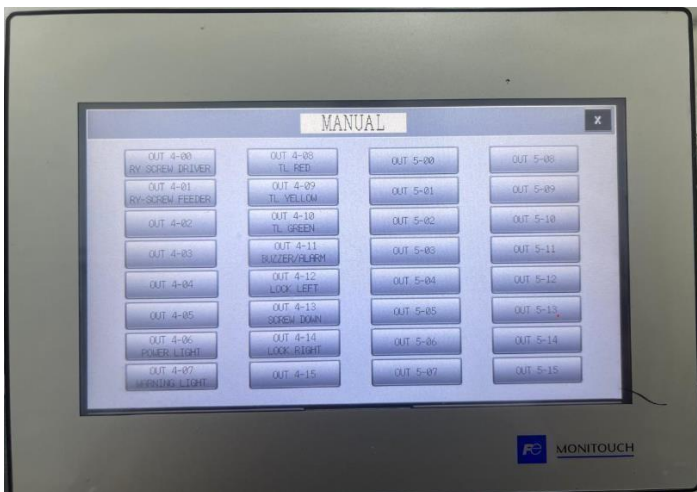
Gambar 60 Display HMI Emergency



Gambar 61 Display HMI Mesin Standby



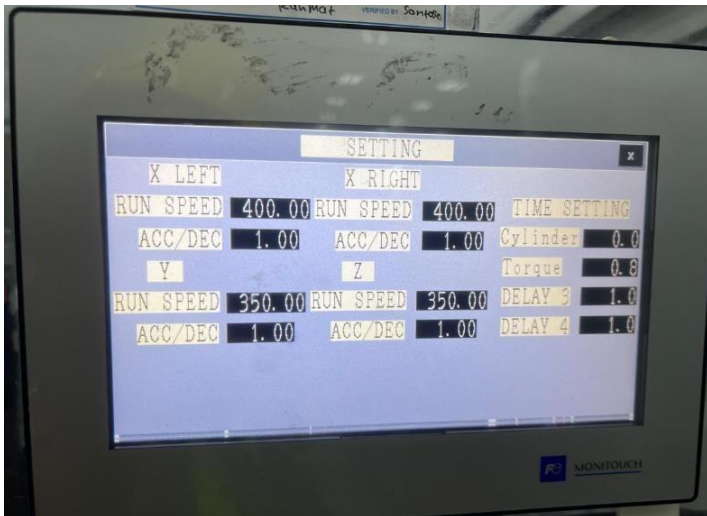
Gambar 62 Display HMI Posisi Screw



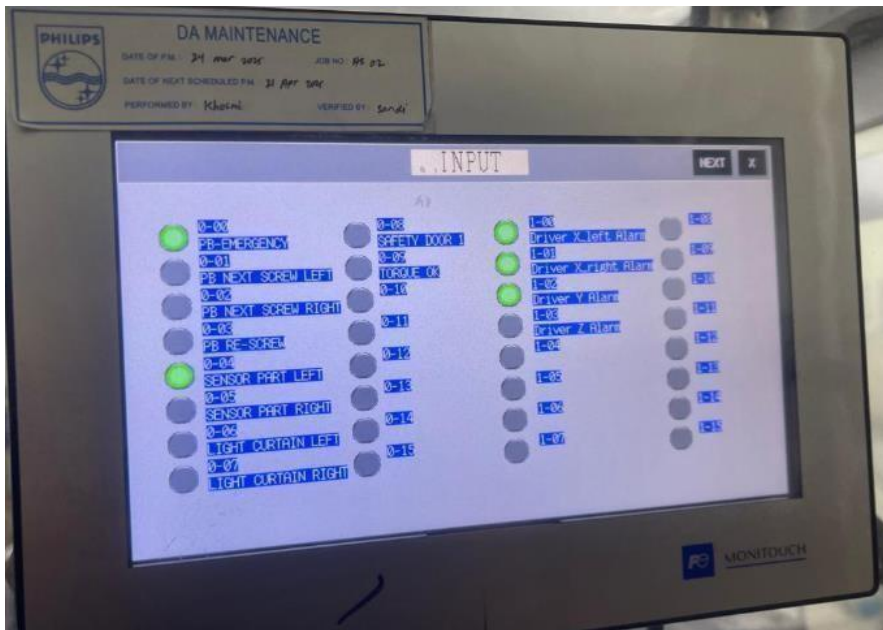
Gambar 63 Display HMI Manual Operation



Gambar 64 Display HMI JOG



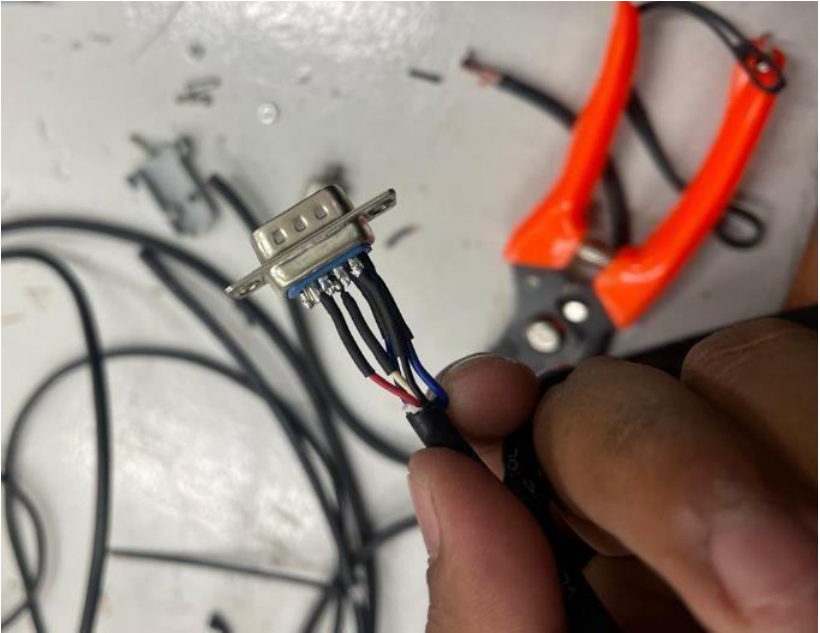
Gambar 65 Display HMI Parameter Mesin



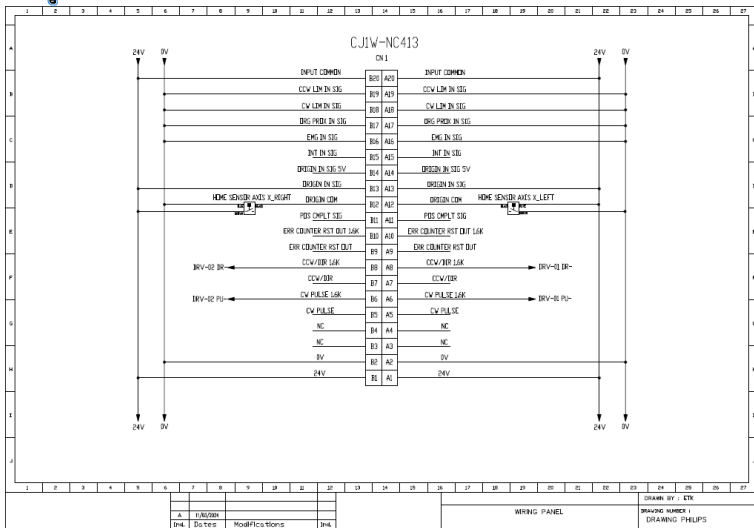
Gambar 66 Display HMI Input Signal



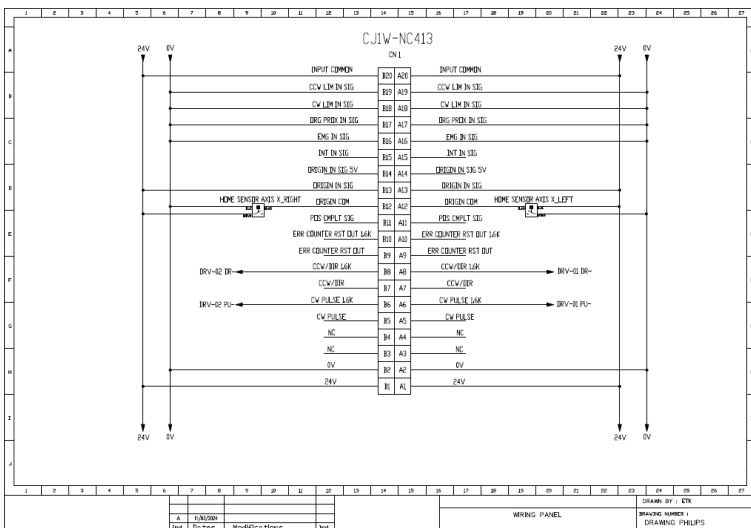
Gambar 67 Connector Komunikasi Feeder



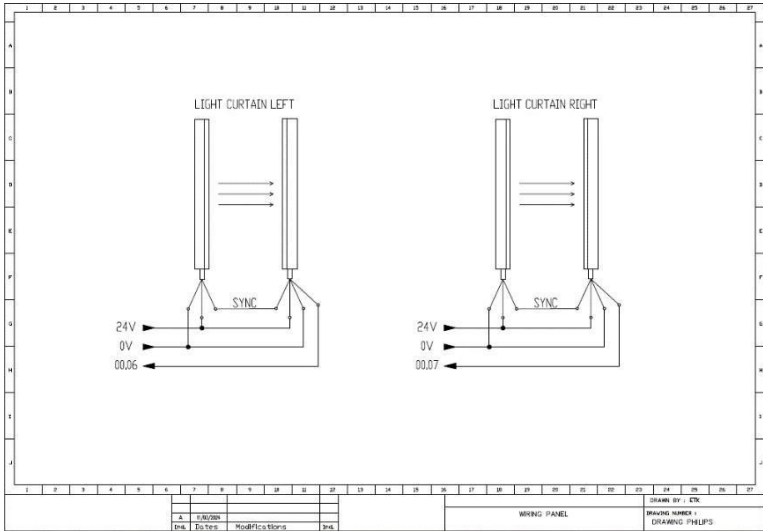
Gambar 68 Soldering Komunikasi RS-232 HMI



Gambar 73 Drawing I/O Axis X



Gambar 74 Drawing I/O Axis Y dan Z



Gambar 79 Drawing Safety Light Curtain