DESAIN DAN IMPLEMENTASI PLC BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega8

Muhamad Rifa'i[1] dan Ratna Ika Putri[2]

Abstrak

PLC (Programmable Logic Controller) menawarkan efisiensi kerja dalam dunia industri. PLC dirancang tahan terhadap kondisi lingkungan industri yang keras dan dapat dimodifikasi dengan mudah dan cepat. Perangkat ini telah menjadi standar kontroler dalam proses otomasi mesin-mesin produksi. Penguasaan teknologi ini sangat penting bagi orang-orang yang berkecimpung di dunia industri dan otomasi. Penelitian ini membahas desain dan implementasi sebuah PLC menggunakan mikrokontroler. Dengan PLC rancangan sendiri akan mereduksi biaya pembuatan apabila dibandingkan PLC buatan pabrik, sehingga sangat cocok diaplikasikan pada institusi pendidikan yang mementingkan efisiensi biaya. PLC rancangan sendiri ini dinamai dengan PLC-Mikro yang bisa diprogram dengan perangkat lunak open source LD-Mikro. Hasil penelitian menunjukkan untuk modul masukan dan keluaran dapat bekerja dengan baik pada tegangan kerja 0 s.d. 5 Volt. Pengujian timer PLC-Mikro menunjukkan adanya kesalahan 2,37%.

Kata-kata kunci: PLC, ladder diagram, modul i/o, pewaktu

Abstract

PLC (Programmable Logic Controller) offers efficiency in the industrial manufacturing. PLC designed to withstand harsh industrial environmental conditions and can be modified easily and quickly. These devices have become standard controller in the automation process of production machinery. Mastery of technology is very important for people working in the industry and automation. This study discusses the design and implementation of a PLC using microcontroller. With PLC design itself will reduce the manufacturing cost when compared industrial PLC standard, so it is properly used in educational

[1]*Muhamad Rifa'i. Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang.*
[2]*Ratna Ika Putri. Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang.*

institutions are concerned with cost efficiency. PLC design itself is named with-Micro PLC can be programmed with open source software-LD Micro. The results showed for the input and output modules can work well on a working voltage of 0 to 5 Volt. Testing Micro PLC timer shows 2.37% error.
***Keywords**: PLC, ladder diagram, i/o modul, timer*

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri efisiensi produksi merupakan salah satu faktor terpenting yang harus diperhatikan. Penggunaan mesin otomatis dan pemrosesan secara otomatis adalah solusi untuk mendapatkan efsiensi yang tinggi. Sistem pengontrolan dengan elektromekanik yang menggunakan 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 sistem memerlukan waktu dan biaya yang tinggi.

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan solusi permasalahan ini, karena sistem PLC mengintegrasikan berbagai macam komponen yang berdiri sendiri menjadi suatu sistem kendali terpadu dan dengan mudah memodifikasi tanpa harus mengganti semua instrumen yang ada. Adapun sistem kontrol dengan PLC di industri memenuhi berbagai kriteria diantaranya:

- Pemrogramannya sederhana,
- Perubahan program tanpa harus merubah sistem secara keseluruhan,
- Ukuran lebih kecil/kompak, akan tetapi kinerja lebih handal
- Biaya perawatan yang murah dan mudah

Sebuah PLC dapat dibangun dengan menggunakan sebuah mikrokontroller 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.

Fungsi Programmable Logic Controller (PLC)

Fungsi dan kegunaan dari PLC dapat dikatakan hampir tidak terbatas. Tapi dalam prakteknya dapat dibagi secara umum dan

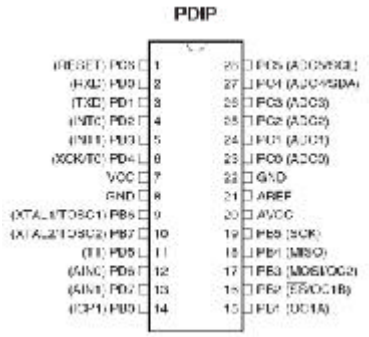
secara khusus. Secara umum fungsi dari PLC adalah sebagai berikut:

1. Kontrol Sekuensial: PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemprosesan teknik secara berurutan (sekuensial), di sini PLC menjaga agar semua step/langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.
2. 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.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler ATmega8

AVR ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berarsitektur AVR RISC yang memiliki 8K byte in-System Programmable Flash. Mikrokontroler dengan konsumsi daya rendah ini mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16MIPS pada frekuensi 16MHz. Jika dibandingkan dengan ATmega8L perbedaannya hanya terletak pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk bekerja. Untuk ATmega8 tipe L, mikrokontroler ini dapat bekerja dengan tegangan antara 2,7 - 5,5 V sedangkan untuk ATmega8 hanya dapat bekerja pada tegangan antara 4,5 – 5,5 V. Gambar 1 menunjukkan konfigurasi pin ATmega8.

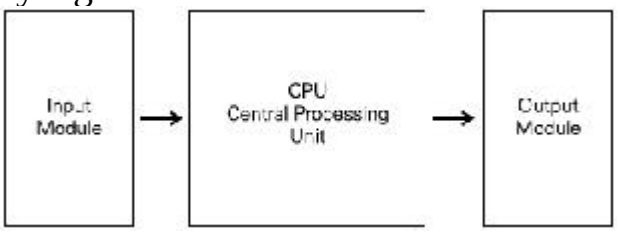


Gambar 1. Konfigurasi Pin ATmega8

2.2 Programmable Logic Controller (PLC)

PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram

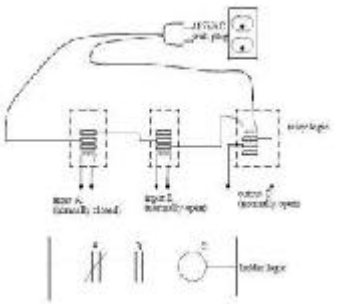
untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi logika semisal logika kombinasional, sekuensial, pewaktuan, pencacahan dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses, diagram blok PLC ditunjukkan pada Gambar 2. PLC dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan tentang komputer dan bahasa pemrograman. Piranti dirancang sedemikian rupa agar tidak hanya para programmer komputer saja yang dapat membuat atau mengubah program-programnya. Oleh karena itu, para perancang PLC telah menempatkan sebuah program awal di dalam piranti (pre-program) yang memungkinkan program-program kontrol dimasukkan dengan menggunakan suatu bentuk bahasa pemrograman yang sederhana dan intuitif.



Gambar 2. Diagram Blok PLC

2.3 Pemrograman Ladder Diagram Pada PLC Mikro

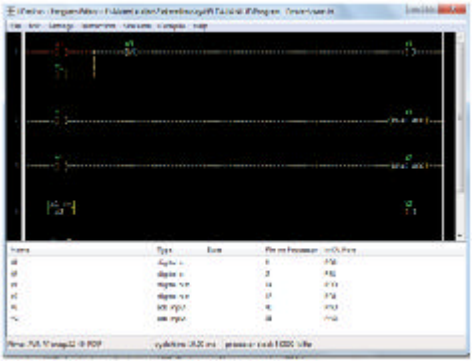
Ladder diagram adalah metoda pemrograman yang umum digunakan pada PLC. *Ladder diagram* merupakan tiruan dari logika yang diaplikasikan langsung oleh relai. *Ladder diagram* banyak mengurangi kerumitan yang dihadapi oleh teknisi untuk menyelesaikan pengoperasian. Berikut ini adalah gambar untuk analogi *ladder diagram.*



Gambar 2. Analogi *Ladder Diagram* dengan Rangkaian Relai

Program *ladder diagram* pada PLC-Mikro menggunakan software LD Micro. LD Micro adalah sebuah kompiler yang kompatibel untuk beberapa tipe mikrokontroler. Selain menghasilkan keluaran file berekstensi HEX yang bisa langsung ditanamkan pada mikrokontroler, software ini juga mampu menjalankan simulasi program yang telah dibuat. Program ini sangat cocok untuk belajar pemrograman ladder diagram dan bisa mengujinya pada perangkat mikrokontroler yang harganya jauh lebih murah jika dibandingkan PLC atau bisa juga untuk membuat PLC versi sendiri.

LD-Micro kompatibel dengan IC AVR PIC16F628(A), PIC16F88, PIC16F819. PIC16F877(A), PIC16F876(A), PIC16F887, PIC16F886, ATmega128, ATmega64, ATmega162, ATmega32, ATmega16, ATmega8. Program ini memiliki referensi instruksi kontak *normally open*, kontak *normally closed*, *coil normal*, *coilset-only*, *coil reset-only*, *turn-on delay*, *turn-off delay*, *retentive timer*, *reset*, *one-shot rising*, *one-shot falling*, *short circuit*, *open circuit*, *master control relay*, *move*, *arithmetic operation*, *compare*, *counter*, *circular counter*, *shift register*, *look-up table*, *piecewise linear table*, *a/d converter read*, *set pwm duty cycle*, *make persistent*, *uart (serial) receive*, *uart (serial) send*, *formatted string over uart.*



Gambar 3. *Grafik User Interface* pada Program LD-Micro

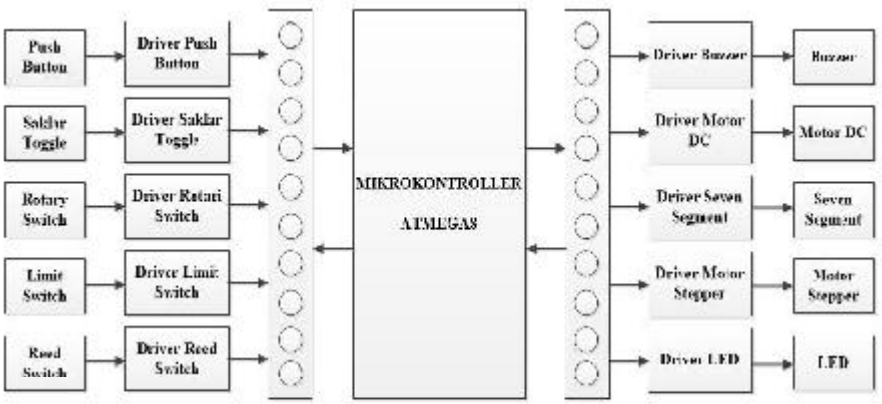
3. METODE

PLC yang dibangun menggunakan mikrokontroler ATmega8 dengan pertimbangan jumlah I/O yang diperlukan tidak terlalu banyak, selain itu chip ini harganya murah. Sistem PLC yang dibangun mengikuti blok diagram seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Blok Diagram Sistem PLC

LD Micro adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program *ladder diagram* dan program yang telah dibuat dapat disimulasikan langsung melalui software ini sendiri. Keuntungan menggunakan perangkat lunak ini adalah LD-Micro dapat diunduh secara gratis di internet.

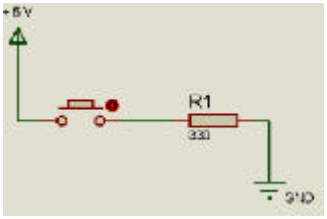
Pada bagian *input* direncanakan mempunyai beberapa macam tipe, seperti: *push button*, saklar *toggle*, *rotary switch*, *limit switch*, dan *reed switch*. Pemilihan tipe *input* ini berdasarkan kebutuhan yang biasa digunakan oleh dunia industri. Sedangkan pada bagian *output* direncanakan mempunyai beberapa macam tipe, seperti: buzzer, motor DC, LED *seven segment*, motor stepper, dan LED. Blok diagram desain *input* dan *output* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram *Input* dan *Output* Sistem PLC

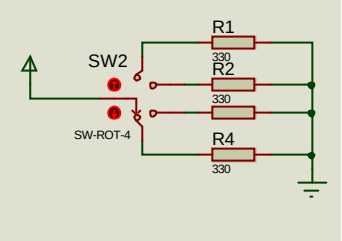
3.1 Perancangan Modul *Input*

Sistem PLC menggunakan *input* berupa *push button.* Prinsip kerjanya adalah *push button* ditekan maka kontaknya akan terhubung dan mengirim logika *high* ke mikrokontroller ATmega8.



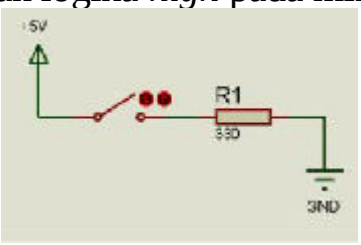
Gambar 6. Rangkaian *Input Push Button*

Input PLC lainnya adalah *rotary switch.* Prinsip kerjanya rotary switch dicatu dengan tegangan DC 5 volt dan memiliki 1 induk dan 4 anak. Setiap anak terhubung dengan resistor dan ground sedangkan induk terhubung ke Vcc, sehingga bila diputar pada posisi yang diinginkan maka akan berlogika 1 (high) dan untuk yang lain akan berlogika 0 (low).



Gambar 7. Rangkaian *Input Rotary Switch*

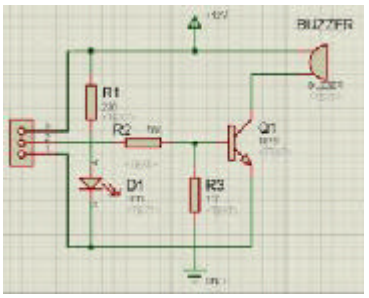
Pada *input reed switch* yang dicatu dengan tegangan 5 volt. *Reed switch* akan aktif saat terdapat medan magnet disekitar *reed switch* dan memberikan logika *high* pada mikrokontroler.



Gambar 8. Rangkaian *Input Reed Switch*

3.2 Perancangan Modul *Output*

Modul *buzzer* digunakan sebagai salah satu tipe *output* pada sistem PLC. Pada modul ini buzzer akan aktif jika salah satu pin *output* ATmega8 berlogika satu (*high*) dan dihubungkan pada *driver* rangkaian buzzer sehingga buzzer akan berbunyi.



Gambar 9. Rangkaian *Driver* Buzzer

Buzzer dibunyikan menggunakan tegangan +12V. Transistor yang digunakan pada rangkaian driver buzzer ini dijadikan sebagai switch untuk memutus dan menyambungkan aliran arus yg menuju pada buzzer, jika pada kaki basis diberi output dari mikrokontroller ATmega8 maka transistor akan bekerja sehingga buzzer akan berbunyi. Dari pengukuran didapat buzzer memerlukan arus sebesar 0,62 A, sehingga untuk switching dipilih transistor TIP31 karena mempunyai Icmax = 3A. Berdasarkan pada grafik penguatan TIP31, untuk Ic(beban) sekitar 0.65 A didapat hfe sekitar 80.

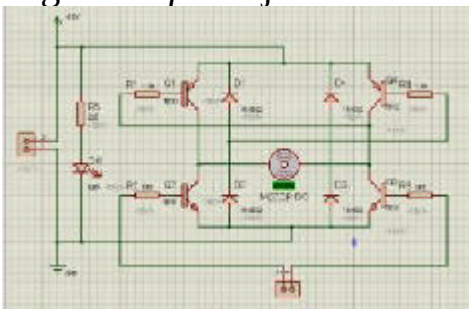
Setelah Ic_{max} dan hfe diketahui maka I_B dapat diketahui, yaitu:

$$I_B = \frac{I_C}{hfe} = \frac{0,62}{80} = 7,75mA$$

R2 sebagai pembatas arus basis (I_B) pada TIP31 dengan perhitungan:

$$R_2 = \frac{Vb - Vbe}{IB} = \frac{5-0,7}{7,75} = 554,838 \approx 560\ \Omega$$

Pada modul *output* motor DC dirancang dapat memutar kekiri dan kekanan jika salah satu pin *output* ATmega8 diberi logika high. Jadi untuk mengubah putaran motor DC dapat dilakukan dengan mengubah logika *output* saja.



Gambar 10. Rangkaian *Driver* Motor DC

Arus beban yang diperlukan oleh motor DC diketahui $Ic_{(beban)}$ = 0,62A. Transistor yang digunakan pada rangkaian *driver* motor DC ini dijadikan *switch* untuk memutus dan menyambungkan aliran arus yg menuju ke motor,
Untuk perhitungan menggunakan rumus:

$$I_{C(beban)} < I_{C(max)}$$

$$hfe > 5 \times \frac{I_{C(beban)}}{I_{C(max)}}$$

Sehingga menggunakan TIP31 dan TIP32 karena mempunyai Ic_{max} = 3A. Berdasarkan pada grafik penguatan TIP31 dan TIP32 dibawah ini, untuk $Ic_{(beban)}$ = 0,62A didapat hfe sebesar 80.
Setelah Ic_{max} dan hfe diketahui maka I_B dapat diketahui, yaitu :

$$I_B = \frac{I_C}{hfe} = \frac{0,62}{80} = 7,75mA$$

R_2 dan R_3 berfungsi sebagai pembatas arus basis TIP31, nilainya adalah :

$$R_2 \,\&\, R_3 = \frac{Vb - Vbe}{IB} = \frac{5 - 0,7}{7,75} = 554,838 \approx 560\ \Omega$$

R_1 dan R_4 berfungsi sebagai pembatas arus basis TIP32, nilainya adalah :

$$R_1 \,\&\, R_4 = \frac{Vcc - Vbe}{IB} = \frac{12 - 0,7}{7,75} = 1458,064 \approx 1.5k\ \Omega$$

Empat buah dioda digunakan untuk melindungi tegangan dan arus yang dihasilkan oleh kumparan pada motor DC Karena fungsi dioda ini sebagai pengaman maka frekuensi aktif dioda harus lebih cepat daripada frekuensi *switching* transistor.
LED hanya digunakan sebagai indikator rangkaian *driver motor DC* karena arus LED hanya memiliki Vf (*forward voltage*) sebesar 2 Volt dan Forward current sekitar 20mA. Jika sumber tegangan kita sebesar 5 Volt. Maka harus diberi resistor (R_5). Dengan perhitungan :

$$R_5 = \frac{Vcc - Vf}{If}$$

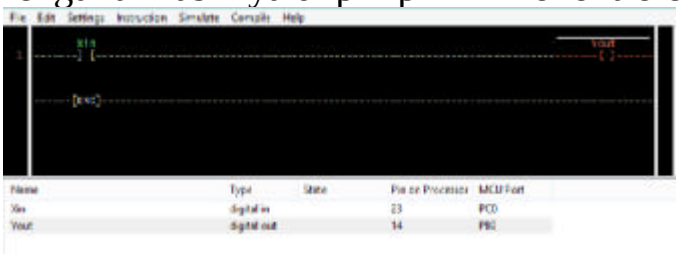
$$R_5 = \frac{5-2}{0.02}$$

$$R_5 = 150\Omega \approx 220\Omega$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

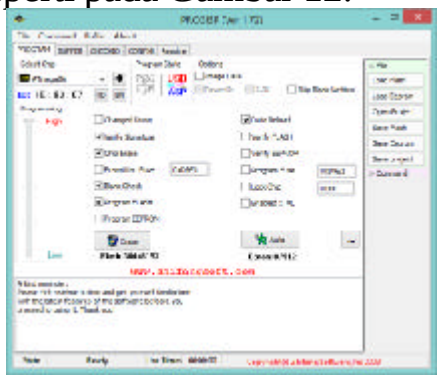
4.1. Pengujian Modul *Input* dan *Output*

Pengujian modul *input* dilakukan dengan cara membuat program *ladder* sederhana seperti ditunjukkan pada Gambar 11, kemudian mengukur hasilnya di pin-pin mikrokontroler.



Gambar 11. Program *Ladder Input Output*

Ladder Diagram hasil kompilasi berupa file dengan extensi hex selanjutnya di*download* ke mikrokontroler dengan perangkat lunak PROGISP seperti pada Gambar 12.

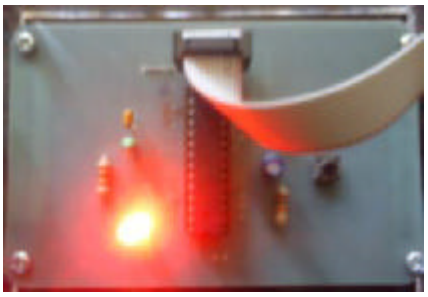


Gambar 11. Download Program pada Mikrokontroller

Hasil pengujian diketahui dengan pengamatan secara visual pada sistem MikroPLC dan pengukuran. Kinerja bagian pin masukan dan keluaran diuji dengan mengukur tegangan pada saat masukan berlogika 1 dan berlogika nol, kemudian mengamati dan mengukur tegangan pada bagian pin keluarannya.

Berdasarkan *ladder diagram* pada Gambar 11 menunjukkan bahwa saat ada masukan logika 1 pada port PC0 akan menghasilkan keluaran logika 1 pada port PB0. Gambar 12

menunjukkan hasil keluaran PLC dan pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian modul masukan dan keluaran.



Gambar 12. Keluaran PLC Logika 1 pada Port PB0

Tabel 1. Pengujian *Input/Output* sistem MikroPLC

Kondisi	**Teg Pin Input (V)**	**Teg Pin Output (V)**	**LED**
Tombol di PC0 ditekan	4.9	4.9	menyala
Tombol di PC0 dilepas	0.2	0.4	padam
Tombol di PC1 ditekan	4.8	4.9	menyala
Tombol di PC1 dilepas	0.3	0.4	padam
Tombol di PC2 ditekan	4.8	4.8	menyala
Tombol di PC2 dilepas	0.5	0.6	padam
Tombol di PC3 ditekan	4.9	4.8	menyala
Tombol di PC3 dilepas	0.6	0.7	padam
Tombol di PC4 ditekan	4.8	4.8	menyala
Tombol di PC4 dilepas	0.7	0.8	padam
Tombol di PC5 ditekan	4.9	4.8	menyala
Tombol di PC5 dilepas	0.7	0.8	padam
Tombol di PC6 ditekan	4.8	4.9	menyala
Tombol di PC6 dilepas	0.7	0.8	padam
Tombol di PC7 ditekan	4.9	4.9	menyala
Tombol di PC7 dilepas	0.9	0.8	padam

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 1, modul masukan dan keluaran Mikro-PLC bekerja dengan baik. Tegangan masukan pada saat tombol ditekan (logika 1) berada pada rentang 4.8 V sampai dengan 4.9 V sedangkan pada saat tombol dilepas (logika 0) berada pada rentang 0.2 V sampai dengan 0.9 V. Tegangan masukan pada saat LED menyala (logika 1) berada pada rentang 4.8 V sampai dengan 4.9 V sedangkan pada saat LED padam (logika 0) berada pada rentang 0.2 V sampai dengan 0.8 V.

4.2 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa pada saat transistor aktif (saturasi) tegangan v_{be} = 0,49 volt, v_{ce} = 0,73 V dan tegangan motor = 11,51 V. Sedangkan pada saat transistor tidak bekerja (cutt off) tegangan v_{be} = 0 volt, v_{ce} = 11,94 volt dan tegangan motor = 0 volt.

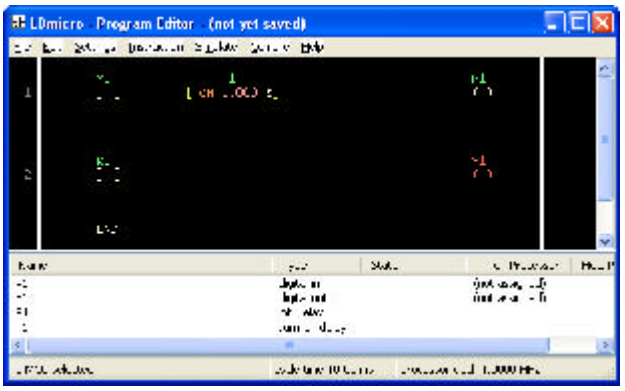
Tabel 2. Pengujian Nilai Tegangan Transistor dan Motor

PORTB.0	Logika 1			
	V_{be} (Volt)	V_{ce} (Volt)	Vmotor (Volt)	Arah Putar Motor (On/off)
1	0,48	0,72	11,61	Kiri
2	0,47	0,72	11,62	Kiri
3	0,48	0,73	11,58	Kiri
4	0,49	0,72	11,59	Kiri
5	0,48	0,73	11,57	Kiri
PORTB.1	Logika 1			
	V_{be} (Volt)	V_{ce} (Volt)	Vmotor (Volt)	Arah Putar Motor (On/off)
1	0,49	0,78	11,82	Kanan
2	0,49	0,79	11,84	Kanan
3	0,47	0,78	11,95	Kanan
4	0,48	0,79	11,76	Kanan
5	0,48	0,79	11,79	Kanan

Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat diketahui kinerja driver motor DC adalah baik. Tegangan rata-rata motor pada saat berputar arah kiri adalah 11,58 V sedangkan pada arah kanan adalah 11.83 V.

4.3 Pengujian *Timer*

Pengujian *timer* bertujuan untuk melihat kinerja rangkaian pewaktu pada PLC-Mikro. Ladder diagram rangkaian pewaktu ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. *Ladder Diagram* Pengujian Timer

Tabel 2. Pengujian Nilai Timer

NO	Timer		
	1(det)	10(det)	20(det)
1	1,02	10,26	20,48
2	1,03	10,22	20,5
3	1,02	10,25	20,52
4	1,03	10,21	20,49
5	1,02	10,23	20,38

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa pewaktu pada PLC-Mikro memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 2,4% pada pewaktu 1 detik, 2,34% pada pewaktu 10 detik, dan 2,37% pada pewaktu 10 detik. Tingkat kesalahan rata-rata untuk semua pewaktu adalah 2,37%. Penyebab timbulnya kesalahan pada pewaktu biasanya disebabkan karena pemilihan nilai kristal yang kurang sesuai dengan siklus kerja mikrokontrolernya.

5. PENUTUP

Setelah melakukan pengujian dan analisis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja dari sistem yang telah dibuat, sebagai berikut :

1) Modul masukan dan keluaran dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan.
2) Rangkaian driver motor dapat melakukan tugasnya dengan baik.
3) Pewaktu pada PLC-Mikro mempunyai tingkat kesalahan sebesar 2,37%.

6. DAFTAR PUSTAKA

Artanto Dian., 2009, *MerakitPLCdenganMikrokontroler*. Jakarta : Elex Media Kompetindo.

Artanto Dian., 2009, *60 aplikasi PLC mikro*. Jakarta : ElexMediaKompetindo.

Indra purna. 2007. *"Dasar TEori ATmega8"*. unikom.(http://elib.unikom.ac.id) diakses pada tanggal 6 desember 2012

hardi-santosa.blog.ugm.ac.id/2012/07/03/mengenal-atmega8

Rifa'i, Muhamad. 2012. *Programmable Logic Controller.* Modul Ajar Politeknik Negeri MAlang.

www.telinks.wordpress.com. Diunduh pada tanggal tanggal 5 Juni 2013

www.nugie. wordpress.com. Diunduh pada tanggal tanggal 5 Juni 2013

www.blogspot.com/ldmicro-program-kompile-untuk-avr . Diunduh pada tanggal tanggal 23 Mei 2013

www.elektronikabersama.web.id. Diunduh pada tanggal tanggal 15 Mei 2013

www.etekno.blogspot.com. Diunduh pada tanggal tanggal 3 Juni 2013

www.all-thewin.blogspot.com. Diunduh pada tanggal tanggal 3 Juni 2013

www.eebit-its.blogspot.com Diunduh pada tanggal tanggal 28 Mei