

PERANCANGAN MODUL PEMBELAJARAN BERBASIS PROJEK PADA MATAKULIAH DASAR MIKROKONTROLER

Sabran¹⁾ dan Yasser Abd, Djawad²⁾

¹ Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar
sabran.fharun@unm.ac.id

² Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar
yasserdjawad@unm.ac.id

Abstrak

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendesain Modul Pembelajaran berbasis proyek pada matakuliah dasar mikrokontroler. Perancangan modul akan meliputi rangkaian utama yaitu sistem minimum mikrokontroler, sedangkan modul-modul aplikasi terdiri dari 10 modul yaitu: LED, Push button, LCD, Seven Segment, Relay, Sensor LDR, Photodiode, dan Suhu dengan LM35. Sensor ultrasonik HC-SR04, Kendali motor servo, dan RTC. Perancangan alat yang direncanakan berupa rancang bangun dengan metode pengamatan langsung dengan tahap dimulai dari merancang konsep alat, membuat alat dan aplikasi, dan menguji coba alat. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa: (1) Modul-Modul hasil rancangan sistem mikrokontroler yang di buat dapat bekerja dengan baik. (2) Hasil analisis menunjukkan bahwa unit-unit rangkaian pengontrol yang menggunakan ATmega16 sebagai unit kendali utama dapat bekerja sesuai dengan karakteristik yang diharapkan. (3) Hasil ujicoba perangkat lunak dengan menggunakan MPLAB SIM, berhasil tanpa error sehingga dapat dikoneksikan dengan rangkaian uji yang dicoba. (4) Hasil pengujian juga membuktikan bahwa modul-modul yang dibuat dapat bekerja secara optimal. Disimpulkan bahwa modul-modul yang dirancang dapat digunakan dalam pembelajaran berbasis proyek pada matakuliah dasar mikrokontroler.

Kata Kunci : Mikrokontroler, Modul Aplikasi, Sistem Minimum

Abstract

The objective of this research is to design the project based learning module on the basic course of microcontroller. The module design will include the main circuit that is the minimum system of microcontroller, while the application module consists of 10 modules: LED, Push button, LCD, Seven Segment, Relay, LDR Sensor, Photodiode, and Temperature with LM35. Ultrasonic sensor HC-SR04, Full servo motor, and RTC. The design of the tool is planned in the form of design with the method of direct observation with the stage starts from designing the concept of tools, making tools and applications, and test the tool. Research results show that: (1) Modul-Module microcontroller system design result that made can work well. (2) The results of the analysis show that the control circuit units using ATmega16 as the main control unit can work in accordance with the expected characteristics. (3) The results of software testing using MPLAB SIM, succeed without error sehingga can be connected with a series of tests tested. (4) The test results also prove that the modules made can work optimally. It was concluded that the designed modules could be used in project-based learning on the basic course of the microcontroller.

Keywords: Microcontroller, Application Module, Minimum System

PENDAHULUAN

Program studia pendidikan teknik elektronika Fakultas Teknik Universitas

Negeri Makassar memiliki struktur kurikulum yang membekali mahasiswa kompetensi-kompetensi keahlian

kependidikan dan keahlian spesifik bidang elektronika. Salah satu kompetensi yang menjadi dasar yang penting bagi elektronika terapan adalah pengetahuan dan keterampilan pada kompetensi dasar keahlian mikro-kontroller.

Mikrokontroller adalah sebuah komponen yang mengintegrasikan mikro-processor, memori, dan alat input dan output yang dikemas dalam satu chip tunggal. Mikrokontroller juga disebut sebagai *Single Chip Mikrokomputer (SCM)* yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol. Mikrokontroller berkembang dengan dua alasan utama, yaitu kebutuhan pasar (*market needed*) dan perkembangan teknologi baru. Yang dimaksud dengan kebutuhan pasar yaitu kebutuhan manusia yang semakin besar terhadap alat-alat elektronik dengan perangkat pintar sebagai pengontrol dan pemroses data. Sedangkan yang dimaksud dengan perkembangan teknologi baru adalah perkembangan teknologi semikonduktor yang memungkinkan pembuatan *chip* dengan kemampuan komputasi yang sangat cepat, bentuk yang semakin mungil, dan harga yang semakin murah.

Aplikasi-aplikasi Mikrokontroller misalnya sebagai pengontrol robot cerdas, rumah cerdas, sistem keamanan, aplikasi pengontrol motor, traffic dan aplikasi lainnya merupakan aplikasi-aplikasi yang menarik bagi mahasiswa dalam menyusun tugas akhir bagi program diploma maupun skripsi bagi program sarjana. Sebagai pengontrol yang dapat diprogram sesuai keinginan pengguna, mikrokontroller digunakan sebagai otak robot-robot yang dibuat mahasiswa untuk keperluan lomba dalam Kontes Robot Indonesia yang rutin dilaksanakan setiap tahun.

Perkembangan yang pesat dan aplikasi yang sangat luas berimplikasi pada penguasaan kompetensi yang diharapkan dimiliki oleh mahasiswa dalam rentang waktu satu semester

dengan durasi perkuliahan dua jam pelajaran setiap minggu atau enam belas kali pertemuan dalam satu semester. Kompetensi dasar yang diharapkan dikuasai oleh mahasiswa belum dapat tercapai dengan hasil yang maksimal. Disamping itu tugas-tugas proyek yang diberikan hanya dapat diselesaikan dua proyek dasar yaitu peancangan sistem minimum mikrokontroller dan sebuah aplikasi yang sederhana, misalnya running LED. Jika ditinjau dari capaian hasil belajar berupa hasil ujian semester, ternyata hanya sekitar 10% mahasiswa yang memperoleh nilai maksimal yaitu nilai empat.

Berdasarkan masalah dikemukakan diatas, masalah yang akan dipecahkan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang modul pembelajaran berbasis proyek pada matakuliah dasar Mikrokontroller.

Modul Mikrokontroller

Mikrokontroller adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroller lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (Read-Only Memory), RAM (Read-Write Memory), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (Analog to Digital converter), DAC (Digital to Analog converter) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroller yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroller AVR. AVR adalah mikrokontroller RISC (Reduce Instruction Set Computer) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard.

Secara umum mikrokontroller AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroller ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya Arithmetic and Logical

Unit (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu serta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam chip yang sama dengan prosesornya (in chip).

Mikrokontroler ini menggunakan arsitek-tur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (concurrent), adapun blog diagram arsitektur ATMega16. Secara garis besar mikrokontroler ATMega16 terdiri dari:

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz..
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte.
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal.
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral: (a) Dua buah 8-bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode compare, (b) Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture. (c) Real time counter dengan osilator tersendiri, (d) Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog. (e) 8 kanal, 10 bit ADC, (f) Byte-oriented Two-wire Serial Interfac, (g) Watchdog timer dengan osilator internal.

Sistem Minimum dan konfigurasi downloader AVR Atmega16

Sistem minimum (minsys) mikrokontroler adalah rangkaian elektronik minimum yang diperlukan untuk beroperasinya IC mikrokontroler. Rangkaian ini kemudian bisa dihubungkan dengan rangkaian lain untuk

menjalankan fungsi tertentu. Untuk membuat rangkaian minimum ATmega16 diperlukan beberapa komponen yaitu:

1. IC mikrokontroler ATmega16
 2. 1 XTAL 4 MHz atau 8 MHz atau 11.0592 MHz (XTAL1)
 3. 3 kapasitor kertas yaitu dua 22 pF (C2 dan C3) serta 100 nF (C4)
 4. 1 kapasitor elektrolit 4.7 uF (C12) 2 resistor yaitu 100 ohm (R1) dan 10 Kohm (R3)
 5. 1 tombol reset pushbutton (PB1)
- Selain itu tentunya diperlukan power suply yang bisa memberikan tegangan 5V DC. Rangkaian sistem minimum ini sudah siap untuk menerima sinyal analog (fasilitas ADC) di port A

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium. Metode ini dilakukan dalam merancang modul pembelajaran berbasis proyek pada matakuliah mikrokontroller yang meliputi modul sistem minimum, dan rangkaian-rangkaian aplikasi.

Penelitian ini akan dilaknsakan di Laboratorium Digital dan Miroprocessor Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika FT UNM. Waktu Penelitian direncanakan selama empat bulan, mulai Juni 2017 sampai Oktober 2017.

Alat dan Bahan Pengembangan Modul

Untuk keperluan merancang dan membuat modul-modul yang direncanakan digunakan alat dan bahan sebagai berikut:

- 1) Alat
 - a) Komputer (laptop) ; alat yang digunakan untuk mendesain dan membuat program yang akan digunakan.
 - b) Multimeter HELES SP-38D; merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tahanan, tegangan dan arus.

- c) *Jumper* ; suatu alat yang digunakan untuk menghubungkan antara jalur yang satu dengan yang lainnya atau blok rangkaian yang satu dengan blok rangkaian yang lainnya.
- d) Obeng plus dan minus, tang pemotong dan penjepit, palu, timah, solder, penghisap timah, bor, kuas, mata bor 0.8mm dan 1mm, gergaji tangan, setrika listrik, dan pinset sebagai peralatan tambahan.
- e) Downloader USB ; alat yang digunakan untuk mengisi program pada IC mikrokontroler.
- f) *Adaptor 12V/ 1200mA*; merupakan sumber tenaga untuk rangkaian.
- g) CodeVision AVR Versi 2.05.3 standard; untuk menulis program yang akan dimasukkan pada IC mikrokontroler.
- h) PROGISP Versi 1.72 ; program untuk *mendownload* data heksa ke IC.

Metode dan Prosedur Perancangan

Metode dan prosedur rancangan akan dilakukan dengan tahapan yang meliputi: (1) membuat desain rangkaian masing-masing modul, (2) mengidentifikasi dan membuat daftar kebutuhan komponen yang diperlukan masing-masing modul (3) Merancang Jalur-jalur PCB masing-masing modul rangkaian, (4) Memasang komponen-komponen pada jalur PCB yang telah dibuat (5) Menguji konektivitas rangkaian dan (6) Melakukan pengujian dan pengambilan data. Secara rinci langkah yang akan dilakukan adalah

1. Persiapan

- a. Membuat rencana design rancangan penelitian.
- b. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.

2. Merancang *hardware*

- a. Menyiapkan rangkaian yang akan dibuat berupa sistem minimum mikrokontroler ATmega32, perangkat *input*, perangkat *output*, dan rangkaian pengisi data (*downloader included*).

- b. Merancang jalur rangkaian, *power supply*, mikrokontroler, perangkat output, dan *sensor*.
- c. Mencetak maskin.
- d. Mengebor PCB untuk kaki komponen.
- e. Memasang komponen pada PCB, mulai dari komponen pasif sampai komponen aktif.
- f. Menyolder kaki komponen dengan baik dan cepat.
- g. Memeriksa kembali rangkaian.
- h. Membuat kabel – kabel penghubung untuk menyatukan/merancang beberapa blok rangkaian antara *input*, proses, dan *output*.

3. Merancang *software*

- a. Menulis program pada komputer dengan menggunakan *software* CodeVision AVR.
- b. Menguji *software* melalui menu “*Build All Project*”, untuk mengetahui jumlah *error* pada program. Jika *error* sudah tidak ada, maka program telah dikatakan berhasil.
- c. *Download* listing program ke IC mikrokontroler melalui *downloader*, dengan menggunakan aplikasi ProgISP (Ver.1.72).

Metode dan Prosedur Pengujian

Metode pengambilan data yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan uji teknis kerja rangkain setiap modul dengan prosedur pengujian yaitu: (1) membongkar bagian-bagian rangkaian (2) mengukur kesesuaian kebutuhan tegangan kerja masing-masing modul dan (3) dan mengukur kestabilan dengan melakukan minimal tiga kali pengamatan.

Secara rinci bagian-bagian yang diamati adalah hasil kerja rangkaian dengan beberapa indikator sebagai berikut.

- 1) Menyalakan LED Dengan cara menginputkan program pada

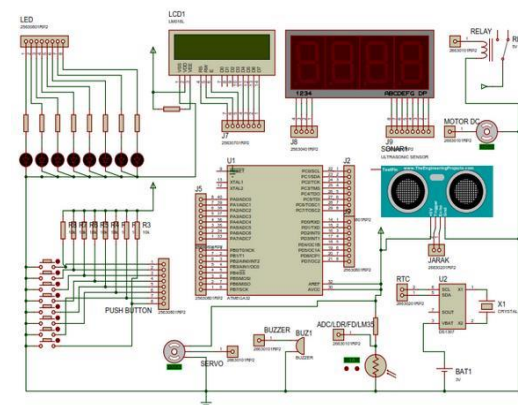
- mikrokontroler dengan pengontrolan 8 buah LED yang divariasikan.
- 2) Menyalakan LED menggunakan *Push button*, dengan cara menginputkan program pada mikrokontroler dengan pengontrolan 8 buah LED yang divariasikan melalui penggunaan sakelar (*micro switch*). Jika LED berlogika 1 (LED mati) dan jika LED berlogika 0 (LED nyala).
 - 3) Menampilkan karakter pada LCD, Dengan cara menginputkan program ke mikrokontroler untuk menampilkan karakter pada LCD.
 - 4) Menampilkan Karakter Angka pada *Seven Segment*, dengan cara menginputkan program pada mikrokontroler. Hasilnya akan ditunjukkan pada *seven segmen*.
 - 5) Aplikasi mengontrol tegangan AC dengan Menggunakan *relay*, dengan cara menginputkan program pada mikrokontroler setelah itu mengaktifkan *relay* sebagai pengontrol posisi saklar tegangan 220 V AC.
 - 6) Kendali motor DC, dengan cara menginputkan program pada mikrokontroler. Serta mengaktifkan motor DC.
 - 7) Aplikasi Penggunaan internal ADC dengan pembacaan sensor LDR, Photodiode, dan Suhu dengan LM35. dengan cara menginputkan program mikrokontroler ke internal ADC serta mengaktifkan sensor LDR, photodiode, dan Suhu LM35 yang hasilnya akan ditampilkan pada LCD dan mengaktifkan *buzzer* sebagai indikator.
 - 8) Aplikasi pembaca jarak dengan sensor ultrasonik HC-SR04. dengan cara menginputkan program pada mikrokontroler dan mengaktifkan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak serta hasilnya akan ditampilkan di LCD.
 - 9) Mengamati kendali motor servo, dengan cara menginputkan program

ke mikrokontroler serta mengaktifkan motor servo.

- 10) Aplikasi pewaktu menggunakan RTC, dengan menginputkan program ke mikrokontroler untuk membaca nilai waktu dari RTC dan kemudian di tampilkan di LCD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Riset ini menerapkan metode rancang bangun dengan hasil akhir adalah sebuah modul-modul pembelajaran mikrokontroler. Modul-modul ini menggunakan sistem pengontrol utama yaitu mikrokontroler ATmega16. Rangkaian utama dari modul-modul tersebut dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1: Rangkaian Modul Trainer Mikrokontroler

Bagian-bagian utama simulator elevator ini adalah;

1. Sistem Minimum
Komponen utama sistem minimum yang dirancang menggunakan mikrokontroler ATmega16.
2. Rangkaian Push Button
Rangkaian push button berfungsi untuk memberikan input ke mikrokontroler dengan pulsa impuls yang dapat diatur.
3. Indikator Led: Berfungsi sebagai indikator output
4. LCD ; Untuk menampilkan huruf angka karakter khusus
5. Seven Segmen untuk menampilkan karakter Angka
6. Relay - untuk mengontrol tegangan Ac

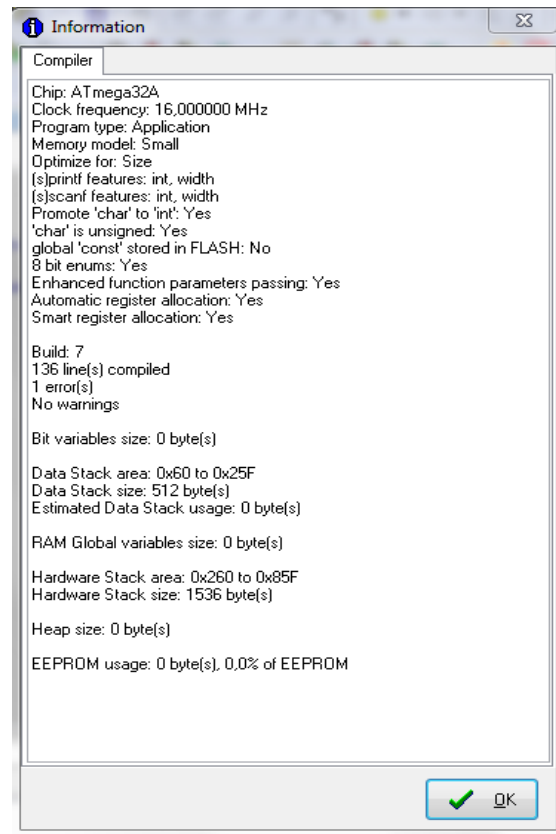
7. Motor DC
8. Motor Servo
9. Sensor yang terdiri Sensor Cahaya Sensor Warna, Sensor Suhu dan Sensor jarak Ultrasonik
10. Busser
11. RTC (Real Time Clock) berfungsi sebagai pewaktu

Hasil Uji Modul dan Pembahasan

Prosedur pengujian yang dilakukan dibagi dalam tiga tahap yaitu uji coba rangkaian setiap blok, ujicoba perangkat lunak dan tahap uji coba alat. Ujicoba rangkaian pada setiap blok dimaksudkan untuk mengetahui apakah rangkaian bekerja sesuai dengan karakteristik yang ditentukan. Uji coba perangkat lunak dilakukan simulasi. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui kerja dari *software* yang telah diprogram sehingga dapat memonitor setiap perubahan yang terjadi didalam register dan mengetahui apakah program berfungsi dengan benar. Sedangkan untuk uji coba alat dimasukan untuk mengetahui apakah simulator elevator yang dibuat dapat bekerja dengan baik, khususnya yang berhubungan dengan pemilihan lantai, naik atau turun pada posisi tombol yang dipilih, membukan dan menutup pintu elevator pada saat berhenti di setiap lantai yang dipilih.

Pengujian Sistem Minimum

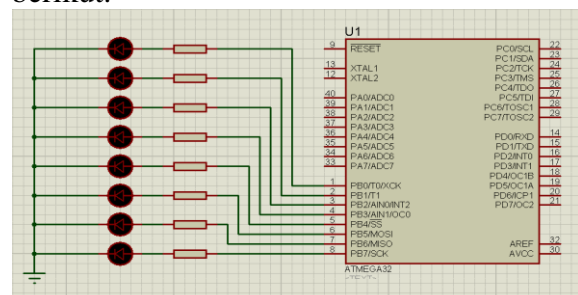
Pengujian sistem minimum dilaksanakan dengan menggunakan program aplikasi PROGISP dengan melihat pesan yang muncul pada jendela pesan kesalahan yang disediakan perangkat lunak. Hasil menunjukkan bahwa sistem yang dirancang bekerja dengan baik yang ditunjukkan oleh pesana yang sajikan oleh aplikasi sebagai berikut:



Gambar 2: Output Hasil Uji Coba Sistem minimum

Pengujian Push Buttom dan Indikator LED

Pengujian Push Buttom dan Indikator LED dilakukan secara bersamaan. Dengan menekan push buttom sebagai input sedangkan LED digunakan sebagai indikator untuk mengetahui hasil output rangkaian. Hasil pengujian fungsi push buttom menunjukkan rangkain bekerja denggan baik, hal ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3: Rangkaian Uji Coba Indikator LED

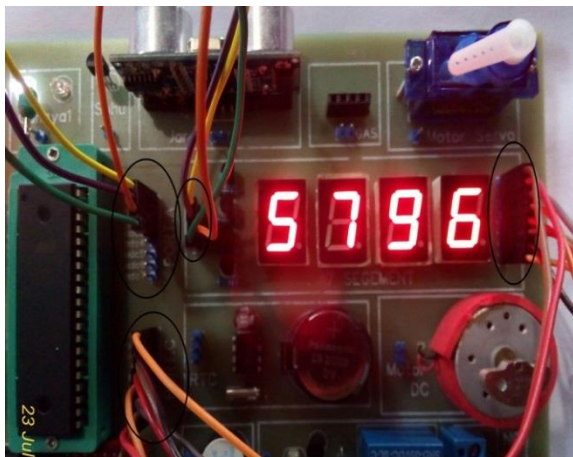
Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan cara menampilkan karakter tulisan huruf dan angka, seperti contoh menampilkan karakter “elektronika 2017”. Hasil pengujian fungsi LCD menunjukkan rangkaian bekerja dengan baik, hal ini ditunjukkan pada gambar berikut..

Pengujian Seven Segment

Pengujian Seven Segment dilakukan dengan cara menampilkan karakter angka, seperti contoh menampilkan angka 5796.

Hasil pengujian fungsi seven segmen menunjukkan rangkaian bekerja dengan baik.



Gambar 4: Pengujian Seven Segmen

Pngujian Relay

Pengujian Relay dilakukan dengan mensimulasi pemberian input pada Relay yang berasal dari output mikrotrontroller. Otpur Ralay dihubungkan dengan indikatro LED yang akan menyala ketikan relay mendapat sinyal dari mikrokontroller. Hasil pegujian menunjukan bahwa Relay bekerja dengan baik. .

Pengujian Motor DC

Pengujian Motor DC meliputi pengujian rotasi putaraan motor, CCW dan CW, dan pengujian kecepatan putaran motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor DC bekerja

dengan baik sebagaimana disajikan dalam tabel berikut:

Pengujian Motor Servo

Pengujian Motor servo meliputi

No	Instruksi PWM Pada Program	Kondisi Motor			
		Stop	Langsam	Sedang	Cepat
1	OCR1A=0;	√			
2	OCR1A=300;		√		
3	OCR1A=600;			√	
4	OCR1A=1023;				√
5	OCR1A=1024;	√			

pengujian derajat sudut rotasi putaran motor servo. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor servo bekerja dengan baik sebagaimana ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 5. Hasil pengujian kendali motor servo

No	Instruksi PWM Pada Program	Derajat Pergerakan Motor Servo
1	OCR1A=0;	Tidak bergerak
2	OCR1A=300;	15
3	OCR1A=600;	45
4	OCR1A=1023;	Kontinyu

Pengujian Sensor

Pengujian Sensor dilakukan dengan menampilkan data pembacaan sensor pada LCD seperti menampilkan warna yang terdeteksi pada sensor warna, menampilkan jarak yang terdeteksi oleh sensor ultrasonic, menampilkan data insentitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor cahaya, dan menampilkan suhu yang terdeteksi oleh sensor LM35. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor-sensor bekerja dengan baik.

Pengujian RTC (Real Time Clock)

Pengujian RTC dilakukan dengan melakukan request data ke RTC dan manmpilakan data dalam bentuk waktu

pada LCD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa RTC bekerja dengan baik yang ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 7. Hasil pengujian RTC

Keterangan Pengujian	Data yang tampil pada LCD		
	Jam	Menit	Detik
Mengidentifikasi nilai waktu dari RTC.	Tampil	Tampil	Tampil

Berdasarkan hasil-hasil pengujian secara laboratorium, secara umum disimpulkan bahwa setiap modul yang dirancang berfungsi sesuai kondisi yang diharapkan. Dengan demikian modul-modul yang dirancang dapat digunakan untuk pembelajaran-pembelajaran berbasis proyek pada matakuliah mikrokontroler.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, dapat dikemukakan kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Modul-Modul hasil rancangan system mikrokontroler yang di buat dapat bekerja dengan baik.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa unit-unit rangkaian pengontrol yang menggunakan ATmega16 sebagai unit kendali utama dapat bekerja sesuai dengan karakteristik yang diharapkan.
3. Hasil ujicoba perangkat lunak dengan menggunakan MPLAB SIM, berhasil tanpa error sehingga dapat dikoneksikan dengan rangkain uji yang dicoba.
4. Hasil pengujian juga membuktikan bahwa modul-modul yang dibuat dapat bekerja secara optimal.
5. Modul-Modul yang dirancang dapat dikembangkan dengan membuat rangkain yang lebih kompleks misalnya untuk mengontrol elevator atau kompeyer.

6. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengembangkan perangkat lunak pengontrol aplikasi lainnya misalnya untuk modul control posisi dan arah gerakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. *Microprocessor Control Trainer*, Soft of Korea : ED laboratory.
- Andi Pranoto, 2004. *Belajar Cepat dan Mudah Mikrokontroler PIC16F4*, Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Andrianto Heri. 2013. “*Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR)*”. Bandung. Penerbit : Informatika Bandung.
- Electro Bee. 2015. “*Pengertian Resistor dan Jenis - Jenis Resistor*”. (on line) <http://electro-bee.blogspot.co.id/2013/02/pengertian-resistor-dan-jenis-jenis.html>, diakses pada 24 maret 2016.
- Frank D. Petruzella, 2001. *Elektronika Industri*, Jogyakarta: Penerbit Andi
- Hendri wijaya. 2013. “*Prinsip Kerja Motor AC dan DC*”.(on line). <http://metaphysical-paradox.blogspot.co.id/2013/03/prinsip-kerja-motor-ac-dan-dc.html>. diakses pada tanggal 31 maret 2016.
- Iswanto. 2011. “*Belajar Mikrokontroler AT89S51 dengan Bahasa C*”. Yogyakarta. Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Izokuichi. 2015. “*Pengertian Power Amplifier dan Bagian-bagiannya Secara Umum*”. (on line) <http://elektronikdot.blogspot.co.id/2014/08/pengertian-amplifier.html>, diakses pada 24 maret 2016.

- Kadir Abdul.2015. “*Buku Pintar Pemrograman Arduino*”. Yogyakarta. Penerbit : MediaKom.
- Microchip, 2000. Microchip PIC16C5X datasheet book, Texas Amerika.
- Norman S. Nise, 2004. *Control System Engineering*, John Wiley and Sons, Inc.
- Octa Tri Nugraha. 2014. “*Pengertian Mikrokontroler dan Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATMEGA16*”. (on line)
<https://octatrinugraha.wordpress.com/2014/01/08/pengertian-mikrokontroler-dan-sistem-minimum-mikrokontroler-avr-ATmega16/>. diakses pada 21 maret 2016.
- Prasetyono Dwi Sunar. 2007. “*Belajar Sistik Cepat Elektronika*”. Yogyakarta. Penerbit : ABSOLUT.
- Primas, Janna Ummi Miftahul. 2013. “*Perancangan Traffic Light Digital dengan menggunakan Mikrokontroller ATmega16*”. Universitas Negeri Makassar : Jurusan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar.
- Stephen Brown, ZvonkoVranesic, 2004. *Fundamentals of Digital Logic with Verilog Design*, Mc.Graw Hill, New York.
- Samuel C. Lee, Sutisno, 1976. *Rangkaian Digital dan Rangkaian Logika*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- William S. Levine, 1996. *The Control Handbook*, Amerika Serikat: CRC Press and IEEE Press
- Winoto, Ardi. 2008. *Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika.