

PLC BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16 SEBAGAI PENGGANTI PLC KONVENSIONAL

Adi Brama¹⁾, Syafi'i Agus Kurniawan²⁾, Mochammad Djaohar³⁾
^{1,2,3)}DIII Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
 Email: motherosario@yahoo.com, djaohar@unj.ac.id

Abstract

Making the research aims to design and build a PLC (Programmable Logic Controller) that uses a microcontroller ATmega16 as the brain of the Micro PLC system. The process of manufacture, testing is done in simulation tools at Pustikom State University of Jakarta and completed the process in May-June 2015. PLC Microcontroller ATmega16-Based As Substitute Conventional PLC, and use the application on a laptop LDmicro to make instructions that form the ladder program to run the output in the form of LED, AC Lamp 8W, Motor 1 Phase, and Solenoid Electric. The result of Micro PLC research have successfully created and tested with the results of voltage for each I/O and other circuits with measurement results. The results obtained after the system was tested as a whole, so that it can be concluded that the PLC Microcontroller ATmega16-Based As Substitute Conventional PLC can work well.

Keywords: PLC, Microcontroller, ATmega16

Abstrak

Pembuatan penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah PLC (*Programmable Logic Controller*) yang menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai otak dari sistem PLC Mikro tersebut. Proses pembuatan, pengujian simulasi alat dilakukan di Pustikom Universitas Negeri Jakarta dan diselesaikan pengerjaannya pada bulan Mei-Juni 2015. PLC Berbasis Mikrokontroler ATmega16 Sebagai Pengganti PLC Konvensional, menggunakan ATmega16 sebagai pengendali sistem PLC Mikro tersebut, dan menggunakan aplikasi LDmicro pada laptop untuk membuat instruksi-instruksi yang berupa program *ladder* untuk menjalankan *output* yang berupa LED, Lampu AC 8W, Motor 1 Phasa, dan Solenoid Electric. Hasil penelitian PLC Mikro telah berhasil dibuat dan diuji dengan hasil tegangan untuk masing-masing I/O dan rangkaian lainnya dengan hasil pengukuran. Hasil tersebut diperoleh setelah sistem diuji secara keseluruhan, sehingga dapat disimpulkan bahwa PLC Berbasis Mikrokontroler ATmega16 Sebagai Pengganti PLC Konvensional dapat bekerja dengan baik.

Kata Kunci: PLC, Mikrokontroler, ATmega16

PENDAHULUAN

Seiring kemajuan teknologi serta tingkat pendidikan yang semakin maju dan akan selalu berkembang pastinya, khususnya pada bidang elektronika dari tingkat sekolah menengah hingga perguruan tinggi, mikrokontroler dan

PLC (*Programmable Logic Controller*) pasti sudah tidak asing lagi terdengar di telinga orang-orang elektronika. Dua teknologi inilah yang sebagian besar digunakan di segala tempat dan lingkungan mulai dari pabrik-pabrik dengan mesin

otomatisnya, *mall* ataupun supermarket dengan pintunya yang otomatis maupun pelayanannya, tempat parkir dengan sistem karcisnya, serta tempat-tempat terpencil hingga ke plosok dengan berbagai sistem otomatis yang ramah lingkungan dan sangat membantu pekerjaan maupun kegiatan-kegiatan manusia.

Mikrokontroler dan PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan teknologi yang sangat berperan di era masa kini apalagi masa yang akan mendatang dan akan selalu berkembang. Maka dari itulah teknologi dan pengetahuan ini wajib di pelajari dan dikembangkan oleh manusia terutama pada bidang elektronika. Namun, terdapat kekurangan pada sistem dan teknologi ini, yaitu harganya yang masuk ke kategori menengah ke atas. Ambil contoh PLC (*Programmable Logic Controller*), untuk mempelajari teknologi ini tentunya harus memiliki barang tersebut dan harganya sudah memasuki angka jutaan bahkan puluhan juta untuk satu unitnya, sehingga keterbatasan ekonomi telah menghambat proses pendidikan dan pengembangan teknologi ini. Hanya orang-orang yang tergolong menengah ke atas yang dapat mempelajari teknologi PLC (*Programmable Logic Controller*) ini. Dari keterbatasan inilah, sebagian besar untuk mempelajari teknologi ini hanya ada di bangku kuliah dan juga memakan biaya yang lebih tentunya, untuk di sekolah-sekolah menengah juga sedikit yang menyediakan teknologi ini untuk diturunkan dan dikembangkan pengetahuannya oleh para calon penerus bangsa.

Dari latar belakang di atas, penulis telah menemukan salah satu solusi masalah yang telah disebutkan diatas dengan cara merancang suatu alat yang dapat mempermudah para calon penerus bangsa mempelajari teknologi PLC (*Programmable Logic Controller*) dengan menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler yang akan digunakan adalah tipe mikrokontroler 16.

Untuk mengatasi masalah yang tersebut, maka kami merancang sebuah alat yang efisien yang menggunakan PC/Laptop sebagai alat komunikasi dan perantara manusia dengan PLC Mikro dan dapat mempelajari program *ladder* dan beberapa *output* seperti LED (*Light Emitting Diode*) yang dirancang sedemikian rupa agar program *ladder* yang dibuat dapat diaplikasikan langsung tanpa menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) yang asli dan memanfaatkan mikrokontroler AVR seri ATmega16 sebagai pusat sistem dengan membuat pemrograman *Assembly* pada mikrokontroler sebagai perintah kerja, sehingga dibuat sistem yang sama persis jika dibandingkan dengan PLC (*Programmable Logic Controller*) yang asli serta hemat biaya.

Adapun tujuan dari pembuatan sistem PLC terpadu berbasis mikrokontroler secara umum, adalah: (1) Merancang sebuah PLC (*Programmable Logic Controller*) berbasis mikrokontroler AVR seri ATmega16. (2) Merancang suatu alat dalam hal ini laptop/PC untuk membuat program *ladder* dengan memanfaatkan aplikasi program *ladder* yang dapat dihubungkan ke PLC Mikro.

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari pembuatan tugas akhir ini adalah: (1) Menghasilkan produk baru yang berupa barang inovatif. (2) Untuk memperluas dan mempermudah mempelajari pengetahuan terutama mengenai mikrikontroler dan PLC (*Programmable Logic Controller*), khususnya dalam penggunaan alat tersebut.

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini, adalah: (1) Pin I/O pada mikrokontroler AVR seri ATmega16 dapat dikonfigurasi sebagai *input* atau *output*, dengan cara mengubah isi I/O *register Data Direction Register*. (2) Keluaran dari suatu port mikrokontroler hanya dapat mengemudikan perangkat *output* dengan arus yang kecil, maka dipergunakan penguat lagi berupa transistor atau IC penguat agar port tersebut tidak terbebani. (3) Sistem hanya dapat membuat program *ladder* dan mengaplikasikan programnya dengan *output* seadanya yaitu LED (*Light Emitting Diode*).

METODE

Metode dalam pelaksanaan pembuatan PLC berbasis Mikrokontroler ATmega16 ini adalah eksperimen dengan tahapan : (1) Studi literatur, (2) Perancangan Alat, (3) Pembuatan Alat, dan (4) Uji Coba Alat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi literatur

Hasil studi literatur yang telah dilakukan menunjukkan bahwa: “Berbagai penerapan teknologi menyangkut PLC terutama semakin dikembangkan oleh perusahaan perusahaan yang bergerak dibidang

PLC mulai dari menciptakan model baru sampai dengan memodifikasi model terlama dengan menambahkan fitur-fitur yang lebih lengkap mungkin atau membuat harga semakin terjangkau”. Namun setelah dipelajari lebih lanjut, bagaimanapun PLC yang dikeluarkan oleh perusahaan-perusahaan tersebut tidak memungkinkan memiliki harga pasaran yang termasuk kelas menengah kebawah. Mau tidak mu jika ingin memiliki PLC dengan harga yang sangat terjangkau harus merakit dan membuat PLC Mikro sendiri. Dan banyak sumber yang telah tersedia untuk memudahkan membuat PLC Mikro.

Perancangan Sistem

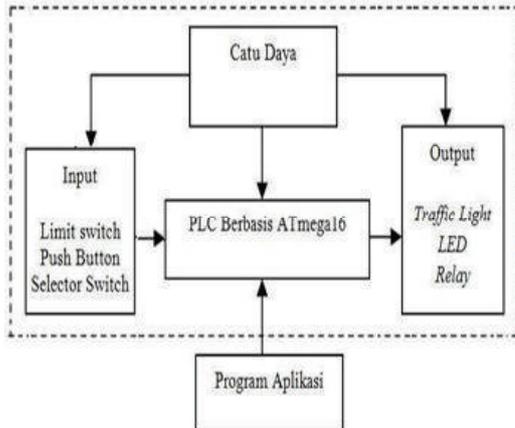
Berdasarkan hasil kajian dari beberapa sumber, PLC Mikro dibangun dan dirancang dengan skala 1:1, dengan desain sendiri mulai dari letak komponen elektronika, *wiring*, dan pemaketan alat. Perancangan dibuat sedemikian rupa agar dapat dengan mudah menggunakan PLC Mikro mulai dari *input* yang menggunakan 8 *push button* 8 buah yang hampir menyerupai PLC Konvensional sampai dengan *output*, yaitu: (1) Lampu LED yang dirangkai seri, (2) lampu LED yang dirangkai menyerupai lampu merah, (3) lampu AC, dan (4) motor 1 Fasa.

Perancangan dibuat dengan komponen *push button* yang dikombinasikan dengan *relay* agar dapat mengaktifkan semua tombol *push button* yang berjumlah 8 sekaligus sebagai *input*. Dan menggunakan *software* LDmicro sebagai *software* untuk membuat program *ladder* yang nanti akan di-*compile* ke *.hex* agar dapat di *upload*

ke sistem kontrol Mikrokontroler ATmega 16.

Blok Diagram Sistem

Cara kerja sistem PLC berbasis Mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat dan dijelaskan pada diagram blok sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Blok

Cara Kerja Sistem

Sistem PLC berbasis mikrokontroler ATmega16 terdiri dari beberapa bagian rangkaian modul diantaranya modul catu daya, modul *input*, modul PLC mikro (sistem minimum ATmega16) dan modul *output*. Modul *output* berupa lampu led yang disusun sejajar dan disusun seperti pada *traffic lights* dan juga modul rangkaian relai. Diagram blok dari perancangan PLC mikro ditunjukkan pada Gambar 3.1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa catu daya mensuplai semua modul rangkaian, modul PLC mikro menjadi pusat dari sistem kontrol. Program aplikasi dibuat menggunakan komputer kemudian ditanamkan pada PLC berbasis ATmega16, dan hasil eksekusi dari program aplikasi dapat diketahui dari modul *output*. Berdasarkan blok diagram PLC Berbasis

Mikrokontroler ATmega16 Sebagai Pengganti PLC Konvensional diatas, catu daya 5v sebagai sumber tegangan memberi kesemua rangkaian dari rangkaian *input* sampai rangkaian *output*. Setelah catu daya memberi sumber ke semua rangkaian, kita tinggal membuat *program ladder* dari *software LDmicro* dan di *upload* ke sistem minum mikrokontroler ATmega16 dan barulah kita bisa memainkan komponen *input* sesuai dengan *program ladder* yang kita buat. Komponen *input* telah disiapkan 8 buah *push button* jadi sangat mirip dengan PLC konvensional dan kita dapat memilih *push button* mana yang ingin kita gunakan serta fungsinya untuk apa. *Output* yang tersedia adalah lampu LED yang dirangkai seri dan dibuat untuk simulasi lampu merah, ada juga lampu AC serta motor AC 1 fasa.

Gambar PLC Mikro

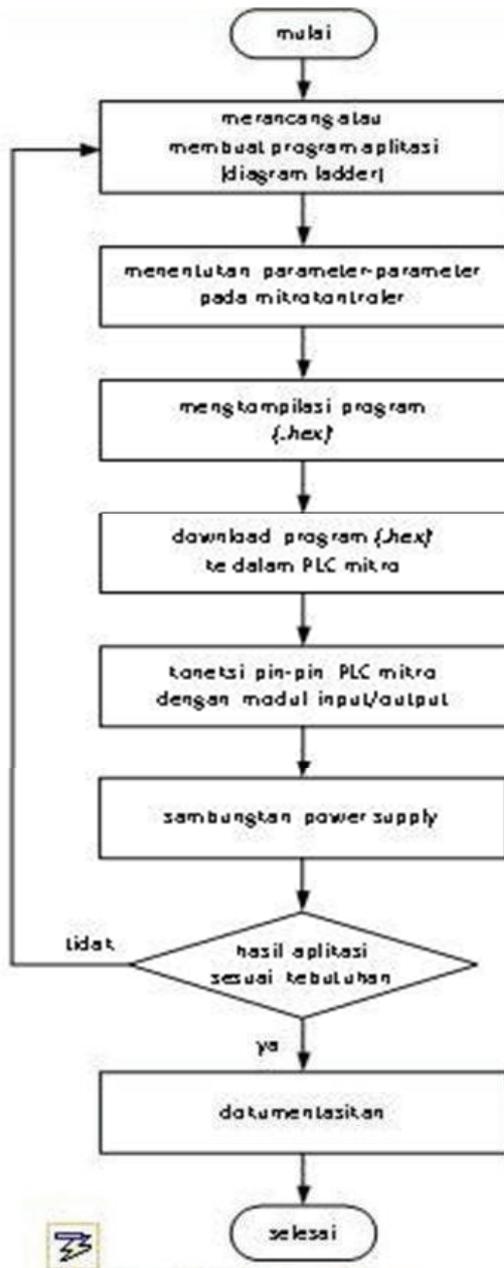


Gambar 2. PLC Mikro

Pada gambar 2 di atas terlihat foto/bentuk fisik dari alat PLC Mikro dengan skala 1:1 dari keadaan aslinya dan memiliki ukuran panjang 1,25 meter serta lebar 74 centimeter.

Flowchart

Flowchart dari alat ini dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini



Gambar 3. Flowchart Program

Hasil Pengukuran

Pengukuran pada Mikrokontroler

Besarnya tegangan *input* (V_{in}) pada pin mikrokontroler saat diberi sinyal dari modul *input* (*push button* dan *slide switch*) adalah 5 Volt, dengan arus *input* (I_{in}) sebesar 9 mA.

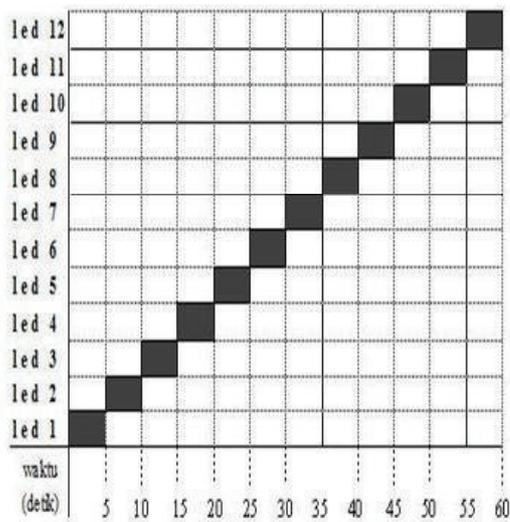
Pengukuran tegangan *input* (V_{in}) pada pin mikrokontroler saat diberi sinyal dari *input* sensor LDR adalah 3 V, dengan arus *input* (I_{in}) sebesar 2,6 mA. Pengukuran tegangan *output* (V_{out}) tanpa beban pada pin *output* mikrokontroler adalah 5 Volt. Pengukuran tegangan dan arus *output* saat mikrokontroler dibebani modul *output* led atau *output* relai. Pengukuran tegangan *output* (V_{out}) saat dibebani modul *output* led *traffic lights* adalah 4,5 V, dengan arus *output* (I_{out}) sebesar 8,3 mA.

Pengukuran tegangan *output* (V_{out}) saat dibebani modul led yang disusun sejajar adalah 4,5 V, dengan arus *output* (I_{out}) sebesar 8 mA. Pengukuran tegangan *output* (V_{out}) saat dibebani modul *output* relai adalah 4,5 V, dengan arus *output* (I_{out}) sebesar 8 mA.

Keterangan berdasarkan *datasheet* mikrokontroler PIC16F877A :
Tegangan kerja : 2.0V to 7.5V
Arus maksimum pin I/O : 25 mA

Pengujian Timer

Pada pengujian *timer* ini dimaksudkan untuk membandingkan *timer* pada PLC mikro dengan *timer* atau waktu pada *stop watch*. Hal ini untuk mengetahui apakah siklus waktu pada PLC mikro sama dengan waktu yang ada pada *stop watch*. Modul rangkaian yang digunakan adalah modul *output* led yang disusun sejajar, dengan prinsip kerja 12 lampu led akan menyala satu per satu secara bergantian selama 5 detik. Skema siklus waktu untuk pengujian ini dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Siklus Waktu Nyala led Pada Pengujian *Timer* PLC mikro

Bagian kotak yang diblok adalah lampu led yang hidup atau *ON*. Lamanya waktu led PLC mikro menyala ini dibandingkan dengan waktu pada *stop watch*. Setelah diketahui prinsip kerja pengujian maka dibuat diagram *ladder* yang digunakan untuk pengujian *timer* ini. Diagram *ladder* untuk pengujian *timer* mengacu pada gambar 4. Penugasan pada pin-pin mikrokontroler sebagai *input* dan *output* dapat dilihat pada tabel 1. *Input* X1 dihubungkan pada tombol *ON* dan *input* X2 dihubungkan pada tombol *OFF*.

Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan *push bottom ON* dan *start* pada *stop watch* secara bersamaan, kemudian dilakukan pengamatan pada nyala lampu led. Pada saat lampu led mati dan berpindah menyala ke lampu led berikutnya tekan *stop watch* untuk mengetahui perbandingan waktunya,

pengamatan dilakukan sampai pada lampu led yang terakhir.

Tabel 1. Keterangan instruksi dan pembagian pin *input* dan *output* pengujian *timer* PLC Mikro

Notasi Instruksi	No Pin	No I/O PLC Mikro	Ket
X1	2	Input 1 (ON)	Push Button
X2	3	Input 2 (OFF)	Push Button
Y0	40	Output 1	Led 1
Y1	39	Output 2	Led 2
Y2	38	Output 3	Led 3
Y3	37	Output 4	Led 4
Y4	36	Output 5	Led 5
Y5	35	Output 6	Led 6
Y6	34	Output 7	Led 7
Y7	33	Output 8	Led 8
Y8	30	Output 9	Led 9
Y9	29	Output 10	Led 10
Y10	28	Output 11	Led 11
Y11	27	Output 12	Led 12
R0 – R11	-	-	Relay Virtual
R20	-	-	Relay Virtual
T0 – T11	-	-	Timer (delay)

Tabel 2. Hasil perbandingan waktu pada PLC mikro dengan *stop watch*

Siklus Ke	Waktu Yang Diinginkan	Waktu PLC Mikro	Presentase Kesalahan (%)
1	5,00 s	4,96 s	0,8
2	5,00 s	4,94 s	1,2
3	5,00 s	4,99 s	0,2
4	5,00 s	5,01 s	0,2
5	5,00 s	4,94 s	1,2
6	5,00 s	4,97 s	0,6
7	5,00 s	4,96 s	0,8
8	5,00 s	4,99 s	0,2
9	5,00 s	4,96 s	0,8
10	5,00 s	5,01 s	0,2
11	5,00 s	4,97 s	0,6
12	5,00 s	4,99 s	0,2
Rata-rata	-	4,98 s	0,58%

$$WR = \frac{\sum WU}{X}$$

Dimana :

WR = waktu rata-rata pengukuran

WU = jumlah waktu dalam pengujian

X = banyaknya pengujian

Dari persamaan di atas maka diperoleh :

$$WR = \frac{\sum WU}{X} = \frac{59,87}{12} = 4,98 \text{ detik}$$

Untuk mengetahui presentase *error* dari data tabel 2 adalah sebagai berikut

$$Tx = \left| \frac{Ty - Tz}{Ty} \right| \times 100\%$$

Dimana :

Tx = presentase kesalahan waktu

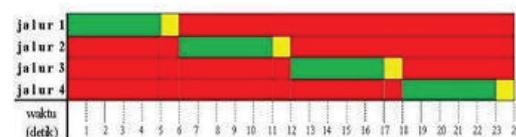
Ty = waktu yang diinginkan

Tz = waktu hasil pengujian

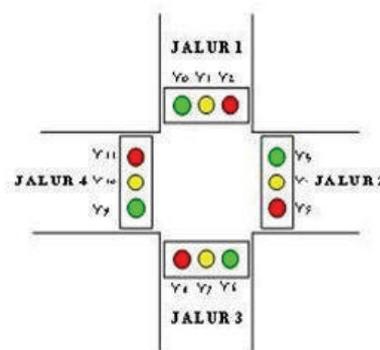
Berdasarkan perhitungan presentase kesalahan pada *timer* PLC Mikro ini sebesar 0,58%, ada selisih perbedaan waktu tapi masih dalam batas yang cukup kecil.

Simulasi *Traffic Lights*

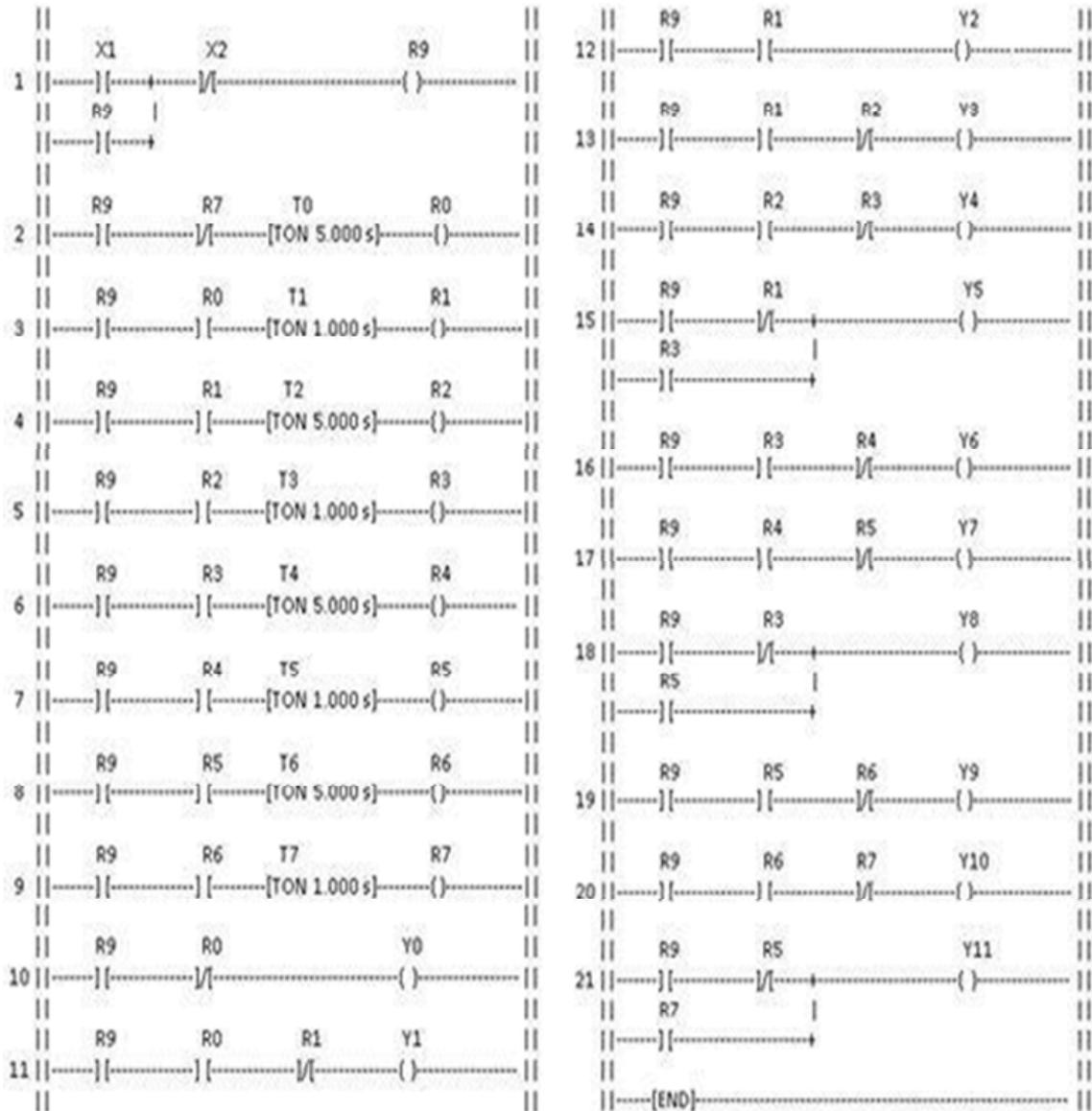
Penerapan dari aplikasi *timer* misalnya pada aplikasi *traffic lights*. Pada pengujian ini modul PLC mikro difungsikan sebagai pengendali *traffic lights* atau lampu lalu lintas pada simpang empat. Setingan yang diterapkan disini adalah tiap lampu hijau hidup atau ON selama 5 detik, lampu kuning hidup selama 1 detik dan lampu merah hidup selama 18 detik.. Siklus waktu pada pengujian *traffic light* dapat dilihat pada gambar 5. Untuk skema penempatan lampu mengacu pada gambar 6. Untuk diagram *ladder* simulasi *traffic light* mengacu pada gambar 7.



Gambar 5. Siklus Waktu Traffic Light



Gambar 6. Penempatan lampu led untuk sirkulasi Traffic Light



Gambar 7. Diagram Ladder Traffic Light

Instruksi X1 merupakan *input push bottom ON* dan instruksi X2 adalah *push bottom OFF*. Instruksi R (relai) merupakan relai bantu atau relai virtual yang ada pada internal memori mikrokontroler ATmega16. *Relay-relay virtual* tersebut dapat digunakan tanpa harus terbatas pada jumlah pin mikrokontroler. Penugasan pin-pin mikrokontroler sebagai *input* dan *output* dapat dilihat pada tabel 3.

Setelah diagram *ladder* dibuat dan dilakukan proses aplikasi pada mikrokontroler, kemudian modul PLC mikro dijalankan. Hasilnya nyala lampu pada modul *output* sesuai dengan siklus pada Gambar 5. Setingan waktu ini dapat diubah sesuai dengan kebutuhan di lapangan, instruksi yang berfungsi untuk mengatur lamanya lampu menyala adalah instruksi T0 - T7 (*time delay on*).

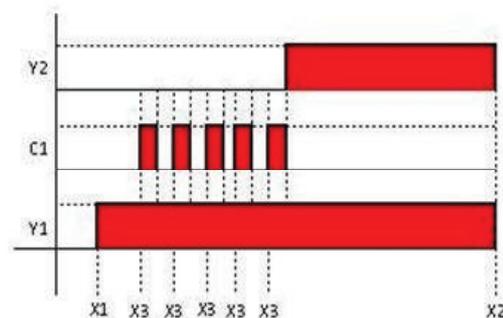
Tabel 3. Keterangan Instruksi Dan Pembagian Pin Input Dan Output Pada Diagram *Ladder Traffic Light*

Notasi Instruksi	No Pin	No I/O PLC Mikro	Ket
X1	2	Input 1	Push Button
X2	3	Input 2	Push Button
Y0	40	Output 1	Led hijau1
Y1	39	Output 2	Led kuning1
Y2	38	Output 3	Led merah1
Y3	37	Output 4	Led hijau2
		Output 5	
Y4	36		Led kuning2
Y5	35	Output 6	Led merah2
Y6	34	Output 7	Led hijau3
Y7	33	Output 8	Led kuning3
Y8	30	Output 9	Led merah3
Y9	29	Output 10	Led hijau4
Y10	28	Output 11	Led kuning4
Y11	27	Output 12	Led merah4
R0 – R9			90
T0 – T7	-	-	Timer (delay on)

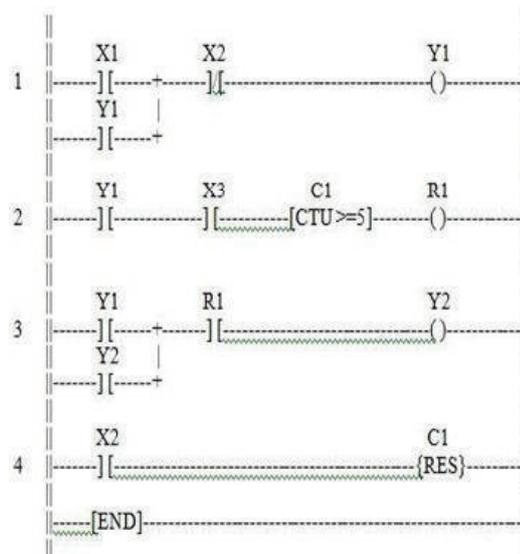
Pengujian Aplikasi Counter

Pada aplikasi *counter* ini PLC mikro akan menghitung jumlah pulsa yang masuk dengan hitungan naik atau turun, ke dalam sebuah *variable* yang akan menghasilkan kondisi 1 (satu) bila nilai *variable* tersebut lebih

besar atau sama dengan nilai yang telah ditentukan. Pada pengujian ini yang digunakan adalah penghitung naik (*counter up*). Gambar siklus pengujian *counter* dapat dilihat pada gambar 8. Untuk diagram *ladder* pengujian *counter* dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 8. Siklus Pengujian Counter Pada PLC Mikro



Gambar 9. Diagram *Ladder* Pengujian Counter Pada PLC Mikro

Instruksi X1 adalah tombol *ON*, instruksi X2 adalah tombol *OFF* dan instruksi X3 adalah tombol *input counter*. Jika tombol X1 ditekan status *output* Y1 kondisi *ON*, kemudian jika tombol *input* X3 harus ditekan sebanyak 5 kali. Untuk merubah status

output Y1 dan Y2 maka tombol X2 ditekan, hal ini sekaligus akan mereset counter C1 ke 0 (nol) lagi. Untuk pembagian pin input dan output dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Keterangan Instruksi Dan Pembagian Pin Input Dan Output Pengujian Counter Pada PLC Mikro

Notasi	No	No I/O	Ket
Instruksi Pin		PLC Mikro	
X1	3	Input 1 (ON)	Push button
X2	5	Input 2 (OFF)	Push button
X3	4	Input 3 (counter)	Push button
Y1	24	Output 1	Kontaktor1
Y1	23	Output 2	Kontaktor2
Y1	-	-	Relay Virtual
Y1	-	-	Counter Up

KESIMPULAN

Dari semua pembahasan yang telah dibahas diatas, maka dapat disimpulkan bahwa PLC Mikro sangat efektif menggantikan PLC konvensional dikarenakan sistem serta program ladder PLC Mikro sangat persis dengan PLC konvensional. Selain sistem dan program laddernya yang sangat persis, total biaya untuk membuat atau memiliki PLC Mikro

relatif murah dan sangat terjangkau dibandingkan PLC konvensional.

DAFTAR RUJUKAN

- Dhananjay V.Gadre, 2002, *Programming and Customizing ATmega16, McGraw-Hill, USA*
- Syahrul, 2009, *Mikrokontroler AVR ATmega16*, Informatika, Bandung
- Noname, *Belajar Mikrokontroler*, di kutip pada <http://www.elektronikadasar.com> tanggal 10 Juni 2015
- Noname, *Mikron Atmel16*, di kutip pada <http://www.elektronikadasar.com> tanggal 10 Juni 2015