

RANCANG BANGUN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (P L C) MENGUNAKAN MIKROKONTROLER PIC16F877 SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN

Faizul Wafa Ibnu Analis¹, Erfan Subiyanta²

^{1,2}Program Studi Teknik ElektroFakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945Cirebon

^{1,2}Jl. Perjuangan No.17 Kota Cirebon, Indonesia

faizul_inu@yahoo.co.id, refans@untagcirebon.ac.id

ABSTRACT

Abstract

Programmable logic control (PLC) is a versatile microprocessor control designed to meet practical demands in industry such as in the automatic field. In the automatic field serves as a substitute for an electro mechanical system that is to replace a series of series of relays found in conventional process control systems. Therefore, in this thesis, a research on Design (PLC) Programmable Logic Controller Based on PIC16F877 Microcontroller as Learning Media has been conducted.

This Micro PLC consists of a minimum system PIC16F877 microcontroller circuit. Micro PLC testing only takes a few sample cases such as I / O (input output) testing of logic gates, counter testing and timer testing.

How to upload a ladder diagram to a micro PLC via a computer using the K150 programmer and Microbrn software to upload the program to a micro PLC so that the input and output modules can work according to the ladder diagram programming that has been made. From the results of micro PLC testing can be used as a PLC learning media.

Keywords: PLC, Mikrokontroler , input and output, Programmer K150

ABSTRAK

Antena Programmable logic control (PLC) merupakan kontro lmikroprosesor serbaguna yang dirancang untuk memenuhi tuntutan praktis di industry seperti pada bidang *automatic*. Pada bidang *automatic* berfungsi sebagai pengganti sistem elektro mekanis yaitu untuk menggantikan rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. Oleh karena itu penelitian ini, di lakukan penelitian tentang Rancang Bangun (PLC) Programmable Logic Controller BerbasisMikrokontroler PIC16F877 Sebagai Media Pembelajaran.

PLC Mikro ini terdiri dari sistem minimum rangkaian mikrokontroler PIC16F877. Pengujian PLC Mikro hanya diambil beberapa contoh kasus seperti pengujian I/O (input output) terhadap gerbang logika, pengujian counter dan pengujian timer.

Cara upload ladder diagram ke PLC mikro melalui computer dengan menggunakan programmer K150 dan

software Micro untuk upload program ke PLC mikro sehingga modul input dan output dapat bekerja sesuai dengan pemrograman ladder diagram yang telah dibuat. Dari hasil pengujian PLC mikro dapat dimanfaatkan sebagai media belajar PLC.

Kata Kunci: PLC, Mikrokontroler , input dan output, Programmer K150

1.pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah mendorong manusia untuk berusaha mengatasi segala permasalahan yang timbul di sekitarnya serta meringankan pekerjaan yang ada. Saat ini pada dunia industry baik industry kecil, menengah maupun industry besar masalah kontrol proses atau sistem otomasi dipecahkan dengan menggunakan operasi komponen dari berbagai macam teknologi sistem pengendali, diantaranya Programmable Logic Controller (PLC). PLC telah mendapatkan popularitas di kalangan industri dan mungkin akan tetap dominan pada beberapa waktu kedepan. Hal ini dikarenakan beberapa keuntungan dari PLC, diantaranya :kemudahan dalam pemrograman dan handal untuk digunakan sebagai basis sistem otomasi di industri – industri. Akan tetapi PLC seperti yang diketahui bahwa secara umum harga sebuah PLC jauh lebih mahal dibandingkan dengan harga sebuah mikrokontroler PIC16F877.

Berdasarkan hal tersebut Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan PLC dari mikrokontroler yang murah sebagai pembelajaran dasar PLC berbasis mikrokontroler, dengan nama lain PLC Mikro PIC16F877. PLC ini sangat penting bagi kalangan mahasiswa dan pelajar terutama dalam bidang otomasi atau instrumentasi^[1].

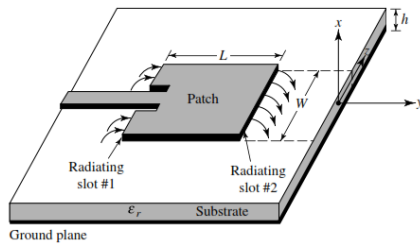
PLC mikro memiliki kehandalan-kehandalan antara lain mudah diprogram dan diaplikasikan, pengkabelan (*wiring*) lebih sedikit, *troubleshooting* sistem lebih sederhana, konsumsi daya relative lebih rendah, modifikasi sistem lebih sederhana dan cepat,

dengan demikian diharapkan PLC Mikro dapat digunakan sebagai modul pembelajaran dasar.

I. KAJIAN PUSTAKA

1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu bentuk antena yang dibuat dengan cara mencetak elemen peradiasinya pada suatu lempengan *substrate* seperti yang diperlihatkan pada Gambar.1.



Gambar1. Struktur Antena Mikrostrip

Elemen peradiasi (*patch*) terbuat dari metal dan memiliki ketebalan yang sangat tipis. Elemen ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Jenis logam yang biasanya digunakan adalah tembaga. Besar elemen *patch*, baik itu panjang, lebar, radius dan lainnya, dapat memengaruhi frekuensi kerja antena. Berdasarkan bentuknya, *patch* memiliki jenis yang bermacam-macam diantaranya bujur sangkar (*square*), persegi panjang (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran, elips, segitiga, dll [20].

Hal yang harus dipertimbangkan dalam merancang patch yaitu pertimbangan memilih substrat. Elemen ini ada beberapa jenis yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik dan ketebalannya. Dalam pemilihan jenis substrat sangat dibutuhkan pengenalan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut yaitu kualitasnya. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi substrat yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Substrate

Parameter	Nilai
Jenis Substrat	Roger (RT/duroid 5880)
Konstanta dielektrik relative (ϵ_r)	2.2 ± 0.02
Tebal dielektrik / <i>substrate dielektrika</i>	1.58 mm
Rugi Tangensial ($\tan \delta$)	0.0009
Konduktivitas Termal	0.20

2. Parameter Antena Mikrostrip

Untuk menggambarkan unjuk kerja suatu antena, sangat penting untuk memahami parameter-parameter antena. Parameter-parameter antena menurut IEEE *Standard Definition of Terms for Antennas* (IEEE Std 145-1983 yang penting untuk diketahui yaitu pola radiasi, lebar *beam*, keterarahan, penguatan, lebar pita, polarisasi, dan

impedansi *input*. Parameter penting lain yang turut menentukan keberhasilan unjuk kerja antena yaitu *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), dan koefisien refleksi (S_{11})[20].

a. Faktor Refleksi

Faktor refleksi adalah perbandingan antara amplitudo dan gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. Perbandingan antara gelombang yang dipantulkan dengan gelombang yang dikirimkan atau koefisien refleksi tegangan (Γ) dapat dicari dengan persamaan berikut ini [16]:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

Dimana :

Γ : Koefisiensi refleksi tegangan

V_0^- : tegangan dipantulkan (Volt)

V_0^+ : Tegangan yang dikirimkan (Volt)

Z_1 : Impedansi beban atau load (Ohm)

Z_0 : Impedansi saluran lossless (Ohm)

Nilai return loss dapat dicari dengan cara memasukan koefisien refleksi tegangan kedalam persamaan berikut [20] :

$$\text{Return loss} = 20 \log_{10} |\Gamma|$$

b. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$).

Rumus untuk mencari nilai VSWR atau S adalah [20]:

$$S = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

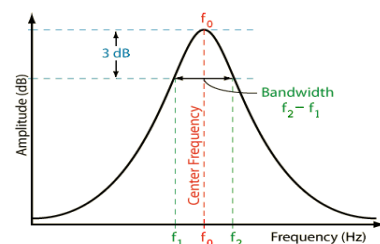
Dimana:

Γ : Koefisien refleksi tegangan

Kondisi yang paling baik untuk nilai VSWR adalah ketika nilai VSWR sama dengan 1 atau $S=1$, dan standar nilai VSWR yang diijinkan untuk simulasi dan fabrikasi antena mikrostrip adalah VSWR lebih kecil atau sama dengan 2 [16]

c. Bandwidth

Bandwidth merupakan besar rentang frekuensi kerja dari suatu antena. Nilai bandwidth dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antena sudah diketahui, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Bandwidth

Berikut adalah rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai bandwidth [16]:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\%$$

Dimana :

f_2 : Frekuensi atas (Hz)

f_1 : Frekuensi bawah (Hz)

f_c : Frekuensi tengah (Hz)

d. Keterarahan (directivity)

Keterarahan (directivity) antena adpat didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi sebuah antena pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antena dibagi dengan 4π . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud [16].

3. Teknik Menghasilkan Dual Band

Frekuensi ganda atau dual frequency atau sering disebut dengan dual band antena mikrostrip merupakan suatu jenis antena mikrostrip yang dapat bekerja pada dua buah frekuensi yang berbeda satu dengan yang lainnya tanpa memerlukan dua buah antena yang berbeda secara fisik.

Terdapat tiga jenis teknik untuk mendapatkan antena dengan dengan dua frekuensi resonansi yang berbeda yaitu, *Orthogonal mode dual-frequency patch antennas*, *Multi-patch dual-frequency antennas*, *Reactively-loaded dual-frequency patch antennas*[22].

4. Antena Mikrostrip Segi Empat

Antena mikrostrip dual band bentuk segiempat (*rectangular*) adalah bentuk antena mikrostrip yang dikembangkan dengan teknik *Reactively-loaded dual-frequency patch antennas*, untuk menghasilkan dua buah rentang frekuensi yang berbeda dengan menambahkan beban slot pada bagian patch dan saluran transmisinya.

Saluran pencatu yang digunakan pada perancangan antena mikrostrip patch segi empat diharapkan mendekati nilai impedansi masukan sebesar 50Ω .

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi antena mikrostrip, terlebih dahulu menentukan panjang gelombang di ruang bebas (λ_0) dan panjang gelombang di dielektrik (λ_d) dengan menggunakan rumus [21]:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$$

Dalam menentukan panjang gelombang ruang bebas (λ_0) di pengaruhi oleh kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan frekuensi kerja (f_r) $\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$

Untuk menentukan panjang patch (L) terlebih dahulu menentukan konstanta dielektrik efektif ($\epsilon_{r,eff}$), yang dapat di cari dengan menggunakan rumus [21]:

$$\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_{r+1} + \epsilon_{r-1}}{2} + \frac{\epsilon_{r-1}}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right)$$

▪ Menghitung Panjang patch (L)

$$\Delta L = hx0,412x \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)}$$

$$L_{eff,p} = \frac{c}{2f_c \sqrt{\epsilon_{r,eff}}}$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L$$

▪ Menghitung Lebar Patch (W)

$$W = \frac{c}{2f_c \sqrt{\frac{\epsilon_{r,eff} + 1}{2}}}$$

▪ Menghitung Ground Plane

Idealnya *groundplane* yang digunakan memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga (*Infinite Ground Plane*), namun hal ini tidak mungkin direalisasikan sehingga harus disiasati dengan cara menciptakan kondisi *finite groundplane*. Dimensi minimal *groundplane* yang dibutuhkan untuk menciptakan kondisi ini dapat dihitung dengan rumus berikut [16]:

$$L_g = 6h + L$$

$$W_g = 6h + W$$

Dimana:

L_g : Panjang *groundplane*

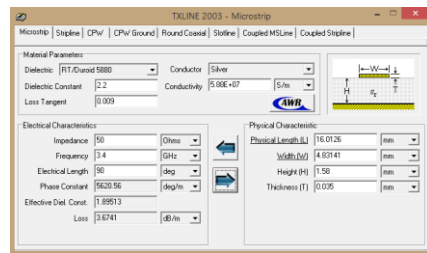
W_g : Lebar *groundplane*

h : Tinggi substrat

L : Panjang *patch*

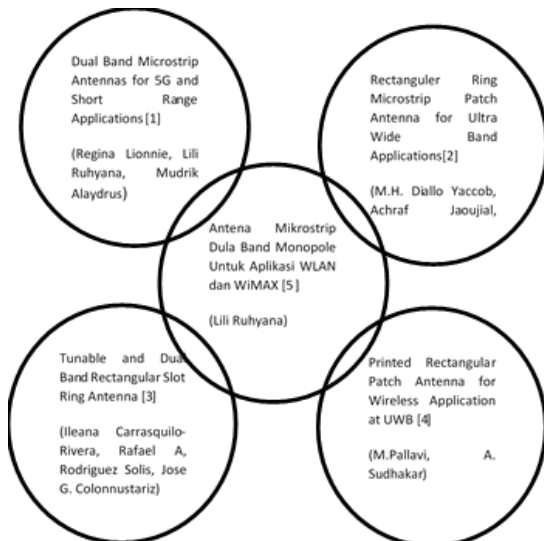
W : Lebar *patch*

Untuk menghasilkan nilai impedansi tersebut dilakukan pengaturan panjang dan lebar saluran transmisi tersebut dengan menggunakan program TXLine 2003, seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Nilai Saluran Transmisi dengan TXLine2003

5. Penelitian Terkait



Gambar 4. Penelitian Terkait

Jurnal dengan judul “*Dual Band Microstrip Antennas for 5G and Short Range Applications*” (Regina Lionnie, Lili Ruhyana, Mudrik Alaydrus Tencon Malaysia 2017). Dalam penelitian ini, antena monopole dual-band dengan bentuk cincin persegi panjang dirancang. Antena dibuat dalam substrat dielektrik Rogers RT / duroid 5880. Sebuah studi parameter dilakukan dengan membuat variasi dan dimensi antena bentuk cincin dan perubahan dimensi ground dapat menghasilkan karakteristik single-band, dual-band atau wideband diperoleh. Khusus untuk dimensi dasar $D = 38$ mm, dua resonansi pada 3,19 GHz dan 4,63 GHz diperoleh, dengan bandwidth masing-masing 240 MHz dan 322 MHz. Pengukuran dengan VNA memberikan frekuensi resonan pada 3,17 GHz dan 4,67 GHz, dengan bandwidth 550 MHz dan 190 MHz, masing-masing. [1].

Jurnal dengan judul *Rectangular Ring Microstrip Patch Antenna for Ultra-wide Band Applications* (M. H. Diallo Yaccob, Achraf Jaoujal, Mohammed Younssi, Ahmed El Moussaoui, and Noura Aknin, 2013). Dalam jurnal ini menjelaskan tentang sebuah metode baru untuk meningkatkan efektivitas radiasi dan kinerja antena dengan miniaturisasi ukuran antena yang terdiri dari sebuah patch dengan bentuk rectangular ring untuk UWB dari 2,5 GHz sampai dengan 9,4 GHz. Antena dirancang dengan menggunakan substrate FR4 dengan permittivity 4,4, thickness 1,5mm [2].

Jurnal dengan judul “*Tunable and Dual Band Rectangular Slot Ring Antenna*” (Ileana Carrasquillo-Rivera, Rafael A. Rodriguez Solis, Jose G. Colomustariz, IEEE 2004). Metode slot cincin persegi panjang telah digunakan untuk menghasilkan beberapa frekuensi pada antena mikrostrip, model ini banyak digunakan pada

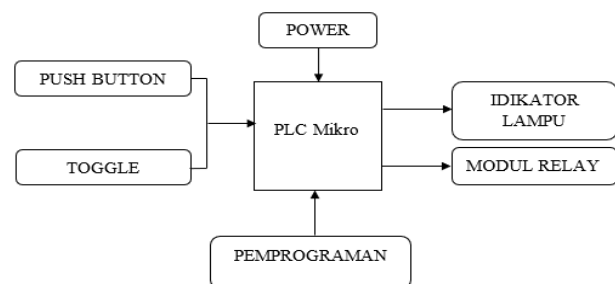
beberapa aplikasi seperti milimeter wive, pencitraan, pendaratan pesawat, dan kontrol otomotif [3].

Jurnal dengan judul “*Printed Rectangular Patch Antenna for Wireless Application at UWB*”, (M. Pallavi, A. Sudhakar. IJREEIE 2015). Sebuah desain antena planar monopole dengan patch berbentuk cincin persegi panjang dengan impedansi masukan 50 ohm yang memiliki kelebihan dengan bentuk yang kecil serta memiliki frekuensi kerja dual band dengan faktor refleksi dibawah -10dB. Antena dirancang dengan substract FR4 dengan permittivity 4,3, thickness 1.5 mm, frekuensi kerja 3.13 GHz dan 7.66 GHz, VSWR ≤ 2 [4].

Jurnal ini dengan judul “*Antena Mikrostrip Dual Band Monopole Untuk Aplikasi WLAN dan WiMAX*” (Lili Ruhyana). Dalam penelitian ini dibahas tentang antena mikrostrip untuk aplikasi WILAN dan WiMAX pada frekuensi 3,4 GHz dan 5,2 GHz. Antena rancang dengan menggunakan bahan Roger Duroid 5880, substrate 36mm x 26mm, $\epsilon_r = 2,2$, $W_g = 26$ mm, $L_g = 11$ mm, $W = 22,5$ mm, $L = 19$ mm, lebar cincin (a,b)=3mm, jarak antar cincin samping (c)=14mm, jarak antara cincin atas dan bawah (d)=16,5mm, tinggi saluran transmisi (Lf)=11,5mm, lebar saluran transmisi (Wf)=3mm, lebar slot saluran transmisi (sb)=1mm, tinggi slot saluran transmisi (sa)=8,5mm, panjang slot $s_1 = 6$ mm, panjang slot $s_1q = 3$ mm, panjang slot $s_2 = 9,5$ mm, panjang slot $s_2a = 7,5$ mm. Perancangan dan simulasi dengan menggunakan HFSS 13.

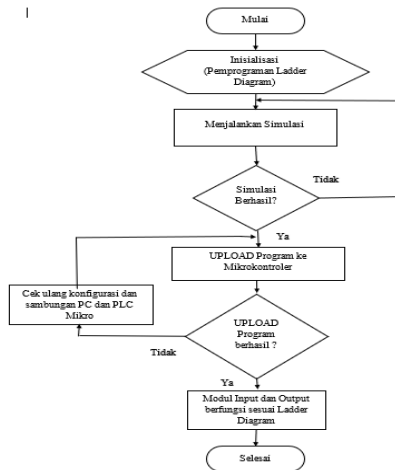
II. PERANCANGAN

2.1 Rancangan Blok diagram PLC



Gambar 1. Diagram Blok

2.2. Flow chart



Gambar 2. Flow Chart

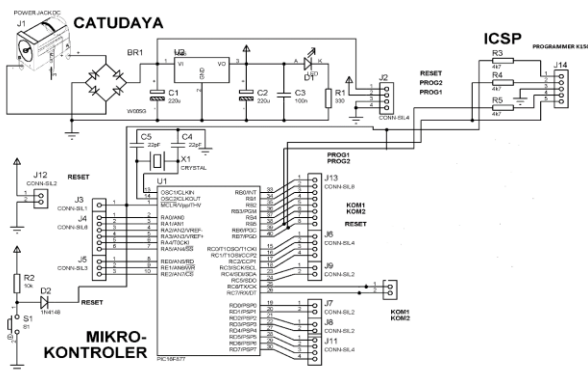
2.3 Alat Penelitian

Alat penelitian ini terdiri atas perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

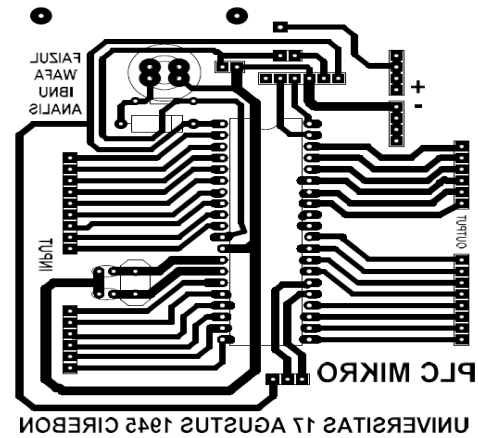
2.4 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

perancangan PLC Mikro pada perangkat keras terdiri atas :

1. Perancangan PLC Mikro menggunakan Mikrokontroler PIC16F877 dan programmer K150 yang terpasang pada Sistem Minimum PLC Mikro.
2. Perancangan Input dan Output pada PLC Mikro yaitu 3 buah togle switch, 3 buah Button switch sebagai inputan dan 3 buah lampu indikator sebagai sebuah output.



Gambar 3. SkematikaRangkaian PLC Mikro



Gambar 4. Layout PCB PLC Mikro

2.5 Perancangan Perangkat Lunak (*software*)

software yang digunakan pada perancangan PLC Mikro yaitu :

1. *Software* LD Micro digunakan untuk membuat program *Ladder Diagram* pada PLC Mikro.
2. *Software Microbrn* digunakan untuk mengupload kode mesin (.Hex) ke mikrokontroler.

2.6 Prosedur Percobaan

1. Menyiapkan komponen yang dibutuhkan.
2. Membuat layout pada PCB sesuai scematic rancangan PLC Mikro.
3. Memasang semua komponen pada papan PCB PLC Mikro.
4. Membuat Program Ladder Diagram dengan menggunakan *Software* LD Micro.
5. Mengupload program ke PLC Mikro.
6. Menguji input output (IO) PLC.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Cara Kerja Alat

Pada PLC Mikro yang akan dirancang memiliki bagian-bagian yang difungsikan sesuai dengan gambar 3.3 Diagram blok PLC Mikro, Power supply berfungsi sebagai catudaya, perangkat Input meliputi Push button dan Toggle switch adalah sebagai masukan yang memberikan sinyal digital terhadap mikrokontroler PIC16F877, Pemrograman dan komunikasi pada PLC Mikro menggunakan *software* LD micro sebagai perangkat untuk pemrograman ladder diagram, simulator dan compiler yang akan di upload ke PLC Mikro melalui komunikasi programmer k150, bagian perangkat Output meliputi lampu dan modul relay yang akan menjalankan perintah dari sinyal input dan program ladder diagram yang telah di upload ke PLC Mikro.

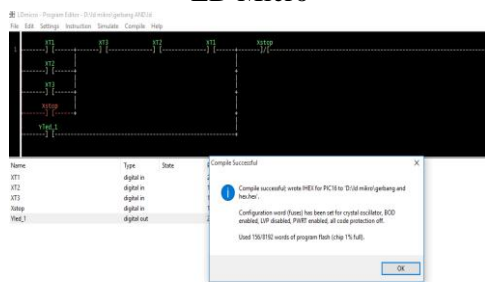
Pengujian Untuk menguji rangkaian hasil rancang bangun maka diperlukan program untuk PLC Mikro yang berupa pengujian untuk Logika OR, AND, NOT, Timer dan counter.

3.2 Tabel Pengujian

Tabel 1. Pengujian menggunakan gerbang logika OR

NO	Tabel Kebenaran gerbang logika "OR"				PLC Lab				PLC Mikro			
	A	B	C	Y	T1	T2	T3	Y	T1	T2	T3	Y
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
4	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
5	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
6	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
7	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Gambar 5. Membar Program Ladder Diagram Pada LD Micro



Gambar 6. Compile Program Ladder Diagram

Tabel 2. Pengujian menggunakan gerbang logika AND

NO	Tabel Kebenaran gerbang logika "AND"				PLC Lab				PLC Mikro			
	A	B	C	Y	T1	T2	T3	Y	T1	T2	T3	Y
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
4	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
5	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
6	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
7	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabel 3. Pengamatan Suhu Ruangan Lebih Tinggi

NO	Tabel kebenaran gerbang logika NOT		PLC		PLC Mikro	
	A	Y	T1	Y	T1	Y
1	0	1	0	1	0	1
2	1	0	1	0	1	0

[4] Hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan gerbang logika cukup memuaskan, pada Tabel pengujian di atas dapat menyimpulkan jika pengujian PLC Mikro dengan PLC lab sesuai dengan menggunakan gerbang logika OR, AND, NOT. Dengan menggunakan tiga inputan dan satu output.



Gambar 7. PLC Mikro

Tabel 4. Pengujian menggunakan Timer

NO	Indikator output	Setting (detik)	PLC Lab	PLC Mikro	keterangan
1	L1	2 detik	2	2	Sesuai
2	L2	4 detik	4	4	Sesuai
3	L3	6 detik	6	6	Sesuai



Gambar 8. PLC Mikro yang beroperasi

Pada pengujian timer pada PLC mikro yaitu dengan

menekan tombol inputan start untuk memulai proses kerja dari timer dengan melihat output tiga indikator lampu akan on / aktif secara bergantian. Dimana dari ketiga indikator lampu tersebut memiliki nilai timer yang berbeda – beda sesuai settingan yang ditentukan.

Tabel pengujian timer di atas dapat menyimpulkan jika *pengujian PLC Mikro* dengan PLC OMRON lab teknik elektro universitas 17 agustus 1945 Cirebon sesuai.

Tabel 5. Pengujian menggunakan counter

No	Set Jumlah Counter	PLC Lab	PLC Mikro	keterangan
1	5 kali	5 kali	5 kali	Lampu ON
2	10 kali	10 kali	10 kali	Lampu ON
3	15 kali	15 kali	15 kali	Lampu ON
4	20 kali	20 kali	20 kali	Lampu ON
5	25 kali	25 kali	25 kali	Lampu ON

Pada pengujian counter pada PLC mikro yaitu dengan menekan tombol inputan sesuai settingan counter yang ditentukan dan setelah inputan sesuai settingan counter maka output indikator lampu akan on / aktif.

Tabel pengujian counter di atas dapat menyimpulkan jika *pengujian PLC Mikro* dengan PLC OMRON lab teknik elektro universitas 17 agustus 1945 Cirebon sesuai.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

alat yang telah dibuat serta dari hasil data pengujian dan pengamatan yang telah didapat, penulis dapat mengambil kesimpulan yaitu sebagai berikut bahwa:

1. Pengujian PLC mikro dengan PLC OMRON pada lab teknik elektro universitas 17 agustus 1945 Cirebon dengan pengujian gerbang logika AND, OR, NOT serta Timer dan Counter didapatkan hasil pengujian yang sesuai.
2. Dengan dirancang PLC Mikro menggunakan Mikrokontroler PIC16F877 sehingga dapat digunakan untuk media belajar dan training (pelatihan) dalam meningkatkan pengetahuan ilmu dalam bidang sistem kendali khususnya PLC (*programmable logic controller*).
3. Dengan adanya PLC Mikro menggunakan Mikrokontroler PIC16F877 dapat memudahkan dalam mempelajari PLC dengan harga yang lebih terjangkau dengan memiliki 32 I/O pada PLC Mikro.

Dari alat yang telah dibuat serta dari hasil data pengujian dan pengamatan yang telah didapat, penulis dapat memberikan sebuah saran agar dalam penelitian selanjutnya mendapat hasil yang lebih baik dan maksimal, yaitu sebagai berikut bahwa:

1. Dapat dikembangkan lagi agar PLC mikro dapat interface dengan sebuah komputer.
2. Menyempurnakan sistem minimum PLC mikro sehingga dapat digunakan di industri.

Daftar Pustaka

- [1] Artanto, Dian. 2012. *60 Aplikasi PLC-Mikro*, Jakarta :Elex Media Komputindo, Cetakan Pertama.
- [2]. Kamaruddin. 2013 .Rancang Bangun PLC (*Programmable Logic Control*) Dengan Mempergunakan Mikrokontroler ATmega8.Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [3]. Agfianto, Eko Putra. *PLC (konsep pemrograman dan aplikasi)* – edisi kedua– penulis– penerbit GAVA MEDIA.
- [4]. Sumarna. 2006. *Elektronika Digital (konsep dasar dan aplikasi)* - edisi pertama – yogyakarta ; penerbit graha ilmu.
- [5]. Mahfuddin AUFAR.2017. Rancang Bangun Plc Trainer Menggunakan Arduino Uno.Politeknik Negeri Balikpapan.
- [6]. SoftwareLDmicro sumber:<http://cq.cx/ladder.pl>.
- [7]. Datasheet PIC16F877 <http://www.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292D.pdf>.