

PEMBUATAN MODUL PEMBELAJARAN *MECHATRONICS SYSTEM* MENGUNAKAN HMI OMRON DAN PLC OMRON CJ2M CPU11 DENGAN STUDI KASUS *RUNNING LAMP* DAN *TESTING STATION*

Lin Prasetyani, Djoko Subagio, Yudha Wijaya

Program Studi Teknik Produksi dan Proses Manufaktur

Konsentrasi Mekatronika

Politeknik Manufaktur Astra

Gedung ASTRA (B) Jl. Gaya Motor Raya No. 8

Sunter II, Jakarta Utara 14330

Abstrak--Politeknik Manufaktur Astra merupakan lembaga pendidikan di bawah naungan Yayasan Astra Bina Ilmu. Menghasilkan lulusan diploma siap pakai dalam bidang terkait otomotif, industri dan sumber daya alam. Mata kuliah praktikum di Politeknik Manufaktur Astra adalah otomasi. Diberikan kepada mahasiswa semester empat konsentrasi Mekatronika dan mahasiswa semester tiga konsentrasi TPM. Kompetensi yang ingin dicapai yaitu pengetahuan tentang *Industrial Mechatronic System (IMS)*. *IMS* merupakan sistem modular yang dilengkapi dengan *equipment set IMS* dan terdiri dari beberapa *sub-systems*. *Industrial Mechatronic System (IMS)* yang terdapat pada modul otomasi yaitu (*processing, handling, testing, storage*). Berdasarkan hasil pengamatan kondisi modul otomasi yang menerapkan penggunaan program berbasis *structure text* dan *input* yang berupa saklar dengan menggunakan banyak pengabelan pada saat praktikum, maka modul pembelajaran ini memiliki beberapa kekurangan. Diantaranya yaitu masih menggunakan banyak pengabelan pada saat praktikum modul otomasi. Simulasi *output* hanya ditampilkan pada *station Industrial Mechatronic System (IMS)*. Penyelesaian yang dilakukan adalah dengan dibuatkannya modul HMI. Modul ini akan menerapkan penggunaan HMI sehingga tidak memerlukan pengabelan yang begitu banyak pada proses praktikum dan dapat menampilkan berupa *output* yang terdapat pada HMI. Menggunakan PLC sebagai perangkat prosesnya serta sistem kontrol yang akan dibuat pada modul HMI ini akan diintegrasikan dengan salah satu *station Industrial Mechatronic System (IMS)*. Dengan tujuan semua *station Industrial Mechatronic System (IMS)* dapat disimulasikan dengan menggunakan HMI dan dapat disimulasikan pada studi kasus *running lamp* dan *testing station*.

Kata Kunci : Modul HMI, *Industrial Mechatronic System (IMS)*, PLC

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program studi teknik mekatronika di Polman Astra merupakan salah satu konsentrasi TPM di politeknik ini. Mekatronika baru dibuka pada tahun 2005. Oleh sebab itu ada beberapa modul pembelajaran di program studi ini yang belum dilengkapi. Diharapkan dengan adanya *Modular Mechatronics System* tentang HMI ini dapat melengkapi beberapa modul PLC/otomasi.

TA ini membahas tentang pembuatan *Modular Mechatronics System* terutama penggunaan HMI pada mata kuliah PLC dan otomasi. Modul ini belum ada dalam proses pembelajaran praktikum otomasi dan PLC. Modul HMI ini nantinya bisa diintegrasikan dengan modul otomasi. Modul otomasi yang bisa diintegrasikan dengan modul ini adalah :

- a. *Processing station*
- b. *Testing station*
- c. *Handling station*
- d. *Storage station*

Tugas Akhir tentang pembuatan *Modular Mechatronics System* tentang HMI OMRON menggunakan PLC OMRON CJ2M. Modul ini bisa berfungsi untuk menggerakkan *output processing station, testing station, handling station, storage station* yang ada di modul otomasi dengan *feature* pada HMI dan tombol sebagai input nya.

1.2 Perumusan Masalah

1. Membahas cara menggunakan modul pembelajaran HMI yang akan diterapkan pada mata pelajaran praktik otomasi dan PLC.
2. Membahas program yang ada dalam modul pembelajaran HMI.

3. Membahas bagian elektrik dalam pembuatan modul pembelajaran HMI.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini permasalahan yang ada dibatasi pada :

1. Membahas cara menggunakan modul pembelajaran HMI yang akan diterapkan pada mata pelajaran praktik otomasi dan PLC.
2. Membahas program yang ada dalam modul pembelajaran HMI.
3. Membahas bagian elektrik dalam pembuatan modul pembelajaran HMI.

1.4 Tujuan dan manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir pembuatan modul pembelajaran HMI ini adalah sebagai berikut :

1. Melengkapi modul pembelajaran mahasiswa di Politeknik Manufaktur Astra.
2. Adanya integrasi antara modul HMI dan modul otomasi.
3. Adanya penambahan materi pelajaran dalam praktikum PLC dan otomasi.

1.4.2 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir pembuatan modul pembelajaran HMI ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah ilmu pengetahuan mahasiswa tentang HMI dalam pembelajaran *Modular Mechatronics System*.
2. Modul HMI dapat digunakan sebagai sarana belajar oleh mahasiswa dalam pelajaran otomasi dan PLC.

II. LANDASAN TEORI

2.1 HMI (*Human Machine Interface*)

Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. Sistem HMI sebenarnya sudah populer di kalangan industri. Pada umumnya HMI berupa komputer dengan *display* di *monitor* CRT/LCD dimana kita bisa melihat keseluruhan sistem dari layar tersebut. Layaknya sebuah komputer, HMI biasanya dilengkapi dengan *keyboard* dan *mouse* dan bisa juga nanti diganti dengan *touch screen*. Tujuan dari HMI sendiri adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer serta memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang sedang berlangsung.

HMI dalam industri manufaktur berupa suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin maupun pengguna yang ingin membutuhkan data kerja mesin. HMI akan

memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa video, grafik, lampu dan lain-lain dimana pada tampilan tersebut operator dapat melihat bagian mesin mana yang sedang bekerja. Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, *slider* dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengontrol atau mengendalikan mesin. Selain itu dalam HMI juga ditampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya dalam sistem. Berikut fungsi lain dari HMI :

1. Mengawasi, dimana kita dapat mengawasi kondisi *plant* kita secara *real time* tanpa perlu keluar dari ruang kontrol.
2. Pengaturan (berdasarkan level keamanan) dimana kita dapat merubah pengaturan misalnya adalah pengaturan alarm untuk *high priority* dan *low priority*.
3. Alarm, disediakan alarm *history* dan *summary*. Sehingga nantinya kita bisa memilih alarm-alarm apa saja yang aktif dan bisa mendapatkan alasan atau pesan kenapa suatu sistem tiba-tiba *trip* atau mati.
4. Menampilkan grafik dari sebuah proses, misalnya adalah temperatur dari sistem yang bersangkutan.

Sistem HMI biasanya bekerja *online* dan *real time* (data yang dikirim sama dengan data yang diterima) dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O *port* yang digunakan oleh sistem *controller*-nya. *Port* yang biasanya digunakan untuk *controller* pada HMI antara lain adalah *port com*, *port USB*, *port RS232* dan ada pula yang menggunakan *port serial*.

2.2 PLC (*Programmable Logic Control*)

Sebuah PLC (*Programmable Logic Control*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan *relay* yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. Cara kerja PLC yaitu dengan cara menerima data-data dari peralatan "*Input Device*". PLC mempunyai fungsi internal seperti *timer*, *counter* dan *shift register*.

Berikut komponen yang terdapat dalam PLC:

- a. CPU (*Central Processing Unit*)
CPU berfungsi untuk mengambil intruksi dari memori, memprosesnya dan kemudian mengeksekusi intruksi tersebut. Selama proses tersebut CPU akan menghasilkan sinyal *control*, mentransfer data atau melakukan fungsi aritmatik dan logika serta mendeteksi sinyal dari luar CPU.

CPU terdiri dari :

1. Prosesor
2. Sistem memori
3. Catu daya

b. Modul I/O (*input/output*)

Modul I/O merupakan peralatan atau perangkat elektronika yang berfungsi sebagai perantara atau penghubung (*interface*) antara CPU dengan peralatan *input/output* luar. Modul ini terpasang remanen dalam arti mudah untuk dilepas dan dipasang kembali keraknya tergantung jenis PLC nya.

1. Modul I/O digital

Standar *input* modul memiliki kemampuan menerima sinyal berupa tegangan AC/DC yang cukup tinggi misalnya 110 V AC, 220 V AC, 24 V DC dan sinyal yang berasal dari sensor serta *switch* misalnya *limit switch*, tombol dan lainnya.

2. Modul I/O analog

Modul input analog berfungsi mendeteksi sinyal analog yang berasal dari *transducer* atau *transmitter flow*, temperatur, tekanan.

3. Program Device

Program *device* ini juga disebut program *development* terminal atau PDT (*Programming Device Terminal*). PDT merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk memasukkan, mengedit, modifikasi dan memonitor program yang ada di dalam memori PLC, sementara PLC sendiri masih tetap dalam kondisi operasi.

2.3 Pemrograman PLC

Untuk menjalankan suatu sistem dengan baik perlu adanya program yang akan mengolah masukan dan memprosesnya pada keluaran, program yang dibuat disesuaikan dengan kondisi maupun proses kerja yang diinginkan. Pada dasarnya ada beberapa macam metode dan instruksi-instruksi yang dapat digunakan untuk membuat program, namun akan dibahas metode *ladder diagram* (diagram tangga) dan beberapa instruksi.

2.4 Komunikasi Serial RS232

Standar komunikasi serial yang banyak digunakan adalah standar ELA/TIA-232 *Interface Between Data Terminal Equipment And Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange* atau yang lebih dikenal dengan standar komunikasi RS232 yang dikembangkan oleh *Electronic Industry Associations dan Telecommunications Industry Associations (ELA/TIA)* yang pertama kali dipublikasikan pada tahun 1962. Standar ini berfungsi untuk mengatur hal-hal yang

menyangkut komunikasi data antara komputer (*Data Terminal Equipment – DTE*) dengan alat-alat perlengkapan komputer (*Data Circuit terminal Equipment – DCE*) yang ada pada umumnya berbentuk data komunikasi serial. Konektor yang dipakai dalam *standard* RS232, yaitu untuk sinyal yang lengkap dipakai konektor DB25 sedangkan konektor DB9 hanya bisa dipakai untuk 9 sinyal yang umum dipakai. Berikut gambar dari konektor DB9 dan penjelasannya :

Di bawah ini akan dijelaskan fungsi dari beberapa signal yang penting secara garis besar.

a. *Data Set Ready* (CC)

Signal ini menyatakan bahwa modem siap menerima data.

b. *Request to Send* (CA)

Jika *communication controller* akan mengirim data, maka *signal* ini harus dikeluarkan ke modem.

c. *Clear to Send* (CB)

Merupakan jawaban modem pada *controller/terminal* yang mengeluarkan *request to send*, agar dapat dikirim datanya.

d. *Ring Indicator* (CE)

Signal ini hanya akan di pakai untuk modem yang mempunyai fasilitas *automatic answer*, agar memberitahukan *controller/terminal* bahwa ada *call/panggilan* dari terminal komputer lainnya agar ia mempersiapkan diri.

e. *Receive Line Signal Detector* (CF)

Nama lainnya adalah *Carrier Detect*, yang berarti modem telah menerima *carrier* dari *line*, sehingga akan mempersiapkan diri untuk menerima data.

f. *Receive Data* (BB)

Merupakan data yang diterima oleh *controller* dari modem dalam bentuk biner.

g. *Transmitted Data* (BA)

Signal ini merupakan *output data* yang dikirim dalam biner dari *controller*.

h. *Data Terminal Ready* (CD)

Signal ini merupakan jawaban atas ring indikator untuk modem yang mempunyai fasilitas *automatic answer*.

i. *Signal Ground* (AB)

Merupakan *ground* dari pengendali logika (*logic controller*)

2.5 Otomasi

Otomasi merupakan pemanfaatan sistem kontrol seperti halnya komputer yang digunakan untuk mengendalikan mesin – mesin dan kontrol proses untuk menggantikan operator tenaga manusia.

Dalam pemanfaatannya, sistem otomasi industri ke dalam beberapa macam. Beberapa diantaranya seperti *processing station*, *handling station*, *testing station*, dan *storage station*.

2.5.1 Testing station

Testing station adalah bagian dari otomasi yang dirancang untuk suatu proses pengecekan. Melakukan pengambilan keputusan secara otomatis dengan melakukan pemanfaatan sistem elektrik dan mekanik yang dikontrol dengan sebuah program. Dengan tujuan pengecekan suatu produk dengan metode tertentu.

III. PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN

3.1 Konsep Modul yang Dibutuhkan

Dalam pembuatan modul HMI ini, penulis menentukan spesifikasi yang dibutuhkan untuk membuat modul HMI, yaitu:

1. Modul HMI ini dapat digunakan pada mata kuliah PLC dan otomasi.
2. Modul HMI dikontrol oleh PLC OMRON CJ2M CPU 11 yang menggunakan 16 *input* dan 16 *output*.
3. Modul HMI dapat integrasi dengan modul otomasi yaitu : *station testing*.
4. Simulator digerakkan melalui *push button* yang ditampilkan oleh HMI dan *push button* yang berada pada modul HMI sebagai inputan.

3.2 Equipment set IMS sub-systems

Equipment set IMS sub-systems merupakan perangkat keras yang digunakan sebagai perlengkapan tambahan untuk menopang praktik *IMS*. *Equipment set IMS sub-systems* dibagi menjadi 4, yaitu *workpiece transport pallet*, *workpiece bottom section*, *workpiece top section*, dan *bolt workpiece*. Penjelasan dari masing-masing *equipment IMS sub-systems* akan dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Workpiece Transport Pallet

Workpiece transport pallet berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan *workpiece* yang akan diproses pada masing-masing *IMS sub-systems*. Dengan rincian dimensi panjang = 180 mm, lebar = 119 mm, tinggi = 15 mm. Dilengkapi dengan *position sensor* dan *4-bit identification code* untuk mengatur posisi *workpiece transport pallet*. Bentuk fisik dan dimensi dari *workpiece transport pallet* dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Workpiece Transport Pallet*

3.2.2 Workpiece Bottom Section

Workpiece bottom section berfungsi sebagai bagian bawah *workpiece full assembly*. Berbahan dasar material plastik, dengan rincian dimensi panjang=100mm, lebar=50 mm, dan tinggi=40mm. Pada bagian bawah terdapat magnet agar dapat ditempelkan dengan magnet *workpiece top section*. Memiliki dua warna yang berbeda yaitu, hitam dan putih. Bentuk fisik dan dimensi dari *workpiece bottom section* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 (a) *Workpiece Bottom Section Hitam* dan (b) *Workpiece Bottom Section Putih*

3.2.3 Workpiece Top Section

Workpiece top section berfungsi sebagai bagian atas *workpiece full assembly*. Berbahan dasar material plastik, dengan rincian dimensi panjang=100mm, lebar=50mm dan tinggi=40mm. Terdapat sebuah magnet pada bagian bawah untuk dapat ditempelkan dengan magnet *workpiece bottom section* dan memiliki bola *bearing* kecil untuk mengunci *bolt*. Memiliki dua warna yang berbeda yaitu, hitam dan putih. Bentuk fisik dan dimensi dari *workpiece top section* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 (a) *Workpiece Top Section Hitam* dan (b) *Workpiece Top Section Putih*

3.2.4 Bolt Workpiece

Bolt workpiece berfungsi sebagai pengunci antara *workpiece bottom section* dengan *workpiece top section*. Dengan rincian dimensi diameter = 20 mm dan panjang = 50 mm. Dapat dipasangkan pada bagian lubang tengah *workpiece full assembly* atau *workpiece bottom section*. Terdapat dua jenis *bolt workpiece*, yaitu *bolt workpiece* plastik dan *bolt workpiece* logam.

Penjelasan dari masing-masing *bolt* akan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Bolt Workpiece Plastic*

Bolt workpiece ini berbahan dasar plastik dan memiliki warna merah pada keseluruhan permukaan. Memiliki pengunci pada bagian tengah agar dapat terkunci dengan *workpiece top section*. Bentuk fisik dan dimensi dari *bolt workpiece plastic* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 *Bolt workpiece plastic*

2. *Bolt Workpiece Logam*

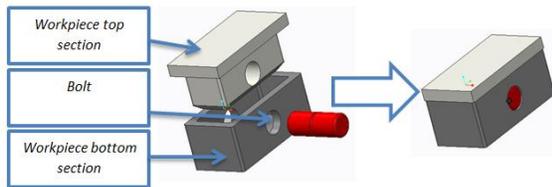
Bolt workpiece ini berbahan dasar material logam dan memiliki warna silver pada keseluruhan permukaan. Memiliki pengunci pada bagian tengah agar dapat terkunci dengan *workpiece top section*. Bentuk fisik dan dimensi dari *bolt workpiece logam* dapat dilihat pada Gambar 3. 5.



Gambar 3. 5 *Bolt workpiece plastic*

3.2.5 *Workpiece Full Assembly*

Workpiece full assembly adalah gabungan dari ketiga *workpiece*. Bagian-bagian dari *workpiece full assembly* akan ditunjukkan pada gambar 3. 6 (a) dan bentuk fisik dari *workpiece full assembly* akan ditunjukkan pada gambar 3. 6 (b).



Gambar 3. 6 (a) Bagian-bagian dari *Workpiece full assembly* dan (b) Bentuk fisik dari *workpiece full assembly*

3.3 *Station Testing*

Station testing adalah salah satu modul otomatis yang berbentuk miniatur yang mensimulasikan suatu proses pemeriksaan benda kerja berdasarkan bentuk benda kerja, warna benda kerja, material yang terdapat didalam benda kerja dan baut yang terdapat didalam

benda kerja. Benda kerja yang akan diperiksa mempunyai lubang di tengah bagian depan dan juga penutup permukaan atas benda kerja. Benda kerja di jalankan dengan menggunakan *conveyor* di atas meja penempatan benda kerja.

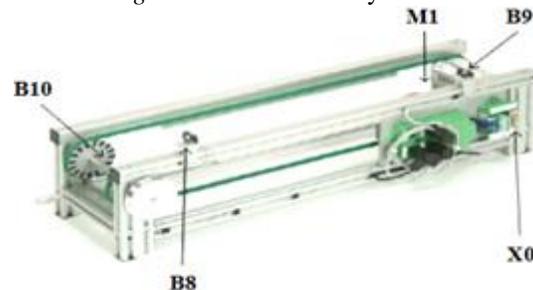
Setelah benda kerja dijalankan dengan *conveyor*, benda kerja akan diberhentikan sejenak untuk pemeriksaan benda kerja tersebut pada saat posisi proses pemeriksaan benda kerja. Proses pemeriksaan benda kerja menggunakan sensor kapaitif, induktif, dan *photo* elektrik. Pada saat proses pemeriksaan benda kerja telah sesuai dengan yang diharapkan maka, benda kerja akan kembali berjalan lagi untuk menuju proses selanjutnya. Gambar 3.7 berikut ini merupakan gambar *station testing*.



Gambar 3. 7 *Station testing*

Benda kerja yang digunakan pada *station testing* memiliki bentuk yang sama dengan yang digunakan pada *station processing*.

Conveyor station testing yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama dengan *conveyor* yang digunakan pada *station handling*. Gambar 3.8 berikut ini merupakan Gambar *conveyor* yang digunakan pada *station testing* beserta inialisasi nya.

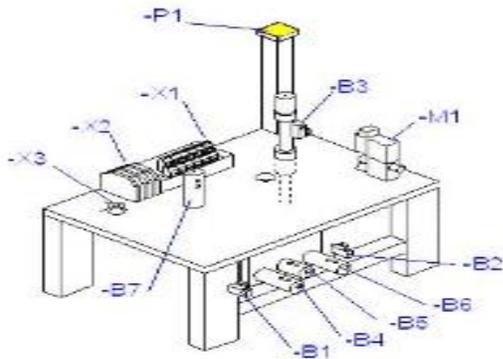


Gambar 3. 8 Inialisasi *conveyor station testing*

Inialisasi yang terdapat pada gambar 3.8 merupakan petunjuk bagian yang terdapat pada *conveyor*. Petunjuk tersebut memberi informasi

kepada pengguna *station testing*. Pada petunjuk tersebut terdapat beberapa alamat *input/output station testing*.

Kerangka proses adalah salah satu bagian dari *station testing* yang berfungsi untuk memproses pemeriksaan benda kerja. Kerangka proses ini merupakan bagian yang paling utama pada *station testing*. Kerangka proses ini juga untuk membedakan *station testing* dengan *station* yang lainnya. Gambar 3.9 berikut ini merupakan gambar kerangka proses yang digunakan pada *station testing* beserta inisialisasinya.



Gambar 3. 9 Kerangka proses *station testing* beserta inisialisasinya

Inisialisasi yang terdapat pada gambar 3.9 merupakan petunjuk bagian yang terdapat pada kerangka proses. Petunjuk tersebut memberi informasi kepada pengguna *station testing*. Pada petunjuk tersebut terdapat beberapa alamat *input/output station testing*.

Tabel 3.1 di bawah berikut ini merupakan tabel alamat *input/output station testing*. Inisialisasi pada *station testing* yang digunakan sebagai *input/output* terletak pada kolom ID pada tabel 3.1 di bawah ini.

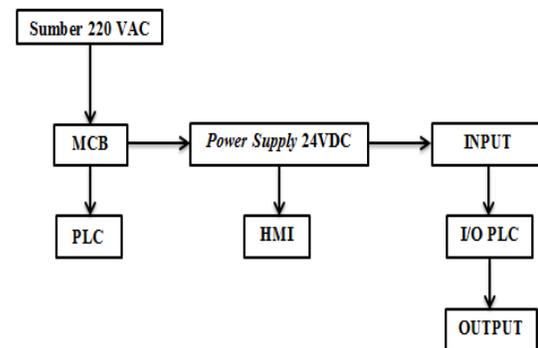
Tabel 3. 1 Alamat *input/output station testing*

Pin/SUB-D plug	Address	Name	Description	ID
1/9	%IX500.0	I_IMS6_IL	Left limit	-B8
2/9	%IX500.1	I_IMS6_IR	Right limit	-B9
3/9	%IX500.2	I_IMS6_IMP	Rotary sensor	-B10
5/9	%QX550.0	Q_IMS6_QR	Belt advance	-K1
6/9	%QX550.1	Q_IMS6_QL	Belt reverse	-K2
7/9	%QX550.2	Q_IMS6_QS	Inching mode	-K3
1/25	%IX501.0	I_IMS6_B1	Workpiece carrier arriving	-B1
2/25	%IX501.1	I_IMS6_B2	Workpiece carrier in position	-B2
3/25	%IX501.2	I_IMS6_B3	Stop cylinder at top	-B3
4/25	%IX501.3	I_IMS6_B4	Substructure test	-B4
5/25	%IX501.4	I_IMS6_B5	Bolt test	-B5
6/25	%IX501.5	I_IMS6_B6	Workpiece present	-B6
7/25	%IX501.6	I_IMS6_B7	Superstructure test	-B7
14/25	%QX551.0	Q_IMS6_M1	Lower stop cylinder	-M1
20/25	%QX551.1	Q_IMS6_P1	Light	-P1

Tabel di atas menjelaskan pengalaman *input* dan *output* pada *conveyor* dan *station testing*. Terdapat 2 *input* pada DB9, 3 *output* pada DB9, 7 *input* pada DB25, dan 2 *output* pada DB25. Alamat *input* pada *station testing* terdapat huruf I di depannya pada kolom *name*. Sedangkan alamat *output* pada *station testing* terdapat huruf Q di depannya pada kolom *name*.

3.4 Perancangan elektrik

Untuk memenuhi konsep yang diperlukan di atas, maka dapat diperoleh sebuah perancangan elektrik sistem kontrol dalam modul HMI. Gambar dibawah ini merupakan diagram blok elektrik pada modul HMI.

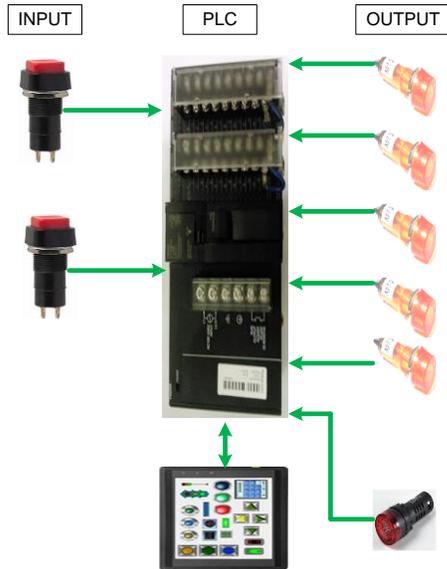


Gambar 3. 10 Diagram blok elektrik

Sumber tegangan 220 VAC dari sumber, dihubungkan dengan MCB untuk menjaga panel utama ketika arus yang masuk melebihi daya atau terjadinya beban lebih dan hubungan singkat. Dari MCB dihubungkan ke *power supply* dan PLC. Tegangan 24VDC ini digunakan sebagai sumber

tegangan untuk perangkat *input/output* pada PLC dan HMI.

Dalam perancangan elektrik, digunakan komponen-komponen yang dapat mendukung kinerja dari modul HMI. Blok diagram komponen yang digunakan, ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 3. 11 *Block diagram input dan output*

3.5 HMI OMRON NS8-TV00B-ECV2

Pada modul ini HMI bisa digunakan sebagai penggerak simulator dan sebagai *indicator simulator*. Alat ini mampu menampilkan tombol-tombol yang dapat digunakan sebagai masukan untuk PLC dan menampilkan *indicator simulator* praktikum. Sumber tegangan utama pada HMI OMRON NS8-TV00B-ECV2 adalah tegangan DC 24 Volt.



Gambar 3. 12 HMI OMRON NS8-TV00B-ECV2

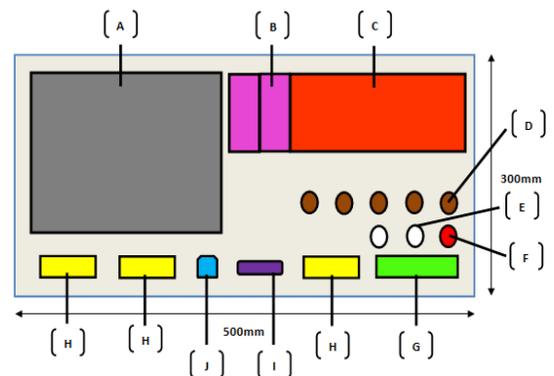
Spesifikasi dari HMI yang ditunjukkan oleh tabel di bawah ini.

Tabel 3. 2 Spesifikasi HMI OMRON NS8-TV00B-ECV2

SPEKIFIKASI	KETERANGAN
<i>Dimension (W x H x D)</i>	232 x 177 x 48.5 mm
<i>Effective Display Area</i>	8 inch
<i>Display Color</i>	256 colors
<i>Screen Data Capacity</i>	6 Mbytes
<i>Number of Dots</i>	640 x 480 dots
<i>Power Supply</i>	24 DC

3.6 PERANCANGAN LAYOUT PANEL MODUL HMI

Layout modul HMI ini merupakan gambaran dari modul yang akan dibuat. *Layout* ini menjadi informasi pada saat pembuatan modul HMI dan juga menjadi rencana pembuatan modul HMI. Gambar 3.13 di bawah ini merupakan *layout* modul HMI yang telah dirancang untuk menjadi informasi dalam pembuatan modul HMI.



Gambar 3. 13 *Layout panel modul HMI*

Gambar 3.13 di atas merupakan *layout* modul HMI beserta inisialisasi informasi komponen apa saja yang terdapat pada modul HMI. Inisialisasi Gambar tersebut menggunakan warna dan simbol huruf. Penjelasan inisialisasi pada modul HMI terletak pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 3 Keterangan *layout* panel modul HMI

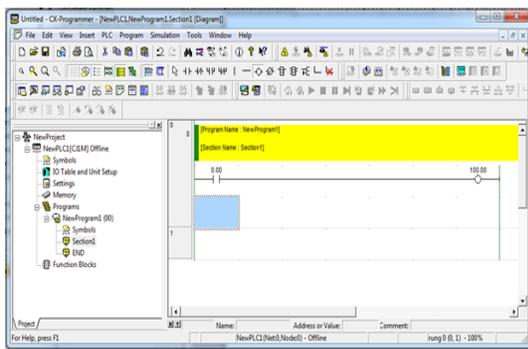
Symbol	Warna	Nama
(A)	Abu - abu	HMI OMRON NS8-TV00B-ECV2
(B)	Pink	MCB HAGER MY 104E
(C)	Orange	PLC OMRON SYSMAC CJ2M CPU11
(D)	Coklat	Lampu DC 24 V
(E)	Putih	Tombol/Push Button
(F)	Merah	Buzzer
(G)	Hijau	Connector Db 25
(H)	Kuning	Connector DB 9
(I)	Ungu	USB series A
(J)	Biru	USB series B

3.7 Perangkat Lunak yang Digunakan

Untuk menggerakkan simulator membutuhkan perangkat lunak, yaitu *CX-Programmer 9.3* dengan lisensi OMRON. *CX-Programmer 9.3* ini digunakan untuk memprogram PLC CJ2M CPU11 yang berada pada modul HMI. Tampilan awal dari *CX-Programmer 9.3* ditunjukkan pada Gambar 3.14 dan tampilan ketika pembuatan program ditunjukkan pada Gambar 3.15



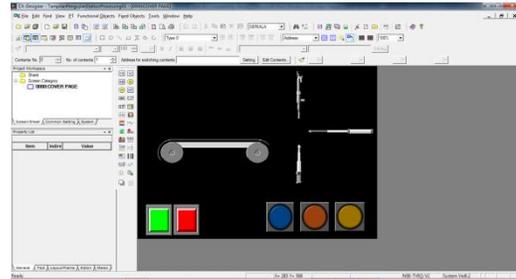
Gambar 3. 14 Tampilan awal *CX-Programmer 9.3*



Gambar 3. 15 Tampilan *CX-Programmer 9.3*

Gambar 3.15 di atas merupakan tampilan pada saat membuat program pada *CX-programmer 9.3*. Program yang dibuat untuk modul HMI akan juga bisa di monitor melalui *software CX-Programmer 9.3*.

Gambar di bawah ini merupakan tampilan *CX-Designer* pada saat pembuatan tampilan pada HMI.

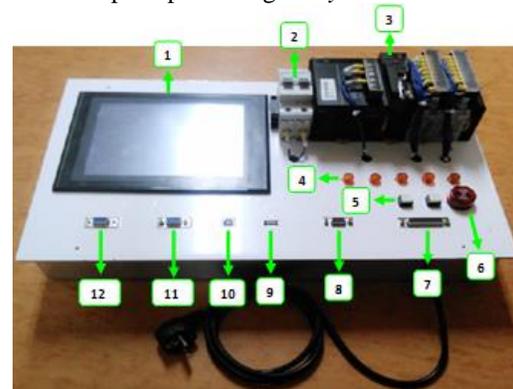


Gambar 3. 16 Tampilan *CX-Designer*

IV. PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

4.1 Pembuatan Panel Modul HMI

Pembuatan panel modul HMI ini disesuaikan pada perancangan *layout* panel modul HMI. Gambar di bawah ini merupakan panel modul HMI yang telah disesuaikan pada perancangan *layout* modul HMI.



Gambar 4.1 Panel modul HMI

Tabel di bawah ini merupakan keterangan dari panel modul HMI yang telah dibuat. Petunjuk keterangan komponen yang berada pada panel modul HMI ditunjukkan oleh anak panah dan angka yang dijelaskan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Keterangan panel modul HMI

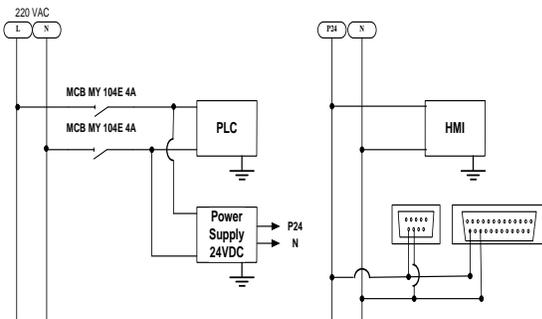
No.	Nama	No.	Nama
1	HMI OMRON NS8-TV00B-ECV2	7	DB 25 (female)
2	MCB HAGER MY 104E C4	8	DB 9 (female)
3	PLC OMRON SYSMAC CJ2M CPU11	9	USB series A
4	Lampu DC 24 V	10	USB series B
5	Tombol/Push Button	11	DB 9 (female)
6	Buzzer	12	DB 9 (female)

Panel simulator dibuat sesuai dengan *layout* yang sudah dirancang. Alas yang digunakan untuk modul

HMI ini dibuat dari plat alumunium dengan tebal 5 mm dan berukuran 500 mm x 300 mm.

4.2 Pengabelan Daya

Pengabelan daya ini merupakan pengabelan yang terdapat pada panel kabel HMI. Sumber tegangan yang digunakan yaitu 220VAC dengan menggunakan MCB sebagai pengaman. Kemudian diteruskan ke PLC dan *power supply* untuk diubah tegangannya menjadi 24 volt DC. Tegangan 24 volt DC ini diteruskan ke berbagai komponen *input/output* PLC dan HMI.



Gambar 4.2 Pengabelan daya PLC dan *power supply*

4.2.1 Pengabelan Masukan PLC

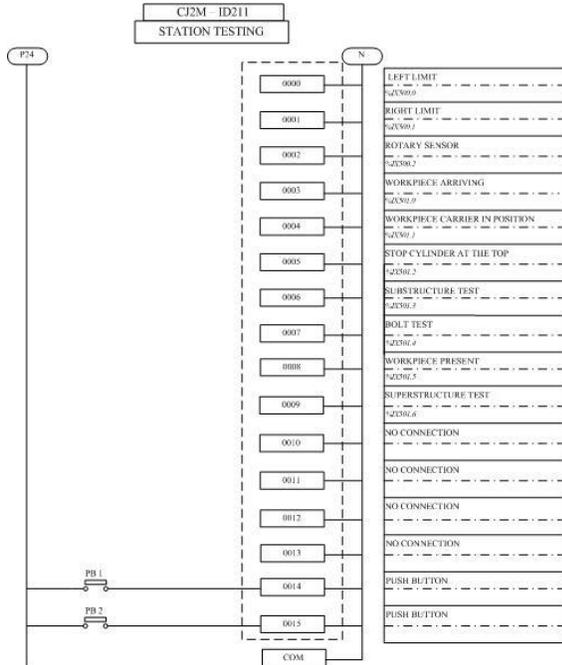
Perhitungan jumlah masukan PLC pada BAB III akan direalisasikan pada bab IV ini. Jumlah masukan yang telah diperhitungkan adalah 16 masukan. Fungsi serta keterangan tiap-tiap masukan akan dijelaskan pada tabel 4.2 berikut ini tentang data masukan PLC.

Tabel 4.2 Data masukan PLC dari modul HMI yang terintegrasi dengan *station testing*

Input (Masukan) Modul HMI Terintegrasi Station Testing			
No	Alamat	Keterangan	Fungsi
1	0.00	%IX500.0	Left limit
2	0.01	%IX500.1	Right limit
3	0.02	%IX500.2	Rotary sensor
4	0.03	%IX501.0	Workpiece carrier arriving
5	0.04	%IX501.1	Workpiece carrier in position
6	0.05	%IX501.2	Stop cylinder at the top
7	0.06	%IX501.3	Substructure test
8	0.07	%IX501.4	Bolt test
9	0.08	%IX501.5	Workpiece present
10	0.09	%IX501.6	Superstructure test
11	0.10	No connection	No connection
12	0.11	No connection	No connection
13	0.12	No connection	No connection
14	0.13	No connection	No connection
Input (Masukan) Modul HMI			
No	Alamat	Keterangan	Fungsi
1	0.14	Push button	Input
2	0.15	Push button	Input

Berdasarkan data masukan pada tabel 4.2, alamat masukan pada PLC ini merupakan alamat yang digunakan pada saat terintegrasi dengan *station testing* dan modul HMI. Alamat yang mempunyai keterangan dan fungsi *no connection* pada *station testing* merupakan alamat *input* yang tidak mempunyai hubungan dan fungsi dengan *station testing* yang telah terintegrasi dengan modul HMI.

Keterangan dan fungsi yang berada pada tabel diambil dari data alamat-alamat *input* yang berada pada *station testing*. Berdasarkan data masukan pada tabel 4.2, kemudian dilakukan pengabelan masukan PLC yang sesuai dengan alamatnya masing-masing. Gambar 4.3 berikut ini merupakan gambar pengabelan pada modul CJ2M ID11 alamat IO.00 – IO.15.



Gambar 4.3 Pengabelan masukan pada alamat IO.00 – IO.15

Berdasarkan Gambar 4.6, *common* masukan PLC dihubungkan dengan netral. Sedangkan *common* masukan saklar atau sensor dihubungkan dengan tegangan DC 24V. Masukan yang tidak terkoneksi di *station testing* akan terpakai pada *station* yang lainnya, sehingga 16 alamat input pada PLC terpakai semua.

4.2.2 Pengabelan Keluaran PLC

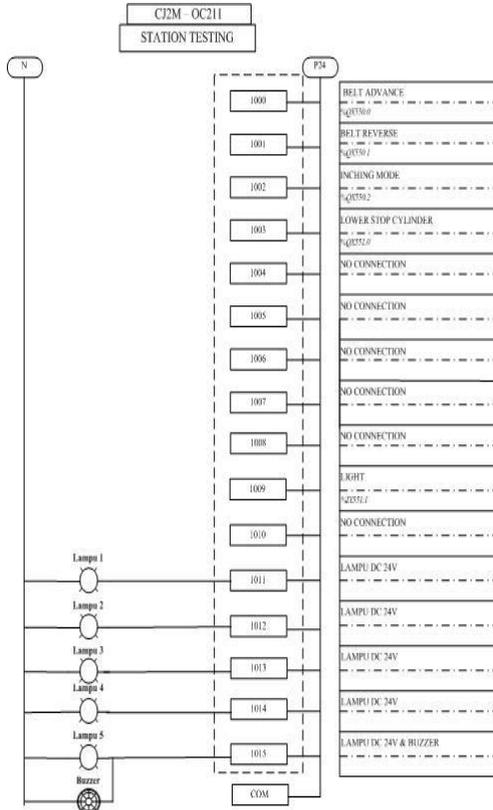
Pengabelan keluaran PLC berjumlah 16 buah. Jumlah ini didapat berdasarkan perhitungan jumlah keluaran PLC pada bab III. Pengabelan keluaran PLC memakai 1 bagian inti. Alamat yang digunakan adalah alamat Q1.00-Q1.15. Tabel 4.3 berikut akan menjelaskan fungsi dari masing-masing keluaran.

Tabel 4.3 Pengabelan alamat pada keluaran PLC alamat Q1.00-Q1.15

Output (Keluaran) Modul HMI Terintegrasi Station Testing			
No	Alamat	Keterangan	Fungsi
1	1.00	%QX550.0	Belt advance
2	1.01	%QX550.1	Belt Reversal
3	1.02	%QX550.2	Inching mode
4	1.03	%QX551.0	Lower stop cylinder
5	1.04	No Connection	No Connection
6	1.05	No Connection	No Connection
7	1.06	No Connection	No Connection
8	1.07	No Connection	No Connection
9	1.08	No Connection	No Connection
10	1.09	%QX551.6	Lamp
11	1.10	No Connection	No Connection
Output (Masukan) Modul HMI			
No	Alamat	Keterangan	Fungsi
12	1.11	%QX551.8	Lampu DC 24V
13	1.12	%QX551.9	Lampu DC 24V
14	1.13	%QX551.10	Lampu DC 24V
15	1.14	%QX551.11	Lampu DC 24V
16	1.15	%QX551.12	Lampu DC 24V & Buzzer

Berdasarkan data masukan pada tabel 4.3, alamat keluaran pada PLC ini merupakan alamat yang digunakan pada saat terintegrasi dengan *station testing* dan modul HMI. Alamat yang mempunyai keterangan dan fungsi *no connection* pada *station testing* merupakan alamat *output* yang tidak mempunyai hubungan dan fungsi dengan *station testing* yang telah terintegrasi dengan modul HMI.

Keterangan dan fungsi yang berada pada tabel diambil dari data alamat-alamat *output* yang berada pada *station testing*. Berdasarkan data masukan pada tabel 4.3, kemudian dilakukan pengabelan masukan PLC yang sesuai dengan alamatnya masing-masing. Gambar 4.4 berikut ini merupakan gambar pengabelan pada modul CJ2M OC211 alamat IO.00 – IO.15.

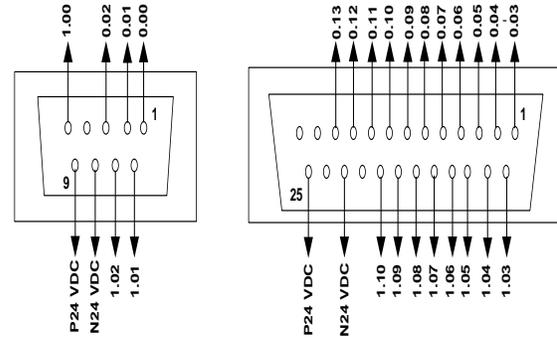


Gambar 4.4 Pengabelan keluaran pada alamat Q1.00 – Q1.15

Berdasarkan gambar 4.4, *common* keluaran PLC dihubungkan dengan P24. Sedangkan *common* keluaran dihubungkan dengan tegangan DC 24V. Masukan yang tidak terkoneksi di *station testing* akan terpakai pada *station* yang lainnya, sehingga 16 alamat input pada PLC terpakai semua.

4.2.3 Pengabelan Penghubung DB 9 dan DB 25

Pada pengabelan penghubung modul HMI menggunakan konektor DB 9 *female* dan DB 25 *female*. Untuk menghubungkan dengan modul otomasi dengan menggunakan kabel DB9 *male female*. Penghubung modul HMI ini terhubung langsung dengan modul masukan dan keluaran PLC. Pengabelan penghubung modul HMI beserta alamat pada PIN ke PLC ini akan ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengabelan penghubung DB 9 dan DB 25 beserta alamat pada PIN ke PLC

Berdasarkan gambar 4.5 berikut adalah pengalaman penghubung DB 9 pada modul HMI akan ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.4 Alamat penghubung DB 9 pada PLC

Pin	Alamat	Keterangan	Pin	Alamat	Keterangan
1	0.00	Masukan PLC	6	1.01	Keluaran PLC
2	0.01	Masukan PLC	7	1.02	Keluaran PLC
3	0.02	Masukan PLC	8	N 24	Sumber negatif 24 VDC
4			9	P 24	Sumber positif 24 VDC
5	1.00	Keluaran PLC			

Berdasarkan gambar 4.5 berikut adalah pengalaman penghubung DB 25 pada modul HMI akan ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.5 Alamat penghubung DB 25 pada PLC

Pin	Alamat	Description	Pin	Alamat	Description
1	0.03	Masukan PLC	14	1.03	Keluaran PLC
2	0.04	Masukan PLC	15	1.04	Keluaran PLC
3	0.05	Masukan PLC	16	1.05	Keluaran PLC
4	0.06	Masukan PLC	17	1.06	Keluaran PLC
5	0.07	Masukan PLC	18	1.07	Keluaran PLC
6	0.08	Masukan PLC	19	1.08	Keluaran PLC
7	0.09	Masukan PLC	20	1.09	Keluaran PLC
8	0.10	Masukan PLC	21	1.10	Keluaran PLC
9	0.11	Masukan PLC	22		
10	0.12	Masukan PLC	23	N 24	Sumber negatif 24 VDC
11	0.13	Masukan PLC	24		
12			25	P 24	Sumber positif 24 VDC
13					

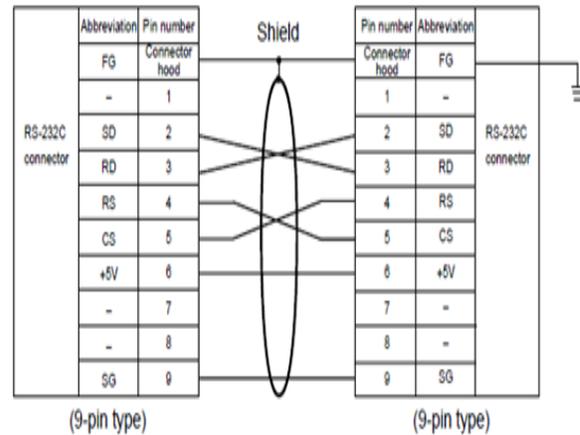
4.2.4 Pengabelan HMI ke PLC

Untuk menghubungkan HMI dan PLC menggunakan kabel RS 232 untuk komunikasinya dan untuk melakukan *programming* dan *transfer* program ke PLC menggunakan gunakan kabel *peripheral*. Gambar 4.6 adalah gambar komunikasi antara HMI, PLC dan PC.



Gambar 4.6 Komunnikasi PLC CJ2M CPU11 – HMI NS8-TV00B-ECV2

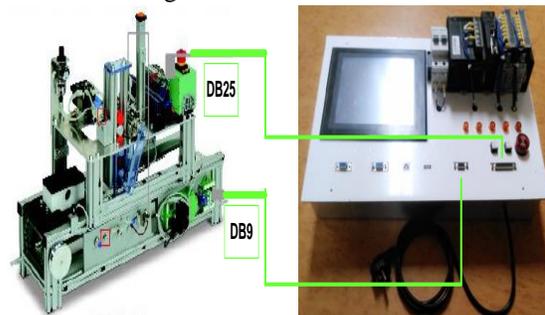
Untuk menghubungkan antara PLC dengan HMI menggunakan komunikasi RS232, berikut gambar 4.7 pengabelan konfigurasi kabel RS232 :



Gambar 4.7 Pengabelan konfigurasi kabel RS232

4.2.5 Pengabelan Modul HMI dengan Modul Station Otomasi

Untuk menghubungkan modul HMI dengan modul *station* otomasi menggunakan kabel DB 9 dan DB 25. Kabel DB 9 dan DB 25 berfungsi mengintegrasikan modul HMI yang sudah diprogram untuk menjalankan modul *station* otomasi. Gambar di bawah ini merupakan salah satu contoh pengabelan modul HMI dengan modul *station* otomasi.



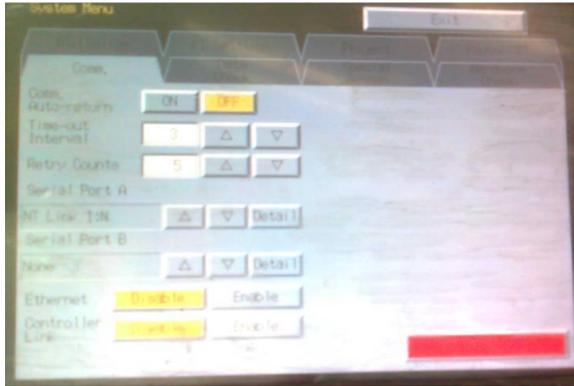
Gambar 4.8 Pengabelan modul HMI dengan *station processing*

4.3 Pembuatan Tampilan HMI

Untuk menggunakan HMI sebagai pengoprasian modul HMI, maka diperlukan cara – cara pembuatan tampilan pada HMI terlebih dahulu. *Software* yang digunakan untuk membuat tampilan modul HMI adalah *CX-Designer*. Sebelum melakukan pembuatan tampilan pada HMI maka diperlukan pengaturan parameter pada *CX-Programmer*, *CX-Designer* dan HMI.

4.3.1 Setting Komunikasi

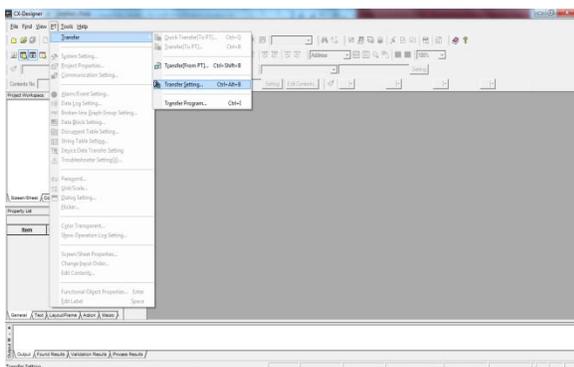
Untuk mengatur parameter atau *setting* komunikasi HMI yang akan digunakan adalah sebagai berikut gambar dan cara – cara nya :



Gambar 4.9 Tampilan *system menu* pada HMI:

- Tekan dua permukaan kanan atas dan kiri atas pada layar HMI.
- Pilih Comm yang terdapat pada tampilan *system menu*.
- Ubah *communication* yang terdapat pada kolom *Serial Port A* menjadi *NT Link 1:N*.
- Tekan tombol *write* yang terdapat pada layar HMI yang berwarna merah dan HMI akan *me-restart*.

Setelah mengatur parameter pada *system menu*, selanjutnya melakukan mengatur parameter atau *setting* komunikasi *CX-Designer* yang akan digunakan untuk membuat tampilan pada HMI. Untuk mengatur parameter atau *setting* komunikasi *CX-Designer* yang akan digunakan adalah sebagai berikut Gambar dan cara – cara nya :

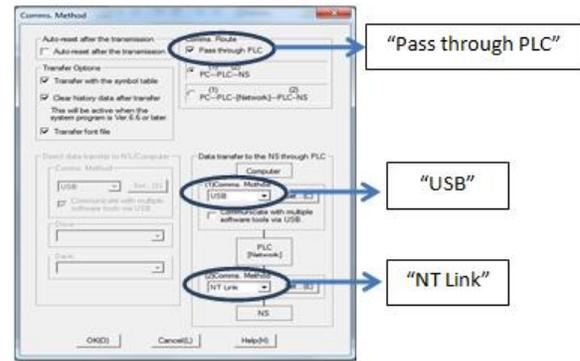


Gambar 4.10 Tampilan *CX-Designer*

- Buka aplikasi *CX-Designer* yang sudah *di-install* pada komputer atau laptop.
- Tekan PT pada *toolbar*.

- Tekan *transfer*.
- Kemudian pilih *system setting*.

Pada *transfer setting* terdapat pengaturan komunikasi antara *CX-Designer* dengan HMI. Untuk mengatur parameter atau *setting* komunikasi *CX-Designer* yang terdapat pada tampilan *transfer setting* adalah sebagai berikut gambar dan cara – cara nya :

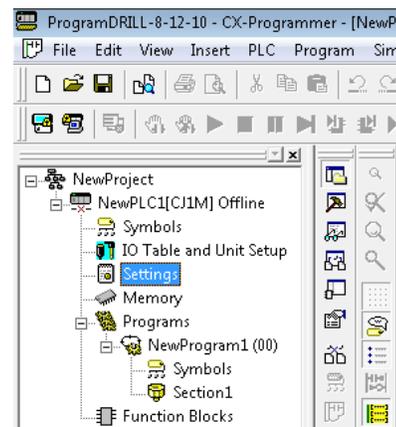


Gambar 4.11 Tampilan *transfer setting*

- Pilih *pass through PLC* yang terdapat pada tampilan *transfer setting*.
- Pilih “USB” pada kolom “(1)Comms.Method”.
- Pilih “NT Link” pada kolom “(2)Comms.Method”.
- Klik OK

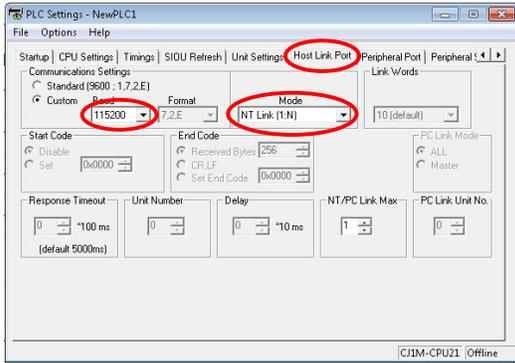
Pada kolom “(1)Comms.Method” pilihan komunikasinya disesuaikan dengan kabel penghubung antara PLC dengan komputer.

Setelah melakukan *setting* komunikasi yang terdapat pada *CX-Designer*, maka selanjutnya melakukan *setting* komunikasi *CX-Programmer*. Untuk mengatur parameter atau *setting* komunikasi *CX-Programmer* adalah sebagai berikut gambar dan cara – cara nya :



Gambar 4.12 Tampilan *transfer setting*

- Buka aplikasi *CX-Programmer* yang sudah diinstall pada komputer atau laptop.
- Buat *new project* terlebih dahulu.
- Klik “*setting*” yang terdapat pada gambar menu tampilan PLC di bawah ini.
- Kemudian akan tampil tampilan menu seperti pada gambar 4.13 di bawah ini.

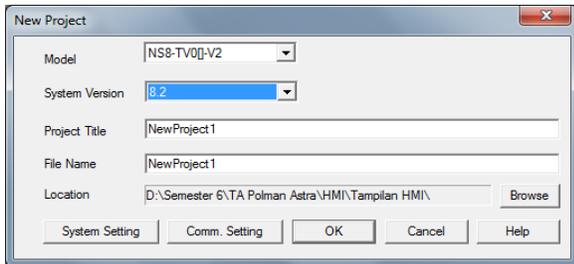


Gambar 4.13 Tampilan *transfer setting*

- Pilih “*Host Link Port*” paada tampilan menu, lau ubah settingan yang terdapat pada kolom “*Mode*” dan “*Baud*” seperti pada Gambar di atas.

4.3.2 Pembuatan Desain Tampilan HMI Pada *CX-Designer*

Untuk membuat desain tampilan HMI pada *CX-Designer* terdapat langkah – langkah dalam pembuatannya. Langkah pembuatan tampilan HMI pada *CX-Designer* adalah sebagai berikut gambar dan cara – cara nya :

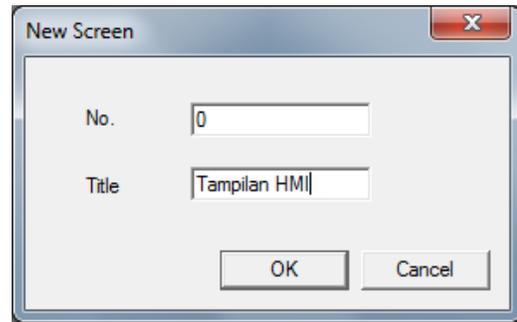


Gambar 4.14 Tampilan “*New project*” pada *CX-Designer*

- Buka aplikasi *CX-Programmer* yang sudah di *install* pada komputer atau laptop.
- Klik “*File*” lalu “*New Project*”.
- Pilih “*Model*”(HMI NS8-TV00-V2) dan *system version*(8.2).

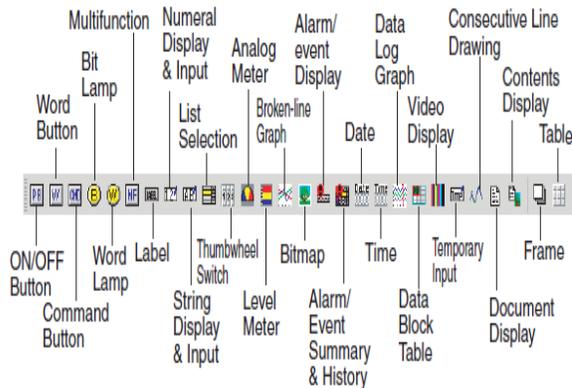
- Ubah “*Project Title*” dan “*File Name*” sesuai dengan yang diinginkan.
- Lalu klik “*OK*” apabila sudah benar.

Gambar di bawah ini merupakan tampilan pada saat membuat “*New Project*” di *CX-Designer*. Setelah klik tombol OK maka akan muncul tampilan gambar seperti di bawah ini untuk memberikan nama tampilan layar dan nomor halaman pada *CX-Designer*.



Gambar 4.15 Tampilan “*New Screen*” pada *CX-Designer*

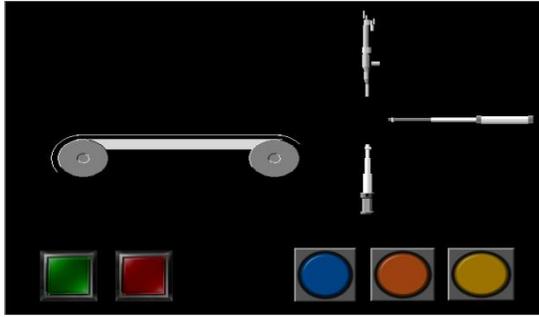
Setelah membuat “*New Screen*” pada *CX-Designer*, maka baru bisa membuat desain tampilan HMI pada *CX-designer*. Untuk membuat tampilan pada *CX-Designer* terdapat menu untuk membuat tampilan HMI yang diinginkan. Gambar di bawah ini merupakan menu objek untuk membuat tampilan HMI.



Gambar 4.16 Tampilan menu objek pada *CX-Designer*

- Membuat objek gambar pada tampilan *CX-Designer*.

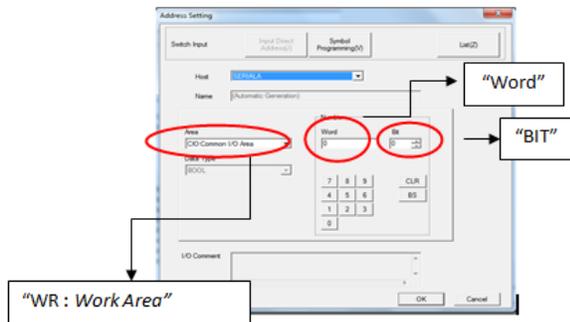
Klik objek yang ingin dibuat pada tampilan tampilan HMI, lalu gambar objek pada halaman tampilan. Gambar di bawah ini merupakan objek yang telah di buat pada halaman tampilan *CX-Designer*.



Gambar 4.17 Tampilan objek yang telah dibuat pada CX-Designer

- b. Pemberian alamat pada objek yang ada pada tampilan CX-Designer.

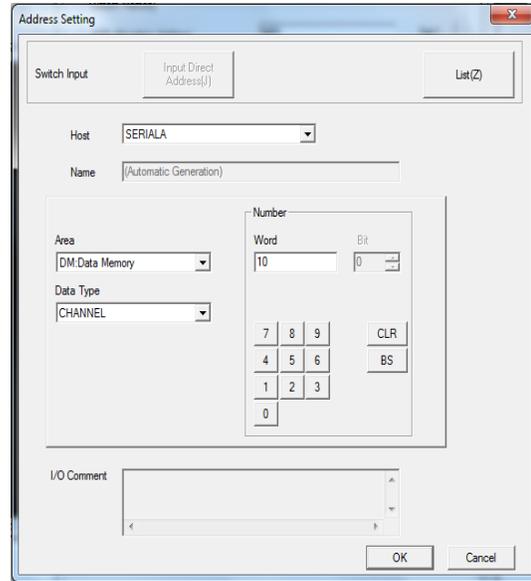
Untuk pemberian alamat pada objek HMI yang ada dengan cara meng-klik 2x objek lalu ubah settingan *setting address*. Pada tampilan *address setting* ubah settingan kolom area menjadi “WR (Work Area)” agar bisa menjadi *input/output* pada HMI. Untuk mensetting alamat pada objek ditentukan dengan mengisi kolom “Word” dan “Bit” pada tampilan *setting address*. Gambar di bawah ini merupakan tampilan *setting address* objek yang terdapat pada CX-Designer.



Gambar 4.18 Tampilan objek yang telah dibuat pada CX-Designer

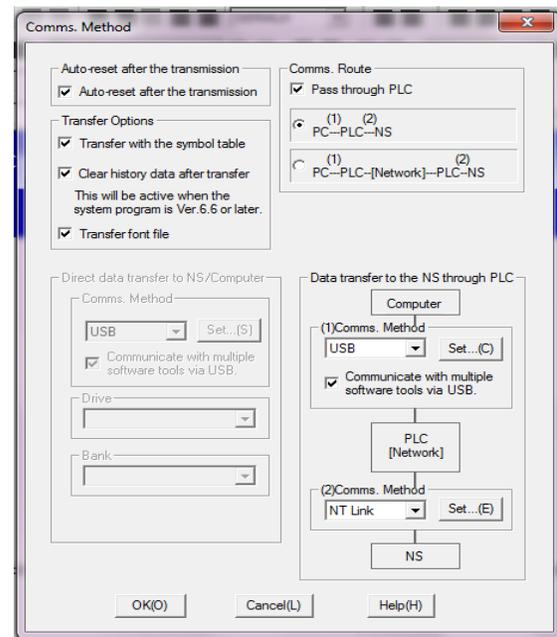
- c. Membuat data *memory* pada CX-Designer.

Untuk membuat data *memory* pada CX-designer yaitu dengan mengubah settingan pada “System Setting” yang terdapat pada menu “Initial”. Ubah pengaturan pada kolom yang terdapat pada “\$SB Allocation Address” menjadi “Data Memory”. Gambar di bawah ini merupakan tampilan “Address Setting” untuk mengubah kolom yang terdapat pada “\$SB Allocation Address” menjadi “Data Memory”.



Gambar 4.19 Tampilan membuat data *memory* pada CX-Designer

- d. Transfer data tampilan dari CX-Designer ke HMI



Gambar 4.20 Transfer setting

Untuk mentransfer data dari CX-Designer ke HMI dengan klik menu bar pada PT, lalu klik *transfer*, dan klik *transfer [To PT]* atau *Ctrl+B* setelah *transfer setting* sudah sama dengan gambar di atas.

4.4 Pengujian Modul HMI

Pada tahap pengujian ini, modul HMI yang telah dibuat termasuk semua piranti baik *output* maupun *input* yang tersambung pada modul HMI akan melalui tahap pengujian. Tujuan dari pengujian adalah menemukan berbagai penyebab kegagalan sistem kerja pada modul baik dari komponen yang digunakan, *wiring*, dan program yang telah dibuat.

4.4.1 Pengujian *Input* PLC

Pengujian *input* PLC dapat dilakukan dengan cara melakukan pemantauan langsung melalui program PLC yang sedang aktif dan tersambung dengan modul melalui mode *monitoring* pada program PLC. Cara yang lain yaitu dengan melihat langsung pada PLC yang digunakan dengan cara melalui indikator LED yang ada pada PLC yang telah disesuaikan berdasarkan pengalaman perangkat *input* yang telah ditentukan.

Jika indikator LED pada PLC menyala, maka komponen *input* tersebut OK dan dalam kondisi siap untuk digunakan. Sementara apabila indikator LED pada PLC mati, maka diperlukan pengecekan ulang terhadap komponen tersebut atau pengecekan pada pengabelan. Gambar di bawah ini merupakan contoh hasil pengujian *input* pada PLC.



Gambar 4.21 Pengujian masukan PLC pada status LED PLC

4.4.2 Pengujian *Output* PLC

Cara pengujian terhadap *output* PLC dengan cara menghubungkan PLC dengan laptop melalui *monitoring* mode serta dapat melihat langsung melalui status LED yang ada pada PLC dan dengan melihat perubahan kondisi perangkat *output* seperti nyala lampu dan juga pergerakan aktuator yang digunakan. Hasil pengujian *output* PLC ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.22 Pengujian masukan PLC pada status LED PLC

4.4.3 Pengujian Tampilan HMI

Cara pengujian terhadap HMI dengan cara menghubungkan HMI dengan PLC dan komputer melalui *monitoring* tampilan HMI yang akan tampil pada layar HMI serta melakukan *monitoring* pada fungsi objek – objek yang telah tampil pada layar HMI. Indikator yang ditampilkan HMI bisa berupa tampilan *input* dan *output*. Hasil pengujian tampilan pada layar HMI ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pembuatan modul HMI yang dapat terintegrasi dengan modul otomasi memiliki beberapa kesimpulan yang dapat menghasilkan perumusan masalah pada tugas akhir ini. Hasil yang dicapai setelah pembuatan modul HMI ini yaitu :

1. Perancangan dan pembuatan modul pembelajaran praktikum menggunakan HMI OMRON NS8-TV00B-ECV2 dengan PLC OMRON CJ2M CPU 11 dilengkapi dengan 1 buah konektor DB 9 dan 1 buah DB 25 yang akan diintegrasikan dengan *testing station*.
2. Pembuatan modul HMI ini dilengkapi dengan manual *book*, modul teori HMI – PLC, *standard operational procedure*, modul satuan praktikum, dan diajukan sebagai salah satu modul pembelajaran di lab otomasi.
3. Perancangan dan pembuatan sistem kontrol modul HMI yang dapat terintegrasi dengan modul otomasi menggunakan PLC OMRON CJ2M CPU 11. Integrasi modul HMI dengan modul otomasi menggunakan kabel DB 9 dan DB 25 yang sudah ditentukan alamat *pin* dari DB9 dan DB 25 ke tempat alamat *input* dan *output* PLC.

5.2 Saran

Berikut ada beberapa saran untuk pengembangan modul HMI yang dapat terintegrasi dengan otomasi ini, yaitu perlu adanya penambahan modul I/O pada PLC OMRON CJ2M CPU 11 agar dapat menjalankan lebih dari satu *station* dan bisa komunikasi antar *station* yang satu dengan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Eko Putra, Afgianto. 2004. *PLC : Konsep Pemrograman dan Aplikasi*. Yogyakarta: Gava Media.
- [2]. Putranto, Agus. 2008. *Teknik Otomasi Industri*. Departemen Pendidikan Nasional,
- [3]. Yves, Fiset J. 2009. *Human-Machine Interface Design for Process Control Application*. ISA.
- [4]. Lukas, Jonathan . 1994. *Komunikasi Data (Mi, TI, TK)*. Jakarta: STMIK BINA NUSANTARA.