



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC (kepanjangan dari *Programmable Logic Controller*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, yang berupa menghidupkan atau mematikan luarannya (logik, 0 atau 1, hidup atau mati). Pengguna membuat program (yang umumnya dinamakan diagram tangga atau ladder diagram) yang kemudian harus dijalankan oleh PLC yang bersangkutan. Dengan kata lain, PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrumen luaran berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati.

5

PLC dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian relay sekuensial dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki output banyak. Fungsi dan kegunaan PLC sangat luas. Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut:

- a) Sekuensial Control. PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.
- b) Monitoring Plant. PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut pada operator.

⁵ Agfianto Eko Putra, PLC: Konsep, Pemrograman dan Aplikasi (Omron CPM1A/CPM2A dan ZEN Programmable Relay) (Yogyakarta : Gava Media, 2017)

Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori lalu menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya.

Programmable Logic Controller yang berfungsi sebagai pengendali yang programnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, serta penyusunan program kontrolnya berdasarkan pada suatu rangkaian kelistrikan yang diaplikasikan kedalam pernyataan logika (*logic*). Dengan cara memasukkan program kedalam input data yang ada pada PLC melalui *programming console* dan *programming ladder* melalui PC.

Konsep dari PLC sesuai dengan namanya adalah sebagai berikut

² :

- *Programmable*, menunjukkan kemampuannya yang dapat mudah diubah-ubah sesuai program yang dibuat dan kemampuannya dalam hal memori program yang telah dibuat.
- *Logic*, menunjukkan kemampuannya dalam memproses input secara aritmetik (ALU), yaitu melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi dan negasi.
- *Controller*, menunjukkan kemampuannya dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

2.1.1. Jenis – Jenis PLC ⁷

Secara umum PLC terbagi menjadi dua jenis yaitu, PLC *Compact* dan PLC Modular:

1. PLC *Compact*

PLC *Compact* atau yang disebut sebagai *based* mempunyai bagian-bagian penting yaitu, komponen-komponen prosesor, I/O, dan catu daya yang melekat

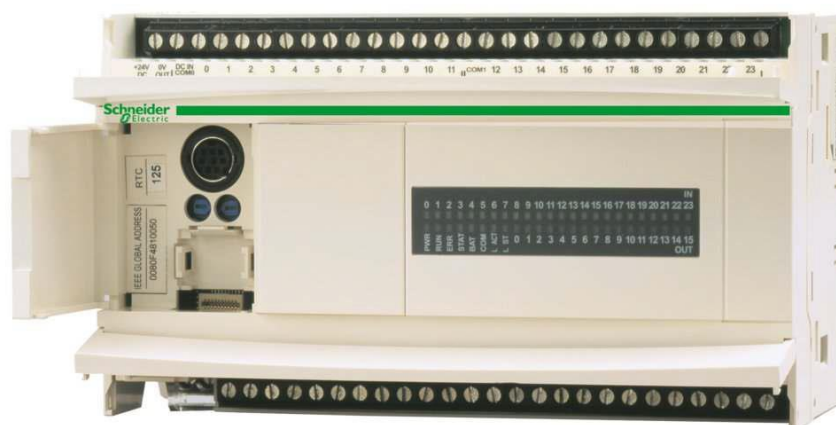
² Radita Arindya, Instrumentasi dan Kontrol Proses (Yogyakarta : Graha Ilmu, 2014)

⁷ Handy Wicaksono, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER Teori, Pemrograman dan Aplikasinya dalam Otomasi Sistem (Yogyakarta : Graha Ilmu, 2009)

menjadi satu bagian per satu unit yang tidak terpisahkan. Adapun ciri-ciri PLC *Compact* antara lain:

- Seluruh komponen (*power supply*, CPU, modul input- output, modul komunikasi) menjadi satu
- Umumnya berukuran kecil (*compact*)
- Mempunyai jumlah input/output relatif sedikit dan tidak dapat diekspan
- Tidak dapat ditambah modul-modul khusus

Pada gambar 2.1 merupakan contoh PLC *Compact* buatan dari perusahaan Schneider Electric:



Gambar 2.1 PLC *Compact*

2. PLC Modular

PLC Modular merupakan PLC yang konstruksi pada tiap komponen komunikasi dan komponen I/O terpisah yang prosesnya menjadi bagian dari modul – modul yang ada pada modular. Adapun ciri – ciri PLC Modular, yaitu :

- Komponen-komponennya terpisah ke dalam modul - modul
- Berukuran besar
- Memungkinkan untuk ekspansi jumlah input/output (sehingga jumlah lebih banyak)

- Memungkinkan penambahan modul-modul khusus

Pada gambar 2.2 merupakan contoh PLC Modular buatan dari perusahaan Omron:



Gambar 2.2 PLC Modular

2.1.2. Komponen Pembentuk PLC

Komponen perangkat keras pada PLC adalah :

1. CPU (*Central Processing Unit*)

CPU merupakan bagian dari komponen penyusun PLC yang berfungsi sebagai otak bagi sistem. CPU berisi mikroprosesor yang memproses semua program dari sinyal – sinyal input dan melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan sesuai dengan program yang telah tersimpan, lalu mengkomunikasikan keputusan – keputusan yang diambilnya sebagai sinyal kontrol ke *output interface*.

2. *Memory*³

Terdapat beberapa elemen memori di dalam sistem PLC :

- a. *Read-only memory* (ROM) sistem yang menyediakan fasilitas penyimpanan permanen untuk sistem operasi dan data tetap yang digunakan oleh CPU.
- b. *Random-access memory* (RAM) untuk program sang pengguna.
- c. *Random-access memory* (RAM) untuk data. Memori ini merupakan tempat disimpannya informasi mengenai status perangkat-perangkat input dan

³ W. Bolton, Programmable Logic Controller (PLC) Edisi 3 (Jakarta : Erlangga, 2004)

output dan nilai-nilai *timer* (piranti pewaktuan) dan *counter* (piranti pencacah) dan perangkat-perangkat internal lainnya. RAM data kadangkala disebut sebagai *tabel data* atau *tabel register*. Sebagian dari memori ini, yaitu, blok alamat, diperuntukkan bagi alamat-alamat input dan output dan status masing-masing input dan output tersebut. Sebagian lainnya disisihkan untuk menyimpan data yang telah ditetapkan sebelumnya (*preset*) dan sisanya untuk menyimpan nilai-nilai counter, nilai-nilai timer, dsb.

- d. Sebagai pilihan, dapat pula disertakan sebuah modul *ekstra erasable and programmable read-only-memory* (EPROM), yaitu ROM-ROM yang dapat diprogram, dan setelah itu, program tersebut secara permanen tersimpan di dalamnya.

3. *Power Supply*

Power supply merupakan penyedia daya bagi PLC. Unit *power supply* atau unit catu daya diperlukan untuk mengkonversi tegangan masukan AC (220Volt ~ 50Hz) atau DC (24Volt) sumber menjadi tegangan rendah DC 5 Volt yang dibutuhkan oleh prosesor dan rangkaian-rangkaian dalam *input/output interface*.

4. Unit Programmer

Komponen programmer merupakan alat yang digunakan untuk berkomunikasi dengan PLC melalui programming port. Programmer mempunyai beberapa fungsi pada PLC yaitu :

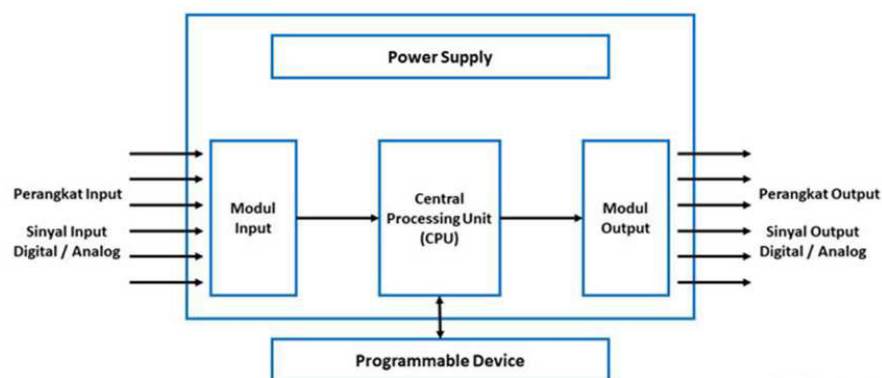
- a) *RUN*, untuk mengendalikan suatu proses saat program dalam keadaan aktif.
- b) *OFF*, untuk mematikan PLC sehingga program dibuat tidak dapat dijalankan.
- c) *MONITOR*, untuk mengetahui keadaan suatu proses yang terjadi dalam PLC.
- d) *PROGRAM*, menyatakan suatu keadaan dimana programmer/ monitor digunakan untuk membuat suatu program.

5. Unit I/O (Input / Output)

Unit I/O merupakan komponen PLC yang paling penting. Komponen I/O berfungsi untuk menyediakan antarmuka yang menghubungkan sistem dengan dunia luar. Keadaan tersebut memungkinkan dibuatnya sambungan-sambungan / koneksi antara perangkat-perangkat input, semisal sensor, dengan perangkat output, semisal motor dan selenoida, melalui kanal-kanal input/output yang tersedia.

Modul input pada PLC terdiri dari modul input analog dan modul input digital. Modul input analog mengubah tegangan (0-10 VDC) atau arus dari (0-20 mA) menjadi sinyal – sinyal yang mampu dimengerti dan diproses oleh CPU. Modul input analog biasa digunakan untuk peralatan input seperti flow sensor, Motor AC, pressure transducer, dan lain-lain. Sedangkan input digital digunakan untuk menerima sinyal on / off dari peralatan seperti switch, push button, dan lainlain.

Modul output pada PLC juga terdiri dari modul output analog dan modul output digital. Modul output analog digunakan untuk peralatan seperti flow controller, pressure regulator atau position controller. Sedangkan output digital dapat digunakan untuk peralatan elektronika seperti LED, motor, relay, alarm, dan lain-lain.



Gambar 2.3 Blok Diagram PLC

2.1.3. PLC Omron CP1E⁶

⁶ Ahmad Sahru Romadhon, Programmable Logic Controller (PLC) (Malang : Media Nusa Creative, 2019)



PLC OMRON CP1E merupakan produk PLC keluaran dari pabrikan ternama OMRON Corporation dari seri SYSMAC CP dengan menggunakan CPU, seri SYSMAC CP ini mengklaim hemat biaya dengan Peningkatan Kemampuan yang Disempurnakan untuk Pengendalian Analog dan Suhu.

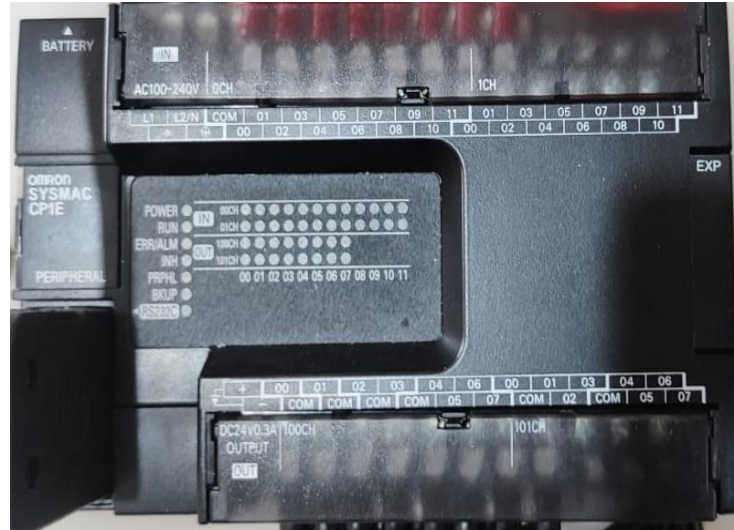
Fitur yang terdapat dalam PLC Omron CP1E antara lain:

- Pemrograman, pengaturan, dan pemantauan dengan *CX - Programmer*.
- Koneksi yang mudah dengan komputer menggunakan kabel USB yang tersedia secara komersial
- Unit CPU E30/40, N30/40/60 atau NA20, Penambahan I/ O dengan Menghubungkan Unit I/O Ekspansi.
- Unit CPU E30/40, N30/40/60 atau NA20, Penambahan I/ O Analog atau input Suhu dengan Menghubungkan Unit Ekspansi.
- Input respons cepat
- Input interrupts
- Fungsi Penghitung Kecepatan Tinggi Lengkap
- Kontrol pulsa serbaguna untuk Output Transistor untuk Unit CPU N14/20/30/40/60 atau NA20
- Output PWM untuk Output Transistor untuk Unit CPU N14/20/30/40/60 atau NA20.
- Port RS-232C bawaan untuk Unit CPU tipe N/NA.
- Memasang Papan Opsi Serial atau Papan Opsi Ethernet ke Unit CPU N30/40/60 atau NA20.
- I/O analog bawaan, dua input dan satu output, untuk Unit CPU tipe-NA.

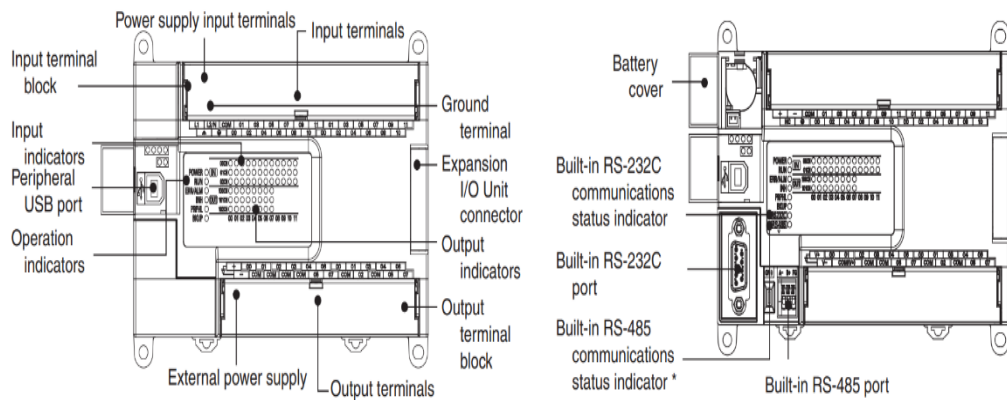
PLC OMRON CP1E N40 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Jumlah I/O 40 buah
- Jumlah input 24 buah

- Jumlah output 16 buah
- Power : 100-240 Vac 50/60 Hz atau 24 Vdc



Gambar 2.4 PLC Omron CP1E N40

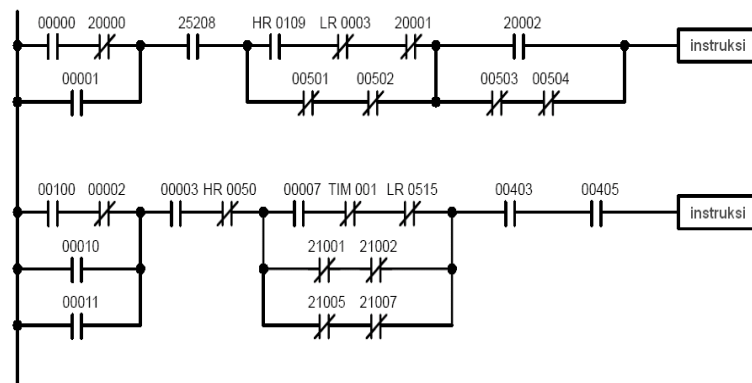


Gambar 2.5 Komponen PLC Omron CP1E N40

2.1.4. Bahasa Pemrograman PLC

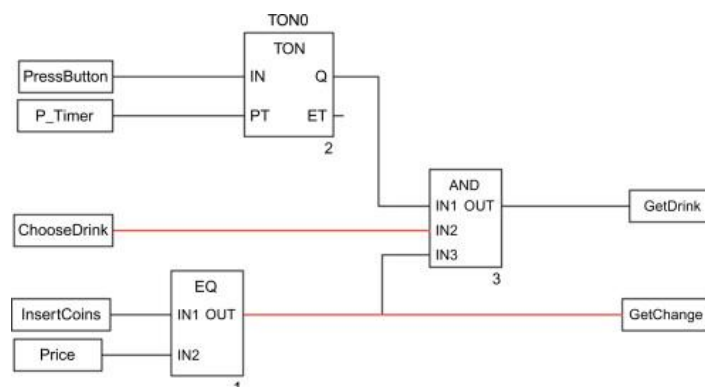
Terdapat beberapa bahasa pemrograman pada PLC yang dapat digunakan untuk berkomunikasi. Menurut International Electrotechnical Commission (IEC) dikenal dengan IEC 1131-3 terdapat 5 bahasa pemrograman PLC (Crispin, 1997), yaitu:

1. Ladder Diagram / Diagram Ladder, merupakan salah satu bahasa pemrograman PLC yang memiliki garis vertikal yang disebut garis bar dan instruksi-instruksi yang digunakan berjajar dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah.



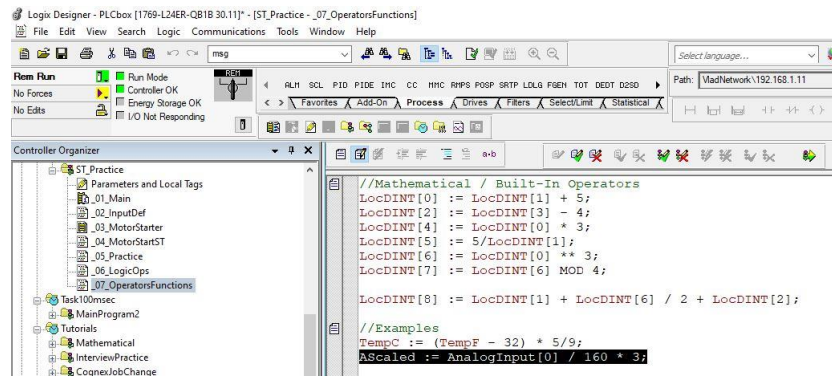
Gambar 2.6 Bahasa Pemrograman Ladder Diagram

2. Function Block Diagram (FBD), merupakan salah satu bahasa pemrograman yang menitik beratkan pada hubungan antara variabel input dan output yang terdapat pada blok - blok diagram. Setiap blok memiliki logika tertentu yang dapat digunakan kembali didalam bagian yang berbeda dalam sebuah aplikasi.



Gambar 2.7 Bahasa Pemrograman Function Block Diagram (FBD)

3. Structure Text (ST), merupakan salah satu bahasa pemrograman PLC yang termasuk bahasa tingkat tinggi yang digunakan untuk beberapa kondisi yang kompleks. Structure Text menggunakan bahasa yang baku untuk menyatakan kondisi setiap step yang berbeda dengan bahasa yang digunakan mirip dengan bahasa pemrograman pada Pascal.



Gambar 2.8 Bahasa Pemrograman Structure Text (ST)

2.2. HMI (Human Machine Interface)¹

HMI adalah sebuah antarmuka atau interface yang digunakan untuk mengontrol dan me-monitoring output sehingga user atau manusia bisa melihat output atau keluaran dan dapat berinteraksi dengan keluaran tersebut. Misalnya, sebuah push button pada tampilan HMI akan menentukan LED atau output yang ditunjukkan pada HMI bisa menyala atau tidak dan sebelumnya perintah atau command-nya berasal dari program atau bahasa ladder atau statement atau FBD (Function Block Diagram) yang diinputkan ke CPU dan CPU dikoneksikan dengan HMI.

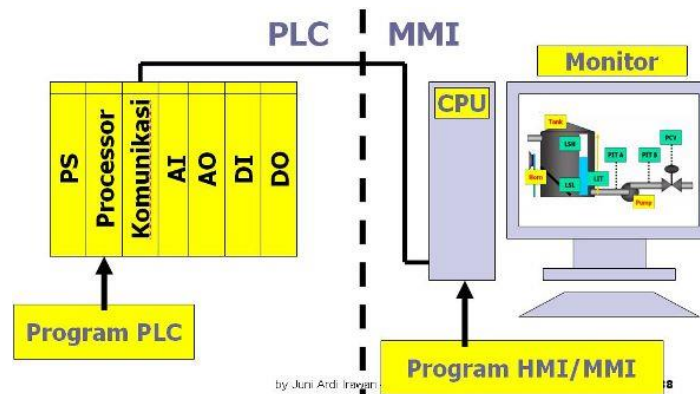
Sementara istilah secara teknis dapat diterapkan ke layar apapun yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan suatu perangkat, HMI yang paling umum digunakan dalam konteks dari proses industri. HMI berupa pengendali dan menunjukkan status, baik dilakukan secara manual ataupun

¹ Puput Dani Prasetyo Adi, Panduan Mudah Belajar PLC dan SCADA (Yogyakarta : ANDI OFFSET, 2019)

disajikan dengan visualisasi komputer yang bersifat real time. HMI juga dapat disebut sebagai user interface dan sistem kontrol untuk manufaktur.

Tugas utama dari HMI adalah membuat visualisasi dari sebuah teknologi atau sistem secara real time sehingga dengan menggunakan desain HMI yang bisa disesuaikan dapat memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan dari HMI adalah untuk menambah tingkat interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan yang ada di layar komputer dan memenuhi kebutuhan para pengguna terhadap informasi pada sistem.

Teknologi HMI digunakan oleh hampir semua organisasi industri, serta berbagai perusahaan lain seperti bidang energi, makanan dan minuman, manufaktur, minyak dan gas, daya pembangkit, daur ulang, transportasi, air dan wastewater, dan lain-lain untuk berinteraksi dengan mesin mereka dan mengoptimalkan proses industri mereka. Peran yang paling umum berinteraksi dengan HMI adalah operator, integrasi sistem, dan insinyur teknik, terutama kontrol sistem insinyur. HMI merupakan sumber daya penting bagi para profesional ini, yang menggunakannya untuk meninjau dan memantau proses, mendiagnosa masalah, dan visualisasi data.



Gambar 2.9 Sistem Monitoring HMI

Hampir sebagian besar HMI mengakses data peralatan melalui program *controller* yang dikenal dengan nama *Programmable Logic Controller (PLC)*. HMI hanya mengakses data untuk memonitor serta mengontrol, sedangkan alur program prosesnya sendiri sudah terprogram dalam PLC.

Berikut ini fungsi *Human Machine Interface* (HMI)⁴ :

1. Memantau dan memberikan informasi tentang kondisi plant kepada operator melalui GUI secara real time. Tampilan tentang kondisi plant adalah hasil dari informasi input dan output dari proses yang sedang berlangsung pada plant.
2. Menentukan kondisi output (actuator) yang didasari dari nilai input yang didapat dari pembacaan sensor.
3. Pengumpulan dan penyimpanan data dalam satu koleksi data. Umumnya data bisa berupa data pengukuran, status alarm, status sistem yang diwakili oleh status valve sebagai actuator, penyimpanan data, serta tanggal pengumpulan.
4. Menyimpan history dan summary alarm, sehingga bisa diketahui alasan terjadinya penyimpangan dalam sebuah sistem.
5. Menyajikan grafik dari sebuah proses yang ada di plant, contohnya grafik yang menunjukkan proses kenaikan serta penurunan beban utama yang terkoneksi ke generator baik secara real time ataupun historical. Begitu juga dengan trending yang bisa dilihat secara online real time atau historis.

2.2.1. HMI OMRON NB10W-TW01B

HMI OMRON NB10W-TW01B merupakan salah satu produk HMI keluaran OMRON dengan tipe NB-Series yang memiliki ukuran 10 inci. HMI seri NB ini cocok untuk digunakan dengan jajaran PLC CP1 Series milik Omron yang kompak. HMI NB Series memiliki banyak fitur berguna yang akan memudahkan pembuatan dan pemeliharaan sistem, seperti dukungan memory stick USB, animasi dan fungsi yang mudah digunakan, Dukungan dan alat multi bahasa serta Online / offline simulasi. HMI ini juga sudah menggunakan layar TFT LCD yang tangguh serta sudah mendukung fitur touchscreen yang semakin memudahkan pengguna untuk mengoperasikan HMI tersebut walaupun fitur touchscreen ini membuat HMI NB-Series ini sedikit kurang responsif namun tetap dapat tertutupi dengan fitur – fitur yang telah disebutkan sebelumnya. Untuk memrogram HMI OMRON ini harus

⁴ H. Jaja Kustija, MEKATRONIKA (Bandung : Refika Aditama, 2021)

menggunakan software khusus dari OMRON yaitu NB-Designer yang dapat didownload gratis dari situs resmi OMRON.



Gambar 2.10 HMI OMRON NB10W-TW01B

Models	NB3Q		NB5Q		NB7W		NB10W
	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW00B	TW01B	TW01B
Performance Specifications							
Display Size	3.5" TFT LCD		5.6" TFT LCD		7" TFT LCD		10.1" TFT LCD
Resolution	QVGA 320x240		QVGA 320x234		WVGA 800x480		
Display Color	65536 colors						
Backlight	LED						
Memory	128M FLASH + 64M DDR2 RAM (NB□□-TW01B supports the USB storage)						
Downloading Programs	USB / Serial Port / Ethernet (Only NB□□-TW01B supports the Ethernet downloading)						
Pictbridge printing	By the USB Slave port (The user must use the NB-Designer of version 1.22 or later to update the kernel and file system of NB Unit when using the Pictbridge printing function for the first time. For details, refer to Section 7 Pictbridge Printing in NB-Designer Operation Manual.)						
USB Port	Equivalent of USB 2.0 Full speed NB□□-TW00B: USB Slave x1 NB□□-TW01B: USB Slave x1, USB Host x1						
Communication Ports	Serial Port	COM1: RS-232C/422A/485		COM1: RS-232C		COM2: RS-232C/422A/485	
	Network Interface	Ethernet					
Electrical Specifications							
Rated Power	5W	9W	6W	10W	7W	11W	14W
Rated Voltage	DC24V						
Structural Specifications							
Case Color	Black						
Dimensions WxHxD(mm)	129.8x103.8x52.8		184.0x142.0x46.0		202.0x148.0x46.0		268.8x210.8x54.0
Weight	300g	305g	620g	627g	710g	715g	1525g
Software Tools							
Version No.	NB-Designer Ver1.2X For download the application programs, please access your local Omron website. If local site cannot be found, please access Omron IA global site "http://www.ia.omron.com/" at first and select the area where you are.						

Gambar 2.11 Spesifikasi HMI OMRON

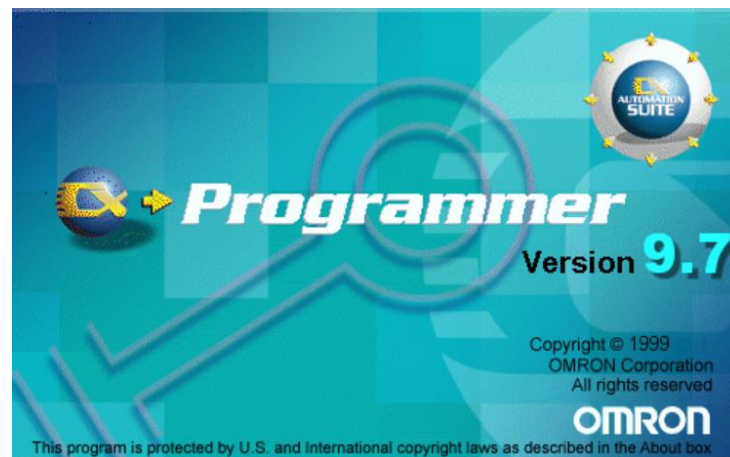
2.3. Software CX - Programmer

CX - Programmer merupakan *software* khusus untuk memprogram PLC buatan OMRON. CX-Programmer ini sendiri merupakan salah satu *software* bagian

dari CX-One. Dengan CX-Programmer ini kita bisa memprogram aneka PLC buatan omron dan salah satu fitur yang saya suka yaitu adanya fitur simulasi tanpa harus terhubung dengan PLC, sehingga kita bisa mensimulasikan ladder diagram yang kita buat, dan simulasi ini juga bisa kita hubungkan dengan HMI PLC Omron yang telah kita buat dengan menggunakan CX-Designer (bagian dari CX-One).⁶

Software ini beroperasi di bawah sistem operasi Windows, oleh sebab itu pemakai *software* ini diharapkan sudah familier dengan sistem operasi Windows antara lain untuk menjalankan *software* program aplikasi, membuat *file*, menyimpan *file*, mencetak *file*, menutup *file*, membuka *file*, dan keluar dari (menutup) *software* program. Ada beberapa persyaratan minimum yang harus dipenuhi untuk bisa mengoperasikan CX - Programmer secara optimal yaitu:

- Komputer IBM PC/AT kompatibel
- CPU Pentium I minimal 133 MHz
- RAM 32 Mega bytes
- Hard disk dengan ruang kosong kurang lebih 100 MB
- Monitor SVGA dengan resolusi 800 x 600

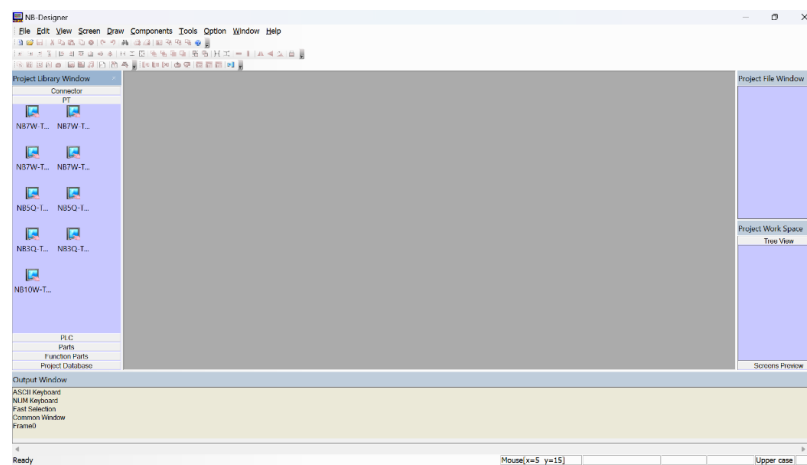


Gambar 2.12 *Software CX-Programmer*

⁶ Ahmad Sahru Romadhon, Programmable Logic Controller (PLC) (Malang : Media Nusa Creative, 2019)

2.4. Software NB-Designer

NB-Designer adalah sebuah software HMI buatan Omron yang berfungsi untuk memvisualkan kejadian, peristiwa, atau pun proses yang sedang terjadi di *plant* secara nyata sehingga dengan HMI operator lebih mudah dalam melakukan pekerjaan. Biasanya HMI digunakan juga untuk menunjukkan kesalahan mesin, status mesin, memudahkan operator untuk memulai dan menghentikan operasi, serta memonitor beberapa bagian pada suatu sistem kontrol.



Gambar 2.13 Halaman Utama *NB-Designer*

