

RANCANG BANGUN MODUL PEMBELAJARAN SISTEM
KONTROL DAN MONITORING MOTOR LISTRIK



SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan Diploma 4
(D-IV) Program Studi Teknik Mekatronika Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

MUHAMMAD BAHRI 444 19 040
ZULKIPLI 444 19 048

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Kontrol dan Monitoring Motor Listrik” oleh Muhammad Bahri NIM 444 19 040 dan Zulkipli NIM 444 19 048, dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mekatronika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 18 September 2023

Pembimbing I



Ir. Lewi, M.T.
NIP. 19650913 1991 1 006

Pembimbing II



Imran Habriansyah, S.ST., M.T.
NIP. 19881005 201903 1 009

Mengetahui

Koordinator Program Studi



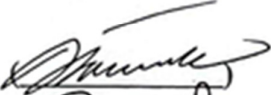


Dr. Ling Akhmad Taufik, S.T., M.T
NIP. 19760413 200812 1 003

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin 18 September 2023, tim penguji seminar laporan Tugas Akhir (Skripsi) telah menerima hasil seminar hasil oleh mahasiswa Muhammad Bahri NIM 44419040 dan Zulkipli NIM 44419048 dengan judul "Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Kontrol dan Monitoring Motor Listrik".

Makassar, 18 September 2023

Tim Seminar Proposal Skripsi:

- | | | |
|---|------------|---|
| 1. Dr. Eng. Abdul Kadir Muhammad,
S.T., PG.Dipl., M.Eng. | Ketua |  |
| 2. Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T. | Sekretaris |  |
| 3. Sitti Sahriana, S.S., M. AppLing. | Anggota |  |
| 4. Sukma Abadi, S.T., M.T. | Anggota |  |
| 5. Imran habriansyah, S.ST., M.T. | Anggota |  |
| 6. Ir. Lewi, M.T. | Anggota |  |

KATA PENGANTAR

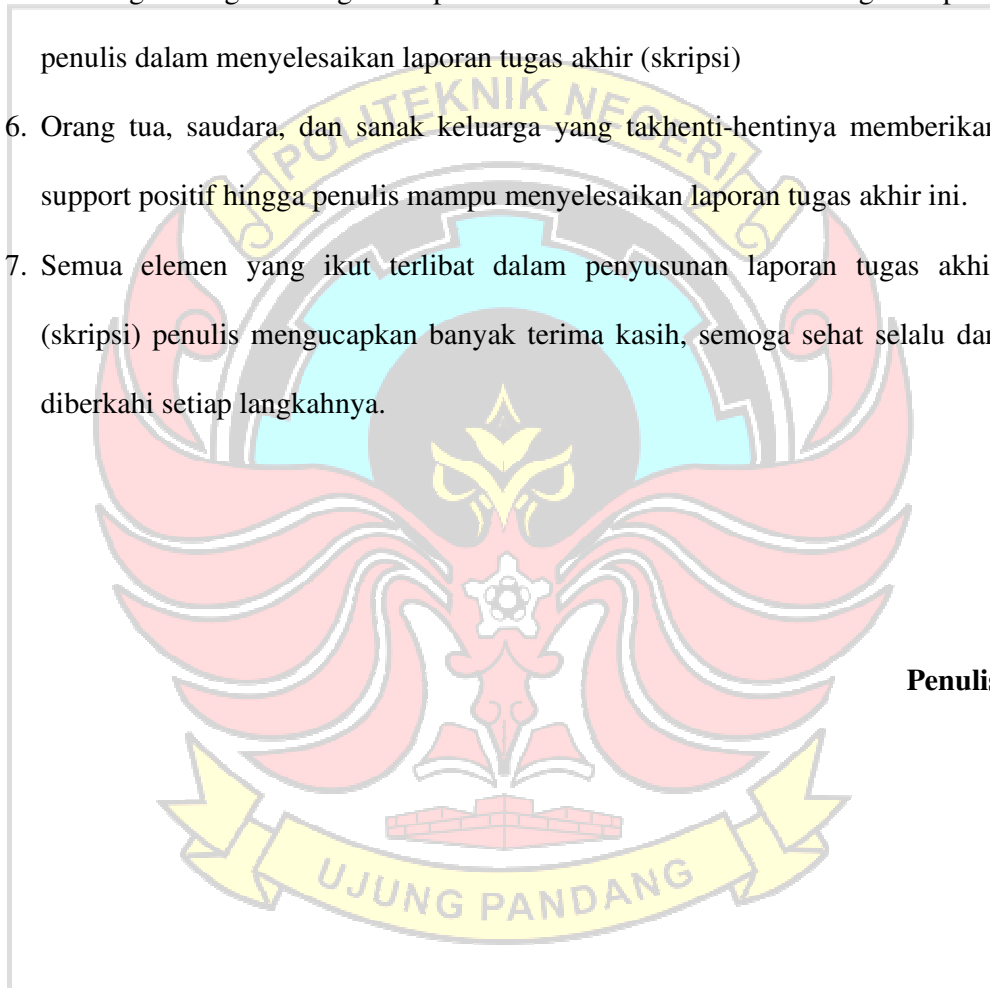
Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sembah sujud yang terdalam tidak ada yang pantas diberikan kepada selain sang Arsitek Agung alam semesta yang sedemikian indahnya, tak ada arti semua tanpa-Nya, keadaan kita karena izin dari-Nya. Pengemban risalah suci bagi semesta Pemantik senyum bagi seluruh alam, Penyenang hati bagi mereka yang ingin mengetahui esensi dari dunia ini sebenarnya. Tauladan tak tergantikan Rasulullah Muhammad SAW.

Penyusunan laporan Tugas Akhir (skripsi) ini berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Motor Listrik” dapat diselesaikan dengan baik meskipun terdapat beberapa hambatan dalam proses penyusunan. Namun, berkat bantuan pihak terutama Dosen pembimbing yang senantiasa mengawal sehingga proses penyusunan laporan Tugas Akhir (skripsi) dapat di selesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang
2. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang
3. Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mekatronika

4. Bapak Ir. Lewi, M.T selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu dan pikiranya untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi)
5. Bapak Imran Habriansyah, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang juga meluangkan segala tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi)
6. Orang tua, saudara, dan sanak keluarga yang takhenti-hentinya memberikan support positif hingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Semua elemen yang ikut terlibat dalam penyusunan laporan tugas akhir (skripsi) penulis mengucapkan banyak terima kasih, semoga sehat selalu dan diberkahi setiap langkahnya.



Penulis

DAFTAR ISI

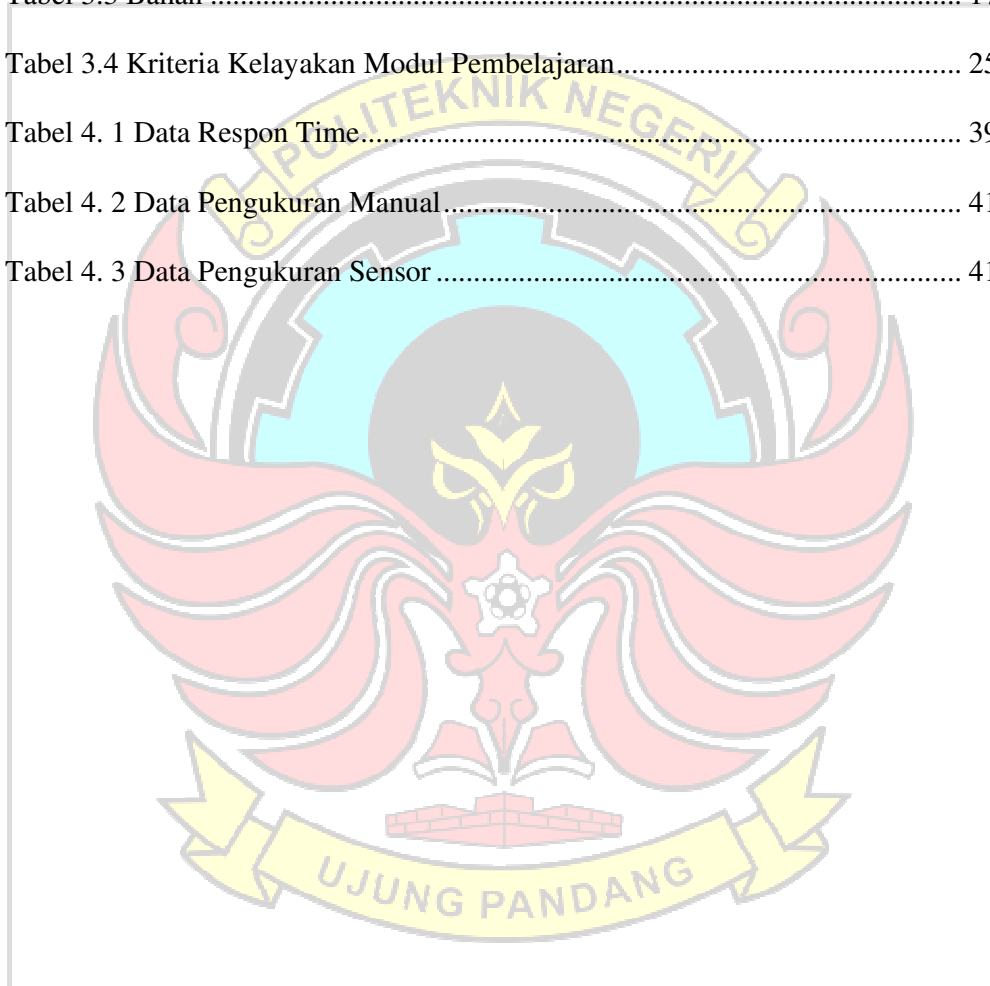
	hlm
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PENERIMAAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perancangan.....	5
2.2 Sistem pembelajaran.....	5
2.3 Pengukuran.....	6
2.4 <i>Virtual Lab</i>	6
2.5 Komponen Yang Digunakan	7

2.5.1 Motor listrik	7
2.5.1.1 Pengertian Motor Listrik	7
2.5.1.2 Fungsi dan Kegunaan Motor Listrik	7
2.5.1.3 Motor DC	7
2.5.2 Sensor Tegangan	9
2.5.3 Sensor Arus ACS712	10
2.5.4 Sensor Kecepatan	11
2.5.5 ESP32	12
2.5.6 Power Supply	12
2.5.7 PCB	13
2.5.8 Saklar	13
2.5.9 PLC Outseal	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Prosedur Perancangan / Langkah Kerja	19
3.3.1 <i>Define</i> (Defenisi)	20
3.3.2 <i>Design</i> (Desain)	20
3.3.3 <i>Development</i> (Perkembangan)	21
3.3.4 <i>Dissemination</i> (Pengembangan)	21

3.4 Langkah-langkah Pengujian	22
3.5 Teknik Pengumpulan Data	22
3.6 Teknik Analisis Data	24
3.7 Flowcart Langkah Kerja Sistem Kontrol dan Montoring Motor Listrik	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian dan Eksperimen	27
4.1.1 Hasil Pekerjaan Mekanikal	28
4.1.2 Hasil Pekerjaan Elektronika.....	30
4.1.3 Hasil Pekerjaan Informatika	31
4.1.4 Hasil Uji Coba Alat Pembelajaran Motor Listrik	36
4.1.5 Hasil Survey Kelayakan Alat.....	42
4.2 Pembahasan	44
4.2.1 <i>Hardware</i> Sistem Pembelajaran Monitoring Motor Listrik	44
4.2.2 <i>Software</i> Sistem Pembelajaran Trainer Motor Listrik	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR TABEL

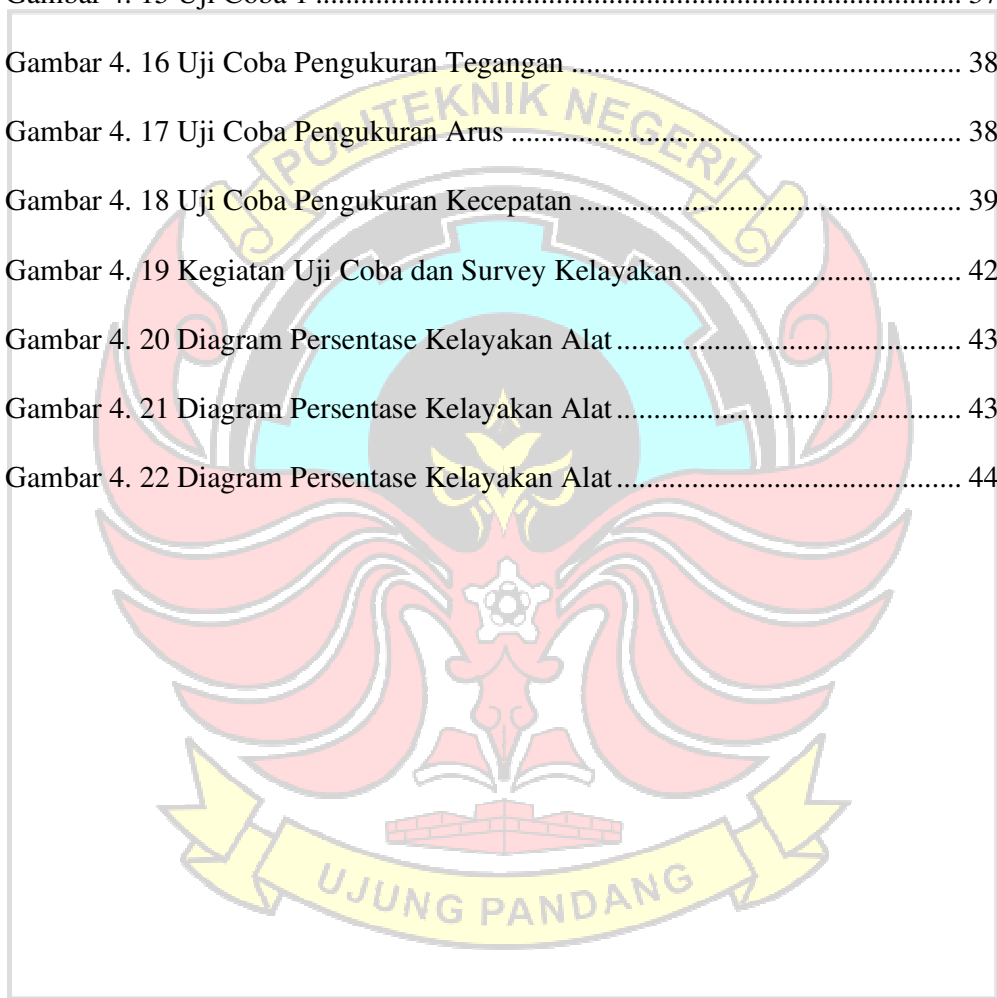
	hlm
Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan kegiatan	16
Tabel 3.2 Alat.....	17
Tabel 3.3 Bahan	17
Tabel 3.4 Kriteria Kelayakan Modul Pembelajaran.....	25
Tabel 4. 1 Data Respon Time.....	39
Tabel 4. 2 Data Pengukuran Manual.....	41
Tabel 4. 3 Data Pengukuran Sensor	41



DAFTAR GAMBAR

	hlm
Gambar 2.1 Motor Listrik	8
Gambar 2.2 Sensor Tegangan	9
Gambar 2.3 Sensor Arus ACS712	10
Gambar 2.4 Sensor Optocoupler	11
Gambar 2.5 Mikrokontroler ESP32	12
Gambar 2.6 Power Supply	12
Gambar 2.7 Printed Circuit Board	13
Gambar 2.8 Saklar	14
Gambar 2.9 PLC Outseal	15
Gambar 3.1 Flowchart Perancangan	19
Gambar 3.2 Desain Modul Pembelajaran	21
Gambar 4. 1 Modul Pembelajaran Motor Listrik	27
Gambar 4. 2 Tampilan <i>Website</i> Trainer	28
Gambar 4. 3 Desain 2D Pada <i>Layout</i> Trainer	29
Gambar 4. 4 Proses Cutting Akrilik	29
Gambar 4. 5 Proses Pemasangan Stiker ke	29
Gambar 4. 6 <i>Assembly</i> Komponen Trainer	30
Gambar 4. 7 Tampak Belakang Setelah <i>Assembly</i>	30
Gambar 4. 8 Tampilan Laman WiFi Manager	31
Gambar 4. 9 Tampilan Laman Configure WiFi	32
Gambar 4. 10 Tampilan Awal Website	33

Gambar 4. 11 Laman Percobaan Percobaan	33
Gambar 4. 12 Laman Percobaan Pengukuran Arus	34
Gambar 4. 13 Laman Percobaan Pengukuran Kecepatan	35
Gambar 4. 14 Rangkain Komunikasi Serial.....	36
Gambar 4. 15 Uji Coba 1	37
Gambar 4. 16 Uji Coba Pengukuran Tegangan	38
Gambar 4. 17 Uji Coba Pengukuran Arus	38
Gambar 4. 18 Uji Coba Pengukuran Kecepatan	39
Gambar 4. 19 Kegiatan Uji Coba dan Survey Kelayakan.....	42
Gambar 4. 20 Diagram Persentase Kelayakan Alat	43
Gambar 4. 21 Diagram Persentase Kelayakan Alat	43
Gambar 4. 22 Diagram Persentase Kelayakan Alat	44



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi industri sekarang ini sedang berkembang sangat pesat terutama dalam bidang sensor dan aktuator. Sensor dan aktuator sudah diterapkan diberbagai sektor industri, hotel, rumah maupun sektor lainnya. Penggunaan di sektor industri seperti sistem keamanan, sistem penghitungan, sistem packing sudah menggunakan teknologi sensor untuk memaksimalkan kegiatan di industri tersebut. Oleh karena itu, perkembangan teknologi di bidang sensor dan aktuator sangat membantu untuk mengefisienkan proses produksi dan meningkatkan kualitas. Teknologi sensor dan aktuator yang terus berkembang dijadikan sebagai acuan diberbagai sekolah maupun perguruan tinggi untuk mengembangkan suatu modul pembelajaran untuk pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan di industri. Mengacu pada hal tersebut, dibutuhkan pembelajaran di perguruan tinggi dalam hal ini Politeknik Negeri Ujung Pandang yang relevan dengan dunia Industri/kerja.

Transformasi digital bukan hanya tentang teknologi melainkan merupakan suatu konsep pijakan dalam institusi pendidikan untuk menghadapi dan mempersiapkan diri dalam pesatnya laju teknologi. Maka dari itu, membutuhkan sebuah media interaktif untuk mempermudah mahasiswa dalam proses pembelajaran. *Training kit* berguna sebagai salah satu unsur dalam proses belajar mengajar yang dapat menyalurkan pesan dan membantu tercapainya suatu kompetensi pembelajaran.

Dalam suatu proses belajar mengajar, ada dua unsur yang amat penting adalah metode mengajar dan media pembelajaran. Salah satu dari unsur penting dalam proses belajar mengajar yaitu modul pembelajaran praktikum. Modul pembelajaran praktikum berfungsi sebagai alat bantu mengajar yang turut mempengaruhi iklim, kondisi dan lingkungan belajar yang ditata dan dicipta oleh tenaga pendidik. Oleh karena itu modul pembelajaran praktikum sangatlah penting untuk dikembangkan guna menunjang proses belajar mengajar agar kompetensi mahasiswa lebih meningkat

Modul pembelajaran praktikum tersebut dapat dijadikan salah satu solusi untuk implementasi dari mata kuliah sensor dan aktuator. Pengembangan modul pembelajaran atau *training kit* tersebut didasarkan pada kurikulum baru kompetensi keahlian teknik Mekatronika. Teknologi Pengembangan *training kit* ini menggunakan 3 jenis sensor dan berbagai komponen pendukung yang disesuaikan dengan kebutuhan praktikum mahasiswa yang terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, sensor pembacaan putaran motor, mikrokontroler, dan output menggunakan motor DC serta pembacaan pengukuran atau monitoring terhadap perubahan tegangan, arus dan pembacaan RPM dapat dipantau dan dikontrol lewat *software* laboratorium virtual atau *website*. Modul pembelajaran praktikum sensor dan aktuator motor listrik ini diharapkan mampu membantu mahasiswa untuk lebih memahami dan mengembangkan jenis-jenis sensor yang dipelajari pada mata kuliah sensor dan aktuator.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang *hardware* modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring pada motor listrik *portable* yang sesuai dengan kurikulum pendidikan vokasi?
2. Bagaimana merancang *software* pada modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik yang sesuai dengan kurikulum pendidikan vokasi?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut.

1. Rancang bangun modul pembelajaran ini terbagi menjadi dua bagian yakni perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).
2. Rancang bangun *hardware* pada modul pembelajaran ini meliputi pembuatan bagian mekanik dan elektronik.
3. Rancang bangun Laboratorium Virtual pada modul pembelajaran ini meliputi pembuatan bagian *website*.
4. Pembelajaran disesuaikan dengan kurikulum SMK dan pendidikan vokasi.
5. Perancangan sistem kontrol motor listrik menggunakan PLC Outseal.
6. Perancangan sistem monitoring data pengukuran terhadap tegangan, arus dan kecepatan putaran (RPM) menggunakan sensor tegangan, sensor arus dan sensor kecepatan putaran (RPM)

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini memiliki beberapa tujuan yaitu:

1. Merancang bangun modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring pada motor listrik yang *portable* dan sesuai dengan kurikulum sekolah menengah kejuruan (SMK) dan pendidikan vokasi.
2. Merancang bangun perangkat lunak/*software* yang dibuat untuk mengontrol dan menampilkan data pengukuran pada modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring pada motor listrik yang sesuai dengan kurikulum sekolah menengah kejuruan (SMK) dan pendidikan vokasi.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mahasiswa mampu memahami materi yang diberikan karena proses pembelajaran sistem praktik.
2. Mempermudah pelaksanaan praktikum karena modul pembelajaran ini dirancang *portable* sehingga dapat digunakan di luar laboratorium

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perancangan

Menurut Rusdi Nur dan Muhammad Arsyad Suyuti (2018:5), perancangan merupakan suatu proses untuk membuat atau mendesai suatu sistem baru. Dengan tujuan untuk menganalisis, menilai, memperbaiki serta menyusun suatu sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada.

2.2 Sistem pembelajaran

Menurut Hamalik (2003), sistem pembelajaran merupakan suatu gabungan yang terorganisir dalam berbagai unsur, meliputi unsur manusiawi, material, fasilitas, perlengkapan serta prosedur yang saling melengkapi demi mencapai suatu tujuan

Tabel 2.1 komponen yang digunakan pada perguruan tinggi vokasi dan sekolah menengah kejuruan (SMK)

No.	Komponen Motor Listrik	SMKN 2 MAKASSAR	SMKN 5 MAKASSAR	POLBOS	PNUP
1.	Motor Listrik 3 phase		✓	✓	
2.	Relay 4 NO/NC	✓	✓	✓	
3.	Emergency Button		✓	✓	
4.	Saklar	✓	✓	✓	
5.	Circuit Braker		✓	✓	
6.	Magnetic Contactor		✓	✓	✓
7.	Push Button NO/NC	✓	✓	✓	✓
8.	2 Position selector switch		✓	✓	
9.	Power Supply Unit		✓	✓	✓
10.	AC Adaptor		✓	✓	

11.	Motor BLDC				✓
12.	Motor DC	✓			✓
13.	Hall Sensor				✓
14.	Stroboskop				✓
15.	RLC Component				✓
16.	PLC				✓
17.	Software				✓
18.	Sensor Tegangan				
19.	Sensor Arus				
20.	Sensor Putaran				

2.3 Pengukuran

Menurut Koes Sulistiadji dan Joko Pitoyo (2009), pengukuran merupakan serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menentukan nilai suatu besaran dalam bentuk angka (kuantitatif). Jadi mengukur adalah suatu proses mengaitkan angka secara empirik dan obyektif pada sifat-sifat obyek atau kejadian nyata sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau kejadian yang diukur.

2.4 Virtual Lab

Laboratorium Virtual atau biasa juga disebut *Virtual Lab* merupakan serangkaian alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak (*software*) komputer berbasis multimedia interaktif, yang dioperasikan menggunakan komputer serta dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium seakan-akan pengguna berada pada laboratorium nyata (drg. Indah Suasani Wahyuni, Sp.PM, dkk, 2020).

2.5 Komponen Yang Digunakan

2.5.1 Motor listrik

2.5.1.1 Pengertian Motor Listrik

Menurut I Nyoman bagia dan I Made Parsa (2018:2), motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Begitu juga dengan sebaliknya yaitu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang biasanya disebut dengan generator atau dinamo.

2.5.1.2 Fungsi dan Kegunaan Motor Listrik

Motor listrik dapat kita temukan di peralatan rumah tangga seperti: kipas angin, mesin cuci, blender, pompa air, mixer dan penyedot debu. Adapun motor listrik yang digunakan untuk kerja (industri) atau digunakan di lapangan seperti: bor listrik, gerinda, blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan lain-lain.

2.5.1.3 Motor DC

Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/ *direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



Gambar 2.1 Motor Listrik
(sumber: Bagia, 2018)

Dari gambar diatas, dapat diuraikan penjelasannya sebagai berikut ini:

1) Kutub

Medan Motor DC memiliki 2 kutub medan magnet yaitu kutub utara dan kutub selatan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Garis *magnetic energy* membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara keselatan.

2) Dinamo

Dinamo pada motor DC berbentuk silinder, dihubungkan kearah penggerak untuk menggerakkan beban. Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Pada motor DC yang kecil, dynamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan berganti

lokasi. Saat hal itu terjadi arus yang masuk kedalam motor DC akan berbalik dan merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.

3) *Commutator*

Kegunaan komponen ini pada motor DC adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo, *commutator* juga membantu motor DC dalam hal transmisi arus antara dynamo dan sumber daya.

2.5.2 Sensor Tegangan

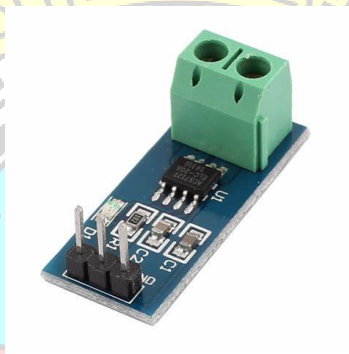
Sensor tegangan merupakan sensor yang memiliki fungsi mengambil nilai tegangan dengan prinsip resistif pembagi tegangan sehingga membuat tegangan menjadi 5 kali lebih kecil. Output yang dikeluarkan oleh sensor tegangan berupa sinyal analog.



Gambar 2.2 Sensor Tegangan
(sumber: Andriawan, 2016)

2.5.3 Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih.



Gambar 2.3 Sensor Arus ACS712
(sumber: Andriawan, 2016)

Sensor ACS712 memiliki beberapa tipe variasi arus maksimal diantaranya ada yang mampu mengukur arus hingga 20 A dengan sensitivitas sebesar 100mV/A. Besarnya nilai tegangan output pada saat pengukuran arus 0 sebesar $V_{cc}/2$ atau sebesar 2,5 V dengan menggunakan V_{cc} sebesar 5 v. Sementara untuk mengetahui besar nilai V_{out} hingga nilai arus maksimum digunakan persamaan:

$$V_{out} = (I_p \times \text{Sensitivitas}) + 2,5 \dots \dots \dots (2-1)$$

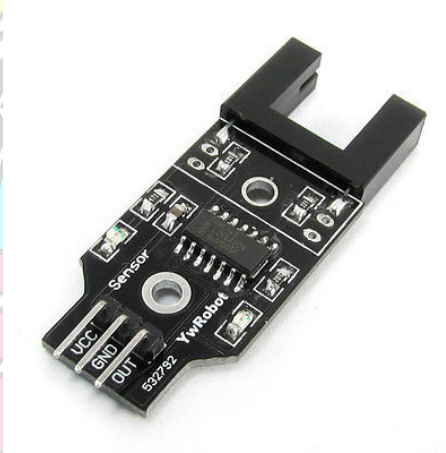
Dimana:

V_{out} = Nilai tegangan keluaran sensor

I_p = Nilai arus keluaran sensor

2.5.4 Sensor Kecepatan

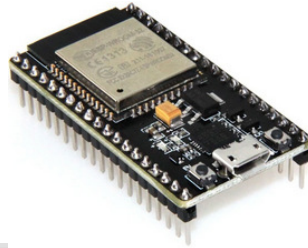
Sensor kecepatan adalah suatu sensor yang dipakai untuk mendeteksi kecepatan gerak benda guna selanjutnya diolah kedalam format sinyal elektrik. Proses penginderaan sensor kecepatan merupakan proses kebalikan dari suatu motor, dimana suatu poros/objek yang berputar pada suatu generator akan menghasilkan suatu tegangan yang sebanding dengan kecepatan putaran objek.



Gambar 2.4 Sensor Optocoupler
(sumber: Andriawan, 2016)

Kecepatan putar sering pula diukur dengan menggunakan sensor yang mengindera pulsa magnetis (induksi) yang timbul saat medan magnetis terjadi.

2.5.5 ESP32



Gambar 2.5 Mikrokontroler ESP32

(Sumber: Raharja, 2021)

ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif System*. ESP32 ini merupakan generasi penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini *compatible* dengan Arduino IDE. Mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan modul WiFi serta BLE (*Bluetooth Low Energy*) dalam chip sehingga dapat mendukung pembuat sistem aplikasi *Internet of Things*, kapasitas memori 520 KB SRAM dan beroperasi pada 160 atau 240 MHz.

2.5.6 Power Supply

Power Supply atau biasa disebut sumber tegangan dalam rangkaian elektronika, merupakan suatu perangkat elektronik yang dapat memberikan tegangan ataupun catu daya pada rangkaian elektronika yang terhubung dengannya.

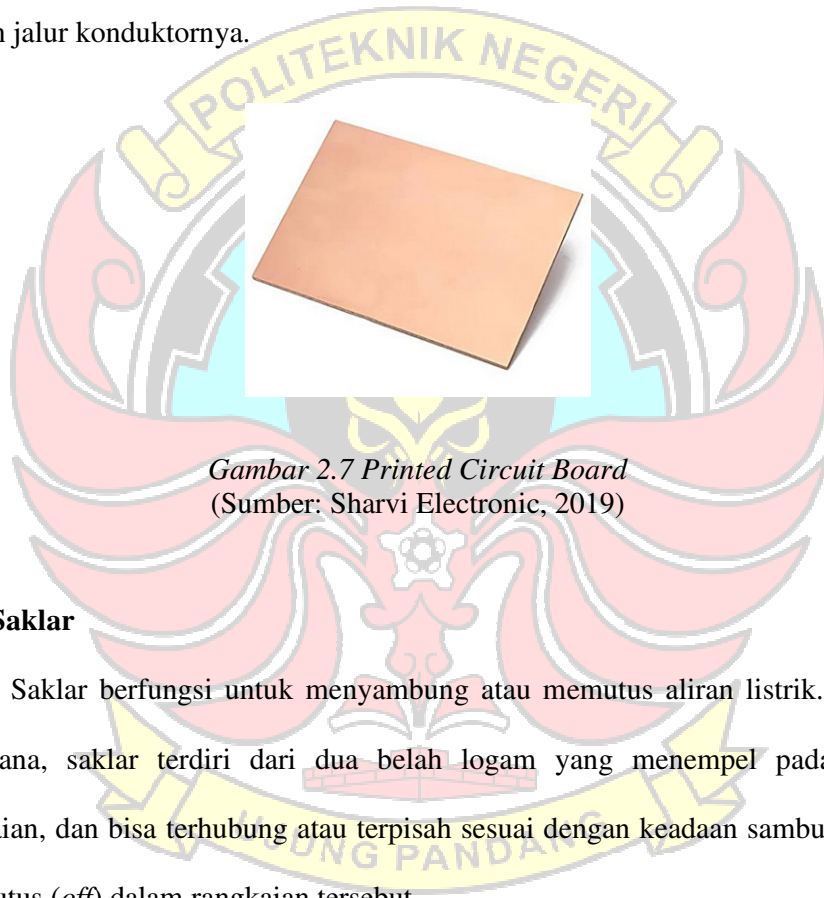


Gambar 2.6 Power Supply

(Sumber: Tokopedia, 2021)

2.5.7 PCB

PCB merupakan singkatan dari *Printed Circuit Board*. Seperti namanya yaitu papan rangkaian tercetak (*Printed Circuit Board*), PCB adalah papan yang digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika dengan lapisan jalur konduktornya.



Gambar 2.7 Printed Circuit Board
(Sumber: Sharvi Electronic, 2019)

2.5.8 Saklar

Saklar berfungsi untuk menyambung atau memutus aliran listrik. Secara sederhana, saklar terdiri dari dua belah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan bisa terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung (*on*) atau putus (*off*) dalam rangkaian tersebut.

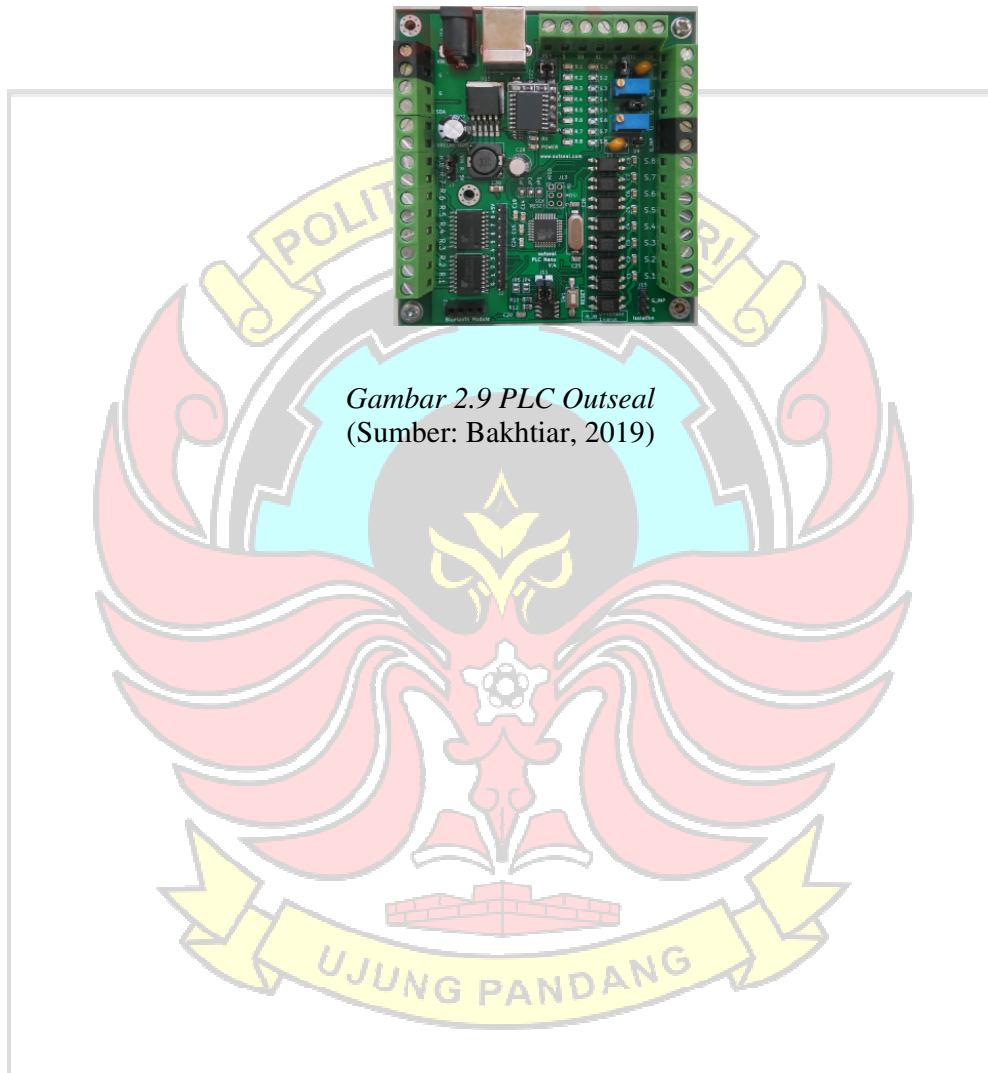


Gambar 2.8 Saklar
(Sumber: Teknik Elektronika, 2013)

2.5.9 PLC Outseal

Programmable Logic Controller (PLC) pada dasarnya merupakan sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur/mengontrol nyala (*on*) atau tidak (*off*) nya perangkat lain (kontrol logika) yang tersambung dengan perangkat tersebut dan logika pengaturan tersebut dapat diubah-ubah (diprogram). Umumnya perubahan/pemrograman kontrol logika untuk PLC tersebut dilakukan oleh sebuah perangkat lunak yang berjalan di komputer. Bagian utama dari sebuah PLC adalah input, *controller* dan output. Perangkat yang akan dikontrol (misal: *relay*, motor, lampu dan lainnya) terhubung dengan bagian output PLC dan referensi yang digunakan untuk mengontrol logika output tersebut bisa berasal dari logika input atau logika lain di dalam memori PLC seperti timer, counter dan sebagainya. Outseal PLC merupakan sebuah teknologi otomasi karya anak bangsa. Dalam merancang kontrol logika pada outseal PLC dibutuhkan perangkat lunak yang bernama *outseal studio* yang juga merupakan produk dari *outseal*. *Outseal studio* dijalankan di PC dalam bentuk *visual programming* menggunakan *ladder diagram* (diagram tangga). Diagram tangga tersebut merupakan sebuah hasil rancangan kontrol logika yang selanjutnya akan dikirim melalui kabel USB untuk ditanam di dalam hardware outseal PLC secara

permanen. Selanjutnya, kabel USB bisa dilepas dan *outseal* PLC tersebut dapat menjalankan hasil rancangan kontrol logika tersebut secara mandiri (tidak harus terhubung dengan komputer) (Bakhtiar, 2019).



Gambar 2.9 PLC Outseal
(Sumber: Bakhtiar, 2019)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekatronika dan Sistem Otomasi Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Laboratorium Riset Pascasarjana Politeknik Negeri Ujung Pandang yang dimulai dari bulan Februari sampai dengan Agustus 2023. Jadwal pelaksanaan dapat dilihat dari tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan kegiatan

No	Detail Kegiatan Penelitian TA	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1	Riset Konsep Mekanik, Elektronik,	■					
2	Design Mekanik, Elektronik, Kontrol		■				
3	Pembelian Komponen		■				
4	Perakitan Komponen		■				
5	Pembuatan Aplikasi		■	■			
6	Pengujian Alat			■	■		
7	Pengolahan Data				■	■	
8	Penyusunan Laporan					■	■
9	Seminar Skripsi						■

3.2 Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaannya, pada penelitian ini dibutuhkan beberapa alat, bahan dan perangkat lunak (*Software*) guna merakit tugas akhir sesuai yang diharapkan. Tabel 3 dan 4 menunjukkan daftar dari alat dan bahan yang akan digunakan.

Tabel 3.2 Alat yang dibutuhkan

No.	Nama Alat	Jumlah (buah)
1.	Laptop/ Komputer	1
2.	Solder	1
3.	Pengisap Timah	1
3.	Voltmeter	1
4.	Tachometer	1
5.	Obeng + dan -	1
6.	Bor Tangan	1
7.	Tang Jepit	1
8.	Tang Kupas	1
9.	Solder	1
	Timah	

Tabel 3.3 Bahan yang dibutuhkan

No	Nama Bahan	Jumlah (buah)
1.	Koper Hardcase Aluminium	1
2.	Sensor Tegangan	Disesuaikan
3.	Sensor ACS712	Disesuaikan
4.	Sensor Optocoupler	disesuaikan
5.	PLC Outseal	1
6.	Kabel AWG 22 Merah 50m	1

7.	Kabel AWG 22 Hitam 50m	1
8.	Kabel Ties 1 pack	1
9.	Driver Motor	1
10.	Power Supply	1
11.	Banana Plug Female Merah	20
12.	Banana Plug Female Hitam	20
13.	Banana Plug Male Merah	20
14.	Banana Plug Male Hitam	20
15.	Kabel Power 2m	1
16.	Port Female kabel Power 3 Pin	1
17.	Saklar On/Off 4 Pin	1
18.	Modul LM2596	1
19.	PCB	1
20.	Motor DC Shunt	1
21.	Akrilik Susu 3mm 50x30 cm	1

Adapun beberapa perangkat lunak (*Software*) yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Arduino IDE
2. VS Code
3. XAMPP
4. Proteus

5. AutoDesk Eagle
6. AutoDesk Fusion
7. Adobe Illustrator
8. CorelDraw
9. Fusion 360
10. Creality

3.3 Prosedur Perancangan / Langkah Kerja

Yang dimaksud dengan tahapan penelitian adalah segala sesuatu yang dikerjakan selama penelitian ini berlangsung atau tahapan-tahapan yang ditempuh dalam melakukan penelitian.



Gambar 3.1 Flowchart Perancangan

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian *reaserch and development* (R&D), dengan model 4D yaitu *Define, Design, Development, and Dissemination*. Model ini diperkenalkan oleh Thiagerajan pada tahun 1974.

3.3.1 *Define* (Defenisi)

Menurut Eko Prasetyo (2015:43), pada tahap ini peneliti berusaha merumuskan secara detail hal apa saja yang menjadi permasalahan utama yang nantinya akan dijadikan sebagai landasan pengembangan produk dalam kegiatan penelitian dan pengembangan.

Pada tahapan ini peneliti melakukan kegiatan menganalisis permasalahan, kelemahan atau kondisi yang menjadi pemicu untuk melakukan penelitian ini dengan melakukan studi literatur.

3.3.2 *Design* (Desain)

Prosedur desain atau perencanaan produk disusun sedetail dan serapi mungkin untuk memudahkan proses implementasi. Desain pengembangan hendaknya disusun dengan sangat jelas dan teliti (Eko Prasetyo, 2015).

Setelah memastikan permasalahan pada tahap *define* peneliti selanjutnya menentukan konsep yang akan diterapkan dalam perancangan sistem pembelajaran baik dari segi mekanik, elektronik maupun kontrol.

Adapun desain rancangan dari modul pembelajaran yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain Modul Pembelajaran

3.3.3 *Development* (Perkembangan)

Menurut Eko Prasetyo (2015:45), dalam fase ini, seorang peneliti menerapkan rencana yang telah disusun ditahap sebelumnya. Pada fase inilah proses pengembangan produk dilakukan.

Pada tahap ini peneliti mulai melakukan pembuatan rancang bangun sistem pembelajaran dari sisi mekanik, elektronik dan kontrol sesuai konsep yang telah dibuat pada tahapan *design*.

3.3.4 *Dissemination* (Pengembangan)

Setelah produk yang diciptakan diyakini telah baik, maka fase paling akhir adalah menyebarluaskan hasil penelitian pengembangan yang telah dilakukan (Eko Prasetyo, 2015).

Setelah pembuatan rancang bangun selesai, selanjutnya akan dilakukan pengujian kelayakan, pengujian dilakukan dengan cara menjalankan setiap fungsi

yang ada pada sistem pembelajaran, apabila masih terdapat fungsi yang tidak sesuai maka akan dilakukan perbaikan, jika sudah sesuai maka seluruh data hasil penelitian akan diolah dan disusun dalam laporan akhir penelitian.

3.4 Langkah-langkah Pengujian

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan sistem kontrol dan monitoring motor listrik, selanjutnya dilakukan pengujian. Berikut langkah-langkah pengujian yang akan dilakukan.

- 1) Pemeriksaan Fisik Dalam pengujian ini, penguji mengecek kondisi fisik dari instrumen yang dibangun. Pengetesan ini dilakukan untuk memastikan kondisi fisik alat, seperti posisi penggerak yang tidak tepat, baut atau lem yang lepas, dan tidak adanya gangguan lain.
- 2) Pengujian Komponen Elektronik Langkah selanjutnya adalah memeriksa komponen elektronik. Pemeriksaan dilakukan untuk mencegah terjadinya kesalahan selama pengujian program berikutnya. Proses ini memeriksa pengkabelan dan memastikan bahwa setiap komponen berjalan dengan baik.
- 3) Pengujian program tahap akhir Tahap ini penulis mengecek apakah program berjalan dengan baik. Setelah serangkaian pemeriksaan dan pengujian pada perangkat, langkah selanjutnya adalah mencatat hasil pengujian.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data digunakan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian yang kemudian akan dianalisis guna menjawab

permasalahan dalam penelitian, teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah pengujian alat dan kuesioner (*google form*).

a. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan menguji coba setiap fitur yang ada pada modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring pada motor listrik apakah berjalan sesuai fungsinya, baik dari segi mekanik, *hardware* maupun *software*.

b. Kuesioner (*Google form*)

Kuesioner adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberikan beberapa pertanyaan/ Pernyataan kepada responden dalam hal ini tenaga pendidik dan peserta didik untuk menilai alat yang telah dikembangkan. Penyusunan kuesioner menggunakan skala Likert dengan empat pilihan guna mengungkap perbedaan sikap responden.

Terdapat tiga aspek penelitian yang akan di nilai oleh responden pada kuesioner yang akan dibagikan, yakni:

a. Aspek manfaat

Aspek ini menilai tingkat kemanfaatan alat yang dirancang sebagai media pembelajaran. Kesesuaian media pembelajaran dengan materi yang dibutuhkan oleh peserta didik baik dari siswa

SMK maupun mahasiswa pada pendidikan vokasi.

b. Aspek fungsi *software* dan *hardware*

Aspek ini berfungsi untuk menilai kinerja *hardware* dan *software* dari alat pembelajaran apakah berjalan sesuai dengan fungsinya.

c. Aspek estetika

Aspek ini berfungsi untuk menilai tampilan yang menarik dan unik dari alat pembelajaran baik dari sisi *hardware* maupun *software*.

3.6 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menguji coba keberhasilan alat kepada tenaga pendidik dan pelajar pada perguruan tinggi vokasi maupun SMK dengan cara melakukan praktik secara langsung.

Adapun teknik pengumpulan data dengan menggunakan kuesioner akan dilakukan analisis menggunakan metode analisis deskriptif dengan cara membagi jawaban kedalam 4 (empat) pilihan yang dapat dipilih responden, yaitu sangat layak (4), layak (3), kurang layak (2) dan tidak layak (1). Setelah mendapatkan penilaian dari skor tersebut maka langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan jumlah kelas interval, kriteria kelayakan dikategorikan menjadi 4 yakni sangat layak, layak, kurang layak dan tidak layak.
- b. Menentukan rentang skor, yaitu skor maksimum dan minimum, $\text{min} = 1 \times \text{jumlah butir}$; $\text{max} = 4 \times \text{jumlah butir}$.
- c. Menemukan mean ideal dan simpangan baku ideal ($\text{MI} = \frac{1}{2} \times (\text{max} +$

min); $SBI = 1/6 \times (\max - \min)$)

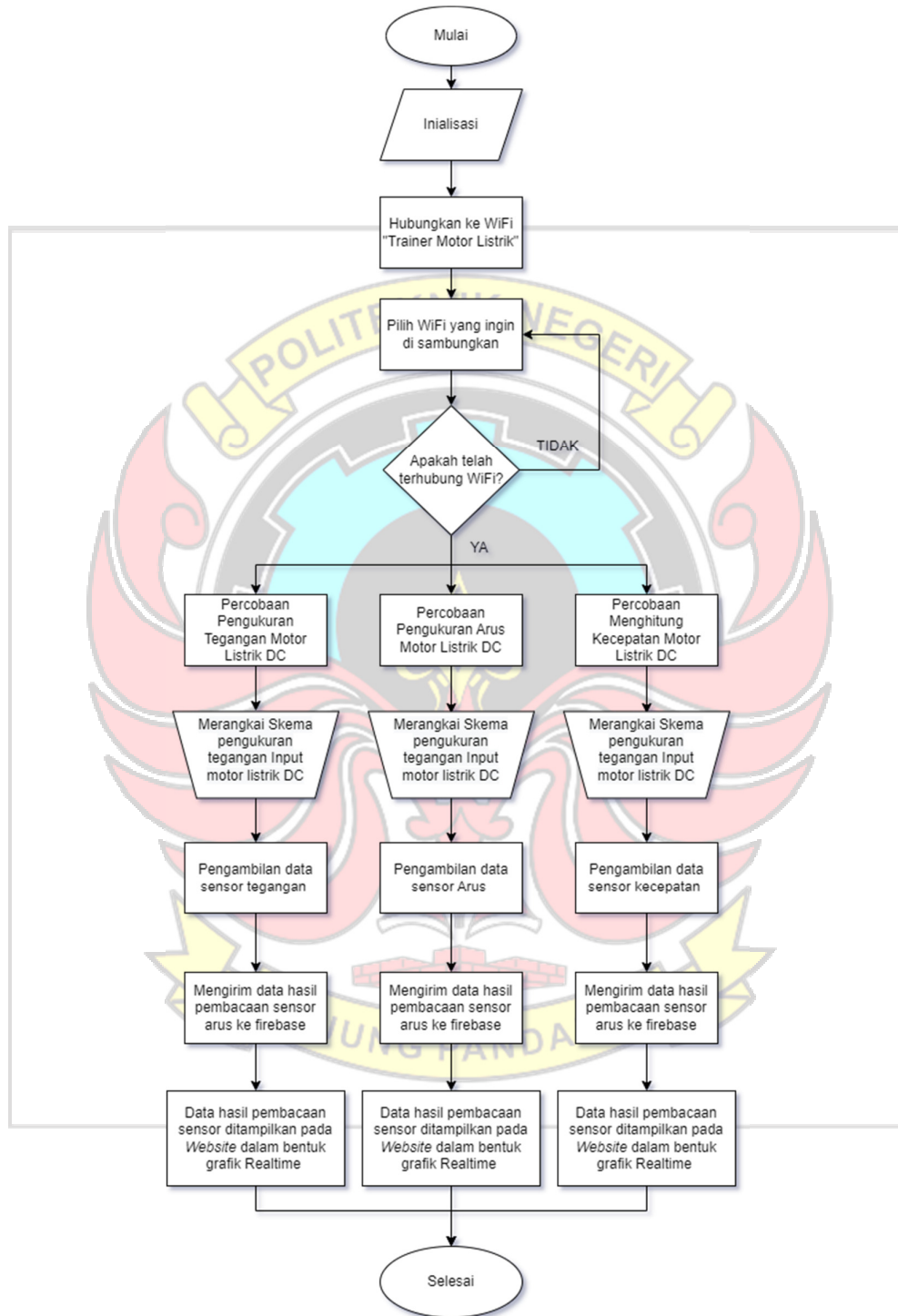
- d. Menyusun kelas interval dimulai dari skor terkecil sampai terbesar. Pembagian jarak interval dicari dengan membuat kurva normal yang dibagi menjadi 4 skala. 4 skala = 6 SBI; 1 skala = 1,5 SBI.

Tabel 3.4 Kriteria Kelayakan Modul Pembelajaran

Kriteria Kelayakan Alat Pembelajaran	
Kategori Penilaian	Interval Nilai
Sangat Layak	$MI + (1,5 \times SBI) \leq S \leq \max$
Layak	$MI < S \leq MI + (1,5 \times SBI)$
Kurang Layak	$MI - (1,5 \times SBI) < S \leq MI$
Tidak Layak	$\min < S \leq MI - (1,5 \times SBI)$



3.7 Flowcart Langkah Kerja Sistem Kontrol dan Montoring Motor Listrik



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian dan Eksperimen

Pada bab ini akan dibahas hasil perancangan trainer dan modul praktikum, hasil pengujian validasi ahli dan validasi materi untuk menentukan kelayakan dari trainer dan modul praktikum yang di rancang oleh peneliti. Tidak hanya itu, pada bab ini peneliti juga akan membahas hasil responden dari sampel yang sudah ditetapkan oleh peneliti untuk melihat tingkat kemudahan dan pemahaman mahasiswa saat mengoperasikan Motor Listrik yang sudah di rancang dalam bentuk trainer.

Produk yang dihasilkan pada penelitian ini adalah modul pembelajaran Trainer Motor Listrik berbentuk portable seperti pada gambar 4.1 dan aplikasi pembelajaran seperti pada gambar 4.2.



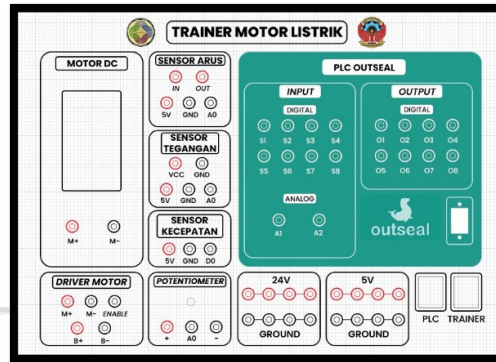
Gambar 4.1 — Modul Pembelajaran Motor Listrik



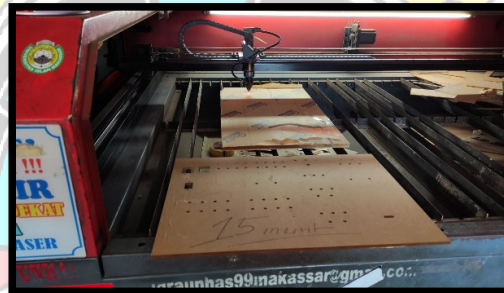
Gambar 4.2 Tampilan Website Trainer

4.1.1 Hasil Pekerjaan Mekanikal

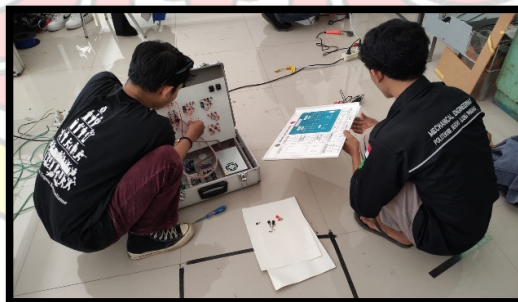
Pengerjaan mekanik dimulai dari pengukuran dan penentuan posisi pada setiap komponen-komponen elektrik pendukung pada modul trainer motor listrik yang kemudian didesain/digambar dalam bentuk 2D pada aplikasi *CorelDraw*, seperti pada gambar 4.3 dan melanjutkan ke tahap *laser cutting* seperti pada gambar 4.4 selanjutnya melakukan percetakan dan pemasangan stiker pada permukaan akrilik sesuai dengan desain awal modul sebagai seperti pada gambar 4.5



Gambar 4.3 Desain 2D Pada *Layout* Trainer



Gambar 4.4 Proses Cutting Akrilik



Gambar 4.5 Proses Pemasangan Stiker ke Permukaan Akrilik

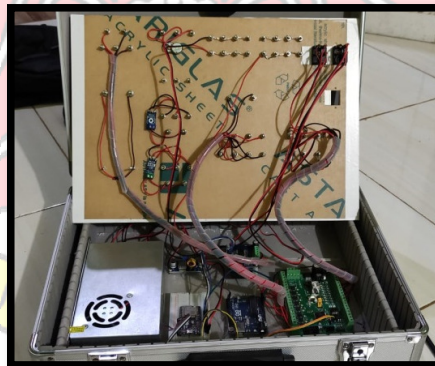
4.1.2 Hasil Pekerjaan Elektronika

Setelah menyelesaikan pekerjaan mekanik, dilanjutkan pada pengerjaan elektronik dengan *assembly* pada setiap komponen sesuai dengan desain diagram pada papan rangkaian (akrilik) seperti pada gambar 4.6 dan proses merangkai atau penyambungan kabel antar komponen trainer motor seperti

pada gambar 4.7



Gambar 4. 6 *Assembly* Komponen Trainer Motor Listrik



Gambar 4. 7 Tampak Belakang Setelah *Assembly*

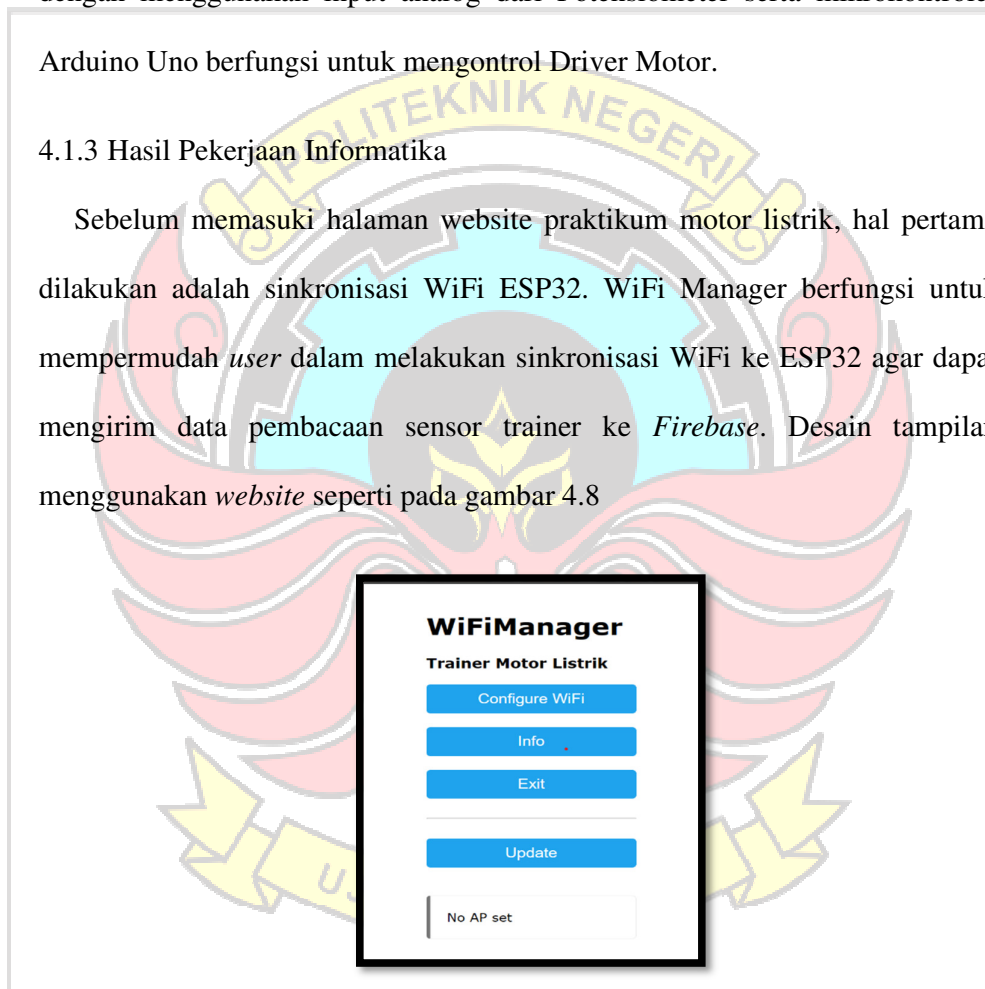
Pada pengerjaan elektronik menggunakan beberapa komponen pendukung seperti PLC Outseal yang berfungsi sebagai kontrol pembacaan sensor (Arus, Tegangan, RPM), mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai

komunikasi data dari PLC Outseal ke *Firestore*. *Power Supply* sebagai komponen pengubah tegangan dari AC ke tegangan DC, Modul *Stepdown* berfungsi sebagai penurun tegangan dari Power Supply dari tegangan 24V ke tegangan 5V, Driver Motor berfungsi untuk mengontrol putaran motor DC dengan menggunakan input analog dari Potensiometer serta mikrokontroler

Arduino Uno berfungsi untuk mengontrol Driver Motor.

4.1.3 Hasil Pekerjaan Informatika

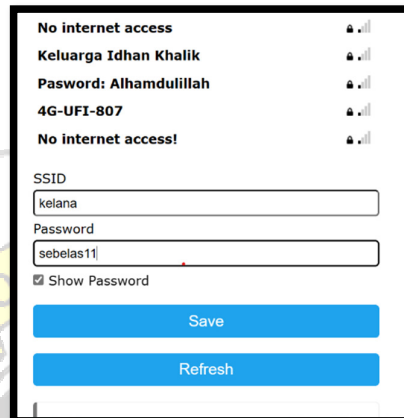
Sebelum memasuki halaman website praktikum motor listrik, hal pertama dilakukan adalah sinkronisasi WiFi ESP32. WiFi Manager berfungsi untuk mempermudah *user* dalam melakukan sinkronisasi WiFi ke ESP32 agar dapat mengirim data pembacaan sensor trainer ke *Firestore*. Desain tampilan menggunakan *website* seperti pada gambar 4.8



Gambar 4. 8 Tampilan Laman WiFi Manager

Untuk melakukan sinkronisasi *WiFi* ESP32 maka *user* harus mengaktifkan *WiFi* yang telah disediakan oleh ESP32, pada alat ini nama *WiFi* nya adalah

Trainer Motor Listrik, setelah mengaktifkan *WiFi* tersebut secara otomatis *user* akan diarahkan ke laman *WiFi* Manager Seperti pada gambar 4.9



No internet access	📶
Keluarga Idhan Khalik	📶
Pasword: Alhamdulillah	📶
4G-UF1-807	📶
No internet access!	📶

SSID

kelana

Password

sebelas11

Show Password

Save

Refresh

Gambar 4.9 Tampilan Laman *Configure WiFi*

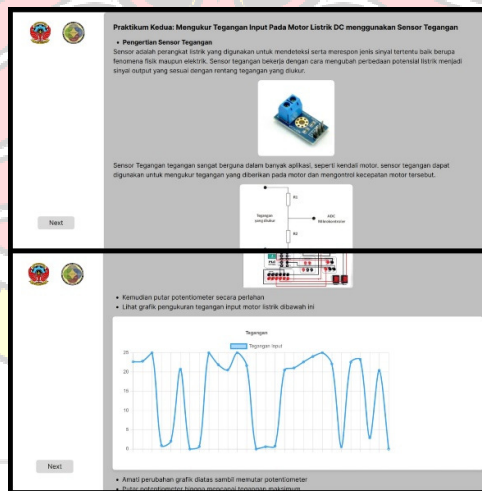
Setelah itu *user* akan menekan tombol *configure WiFi* dan diarahkan ke laman pemilihan *WiFi*, laman ini berfungsi untuk menampilkan jaringan *WiFi* yang tersedia disekitar alat dan memilih *WiFi* yang ingin *user* sambungkan ke ESP32, setelah melakukan langkah-langkah tersebut maka ESP32 sudah terkoneksi ke jaringan yang telah dipilih.

Desain tampilan *website* dilakukan menggunakan *software* VScode. Tampilan awal *website* seperti pada gambar 4.10



Gambar 4. 10 Tampilan Awal Website

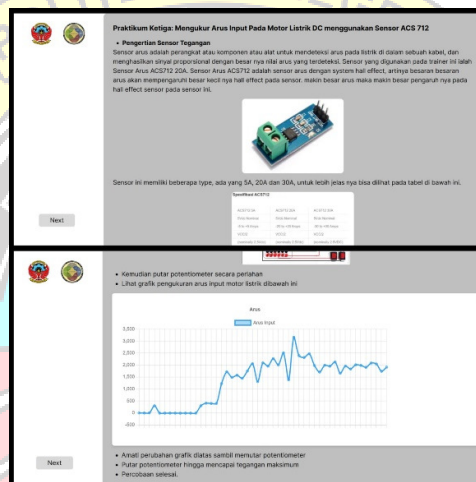
Setelah menekan tombol *next*, maka halaman akan berpindah ke percobaan pengukuran tegangan input pada motor listrik DC. Pada halaman percobaan ini terdapat teori dasar mengenai sensor yang dipakai pada trainer disertai dengan instruksi percobaan dan dilengkapi dengan grafik yang membaca perubahan tegangan secara *realtime*, seperti pada gambar 4.11



Gambar 4. 11 Laman Percobaan Percobaan Pengukuran Tegangan

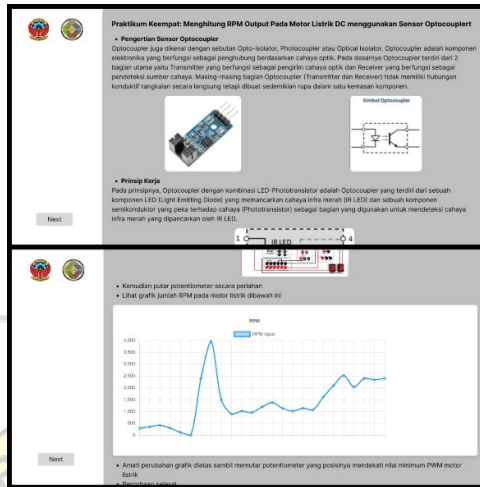
Selanjutnya, pada instruksi percobaan kedua pada *website* praktikum ini ialah percobaan pengukuran arus input pada motor listrik DC. Seperti pada laman percobaan sebelumnya, halaman pengukuran arus *input* dilengkapi dengan teori dasar mengenai sensor arus ACS712 20A serta instruksi percobaan dan grafik yang menampilkan data secara *realtime*, seperti pada

gambar 4.12



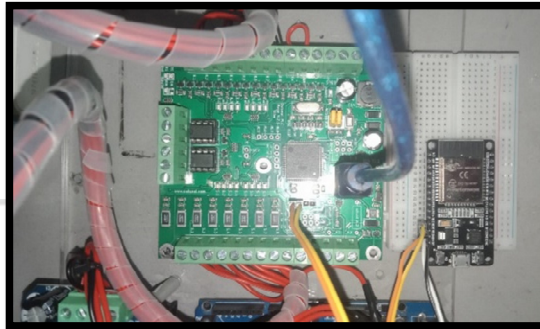
Gambar 4. 12 Laman Percobaan Pengukuran Arus

Begitupun dengan halaman percobaan terakhir, yaitu percobaan pengukuran kecepatan motor listrik DC. Dilengkapi dengan teori dasar mengenai sensor *Optocoupler*, instruksi percobaan dan grafik yang menampilkan data secara *realtime*, seperti pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Laman Percobaan Pengukuran Kecepatan

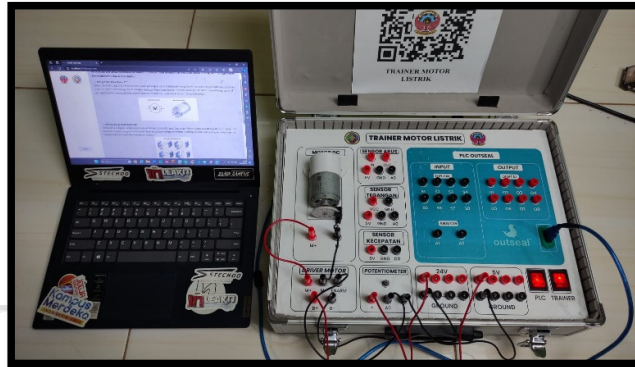
PLC *Outseal* di program menggunakan *software* Arduino IDE dan menghasilkan data parsing sensor tegangan, arus dan kecepatan. Kemudian data parsing tersebut diterima oleh ESP32 yang terhubung pada *WiFi* selanjutnya dikirim ke *realtime* database *Firebase*. Rangkaian komunikasi serial tersebut menggunakan Pin RX dan TX pada soket *WiFi* atau *Bluetooth* dihubungkan ke Pin D13 dan Pin D12 yang di deklarasikan sebagai Pin TX dan RX mikrokontroler ESP32, seperti pada gambar 4.14



Gambar 4. 14 Rangkaian Komunikasi Serial

4.1.4 Hasil Uji Coba Alat Pembelajaran Motor Listrik

Pada percobaan pertama, motor listrik DC dirangkai ke Pin M+ dan M- pada driver motor, kemudian B+ dan B- pada driver motor dihubungkan ke tegangan 24V dan Enable pada driver motor dihubungkan ke Pin A0 ke Potentiometer, selanjutnya Pin + dan Pin - pada *Potentiometer* dihubungkan ke tegangan 5V dan *Ground*. Seperti pada gambar 4.16 ketika *Potentiometer* diputar ke arah kanan atau searah jarum jam maka motor listrik DC akan hidup dan semakin bertambah kecepatan atau PWM motor sesuai dengan putaran pada *Potentiometer*.



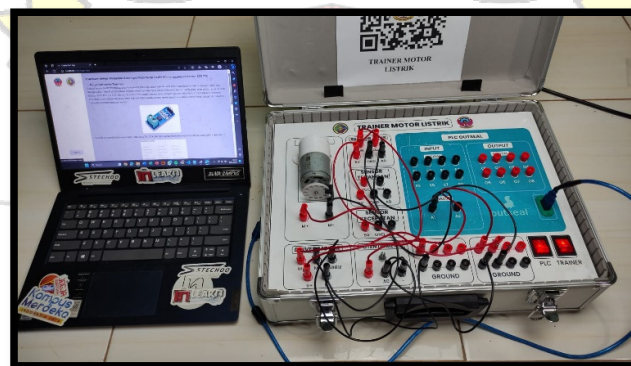
Gambar 4.15 Uji Coba 1

Selanjutnya, pada percobaan kedua merujuk pada pengukuran tegangan motor listrik DC, rangkain pada pengontrol kecepatan motor listrik digabungkan dengan rangkaian pembacaan sensor tegangan dengan Pin 5V dan *Ground* pada sensor tegangan dihubungkan ke tegangan power 5V dan *Ground*. Kemudian Pin A0 pada sensor tegangan dihubungkan ke Pin A1 Analog pada PLC *Outseal*. Pin VCC pada sensor tegangan dihubungkan ke Pin M+ pada motor DC dan Pin *Ground* pada sensor tegangan dihubungkan ke Pin M – pada motor listrik DC. Percobaan ini akan menghasilkan pembacaan tegangan dan dapat dilihat pada grafik *realtime* di halaman percobaan kedua pada *website* praktikum motor listrik DC, seperti pada gambar 4.17



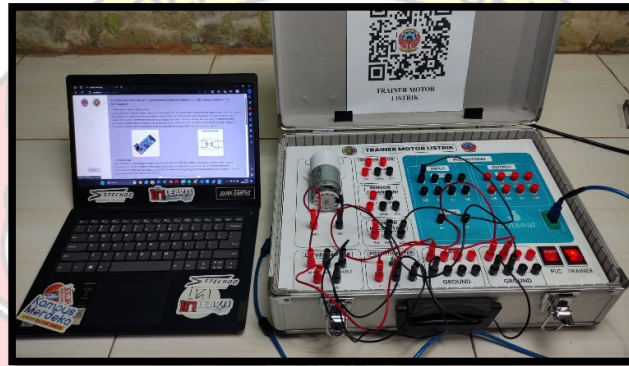
Gambar 4. 16 Uji Coba Pengukuran Tegangan

Percobaan ketiga, yaitu pengukuran arus input motor listrik DC. Pin M+ pada driver motor dihubungkan ke Pin IN pada sensor arus, Kemudian Pin Out pada Sensor arus dihubungkan ke Pin M+ pada motor listrik DC. Setelah itu, pin 5V dan pin *Ground* pada sensor arus dihubungkan ketegangan power 5V dan *Ground* dan pin A0 pada sensor arus dihubungkan ke pin A2 analog pada PLC Outseal. Percobaan ini akan menghasilkan pembacaan arus dan dapat dilihat pada grafik *realtime* di halaman percobaan ketiga pada *website* praktikum motor listrik DC, seperti pada gambar 4.18



Gambar 4. 17 Uji Coba Pengukuran Arus

Selanjutnya percobaan yang terakhir yaitu percobaan pengukuran kecepatan dengan menghubungkan Pin 5V dan Pin *Ground* Pada sensor kecepatan ke tegangan Power 5V dan *Ground*, kemudian Pin D0 dihubungkan ke Pin digital input S1 pada PLC *Outseal*. Percobaan ini juga menampilkan jumlah kecepatan yang dapat dilihat hasilnya pada grafik *realtime* halaman percobaan keempat pada *website* praktikum, seperti pada gambar 4.18



Gambar 4. 18 Uji Coba Pengukuran Kecepatan

Tabel 4. 1 Data Respon Time

Variabel	Delay ESP32	Delay Firebase	Delay Website
Tegangan	0.39	1.02	2.65
Arus	0.39	1.33	2.28
Kecepatan	0.39	0.68	1.19

Waktu respon pada pengambilan data ESP32 dari PLC *Outseal* terbilang cepat dengan durasi waktu 0.39s untuk ketiga sensor secara bersamaan. Namun terdapat *delay* yang berbeda pada ketiga sensor saat pengiriman data dari ESP32 ke *Firebase*. Pada pengiriman data sensor tegangan, *delay* pengiriman datanya

selama 1.02s, kemudian untuk pengiriman data untuk sensor arus itu selama 1.33s dan untuk pengiriman data sensor kecepatan terbilang cepat dengan *delay* waktu selama 0.68s. Untuk respon waktu pada PLC *Outseal* ke *website* terdapat *delay* yang lumayan lama dan berbeda waktu responnya untuk setiap sensor. *Delay* pada sensor tegangan ke *website* selama 2.65, untuk *delay* sensor arus selama 2.28 dan untuk *delay* sensor kecepatan itu selama 1.19. Hal ini dikarenakan pada data yang diproses pada mikrokontroler ESP32 kemudian melakukan parsing data dan mengirim data ke *firebase* tidak secara bersamaan.

Perbandingan pengukuran sensor tegangan dengan pengukuran manual menggunakan multimeter terdapat pembacaan yang tidak relevan. Pembacaan sensor tegangan dilihat pada tabel 4.2 Tidak akurat pada PWM motor 50, dimana pembacaan sensor tegangan terdapat 1.7V sedangkan pada pembacaan tegangan pada alat multimeter sebesar 5.56V. kemudian pada PWM motor 100 terdapat selisih tegangan antara pengukuran sensor dengan multimeter yang kecil, dimana pembacaan sensor sebesar 7.8V sedangkan pada multimeter sebesar 7.93V. kemudian pada PWM motor sebesar 150 terdapat selisih pengukuran yang tidak jauh pula, dimana pengukuran pada sensor tegangan sebesar 12.0V sedangkan pada pengukuran multimeter sebesar 11.7V. Namun pada pengukuran tegangan pada PWM motor sebesar 200 dan 250 terdapat selisih tegangan yang sangat besar. Pada sensor tegangan, pengukurannya menampilkan pembacaan tegangan sebesar 24V pada PWM motor sebesar 200, dan pembacaannya pada PWM motor 250 juga pembacaannya sebesar 24V sedangkan pengukuran multi pada PWM motor 200 dan 250 berkisar pada 17.3V dan 24.3V.

Tabel 4. 2 Data Pengukuran Konvensional

PWM Motor	Tegangan (V)	Arus (I)	Kecepatan (RPM)
50	1.7	1.71	4610.7
100	7.8	2.08	6847.9
150	12.0	2.15	11461.0
200	17.8	2.24	17142.0
250	24.3	2.42	23256.0

Tabel 4. 3 Data Pengukuran Sensor

PWM Motor	Tegangan (V)	Arus (I)	Kecepatan (RPM)
50	5.56	1.37	2160
100	7.93	1.79	660
150	11.07	2.25	420
200	24.00	2.1	240
250	24.00	2.36	180

Namun selisih pengukuran sensor arus dengan pengukuran multimeter tidak terlalu besar. Dapat dilihat pada table 4.3 selisih pengukuran sensor arus dengan multimeter hanya berkisar 0.5-1A dan dapat dikatakan bahwa pengukuran arus cukup akurat,

Pengukuran pada sensor kecepatan dan alat ukur manual penghitung kecepatan (*tachometer*) terdapat pengukuran yang tidak akurat pada sensor kecepatan. Semakin besar jumlah PWM motor, maka pembacaan kecepatan pada sensor semakin berkurang. Hal ini dikarenakan karena tingkat akurasi dari sensor yang sangat rendah sehingga pembacaan kecepatan tidak bisa dijadikan sensor yang tepat untuk penggunaan pengukuran yang tepat.

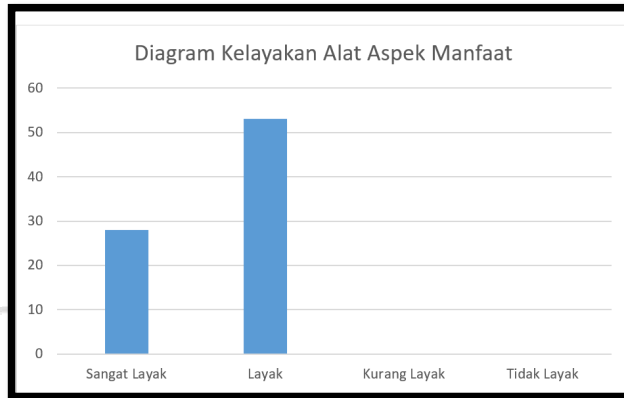
4.1.5 Hasil Survey Kelayakan Alat

Uji kelayakan alat pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik dilakukan di dua lokasi, yakni SMKN 5 Makassar dan Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan total responden 43 orang, 31 Siswa, 1 Guru, 11 mahasiswa dapat dilihat pada gambar 4.20 adalah kegiatan uji coba yang dilakukan oleh responden.

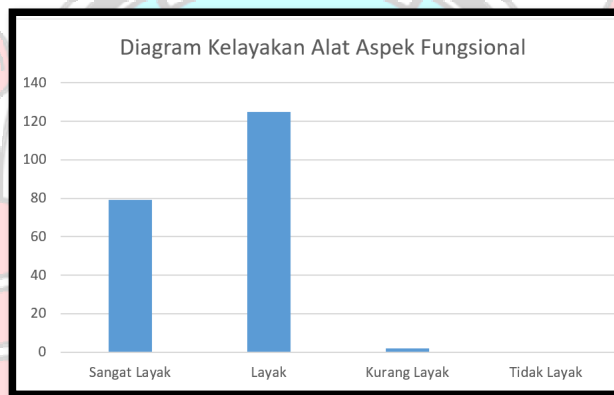


Gambar 4. 19 Kegiatan Uji Coba dan Survey Kelayakan Alat di SMKN 5 Makassar

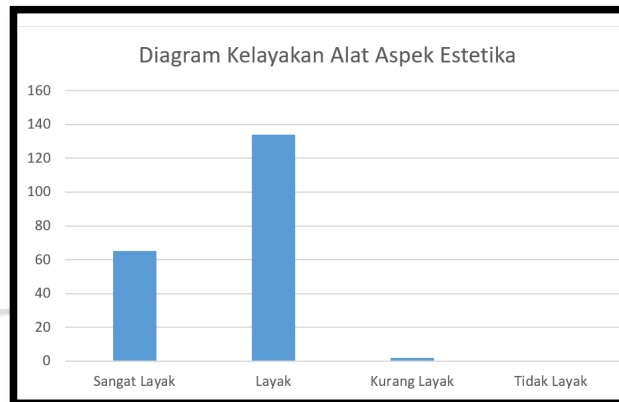
Diagram dibawah adalah hasil dari uji kelayakan pemakaian alat pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik dari tiga aspek. Diagram kelayakan alat pada aspek manfaat dapat di lihat pada gambar 4.21, diagram kelayakan alat pada aspek fungsional dapat dilihat pada gambar 4.22 dan diagram kelayakan alat pada aspek estetika dapat dilihat pada gambar 4.23



Gambar 4. 20 Diagram Persentase Kelayakan Alat Pada Aspek Manfaat



Gambar 4. 21 Diagram Persentase Kelayakan Alat Pada Aspek Fungsional



Gambar 4. 22 Diagram Persentase Kelayakan Alat Pada Aspek Estetika

4.2 Pembahasan

4.2.1 *Hardware* Sistem Pembelajaran Monitoring Motor Listrik

Hardware merupakan alat pembelajaran *system* monitoring motor listrik dirancang portable yang sederhana guna mempermudah peserta didik maupun tenaga pendidik untuk melakukan praktikum. Alat ini dilengkapi dengan Motor Listrik DC sebagai akuator dan beberapa komponen pendukung sebagai *controller*.

Alat ini memiliki satu jenis pengontrolan yakni pengontrolan PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dikontrol lewat mikrokontroler Arduino Uno dan hasil pembacaan atau monitoring dari sensor arus, tegangan, dan kecepatan menggunakan mikrokontroler PLC Outseal. Kemudian untuk mengirim data pembacaan ketiga sensor tersebut ke *Firestore* menggunakan Mikrokontroler ESP32 dengan metode komunikasi serial.

Perancangan media pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik ini dapat menjadi alternative bagi tenaga pendidik untuk

memperkenalkan prinsip kerja dan karakteristik motor listrik, karena telah dilengkapi dengan komponen-komponen utama diantara motor listrik DC, serta sensor arus, tegangan dan kecepatan sebagai komponen yang digunakan untuk memonitoring input dan output motor listrik.

4.2.2 *Software* Sistem Pembelajaran Trainer Motor Listrik

Software pembelajaran sistem monitoring motor listrik ini dirancang berbasis online, *user* dapat membuka aplikasi jika perangkat terhubung ke jaringan internet. Sebelum melakukan pengontrolan otomatis *user* harus memastikan perangkat yang digunakan tersambung dengan internet, serta ESP32 terpasang pada *hardware* mendapat koneksi internet dari jaringan yang ada di sekitarnya. Perlu diperhatikan agar menggunakan jaringan yang stabil untuk meminimalisir *delay* pada aplikasi dan alat.

Untuk sistem *Software* yang telah dibuat berbasis aplikasi dan menggunakan database yang digunakan untuk media penghubung dari aplikasi ke alat pembelajaran, untuk metode yang dipakai dari ESP32 terhubung ke PLC *Outseal* dengan menggunakan

Tampilan simulasi atau *website* dapat mempermudah tenaga pendidik dan peserta didik dalam memahami alur atau prinsip kerja pada modul pembelajaran sistem monitoring motor listrik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan mengenai penelitian Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Kontrol Dan Monitoring Motor Listrik dapat disimpulkan:

1. Desain Portable dari alat ini diharapkan dapat mempermudah tenaga pendidik dalam mendemonstrasikan modul pembelajaran ini ke peserta didik baik dalam lingkup sekolah/kampus maupun diluar yang dirancang dan disesuaikan dengan kebutuhan serta prinsip kerja motor listrik dengan menyediakan komponen-komponen utama (akuator) dan komponen pembantu (*controller*) yang mudah untuk di akses sehingga dalam memahami cara kerja modul pembelajaran ini lebih mudah
2. Modul ini dikontrol manual untuk mengatur kecepatan putaran pada motor listrik DC, dan pembacaan data sensor input dan output yang dapat dimonitoring datanya pada grafik *realtime* yang tersedia pada laman setiap percobaan. Komponen ESP32 sebagai mikrokontroler yang mengambil data pembacaan sensor dari PLC *Outseal* kemudian mengirim datanya ke *realtime database firebase*.

5.2 Saran

Setelah melakukan rangkaian penelitian Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Kontrol Dan Monitoring Motor Listrik, terdapat beberapa saran:

1. Penambahan lebih banyak percobaan pada modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik ini, seperti pengontrolan kecepatan menggunakan sistem *control* PID.
2. Melakukan optimalisasi pada modul pembelajaran serta desain *website* untuk meminimalisir miskomunikasi serta penambahan sistem keamanan pada alat.
3. Penambahan lampu indikator pada *WiFi* saat modul telah tersambung pada *WiFi* yang dipilih oleh *user*.
4. Menambahkan modul relay pada output PLC *Outseal* agar penggunaan PLC *Outseal* dapat digunakan secara optimal dan sesuai dengan kebutuhan industri.
5. Menggunakan sensor *rotary encoder* untuk pengukuran kecepatan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Hamalik (2003) Lumbung Pustaka UNY.
<http://eprints.uny.ac.id/8313/3/bab%20%20%3DNIM.%2008511241026.pdf>
- Andriawan. “Motor Dc Terhadap Pembebanan Berbasis Labview Program Studi Pendidikan Teknik Elektro.” *Skripsi*, 2016.
- Hammi, Tarkul, et al. “Pengembangan Trainer Instalasi Motor Listrik Untuk.” *Jurnal Teknologi Elektro Dan Kejuruan*, vol. 30, no. 1, 2020, pp. 1–13, <https://doi.org/10.17977/um034v30i1p1-13>.
- Krismadinata, Krismadinata, et al. “Pengembangan Training Kit Kendali Elektronik Pada Mata Pelajaran Mengoperasikan Sistem Kendali Elektronik.” *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, vol. 18, no. 1, 2021, p. 89, <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v18i1.29502>.
- Muhammad, Andi, et al. *Proposal Skripsi Rancang Bangun Trainer Motor 3 Fasa Dengan Proposal Skripsi Rancang Bangun Trainer Motor 3 Fasa Dengan Media Monitoring Smartphone*. no. January, 2020, pp. 0–30, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27041.43366>.
- Sutaji, Sigit Imam. “Pengembangan Training Kit Sensor Dasar Pada Mata Pelajaran Sensor Dan Aktuator Kompetensi Keahlian Teknik Elektronika Industri Di Smkn 2 Pengasih.” *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 2018, <http://eprints.uny.ac.id/59958/>.
- Syahputra, Dicky, et al. *Universitas Negeri Semarang 2019*. 2019, p. 2019.
- Bakhtiar, Agung. 2019. “Panduan Dasar Outseal PLC.” *Agung Bakhtiar*: 1–183.
- Basuki, Budi. 2018. “Pembuatan Training Kit Pneumatik Untuk SMKN I Ngawen Kabupaten Gunungkidul.” *Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat* 1(1).
- drg. Indah Suasani Wahyuni, S P M. 2020. *PEMBELAJARAN KREATIF*. Penerbit NEM. (<https://books.google.co.id/books?id=7hD6DwAAQBAJ>).
- Suyuti, R.N.M.A. 2018. *Perancangan Mesin-Mesin Industri*. Deepublish. (<https://books.google.co.id/books?id=SJ1LDwAAQBAJ>).
- Prasetyo, E. 2015. *TERNYATA PENELITIAN ITU MUDAH: Panduan Melaksanakan Penelitian Bidang Pendidikan*. eduNomi. (<https://books.google.co.id/books?id=XpWJDAAAQBAJ>).
- Bagia, I.N. 2018. Motor-Motor Listrik. Penerbit CV. Rasi Terbit: 1-4.
- Sulistiadji Koes, Pitoyo, Joko. 2009. Alat Ukur Dan Instrumen Ukur. (diunduh) <https://yusufhardianbhakti.files.wordpress.com>,

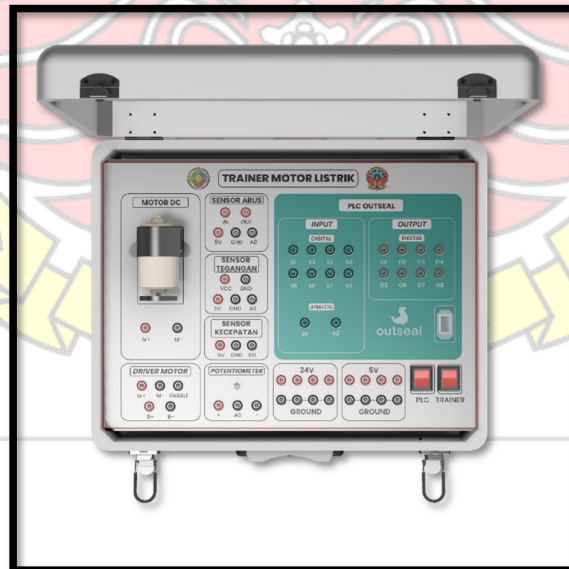
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1

Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Kontrol dan Monitoring Motor Listrik



Tampak Isometri



Tampak Atas



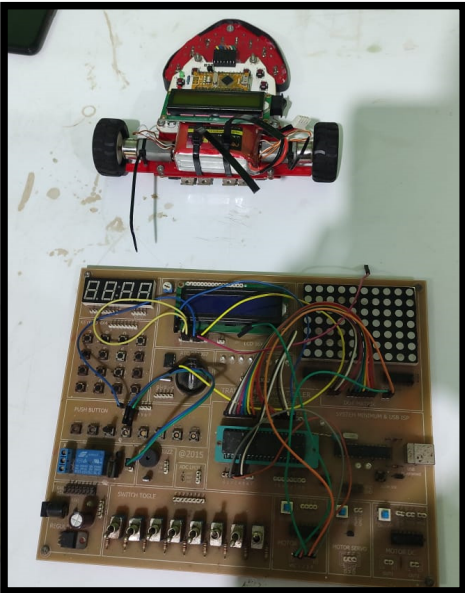
Tampak Depan



Lampiran 2

Dokumentasi kegiatan Observasi di sekolah dan perguruan tinggi yang berbasis vokasi





Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Kontrol dan Monitoring Motor Listrik

Muhammad Bahri¹, Zukipli², Lewi³, dan Imran Habriansyah⁴

^{1,2} Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

^{3,4} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

Corresponden Email: muhammadbahri870@gmail.com

Abstract: *The development of industrial technology, such as sensors and electric motor actuators, has a broad impact on various industrial sectors. Vocational education in Indonesia is also under experience changes to meet industry needs and create skilled human resources. Learning media innovations such as multimedia and video presentations, as well as the use of electric motor trainer learning tools were developed as solutions to enhance limited facilities in vocational schools. The aim of this research is to produce a learning hardware module for an electric motor control and monitoring system that is portable and easy to learn as well as learning software for an electric motor control and monitoring system that can be controlled remotely. This research uses the 4D model R&D method (Define, Design, Development and Dissemination). Based on this feasibility test, 85% of respondents expressed that this tool was suitable to be used as a learning module for electric motor control and monitoring systems in vocational schools.*

Keyword: *Learning tools, Electric Motor, Virtual Lab, PLC*

Abstrak: Perkembangan teknologi industri, seperti sensor dan aktuator motor listrik berdampak luas di berbagai sektor industri. Pendidikan vokasi di Indonesia juga mengalami perubahan untuk memenuhi kebutuhan industri dan menciptakan SDM berkualitas. Inovasi media pembelajaran seperti presentase multimedia dan video, serta penggunaan alat pembelajaran trainer motor listrik dikembangkan sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan sarana disekolah vokasi, adapun tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan *hardware* modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik yang *portable* dan mudah dipelajari serta *software* pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik yang dapat dikontrol dari jarak jauh. penelitian ini menggunakan metode R&D model 4D (*Define, Design, Development and Dissemination*). Berdasarkan uji kelayakan ini diperoleh 85% responden menyatakan alat ini layak untuk menjadi modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik di sekolah vokasi.

Kata Kunci: Modul Pembelajaran, Motor Listrik, Virtual Lab, PLC

I. PENDAHULUAN

Teknologi industri sekarang ini sedang berkembang sangat pesat terutama dalam bidang sensor dan aktuator. Sensor dan aktuator sudah diterapkan diberbagai sektor industri, hotel, rumah maupun sektor lainnya. Penggunaan di sektor industri seperti sistem keamanan, sistem penghitungan, sistem packing dan monitoring sudah menggunakan teknologi sensor untuk memaksimalkan kegiatan di industri tersebut. Oleh karena itu, perkembangan teknologi di bidang sensor dan aktuator sangat membantu untuk mengefisienkan proses produksi dan meningkatkan kualitas.

Perkembangan teknologi yang dinamai transformasi digital ini sangat mempengaruhi bagaimana kualitas sumber daya manusia sebagai factor penting dalam kemajuan teknologi. Pemerintah Indonesia telah mengambil langkah dengan menerbitkan peraturan Presiden No. 68 Tahun 2022 untuk mengubah pendidikan vokasi yang berorientasi *supply* menjadi *demand* (permintaan). Tujuan dari perubahan ini adalah untuk menghasilkan tenaga kerja yang sesuai dengan kebutuhan industri dan mampu menjadi pengusaha mandiri. SDM Indonesia harus dipersiapkan dengan baik agar tidak tertinggal dalam era

revolusi industri yang semakin pesat. oleh karena itu Pendidikan vokasi sangat diperlukan untuk memastikan kualitas SDM Indonesia tetap bersaing dalam skala global.

Program vokasi bertujuan untuk mempersiapkan pelajar dalam bidang keahlian tertentu seperti Teknik, industri dan kesehatan. focus dari program vokasi adalah pengembangan keterampilan praktis dan aplikasi teori dalam situasi nyata sehingga lulusanya siap kerja dan mampu bersaing di pasar global. Pendidikan vokasi memiliki karakteristik gabungan dan fungsi pendidikan, pelatihan teori dan praktik yang berorientasi pada keterampilan dan kesiapan kerja. Praktikum merupakan bagian penting dari pendidikan vokasi dimana peserta didik dapat mempraktikkan kemampuan kognitif, afektif dan psikomotorik menggunakan sarana laboratorium.

Namun terdapat kendala dalam mencapai pendidikan vokasi, terutama keterbatasan sarana dan prasarana dalam suatu institusi khususnya laboratorium yang memerlukan investasi biaya tinggi. Inovasi teknologi seperti pengembangan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan dapat membantu mencapai tujuan dari pendidikan vokasi. salah satu bentuk inovasi yang diusulkan adalah modul pembelajaran seperti persentasi multimedia, video dan simulasi yang membantu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran pada pendidikan vokasi. penggunaan modul pembelajaran ini juga dapat memperluas jangkauan materi pembelajaran, mempermudah akses bagi pelajar dengan keterbatasan termasuk pembelajaran jarak jauh.

selain itu, penggunaan modul pembelajaran ini berupa trainer atau peralatan laboratorium juga dianggap efektif dalam meningkatkan hasil belajar pelajar. penelitian menunjukan keefektifan modul pembelajaran motor listrik sebagai media pembelajaran untuk pengontrolan/monitoring berangkat dari kendala dan potensi solusi di atas, penulis tertarik untuk mengembangkan modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik guna meningkatkan efektivitas pembelajaran di sekolah vokasi.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian *research and development (R&D)*, dengan model 4D yaitu, *Define, Design, Development and Dissemination*. model ini diperkenalkan oleh Thiagerahan pada tahun 1974.

1. *Define*

Menurut Eko Prasetyo (2015:43), pada tahap ini peneliti berusaha merumuskan secara detail hal apa saja yang menjadi permasalahan utama yang nantinya akan dijadikan sebagai landasan pengembangan produk dalam kegiatan penelitian dan pengembangan. Pada tahap ini peneliti melakukan kegiatan menganalisis permasalahan, kelemahan atau kondisi yang menjadi pemicu untuk melakukan penelitian ini dengan melakukan studi literatur.

2. *Design*

Prosedur desain atau perencanaan produk disusun sedetail dan serapi mungkin untuk memudahkan proses implementasi. Desain pengembangan hendaknya disusun dengan sangat jelas dan teliti (Eko Prasetyo, 2015). Setelah memastikan permasalahan pada tahap define peneliti selanjutnya menentukan konsep yang akan diterapkan dalam perancangan sistem pembelajaran baik dari segi mekani, elektronik maupun kontrol.

3. *Development*

Menurut Eko Prasetyo (2015:45), dalam fase ini, seorang peneliti menerapkan rencana yang telah disusun ditahap sebelumnya. Pada fase inilah proses pengembangan produk dilakukan. Pada tahap ini peneliti mulai melakukan pembuatan rancang bangun sistem pembelajaran dari sisi mekanik, elektronik dan serah sesuai konsep yang telah dibuat pada tahapan design.

4. *Dissemination*

Setelah produk yang diciptakan diyakini telah baik, maka fase paling akhir adalah menyebarluaskan hasil penelitian pengembangan yang telah dilakukan (Eko Prasetyo, 2015).

Setelah pembuatan rancang bangun selesai, selanjutnya akan dilakukan pengujian kelayakan, pengujian dilakukan dengan cara menjalankan setiap fungsi yang ada pada sistem pembelajaran, apabila masih terdapat fungsi yang tidak sesuai maka akan dilakukan perbaikan, jika sudah sesuai maka seluruh data hasil penelitian akan diolah dan disusun dalam laporan akhir penelitian.

B. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data digunakan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian yang kemudian akan dianalisis guna menjawab permasalahan dalam penelitian, Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah pengujian alat dan kuesioner (google form).

1. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan menguji coba setiap fitur yang ada pada modul pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik apakah berjalan sesuai fungsinya, baik dari segi hardware maupun software.

2. Kuesioner (*Google Form*)

Kuesioner adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberikan beberapa pertanyaan/pernyataan kepada responden dalam hal ini tenaga pendidik dan peserta didik untuk menilai modul yang telah dikembangkan. Penyusunan kuesioner menggunakan skala Likert dengan empat pilihan guna menggunakan perbedaan sikap responden.

Terdapat tiga aspek penelitian yang akan di nilai oleh responden pada kuesioner yang akan dibagikan, yakni:

a. Aspek manfaat

Aspek ini menilai tingkat kemanfaatan modul yang dirancang sebagai media pembelajaran. Kesesuaian media pembelajaran dengan materi yang dibutuhkan oleh peserta didik pada sekolah vokasi.

b. Aspek fungsi software dan hardware

Aspek ini berfungsi untuk menilai kinerja hardware dan software dari modul pembelajaran apakah berjalan sesuai dengan fungsinya.

c. Aspek estetika

Aspek ini berfungsi untuk menilai tampilan unik dari modul pembelajaran baik dari sisi hardware maupun software

C. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menguji coba keberhasilan alat kepada tenaga pendidik dan pelajar pada sekolah vokasi baik pada perguruan tinggi maupun sekolah kejuruan dengan cara melakukan praktik secara langsung.

Adapun teknik pengumpulan data dengan menggunakan kuesioner akan dilakukan analisis menggunakan metode analisis menggunakan metode analisis deskriptif dengan cara membagi jawaban kedalam 4 (empat) pilihan yang dapat dipilih responden, yaitu sangat layak (4), layak (3), kurang layak (2) dan tidak layak (1). Setelah mendapatkan tabulasi skor, langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut.

Menentukan rentang skor, yaitu skor maksimum dan minimum, $\min = 1 \times \text{jumlah butir}$; $\max = 4 \times \text{jumlah butir}$. menemukan kelas mean ideal dan simpangan baku ideal ($MI = \frac{1}{2} \times (\max + \min)$; $SBI = \frac{1}{6} \times (\max - \min)$). Menyusun kelas interval dimulai dari skor terkecil sampai terbesar. Pembagian jarak interval dicari dengan membuat kurva normal yang dibagi 4 skala. 4 skala = 6 SBI; 1 skala = 1,5 SBI.

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Alat Pembelajaran

Kriteria Kelayakan Alat Pembelajaran	
Kategori Penilaian	Interval Nilai
Sangat Layak	$MI + (1,5 \times SBI) \leq S \leq \max$
Layak	$MI < S \leq MI + (1,5 \times SBI)$
Kurang Layak	$MI - (1,5 \times SBI) < S \leq MI$
Tidak Layak	$\min < S \leq MI - (1,5 \times SBI)$

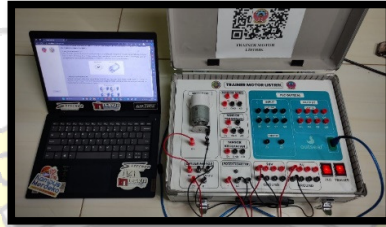
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah website dan modul pembelajaran Motor Listrik berbentuk portable. Alat dibuat dalam bentuk peraga mekanis dengan pengontrolan akuator menggunakan PLC Outseal dan simulasi pada website. Terdapat dua jenis control pada modul pembelajaran Motor Listrik yaitu control manual yang dapat dilakukan secara langsung pada hardware dan pengontrolan otomatis yang dilakukan melalui website.



Gambar 1. Hasil Rancang Bangun Modul Pembelajaran

Pada percobaan pertama, motor listrik DC dirangkai ke Pin M+ dan M- pada driver motor, kemudian B+ dan B- pada driver motor dihubungkan ke tegangan 24V dan Enable pada driver motor dihubungkan ke Pin A0 ke Potentiometer, selanjutnya Pin + dan Pin - pada Potentiometer dihubungkan ke tegangan 5V dan Ground. Seperti pada gambar 4.16 ketika Potentiometer diputar 58 derajat kanan atau searah jarum jam maka motor listrik DC akan hidup dan semakin bertambah kecepatan atau PWM motor sesuai dengan putaran pada Potentiometer.



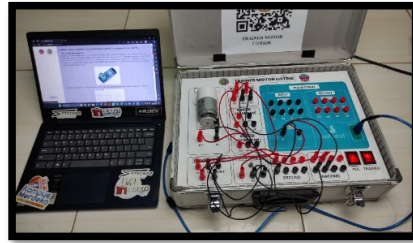
Gambar 2. Uji Coba 1

Selanjutnya, pada percobaan kedua merujuk pada pengukuran tegangan motor listrik DC, rangkain pada pengontrol kecepatan motor listrik digabungkan dengan rangkaian pembacaan sensor tegangan dengan Pin 5V dan Ground pada sensor tegangan dihubungkan ke tegangan power 5V dan Ground. Kemudian Pin A0 pada sensor tegangan dihubungkan ke Pin A1 Analog pada PLC Outseal. Pin VCC pada sensor tegangan dihubungkan ke Pin M+ pada motor DC dan Pin Ground pada sensor tegangan dihubungkan ke Pin M - pada motor listrik DC. Percobaan ini akan menghasilkan pembacaan tegangan dan dapat dilihat pada grafik *realtime* di halaman percobaan kedua pada *website* praktikum motor listrik DC, seperti pada Gambar 3.



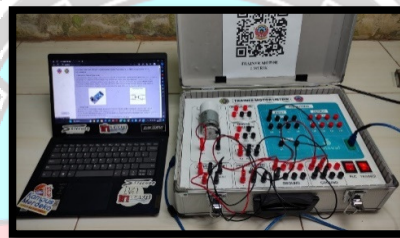
Gambar 3. Uji Coba Pengukuran Tegangan

Percobaan ketiga, yaitu pengukuran arus input motor listrik DC. Pin M+ pada driver motor dihubungkan ke Pin IN pada sensor arus, kemudian Pin Out pada Sensor arus dihubungkan ke Pin M+ pada motor listrik DC. Setelah itu, pin 5V dan pin Ground pada sensor arus dihubungkan ke tegangan power 5V dan Ground dan pin A0 pada sensor arus dihubungkan ke pin A2 analog pada PLC Outseal. Percobaan ini akan menghasilkan pembacaan arus dan dapat dilihat pada grafik *realtime* di halaman percobaan ketiga pada *website* praktikum motor listrik DC, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Uji Coba Pengukuran Arus

Selanjutnya percobaan yang terakhir yaitu percobaan pengukuran kecepatan dengan menghubungkan Pin 5V dan Pin *Ground* Pada sensor kecepatan ke tegangan Power 5V dan *Ground*, kemudian Pin D0 dihubungkan ke Pin digital input S1 pada PLC *Outseal*. Percobaan ini juga menampilkan jumlah kecepatan yang dapat dilihat hasilnya pada grafik *realtime* halaman percobaan keempat pada *website* praktikum, seperti pada gambar 5



Gambar 5. Uji Coba Pengukuran Putaran

Tabel 2. Data Respon Time

Variabel	Delay ESP32	Delay Firebase	Delay Website
Tegangan	0.39	1.02	2.65
Arus	0.39	1.33	2.28
Kecepatan	0.39	0.68	1.19

Waktu respon pada pengambilan data ESP32 dari PLC *Outseal* terbilang cepat dengan durasi waktu 0.39s untuk ketiga sensor secara bersamaan. Namun terdapat *delay* yang berbeda pada ketiga sensor saat pengiriman data dari ESP32 ke *Firebase*. Pada pengiriman data sensor tegangan, *delay* pengiriman datanya selama 1.02s, kemudian untuk pengiriman data untuk sensor arus itu selama 1.33s dan untuk pengiriman data sensor kecepatan terbilang cepat dengan *delay* waktu selama 0.68s. Untuk respon waktu pada PLC *Outseal* ke *website* terdapat *delay* yang lumayan lama dan berbeda waktu responnya untuk setiap sensor. *Delay* pada sensor tegangan ke *website* selama 2.65, untuk *delay* sensor arus selama 2.28 dan untuk *delay* sensor kecepatan itu selama 1.19. Hal ini dikarenakan pada data yang diproses pada mikrokontroler ESP32 kemudian melakukan parsing data dan mengirim data ke *firebase* tidak secara bersamaan.

Perbandingan pengukuran sensor tegangan dengan pengukuran manual menggunakan multimeter terdapat pembacaan yang tidak relevan. Pembacaan sensor

tegangan dilihat pada tabel 2 Tidak akurat pada PWM motor 50, dimana pembacaan sensor tegangan terdapat 1.7V sedangkan pada pembacaan tegangan pada alat multimeter sebesar 5.56V. kemudian pada PWM motor 100 terdapat selisih tegangan antara pengukuran sensor dengan multimeter yang kecil, dimana pembacaan sensor sebesar 7.8V sedangkan pada multimeter sebesar 7.93V.

kemudian pada PWM motor sebesar 150 terdapat selisih pengukuran yang tidak jauh pula, dimana pengukuran pada sensor tegangan sebesar 12.0V sedangkan pada pengukuran multimeter sebesar 11.7V. Namun pada pengukuran tegangan pada PWM motor sebesar 200 dan 250 terdapat selisih tegangan yang sangat besar. Pada sensor tegangan, pengukurannya menampilkan pembacaan tegangan sebesar 24V pada PWM motor sebesar 200, dan pembacaannya pada PWM motor 250 juga pembacaannya sebesar 24V sedangkan pengukuran multi pada PWM motor 200 dan 250 berkisar pada 17.3V dan 24.3V

Tabel 3. Data Pengukuran Konvensional.

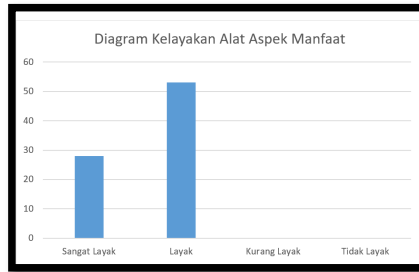
PWM Motor	Tegangan (V)	Arus (I)	Kecepatan (RPM)
50	1.7	1.71	4610.7
100	7.8	2.08	6847.9
150	12.0	2.15	11461.0
200	17.8	2.24	17142.0
250	24.3	2.42	23256.0

Tabel 4. Data Pengukuran Sensor

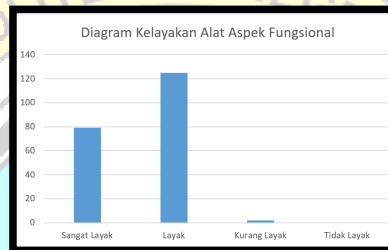
PWM Motor	Tegangan (V)	Arus (I)	Kecepatan (RPM)
50	5.56	1.37	2160
100	7.93	1.79	660
150	11.07	2.25	420
200	24.00	2.1	240
250	24.00	2.36	180

Namun selisih pengukuran sensor arus dengan pengukuran multimeter tidak terlalu besar. Dapat dilihat pada tabel 3 selisih pengukuran sensor arus dengan multimeter hanya berkisar 0.5-1A dan dapat dikatakan bahwa pengukuran arus cukup akurat. Pengukuran pada sensor kecepatan dan alat ukur manual penghitung kecepatan (*tachometer*) terdapat pengukuran yang tidak akurat pada sensor kecepatan. Semakin besar jumlah PWM motor, maka pembacaan kecepatan pada sensor semakin berkurang. Hal ini dikarenakan karena tingkat akurasi dari sensor yang sangat rendah sehingga pembacaan kecepatan tidak bisa dijadikan sensor yang tepat untuk penggunaan pengukuran yang tepat.

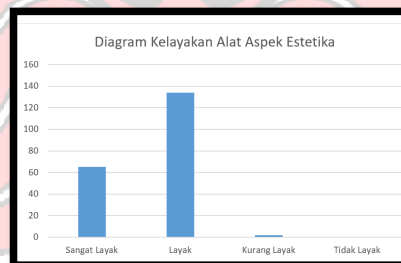
Uji kelayakan alat pembelajaran sistem kontrol dan monitoring motor listrik dilakukan di dua lokasi, yakni SMKN 5 Makassar dan Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan total responden 43 orang, diantaranya 31 Siswa, 1 Guru, 11 Mahasiswa. dengan menguji tiga aspek (Aspek Manfaat, Aspek Fungsional, dan Aspek Estetika) Diagram dibawah ini adalah hasil dari uji kelayakan pemakaian Modul Pembelajaran sistem control dan monitoring motor listrik.



Gambar 6. Diagram Persentase Kelayakan Alat Pada Aspek Manfaat



Gambar 7. Diagram Persentase Kelayakan Alat Pada Aspek Fungsional



Gambar 8. Diagram Persentase Kelayakan Alat Pada Aspek Manfaat

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan mengenai penelitian Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Kontrol Dan Monitoring Motor Listrik dapat disimpulkan:

1. Desain Portable dari alat ini diharapkan dapat mempermudah tenaga pendidik dalam mendemonstrasikan modul pembelajaran ini ke peserta didik baik dalam lingkup sekolah/kampus maupun diluar yang dirancang dan disesuaikan dengan kebutuhan serta prinsip kerja motor listrik dengan menyediakan komponen-komponen utama (akuator) dan komponen pembantu (*controller*) yang mudah untuk di akses sehingga dalam memahami cara kerja modul pembelajaran ini lebih mudah

2. Modul ini dikontrol manual untuk mengatur kecepatan putaran pada motor listrik DC, dan pembacaan data sensor input dan output yang dapat dimonitoring datanya pada grafik *realtime* yang tersedia pada laman setiap percobaan. Komponen ESP32 sebagai mikrokontroler yang mengambil data pembacaan sensor dari PLC *Outseal* kemudian mengirim datanya ke *realtime database firebase*.

UCAPAN TERIMA KASIH

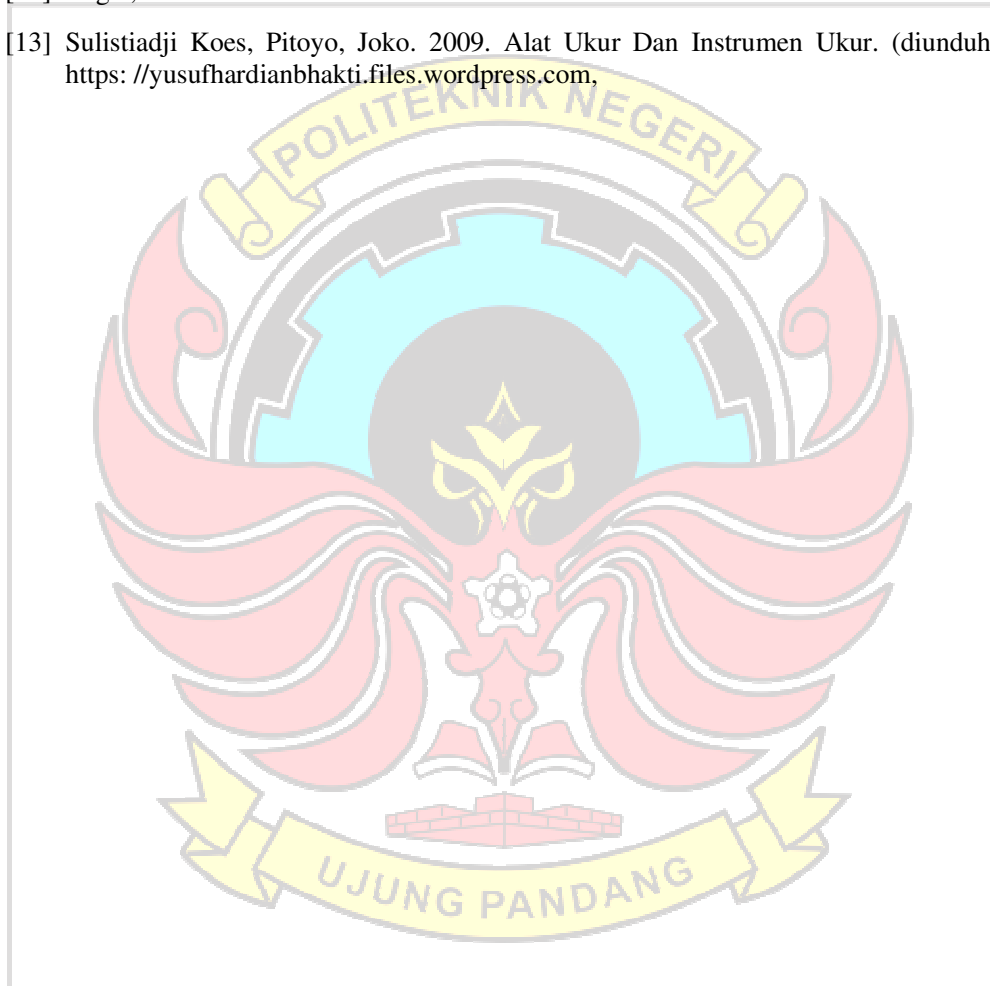
Sembah sujud yang terdalam tidak ada yang pantas diberikan kepada selain sang Arsitek Agung alam semesta yang sedemikian indah-Nya, tak ada arti semua tanpa-Nya, keadaan kita karena izin dari-Nya. Pengembalian risalah suci bagi semesta Pemantik senyum bagi seluruh alam, Penyenang hati bagi mereka yang ingin mengetahui esensi dari dunia ini sebenarnya. Tauladan tak tergantikan Rasulullah Muhammad SAW.

Penyusunan laporan penelitian ini berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Motor Listrik” dapat diselesaikan dengan baik meskipun terdapat beberapa hambatan dalam proses penyusunan. Namun, berkat doa dan suport orang tua yang tak terhingga, bantuan dosen pembimbing yang senantiasa mengawal proses penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini, serta seluruh elemen yang terlibat sehingga dapat di selesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriawan. “Motor Dc Terhadap Pembebanan Berbasis Labview Program Studi Pendidikan Teknik Elektro.” *Skripsi*, 2016
- [2] Hammi, Tarkul, et al. “Pengembangan Trainer Instalasi Motor Listrik Untuk.” *Jurnal Teknologi Elektro Dan Kejuruan*, vol. 30, no. 1, 2020, pp. 1–13, <https://doi.org/10.17977/um034v30i1p1-13>.
- [3] Krismadinata, Krismadinata, et al. “Pengembangan Training Kit Kendali Elektronik Pada Mata Pelajaran Mengoperasikan Sistem Kendali Elektronik.” *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, vol. 18, no. 1, 2021, p. 89, <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v18i1.29502>.
- [4] Muhammad, Andi, et al. *Proposal Skripsi Rancang Bangun Trainer Motor 3 Phasa Dengan Proposal Skripsi Rancang Bangun Trainer Motor 3 Phasa Dengan Media Monitoring Smartphone*. no. January, 2020, pp. 0–30, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27041.43366>.
- [5] Sutaji, Sigit Imam. “Pengembangan Training Kit Sensor Dasar Pada Mata Pelajaran Sensor Dan Aktuator Kompetensi Keahlian Teknik Elektronika Industri Di Smkn 2 Pengasih.” *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 2018, <http://eprints.uny.ac.id/59958/>.
- [6] Syahputra, Dicky, et al. *Universitas Negeri Semarang 2019*. 2019, p. 2019.
- [7] Bakhtiar, Agung. 2019. “Panduan Dasar Outseal PLC.” *Agung Bakhtiar*: 1–183.
- [8] Basuki, Budi. 2018. “Pembuatan Training Kit Pneumatik Untuk SMKN I Ngawen Kabupaten Gunungkidul.” *Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat* 1(1).

- [9] drg. Indah Suasani Wahyuni, S P M. 2020. *PEMBELAJARAN KREATIF*. Penerbit NEM. (<https://books.google.co.id/books?id=7hD6DwAAQBAJ>).
- [10] Suyuti, R.N.M.A. 2018. *Perancangan Mesin-Mesin Industri*. Deepublish. (<https://books.google.co.id/books?id=SJ1LDwAAQBAJ>).
- [11] Prasetyo, E. 2015. *TERNYATA PENELITIAN ITU MUDAH: Panduan Melaksanakan Penelitian Bidang Pendidikan*. eduNomi. (<https://books.google.co.id/books?id=XpWJDAAAQBAJ>).
- [12] Bagia, I.N. 2018. *Motor-Motor Listrik*. Penerbit CV. Rasi Terbit: 1-4.
- [13] Sulistiadji Koes, Pitoyo, Joko. 2009. *Alat Ukur Dan Instrumen Ukur*. (diunduh) <https://yusufhardianbhakti.files.wordpress.com>,



Lampiran 5 Biodata Penulis



Muhammad Bahri lahir di Takalar tanggal 8 Februari 2001, dari ayah alm. Bachtiar dan ibu Rahmatia, penulis adalah anak kedua dari 3 bersaudara. Tahun 2013 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 46 Salaka dan di tahun itu juga penulis melanjutkan Pendidikan di MTs Muhammadiyah Salaka dan tamat pada tahun 2016 kemudian melanjutkan Pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Takalar dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis diterima pada salah satu perguruan tinggi berbasis vokasi di Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Program Studi D-IV Teknik Mekatronika. Penulis memiliki pengalaman magang di PT STECHOQ ROBOTIKA INDONESIA, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta pada Tahun 2022.



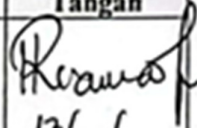
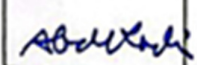

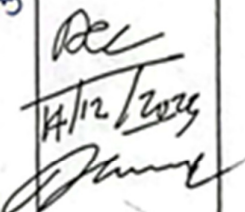
Zulkipli, Lahir di Panyurak, Kab. Enrekang pada tanggal 25 Juli 2001, dari ayah Andi Anto dan Ibu Sumina. Penulis adalah anak ke lima dari enam bersaudara. Tahun 2013 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 106 Panyurak. di tahun itu juga penulis melanjutkan Pendidikan di SMPN 1 Baraka dan tamat pada tahun 2016 kemudian melanjutkan Pendidikan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di SMKN 4 Enrekang Jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis diterima di salah satu perguruan tinggi negeri berbasis vokasi di Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Program Studi D-IV Teknik Mekatronika. Penulis memiliki pengalaman Praktek Kerja Lapangan di Workshop General Electric Kota Makassar pada Tahun 2018 dan di Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah 1 Bandung Jawa Barat pada Tahun 2022.

**LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN
UJIAN SIDANG SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Muhammad Bahri & Zulkipli

NIM : 444 19 040 & 444 19 048

Catatan/Daftar Revisi Penguji:

No.	Nama Dosen	Uraian	Tanda Tangan
1.	Sitti Sahriana	<ul style="list-style-type: none"> - Ganti halaman penerimaan & kata pengantar yg ada kata "proposisi" - Kata berkecayaan asing hrs. dicetak miring (Mis: power supply) - Latar belakang diringkas pada intinya, sumber-sumber miring politenik dan elektronika dihilangkan saja - Perbaiki rumusan masalah - Kutipan dari Hamalik (2003) pada Bab 2 tidak ada dlm. daftar pustaka 	 13/12/2023
2.	Abdul Kadir M.	<ul style="list-style-type: none"> - Ambilkan penjelasan cara setting parameter pada modul - Penjelasan metode kontrol yg digunakan pd. modul 	 14/12/2023
3.	Sukron Abadi	<ul style="list-style-type: none"> - Ubah istilah pd. tabel 4.2 menjadi "data pengukuran konvensional" - Jika menunjukkan, masukkan data kecepatan pada tabel 4.2 dan 4.3 yg. lebih logis 	 13/12/2023
4.	Prof. Simon Kalka	<ul style="list-style-type: none"> - Lengkapi atau ganti kata/istilah asing yg bisa mendinginnya (define, dll) - Perbaiki modul sampai hasilnya sama dengan yg. ada pd. video yg. dibaw - Sumber dokumentasi pribadi tidak perlu dicantumkan ket. sumbernya 	 14/12/2023



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "RANCANG BANGUN MODUL PEMBELAJARAN
SISTEM KONTROL DAN MONITORING MOTOR
LISTRIK"

Nama : 1. Muhammad Bahri 444 19 040

2. Zulkipli 444 19 048

Kelas : 4B Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Ir. Lewi, M.T.

Dosen Pembimbing II : Imran Habriansyah, S.ST., M.T.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	31/3/23	Seminar Progres I	- lengkapi data spesifikasi trainer pada sekolah - sekolah dan kampus	
2	08/4/23	Seminar Progres II	- Perbaiki RAB	
3	23/5/23	Seminar Progres	- komponen di cek dulu sebelum dirakit	
4	10/6/23	Asistensi	- Pengejaan tugas akhir diperevans	



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

5	Rabu, 14 Juni 2023	Asisten	- Tamplate website diperbaiki	
6	3/7/23	Asisten	- Perbaiki rangkaian elektronik	
7	25/8/23	Asisten	- Perbaiki program komunikasi	
8	29/8/23	Asisten	- Masukkan data pengukuran Mauvel dan pengukuran Center	
9	9/9/23	Asisten	- Kesimpulan & Saran - Daftar Pustaka - Daftar Isi	
10	13/9/23		<u>Ace ujian</u>	

Disahkan, 13/9/ 2023

Dosen Pembimbing I

Ir. Levi M.T.
NIP. 19650913 1991 006



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "RANCANG BANGUN MODUL PEMBELAJARAN
SISTEM KONTROL DAN MONITORING MOTOR
LISTRIK"

Nama : 1. Muhammad Bahri 444 19 040

2. Zulkipli 444 19 048

Kelas : 4B Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Ir. Lewi, M.T.

Dosen Pembimbing II : Imran Habriansyah, S.ST., M.T.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	10/08/23	Asistensi	- Perbaiki layout media Pembelajaran Motor Listrik	
2	11/08/23	Asistensi	- Perbaiki layout Trainer	
3	12/08/23	Asistensi	- Perbaiki rangkaian PLC output	
4	13/08/23	Asistensi	- Perbaiki rangkaian PLC output	



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

5	25/08/23	Asistensi	- Perbaiki tampilan desain website praktikum	h
6	29/08/23	Asistensi	- Tambahkan jobdesk Perencanaan pada website	h
7	7/9/23	Asistensi	- Masukkan data Perandaan Pengguna - Masukkan data Respon time - Masukkan data Aeronomi	h
8	14/9/23	Asistensi	- Perbaiki Flowchart Perancangan - Perbaiki Flowchart Sistem Kerja alat - Perbaiki Keampuhan	h
9				
10				

Disahkan,

2023

Dosen Pembimbing II

Imran Hibriansyah, S.ST., M.T.
NIP. 19881005 201903 1 009