



Desain dan Implementasi Modul Kit Laboratorium Mikrokontroler AT89S52 dengan *Single PCB, Portable* dan *Prospektif*

Milda Yuliza¹, Fatum Rahmana Putra², Yultrisa³, Era Madona⁴, Adi Chandranata⁵

^{1,2,3,4,5}Politeknik Negeri Padang, Padang

e-mail : emadona38@gmail.com

Received : 30 Mei 2023; Received in revised form : 26 Juni 2023; Accepted : 26 Juni 2023

Abstract

This study aims to design and implement a new design of a single PCB, portable and prospective laboratory kit module. The laboratory kits made are easy to assemble, with relatively small dimensions and suitable for use in laboratories with limited experimental space and funds. The objectives of this research are (a) creating a microcontroller trainer by creating a series of minimum systems, inputs, outputs, Analog Digital Converter (ADC), (b) system programming using the Keil C51 IDE, (c) measuring and testing trainer performance. The research method starts from making a physical trainer, programming the microcontroller and measuring circuit performance. Pulse width modulation (PWM) of DC motors and the direction of rotation of the motor can be controlled using a potentiometer. The wave that is obtained when the motor is at full speed is in the form of a straight line with a voltage of 9.12 V, while when the motor is at half-full speed, a PWM pulse wave is obtained with a voltage of 4.35 V. The test is carried out based on student practicum work on each input circuit, and the output results are all applications tested successfully as expected.

Keywords: *microcontroller, trainer, laboratory kit module*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan menerapkan rancangan baru modul kit laboratorium *single PCB, portable* dan *prospektif*. Kit laboratorium yang dibuat mudah dirakit, dengan dimensi relatif kecil, serta cocok digunakan untuk laboratorium dengan keterbatasan ruang percobaan dan dana. Sasaran penelitian ini yaitu (a) membuat *trainer mikrokontroler* dilakukan melalui pembuatan rangkaian sistem minimum, *input, output, Analog Digital Converter (ADC)*, (b) Pemrograman sistem menggunakan *IDE Keil C51*, (c) pengukuran dan pengujian kinerja trainer. Metode penelitian dimulai dari pembuatan fisik trainer, pemrograman terhadap mikrokontroler dan mengukur kinerja rangkaian. *Pulse width modulation (PWM)* motor DC dan arah putaran motor dapat dikontrol menggunakan potensiometer. Gelombang yang didapat saat motor kecepatan penuh yaitu berupa garis lurus dengan tegangan 9.12 V, sedangkan saat motor kecepatan setengah penuh didapat gelombang pulsa PWM dengan tegangan 4.35 V. Pengujian dilakukan berdasarkan job pratikum mahasiswa pada setiap rangkaian input, dan output hasilnya semua aplikasi yang diujikan berhasil sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci: *microprocessor, trainer, modul kit laboratorium*

1. PENDAHULUAN

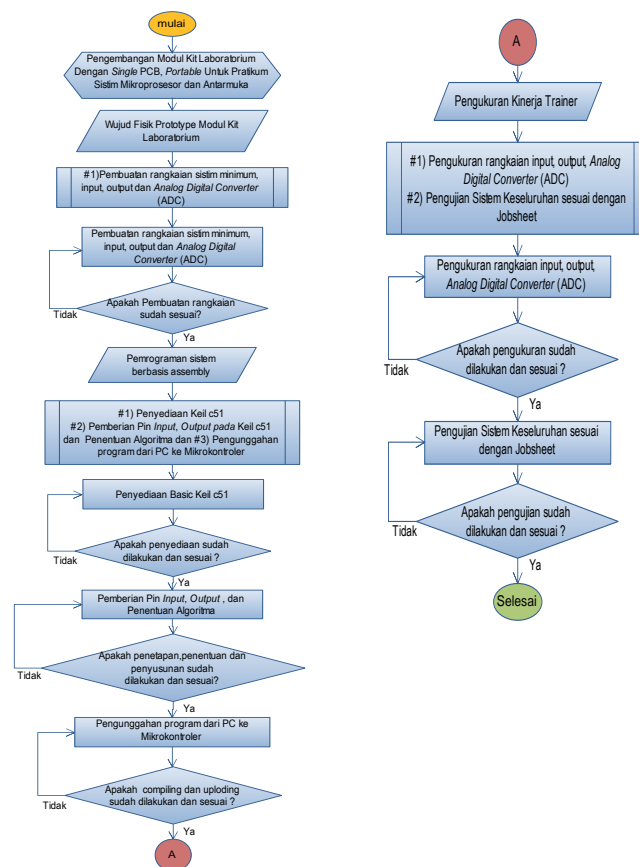
Perkembangan teknologi komputer saat ini sangat pesat khususnya *embedded system* berbasis komputer atau mikrokontroler [1]. Mikrokontroler telah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari maupun di dunia akademis untuk penelitian. Penelitian berbasis mikrokontroler umumnya digunakan untuk pengontrolan [2-4], dan akuisisi data sensor [5-7]. Kegiatan Praktik laboratorium merupakan aktivitas yang penting bagi pendidikan vokasi ini berkaitan dengan pengalaman mereka untuk belajar, berpikir dan menyelesaikan permasalahan [8]. Kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan *embedded system* sangat dibutuhkan terutama dalam dunia kerja dan hal itu berhasil diterapkan *Undergraduate Embedded System Education* at Carnegie Mellon [9]. Untuk meningkatkan mutu media pembelajaran ditinjau dari

segi pengadaannya dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu media rancangan dan komoditi perdagangan. Pada penelitian ini dikembangkan modul untuk mendukung proses mengajar mikrokontroler dan antarmuka dengan single PCB, portable, komunikasi data *Universal Serial Bus* (USB). Modul praktikum yang dikembangkan pada penelitian ini termasuk jenis media rancangan karena media ini tidak tersedia dipasaran Indonesia, sehingga diperlukan perancangan untuk menghasilkan media tersebut [10][11].

Penelitian yang berkaitan telah dilakukan sebelumnya, studi yang dilakukan oleh [12] membuat robot pengangkut barang menerapkannya sebagai media pembelajaran mikrokontroler, hasil studi menunjukkan *prototype* yang dibuat dapat digunakan dalam proses belajar mengajar. Studi serupa juga dilakukan oleh [13] dengan mengembangkan modul praktikum mikrokontroler berbasis arduino dengan sistem *plug and play* penulisan kode program dipermudah dengan menyusun instruksi dalam bentuk blok. Menerapkan model ADDIE sukir, dkk mengembangkan *Conveyor Trainer Kit* yang dilengkapi dengan sistem monitoring untuk kegiatan praktikum siswa menegah kejuruan, hasil penelitian menunjukkan peningkatan hasil belajar siswa dari aspek kognitif dan psikomotor [14]. Mengembangkan Modul Kit *Internet of Things* (IoT) untuk kegiatan praktikum *Embedded System* dan IoT dikembangkan oleh E Madona, dkk hasil pengujian secara keseluruhan modul kit berfungsi dengan baik [15].

Berdasarkan sejumlah hasil penelitian tersebut maka dipabrikasi modul praktikum yang mendukung proses mengajar mikrokontroler dengan single PCB, portable dan berbiaya murah. Perbedaan dari penelitian sebelumnya Pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya adalah (1). Modul praktikum terintegrasi dalam satu papan PCB dengan konsumsi daya yang rendah dan portable. (2). Komunikasi data menggunakan Universal Serial Bus (USB). Miniaturisasi adalah kontribusi dari penelitian ini. Tujuan penelitian ini yaitu (a) merancang dan menerapkan desain baru modul kit laboratorium *portable* dan *prospektif*, (b) mengukur kinerja sistem berupa hasil pengukuran rangkaian *input, output* dan *Analog Digital Converter* (ADC). Diharapkan dengan adanya modul ini mendorong siswa untuk bisa membuat aplikasi inovasi teknologi berbasis *embedded system* yang akan mengarah pada penciptaan teknologi di antara siswa.

2. METODE PENELITIAN



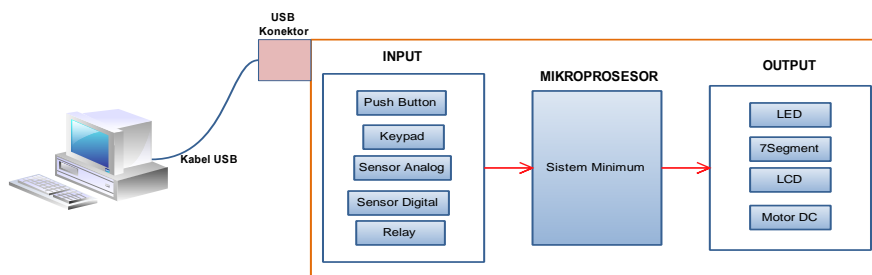
Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Tahapan-tahapan metode penelitian dibuat dalam bentuk diagram alir (flowcart). Diagram alir metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan, Sasaran penelitian ini terdiri dari perwujudan fisik *trainer* mikroprosesor dilakukan melalui pembuatan rangkaian sistim minimum, input, output, *Analog Digital Converter* (ADC). Sasaran penelitian kedua adalah pemrograman sistem menggunakan *Keil C51* merupakan terdiri dari (i) penyediaan *Keil c51*, (ii) menentukan algoritma, pin dan port *input* dan *output*, (iii) proses *uploading* program ke mikrokontroler dan pengukuran dan pengujian trainer melalui (i) pengukuran rangkaian dan (ii) pengujian kinerja trainer keseluruhan sesuai dengan *jobsheet*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

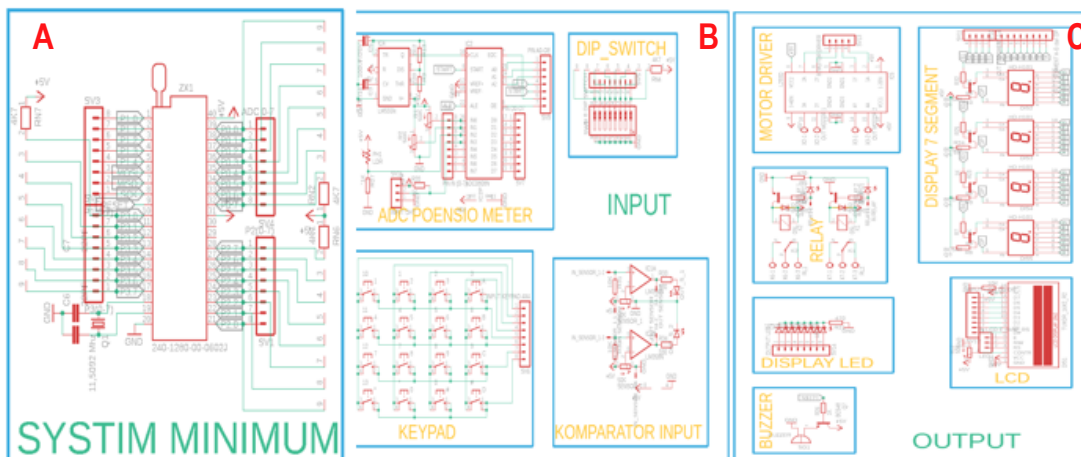
3.1. Trainer Mikroprosesor dengan Komunikasi data Universal Serial Bus (USB)

Diagram skematis purwarupa trainer mikroprosesor dengan komunikasi data *Universal Serial Bus* (USB), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram skematis Trainer Mikroprosesor dengan Komunikasi data *Universal Serial Bus* (USB)

Trainer yang dikembangkan terdiri rangkaian *input*, sistim minimum, rangkaian *ouput* untuk *upload* program menggunakan komunikasi data kabel usb. Bagian *input* terdiri dari rangkaian push button, keypad, sensor analog dan digital. Sedangkan sistim minimum menggunakan IC AT89S51. Bagian *output* terdiri dari rangkaian LED, 7segment, LCD dan motor DC. Rangkaian keseluruhan dan tata letak komponen *trainer* mikroprosesor dengan *single* PCB ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengawatan Terintegrasi *Trainer* Mikroprosesor Dengan *Single* PCB

#A Rangkaian System Minimum

Mikrokontroler yang digunakan adalah AT89S52. Mikrokontroler ini mendapatkan *supply* tegangan (VCC) sebesar 5VDC yang dihubungkan pada pin 40 (VCC). Selain itu, Mikrokontroler ini juga memiliki 4 *port* yang dapat berfungsi sebagai input dan juga output, yaitu *port* 0 – 3., masing-masing *port* memiliki 8 buah bit untuk input-outputnya. Clock untuk mikrokontroler ini diperoleh dari luar (*clock external*) yang terhubung pada pin 18 (XTAL2) dan 19 (XTAL1).

#B Rangkaian Input

Rangkaian *input* terdiri dari *keypad*, *dipswitch* dan *Potensiometer*. *Dipswitch* terhubung ke *Port* 0 pada mikrokontroler. *Port* 0 bersifat *open drain* sehingga untuk membuat rangkaian *close loop*, maka butuh tambahan resistor *pull up*. *Keypad* terhubung ke *Port* 0. Pada *keypad*, jika ada satu tombol yang ditekan, maka OE akan *LOW* dan menampilkan bentuk binernya. Potensiometer difungsikan sebagai *input* ADC, untuk mengubah besaran analog menjadi digital 8 bit digunakan ic ADC0804. *Multiplexer* analog 4051 digunakan untuk memasukkan input analog ke ADC secara bergantian dengan mengatur sinyal kontrol A, B dan C. IC ini akan bekerja sesuai dengan Tabel 1 [16]. Keterhubungan pin ic AT89S52 ke rangkaian *input*, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Tabel Kebenaran Multiplexer Analog 4051

INH	C	B	A	X
1	X	X	X	-
0	0	0	0	X0
0	0	0	1	X1
0	0	1	0	X2
0	0	1	1	X3
0	1	0	0	X4
0	1	0	1	X5
0	1	1	0	X6
0	1	1	1	X7

Tabel 2. Penempatan PORT IC 89S52 ke Rangkaian *input*

PORT	Komponen	Keterangan
PORT 0.1 – PORT 0.4	<i>Dipswitch</i>	Input <i>switch</i>
PORT 0.1 – PORT 0.7	<i>Keypad</i> 3x4	Input <i>keypad</i>
PORT 0.5, 0.6, 0.7	Potensiometer	ADC

#C Rangkaian Output

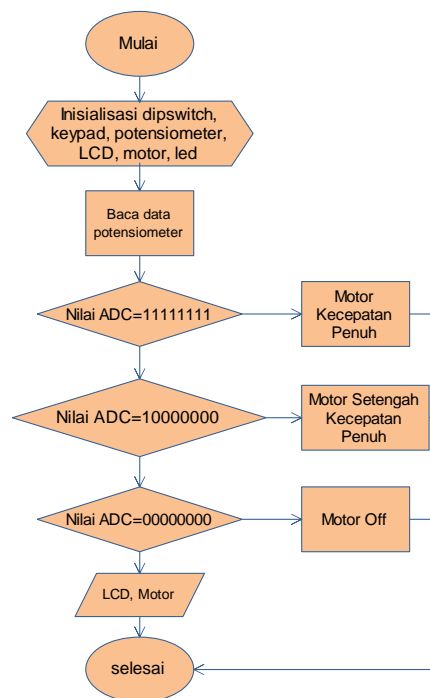
Rangkaian *output* terdiri dari led, *7segment*, LCD dan motor *stepper*. Delapan buah LED sebagai *output* terhubung ke port 2. LED akan menyala jika pada port keluaran diberi logika HIGH '1' dan padam jika diberi logika LOW '0'. Empat buah *7segment common anode* dihubungkan *paralel*. Kaki a,b,c,d,e,f,g dari *7segment* masing-masing dihubungkan secara paralel dengan kaki a,b,c,d,e,f,g dari IC74245. IC 74245 adalah IC decoder BCD to 7 segment. Data BCD IC74245 dihubungkan dengan 4 bit bawah dari P2 dan 4 bit atasnya dihubungkan dengan driver transistor dan *common anode* nya. LCD yang digunakan adalah : M1632 yang terdiri dari 2 baris, 16 kolom dimulai dari baris1 paling atas dan kolom 0 paling kiri terhubung ke PORT 2. Motor *stepper* terhubung ke PORT 2, IC L293D pada rangkaian ini difungsikan sebagai *switch* pada *input* dari port mikrokontroler, pin En1 dan En2 dihubungkan dengan PWM untuk mengontrol kecepatan motor. Keterhubungan pin ic AT89S52 ke rangkaian output ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penempatan PORT IC 89S52 ke Rangkaian *Output*

PORT	Komponen	Keterangan
PORT 2	LED	<i>output</i> LED
PORT 2	<i>7segment</i>	<i>output</i> <i>7segment</i>
PORT 2	LCD	<i>output</i> LCD
PORT 2	Motor <i>Stepper</i> / DC	<i>output</i> Motor

3.2. Pemrograman Sistem

Pada tahapan ini dilakukan penetapan algoritma seperti ditunjukkan pada Gambar 4, penempatan pin dan port ditunjukkan pada Tabel 4 dan *upload* program dari PC ke mikrokontroler.



Gambar 4. Flowchart Algoritma Kontrol Motor DC Dengan Input Potensiometer

Tabel 4. Pin *Input* Dan *Output* pada Mikrokontroler

Mikrokontroler	Port dan pin	Komponen	Keterangan
AT89S52	Port 0.1 – Port 0.4	Switch	input
	Port 0.1 – Port 0.7	Keypad	input
	Port 0.5, Port 0.6, Port 0.7	Potensiometer	input
	Port 2.0 – Port 2.7	LCD	output
	Port 2.0 – Port 2.7	7segment	output
	Port 2.0 – Port 2.7	LED	output
	Port 2.0 – Port 2.7	Motor DC/Stepper	output

Tahapan selanjutnya dilakukan pemrograman sistem berbantuan *Keil c51* terdiri dari akuisisi data untuk ADC, kontrol motor dan tampilan pada LCD, 7segment dan led. *Listing program* ditunjukkan pada listing program 1.

Listing Program 1

```

; PROG DIGUNAKAN UNTUK MENGAMBIL DATA DARI ADC
; DAN DITAMPILKAN KE DERETAN LED, motor DC, dan LCD

ORG 00H
SJMP MAIN
;-----
; LCD CONSTANTA
;-----
DISPCLR EQU 0000001B
FUNCSET EQU 00111000B
ENTRMOD EQU 00000110B
DISPON EQU 00001100B

DATAADC EQU 60H
CLR P0.5
CLR P0.6
CLR P0.7
MOV A, DATAADC
MOV P2, A
RET
CLR P3.6
  
```

```

ACALL    DELAY
SETB    P3.6
JB      P3.2, $
ACALL    DELAY
CLR     P3.7
MOV     A, P1
MOV     DATAADC, A
SETB    P3.7
RET
}

```

Gambar 5. Listing Program 1

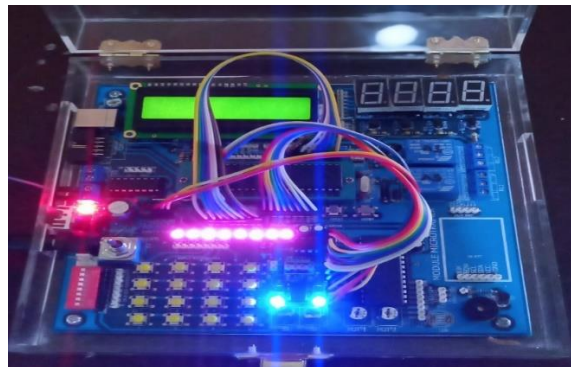
Setelah penulisan algoritma dan program kemudian tahapan kompilasi dan upload. Sintaks program kemudian dikompilasi dan disimpan sebagai file a.hex. dan diunggah menggunakan kabel USB dari PC ke mikrokontroler.

3.3 Pengukuran dan Pengujian Kinerja Trainer

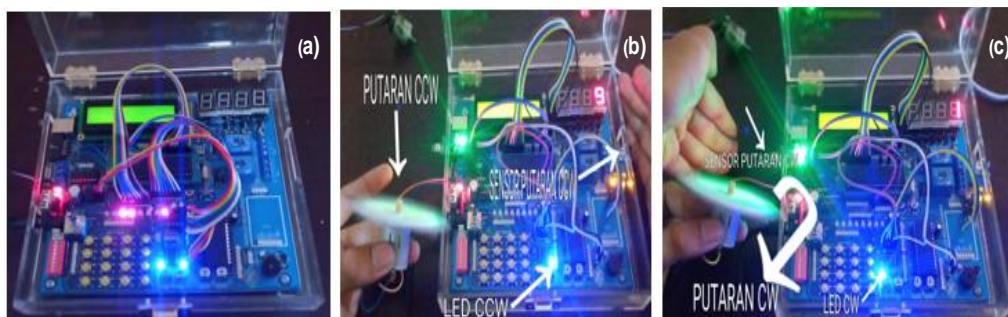
Pengukuran dan Pengujian Kinerja *Trainer* dilakukan melalui (i) tahapan pengukuran rangkaian dan (ii) pengujian kinerja trainer keseluruhan sesuai dengan *jobsheet*.

3.3.1 Pengukuran Kinerja Modul Mikroprosesor

Modul praktikum yang telah dibuat terlihat pada Gambar 5. Gambar 5a, 5b dan 5c adalah hasil uji kinerja modul yang terdiri dari rangkaian output, input dan *Analog Digital Converter* (ADC). Pengujian pada bagian ini berdasarkan listing program 1 untuk menverifikasi bahwa komponen pada bagian output bekerja dengan baik yang terdiri dari Led, LCD, dan motor servo. Pada LCD digunakan *I2C module*, menggunakan alamat 0x27 dan 0x37, modul ini dikontrol secara serial dengan protokol I2C/IIC atau TWI (antarmuka dua kabel). Untuk pengontrolan motor DC digunakan *driver* motor IC L293D.



Gambar 6. Modul Praktikum Sistem Mikroprosesor Dan Antarmuka Single PCB dengan Komunikasi Data USB


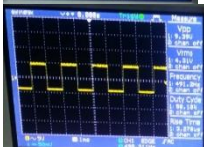
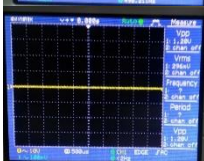
Gambar 7. Performance Test Of The Designed Module Kit : (a) Gambar Tampilan LCD dan I2C Module LCD ; (b) Gambar Control Motor DC dengan *Push Button*; (c) Gambar Control Motor dengan ADC

Pin EN1 merupakan sebuah pin yang difungsikan untuk meng-enable-kan motor DC (ON/OFF motor DC), oleh karena itu pin EN1 dihubungkan dengan output PWM dari modul arduino. Tabel pengujian motor DC pada modul praktikum dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Pengujian Arah Putar Motor

IN 1	IN 1	Kondisi Motor
0	0	Stop
0	1	Putar searah jarum jam (CW)
1	0	Putar berlawanan jarum jam (CCW)
1	1	Stop

Tabel 6. Pengujian PWM Motor DC

No	Hasil Pengukuran	Deret LED	Keterangan
1		11111111	Motor Kecepatan Penuh
2		10000000	Motor Kecepatan Setengah Penuh
3		00000000	Motor Mati

Motor berputar searah jarum jam, jika Pin P2.1 mikrokontroler (IN1) diberi logika low dan Pin P2.2(IN2) diberi logika high dan jika ingin berputar sebaliknya maka mikrokontroler Pin P2.1 (IN1) diberi logika high dan P2.2(IN2) diberi logika low. Sedangkan EN1 dihubungkan dengan output PWM mikrokontroler Selanjutnya dilakukan pengujian fungsi pada rangkaian input. Berdasarkan Tabel 5 dapat dijelaskan gelombang yang didapat saat motor kecepatan penuh yaitu berupa garis lurus dengan tegangan 9.12 V, sedangkan saat motor kecepatan setengan penuh didapat gelombang pulsa PWM dengan tegangan 4.35 V. Sedangkan pada saat motor mati, tegangan menjadi 0 V dengan gelombang lurus.

3.3.2 Pengujian Modul Praktikum Keseluruhan

Selanjutnya dilakukan pengamatan dan pengujian modul secara keseluruhan baik dari rangkaian *input*, *output*, dan sensor yang disesuaikan dengan job praktikum mahasiswa ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Modul Praktikum Keseluruhan

Judul Job Praktikum	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Aplikasi MCS51 dengan variasi LED	Aplikasi LED berjalan dari kiri kanan	Aplikasi LED berjalan dari kiri kanan	Berhasil
Aplikasi MCS51 dengan variasi Seven Segment	Tampilan angka 1234 pada seven segment	Tampilan angka 1234 pada seven segment	Berhasil
Aplikasi MCS51 dengan LCD	Tampilan "Politeknik Negeri Padang" pada LCD	Tampilan "Politeknik Negeri Padang" pada LCD	Berhasil
Aplikasi MCS51 input switch dengan tampilan LED	Input switch sesuai dengan output LED	Input switch bersesuaian dengan output LED	Berhasil
Aplikasi MCS51 input keypad dengan tampilan led	output LED sesuai dengan Input angka keypad	output LED sesuai dengan Input angka keypad	Berhasil

Aplikasi ADC Dengan Segment	MCS51 Konversi LED	Pengontrolan LED dengan Potensiometer	Pengontrolan LED dengan Potensiometer	Berhasil
Aplikasi ADC Dengan Segment	MCS51 Konversi Display Seven	Pengontrolan Seven dengan Potensiometer	Pengontrolan Seven dengan Potensiometer	Berhasil
Aplikasi Motor stepper	MCS51 dengan Motor stepper	Motor stepper berputar full step dan half step	Motor stepper berputar full step dan half step	Berhasil

Dari Tabel 7 dapat dilihat pengujian dilakukan berdasarkan job praktikum mahasiswa pada setiap rangkaian input, dan output hasilnya semua aplikasi yang diujikan berhasil sesuai dengan yang diharapkan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan sasaran penelitian. Pembuatan trainer mikroprosesor untuk kegiatan praktikum dilakukan dengan tahapan-tahapan pembuatan rangkaian sistem minimum, input, output, *Analog Digital Converter* (ADC). Pemrograman sistem menggunakan *Keil C51* dilakukan dengan tiga tahapan, (i) penyediaan *Keil C51*, (ii) penentuan pin-pin dan algoritma, (iii) compiling dan uploading program dari *personal computer* (PC) ke mikrokontroler berbantuan kabel USB.

PWM motor DC dan arah putaran motor dapat dikontrol menggunakan potensiometer. Gelombang yang didapat saat motor kecepatan penuh yaitu berupa garis lurus dengan tegangan 9.12 V, sedangkan saat motor kecepatan setengah penuh didapat gelombang pulsa PWM dengan tegangan 4.35 V. Sedangkan pada saat motor mati, tegangan menjadi 0 V dengan gelombang lurus. Pengujian dilakukan berdasarkan job praktikum mahasiswa pada setiap rangkaian input, dan output hasilnya semua aplikasi yang diujikan berhasil sesuai dengan yang diharapkan. Saran pengembangan terhadap penelitian ini, disarankan untuk menambahkan serial *communication*, modul jaringan dan sensor-sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. Yuliza, J. T. Elektro, and P. N. Padang, "Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Rancang Bangun Timbangan Buah Digital Berbasis Mikrokontroler Dengan Koneksi Printer Thermal," vol. 13, no. 02, 2021.
- [2]. S. K. Ibrahim, H. M. Hathal, and R. A. Abdulhussein, "Baud rate variations effect on virtual channel based on PIC microcontroller," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 17, no. 6, pp. 2755–2763, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v17i6.12828.
- [3]. P. Elangovan and N. K. Mohanty, "FPGA based V/f control of three phase induction motor drives integrating Super-lift Luo converter," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 5, no. 3, pp. 393–403, 2015, doi: 10.11591/ijpeds.v5.i3.pp393-403.
- [4]. Budi Rahman and Imelda, "Prototipe Sistem Kontrol Smart Home Berbasis IoT Dengan Metode MQTT Menggunakan Google Asisstant," *Jurnal RESTI* Vol. 4 No. 3 (2020) 303 – 310, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v4i2.1721>
- [5]. C. R. Algarín, J. Pinto, and E. Giraldo, "Tire Pressure Monitoring System Using an Android Application," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 10, no. 5, pp. 1867–1873, 2020, doi: 10.18517/ijaseit.10.5.6359.
- [6]. V. R. Mutha, N. Kumar, and P. Pareek, "Real time standalone data acquisition system for environmental data," *1st IEEE Int. Conf. Power Electron. Intell. Control Energy Syst. ICPEICES 2016*, pp. 1–4, 2017, doi: 10.1109/ICPEICES.2016.7853337.
- [7]. G. E. Real, M. Florencia Jaure, and A. O. Vitali, "Data acquisition and industrial control system based on Arduino Due using open-source hardware and software," *Proc. 2018 Technol. Appl. to Electron. Teaching, TAE 2018*, 2018, doi: 10.1109/TAE.2018.8476072.
- [8]. Indrianto, M. N. I. Susanti, R. Arianto, and R. R. A. Siregar, "Embedded system practicum module for increase student comprehension of microcontroller," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 16, no. 1, pp. 53–60, 2018, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v16i1.4194.
- [9]. P. Koopman, et al. Undergraduate Embedded System Education at Carnegie Mellon. *ACM Trans. Embed. Comput. Syst.* 2005; 4(3): 500-528.

-
- [10]. A. Aswardi, R. Mukhaiyar, E. Elfizon, and N. Nellitawati, "Pengembangan Trainer Programable Logic Gontroller Sebagai Media Pembelajaran Di Smk Negeri Kota Payakumbuh," JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional), vol. 5, no. 1.1, p. 51, 2019, doi: 10.24036/jtev.v5i1.104846.
- [11]. P. C. Doanwilmon and A. Aswardi, "Pengembangan Media Pembelajaran Mikrokontroler Berbasis Trainer Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang," JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional), vol. 6, no. 1, p. 271, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107972.
- [12]. I. G. P. A. Buditjahjanto, C. A. Rizqi, and B. Suprianto, "Developing robot transporter learning media to learn microcontroller," J. Pendidik. Vokasi, vol. 10, no. 3, pp. 270–281, 2020, doi: 10.21831/jpv.v10i3.34140.
- [13]. Y. S.Kom and U. Rahmalisa, "Design of Microcontroller Programming Learning KIT Using Scratch for Arduino," J. Teknol. Dan Open Source, vol. 4, no. 2, pp. 254–259, 2021, doi: 10.36378/jtos.v4i2.1793.
- [14]. S. Sukir, S. Soenarto, and S. Soeharto, "Developing conveyor trainer kit for programmable logic controllers in practical learning," J. Pendidik. Vokasi, vol. 7, no. 3, p. 329, 2018, doi: 10.21831/jpv.v7i3.15352.
- [15]. E. Madona, Y. Yulastri, A. Nasution, and M. Irmansyah, "Design and Implementation of Portable and Prospective Embedded System and IoT Laboratory Kit Modules," Indones. J. Electron. Electromed. Eng. Med. Informatics, vol. 4, no. 1, pp. 28–35, 2022, doi: 10.35882/ijeeemi.v4i1.5.
- [16]. Rachmad Setiawan, Mikrokontroler MCS-51: Graha Ilmu, 2006.