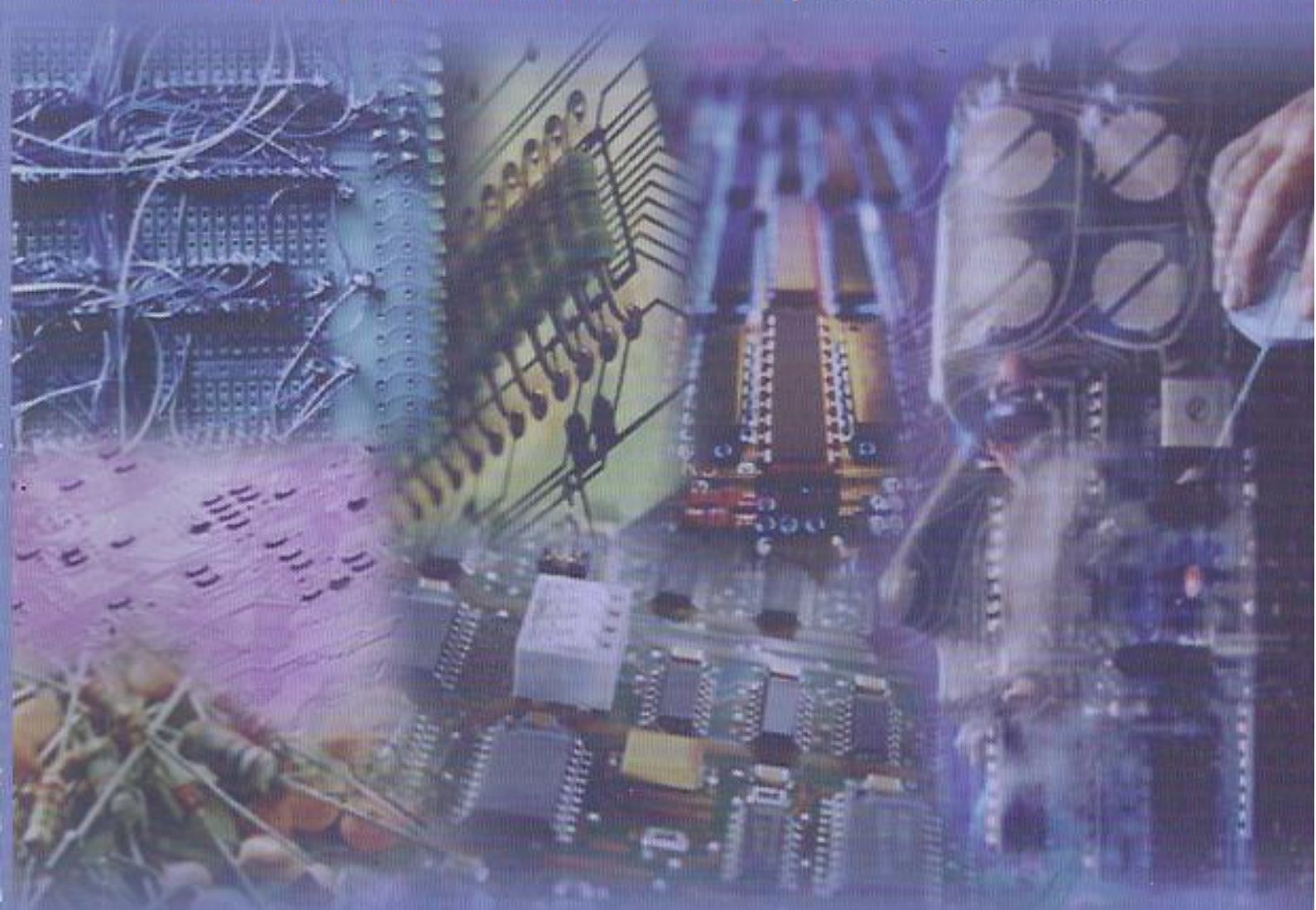


ISSN 1829-989X

# J U R N A L

# Edukasi@ Elektro

Forum Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro | Vol. 3 No. 1 Oktober 2006



Diterbitkan oleh :  
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT - UNY

Jurnal E@E	Volume 3	Nomor 1	Halaman 1-175	Yogyakarta Okt. 2006	ISSN 1829-989X
---------------	----------	---------	------------------	-------------------------	-------------------

# Jurnal

# Edukasi@Elektro

Forum Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro

ISSN 1829-989X

---

---

Terbit tiga kali setahun (Januari, Mei, dan Oktober)  
Diterbitkan sejak Oktober 2004 oleh Jurusan Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

**Ketua Penyunting**

Haryanto

**Wakil Ketua Penyunting**

Herlambang Sigit Pramono

**Penyunting Pelaksana**

Muhamad Ali

Deny Budi Hertanto

Sunaryo Sunarto

Samsul Hadi

Zamtinah

Soeharto

Edy Supriyadi

**Penelaah (Mitra Bestari)**

Djemari Mardapi (UNY)

Adhi Susanto (UGM)

Supriyo (Udiklat PLN)

Sri Anitah W. (UNS)

Soetarno Joyoatmojo (UNS)

**Pelaksana Tata Usaha**

Dwi Ratnawati

Karman

**Alamat Penyunting dan Tata Usaha:** Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT, UNY, Kampus Karangmalang, Yogyakarta-55281, Tlp.(0274) 548161, E-mail :jurnal@elektro-uny.net

Redaksi menerima tulisan ilmiah berupa kajian pendidikan teknik elektro, yang meliputi naskah hasil penelitian/tinjauan hasil penelitian maupun kajian pustaka yang ditambah pemikiran dalam penerapan pada kasus tertentu yang belum dan tidak akan dipublikasikan pada media lain. Pemuatan naskah tidak selalu mencerminkan sikap dan pendirian redaksi.



thB3

**JURNAL Edukasi@Elektro**  
**Forum Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro**  
**ISSN 1829-989X**  
**Voleme 3, Nomor 1, Oktober 2006**

---

---

**DAFTAR ISI**

Pengembangan Modul Praktikum Aplikasi <i>Interfacing</i> I/O Serial - Paralel untuk Pengendalian Unit pada Jaringan Lokal <i>Mutaqin, Haryanto, Didik Heriyanto (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	1 - 11
Aplikasi Mikrokontroler Sebagai Modul Input Ouput Programmable Logic Controller Dalam Media Pembelajaran Praktik Kendali Terprogram <i>Ilmawan Mustaqim, Haryanto, Totok Heru TM (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	12 - 21
Rekontruksi Kuliah Sebagai Upaya Perbaikan Perkuliahan Matematika Terapan <i>Kustono, Nurhening Yuniarti, Setyo Utomo (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	22 - 31
Peningkatan Pemahaman Mahasiswa Terhadap Materi Mata Kuliah Komunikasi Data Menggunakan Metode Studi Kasus <i>Rustam Asnawi, Samsul Hadi (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	32 - 41
Perbaiakan Pembelajaran Sistem Cerdas Menggunakan Metode Andragogi Dan Workshop <i>Rokhmadi (Institut Teknologi Indonesia Jakarta)</i>	42 - 48
Pengaruh Sudut Pemicuan (Trigger) Penyearah Terkontrol Terhadap Putaran Motor DC <i>AN. Afandi (Universitas Negeri Malang), Nurhening Yuniarti (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	49 - 56
Upaya Peningkatan Kualitas Kepala SMK Sebagai Manajer Pendidikan Berbasis Sekolah Melalui Pelatihan <i>Team Work Building</i> <i>Ki Ismara (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	57 - 66
Pengembangan Model Pembelajaran Edutainment dengan MICROSOFT POWERPOINTxp <i>Noor Fitrihana (Universitas Negeri Yogyakarta)</i>	67 - 75

## APLIKASI MIKROKONTROLER SEBAGAI MODUL INPUT OUPUT PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER DALAM MEDIA PEMBELAJARAN PRAKTIK KENDALI TERPROGRAM

Ilmawan Mustaqim,

ilmawan@uny.ac.id

Haryanto

alpha\_resha@yahoo.com

Totok Heru TM

Dosen Jurusan PT Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

**Abstract:** The purpose of this article is to get result of design input output module programmable logic controller based microcontroller which can be used for programmable logic controller, to know its performance which congruent with common programmable logic controller and to know its capability in operating teaching aids to learn programmable control practices. On this research, the taken data, are collected by observation method that was done by monitoring and measurement. Research data result were analysed by descriptive technique. Testing was done by using teaching aids to learn programmable control practices module for running basic programming PLC. After known the data from result monitoring by input output module programmable logic controller based microcontroller, and data were collected on monitoring of outputs programs by PLC Zelio. So, from both of data, its can know the different that by compare of those variables. Then from the different of that, can be studied what is cause of that different. Result of the research are evince that the congruent level between input output logic this device was compared with the truth table and tested by software Zelio Soft is 100% value. That condition valid for all programs was tested. That's showing that after receive the same input logic, performance this device yield same output logic with output was yield from performance of factory's PLC. From the result tested, it can enable to combine digital basic logic gate become a complex application. With timing and counting capability was included on this device. On the testing with teaching job sheet, the result gained that showing between of truth table theory with this device has congruent 100% values.

**Kata kunci:** mikrokontroler, programmable logic controller

Dalam bidang industri penggunaan mesin otomatis dan pemrosesan secara otomatis merupakan hal yang sangat penting. Sistem pengontrolan dengan elektromekanik yang menggunakan relay-relay mempunyai banyak kelemahan, diantaranya kontak-kontak yang dipakai mudah aus karena panas atau terbakar atau karena hubung singkat (*short circuit*), membutuhkan biaya yang cukup besar saat instalasi, pemeliharaan dan modifikasi dari sistem yang telah dibuat jika kemudian hari diperlukan modifikasi.

Dengan Programmable Logic Controller (PLC) hal-hal ini dapat diatasi, karena sistem PLC mengintegrasikan berbagai macam komponen yang berdiri sendiri menjadi suatu sistem kendali terpadu dan mudah merenovasi. Adapun sistem kontrol dengan PLC di industri memenuhi berbagai kriteria diantaranya:

1. Pemrogramannya sederhana



2. Perubahan program tanpa harus merubah sistem secara keseluruhan.
3. Lebih kecil dalam ukuran, dan dapat diandalkan kinerjanya dibandingkan dengan sistem kontrol relay.
4. Biaya perawatan yang murah dan mudah.

Sebuah PLC dapat dibangun dengan menggunakan sebuah mikrokontroler sebagai otak dari PLC. Sebagai perangkat pendukung tentunya dibutuhkan RAM, Input modul, dan output modul. Dengan beberapa komponen ini PLC dapat dibangun dan dapat dioperasikan. Namun demikian untuk membuat sistem control dapat bekerja lebih efisien maka masih dibutuhkan perangkat pemrogram PLC.

Perangkat-perangkat PLC dapat dibangun dengan menggunakan komponen-komponen yang dewasa ini banyak dijual di pasaran dengan harga yang relatif murah. Namun demikian sampai sekarang tidak ada satupun produk PLC merupakan produksi dalam negeri sehingga sangat penting sekali kiranya dilakukan penelitian tentang rancang bangun *programmable logic controller* berbasis mikrokontroler ini.

### Modul Input Output

Modul I/O menyediakan koneksi untuk peralatan di industri atau proses yang akan dikendalikan. Masukan pada pengontrol adalah sinyal dari tombol limit, tombol tekan, sensor, dan alat on/off lainnya. Keluaran dari pengontrol adalah sinyal on/off untuk mengoperasikan motor, klep, dan alat lain yang diperlukan untuk menggerakkan proses. Sebagai tambahan, banyak PLC memiliki kemampuan menerima sinyal kontinu dari sensor analog dan pembangkit sinyal yang sesuai untuk pemacu (aktuator) analog. Ukuran suatu PLC pada umumnya dinilai sesuai dengan banyaknya I/O nya Terminal, seperti ditampilkan dalam Tabel 1. (Groover, 2001:271)

Tabel 1. Klasifikasi Jenis PLC Dengan Banyaknya Terminal Input/Output (Groover, 2001:271)

Ukuran PLC	Jumlah I/O
Large PLC	$\geq 1024$
Medium PLC	$< 1024$
Small PLC	$< 256$
Mikro PLC	$\leq 32$
Nano PLC	$< 16$

Fungsi dari sebuah modul input adalah untuk mengubah sinyal masukan dari sensor ke PLC untuk diproses di bagian CPU. Sedangkan modul output adalah kebalikannya, mengubah sinyal PLC ke dalam sinyal yang sesuai untuk menggerakkan aktuator. Dari modul input dan output dapat ditentukan jenis suatu PLC dari hubungan antara CPU dengan modul input dan output yaitu compact PLC dan modular PLC.

Piranti input seperti tombol tekan, saklar, sensor, perangkat lain sejenis diberi dihubungkan ke terminal pada modul input. Piranti output seperti motor kecil, starter motor, solenoid, dan lampu indikator dihubungkan ke terminal pada modul output.

### Programmable Logic Controller

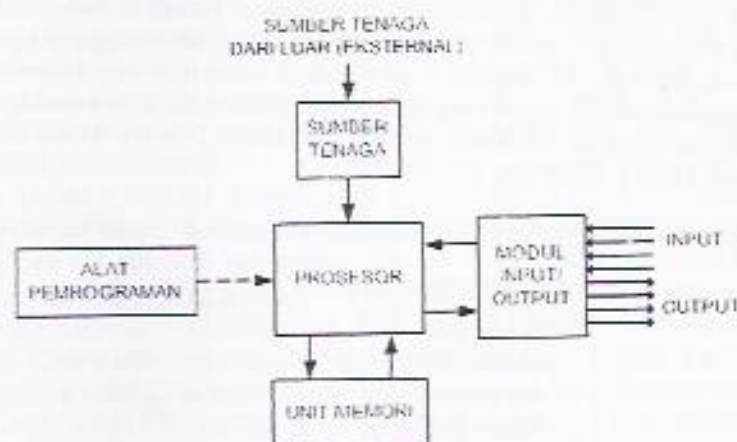
Suatu pengontrol programmable didefinisikan oleh Komisi Internasional Elektroteknik sebagai: "suatu sistem elektronik yang beroperasi secara digital, dirancang untuk digunakan di suatu lingkungan industri, yang mana (sistem tersebut) menggunakan suatu memori yang dapat diprogram (*programmable*) sebagai media internal penyimpan

instruksi orientasi dari pemakai untuk menerapkan fungsi-fungsi spesifik; seperti logika, peruntunan, pewaktuian, pencacah, dan perhitungan, untuk pengendalian, hingga digital atau analog masukan dan keluaran, berbagai jenis mesin atau proses. Baik pengontrol programmable maupun peralatan yang terhubung disekelilingnya, keduanya dirancang untuk kemudahan berintegrasi ke dalam suatu sistem kendali di industri dan dengan mudah digunakan dalam semua fungsi yang mereka harapkan.

Program pada PLC pada dasarnya adalah pemrosesan sinyal-sinyal pada input dan output. Selain input dan output pemrosesan dapat menggunakan internal memori atau flag. Hanya melalui input, controller dapat menerima informasi. Sedangkan melalui output, controller mengeluarkan data. (FESTO, Tanpa tahun:23)

Suatu skema diagram dari sebuah PLC diperlihatkan dalam Gambar 1. Komponen-komponen ini ditempatkan dalam suatu lemari yang telah dirancang untuk lingkungan industri. Komponen-komponen dasar dari PLC adalah sebagai berikut: (Groover, 2001:270)

1. Processor
2. Unit memori
3. Sumber Tenaga
4. Modul I/O, dan
5. Alat pemrograman



Gambar 1. Komponen-komponen Suatu PLC  
(Groover, 2001:270)

Tipe siklus operasional dari PLC, disebut membaca "scan", terdiri dari tiga komponen:

1. **Membaca masukan.** Sepanjang pembacaan masukan, masukan pada PLC dibaca oleh prosesor dan status dari masukan ini disimpan di dalam memori.
2. **Membaca program.** Program kendali dieksekusi selama pembacaan program. Nilai masukan disimpan ke dalam memori untuk digunakan dalam kendali perhitungan logika untuk menentukan nilai-nilai dari keluaran.
3. **Membaca keluaran.** Sepanjang membaca keluaran, keluaran diperbaharui untuk menetapkan nilai-nilai yang dihitung.

#### Mikrokontroler AT89C51

AT89C51 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang diproduksi oleh ATMEL yang memiliki 4K byte Flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only*)



*Memory*). Mikrokontroler ini mempunyai sistem memori, timer, port serial dan 32 bit I/O dan arsitektur berbasis MCS-51 di dalamnya. AT89C51 merupakan IC memori dengan teknologi *nonvolatile memory*. Teknologi *Nonvolatile memory* yaitu isi memori IC tersebut dapat diisi ulang ataupun dihapus berkali-kali.

Instruksi atau perintah disimpan dalam memori ini dengan standar MCS-51 sehingga memungkinkan mikrokontroler ini bekerja dalam mode operasi keping tunggal (*single chip operation*) yang tidak memerlukan memori luar (*external memory*) untuk menyimpan *source code* tersebut.

### Media Pembelajaran

Media berasal dari Bahasa Latin merupakan bentuk jamak dari *medium* yang berarti perantara yang dipakai untuk menunjukkan alat komunikasi. Secara harfiah media diartikan sebagai perantara atau pengantar pesan dari pengirim ke penerima pesan. Media menurut Briggs (1970) adalah segala alat fisik yang dapat menyajikan pesan serta merangsang peserta didik untuk belajar. (Sumantri, 1998:176)

Menurut Sumantri (1998:178), secara khusus media pembelajaran digunakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Memberikan kemudahan kepada peserta didik untuk lebih memahami konsep, prinsip, sikap dan ketrampilan tertentu dengan menggunakan media yang paling tepat menurut karakteristik bahan.
2. Memberikan pengalaman belajar yang berbeda dan bervariasi sehingga lebih merangsang minat peserta didik untuk belajar.
3. Menumbuhkan sikap dan keterampilan tertentu dalam teknologi karena peserta didik tertarik untuk menggunakan atau mengoperasikan media tertentu.
4. Menciptakan situasi belajar yang tidak dapat dilupakan peserta didik.

### METODE

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### Analisis Kebutuhan Sistem

Alat ini adalah pengembangan dari perangkat salah satu mikrokontroler yang ada di pasaran, yang dikembangkan dengan tambahan perangkat lain sehingga dapat digunakan sebagai modul input output programmable logic controller. Diharapkan alat ini mempunyai kemampuan seperti *Programmable Logic Controller (PLC)* yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktik kendali terprogram. Desain penelitian dalam sistem ini adalah menggunakan metode pengembangan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi tahap analisis, desain, implementasi dan pengujian.

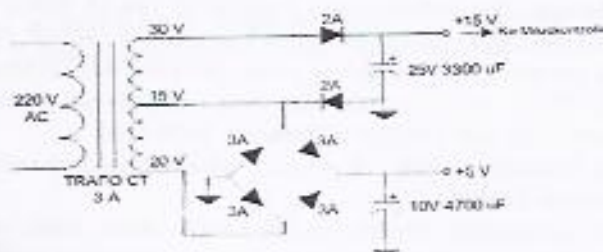
Pada alat ini diharapkan piranti input luar seperti tombol tekan, saklar, sensor, atau perangkat lain sejenis yang dihubungkan ke terminal pada modul input mampu memberikan sinyal masukan kepada mikrokontroler sebagai kontrol kerja alat. Mikrokontroler digunakan sebagai kendali dari proses pengolahan sinyal masukan untuk kemudian diteruskan menjadi sinyal keluaran. Pemrograman mikrokontroler dilakukan melalui alat pemrograman yang dapat dihubungkan pada terminal port. Melalui port yang disediakan, pengguna dapat memprogram mikrokontroler dengan menggunakan komputer atau console untuk menjalankan suatu proses sesuai dengan yang dikehendaki

oleh pengguna. Pada sinyal keluaran dari mikrokontroler dapat dihubungkan pada piranti output seperti untuk lampu indikator, motor kecil, dan piranti sejenis lainnya.

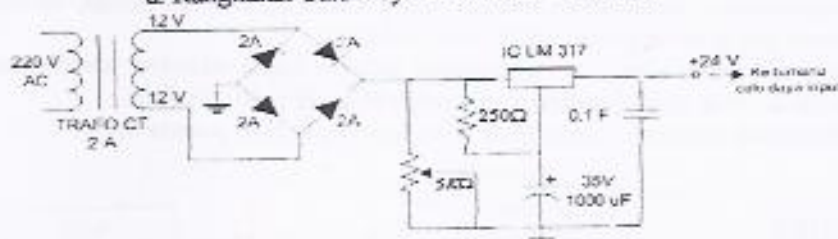
### Perancangan Alat

Untuk memenuhi spesifikasi alat diatas dibutuhkan rangkaian perangkat keras berupa:

1. Rangkaian catu daya:
  - a. Rangkaian suplai daya untuk perangkat mikrokontroler
  - b. Rangkaian suplai daya untuk komponen IC dan Relay.
  - c. Rangkaian suplai daya untuk terminal Input.



a. Rangkaian Catu Daya +15 V dan +5 V DC.

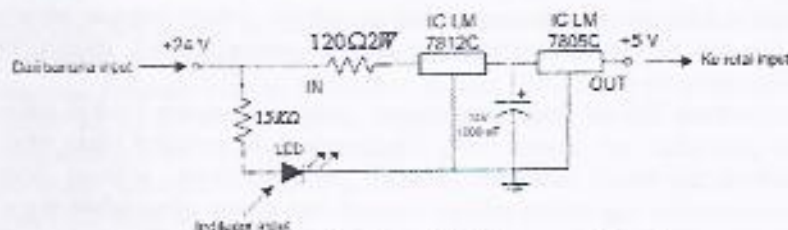


b. Rangkaian Catu Daya +24 V DC

Gambar 2. Rangkaian Catu Daya

2. Rangkaian pengubah tegangan masukan

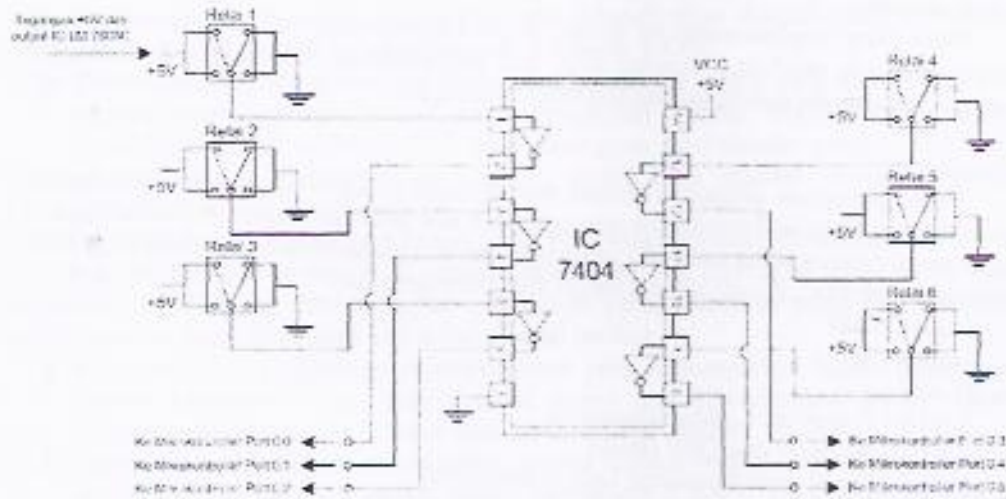
Rangkaian pengubah tegangan masukan yang digunakan dalam proyek akhir ini digunakan untuk mengubah sinyal masukan tegangan 24V DC menjadi 5V DC. Tegangan 24V DC merupakan tegangan masukan dari terminal modul input yang disediakan sebagai pemicu sinyal input. Dari tegangan 24V DC ini diubah menjadi tegangan tetap sebesar 5V DC untuk masukan pada relai input pada rangkaian inverter sebelum mikrokontroler.



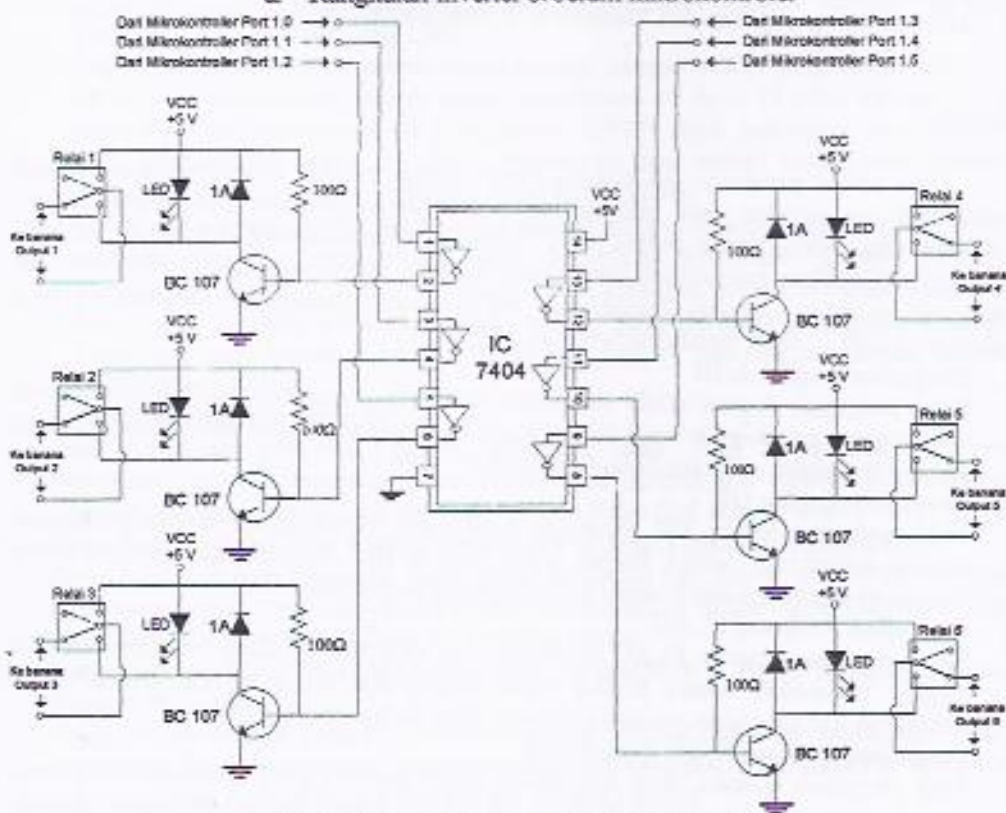
Gambar 3. Rangkaian Pengubah Tegangan Masukan

3. Rangkaian inverter
  - a. Rangkaian inverter sebelum mikrokontroler.
  - b. Rangkaian inverter sesudah mikrokontroler.





a. Rangkaian inverter sebelum mikrokontroler



b. Rangkaian inverter setelah mikrokontroler

Gambar 4. Rangkaian Inverter

### Implementasi

Pada tahap implementasi ini terdiri dari 2 bagian, yaitu: implementasi dari hasil rancang bangun rangkaian menjadi alat, dan implementasi Job Praktik Pembelajaran Kendali Terprogram menggunakan alat hasil rancangan.

### Pengujian

Tahap pengujian dilakukan dengan mempraktikkan tugas-tugas dalam Job Praktik Pembelajaran Kendali Terprogram menggunakan alat hasil rancangan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat hasil rancangan mampu melakukan tugas-tugas yang biasa dilakukan oleh PLC. Pengujian alat terdiri dari pemrograman:

1. Logika AND
2. Logika OR
3. FLAG
4. Aplikasi Penyalaaan Lampu Bergantian
5. TimEr (ON Delay dan OFF Delay)
6. Aplikasi Timer pada Penyalaaan Lampu Berurutan
7. Counter
8. Aplikasi Satu Lampu Berprasyarat Dua Tombol (Logika XOR)
9. Aplikasi Menghidupkan dan Mematikan 5 Buah Lampu dengan Variasi Waktu.

### HASIL

Data dalam penelitian ini dikumpulkan dengan metode observasi yaitu dengan melakukan pengamatan dan pengukuran. Unit pengamatannya merupakan output keluaran dari modul input output PLC berbasis mikrokontroler sedangkan sebagai pelengkap dilakukan pengukuran pada input maupun output rangkaian mikrokontroler yang ada di dalam modul. Pengamatan lainnya yaitu pengamatan terhadap output keluaran dari PLC Zelio melalui software Zelio Soft.

#### 1. Pengujian Logika AND

Pada pengujian logika AND diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.

#### 2. Pengujian Logika OR

Pada pengujian logika OR diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.

#### 3. Pengujian Program FLAG

Pada pengujian program FLAG diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.

#### 4. Pengujian Aplikasi Nyala Bergantian

Pada pengujian aplikasi nyala bergantian diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.

#### 5. Pengujian Program Timer (ON Delay dan OFF Delay)

Pengujian pewaktuan pada PLC berbasis mikrokontroler dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Berdasarkan data pengujian pewaktuan yang dilakukan pada PLC berbasis mikrokontroler dapat diungkapkan hal-hal sebagai berikut:



- a. Pada pengujian ini diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.
  - b. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam pewaktuan 5 detik. Nilai rata-rata dalam pewaktuan 5 detik adalah 5,0456 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 5 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,0456 atau 0,912%.
- 6. Pengujian Program Aplikasi Timer pada Penyalaan Lampu Berurutan**
- Pengujian pewaktuan pada PLC berbasis mikrokontroler dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Berdasarkan data pengujian pewaktuan yang dilakukan pada PLC berbasis mikrokontroler dapat diungkapkan hal-hal sebagai berikut:
- a. Pada pengujian program ini diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.
  - b. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam pewaktuan 5 detik. Nilai rata-rata dalam pewaktuan 5 detik adalah 5,095 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 5 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,095 atau 1,9%.
  - c. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam pewaktuan 10 detik (5 detik kedua). Nilai rata-rata dalam pewaktuan 10 detik adalah 9,9974 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 10 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,0026 atau 0,026%.
  - d. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam perubahan pewaktuan 5 detik pertama menuju pewaktuan 5 detik berikutnya. Nilai rata-rata perubahan waktu tersebut adalah 4,9024 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 5 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,0976 atau 1,952%.
- 7. Pengujian Program Counter**
- Pada pengujian program Counter diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.
- 8. Pengujian Aplikasi Satu Lampu Berprasyarat Dua Tombol (Logika XOR)**
- Pada pengujian ini diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.
- 9. Pengujian Aplikasi Menghidupkan dan Mematikan 5 Buah Lampu Dengan Variasi Waktu**
- Pengujian pewaktuan pada PLC berbasis mikrokontroler dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Berdasarkan data pengujian pewaktuan yang dilakukan pada PLC berbasis mikrokontroler dapat diungkapkan hal-hal sebagai berikut:
- a. Pada pengujian ini diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa persentase tingkat kesesuaian antara logika input output alat dibandingkan dengan tabel kebenaran dan pengujian melalui software Zelio Soft sebesar 100%.
  - b. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam pewaktuan 10 detik. Nilai rata-rata dalam pewaktuan 10 detik adalah 9,9988 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki



- adalah 10 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,0012 atau 0,012%.
- c. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam pewaktuan 15 detik. Nilai rata-rata dalam pewaktuan 15 detik adalah 14,976 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 15 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,024 atau 0,16%
  - d. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam perubahan pewaktuan 10 detik menuju pewaktuan 5 detik berikutnya. Nilai rata-rata perubahan waktu tersebut adalah 4,9772 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 5 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,0228 atau 0,456%.
  - e. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam pewaktuan 22 detik. Nilai rata-rata dalam pewaktuan 22 detik adalah 21,7755 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 22 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,2245 atau 1,020455%
  - f. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam perubahan pewaktuan 15 detik menuju pewaktuan 7 detik berikutnya. Nilai rata-rata perubahan waktu tersebut adalah 6,7995 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki 7 detik. Perbedaan antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,2005 atau 2,864286%.
  - g. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam pewaktuan 37 detik. Nilai rata-rata dalam pewaktuan 37 detik adalah 36,4536 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 37 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,5464 atau 1,476757%
  - h. Dalam hal perbandingan antara waktu standar dengan waktu yang dicapai alat ini, terdapat perbedaan atau selisih dalam perubahan pewaktuan 22 detik menuju pewaktuan 15 detik berikutnya. Nilai rata-rata perubahan waktu tersebut adalah 14,6781 detik sedangkan nilai standar yang dikehendaki adalah 15 detik. Perbedaan atau selisih antara nilai standar dengan rata-rata pewaktuan adalah 0,3219 atau 2,146%.

Tabel 2. Hasil pengujian

No	Pengujian	Hasil pengujian	
		Sesuai	Tidak sesuai
1.	Logika AND	√	
2.	Logika OR	√	
3.	FLAG	√	
4.	Aplikasi Nyala Bergantian	√	
5.	Pengujian Program Timer (ON Delay dan OFF Delay)	√	
6.	Aplikasi Timer pada Penyalaan Lampu Berurutan	√	
7.	Program Counter	√	
8.	Aplikasi Satu Lampu Berprasyarat Dua Tombol (Logika XOR)	√	
9.	Aplikasi Menghidupkan dan Mematikan 5 Buah Lampu Dengan Variasi Waktu	√	



## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Alat Modul Input Output Programmable Logic Controller Berbasis Mikrokontroler ini mampu menjalankan tugas-tugas dalam job praktik kendali berbasis Programmable Logic Controller (PLC) yang digunakan dalam pembelajaran praktik kendali terprogram dengan hasil sama seperti yang dilakukan dengan menggunakan PLC Zelio.
2. Penerapan Alat Modul Input Output Programmable Logic Controller Berbasis Mikrokontroler pada sistem kontrol yang kompleks memiliki hasil yang sama pula dengan penerapan sistem kontrol menggunakan PLC Zelio.
3. Alat Modul Input Output Programmable Logic Controller Berbasis Mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktik kendali terprogram dengan hasil yang sama dengan PLC buatan pabrik pada umumnya.

### Saran

1. Perubahan pada jenis PCB dan tata letak komponen perlu ditata ulang agar dapat diperoleh bentuk fisik yang tidak terlalu besar.
2. Alat ini perlu dilengkapi console pemrograman atau software yang memiliki model pemrograman seperti PLC pada umumnya agar semakin mirip dengan PLC pada umumnya.
3. Perlu dilakukan pengembangan dan penelitian lagi terutama untuk menambah jumlah input dan output agar dapat digunakan dalam sistem kendali yang kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

- Festo, , *"Programmable Logic Controller (Learning System for Automation)"*, Festo Didatic.
- Groover, Mikell P., 2001, *"Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing"*, New Jersey: Prentice Hall International Inc.
- Sumantri, Mulyani., & Permana, Johan , 1998, *"Strategi Belajar Mengajar"*, Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan