e-ISSN: 3063-2218
LINIER
Literatur Informatika & Komputer
Vol x, No x (202x), pp xx-xx

Rancang Bangun Trainer Mikrokontroler Dengan Menggunakan ATMega16 (Studi Kasus: Program Studi Teknik Eletronika FT UNM Tahun 2013)

Haeriani Haeriani[a], Amaliah Faradibah[b]
Universitas Handayani, Makassar, Indonesia, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia
Email: [a]haerianih@gmail.com; [b]amaliah.faradibah@umi.ac.id

Received: xx xx xxxx | Revised: xx xx xxxx | Accepted: xx xx xxxx | Published: xx xx xxxx

Abstrak

Rancang Bangun Trainer Mikrokontroler Dengan Menggunakan ATMega16 pada Program Studi Teknik Eletronika FK UNM Tahun 2013 (case study). Tujuan dari tugas akhir ini adalah (1) mengetahui perancangan trainer mikrokontroler, (2) mengetahui prinsip kerja trainer mikrokontroler, (3) mengetahui prosedur penggunaan trainer sebagai alat bantu pada mata kuliah mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan metode penelitian observasi atau pengamatan secara langsung, yaitu pengamatan terhadap cara kerja mikrokontroler sebagai perangkat proses dengan aplikasi beberapa perangkat input dan output. Penelitian ini merupakan penelitian perancangan yang menghasilkan trainer mikrokontroler yang terdiri dari rangkaian mikrokontroler untuk aplikasi menyalakan LED, aplikasi menyalakan LED menggunakan input switch, aplikasi pembuatan up counter dan down counter dengan seven segment, aplikasi menampilkan karakter pada LCD, aplikasi penggunaan internal ADC, aplikasi pembaca jarak dengan ultrasonik, aplikasi pembaca suhu dengan LM35 dan aplikasi kendali motor DC. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium/workshop Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Hasil penelitian dalam karya tulis ini adalah rancang bangun trainer Mikrokontroler ATMega16 sebagai media pembelajaran terdiri dari bagian input yaitu sensor ultrasonik, sensor suhu, dan saklar. Bagian proses yaitu mikrokontroler ATMega16 yang mengolah setiap data masukan maupun keluaran. Bagian output yaitu LED, LCD, seven segmen, motor, dan buzzer. Hasil pengujian dan pengamatan unjuk kerja setiap bagian trainer tersebut mampu mengeksekusi program yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman C dan setiap sensor berfungsi seperti yang diharapkan.

Kata kunci: mikrokontroler, rancang bangun, trainer, ATMega16.

Pendahuluan

Teknologi Otomatisasi sekarang ini merupakan teknologi yang tingkat penggunaanya sangat luas. Semakin maraknya sistem otomatisasi yang menggantikan sistem manual yang berkaitan dengan sistem kerja suatu perangkat elektronik [1],[2]. Hal ini didorong oleh keinginan untuk mendapatkan kinerja yang optimal dari perangkat elektronik tersebut. Sedemikian penting penggunaan system otomatisasi tersebut sehingga diperlukan usaha penguasaan dan pengembangan teknologi yang berkaitan dengan sistem kontrol tersebut.

Peneliti lain menyebutkan mata pelajaran Mikroprosesor dan Mikrokontroler adalah salah satu mata pelajaran yang sangat menyenangkan dan mudah dimengerti apabila didukung dengan sebuah media pembelajaran yang sesuai dengan materi yang diajarkan seperti trainer, agar siswa dapat mengetahui komponen input dan output pada trainer dengan pemograman yang telah dipelajari atau yang telah dibuat untuk diujikan pada trainer [3],[4].

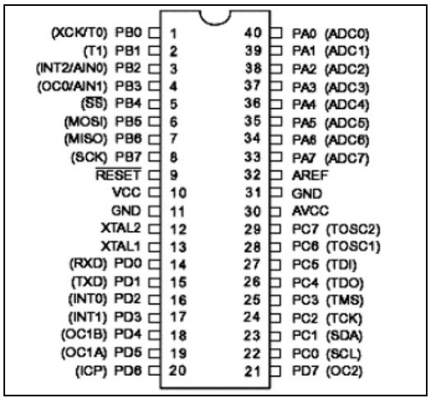
Mikrokontroler dalam perkembangannya memerlukan suatu pengkajian yang lebih mendalam dan salah satu tempat pengkajiannya adalah pada Perguruan Tinggi Universitas Negeri Makassar, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektronika yang mempunyai Mata Kuliah mengenai Mikrokontroler, penambahan pengetahuan baik teori maupun praktek [5]. Kegiatan pembelajaran Mikrokontroler tersebut akan berjalan lancer jika ditunjang oleh fasilitas yang memadai, baik penyediaan alat maupun pelaksanaan praktek yang teratur.

Namun, proses pembelajaran pada jurusan Teknik Elektronika belum dapat terpenuhi dan tidak efektif dikarenakan sistem belajar hanya berdasarkan teori saja. Maka dari itu perlu pengadaan trainer yang didesain untuk lebih mudah dipahami mahasiswa dan aplikatif, yang dapat menunjang proses ketuntasan belajar mahasiswa [6]. Hal tersebut dapat ditunjang dengan pengadaan trainer yang berhubungan dengan

mikrokontroler. Dari latar belakang dengan didasari beberapa kekurangan tersebut diatas maka penelitian ini memfokuskan pada rancang bangun mikrokontolr menggunakan Atmega16. Trainer adalah suatu set peralatan di laboratorium yang dapat dilihat, memiliki tiga dimensi dan dapat digunakan sebagai media Pendidikan [7].

Mikrokontroler adalah perangkat komputer mini (mikro) yang dikemas dalam satu chip tunggal IC (integrated circuit) dan mempunyai program operasi tertentu didalamnya" [8],[9]. Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika sederhana yang merupakan bagian kecil dari mikroprosesor yang di dalamnya terdapat masukan, kendalian, dan keluaran [10]. Mikrokontroler juga dapat dikatakan sebagai contoh suatu sistem komputer sederhana. Komponen mikrokontroler dapat berupa processor, memory, I/O, clock dan lain-lain [11].

Ada beberapa jenis mikrokontroler yang sering digunakan dalam aplikasi mikrokontroler. Salah satunya adalah jenis AVR (Alv and Vegard's Risc processor), yang terbagi atas 4 kelas, yaitu ATTiny, AT90Sxx, ATMega, dan AT86RFxx [12]. Perbedaan antar tipe AVR terletak pada fitur-fitur yang ditawarkan, sementara dari segi arsitektur dan set instruksi yang digunakan hampir sama [13]. Dalam penelitian ini akan digunakan mikrokontroler jenis ATMega16.

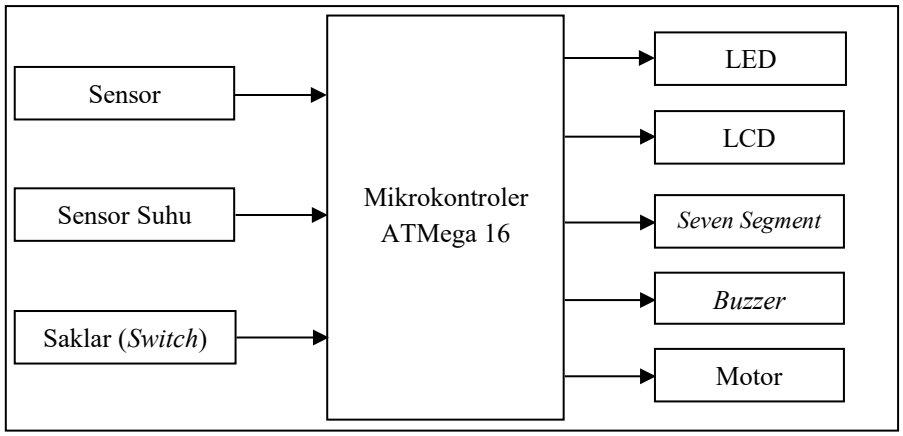


Gambar 1. Pin-pin ATMega16 kemasan 40-pin

Metode

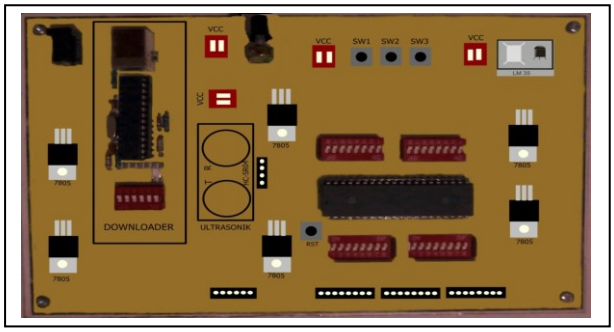
A. Desain Perancangan

Jenis penelitian ini merupakan observasi atau pengamatan secara langsung, yaitu pengamatan terhadap cara kerja mikrokontroler sebagai perangkat proses dengan aplikasi beberapa perangkat input dan output. Penilitian ini juga merupakan pengembangan dari beberapa proyek tugas akhir sebelumnya yang berbasis mikrokontroler, namun pada penilitian ini ditujukan untuk tujuan pembelajaran pada salah satu mata kuliah Mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika. Penelitian ini dilaksanakan di workshop Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika yang dikerjakan mulai dari bulan April hingga Juni 2013.

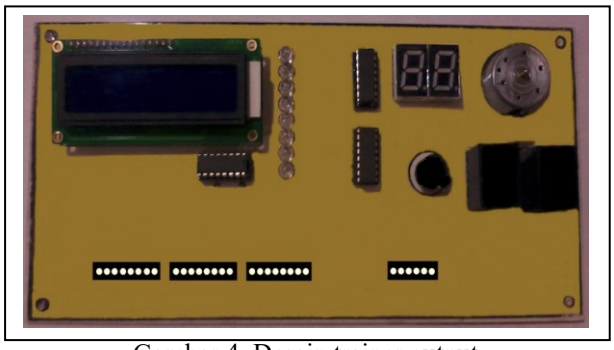


Gambar 2. Blok diagram trainer mikrokontroler

B. Penggunaan satuan



Gambar 3. Desain trainer input



Gambar 4. Desain trainer output

C. Prosedur Rancang Bangun atau Langkah Kerja

Prosedur rancang bangun dimulai dengan persiapan yang melibatkan beberapa langkah penting.

1. Persiapan

   Pertama, dilakukan permintaan izin penggunaan laboratorium atau workshop yang akan digunakan selama penelitian. Selanjutnya, peneliti membuat rencana atau rancangan penelitian yang terperinci. Alat dan bahan yang diperlukan juga disiapkan agar proses dapat berjalan lancar.

2. Merancang hardware

   Tahap berikutnya adalah perancangan hardware, yang dimulai dengan menyiapkan rangkaian yang akan dibuat, termasuk sistem minimum mikrokontroler ATMega16, perangkat input, perangkat output, serta rangkaian pengisi data (downloader). Setelah itu, dilakukan perancangan jalur rangkaian untuk power supply, mikrokontroller, perangkat output, dan sensor. Proses ini dilanjutkan dengan menggambar jalur rangkaian pada PCB polos dengan metode penyablonan. PCB kemudian dilarutkan dalam larutan ferrychlorida (FeCI3) untuk membentuk jalur konduktif, setelah itu dilakukan pengeboran PCB untuk memasang kaki komponen. Komponen-komponen mulai dari yang pasif hingga yang aktif kemudian dipasang pada PCB, dan disolder dengan baik. Setelah semua komponen terpasang, rangkaian diperiksa kembali untuk memastikan tidak ada kesalahan. Kabel-kabel penghubung juga dibuat untuk menyatukan beberapa blok rangkaian antara input, proses, dan output.

3. Merancang software

   Langkah terakhir adalah perancangan software, di mana program ditulis pada komputer menggunakan software CodeVision AVR. Setelah penulisan program selesai, dilakukan pengujian melalui menu "Build All Project" untuk mendeteksi dan memperbaiki error. Jika tidak ada error yang terdeteksi, program dianggap berhasil. Program kemudian diunduh ke IC mikrokontroler menggunakan downloader dengan aplikasi ProgISP versi 1.72.

D. Uji Coba Produk

Prosedur yang akan dilakukan terhadap rancang bangun trainer mikrokontroler adalah sebagai berikut:

a. Mengamati hasil kerja rangkaian dengan beberapa indikator sebagai berikut.
   1. Percobaan 1 – Menyalakan LED

Dengan cara menginputkan program pada mikrokontroller dengan pengontrolan 8 buah LED yang divariasikan.

Tabel 1. Hasil pengamatan menyalakan LED

No	Sampel Data Pengujian	Hasil Pada Modul								Ket.
		LED								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Tampil data (0x…)									
2.	Tampil data (0x…)									
3.	Tampil data (0x…)									

2. Percobaan 2 – Menyalakan LED menggunakan Input Switch

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).

Tabel 2. Hasil pengamatan menyalakan LED menggunakan input switch

No	Control	Sampel Data Pengujian	Hasil Pada Modul								Ket.
			LED								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
1	SW1	Tampil data …									
2.	SW2	Tampil data …									
3.	SW3	Tampil data …									

3. Percobaan 3 – Aplikasi up counter dan down counter menggunakan seven segment

Dengan cara menginputkan program pada mikrokontroler dimana sakelar sebagai pengontrol. Hasilnya akan ditunjukkan pada seven segment

Tabel 3. Hasil pengamatan up counter dan down counter menggunakan seven segment

Kontrol Pengaturan	Hasi Pengujian	
	Berhasil	Tidak
SW1 (Up counter = 00-99)		
SW2 (Down counter = 99-00)		

4. Percobaan 4 – Menampilkan karakter pada LCD

Dengan cara menginputkan program ke mikrokontroler untuk menampilkan karakter pada LCD.

Tabel 4. Hasil pengamatan menampilkan karakter pada LCD

Keterangan Pengujian	Tampil pada LCD	
	Ya	Tidak
Perangkat *output* bekerja sesuai pemrograman		

5. Percobaan 5 – Aplikasi penggunaan internal ADC

Dengan cara menginputkan program pada Mikrokontroler setelah itu memutar potensiometer sebagai pengontrol posisi yang hasilnya akan ditampilkan pada LCD.

Tabel 5. Hasil pengamatan aplikasi penggunaan internal ADC

Keterangan Pengujian	Data yang tampil pada LCD	
	ADC	Tegangan
Menggunakan fasilitas ADC (*Analog to Digital Converter*) pada pemrograman.		

6. Percobaan 6 – Aplikasi pembacaan jarak dengan sensor ultrasonic

Dengan cara menginputkan program pada mikrokontroler dan mengaktifkan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak serta mengaktifkan buzzer sebagai sinyal pengingat [14].

Tabel 6. Hasil pengamatan pembacaan jarak dengan sensor ultrasonik

Buzzer aktif ketika jarak <10 cm		Data yang tampil pada LCD	
Ya	Tidak	Timer	Jarak

7. Percobaan 7 – Aplikasi pembacaan suhu dengan LM35
   Dengan cara menginputkan program pada Mikrokontroler setelah itu mengaktifkan LM35 untuk pembacaan suhu yang hasilnya akan ditampilkan pada LCD.
   Tabel 7. Hasil pengamatan pembacaan suhu dengan LM35

Keterangan Pengujian	Data yang tampil pada LCD	
	ADC	Suhu
Suhu ditampilkan pada LCD sesuai dengan suhu sebenarnya.		

8. Percobaan 8 – Kendali motor DC
   Dengan menginputkan program ke mikrokontroler serta mengaktifkan motor yang hasilnya akan ditampilkan pada LCD.
   Tabel 8. Hasil pengujian kendali motor DC

Keterangan Pengujian	Data yang tampil pada LCD	
	SW1	SW2
Motor DC mengindikasikan hasil pemrograman PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk pengaturan kecepatan.		

b. Menguji dan mengambil data dari hasil perancangan. Data hasil perancangan diambil dari beberapa indikator di atas.

Hasil dan Pembahasan

A. Deskripsi Produk

Petunjuk penulisan gambar dan tabel adalah sebagai berikut: Trainer mikrokontroler ini terdiri dari 8 aplikasi rangkaian yaitu aplikasi menyalakan LED, aplikasi menyalakan LED menggunakan input switch, aplikasi pembuatan up counter dan down counter menggunakan seven segment, aplikasi menampilkan karakter pada LCD, aplikasi penggunaan internal ADC, aplikasi pembaca jarak dengan ultrasonic [15], aplikasi pembaca suhu dengan LM35 dan aplikasi kendali motor DC. Dalam proses ini perancangan trainer mikrokontroler terdiri beberapa tahap.

Tahap pertama, perancangan trainer mikrokontroler yang meliputi penentuan komponen yang akan digunakan pada rangkaian mikrokontroler dan rangkaian pendukung yang digunakan pada trainer mikrokontroler. Tahap kedua yaitu perancangan tata letak komponen dan jalur. Adapun langkah kerjanya adalah membuat skema gambar rangkaian yang akan dibuat dengan menggunakan software aplikasi DipTrace.

Tahap ketiga, menentukan ukuran papan rangkaian tercetak/PCB (Printed Circuit Board) untuk setiap rangkaian tercetak / PCB (Printed Circuit Board) untuk setiap rangkaian. Selain itu dalam penataan/penyusunan letak komponen perlu juga diperhatikan dari segi kerapihan dan kemudahan, memberikan keterangan atau kode dalam pemasangan komponen.

Keempat, hal – hal yang perlu diperhatikan pada tahap ini adalah pemeriksaan ulang tata letak komponen serta jalur yang telah digambar pada kertas kalkir, memindahkan gambar rancangan dari kertas kalkir kepapan PCB dengan menggunakan rugos atau spidol permanen, melarutkan papan PCB kedalam larutan ferri chlorida (FeCl3). Dan tahap yang paling akhir adalah menghubungkan titik – titik terminal PCB ke panel dengan menggunakan jumper, pemasangan komponen pendukung pada panel dan pengecekan rangkaian serta pemasangan papan panel pada box.

B. Kajian Produk Akhir

1. Prinsip kerja trainer Mikrokontroler

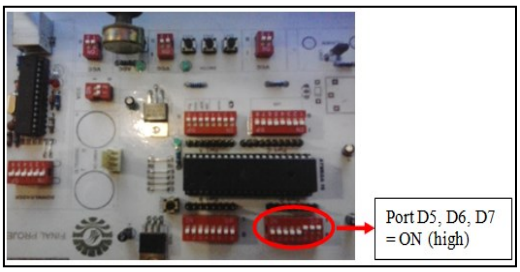
Prinsip kerja trainer mikrokontroler adalah sebagai pengolah proses data berdasarkan pemrograman yang digunakan dengan menggunakan perangkat input yaitu sensor ultrasonik, sensor suhu (LM35), dan saklar. Perangkat kendali yaitu mikrokontroler ATMega16 yang mengolah setiap data masukan maupun keluaran. Perangkat output yaitu LED, LCD, seven segmen, motor, dan buzzer. Trainer ini terbagi dari 2 PCB, PCB pertama terdiri dari komponen input dan proses dan PCB kedua terdiri dari komponen output. Dengan menggunakan jumper sebagai alat penyambungnya.

2. Prosedur penggunaan trainer Mikrokontroler

Trainer mikrokontroler ini menggunakan jenis mikrokontroler ATMega16, dengan perancangan pembuatan rangkaian minimum yang dibuat sesuai perancangan PCB layout yang dijelaskan sebelumnya. Pembuatan rangkaian dilakukan dengan menggunakan salah satu program aplikasi perancang jalur dan tata letak komponen. ATMega16 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang sering digunakan untuk aplikasi mikrokontroler. Jenis mikrokontroler ini memiliki 4 (empat) buah port (Port A - D) yang digunakan untuk menampung input atau output data. Trainer mikrokontroler ini terdiri dari 8 aplikasi rangkaian yaitu:

a. Percobaan – 1 Menyalakan LED

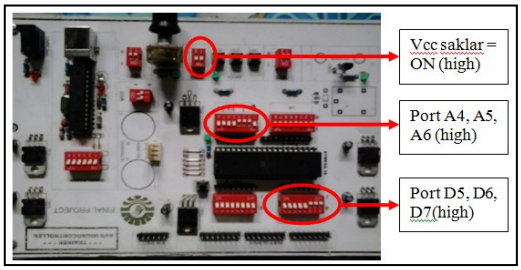
Aplikasi menyalakan LED dengan menggunakan Port D5, D6, dan D7 untuk mengaktifkan output switch. Pada aplikasi menyalakan LED, data yang telah di inputkan ke dalam mikrokontroler akan dikirim ke IC 74HC595 sebagai driver LED dengan perantara DIP switch. Apabila DIP switch dalam kondisi ON maka data dari mikrokontroler akan masuk ke dalam input IC 74HC595 yang selanjutnya akan di olah kemudian ditampilakn melalui output LED.



Gambar 6. Switch high ketika menyalakan LED

b. Percobaan 2 – Menyalakan LED menggunakan input switch

Aplikasi menyalakan LED menggunakan Port A4, A5, A6 untuk mengaktifkan input switch. Pada aplikasi ini data yang telah di inputkan ke dalam mikrokontroler akan bekerja apabila mikrokontroler mendapatkan input logika high (1) yang bersumber dari sakelar push on yang sebelumnya telah diaktifkan dengan meng-ON kan DIP switch Vcc nya. Setelah mikrokontroler mendapat logika 1 (port A4, A5, A6) maka data akan dikirim ke IC 74HC595 dan selanjutnya akan ditampilkan melalui output LED.

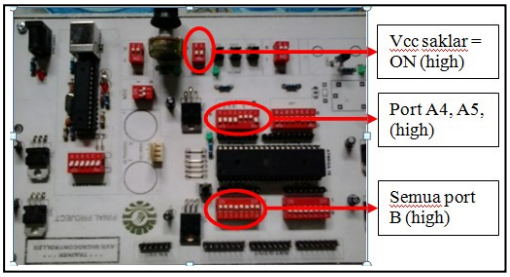


Gambar 7. Switch high ketika menyalakan LED menggunakan input switch

c. Percobaan – 3 Aplikasi up counter dan down counter dengan seven segment

Aplikasi up counter dan down counter dengan seven segment menggunakan Port B untuk mengaktifkan output switch dan Port A4, A5 untuk mengaktifkan input switch. Pada aplikasi ini data yang telah di inputkan ke mikrokontroler baru akan dikirim ke IC 74LS47 sebagai driver seven segment apabila mikrokontroler mendapat logika high (1) yang bersumber dari sakelar yang sebelumnya telah diaktifkan dengan meng-ON kan DIP switch Vcc nya. Setelah mikrokontroler

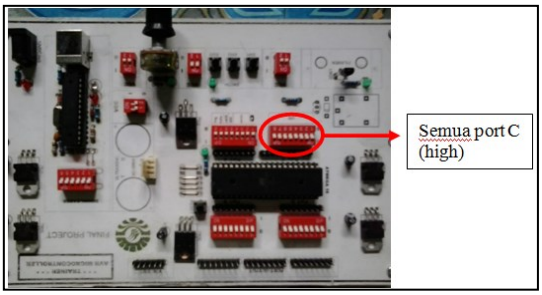
mendapat logika high (1) dari sakelar maka data akan dilewatkan melalui DIP switch (ON) yang berhubungan dengan port B. Selanjutnya data akan diolah oleh IC 74LS47 dan akan ditampilakan melalui output seven segment, baik berupa up counter maupun down counter.



Gambar 8. Switch high ketika pembuatan up dan down counter

d. Percobaan – 4 Menampilkan karakter pada LCD

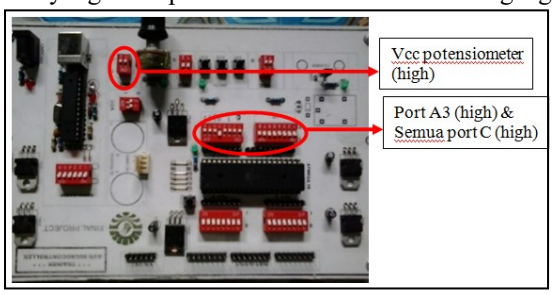
Aplikasi menampilkan karakter pada LCD dengan menggunakan Port C untuk mengaktifkan output switch. Pada aplikasi ini data yang telah di inputkan ke mikrokontroler akan diolah dan akan dikirimkan melalui port C yang berhubungan dengan DIP switch. Setelah DIP switch dalam kondisi ON maka data dari mikrokontroler akan dikirimkan ke LCD. Kemudian ditampilkan sesuai dengan program yang telah di inputkan.



Gambar 9. Switch high ketika menampilkan karakter pada LCD

e. Percobaan – 5 Penggunaan internal ADC

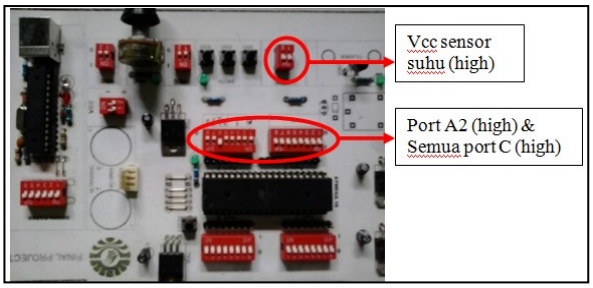
Aplikasi penggunaan internal ADC dengan menggunakan Port A3 untuk ditampilkan melalui LCD. Pada aplikasi ini data yang telah di inputkan ke mikrokontroler akan diolah dan ditampilkan melalui LCD berdasarkan data yang diterima oleh port A3 yang bersumber dari potensiometer yang telah diaktifkan terlebih dahulu dengan meng-ON kan DIP switch Vcc. Data yang diterima oleh mikrokontoler akan diolah dan selanjutnya akan ditampilkan melalui LCD dengan menggunakan port C. data yang ditampilkan adalah nilai ADC dan tegangan dari potensiometer.



Gambar 10. Switch high ketika mengaktifkan sensor suhu

f. Percobaan 6 – Pembacaan suhu dengan LM35

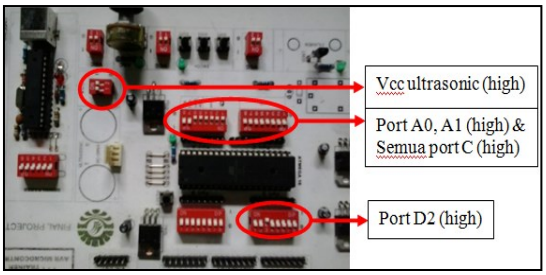
Aplikasi pembaca suhu dengan LM35 yang dihubungkan dengan pada port A2 sebagai input mikrokontroler dan port C penampil pada LCD. Pada aplikasi ini data yang telah dinputkan ke mikrokontroler akan diolah berdasarkan data yang diterima oleh port A2 dari pin output IC LM35 yang sebelumnya telah diaktifkan melalui DIP switch Vcc. Selanjutnya hasil pengolahan mikrokontroler akan ditampilkan melalui LCD, nilai suhu yang ditampilkan LCD akan berubah sesuai dengan pembacaan suhu IC LM35.



Gambar 11. Switch high ketika mengaktifkan sensor suhu

g. Percobaan – 7 Pembacaan jarak dengan sensor ultrasonik

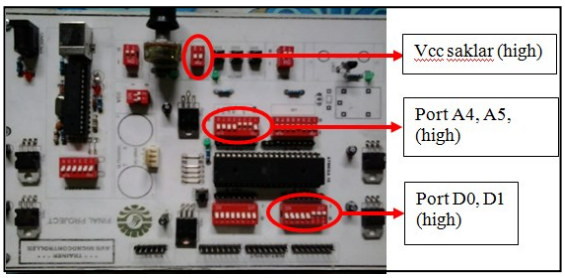
Aplikasi pembaca jarak menggunakan ultrasonik pada Port A0, A1 sebagai input mikrokontroler, Port C untuk menampilkan pada LCD, dan Port D2 untuk mengaktifkan output buzzer. Pada aplikasi ini data yang telah di inputkan akan diolah berdasarkan data yang diterima oleh mikrokontroler dari sensor ultrasonik melalui port A0, A1 sesuai dengan jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh LCD. Dan akan mengaktifkan buzzer pada jarak tertentu sesuai dengan program yang di inputkan.



Gambar 12. Switch high ketika mengaktifkan sensor ultrasonik

h. Percobaan – 8 Kendali motor DC

Aplikasi kenadli motor DC dengan menggunakan Port A4, A5 sebagai input dari mikrokontroler untuk mengaktifkan relay sebagai driver motor, dan Port D0, D1 sebagai output mikrokontroler yang berhubungan dengan relay (driver motor). Pada aplikasi ini data yang telah di inputkan ke mikrokontroler akan di kirimkan driver motor melalui port D0, D1 setelah mikrokontroelr mendapat perintah atau logika high dari sakelar push on melalui port A4, A5. Selanjutnya data yang telah diolah akan ditampilkan melalui LCD dengan menggunakan port C.



Gambar 13. Switch high ketika mengaktifkan motor

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa perancangan trainer mikrokontroler dilakukan melalui beberapa tahap, dimulai dari perancangan spesifikasi bagian mikrokontroler, penempatan komponen-komponen, hingga tahap pengujian alat. Prinsip kerja trainer mikrokontroler adalah sebagai pengolah data berdasarkan pemrograman yang digunakan, dengan mengintegrasikan perangkat input dan output. Setiap bagian dari trainer mikrokontroler ATMega16 mampu mengeksekusi program yang ditulis dalam bahasa pemrograman C menggunakan compiler CodeVisionAVR, dengan rentang tegangan kerja antara 5 hingga 12 VDC. Selain itu, penggunaan trainer mikrokontroler ini harus memperhatikan jenis percobaan yang akan

dilakukan, kesesuaian penggunaan pemrograman dengan rangkaian atau percobaan, serta mensimulasikannya pada trainer.

Daftar Pustaka

[1] M. A. Alyafi, L. Anifah, I. G. P. Asto B, and N. Nurhayati, "Pengembangan Trainer Kit Mikrokontroler Nodemcu Esp32 Berbasis Iot Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Pemrograman, Mikroprosesor, Dan Mikrokontroler Di Smk Negeri 1 Sidoarjo," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 02, pp. 203–212, 2021, doi: 10.26740/jpte.v11n02.p203-212.

[2] M. Narji, R. Agustino, D. Setiadi, and M. R. Effendi, "Simulasi Otomatisasi Sistem Penyiraman Tanaman Menggunakan Moisture Sensor Berbasis Mobile," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 215–227, 2022, doi: 10.37012/jtik.v8i1.853.

[3] D. Ananda and E. Edidas, "Analisis Kelayakan Trainer Mikrokontroler ATMEGA328 Sebagai Media Pembelajaran Mikroprosesor dan Mikrokontroler," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 8, no. 4, p. 51, 2020, doi: 10.24036/voteteknika.v8i4.109937.

[4] T. F. Siallagan and T. Tita, "… Menggunakan Mikrokontroler Esp8266: Rancang Bangun Sistem Keamanan Terhadap Kunci Ruangan Berbasis Bot Telegram Menggunakan Mikrokontroler …," *J. Inf. …*, 2020, [Online]. Available: https://jurnal.stmik-amikbandung.ac.id/joint/article/view/23

[5] Irwanto, "Trainer Kit Sebagai Media Praktik Mikrokontroller Bagi Mahasiswa Pendidikan Vokasional Teknik Elektro UNTIRTA," *Nat. Microbiol.*, vol. 3, no. 1, p. 641, 2020, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1038/s41421-020-0164-0%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027%0Ahttps://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/%0A???%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-15507-2%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41587-020-05

[6] D. Nahrowi and D. Hariyanto, "Development and Evaluation of Portable Microcontroller Training System," *J. Phys. Conf. Ser.*, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2406/1/012012.

[7] I. Uyun and D. E. Myori, "Efektivitas Penerapan Trainer sebagai Media Pembelajaran Dasar Listrik Elektronika," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 47–51, 2021, doi: 10.24036/jpte.v2i1.65.

[8] A. Suradi, M. Yusuf, and A. Wuryandari, "Workshop Penggunaan Mikrokontroler Bagi Guru Di Smk Negeri 1 Klaten," *WIDHARMA - J. Pengabdi. Widya Dharma*, vol. 2, no. 01, pp. 37–44, 2023, doi: 10.54840/widharma.v2i01.76.

[9] R. Teknik *et al.*, "Evaluasi Keamanan Kunci Elektronik dalam Aplikasi Pengamanan Rumah," *J. Angka*, vol. 1, no. 1, pp. 17–31, 2024, [Online]. Available: http://jurnalilmiah.org/journal/index.php/angka

[10] B. Suhendar, T. D. Fuady, and Y. Herdian, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ideal Tanaman Stroberi Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Ilm. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–60, 2020, doi: 10.47080/saintek.v5i1.1198.

[11] I. Rahim and N. Magfirah, "Pengembangan Trainer Mikrokontroler Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Praktik Mikrokontroler di Program Studi Pendidikan Vokasional Mekatronika," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 21, no. 1, pp. 163–177, 2023, doi: 10.31963/sinergi.v21i1.4198.

[12] R. Solekha, M. Zaki, L. Aida Fatimah, and R. Hidayat, "TOKCER BANTALAN : Tongkat Cerdas Alat Bantu Jalan Penyandang Tunanetra Menggunakan Arduino Mega 2560 dengan Sensor Ultrasonic HC SR-04 dan Water Level," *J. Komput. dan Elektro Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 35–39, 2023, doi: 10.58291/komets.v1i2.109.

[13] R. Handayani, "Rancang Bangun Pintu Otomatis Berbasis Sensor Pir (Passive Infra Red) Pada Kantor Fakultas Teknik Unpab," vol. 1, no. 2, 2022.

[14] R. Risdiandi, "Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Merancang Alat Deteksi Banjir Secara Otomatis," *OSF Preprints. Jan*. researchgate.net, 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Robby-Endra/publication/348136914_Analisis_Cara_Kerja_Sensor_Ultrasonik_Menggunakan_Mikrokontroler_Arduino_Uno_Untuk_Merancang_Alat_Deteksi_Banjir_Secara_Otomatis/links/5fefdef2a6fdccdcb822bd72/Analisis-Cara-Kerja-Sens

[15] I. P. Sari, A. K. Al-Khowarizmi, D. Apdilah, and ..., "Perancangan Sistem Pengaturan Suhu Ruangan Otomatis Berbasis Hardware Mikrokontroler Berbasis AVR," *sudo J. Tek. …*, 2023, [Online]. Available: https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/sudo/article/view/327