

**DESAIN MODUL PRAKTIKUM INVERTER UNTUK MATA  
KULIAH ELEKTRONIKA DAYA PADA PROGRAM STUDI  
PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh :**

**Dewi Suriani**

**NIM. 190211029**

**Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan**



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**

**AR-RANIRY BANDA ACEH**

**2023 M/1445 H**

## PENGESAHAN PEMBIMBING

### DESAIN MODUL PRAKTIKUM INVERTER UNTUK MATA KULIAH ELEKTRONIKA DAYA PADA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

#### SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

DEWI SURIANI

NIM. 190211029

Mahasiswi Prodi Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Disetujui/Disahkan

A R - R A N I R Y

Pembimbing I



**Fathiah., M.Eng.**

Nip.1986066152019032010

Pembimbing II



**Muhammad Ikhsan, S.T., M.T.**

Nip.198610232023211028

## PENGESAHAN SIDANG

# DESAIN MODUL PRAKTIKUM INVERTER UNTUK MATA KULIAH ELEKTRONIKA DAYA PADA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

## SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus Serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam Ilmu Pendidikan Teknik Elektro

Tanggal: 23 November 2023 2023 M  
09 Jumadil Awal 1445 H

Tim Penguji

Ketua

Fathiah., M.Eng.

Nip.1986066152019032010

Sekretaris

Muhammad Ikhsan, S.T., M.T

Nip.198610232023211028

Penguji 1

Baihaqi., M.T

Nip.198802212022031001

Penguji 2

M. Rizal Fachri., S.T. M.T

Nip.198807082019031018

Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry  
Darussalam, Banda Aceh



Prof. Safrul Muluk, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D. /to

Nip.197301021997031003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dewi Suriani  
NIM : 190211029  
Tempat/ Tgl. Lahir : Gadang, 17 Desember 2000  
Alamat : Ds.Gadang, Kec. Susoh. Kab. Aceh Barat Daya  
Nomer HP : 085213210071

Menyatakan bahwa dalam penulisan kripsi ini saya,

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskahh karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerkan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap di kenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di fakultas tarbiyah dan keguruan uin ar-raniry banda aceh.

Demikian permtaan ini saya buat dengan keadaan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 20 Desember 2023

Yang Membuat Pernyataan,



## ABSTRAK

Nama : Dewi Suriani  
NIM : 190211029  
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan / Pendidikan Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Desain Modul Praktikum Inverter Untuk Mata Kuliah Elektronika Daya Pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro  
Tebal Skripsi : 82 Halaman  
Pembimbing I : Fathiah, M. Eng  
Pembimbing II : Muhammad Ikhsan, M.T.  
Kata Kunci : Elektronika Daya, SPWM, PWM, Modul praktikum

Materi inverter menjadi salah satu materi penting dalam mata kuliah elektronika daya. *Inverter* adalah perangkat elektronik yang mengubah arus searah (*DC*) menjadi arus bolak-balik (*AC*), konsep ini merupakan fondasi dalam bidang elektronika. Dikarenakan mata kuliah elektronika daya merupakan mata kuliah praktikum jadi membutuhkan modul praktikum sebagai perantara media ajarnya. Modul praktikum ini membahas materi *inverter* 3 fasa yang menggunakan metode penyaklaran *Pulse Width Modulation (PWM)* dan *Sinusoidal Pulse Width Modulation inverter (SPWM)*, melalui *software tinkercad* rangkaian dirangkai dan dilihat hasil gelombang keluaran dari kedua metode yang digunakan. Dalam medesain modul praktikum inverter 3 fasa menggunakan metode *Research and Development*. Penelitian ini menggunakan instrumen lembar validasi media dan materi untuk mengetahui kelayakan terhadap modul praktikum *inverter* 3 fasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase ahli media 94%, ahli materi 81% dan ahli bahasa didapat 84% sehingga modul praktikum *inverter* 3 fasa sangat layak digunakan juga dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami *inverter*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengembangan modul praktikum inverter 3 fasa dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi *inverter* dan meningkatkan minat belajar dan juga dapat menjadi alternatif bagi dosen dalam mengajar.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puja dan puji beserta syukur yang penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya serta memberikan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat beriring salam tidak lupa penulis hadiahkan kepada baginda Nabi besar Muhammad SAW yang berusaha payah membawa manusia dari alam jahiliah (kebodohan) menuju alam islamiah yang penuh ilmu pengetahuan.

Dengan izin Allah dan bantuan semua pihak penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Desain Modul Praktikum Inverter Untuk Mata Kuliah Elektronika Daya Pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**, skripsi yang sederhana ini di susun untuk salah satu syarat yang harus dipenuhi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dalam tugas akhir. Dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini tentunya penulis mendapat banyak bimbingan, arahan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, dan dari pihak akademis maupun non akademis, sehingga penulisan skripsi ini telah selesai dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat dan nikmat ilmu kepada kita sehingga Skripsi ini dapat di selesaikan.
2. Kepada ayah (Alm) tersayang, ibunda tercinta beserta keluarga besar yang telah semangat mendidik, membiayai setiap proses pendidikan, motivasi, membimbing dan senantiasa mendoakan yang terbaik agar Skripsi segera terselesaikan.

3. Terimakasih kepada Bapak Safrul Muluk, S.Ag., MA., M.Ed., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Terimakasih kepada Ibu Hari Anna Lastya, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Pendidikan Teknik Elektro.
5. Terimakasih kepada Ibu Fathiah, M.Eng selaku pembimbing I dan Muhammad Ikhsan, M.T selaku pembing II yang telah meluangkan waktu untuk memberi saran, nasehat, bimbingan dan banyak arahan untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Terimakasih kepada Baihaqi, M.T selaku penguji I dan Muhammad Rizal Fachri, M.T. selaku penguji II yang telah menguji kelayakan juga memberi saran dan kritikan semata agar Skripsi menjadi lebih baik untuk dimanfaatkan oleh banyak orang.
7. Terimakasih Kepada teman seperjuangan di leting 19 pendidikan teknik elektro yang selalu memotivasi serta membantu untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Walaupun banyak pihak yang membantu bukan berarti skripsi yang sederhana ini telah mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sangat dihargai demi kesempurnaan skripsi yang disusun. Kepada Allah SWT dan apabila terdapat kesalahn penulis mohon maaf disebabkan ilmu penulis masih banyak yang kurang.

Banda Aceh, 21 November 2023

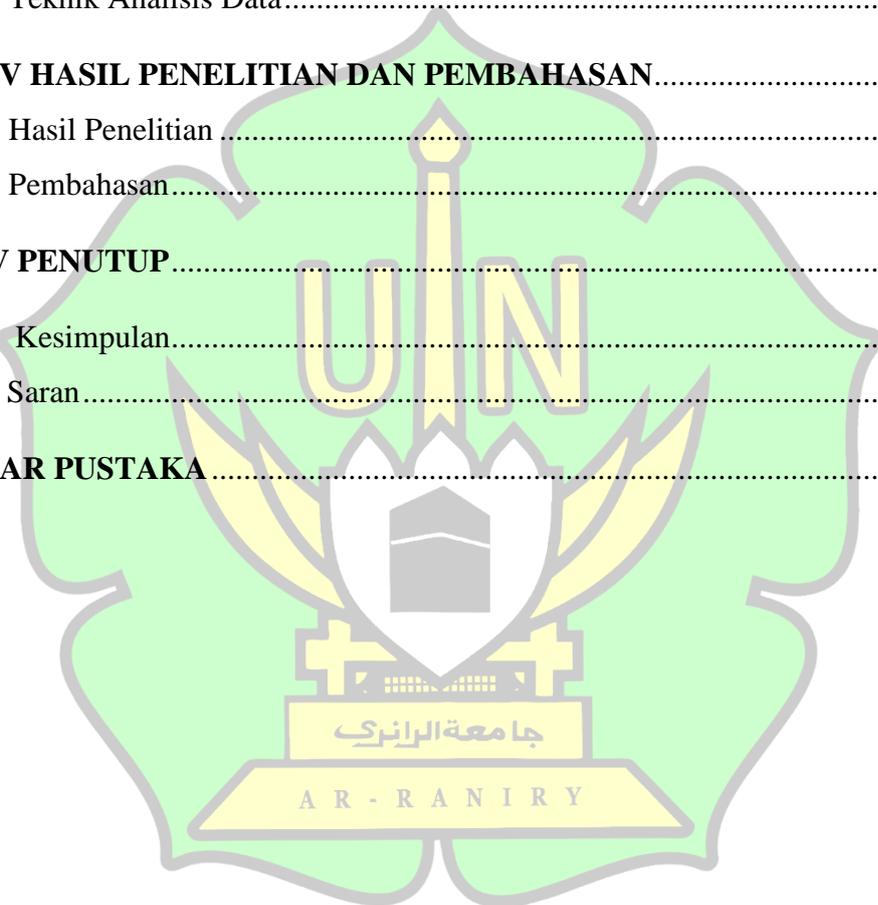
Penulis

(DEWI SURIANI)

## DAFTAR ISI

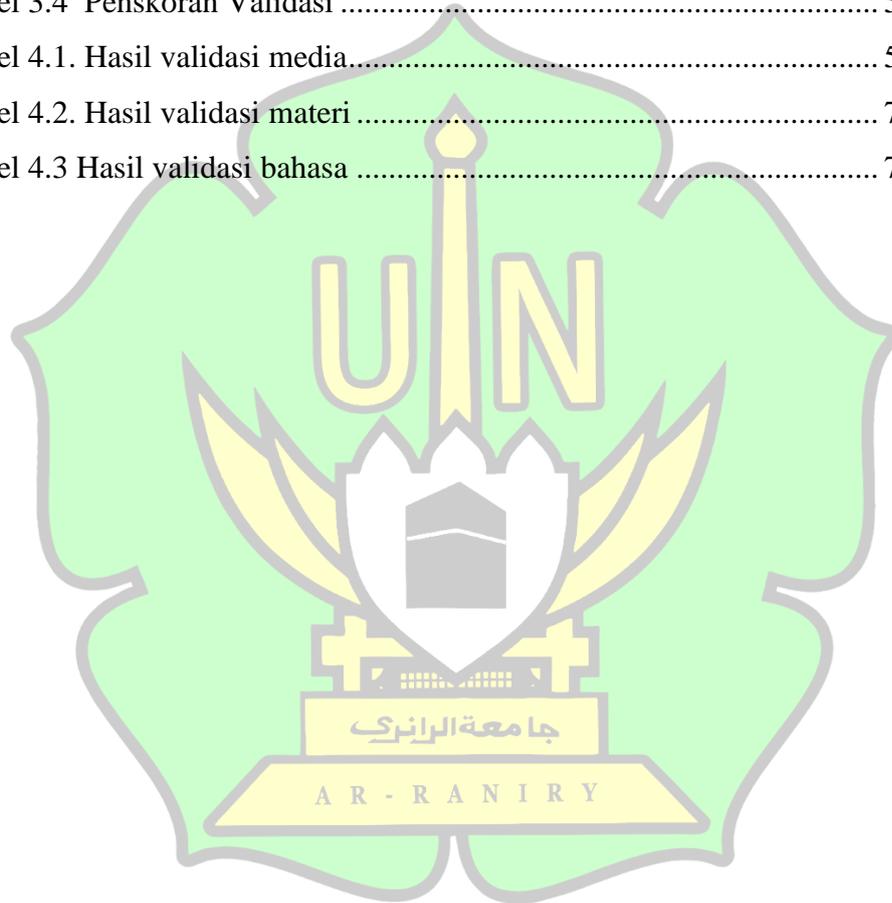
<b>HALAMAN SAMPUL JUDUL</b> .....	i
<b>PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>PENGESAHAN SIDANG</b> .....	iii
<b>KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Masalah .....	4
F. Definisi Operasional .....	4
G. Keaslian Penelitian .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORITIS</b> .....	8
A. Definisi Desain .....	8
B. Defenisi Modul .....	9
C. Kaidah penulisan modul .....	8
D. Fungsi Modul dan Tujuan Modul .....	15
E. Kelebihan dan Kekurangan Modul .....	16
F. Pengertian <i>Inveter</i> .....	17
G. Jenis-jenis Sumber <i>Inverter</i> .....	23
H. Jumlah Fasa <i>Inverter</i> .....	23
I. <i>Pulse Width Modulation</i> .....	27
J. <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i> .....	31
K. <i>Tinkercad</i> .....	34

L. Metode <i>R&amp;D</i> .....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>38</b>
A. Rancangan Penelitian .....	38
B. Jadwal dan Waktu Penelitian .....	50
C. Instrumen Pengumpulan Data .....	51
D. Teknik Pengumpulan Data .....	55
E. Teknik Analisis Data .....	55
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>57</b>
A. Hasil Penelitian .....	57
B. Pembahasan .....	76
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>79</b>
A. Kesimpulan .....	79
B. Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>80</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitiann Terdahulu.....	5
Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian.....	50
Tabel.3.2. Penilaian skala likert.....	52
Tabel 3.3 Kisi-kisi instrument validasi media .....	53
Tabel 3.4 Kisi-kisi instrument validasi materi.....	53
Tabel 3.5 Kisi-kisi instrument validasi bahasa .....	54
Tabel 3.4 Penskoran Validasi .....	56
Tabel 4.1. Hasil validasi media.....	53
Tabel 4.2. Hasil validasi materi .....	74
Tabel 4.3 Hasil validasi bahasa .....	75



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian daya <i>DC</i> ke <i>AC</i> .....	18
Gambar 2.2. Gelombang <i>sinus</i> .....	19
Gambar 2.3. Gelombang modifikasi persegi .....	20
Gambar 2.4. Gelombang persegi.....	21
Gambar 2.5. Prinsip kerja inverter 1 fasa .....	24
Gambar 2.6. Rangkaian 3 fasa .....	26
Gambar 2.7. Rangkaian <i>inverter</i> dengan metode <i>PWM</i> .....	29
Gambar 2.8. Rangkaian <i>inverter</i> dengan metode <i>SPWM</i> .....	33
Gambar 2.9. <i>Icon software tinkercad</i> .....	35
Gambar 2.10. Halaman kerja pada <i>tinkercad</i> .....	35
Gambar 2.11. Fitur kode pemrograman pada <i>tinkercad</i> .....	35
Gambar 3.1. Diagram alur desain modul .....	39
Gambar 4.1 Kode pemrograman <i>PWM</i> .....	58
Gambar 4. 2 kode pemrograman <i>SPWM</i> .....	59
Gambar 4. 3 Rangkaian dan bentuk gelombang <i>PWM</i> .....	60
Gambar 4. 4 Rangkaian dan bentuk gelombang <i>SPWM</i> .....	60
Gambar 4. 5 Desain cover.....	61
Gambar 4. 6 Kata pengantar.....	62
Gambar 4. 7 Daftar isi.....	63
Gambar 4. 8 Tata tertib .....	64
Gambar 4. 9 Petunjuk awal praktikum.....	65
Gambar 4. 10 Materi inverter.....	66
Gambar 4. 11 materi metode <i>PWM</i> dan <i>SPWM</i> .....	67
Gambar 4. 12 Prosedur percobaan .....	68
Gambar 4. 13 kode pemrograman .....	69
Gambar 4. 14 Lembar absensi.....	70
Gambar 4. 15 Lembar praktikum .....	71
Gambar 4. 16 Grafik hasil validasi .....	77

## DAFTAR LAMPIRAN

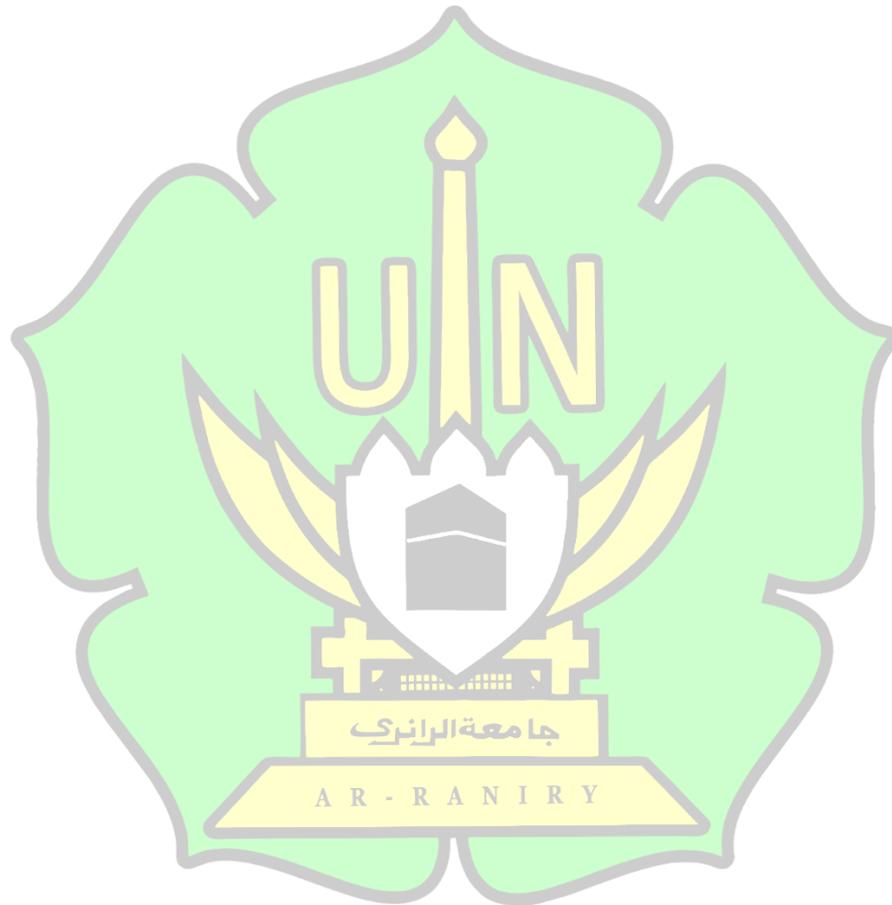
Lampiran 1 : Modul Praktikum

Lampiran 2 : LKPD

Lampiran 3 : Lembar Validasi Materi

Lampiran 4 : Lembar Validasi Media

Lampiran 5 : Lembar Validasi Bahas



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Bahan ajar berupa media cetak yang hampir sama dengan buku sering disebut dengan modul, modul berisi tentang teori dan semua tahapan kerja secara merinci pada praktikum yang dilakukan dalam ruang laboratorium. Pada proses belajar mengajar modul yang dijadikan sebagai panduan biasanya tidak hanya dosen yang bisa memberi bimbingan namun mahasiswa yang sudah pernah menjalani dan memahami praktikum biasanya menjadi pendidik yang membimbing mahasiswa agar praktikum yang dilakukan di ruang laboratorium berjalan secara baik dan benar sehingga tujuan praktikum dilakukan tersampaikan.

Elektronika daya merupakan mata kuliah kelistrikan yang sering melakukan praktikum dengan tujuan memahami berbagai komponen elektronik, arus, tegangan, frekuensi, sistem kontrol dan lainnya dalam mengkonversi listrik agar aliran listrik tersebut bisa dialirkan dan digunakan. Terdapat berbagai materi ajar agar mahasiswa mampu memahami elektronika daya secara luas dan mendalam salah satunya materi *inverter*. *Inverter* ialah sebuah perangkat elektronika yang mampu mengubah tegangan searah (*DC*) menjadi tegangan bolak-balik (*AC*).<sup>1</sup>

*Inverter* dengan teknik sinusoidal biasanya melalui dua metode penyaklaran *Sinusoidal Pulse-Width Modulation (SPWM)* yang merupakan salah satu teknik pensaklaran yang menghasilkan bentuk gelombang keluaran *inverter* dengan karakteristik mendekati sinusoidal dengan teknik ini tegangan keluaran tidak dapat mencapai nilai maksimum dan menghasilkan distorsi harmonik yang lebih

---

<sup>1</sup> Rulyanti Dyah Prawesti, dkk. (2021) "Rancang Bangun Six-Step Inverter 3 Fasa Sebagai Modul Pembelajaran Elektronika Daya". *Jurnal Elkolind*, VOL. 8, Nomor 2, h. 59

tinggi. *Pulse Width Modulation (PWM)* adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Modulasi lebar pulsa diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (*duty cycle*) gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut.<sup>2</sup>

Biasanya mahasiswa dalam melakukan praktikum hanya memahami berbagai alat ajar yang tersedia didalam laboratorium saja padahal seiring perkembangan teknologi yang canggih alat tersebut sudah tersedia dalam bentuk software yang bisa diakses di laptop baik dimanapun dan kapan pun mereka inginkan. Banyak sekali software kelistrikan yang menunjang kefahaman mahasiswa dalam belajar elektronika daya salah satunya ialah Tinkercad.

Dari hasil pengamatan peneliti di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro dalam wawancara secara langsung pada dosen ahli dibidang kelistrikan dibutuhkan modul ajar untuk mata kuliah Elektronika Daya agar mahasiswa mampu memahami berbagai komponen kelistrikan secara luas kapan pun mereka inginkan dalam bentuk *software*. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **Desain modul praktikum untuk mata kuliah elektronika daya pada program studi pendidikan teknik elektro.**

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi masalah utama dalam penelitian ini adalah:

---

<sup>2</sup> Panggabean, Subastian Yusuf. (2017). "*Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (Pulse Width Modulation)*."

1. Bagaimana menyusun modul praktikum *inverter* 3 fasa untuk mata kuliah elektronika daya ?
2. Bagaimana hasil pengujian modul praktikum *inverter* 3 fasa oleh validator ?

### **C. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui penyusunan modul praktikum *inverter* 3 fasa pada mata kuliah elektronika daya
2. Mengetahui hasil pengujian modul praktikum *inverter* 3 fasa oleh validator

### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

1. Untuk peneliti, peneliti mampu mendesain dan menerapkan media pembelajaran modul praktikum. Serta meningkatkan pengetahuan serta wawasan mengenai materi dan media pembelajaran yang sesuai.
2. Untuk Dosen, penerapan media modul praktikum dalam pembelajaran dapat memudahkan mahasiswa dalam mempelajari memahami materi dengan mudah dan bermakna.
3. Untuk mahasiswa, Dengan menggunakan modul praktikum pada mata kuliah elektronika daya diharapkan mampu meningkatkan efektifitas proses belajar.

### **E. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian yaitu:

1. Luas lingkup penelitian hanya meliputi membuat dan menguji modul praktikum.

2. Luas lingkup penelitian modul hanya diuji pada trainer *inverter*.
3. Luas lingkup penelitian modul praktikum hanya meliputi mahasiswa pendidikan teknik elektro.
4. Luas lingkup penelitian modul praktikum hanya meliputi pada mata kuliah elektronika daya.

## F. Definisi Operasional

Dalam penelitian ini ada beberapa istilah yang berhubungan dengan judul penelitian yang akan diteliti, agar maksud dan tujuannya tersampaikan membutuhkan definisi operasiol diantaranya ialah:

a. Desain

Desaian merupakan berbagai tahapan awal yang dilakukan untuk mencapai kesempurnaan secara fisik.<sup>3</sup>

b. Modul

Modul merupakan bahan ajar yang disusun sistematis sehingga mahasiswa mampu mencapai tujuan pembelajaran.

c. Inverter

*Inverter* merupakan sebuah alat elektronik yang mampu mengubah arus listrik searah ke arus listrik bolak-balik yang bertengan tinggi menjadi rendah.<sup>4</sup>

d. Elektronika Daya

---

<sup>3</sup> Saputra, Marten Wijaya. (2023). "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI PERPUSTAKAAN BERBASIS WEB DENGAN MENGGUNAKAN BARCODE." Jurnal Teknologi Pintar 3.4

<sup>4</sup> Saodah, Siti, and S. R. I. Utami. (2019)"Perancangan Sistem grid tie inverter pada pembangkit listrik tenaga surya." *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 7.2 : 339.

Mata kuliah elektronika daya merupakan salah satu pelajaran kejuruan membahas tentang beberapa hal yang mendasari dari kelistrikan baik itu arus, tegangan, serta komponen yang sering digunakan dalam mengalirkan listrik.<sup>5</sup>

### G. Keaslian Penelitian

Penelitian desain modul praktikum pada mata kuliah elektronika daya yang akan diteliti didasari penelitian-penelitian sejenis yang diharapkan mampu menjadi landasan yang relevan. Penelitian terdahulu yang sejenis dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Penelitian terdahulu yang relevan terhadap desain modul praktikum pada mata kuliah Elektronika Daya

Penulis	Tahun	Judul	Hasil penelitian
Putri Wulandari Bahta dan Elfizon Elfizon	2023	Efektivitas Penerapan Modul Pembelajaran Instalasi Motor Listrik	Penyebab rendahnya nilai peserta didik karena masih menerapkan Teknik pembeajaran <i>teacher centered</i> oleh guru. Akibatnya, siswa mengalami kesulitan dalam pemahaman materi. Dengan adanya bantuan modul dikatakan efektif berdasarkan pengolahan dan menganalisis data uji ketuntasan klasikan dengan perhitungan effect size kategori Tinggi.
Ahmad	2022	Modul <i>Inverter Sinusoidal</i>	Menyesuaikan dengan

<sup>5</sup> Nugraha, Anggara Trisna,dkk. (2022) “*Konsep Dasar Elektronika Daya*.”( Deepublish)

Penulis	Tahun	Judul	Hasil penelitian
Yusuf, Toto Tohir, dkk		<i>Pulse Width Modulation</i> (Spwm) <i>Unipolar</i> SatuFasa	perkembangan teknologi komponen <i>Silicon Controlled Rectifier</i> sering dipakai pada bidang elektronika. Dalam pengendalian sudut penyulutan pada SCR, potensiometer merupakan cara yang sangat berbahaya namun masih sering digunakan hal demikian mengakibatkan potensiometer terbebani
Rulyanti Dyah Prawesti, Fathoni, Agus Pracoyo	2021	Rancang Bangun <i>Six - Step Inverter</i> 3 Fasa Sebagai Modul Pembelajaran Elektronika Daya	Dengan memakai metode <i>six-step inverter</i> pada inverter 3 fasa mampu membangkitkan gelombang AC 3 Fasa dengan demikian dibuat sebagai modul praktikum elektronika daya

Dari ketiga penelitian di atas, tidak ada yang fokus untuk tujuan edukasi sedangkan perbedaan masalah penelitian yang akan diselesaikan adalah mendesain modul praktikum dengan menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk pedoman pembelajaran praktikum mahasiswa program studi pendidikan teknik elektro pada mata kuliah elektronika daya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORITIS**

#### **A. Definisi Desain**

Desain bermakna suatu hal datang dari keratifitas seseorang melalui berbagai tahapan baik di rencanakan dengan pena maupun dengan sistem program sehingga menjadi produk konkret yang layak dipergunakan sesuai kebutuhan yang terarah.<sup>6</sup> Sedangkan desain modul merupakan ide yang sudah dirancang dalam bentuk satu set peralatan yang mampu melatih dan menarik peserta didik sehingga proses pembelajaran terhindar dari rasa jenuh, bosan saat mengikuti pembelajaran dan tujuan pembelajaran pun tersampaikan dengan baik.

#### **B. Defenisi Modul**

Sumber belajar berupa media cetak dan hampir sama dengan buku disebut modul, modul hanyalah bahan ajar atau kerangka kerja yang memuat sumber daya, batasan penggunaan sumber belajar, pengajaran, pelatihan dan evaluasi, serta dilaksanakan. dalam estetika sistematis untuk pengembangan diri keterampilan yang diperlukan. Modul praktikum merupakan bahan ajar yang menjadi pedoman dalam mengerjakan praktikum, berisi materi dan semua tahapan yang harus dikerjakan dari awal hingga akhir praktikum.<sup>7</sup> Modul praktikum merupakan bahan ajar yang menjadi padoman dalam melakukan praktikum yang

---

<sup>6</sup> Saputra, Marten Wijaya. (2023). "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI PERPUSTAKAAN BERBASIS WEB DENGAN MENGGUNAKAN BARCODE." Jurnal Teknologi Pintar 3.4

<sup>7</sup>Andi Prastowo. (2020). "Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif". (Yogyakarta: Diva Press).

didalamnya berisi materi, dan keseluruhan kegiatan yang akan dilakukan dari awal hingga selesai praktikum.<sup>8</sup>

Belajar secara mandiri tanpa bimbingan dari seorang guru melalui media tertulis seperti buku disebut modul, demikian pendapat depdiknas (2021).<sup>9</sup> Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa modul adalah perangkat atau kerangka sistem pembelajaran yang memuat bahan ajar, langkah-langkah, dan penilaian yang dapat digunakan secara mandiri dan terorganisasi secara sistematis.

### **C. Kaidah Penulisan Modul Praktikum Yang Baik Dan Benar**

Modul Praktikum merupakan sebuah panduan dalam bentuk tertulis dan diterbitkan yang memaparkan cara melakukan sebuah kegiatan praktikum atau pengkajian yang telah dilakukan oleh seorang atau sebuah tim dengan memenuhi kaidah dan etika keilmuan yang dikukuhkan dan ditaati oleh masyarakat keilmuan. Modul Praktikum merupakan salah satu hasil pemikiran dan imajinasi seseorang yang dikonfirmasi pada orang lain dan telah diuji kebenarannya serta dapat diterima dan ditulis secara ilmiah.<sup>10</sup>

Membangun sebuah tulisan berupa modul praktikum berarti berbicara tentang cara bagaimana menyusun sebuah modul itu sendiri, sehingga dapat diterbitkan dan dipublikasikan ke lingkungan yang lebih luas. Adapun hal yang diperhatikan ketika ingin membuat sebuah modul praktikum adalah sebagai berikut.<sup>11</sup>

---

<sup>8</sup> Lielen Olsafena Sekar Kencono Wangi, (2019) *“Penyusunan Modul Alat Berat Pada Mata Kuliah Peminatan Tanah Mekanis Sebagai Sarana Pembelajaran Pada Prodi Pendidikan Teknik”* Skripsi, (Semarang : Universitas Negeri Semarang,) Hal. 32-33

<sup>9</sup> Depdiknas. (2021). Pengembangan Bahan Ajar. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah.

<sup>10</sup> Zulmiyetri, dkk. (2020) *“Penulisan Karya Ilmiah”*. Jakarta: Prenada Media.”Hlm. 1.

<sup>11</sup> Iwan Hermawan.(2019) *“Teknik menulis karya ilmiah berbasis aplikasi dan metodologi”* Jawa Barat: Hidayatul Quran. Hlm. 9.

## 1. Memilih Kata yang Tepat (Diksi)

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) diksi diartikan sebagai pilihan kata yang tepat dan selaras dalam penggunaannya untuk mengungkapkan gagasan sehingga kata-kata yang disampaikan dapat dimengerti oleh pembaca.

Diksi merupakan pemilihan kata dan kejelasan lafal untuk memperoleh efek tertentu dalam bahasa lisan dan tulisan. Untuk mendapatkan efek tertentu itu, seseorang yang akan berbicara atau menulis harus memilih kata yang dapat mewakili gagasannya dengan tepat. Disamping itu, ia juga memerlukan kemampuan untuk membedakan nuansa-nuansa makna dari gagasan yang disampaikan dan menemukan kata yang sesuai dengan konteks pemakaiannya.

Kata memiliki komposisi tertentu, baik secara fonologis maupun morfologis, dan secara relatif memiliki distribusi yang bebas, yaitu dapat digunakan sesuai dengan kepentingan. Kata-kata itu dapat ditata dalam suatu konstruksi yang lebih besar sesuai dengan kaidah-kaidah sintaksis suatu bahasa. Konstruksi yang demikian akan terlihat dalam proses komunikasi, akan tetapi yang sangat penting dari penataan kata-kata itu ialah pengertian yang tersirat dari penggunaan kata tersebut. Dengan demikian, setiap orang yang terlibat dalam komunikasi akan dapat saling memahami dan aktivitas komunikasi akan berjalan dengan baik dan lancar.<sup>12</sup>

## 2. Menyusun Kalimat yang Tepat

Kalimat yang benar dan jelas akan mudah dipahami orang lain secara tepat. Kalimat yang demikian disebut kalimat efektif. Sebuah kalimat efektif harus memiliki kemampuan untuk memperlihatkan kembali gagasan-gagasan

---

<sup>12</sup> Iwan Hermawan.(2019) “*Teknik menulis karya ilmiah berbasis aplikasi dan metodologi*” Jawa Barat: Hidayatul Quran. Hlm. 9

pada pikiran pembaca seperti yang dipikirkan juga oleh penulis. Dapat disimpulkan bahwa kalimat efektif harus disusun secara sadar untuk mencapai daya informasi yang diinginkan penulis terhadap pembaca. Bila hal ini tercapai diharapkan pembaca akan tertarik kepada apa yang dibicarakan dan tergerak hatinya dari apa yang disampaikan oleh penulis.

Kalimat efektif adalah kalimat yang berisikan gagasan pembicara atau penulis yang dapat dipahami oleh pendengar atau pembaca (singkat), hemat dalam pemakaian atau pemilihan kata-kata (jelas), dan sesuai dengan kaidah bahasa yang berlaku (tepat). Penggunaan kalimat efektif dalam karya tulis ilmiah diukur dari dua sisi, yaitu dari sisi penulis dan pembaca. Dari sisi penulis, kalimat dikatakan efektif jika kalimat yang digunakan dapat mengakomodasi gagasan kelimuan penulis secara tepat dan akurat. Sedangkan dari sisi pembaca, pesan kalimat ditafsirkan sama persis dengan yang dimaksudkan penulisnya. Oleh sebab itu, jika pembaca masih mengalami kebingungan dan kesulitan yang mengakibatkan salah menafsirkan pesan kalimat maka kalimat tersebut belum dapat dikategorikan efektif.

Kalimat ialah ucapan bahasa yang mempunyai arti penuh dan turunya suara menjadi cirinya sebagai batas keseluruhan. Proses menyusun kalimat sebenarnya mengacu pada dua tahap, yakni tahap seleksi dan tahap pengungkapan. Dalam menyusun kalimat ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu: (1) hendaknya kalimat yang digunakan jangan terlalu panjang. (2) kalimat yang dihasilkan jangan sampai ambigu, (3) pilihlah kata untuk acuan yang jelas. (4) hindarilah penggunaan kata yang berlebihan. (5) hindari kalimat yang rancu, (6) kalimat yang dihasilkan harus logis, (7) pilihlah

bentuk kata yang tepat untuk mendukung ide atau konsep yang akan dikemukakan, (8) ejaan bahasa Indonesia harus diperhatikan. (9) perhatikan urutan kata dalam kalimat.<sup>13</sup>

### 3. Menyusun Paragraf

Paragraf adalah rangkaian kalimat yang utuh dan koheren yang berisi ide, gagasan, konsep atau pokok pikiran yang mendukung serta berkaitan dengan topik yang sedang dibahas. Pembagian paragraf bermaksud untuk memudahkan pembaca untuk mengikuti jalan pikiran penulis. Dengan membaca paragraf, pembaca tergolong menerka ide, gagasan, konsep atau pokok penulisan. Paragraf terdiri atas paragraf pembuka, paragraf penjelas dan paragraf penutup.

Ketika menyusun sebuah paragraf tentunya memiliki syarat yang harus dipenuhi. Berikut adalah persyaratan yang harus dipenuhi untuk membentuk sebuah paragraf, diantaranya.

- a. Koherensi, maksudnya dalam sebuah paragraf harus ada kesatuan dan kepaduan isi. Dengan kata lain paragraf harus memiliki ide pokok yang dijelaskan dalam kalimat-kalimat penjelas yang kokoh.
- b. Kohesi, dapat diartikan memiliki hubungan erat atau punya perpaduan yang kokoh. Dalam paragraf, sudah seharusnya hubungan antarkalimat benar-benar erat dan padu.
- c. Konjungsi, artinya adalah penghubung yang biasanya digunakan untuk menghubungkan kalimat, baik menambahkan keterangan, perbandingan, sebab akibat, tujuan, atau menyertakan pertentangan.
- d. Pronomina atau kata ganti, kata-kata ini biasa dipakai sebagai kata ganti

---

<sup>13</sup> Iwan Hermawan.(2019) “Teknik menulis karya ilmiah berbasis aplikasi dan metodologi” Jawa Barat: Hidayatul Quran. Hlm. 10-11

orang, seperti saya, kita, kami, engkau, dan lain sebagainya.

- e. Repetisi, artinya pengulangan. Kata-kata yang diulang dalam satu paragraf adalah kata yang dianggap penting. Biasanya kata-kata ini dipakai ketika terdapat kata yang tidak bisa digantikan dengan pronomina.
- f. Sinonim, atau persamaan kata bisa digunakan untuk merangkai kalimat.
- g. Kesemaknaan kata yang bisa digunakan dalam tiap-tiap kalimat di satu paragraf. Sinonim kemudian bisa digunakan sebagai kata ganti sehingga tidak selalu terdapat kata-kata yang sama antarkalimat dalam satu paragraf.
- h. Hponim, memiliki arti hubungan makna umum dan khusus atau makna kelas dan subkelas. Contohnya, dalam sebuah paragraf digunakan kata “buah-buahan” dalam kalimat utama, lalu dalam kalimat-kalimat penjelas dapat digunakan kata-kata yang lebih khusus dari kata tersebut. Pada kalimat penjelas bisa dipakai kata-kata seperti “jeruk”, “apel” dan lainnya. Intinya, ada kata-kata yang menjelaskan hal umum pada sebuah kalimat utama dan hal khusus pada kalimat penjelasnya.
- i. Paralelisme, digunakan untuk menjelaskan bentuk yang sejajar. Contohnya dalam sebuah kalimat utama terdapat kata “raja”, yang berarti pemerintah tertinggi suatu negara. Kemudian pada kalimat penjelas bisa digunakan kata “presiden”, “direktur”, “perdana menteri”, atau kata apapun yang memiliki makna sejajar.

#### **4. Tanggung Jawab dalam Penulisan Modul Praktikum**

Tanggung jawab dalam penulisan yang dimaksud adalah keadaan wajib menanggung resiko jika tulisan yang sudah ditulis tersebut diperkarakan,

dipersalahkan atau dituntut oleh pihak-pihak tertentu. Terkait dengan tanggung jawab, ada empat hal yang termasuk dalam tanggung jawab penulisan sebuah modul praktikum, yaitu (a) tanggung jawab ilmiah, (b) tanggung jawab moral, (c) penulisan sumber, dan (d) penyusunan daftar kepustakaan.<sup>14</sup>

Penulis atau pengarang yang ingin mengungkapkan ekspresinya melalui sebuah tulisan, tentu tidak begitu saja ketika menulis sebuah tulisan dengan sekehendak hatinya. Ia mempunyai gagasan atau pemikiran yang ingin dituangkan kedalam tulisan untuk disampaikan kepada orang lain. Hal itu tentu harus dipikirkan oleh si penulis agar pembaca dapat memahami apa yang disampaikan penulis melalui tulisannya itu. Sebab apabila cara penyampainnya salah atau keliru, pembaca akan sulit memahaminya atau bahkan tidak memahaminya sama sekali. Bisa jadi salah tafsir, pembaca yang protes bahkan membantah pendapat penulis terkait dengan tulisan yang dipublikasikan.

Kritik, bantahan bahkan kecaman pembaca sudah menjadi risiko seorang penulis. Namun sebaliknya, segala bentuk dan hal-hal yang seperti itu sudah direnungkan dan diantisipasi sebelum menulis sebuah tulisan. Kritik yang positif dan memuji sudah pasti akan menyenangkan hati penulis, sebaliknya kritik yang negatif dan bersifat membantah dapat membuat penulis putus asa. Semua ini bisa dihindari dengan persiapan sebelumnya. Penulis harus memiliki tanggung jawab terhadap tulisannya dan penulis harus menguasai materi yang disajikannya.

Kesadaran dan tanggung jawab itulah yang harus ada dalam jiwa setiap

---

<sup>14</sup> Iwan Hermawan. (2019). *“Teknik menulis karya ilmiah berbasis aplikasi dan metodologi.”* Jawa Barat: Hidayatul Quran” Hlm. 13.-14

penulis. Keberanian dalam menyampaikan pendapat dan kebebasannya untuk berekspresi di dunia tulis-menulis akan dihargai masyarakat pembaca jika ia memang memiliki kemampuan untuk mempertanggungjawabkan manfaat dan kebenaran dari tulisan yang sudah ditulis. Apalagi jika sebuah karya tulis yang berbentuk buku, modul, dan lain sebagainya mampu menggerakkan hati nurani pembacanya dan kemudian menciptakan opini di kalangan masyarakat. Inilah titik keberhasilan seorang penulis atau pangarang. Bahkan buku, modul dan lain sebagainya yang seperti ini dapat mengubah pandangan dunia.

#### **D. Fungsi dan Tujuan Modul**

Modul / bahan ajar memiliki banyak artian yang berkenaan dengan kegiatan / proses belajar secara mandiri. Peserta didik dapat belajar kapan saja dan dimana saja secara mandiri. Dengan demikian kegiatan belajar itu sendiri juga tidak dibatasi pada masalah tempat, bahkan orang yang berada ditempat yang jauh dari pusat penyelenggaraan pun bisa mengikuti pola belajar seperti ini. Mengenai hal tersebut, penulisan modul/bahan ajar memiliki tujuan sebagai berikut:

- 1) Memperjelas dan memudahkan penyampaian pesan agar tidak terlalu bersifat variabel.
- 2) Dapat mengatasi terbatasnya waktu, ruang, dan daya indera, baik pada peserta didik maupun guru.
- 3) Bisa dipergunakan secara tepat dan bermacam model, seperti untuk meningkatkan keinginan dan gairah belajar, mengembangkan kemampuan dalam berinteraksi langsung dengan lingkungan dan sumber belajar

lainnya yang memungkinkan siswa belajar mandiri sesuai kemampuan dan minatnya.

- 4) Memungkinkan peserta didik dapat menilai atau mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.<sup>15</sup>

### E. Kelebihan Dan Kekurangan Modul

Setiap sistem pembelajaran memiliki kelebihan dan kekurangan, akan tetapi semua itu tergantung pada pelaksanaan dari kegiatan sistem pembelajaran tersebut. Adapun kelebihan dan kekurangan modul dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Meningkatkan motivasi peserta didik, karena setiap kali mengerjakan tugas pelajaran yang dibatasi dengan jelas dan sesuai dengan kemampuan
- b. Setelah dilakukan evaluasi, pendidik dan peserta didik mengetahui benar, pada modul yang mana peserta didik telah berhasil dan pada bagian yang mana mereka belum berhasil.
- c. Peserta didik mencapai hasil sesuai dengan kemampuannya.
- d. Bahan pelajaran terbagi lebih merata dalam satu semester
- e. Pendidikan lebih berdaya guna, karena bahan pelajaran disusun menurut jenjang akademik.

Adapun kekurangan pembelajaran menggunakan modul:

- a. Penyusunan modul yang baik membutuhkan keahlian tertentu, sukses atau gagalnya suatu modul bergantung pada penyusunannya. Modul mungkin saja memuat tujuan dan alat ukur berarti, akan tetapi pengalaman

---

<sup>15</sup> Makmur, dkk (2023) "Penerapan Trainer Alternating Current Pada Pembelajaran Elektronika Daya." *Indonesian Journal of Learning Education and Counseling* 6.1: 45-51.

12 belajar yang termuat didalamnya tidak ditulis dengan baik atau tidak lengkap.

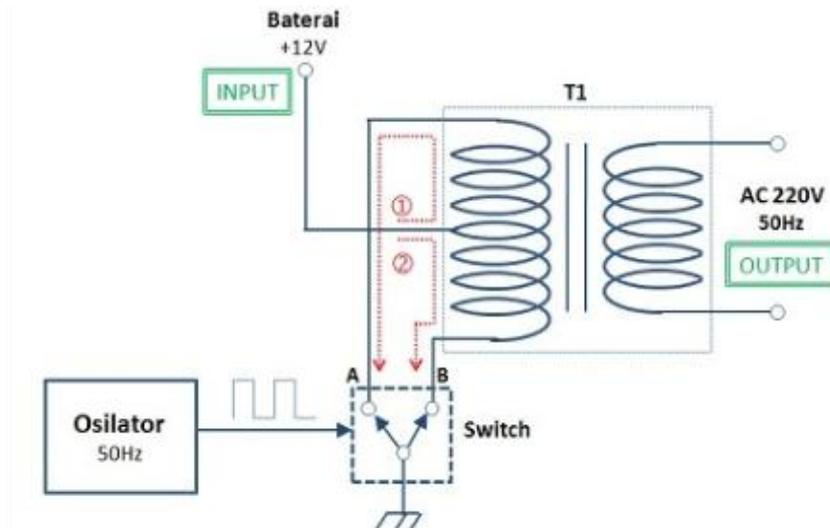
- b. Sulit menyesuaikan proses penjadwalan dan kelulusan serta membutuhkan manajemen pendidikan yang sangat berbeda dari pembelajaran konvensional, karena setiap siswa menyelesaikan modul dalam waktu berbeda, bergantung pada kecepatan dan kemampuan masing-masing.
- c. Dukungan pembelajaran berupa sumber belajar pada umumnya cukup mahal karena setiap peserta didik harus mencarinya sendiri. Berbeda dengan pembelajaran konvensional, sumber belajar seperti alat peraga dapat digunakan bersama-sama dalam pembelajaran<sup>16</sup>

#### **F. Pengertian Inverter**

*Inverter* adalah perangkat dengan rangkaian pada nilai frekuensi tertentu yang mampu mengubah tegangan arus searah (*DC*) menjadi tegangan bolak-balik (*AC*) keluaran dari baterai adalah sumber tegangan langsung (*DC*) atau sumber tegangan langsung (*DC*) lainnya yang digunakan oleh inverter. Proses ini melibatkan konversi tegangan dan frekuensi, sehingga inverter memungkinkan aliran listrik yang berubah arah secara periodik, mirip dengan arus listrik yang disediakan oleh sumber listrik umum seperti pembangkit listrik tenaga listrik. Pada gambar 2.1 menampilkan rangkaian pengubah tegangan dari *DC* (baterai) ke *AC*.

---

<sup>16</sup> Setyanto, dkk. (2023) "Pengembangan Alat Peraga Sepeda Listrik Portabel Sebagai Media Pembelajaran Elektronika Daya." *JUPITER* (jurnal pendidikan teknik elektro) 8.1: 39-46.

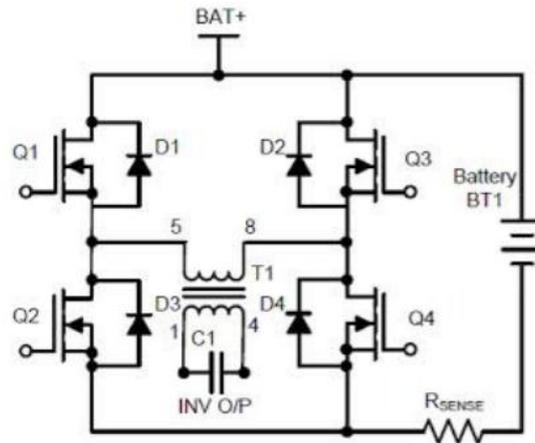


Gambar 2.1. Rangkaian daya *DC* (Baterai) ke *AC*  
(sumber: Bose, 2002)

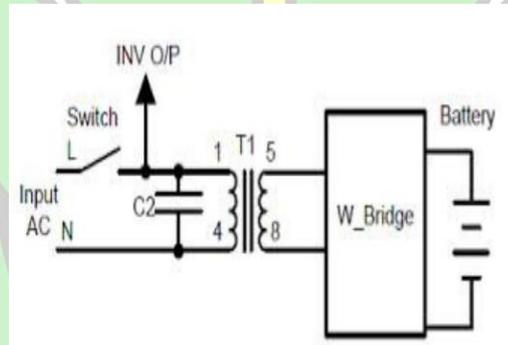
Jenis gelombang keluaran inverter dibedakan menjadi beberapa jenis sesuai dengan gelombang yang dihasilkan.

a. Gelombang Sinus

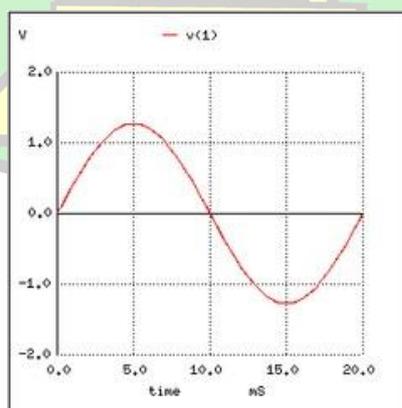
merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoidal sempurna pada jaringan listrik dalam hal ini PLN. Dengan total *harmonic distortion (THD)* < 3% sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut “*clean power supply*”. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut *pulse width modulation (PWM)* yang dapat mengubah tegangan *DC* menjadi *AC* dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoidal. Pada gambar 2.2 menampilkan rangkaian pengubah tegangan dari *DC* (baterai) ke *AC* dengan jenis keluaran gelombang sinus.



Gambar 2.2. Rangkaian daya gelombang sinus



Gambar 2.3 Teknik switching Gelombang Sinus

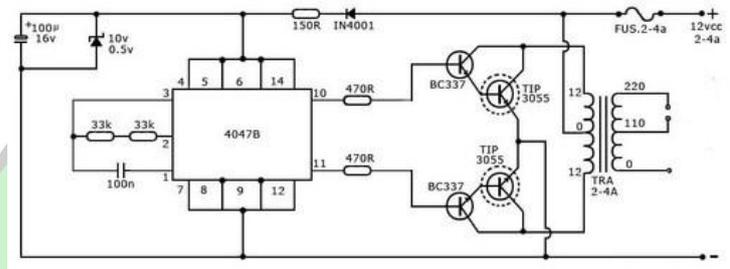


Gambar 2.4. Output gelombang sinus

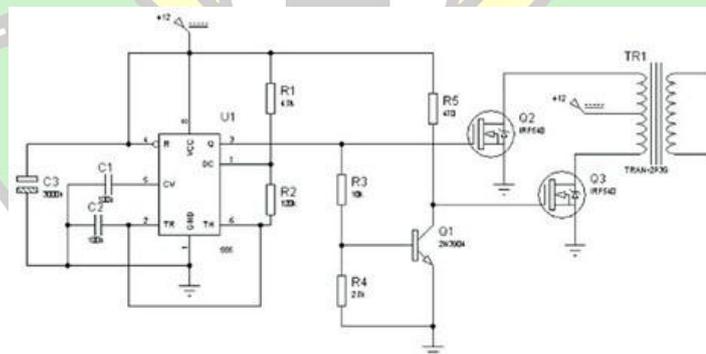
(sumber: Grahame, 2003)

b. Gelombang Modifikasi Persegi

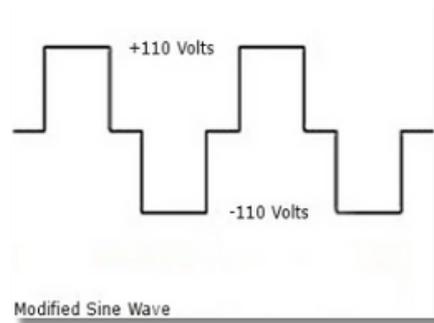
Gelombang Modifikasi Persegi atau disebut juga ‘*Modified Square Wave*’ karena gelombang ini hampir sama dengan *square wave*, namun pada *modified sine wave outputnya* menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Pada gambar 2.3 menampilkan rangkaian pengubah tegangan dari DC (baterai) ke AC dengan jenis keluaran gelombang modifikasi persegi.



Gambar 2.5. Keluaran gelombang modifikasi persegi



Gambar 2.6 Teknik switching modifikasi persegi



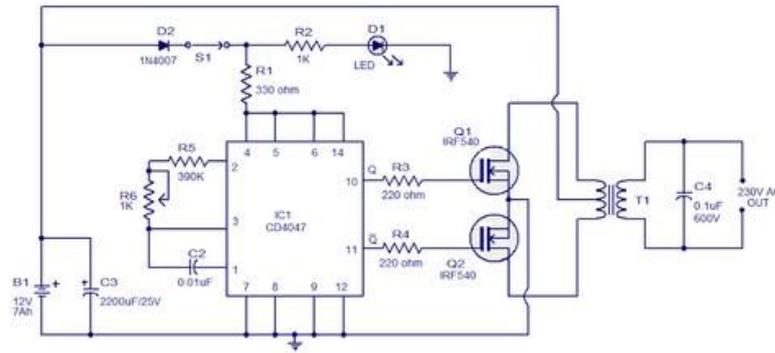
Gambar 2.7. Rangkaian daya modifikasi persegi

(sumber: Grahame, 2003)

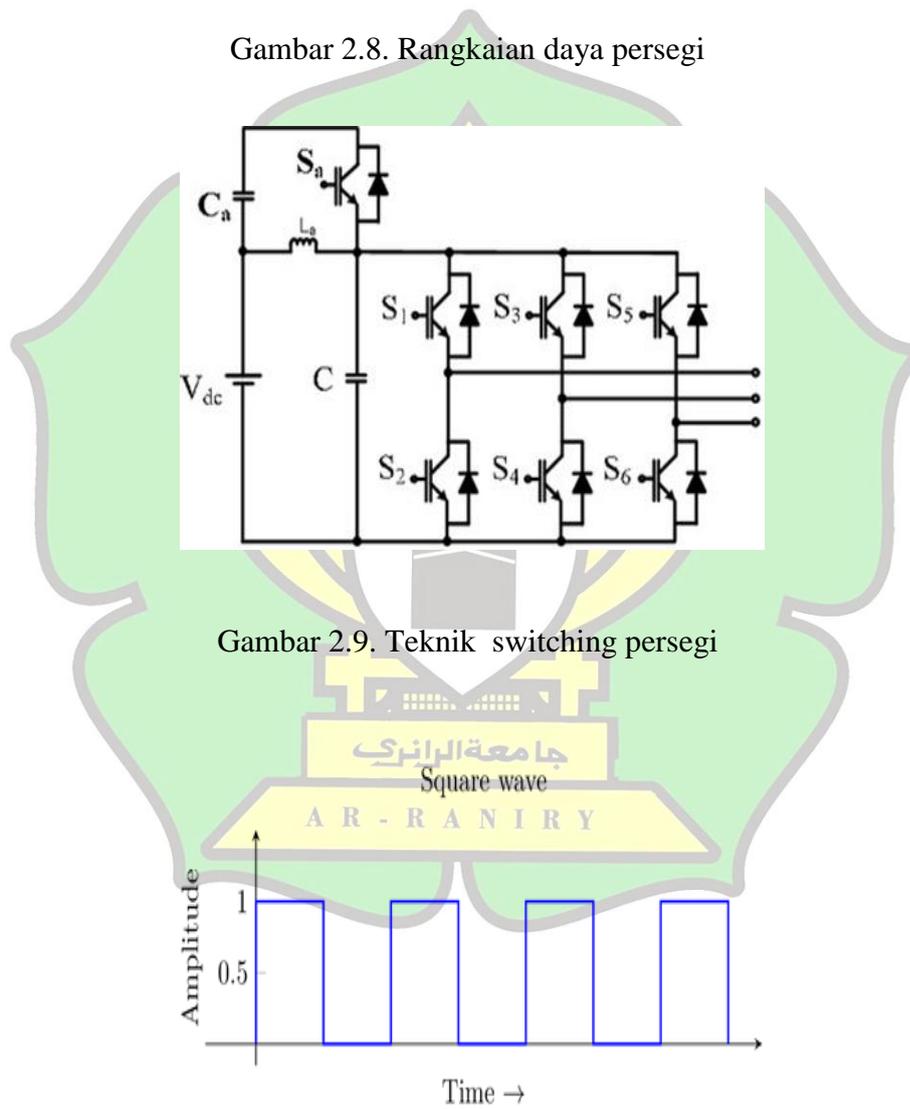
Selain itu karena modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv, lampu namun tidak bisa untuk beban- beban yang lebih sensitive

c. Gelombang Persegi

Gelombang Persegi adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220 VAC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level “total harmonic distortion” yang tinggi. Mungkin karena alasan itu inverter ini disebut “dirty power supply”. Pada gambar 2.4 menampilkan rangkaian pengubah tegangan dari *DC* (baterai) ke *AC* dengan jenis keluaran gelombang persegi.



Gambar 2.8. Rangkaian daya persegi



Gambar 2.9. Teknik switching persegi

Gambar 2.10. Keluaran gelombang persegi

(sumber: Grahame, 2003)

## G. Jenis-jenis Sumber Inverter

Ada beberapa jenis sumber daya yang digunakan pada inverter, antara lain:

### a. Jenis sumber tegangan

Pada *inverter* sumber tegangan, tegangan input atau arus searah (*DC*) memiliki nilai konstan dan polaritasnya tidak berubah, karena arus yang dibawa ke beban adalah arus bolak-balik (*AC*), arus searah (*DC*) harus berubah polaritasnya. Oleh karena itu, *inverter* sumber tegangan membutuhkan saklar semikonduktor yang dapat mengontrol arus dua arah, meskipun arus hanya dapat mengalir dalam satu arah.

### b. Jenis sumber arus

Membutuhkan sakelar yang dapat mengalirkan tegangan pada kedua arah, meskipun tegangan yang dialirkan dua arah tetapi arus yang dialirkan harus tetap satu arah sehingga untuk *inverter* sumber arus, arus masukan atau arus searah (*DC*) memiliki nilai konstan tidak mengubah polaritasnya, akan tetapi polaritas tegangan searah (*DC*) harus dapat berbalik<sup>17</sup>

## H. Jumlah Fasa Inverter

Inverter yang dihasilkan berdasarkan jumlah fasa dapat diklasifikasikan pengklasifikasian jumlah fasa tersebut bertujuan pada pengaplikasian inverter, klasifikasi inverter dalam beberapa jenis berdasarkan fasa keluarannya sebagai berikut:

*Inverter* juga dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah fasa dihasilkan oleh inverter, klasifikasi jumlah fase dimaksudkan untuk mengaplikasikan

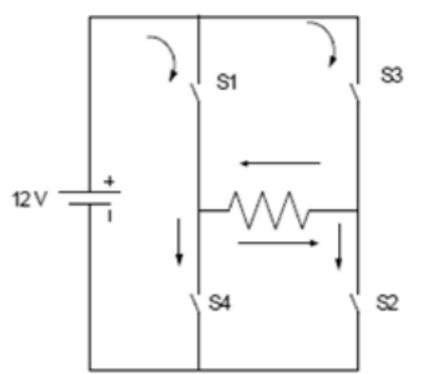
<sup>17</sup> Ferdiansyah, dkk. (2021): "Desain SPWM Single Phase Full Bridge Inverter pada Sistem Uninterruptible Power Supply 500W." Jurnal Arus Elektro Indonesia 7.1 10-16.

*inverter*, klasifikasi dibagi menjadi beberapa kategori, Berikut adalah klasifikasi inverter berdasarkan fasa keluarannya yaitu :

a. *Inverter* satu fasa

*Inverter* satu fasa ini memiliki keluaran satu fasa, yang banyak digunakan untuk diaplikasikan pada catu daya skala kecil atau daya rendah, biasanya untuk peralatan elektronik, seperti *UPS (Uninterruptible Power Supply)*.

Inverter digunakan untuk mengubah tegangan input *DC* menjadi tegangan *AC*. Keluaran inverter dapat berupa tegangan yang dapat diatur dan tegangan yang tetap. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, cell bahan bakar, tenaga surya, atau sumber tegangan *DC* yang lain.<sup>18</sup> Pada gambar 2.11. menampilkan prinsip kerja rangkaian pengubah tegangan dari *DC* (baterai) ke *AC* 1 fasa.



Gambar 2.11. Prinsip kerja inverter

Rangkaian diatas adalah prinsip dari inverter :

Bila posisi sakelar yang On :

1. S1 dan S2                      VDC

<sup>18</sup> Hutagalung, Siti Nurhabibah, dkk (2017): *Prototype rangkaian inverter dc ke ac 900 watt*. Pelita Informatika: Informasi dan Informatika 6.1 64-66.

- |              |       |
|--------------|-------|
| 2. S3 dan S4 | - VDC |
| 3. S1 dan S3 | 0     |
| 4. S2 dan S4 | 0     |

Jika posisi sakelar ada pada posisi 1, maka R akan dialiri listrik dari arah kiri ke kanan. Jika sakelar pada posisi ke dua, maka R akan mendapatkan aliran listrik dari arah kanan ke kiri, inilah prinsip arus bolak balik (*AC*) pada satu perioda yang merupakan gelombang sinus setengah gelombang pertama pada posisi positif dan setengah gelombang kedua pada posisi negatif.

Prinsip kerja *inverter* dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir aliran arus *DC* ke beban R dari arah kanan ke kiri.<sup>19</sup>

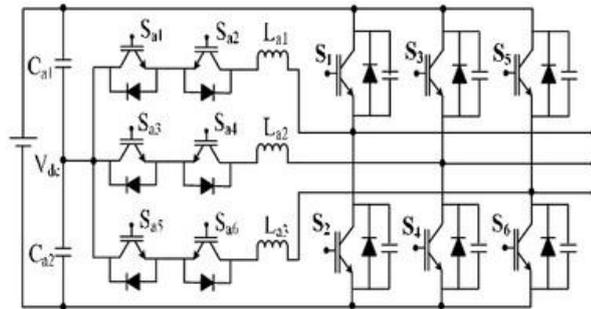
b. *Inverter* tiga fasa

Jenis *inverter* tiga fasa ini memiliki keluaran tiga fasa, yang banyak digunakan untuk diaplikasikan pada daya skala besar atau berkapasitas tinggi, biasanya untuk keperluan industri.

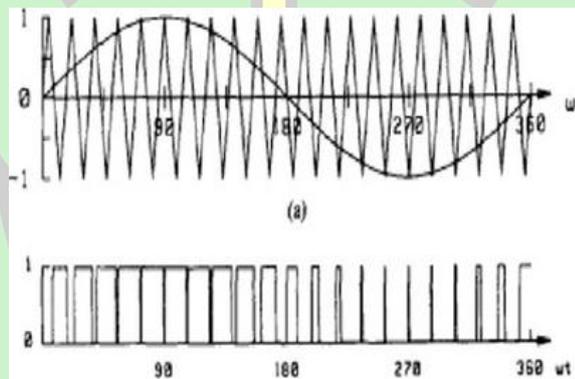
*Inverter 3 phase* merupakan *inverter* dengan tegangan keluaran berupa tegangan bolak balik (*ac*) 3 *phase* per segi. Sebuah rangkaian dasar *inverter 3 phase* tunggal sederhana terdiri dari 3 buah *inveter 1 phase* dengan menggunakan mosfet daya (*power mosfet*) sebagai sakelar diperlihatkan pada gambar dibawah. Tegangan *suplay* merupakan sumber *DC* dengan tegangan sebesar  $V_s$ , dengan titik *netral* merupakan titik hubung dari titik bintang (Y) pada beban. Terdapat 2

<sup>19</sup> Dewi, Rahmi,(2017)"Pembuatan Rangkaian *Inverter* Dari *DC* ke *AC*." Komunikasi Fisika Indonesia 8.3

jenis mode operasi dari *inverter* jenis ini, yaitu mode konduksi  $120^\circ$  dan mode konduksi  $180^\circ$ .<sup>20</sup>



Gambar 2.12. Rangkaian daya 3 Fasa



Gambar 2.13. Teknik *switching* 3 Fasa

(sumber: Grahame, 2003)

Dari mode konduksi, *inverter 3 phase* dibedakan menjadi: *Inverter 3 phase* mode konduksi  $120^\circ$  derajat. *Inverter 3 phase* dengan mode konduksi  $120^\circ$  memungkinkan setiap komponen pensakelaran akan konduksi selama  $120^\circ$  dengan pasangan konduksi yang berbeda, misalnya  $60^\circ$  pertama antara Q1Q6, dan  $60^\circ$  ke dua antara Q1Q2, dan seterusnya. *Inverter 3 phase* mode konduksi  $180^\circ$  derajat *Inverter 3 phase* dengan mode konduksi  $180^\circ$  memungkinkan 3 komponen

<sup>20</sup> Yulianti, dkk, (2022). "mesin inhalasi hydroxy kapasitas 24-36 watt berbasis solar cell." jurnal teknologi industri 11.1

pensakelaran konduksi pada saat yang bersamaan. Ketiga komponen pensakelaran akan konduksi selama  $180^\circ$  dengan pasangan konduksi yang juga berbeda-beda.

Dari segi teknik pensakelaran (*switching technique*) dibedakan atas; Inverter persegi (*square inverter*), Inverter pwm, dan Inverter quasi pwm.

### I. Pulse Width Modulation (PWM)

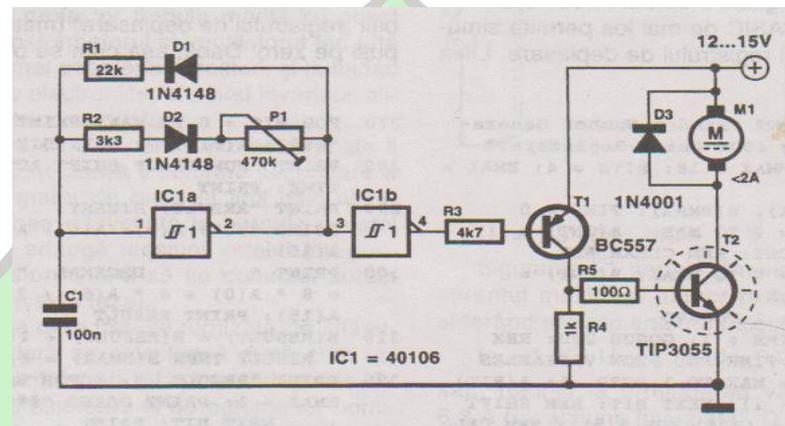
*Pulse Width Modulation (PWM)* adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Dengan metode analog setiap perubahan *PWM* nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan *PWM* dipengaruhi oleh resolusi dari *PWM* itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam *PWM* tersebut. Modulasi lebar pulsa / *Pulse Width Modulation (PWM)* dicapai/diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (*duty cycle*) gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut.<sup>21</sup>

*PWM inverter* tiga fasa adalah suatu perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah arus searah (*DC*) menjadi arus bolak-balik (*AC*) tiga fasa dengan menggunakan metode modulasi lebar pulsa. *PWM inverter* tiga fasa digunakan secara luas dalam aplikasi industri, kendaraan listrik, dan sistem tenaga terbarukan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik tiga fasa atau mengatur tegangan dan frekuensi keluaran *AC*. Prinsip dasar dari *PWM inverter* tiga fasa adalah dengan mengatur lebar pulsa dari sinyal output *AC* tiga fasa. Ini dilakukan dengan

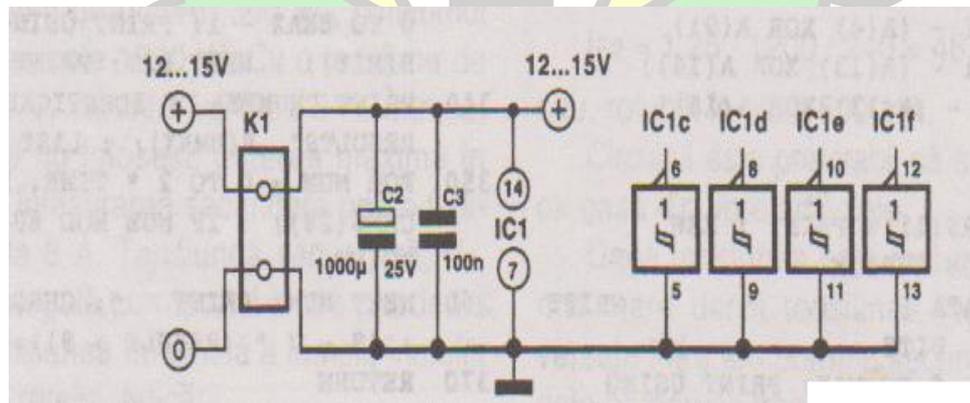
---

<sup>21</sup> Panggabean, Subastian Yusuf. (2017). "Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (*Pulse Width Modulation*)."

mengubah durasi pulsa sinyal pada setiap fase output, sehingga menghasilkan bentuk gelombang AC yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Dengan mengubah lebar pulsa ini, tegangan dan frekuensi keluaran AC dapat diatur dengan presisi, yang memungkinkan pengendalian yang tepat terhadap motor atau beban lain yang terhubung.<sup>22</sup> Pada gambar 2.7. menampilkan rangkaian pengubah tegangan dari DC (baterai) ke AC dengan metode PWM.

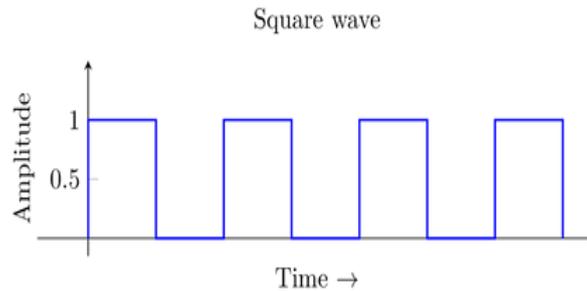


Gambar 2.14. Rangkaian daya gelombang PWM



Gambar 2.15. Teknik switching PWM

<sup>22</sup> Akbar dan Riyadi (2018). *Pengaturan Kecepatan Pada Motor Brushless Dc (Blcd) Menggunakan Pwm (Pulse Width Modulation)*. In PROSIDING SEMINAR NASIONAL INSTRUMENTASI, KONTROL DAN OTOMASI (pp. 255-262).



Gambar 2.16. Keluaran gelombang *PWM*

(sumber: Grahame, 2003; Jiang, 2021)

Untuk lebih memahami apa yang dimaksud dengan *PWM* atau *Pulse Width Modulation* ini. Kita coba melihat contoh dari sinyal yang dihasilkan oleh Mikrokontroler atau IC 555. Sinyal yang dihasilkan oleh *Mikrokontrol* atau IC555 ini adalah sinyal pulsa yang umumnya berbentuk gelombang segiempat. Gelombang yang dihasilkan ini akan tinggi atau rendah pada waktu tertentu. Misalnya gelombang tinggi di 5V dan paling rendah di 0V. Durasi atau lamanya waktu dimana sinyal tetap berada di posisi tinggi disebut dengan “*ON Time*” atau “Waktu *ON*” sedangkan sinyal tetap berada di posisi rendah atau 0V disebut dengan “*OFF Time*” atau “Waktu *OFF*”. Untuk sinyal *PWM*, kita perlu melihat dua parameter penting yang terkait dengannya yaitu Siklus Kerja *PWM* (*PWM Duty Cycle*) dan Frekuensi *PWM* (*PWM Frequency*).

Seperti yang disebutkan diatas, Sinyal *PWM* akan tetap *ON* untuk waktu tertentu dan kemudian terhenti atau *OFF* selama sisa periodenya. Yang membuat *PWM* ini istimewa dan lebih bermanfaat adalah kita dapat menetapkan berapa lama kondisi *ON* harus bertahan dengan cara mengendalikan siklus kerja atau *Duty Cycle PWM*. Persentase waktu di mana sinyal *PWM* tetap pada kondisi TINGGI (*ON Time*) disebut dengan “siklus kerja” atau “*Duty Cycle*”. Kondisi

yang sinyalnya selalu dalam kondisi *ON* disebut sebagai 100% *Duty Cycle* (Siklus Kerja 100%), sedangkan kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi *OFF* (mati) disebut dengan 0% *Duty Cycle* (Siklus Kerja 0%).<sup>23</sup>

Frekuensi sinyal *PWM* menentukan seberapa cepat *PWM* menyelesaikan satu periode. Satu Periode adalah waktu *ON* dan *OFF* penuh dari sinyal *PWM*. Biasanya sinyal *PWM* yang dihasilkan oleh *mikrokontroler* akan sekitar 500 Hz, frekuensi tinggi tersebut akan digunakan dalam perangkat switching yang berkecepatan tinggi seperti inverter atau konverter. Namun tidak semua aplikasi membutuhkan frekuensi tinggi.

Siklus kerja dan frekuensi sinyal *PWM* sering membingungkan. Seperti yang kita ketahui bahwa sinyal *PWM* adalah gelombang persegi dengan waktu *ON* dan waktu *OFF*. Jumlah dari Waktu *ON* (*ON-Time*) dan Waktu *OFF* (*OFF-Time*) ini disebut sebagai satu periode waktu. Kebalikan dari satu periode waktu disebut frekuensi. Sementara jumlah waktu sinyal *PWM* harus tetap dalam satu periode waktu ditentukan oleh siklus kerja *PWM*. Sederhananya, seberapa cepat sinyal *PWM* harus dihidupkan (*ON*) dan dimatikan (*OFF*) ditentukan oleh frekuensi sinyal *PWM* dan kecepatan berapa lama sinyal *PWM* harus tetap *ON* (hidup) ditentukan oleh siklus kerja sinyal *PWM*.

Keuntungan utama dari *PWM inverter* tiga fasa termasuk efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konversi arus searah ke arus bolak-balik yang lebih tradisional, seperti *inverter sinusoidal*. Selain itu, pengendalian yang presisi memungkinkan adaptasi yang baik terhadap kondisi beban yang berubah-

---

<sup>23</sup> Sinaga, Yustinus Andrianus, dkk(2017) "*Rancang bangun inverter 1 fasa dengan kontrol pembangkit Pulse Width Modulation (PWM)*." J. Rekayasa dan Teknol. Elektro, Univ. Lampung 11.2.

ubah. *PWM inverter* tiga fasa juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan tegangan dan frekuensi keluaran yang dapat diatur, sehingga lebih fleksibel dalam berbagai aplikasi.<sup>24</sup>

#### **J. Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)**

*SPWM inverter* (*Sinusoidal Pulse Width Modulation inverter*) tiga fasa adalah jenis *inverter* yang menggunakan metode modulasi lebar pulsa (*PWM*) untuk menghasilkan keluaran arus bolak-balik (*AC*) tiga fasa dengan bentuk gelombang *sinusoidal*. Prinsip utama dari *SPWM inverter* adalah untuk mencoba meniru bentuk gelombang sinusoidal murni pada keluaran *AC*, yang memiliki banyak kegunaan dalam aplikasi yang memerlukan keluaran *AC* yang lebih bersih dan bebas dari harmonisa.<sup>25</sup>

Dalam *SPWM inverter* tiga fasa, perbandingan antara lebar pulsa positif dan negatif pada setiap fase diatur sedemikian rupa sehingga hasil akhirnya adalah bentuk gelombang *sinusoidal*. Ini dicapai dengan membandingkan gelombang referensi sinusoidal dengan gelombang segitiga atau gelombang pembawa. Prinsip utama dari *SPWM* adalah mengubah lebar pulsa sinyal pembawa (gelombang segitiga) sesuai dengan amplitudo sinyal referensi (gelombang sinusoidal) pada titik waktu tertentu. Keuntungan dari *SPWM inverter* tiga fasa adalah: Keluaran *Sinusoidal*: Menghasilkan bentuk gelombang keluaran yang mendekati bentuk

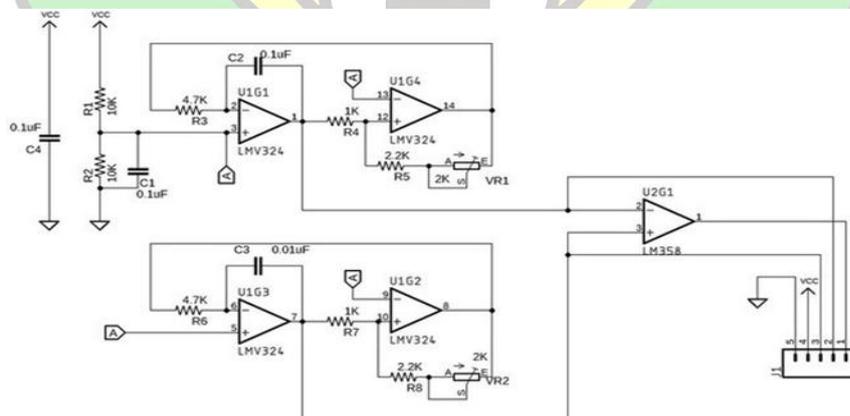
---

<sup>24</sup> Pramasdeka, Riawan, dkk (2017). *Desain dan Implementasi Current-Controlled Voltage Source Inverter untuk Kontrol Tegangan dan Frekuensi Generator Induksi Tiga Fasa*. Jurnal Teknik ITS, 6(1), B57-B65.

<sup>25</sup> Nugroho (2018). *Implementasi Sistem Kendali Variable Speed Drive Pada Inverter 3 Fasa Menggunakan Mikrokontrol At89S52*. Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer, 9(1), 413-424.

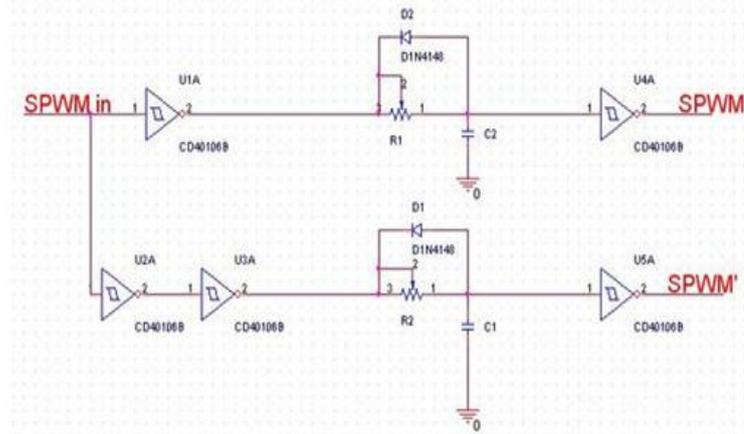
gelombang *sinusoidal* murni, yang lebih sesuai untuk aplikasi yang memerlukan kualitas keluaran AC yang baik dan rendah harmonisa.<sup>26</sup>

*SPWM inverter* dapat mengurangi distorsi harmonik pada sistem daya dan beban terhubung. Aplikasi yang memerlukan kualitas tinggi cocok untuk aplikasi sensitif seperti peralatan elektronik, motor listrik tiga fasa, dan sistem tenaga terbarukan yang memerlukan keluaran AC berkualitas tinggi. Namun, perlu diingat bahwa implementasi *SPWM* lebih kompleks dari pada *PWM* biasa karena memerlukan kontrol yang lebih rumit untuk menghasilkan keluaran sinusoidal yang akurat. Meskipun demikian, keuntungan dalam kualitas keluaran seringkali mengimbangi kompleksitas ini, membuat *SPWM inverter* menjadi pilihan yang populer dalam berbagai aplikasi industri dan komersial. Pada gambar 2.8. menampilkan rangkaian pengubah tegangan dari DC (baterai) ke AC dengan metode *SPWM*.

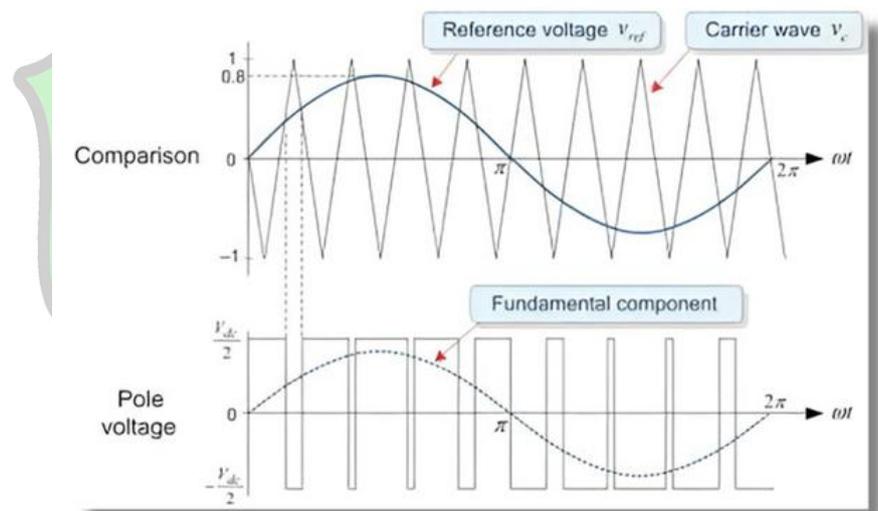


Gambar 2.17. Rangkaian daya SPWM

<sup>26</sup> Wahyudin, Fani Prasetya, dkk (2023): "Desain dan Implementasi Modul Bipolar Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation (THPWM) untuk Inverter Tiga Fasa." *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan* 7.3 263-276.



Gambar 2.18. Teknik *switching SPWM*



Gambar 2.19. Keluaran gelombang *SPWM*

(sumber: Grahame, 2003)

*SPWM* memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan teknik modulasi lainnya. Salah satu keunggulannya yang paling signifikan adalah bahwa ia menghasilkan sinyal gelombang sinus murni dengan distorsi *harmonik* yang lebih rendah. Hal ini penting dalam penerapannya di mana saat sinyal bersih diperlukan, seperti dalam penguat audio dan

inversi daya. Teknik ini juga lebih efisien karena mengurangi kerugian daya dan dissipasi panas. Hal ini disebabkan oleh sinyal keluaran yang merupakan gelombang sinus yang halus, yang mengurangi jumlah energi yang hilang sebagai panas.

Salah satu kekurangan yang signifikan dari *SPWM* adalah bahwa rumit untuk diimplementasikan, dengan komponen lebih banyak yang dibutuhkan dibandingkan dengan teknik lain. Metode ini juga memerlukan *switching* frekuensi tinggi, meningkatkan biaya dan kompleksitas desain perangkat. Hal ini dapat membuatnya sulit untuk diimplementasikan dalam beberapa penerapan, terutama yang memiliki batasan biaya atau ukuran yang ketat.

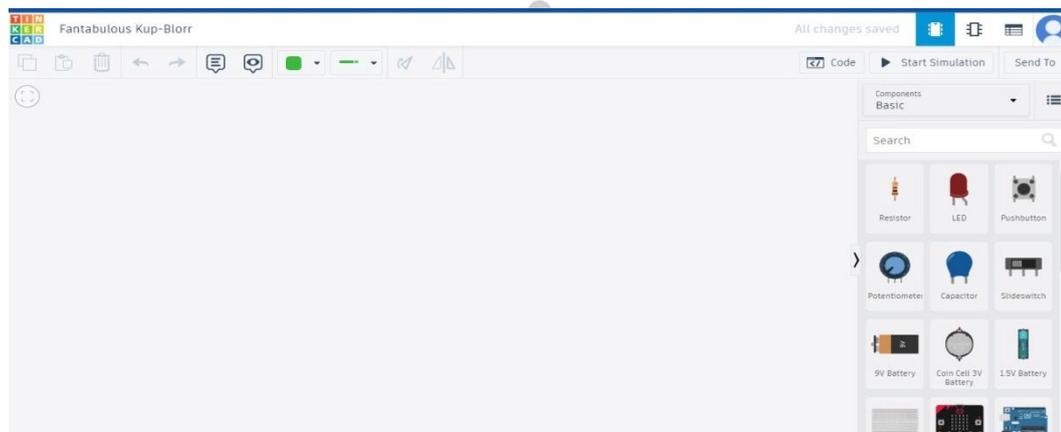
#### **K. Tinkercad**

*Tinkercad* adalah sebuah platform untuk membuat dan memprogram perangkat keras (*hardware*) berbasis mikrokontroler *Arduino* dengan menggunakan software *Tinkercad*. Platform ini memungkinkan pengguna untuk membuat desain prototipe dari berbagai macam proyek elektronik dan membuat kode program untuk mengendalikan perangkat keras tersebut.

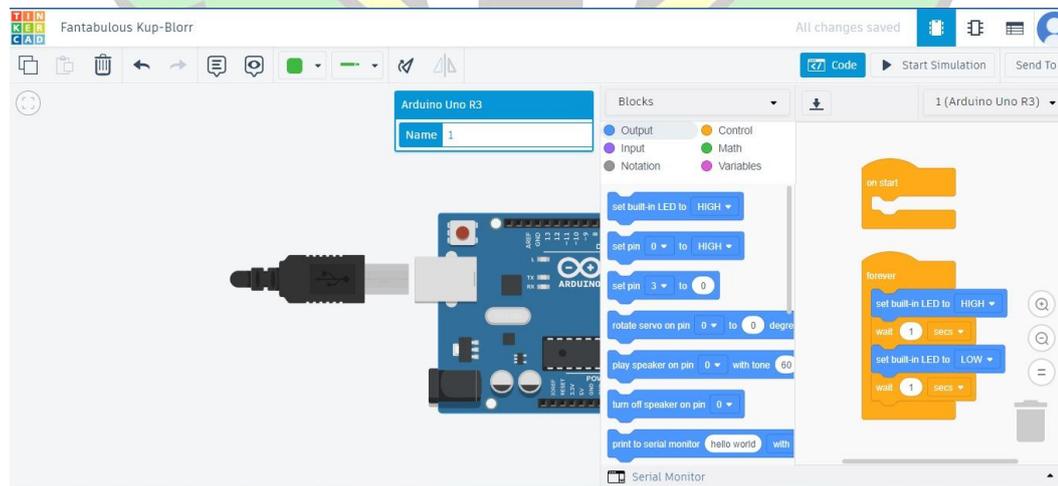
*Tinkercad* menyediakan berbagai macam komponen elektronik seperti *LED*, *Arduino*, resistor baterai, dan lain-lain untuk membuat desain prototipe elektronik yang diinginkan. Selain itu, dapat membuat kode program untuk mengendalikan perangkat keras yang telah dirancang, kode program ditulis dalam bahasa pemrograman *Arduino*, mirip dengan bahasa pemrograman *C++*. Tampilan dari *tinkercad* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.20. Icon software tinkercad



Gambar 2.21. Tampilan halaman kerja software tinkercad



Gambar 2.22. Fitur kode pemrograman pada software tinkercad

## L. Metode R&D

Penelitian ini termasuk penelitian *Research and Development (R&D)*. Menurut Sugiyono, *Research and Development (R&D)* merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Menurut Nana Syaodih Sukmadinata, *Research and Development (R&D)* merupakan suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan. Kemudian menurut Nusa Putra, *Research and Development (R&D)* merupakan metode penelitian secara sengaja, sistematis, untuk menemukan, memperbaiki, mengembangkan, menghasilkan, maupun menguji keefektifan produk, model, maupun metode/ strategi/ cara yang lebih unggul, baru, efektif, efisien, produktif, dan bermakna.<sup>27</sup>

Pada penelitian ini peneliti merancang suatu produk media ajar yang bertujuan sebagai alat peraga pembelajaran pada mata kuliah praktikum pengendalian mesin listrik, oleh karena itu rancangan penelitian yang digunakan adalah pengembangan penelitian (*Research & Development*). Menurut Sugiyono Jenis pengembangan penelitian (*R&D*) merupakan suatu proses atau langkah – langkah penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu juga menguji keefektifan dari produk tersebut.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> Haryati, Sri. "Research and Development (R&D) sebagai salah satu model penelitian dalam bidang pendidikan." *Majalah Ilmiah Dinamika* 37.1 (2012): 15.

<sup>28</sup> Okpatrioka, O. (2023). "*Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan*". Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya, 1(1), 86-100.

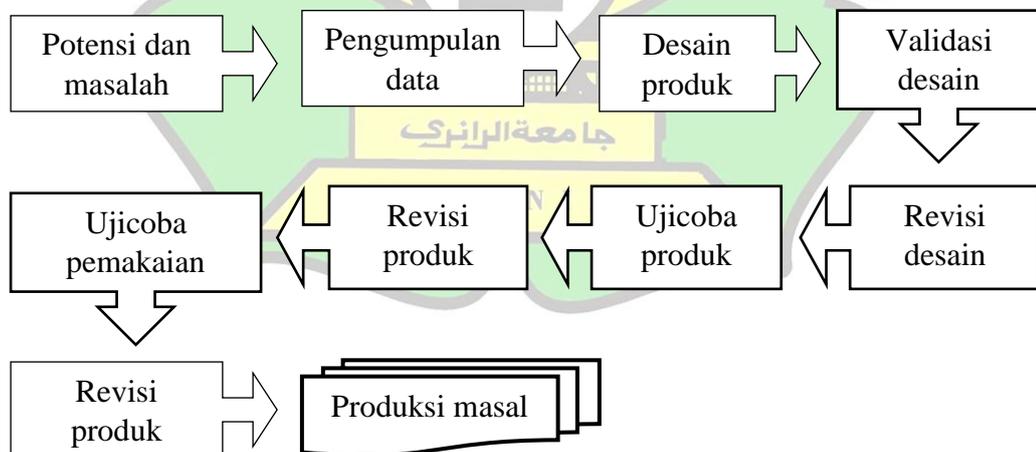
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif dilakukan dengan berbagai tahapan yang akurat di dukung adanya pembuktian dengan perhitungan atau rumus dasar teoritis sehingga mampu mendukung hasil penelitian yang dilakukan.

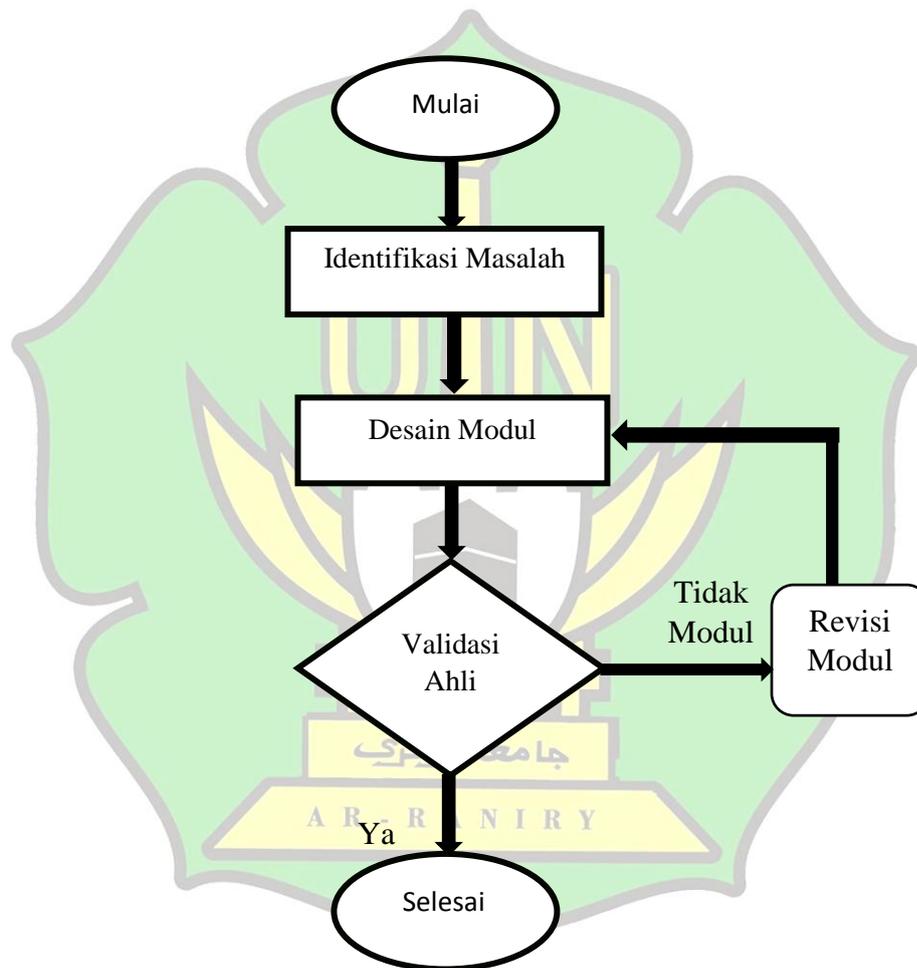
Jenis penelitian yang digunakan peneliti ialah metode *Research And Development (R&D)*. *R&D* merupakan jenis penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan suatu produk atau inovasi yang baru dan bermanfaat.<sup>29</sup> Untuk mendesain modul praktikum *inverter* pada mata kuliah elektronika daya peneliti harus melalui beberapa tahap agar menjadi bahan ajar yang dapat digunakan.



Gambar 3.1. Bagan alur Metode *Research & Development (R&D)*

<sup>29</sup> Okpatrioka, O. (2023). "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan". *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1(1), 86-100.

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan penyederhanaan tahapan pengembangan produk menjadi beberapa tahapan yang lebih sederhana. Berpanduan pada tahapan penelitian dan pengembangan *Research & Development* milik Sugiyono maka peneliti hanya membutuhkan beberapa tahapan untuk mendesain modul praktikum inverter 3 fasa sesuai dengan kebutuhan peneliti seperti terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alur penelitian

1. Mulai : Pada tahap mulai, peneliti melakukan penggalian informasi dengan melakukan wawancara langsung dengan dosen bidang kelistrikan pada mata kuliah Elektronika Daya, di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Identifikasi masalah : Melalui studi awal dengan pengumpulan informasi dengan tahap observasi lapangan mengenai mata kuliah elektronika daya. Peneliti menemukan potensi dan masalah di dalamnya, yaitu kurangnya modul praktikum dan komponen yang digunakan terkadang saat melakukan praktikum rusak sehingga menghasilkan keluaran tidak sesuai dengan yang diharapkan oleh karena itu melalui *software* kelistrikan *Tinkecad*, diharapkan dapat mengatasi kurangnya minat dan pemahaman mahasiswa dalam proses pembelajaran.
3. Desain Modul : Modul praktikum *inverter* 3 fasa didesain menggunakan aplikasi canva dan dalam pengimplementasian metode PWM dan SPWM dirangkai rangkaian melalui *software Tinkercad*.
4. Validasi Modul : Validasi modul untuk mendapatkan saran perbaikan agar menjadi modul yang lebih baik, dari validator apabila ada saran dari ahli validator maka dilakukan revisi. Validasi dilakukan diperlukan untuk mendapatkan saran dan masukkan dari segi bahasa, media dan materi, pada masing-masing bidang validasi menggunakan dua validator ahli. Pertama mendapatkan saran dan masukkan untuk mengkoreksi penggunaan bahasa yang baik dan sesuai pada modul praktikum ialah Ibu Raihan Islamadina, S.T, M.T dan Ibu Juniar, M.Pd. Kedua mendapatkan saran dan masukkan pada media berupa penggunaan warna, font, tata

letak, koherensi dan keidahan modul praktikum sehingga tidak membuat pembaca jenuh dan tujuan pembelajaran tersampaikan dari validator ahli media yakni Ibu Sadrina, S.T.M.Sc dan Ibu Rahmayanti, M.Pd. Ketiga mendapatkan saran dan masukkan dalam menyesuaikan materi inverter yang digunakan pada metode *sinuoidal pulse width modulation* dan *sinusoidal pulse width modulation* dan segala tahapan langkah kerja yang menjadi prosedur percobaan dikoreksi oleh validator Ibu Hari Anna Lastya, MT dan Bapak Hadi Kurniawan, M. Si

5. Selesai : Penyelesaian tahap akhir terhadap modul praktikum inverter 3 fasa dinyatakan layak digunakan ketika semua revisi yang disarankan oleh validator ahli bahasa, media dan materi telah dilakukan.

#### **B. Jadwal Dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di kampus Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh di Laboratorium Listrik Gedung Multifungsi yang beralamat di Jl. Syeikh Abdur Rauf No.2, Kopelma Darussalam. Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23111. Pelaksanannya dimulai pada 7 Juni 2023 hingga penelitian selesai pada 3 September 2023. Berikut Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian Modul praktikum inveter 3 fasa Inverter.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian Modul Praktikum Inverter

<b>NO</b>	<b>TEMPAT</b>	<b>TANGGAL</b>	<b>JAM</b>	<b>KEGIATAN</b>
1	Laboratorium Kelistrikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro	7 Juni 2023	10:25	Menentukan metode yang akan diterapkan pada modul

2	Laboratorium Kelistrikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro	20 Juni 2023	14:25	Mendesain Kode SPWM dan PWM
3	Laboratorium Kelistrikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro	26 Juni 2023	14:00	Menentukan software kelistrikan yang menyediakan semua komponen yang dibutuhkan
3	Laboratorium Kelistrikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro	26 Juni 2023	14:00	Mendesain dan menentukan materi yang diterapkan pada Modul
4	Laboratorium Kelistrikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro	7 Agustus 2023	16:00	Menentukan kisi-kisi instrumen validasi
5	Laboratorium Kelistrikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro	24 Agustus 2023	16:00	Mengvalidasi modul praktikum pada validasi ahli materi dan ahli media
6	Laboratorium Kelistrikan Prodi Pendidikan Teknik Elektro	27 Agustus 2023	16:00	Desain Akhir modul

### C. Instrumen Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah lembar validasi ahli media dan materi. Lembar validasi ahli media dan materi digunakan untuk mengukur validitas dan kelayakan media, materi serta bahasa yang digunakan

dalam penelitian ini.

### 1. Lembar Validasi

Lembar validasi ahli adalah instrumen yang digunakan untuk menilai atau mengevaluasi kualitas suatu produk atau bahan tertentu dari sudut pandang ahli di bidangnya. Lembar validasi ahli digunakan untuk mengevaluasi kualitas materi atau media pembelajaran, sehingga dapat memastikan bahwa materi atau media tersebut dapat digunakan secara efektif dalam proses pembelajaran.

Lembar validasi pada penelitian ini menggunakan pengukuran skala likert untuk mengetahui hasil persepsi ahli dengan jawaban yang variatif mulai dari sangat layak hingga sangat tidak layak nya suatu alat peraga, dari 5 jumlah kriteria alternatif jawaban yang ada ahli memberikan *check list* pada salah satu nilainya. Kriteria alternatif jawaban penilaian skala *likert* pada instrumen validasi beserta pengertian disetiap nilai skornya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Penilaian skala *likert*

Kriteria penilaian	Kriteria skor
Sangat Layak	5
Layak	4
Cukup Layak	3
Tidak Layak	2
Sangat Tidak Layak	1

Validasi ahli melibatkan penilaian dari ahli di bidang media dan materi terkait dengan kelayakan dan keefektifan suatu produk, yang nantinya hasil validasi tersebut dapat digunakan untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan pada produk atau bahan tersebut. Lembar validasi tersebut berisi pertanyaan

tentang kritik, saran, tanggapan, dan pendapat ahli terhadap produk yang dikembangkan. Kisi- kisi dari angket validasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini ;

Tabel 3.3.Kisi-kisi Instrument validasi ahli media

No	Aspek	Kriteria Pertanyaan
1	Ukuran Modul	Kesesuaian ukuran modul sesuai dengan standar ISO A4 (210mm X 297mm)
2	Desain Sampul (Cover)	Menampilkan pusat pandang (center poin ) yang baik
		Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi
		Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca
		Tidak menggunakan terlalu banyak gaya font
		Menggambarkan isi materi
3	Desain Isi Modul	Bentuk,Warna, Proposional obyek sesuai realita
		Kosistensi tata letak
		Unsur tata letak harmonis
		Unsur tata letak lengkap
		Tipografi isi modul sederhana
		Tipografi isi modul memudahkan pemahaman

Tabel 3.4 Kisi-kisi Instrument validasi ahli materi

No	Aspek	Pertanyaan
1	Tujuan Pembelajaran	Modul praktikum inverter mempermudah mahasiswa dalam memahami materi Inverter
		Modul praktikum inverter membantu mahasiswa dalam mengimplementasikan materi Inverter dengan benar
		Modul praktikum inverter dapat menambah wawasan pengetahuan mahasiswa

		Modul praktikum inverter sesuai dengan tujuan materi
2	Materi	Modul praktikum inverter dapat membuat keabstrakan materi Inverter menjadi lebih nyata
		Modul praktikum inverter dapat menyajikan materi sesuai dengan konsep materi Inverter
3	Waktu	Modul praktikum inverter dapat membantu mempercepat penjelasan materi Inverter sehingga waktu lebih efisien
4	Manfaat	Modul praktikum inverter dapat mempermudah penyampaian materi Inverter
		Modul praktikum inverter dapat menjadi alat bantu dalam pembelajaran materi Inverter

Tabel 3.4 Kisi-kisi Instrument validasi ahli bahasa

40	Pertanyaan
1	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan benar
2	Menggunakan peristilahan yang sesuai dengan konsep pada pokok bahasan
3	Bahasa yang digunakan lugas dan mudah difahami oleh siswa
4	Bahasa yang digunakan sudah komunikatif
5	Ketepatan pemilihan bahasa dalam menguraikan materi
6	Kalimat yang dipakai mewakili isi, pesan, atau informasi yang diinginkan disampaikan
7	Kalimat yang dipakai sederhana dan langsung kesasaran
8	Ketepatan ejaan
9	Konsistensi penggunaan istilah

10	Konsistensi penggunaan simbol atau ikon
----	---

#### **D. Teknik Pengumpulan Data**

##### 1. Lembar Validasi

Teknik pengumpulan data validasi adalah memberikan lembar validasi kepada masing-masing validator dari segi ahli media dilakukan oleh Hari Anna Lastya, M.T, / Hadi Kurniawan, M.Si. Sedangkan ahli materi dilakukan kepada Sadrina, S.T.,M.Sc / Raihan Islamadina, S.T., M.T. Untuk ahli bahasa dilakukan dengan Ibu Rahmayanti, M.Pd / Juniar Afrida, M.Pd. Kegiatan ini bertujuan mendapatkan masukan, kritik, dan saran validator ahli pada modul praktikum inverter 3 fasa.

#### **E. Teknik Analisis Data**

Setelah data berhasil dikumpulkan melalui lembar validasi dari ahli media, ahli materi dan bahasa, selanjutnya data tersebut akan diolah melalui teknik analisis. Teknik analisis data bertujuan menguraikan dan memecahkan masalah yang berdasarkan data yang diperoleh. Dalam penelitian ini, teknik analisis data yang digunakan adalah gabungan antara analisis kuantitatif. Dengan menggunakan teknik analisis tersebut, peneliti akan memperoleh pemahaman mendalam mengenai kualitas modul praktikum inverter 3 fasa.

Pada penelitian ini jenis analisis data yang digunakan, yaitu analisis data kuantitatif. Analisis data kuantitatif bermula menggunakan data yang diperoleh dari wawancara, observasi, serta masukan dari para ahli yang berupa kata-kata, tanggapan, saran, dan kritik. Lalu dilakukannya olah data berpanduan terhadap

rumus yang ada. Data yang diperoleh tersebut digunakan sebagai panduan dalam perbaikan pengembangan produk.

### 1. Analisis Lembar Validasi Ahli

Peneliti melakukan validasi data dengan menghadirkan modul praktikum inverter 3 fasa di hadapan ahli materi dan media, kemudian memberikan lembaran validasi kepada masing-masing ahli sebagai validator pengujian kelayakan dalam hal materi juga media. Data skor penilaian validasi selanjutnya dibuat kedalam persentase menggunakan persamaan (1).<sup>30</sup>

$$\text{Nilai validitas} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimum}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 3.4. Kategori kevalidan modul<sup>31</sup>

No	Kategori	Persentase Ketercapaian Indikator
1	Tidak Layak	0-20
2	Kurang Layak	21-40
3	Cukup layak	41-60
4	Layak	61-80
5	Sangat Layak	81-100

Teknik pengumpulan data validasi ahli dilakukan dengan memberikan lembaran validasi kepada setiap ahli sebagai instrumen pengujian kelayakan dari segi materi dan media modul praktikum inverter 3 fasa.

<sup>30</sup> Kelik Purwanto dan Aulia Rahmawati, "Pengembangan Handout Untuk Siswa Kelas V SD N 14 Koto Baru pada Materi Bermain Drama". *Jurnal Tarbiyah*, Vol. 24, No. 1, Januari-Juni 2017.

<sup>31</sup> Kelik Purwanto, "Pengembangan Handout...". h. 145.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil perancangan modul praktikum, hasil pengujian validasi ahli, validasi materi dan validasi bahasa untuk menentukan kelayakan dari modul praktikum yang di rancang oleh peneliti.

#### A. Hasil Penelitian

##### a) Perancangan Modul Praktikum

Penelitian ini bertujuan untuk merancang modul praktikum inverter untuk mata kuliah elektrinika daya pada program studi pendidikan teknik elektro serta untuk mengetahui hasil kelayakan modul praktikum tersebut berdasarkan validator ahli media, materi dan bahasa.

##### 1. Kode Pemograman

Pada tahap awal peneliti menetapkan bahasa C++ pada metode penyaklaran pulse width modulation (*PWM*) dan metode *sinusoidal pulse width modulation* (*SPWM*). Pemograman merupakan bagian terpenting pada tahap membuat desain modul praktikum *inveter* 3 fasa bila kode pemograman mengalami kesalahan maka hasil dari rangkaian kedua metode penyaklaran akan eror dan tidak mengeluarkan gelombang *output* yang di inginkan oleh peneliti. Gelombang keluaran yang diinginkan dapat diatur oleh mahasiswa dengan mengubah nilai pada  $\text{int } a=1000$  atau 100 untuk melihat perubahan gelombang *PWM* dan mengubah nilai  $\text{int}$  dengan  $d$  dan  $t$  sesuai pada tabel 4.1. Kode pemograman pulse width modulation (*PWM*) dan *sinusoidal pulse width modulation* (*SPWM*) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

```

int a=100; //coba diubah nilai a ini nanti frekuensi berubah
void setup()
{
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
}
void loop()
{
  digitalWrite(8, HIGH);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(10, HIGH);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(10, LOW);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(9, HIGH);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(8, LOW);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(10, HIGH);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(9, LOW);
  delayMicroseconds(100+a);
}

```

Gambar 4.1. Kode pemograman PWM

Tabel 4.1 Nilai int pemograman SPWM

<b>d</b>	<b>t</b>	<b>Frekuensi</b>
0	0	50
129	0	60
358	0	100

A R - R A N I R Y

```

int t=200;
int d=0;

// By Swagatam (my first Arduino
Code)
void setup() {
pinMode(8, OUTPUT);
pinMode(9, OUTPUT);
}
void loop(){
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(1250+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(2000+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(1250+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);

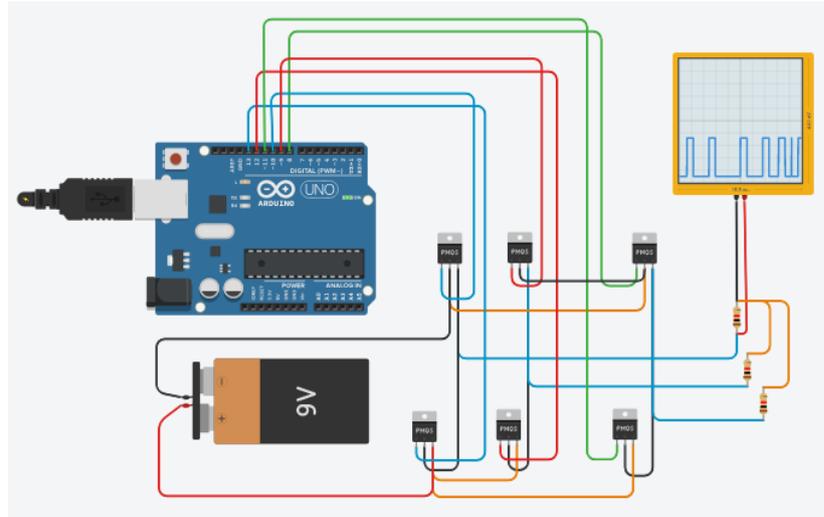
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(2000+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(1250+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
}
//-----
----//

```

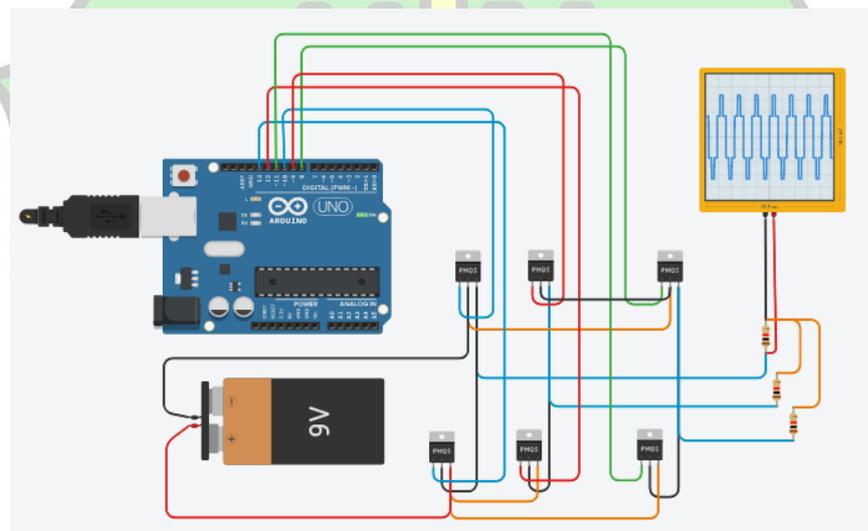
Gambar 4.2. Kode pemrograman SPWM

## 2. Mendesain Rangkaian

Rangkaian *inverter* 3 fasa di simulasikan pada *software* kelistrikan yaitu tinkercad yang dapat menghasilkan gelombang keluaran menyerupai *osilloscope*. *Software* tersebut dijalankan pada laptop dan menggunakan jaringan internet yang stabil. Kode pemrograman *PWM* dan *SPWM* yang diinput maka dibuatlah rangkaian seperti pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 4.3. Rangkaian dan bentuk gelombang PWM

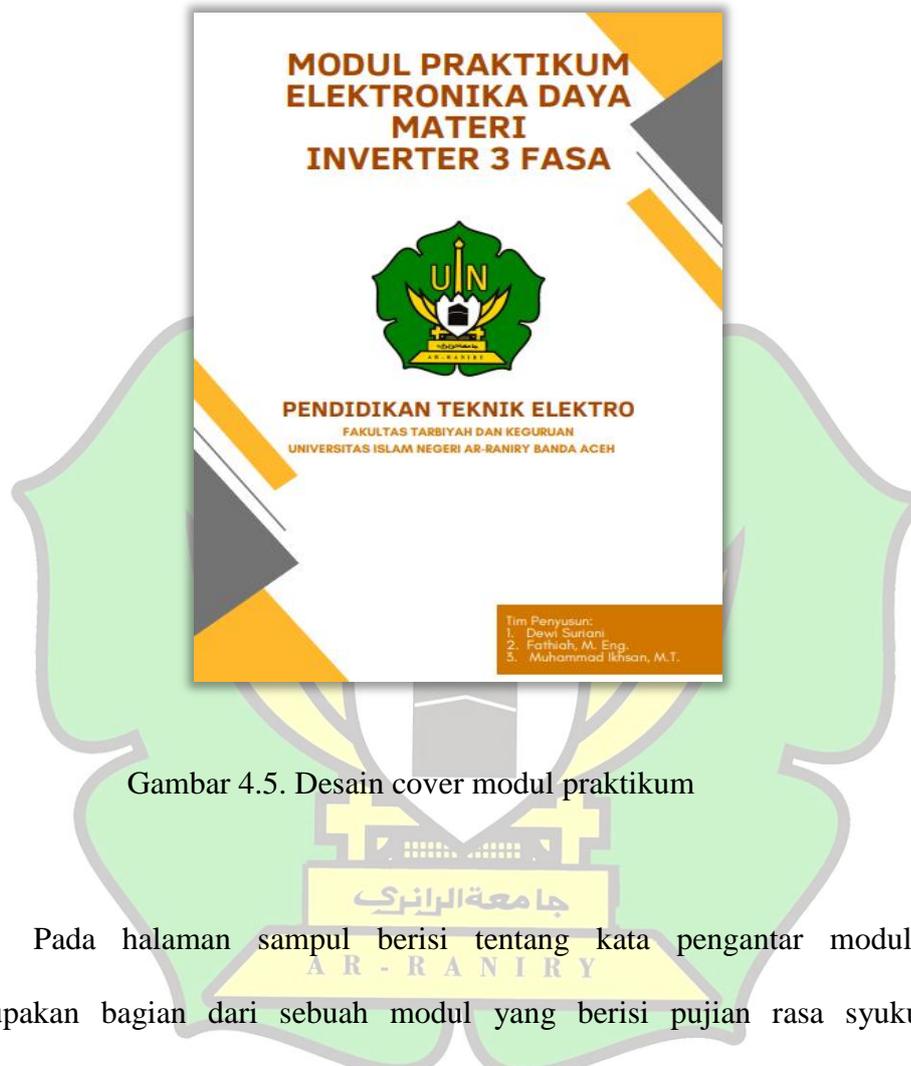


Gambar 4.4. Rangkaian dan bentuk gelombang SPWM

### 3. Desain Modul

Penyusunan modul praktikum *inverter* 3 fasa untuk mata kuliah elektronika daya di desain menggunakan aplikasi canva setiap kombinasi warna, bentuk dan tata letak didesain dengan sebaik mungkin oleh peneliti.

Pada halaman sampul atau cover modul *inverter* 3 fasa berisi tentang judul modul memperjelas judul pada modul mengenai inverter yang digunakan pada mata kuliah elektronika daya. Sampul modul dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5. Desain cover modul praktikum

Pada halaman sampul berisi tentang kata pengantar modul yang merupakan bagian dari sebuah modul yang berisi pujian rasa syukur dan perkenalan perkenalan modul. Kata pengantar modul dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat-Nya sehingga Modul Praktikum Elektronika Daya untuk mahasiswa/i Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Modul praktikum ini dibuat sebagai pedoman dalam melakukan kegiatan praktikum Elektronika Daya yang merupakan kegiatan penunjang mata kuliah Elektronika Daya untuk Bidang Keahlian Teknik Tenaga Listrik pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry. Modul praktikum ini diharapkan dapat membantu mahasiswa/i dalam mempersiapkan dan melaksanakan praktikum dengan lebih baik, terarah, dan terencana. Pada setiap topik telah ditetapkan tujuan pelaksanaan praktikum dan semua kegiatan yang harus dilakukan oleh mahasiswa/i serta teori singkat untuk memperdalam pemahaman mahasiswa/i mengenai materi yang dibahas.

Dalam menyelesaikan penulisan modul praktikum ini tentunya tim penyusun mendapat banyak bimbingan, arahan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, dan dari pihak akademis maupun non akademis, sehingga penulisan modul ini telah selesai dengan baik.

Walaupun banyak pihak yang membantu bukan berarti menyelesaikan modul praktikum yang sederhana ini telah mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu tim penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun sangat dihargai demi kesempurnaan modul yang disusun. Kepada Allah SWT dan apabila terdapat kesalahan penulis mohon maaf disebabkan ilmu penulis masih banyak yang kurang.

Banda Aceh, 1 Agustus 2023

Tim Penyusun

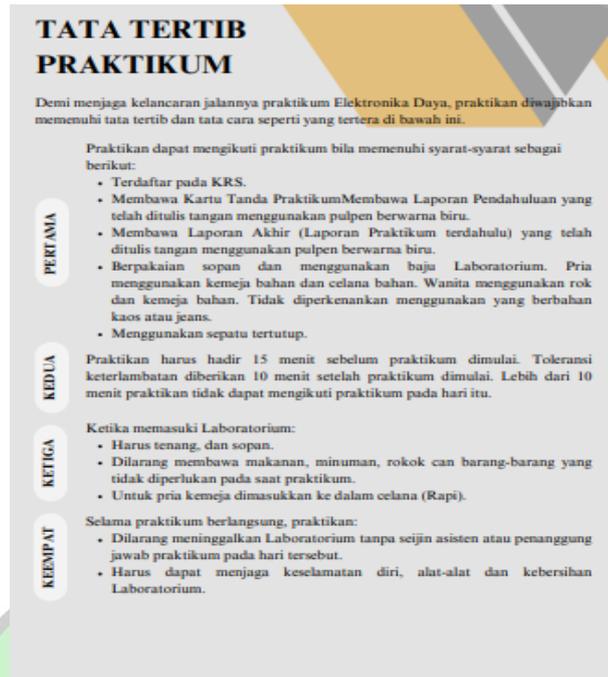
Gambar 4.6. Kata pengantar modul

Pada halaman daftar isi berisi daftar singkat judul-judul atau bagian-bagian utama yang terdapat dalam modul tersebut, dengan disertai nomor halaman atau nomor urut yang merujuk pada lokasi di mana bagian-bagian tersebut ditemukan dalam modul sehingga memudahkan pembaca menemukan halaman yang ingin dibaca. Daftar isi modul dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini.

DAFTAR ISI	
KATA PENGANTAR	2
TATA TERTIB PRAKTIKUM	3
DAFTAR ISI	5
TUJUAN PRAKTIKUM	6
INVERTER	7
PULSE WIDTH MODULATION	13
LANGKAH KERJA PWM	17
SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION	21
LANGKAH KERJA SPWM	24
DAFTAR PUSTAKA	29
KARTU PRAKTIKUM	
LEMBAR KERJA MAHASISWA	

Gambar 4.7. Daftar isi modul praktikum

Pada halaman tata tertib berisi tentang aturan yang wajib dipatuhi oleh mahasiswa dan arahan dari dosen yang harus diterapkan dalam lingkungan praktikum atau untuk mengatur perilaku peserta praktikum. Ini mencakup peraturan keselamatan, petunjuk pada saat praktikum. Tata tertip dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8. Tata tertib modul praktikum

Pada halaman tujuan praktikum berisi tentang petunjuk awal bagi mahasiswa untuk mengetahui tujuan dalam melakukan praktikum pada materi inverter 3 fasa dan hal yang paling penting juga mahasiswa dapat mengetahui peralatan yang harus disediakan oleh mahasiswa dapat dilihat pada halaman ini. Setelah melakukan praktikum mahasiswa diharapkan sudah dapat memahami konsep teoritis yang telah dipelajari di dalam modul juga memahami konsep tersebut diterapkan dalam situasi nyata atau dipraktekkan secara langsung pada saat praktikum sehingga mencapai tujuan kemampuan yang diharapkan. Halaman tujuan praktikum dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut ini.

### **TUJUAN PRAKTIKUM**

1. Mengoperasikan Software Kelistrikan.
2. Menguasai inverter 3 fasa dengan metode spwm dan pwm
3. Membandingkan karakteristik gelombang output dari masukan yang berbeda.

### **PERALATAN YANG DIGUNAKAN**

1. Komputer/Laptop.
2. Jaringan Internet.
3. <https://www.tinkercad.com>

### **KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN**

1. Mahasiswa diharapkan dapat mengoperasikan software kelistrikan.
2. Mahasiswa diharapkan dapat memahami inverter 3 fasa dengan metode spwm dan pwm
3. Mahasiswa diharapkan dapat membandingkan karakteristik gelombang Output dari masukan yang berbeda

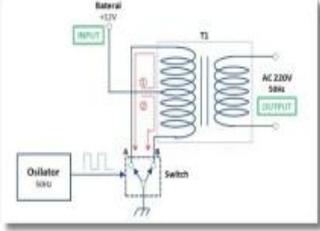
Gambar 4.9. petunjuk awal praktikum

Pada halaman inverter berisi tentang penjelasan materi mengenai inverter yang mampu mengubah tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) keluaran juga cara kerjanya yang disertai dengan rangkaian dari inverter hingga bentuk gelombang keluaran yang dihasilkan. Halaman inverter dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut ini.

## INVERTER ?

Inverter adalah perangkat elektronik yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Proses ini melibatkan konversi tegangan dan frekuensi, sehingga inverter memungkinkan aliran listrik yang berubah arah secara periodik, mirip dengan arus listrik yang disediakan oleh sumber listrik umum seperti pembangkit listrik tenaga listrik.

Dibawah ini menampilkan gambar dari proses perubahan arus DC (baterai) ke AC.



Gambar 1. Proses Inverter DC(Baterai) ke AC

Gambar 4.10. Materi inverter

Pada halaman ini berisi tentang penjelasan materi mengenai Pulse width modulation dan sinusoidal pulse width modulation merupakan metode yang digunakan dalam menjalankan modul inverter 3 fasa ini. Halaman metode tersebut dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut ini.

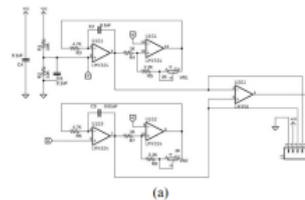
## APA ITU PULSE WIDTH MODULATION ?

PWM adalah kepanjangan dari *Pulse Width Modulation* atau dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan menjadi Modulasi Lebar Pulsa. Jadi pada dasarnya, PWM adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (*pulse width*) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM dapat dianggap sebagai kebalikan dari ADC (*Analog to Digital Converter*) yang mengkonversi sinyal Analog ke Digital, PWM atau *Pulse Width Modulation* ini digunakan menghasilkan sinyal analog dari perangkat Digital (contohnya dari Mikrokontroler).

Untuk lebih memahami apa yang dimaksud dengan PWM atau *Pulse Width Modulation* ini. Kita coba melihat contoh dari sinyal yang dihasilkan oleh Mikrokontroler atau IC 555. Sinyal yang dihasilkan oleh Mikrokontroler atau IC555 ini adalah sinyal pulsa yang umumnya berbentuk gelombang segitiga. Gelombang yang dihasilkan ini akan tinggi atau rendah pada waktu tertentu. Misalnya gelombang tinggi di 5V dan paling rendah di 0V. Durasi atau lamanya waktu dimana sinyal tetap berada di posisi tinggi disebut dengan "ON Time" atau "Waktu ON" sedangkan sinyal tetap berada di posisi rendah atau 0V disebut dengan "OFF Time" atau "Waktu OFF". Untuk sinyal PWM, kita perlu melihat dua parameter penting yang terkait dengannya yaitu Siklus Kerja PWM (*PWM Duty Cycle*) dan Frekuensi PWM (*PWM Frequency*).

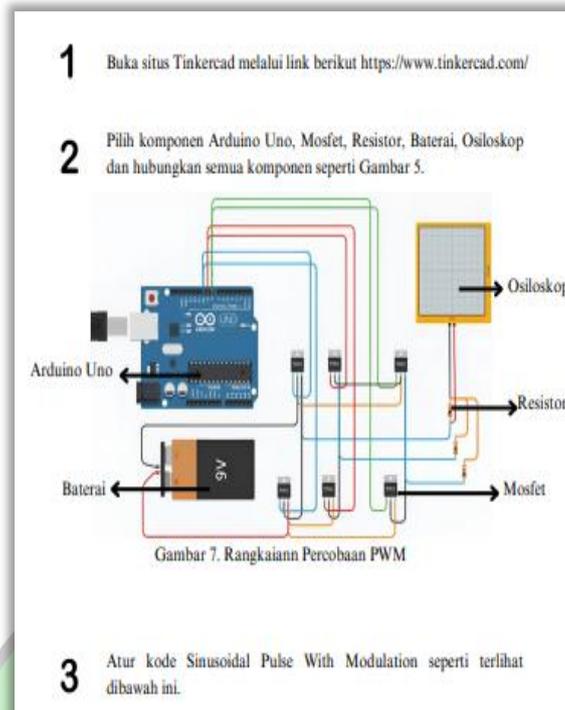
## APA ITU SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION ?

*Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) adalah teknik yang digunakan untuk menghasilkan sinyal gelombang sinus. SPWM merupakan variasi dari modulasi lebar pulsa (PWM) dan melibatkan pemodulasian gelombang segitiga dengan gelombang sinus dengan amplitudo yang bervariasi. Sinyal keluaran muncul sebagai gelombang sinus yang halus, seperti sinyal analog. Teknik ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengendalian motor, inversi daya, dan penguat audio.



Gambar 4.11. Materi metode PWM dan SPWM

Pada halaman ini berisi tentang penjelasan materi mengenai Langkah kerja yang menjabarkan intruksi mengenai setiap prosedur praktikum yang dipraktikan secara beruntun, jadi peserta didik dalam menjalankan praktikum mengikuti setiap arahan yang tertera dan menghasilkan pembelajaran yang terarah dan mahasiswa tidak lagi bingung. Halaman prosedur percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4.12. Prosedur percobaan

Pada halaman ini berisi tentang kode pemrograman yang digunakan pada modul inverter 3 fasa. Kode pemrograman diimplementasikan pada *software tinkercad* dalam menjalankan rangkaian sehingga rangkaian inverter mengeluarkan gelombang keluaran yang dimiliki pulse width modulation (PWM) dan sinusoidal pulse width modulation (SPWM). Halaman kode pemrograman tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut ini.

```

int a=100; //coba diubah nilai a ini nanti frekuensi
berubah

void setup()
{
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(8, HIGH);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(10, HIGH);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(10, LOW);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(9, HIGH);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(8, LOW);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(10, HIGH);
  delayMicroseconds(100+a);
  digitalWrite(9, LOW);
  delayMicroseconds(100+a);
}

int t=0;
int d=0;

// By Swagatan (my first Arduino
Code)
void setup() {
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(8, HIGH);
  delayMicroseconds(500+t-d);
  digitalWrite(8, LOW);
  delayMicroseconds(500+t-d);
  digitalWrite(8, HIGH);
  delayMicroseconds(750+t-d);
  digitalWrite(8, LOW);
  delayMicroseconds(500+t-d);
  digitalWrite(8, HIGH);
  delayMicroseconds(1250+t-d);
  digitalWrite(8, LOW);
  delayMicroseconds(500+t-d);
  digitalWrite(8, HIGH);
  delayMicroseconds(2000+t-d);
  digitalWrite(8, LOW);
  delayMicroseconds(500+t-d);
  digitalWrite(8, HIGH);
  delayMicroseconds(1250+t-d);
  digitalWrite(8, LOW);
  delayMicroseconds(500+t-d);
  digitalWrite(8, HIGH);
  delayMicroseconds(750+t-d);
  digitalWrite(8, LOW);
  //.....
}

```

Gambar 4.13. Kode pemrograman yang diinput pada rangkaian inverter

Pada halaman ini berisi tentang penjelasan mengenai kartu praktikum yang merupakan lembar absen praktikum yang dijadikan sebagai dokumen untuk mencatat kehadiran peserta praktikum dalam sesi praktikum tertentu. Kartu praktikum berisi informasi seperti nama peserta, tanggal praktikum, tanda tangan peserta dan tanda tangan asisten laboratorium atau pengajar sebagai bukti kehadiran. Lembar absen praktikum digunakan oleh asisten laboratorium / pengajar untuk memantau kehadiran peserta dan mengelola catatan kehadiran. Halaman kartu praktikum tersebut dapat dilihat pada gambar 4.14 berikut ini.



**KARTU PRAKTIKUM  
ELEKTRONIKA DAYA**

Nama :  
NIM :  
Kelompok :

Pas Foto  
3X4

No	Judul	Tgl/Bln/Thn	Tanda Tangan Praktikan	Landa Tangan Asisten Lab
1	Kontrak Praktikum	...../...../.....		
2		...../...../.....		
3		...../...../.....		
4		...../...../.....		
5		...../...../.....		
6		...../...../.....		
7		...../...../.....		
8		...../...../.....		
9		...../...../.....		

Banda Aceh.....20.....  
Koordinator Asisten Lab.Listrik

---

Gambar 4.14. Lembar absensi mahasiswa

Pada halaman ini berisi tentang penjelasan mengenai lembar kerja mahasiswa merupakan catatan laporan selama melakukan praktikum pada ruang laboratorium, lembaran ini membuat mahasiswa mengingat dan mengimplementasikan semua kegiatan selama praktikum sesuai dengan petunjuk dalam pengisian lembar kerja yang sudah tertera, juga pada lembar kerja mahasiswa terdapat evaluasi atau latihan yang diharapkan oleh pengajar terhadap mahasiswa agar mampu memahami materi inverter dengan baik. Halaman lembar kerja mahasiswa tersebut dapat dilihat pada gambar 4.15 berikut ini.



validasi peneliti hanya memberikan modul juga lembar validasi tanpa adanya tatap muka ketika pengisian lembar validasi dan saran juga masukkan terhadap modul praktikum inverter untuk di resivi ulang pada segi penggunaan font, tata letak, koherensi dan warna yang terlalu banyak/ mencolok sehingga kesannya tidak sesuai juga tidak indah dipandang oleh mahasiswa dan melakukan pengisian lembar validasi untuk kedua kali setelah peneliti melakukan revisi. Pada validator kedua Ibu Rahmayanti, M. Pd peneliti memberikan lembar validasi dan bertatap muka langsung pada saat memberikan penilaian dengan hasil validasi dapat digunakan dengan revisi dan tidak melakukan validasi ulang. Hasil validasi ahli media dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2. Hasil Validasi Media

No	Aspek	Kriteria Pertanyaan	Kriteria Nilai	
			V1	V2
1	Ukuran Modul	Kesesuaian ukuran modul sesuai dengan standar ISO A4 (210mm X 297mm)	5	4
2	Desain Sampul (Cover)	Menampilkan pusat pandang (center poin) yang baik	5	5
		Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi	5	4
		Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca	4	5
		Tidak menggunakan terlalu banyak gaya font	4	5
		Menggambarkan isi materi	5	5
		Bentuk,Warna, Proposional obyek sesuai realita	5	5

3	Desain Isi Modul	Kosistensi tata letak	4	5
		Unsur tata letak harmonis	4	5
		Unsur tata letak lengkap	5	5
		Tipografi isi modul sederhana	5	5
		Tipografi isi modul memudahkan pemahaman	5	4
<b>Jumlah</b>			<b>56</b>	<b>57</b>
<b>Persentase</b>			<b>93,3%</b>	<b>95%</b>
<b>Rerata Presentase</b>			<b>94%</b>	

## 2. Ahli Materi

Sedangkan pada validator ahli materi yang dilakukan oleh Ibu Hari Anna Lastya, S.T., M.T. Validasi dilakukan di Fakultas Tarbiyah Keguruan pada ruang prodi pendidikan teknik elektro secara tatap muka jadi peneliti mendapat saran dan masukan terhadap perbaikan materi modul praktikum inverter 3 fasa dan melakukan validasi kedua kalinya setelah peneliti melakukan revisi pada bagian materi menambahkan gambar rangkaian pada setiap sub materi dan pada lembar kerja mahasiswa dibuat seperti LKPD sehingga mahasiswa mudah memahami dan mengerjakan tugas yang diarahkan pada modul praktikum. Validasi materi juga dilakukan guna mendapat saran dan masukan dari Bapak Hadi Kurniawan, M. Si di ruang kerja validator di gedung multi fungsi lantai 2, pada saat penilaian peneliti memberikan lembar validasi dan mengambilnya kembali sesuai dengan hari yang di janjikan oleh validator, hasil yang didapat pada validasi pertama ialah melakukan perbaikan/revisi pada bagian tahapan prosedur percobaan dengan mendesain ulang tahapannya sehingga mahasiswa memahami petunjuk modul

dengan jelas dan dapat melakukan praktikan, setelah peneliti merevisi masukan validator peneliti kembali melakukan validasi ulang sehingga didapat hasil akhir dari penilain yang diberikan oleh validator ahli materi ialah layak digunakan tanpa revisi. Hasil uji validasi ahli materi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Validasi Materi

No	Aspek	Pertanyaan	Kriteria Nilai	
			V1	V2
1	Tujuan Pembelajaran	Modul praktikum inverter mempermudah mahasiswa dalam memahami materi Inverter	4	4
		Modul praktikum inverter membantu mahasiswa dalam mengimplementasikan materi Inverter dengan benar	4	4
		Modul praktikum inverter dapat menambah wawasan pengetahuan mahasiswa	5	4
		Modul praktikum inverter sesuai dengan tujuan materi	5	4
2	Materi	Modul praktikum inverter dapat membuat keabstrakan materi Inverter menjadi lebih nyata	3	4
		Modul praktikum inverter dapat menyajikan materi sesuai dengan konsep materi Inverter	4	4
3	Waktu	Modul praktikum inverter dapat membantu mempercepat penjelasan materi Inverter sehingga waktu lebih efisien	4	4
4	Manfaat	Modul praktikum inverter dapat mempermudah penyampaian materi Inverter	4	4
		Modul praktikum inverter dapat menjadi alat bantu dalam pembelajaran materi Inverter	4	4
<b>Jumlah</b>			<b>37</b>	<b>40</b>
<b>Persentase</b>			<b>82,2%</b>	<b>80%</b>

<b>Rerata Presentase</b>	<b>81,2%</b>
--------------------------	--------------

### 3. Ahli Bahasa

Validasi bahasa dilakukan pada Fakultas Tarbiyah Keguruan di ruang program studi pendidikan teknologi informasi dengan dua validator yang pertama melakukan validasi dengan Ibu Raihan Islamadina, S.T, M.T peneliti menjumpai validator dan validator mengisi lembar validasi secara langsung sehingga peneliti mendapat saran dan masukkan secara langsung dengan penilaian yang diberikan validator ialah layak digunakan dengan revisi. Validator kedua ialah Ibu Juniar, M.Pd. peneliti menjumpai validator dengan memberikan lembar validasi secara tatap muka dan mengambil hasil pengisian nilai dihari yang dijanjikan, hasil penilaian yang diberikan ialah layak digunakan dengan revisi. Hasil uji validasi ahli materi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Validasi Bahasa

No	Pertanyaan	Kriteria Nilai	
		V1	V2
1	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan benar	5	4
2	Menggunakan peristilahan yang sesuai dengan konsep pada pokok bahasan	4	4
3	Bahasa yang digunakan lugas dan mudah difahami oleh siswa	4	4

4	Bahasa yang digunakan sudah komunikatif	4	5
5	Ketepatan pemilihan bahasa dalam menguraikan materi	4	5
6	Kalimat yang dipakai mewakili isi, pesan, atau informasi yang diingin disampaikan	4	4
7	Kalimat yang dipakai sederhana dan langsung kesasaran	4	4
8	Ketepatan ejaan	4	5
9	Konsistensi penggunaan istilah	4	4
10	Konsistensi penggunaan simbol atau ikon	4	4
<b>Jumlah</b>		82%	86%
<b>Persentase</b>		84%	

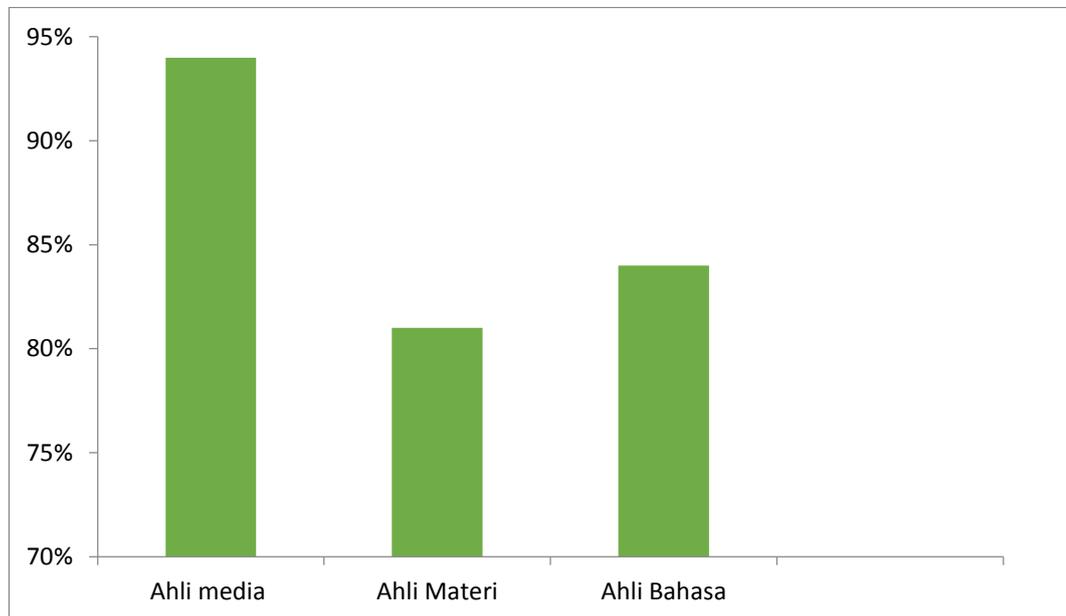
## B. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mendesain bahan ajar berupa modul praktikum inverter dengan menggunakan modul penelitian *Research and development* (R&D). Modul praktikum inverter ini membantu mahasiswa memahami inverter secara lebih mudah dan efektif melalui *software* kelistrikan Tinkercad. Pembahasan pada modul ini ialah inverter 3 fasa dengan metode penyaklaran *Pulse Width Modulation* (PWM) *Sinusoidal Pulse-Width Modulation* (SPWM).

Agar modul praktikum dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa program studi pendidikan teknik elektro maka peneliti meminta kritikan dan saran masukan dari

dosen ahli bidang kelistrikan untuk menilai kelayakan media, materi dan bahasa.

Yang dapat dilihat pada gambar 4. 16 grafik penilaian hasil uji validasi.

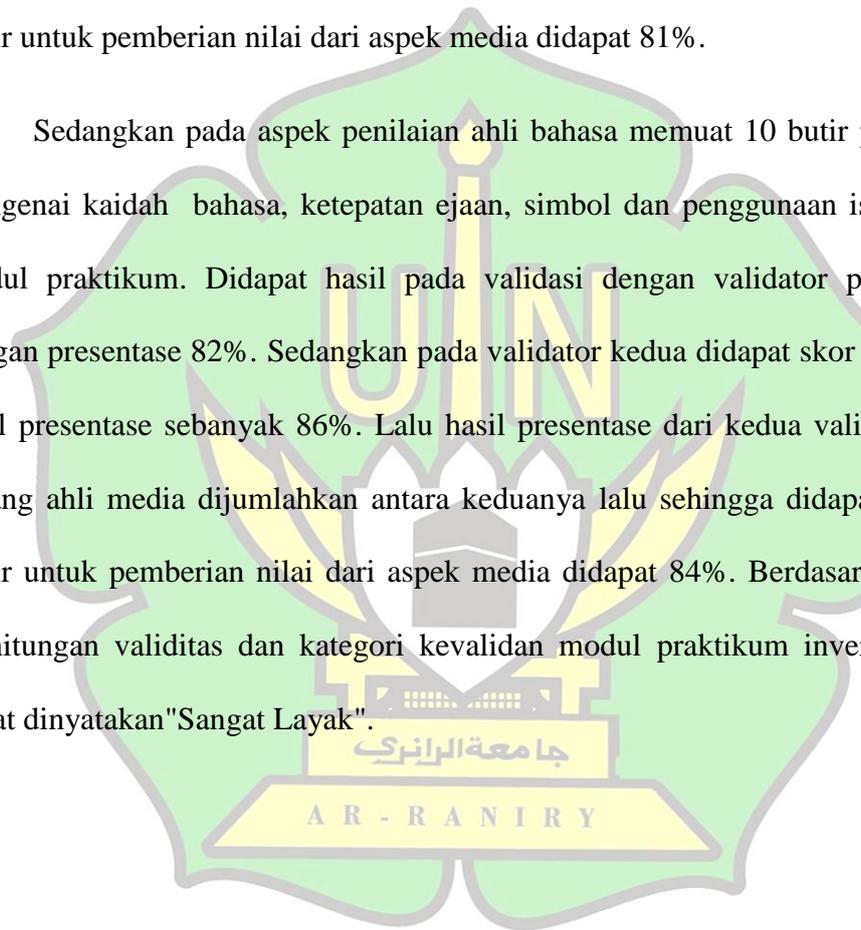


Gambar 4.16 Grafik penilaian hasil uji validasi

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.16 penilaian validator disetiap butir pertanyaan hanya memberi menilai berdasarkan dari lima kategori yaitu: (1) Tidak layak (2) Kurang layak (3) Cukup layak (4) Layak (5) Sangat layak. Penilaian validasi pada ahli media memuat 12 butir pertanyaan dengan pemberian kategori nilai 1-5 pada setiap jawaban yang menilai aspek-aspek kelayakan media seperti ukuran modul, desain cover modul, dan desain isi modul. Dari validator pertama di setiap butir pertanyaan didapatkan skor 57 pada dengan presentase 95% dan pada validator kedua di dapat skor 56 dengan presentase 93%. Lalu hasil presentase dari kedua validator pada bidang ahli media dijumlahkan antara keduanya lalu sehingga didapatkan hasil akhir untuk pemberian nilai dari aspek media didapat 94%.

Sedangkan pada aspek yang dinilai oleh validasi materi mengenai tujuan pembelajaran, materi, waktu, dan manfaat. Aspek penilaian ahli materi memuat 9 butir pertanyaan didapat hasil pada validasi dengan validator pertama 37 dengan presentase 82%. Sedangkan pada validator kedua didapat skor 36 didapat hasil presentase sebanyak 80%. Lalu hasil presentase dari kedua validator pada bidang ahli media dijumlahkan antara keduanya lalu sehingga didapatkan hasil akhir untuk pemberian nilai dari aspek media didapat 81%.

Sedangkan pada aspek penilaian ahli bahasa memuat 10 butir pertanyaan mengenai kaidah bahasa, ketepatan ejaan, simbol dan penggunaan istilah pada modul praktikum. Didapat hasil pada validasi dengan validator pertama 41 dengan presentase 82%. Sedangkan pada validator kedua didapat skor 43 didapat hasil presentase sebanyak 86%. Lalu hasil presentase dari kedua validator pada bidang ahli media dijumlahkan antara keduanya lalu sehingga didapatkan hasil akhir untuk pemberian nilai dari aspek media didapat 84%. Berdasarkan rumus perhitungan validitas dan kategori kevalidan modul praktikum inverter 3 fasa dapat dinyatakan "Sangat Layak".



## **BAB V**

### **PENUTUP**

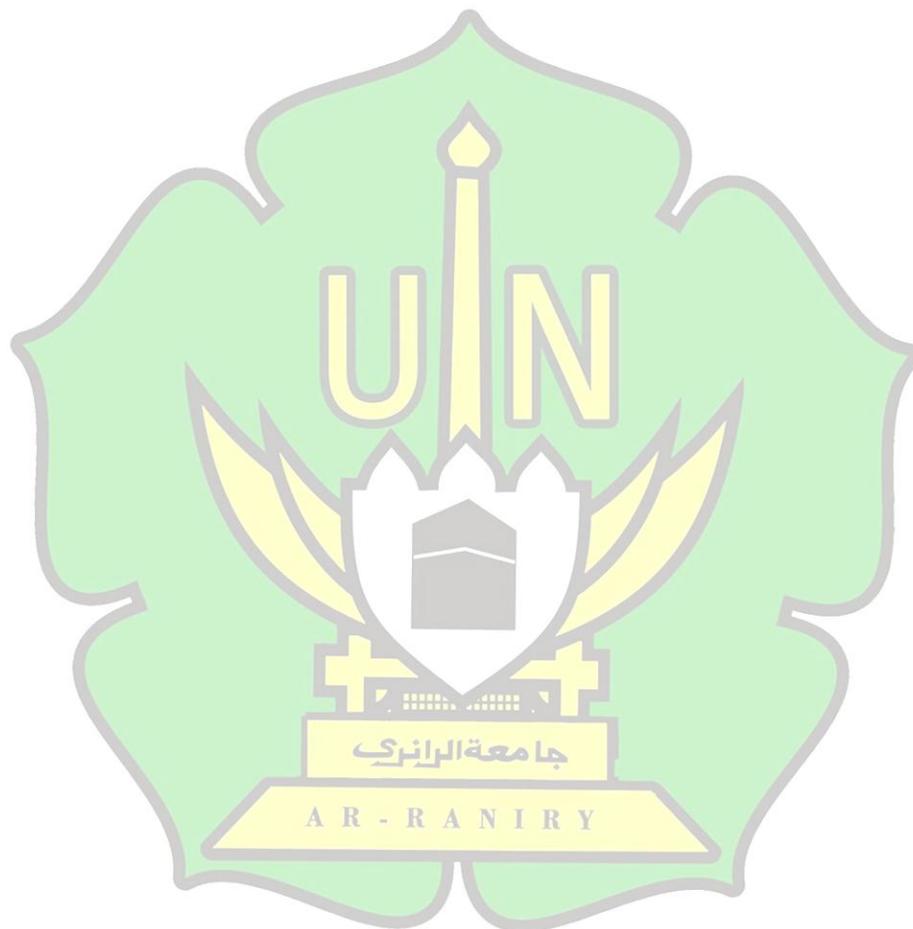
#### **A. Kesimpulan**

1. Penyusunan modul praktikum inverter 3 fasa di desain menggunakan metode *Research And Development* (R&D) milik sugiyono dengan beberapa tahapan menyesuaikan dengan kebutuhan peneliti. Materi yang dibahas pada modul ialah inverter 3 fasa, melalui perangkat lunak tinkercad dengan menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) *Sinusoidal Pulse-Width Modulation* (SPWM).
2. Hasil pengujian modul praktikum inverter 3 fasa dilakukan pada 6 validator yang masing-masing aspek dibagi menjadi 2 orang pada validator ahli media memperoleh persentase rata-rata 94%, 2 orang validator ahli materi memperoleh persentase rata-rata 81%, dan 2 orang pada validator ahli bahasa memperoleh presentase rata-rata 84%. Berdasarkan hasil validasi ahli media dan ahli materi terhadap modul praktikum inverter mendapat kategori “Sangat Layak” untuk diterapkan pada mata kuliah Elektronika Daya.

#### **B. Saran**

1. Modul praktikum inverter 3 fasa diharapkan dapat digunakan sebagai media ajar oleh laboratorium kelistrikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Untuk peneliti selanjutnya dapat mendesain modul lebih menarik dengan bahan yang lebih baik lagi agar minat belajar mahasiswa meningkat.

3. Untuk peneliti selanjutnya dapat merapkan modul praktikum inverter 3 fasa pada mata kuliah elektronika daya.
4. Diharapkan modul dapat dikembangkan menggunakan metode inverter *Space Vector Modulation (SVM)*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar dan Riyadi (2018). "Pengaturan Kecepatan Pada Motor Brushless Dc (BlDC) Menggunakan Pwm (Pulse Width Modulation)." *In PROSIDING SEMINAR NASIONAL INSTRUMENTASI, KONTROL DAN OTOMASI* (pp. 255-262).
- Wahyudin, Fani Prasetya, dkk (2023): "Desain dan Implementasi Modul Bipolar Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation (THPWM) untuk Inverter Tiga Fasa." *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan* 7.3 263-276.
- Andi Prastowo,(2020). "Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif". (Yogyakarta: Diva Press).
- Makmur, dkk (2023) "Penerapan Trainer Alternating Current Pada Pembelajaran Elektronika Daya." *Indonesian Journal of Learning Education and Counseling* 6.1: 45-51.
- Depdiknas.(2021). Pengembangan Bahan Ajar. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah.
- Ferdiansyah,dkk. (2021): "Desain SPWM Single Phase Full Bridge Inverter pada Sistem Uninterruptible Power Supply 500W." *Jurnal Arus Elektro Indonesia* 7.1 10-16.
- Hutagalung,dkk (2017): "Prototype rangkaian inverter dc ke ac 900 watt." *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika* 6.1 64-66.
- Iwan, Hermawan,(2019)"Teknik menulis karya ilmiah berbasis aplikasi dan metodologi." Jawa Barat: Hidayatul Quran.
- Purwanto, Kelik (2017)"Pengembangan Handout Untuk Siswa Kelas V SD N 14 Koto Baru pada Materi Bermain Drama". *Jurnal Tarbiyah*, Vol. 24, No. 1, Januari-Juni
- Lielen, Olsafena Sekar Kencono Wangi, (2019) "Penyusunan Modul Alat Berat Pada Mata Kuliah Pemindahan Tanah Mekanis Sebagai Sarana Pembelajaran Pada Prodi Pendidikan Teknik "Skripsi, (Semarang : Universitas Negeri Semarang,).
- Nugraha, Anggara Trisna,dkk. (2022) "Konsep Dasar Elektronika Daya."(Deepublish)
- Nugroho (2018). "Implementasi Sistem Kendali Variable Speed Drive Pada Inverter 3 Fasa Menggunakan Mikrokontrol At89S52." *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(1), 413-424.

- Setyanto, dkk. (2023) "*Pengembangan Alat Peraga Sepeda Listrik Portabel Sebagai Media Pembelajaran Elektronika Daya.*" *JUPITER* (jurnal pendidikan teknik elektro) 8.1: 39-46.
- Panggabean, Subastian Yusuf. (2017). "*Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (Pulse Width Modulation).*"
- Pramasdeka, Riawan, dkk (2017). "*Desain dan Implementasi Current-Controlled Voltage Source Inverter untuk Kontrol Tegangan dan Frekuensi Generator Induksi Tiga Fasa.*" *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), B57-B65.
- Rulyanti Dyah Prawesti, dkk. ( 2021) "*Rancang Bangun Six-Step Inverter 3 Fasa Sebagai Modul Pembelajaran Elektronika Daya*" *Jurnal Elkolind*, VOL. 8, Nomor 2.
- Saputra, Marten Wijaya. (2023). "*DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI PERPUSTAKAAN BERBASIS WEB DENGAN MENGGUNAKAN BARCODE.*" *Jurnal Teknologi Pintar* 3.4
- Saodah, Siti, and S. R. I. Utami. (2019) "*Perancangan Sistem grid tie inverter pada pembangkit listrik tenaga surya.*" *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 7.2 : 339.
- Sinaga, Yustinus Andrianus, dkk(2017) "*Rancang bangun inverter 1 phasa dengan kontrol pembangkit Pulse Width Modulation (PWM).*" *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro, Univ. Lampung* 11.2.
- Okpatrioka, O. (2023). "*Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan*". *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1(1), 86-100.
- Yulianti, dkk, (2022). "*mesin inhalasi hydroxy kapasitas 24-36 watt berbasis solar cell.*" *jurnal teknologi industri* 11.1
- Zulmiyetri, dkk.( 2020)"*Penulisan Karya Ilmiah*. Jakarta: Prenada Media"

## DATA RIWAYAT HIDUP



Dewi suriani, lahir di kota aceh barat daya desa gadang pada tanggal 17 Desember 2000. Anak bungsu dari 7 bersaudara, anak dari pasangan Ayahanda Alm.Salman dan Ibunda Wariah. Penulis pertama kali menempuh pendidikan pada usia 6 tahun di MIN 3 Aceh Barat Daya tahun 2006 dan selesai pada tahun 2012. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di MTsN 1 Aceh Barat Daya dan selesai pada tahun 2015, dan pada tahun yang sama juga penulis melanjutkan pendidikan di MAN 1 Aceh Barat Daya dan selesai pada tahun 2018. Pada tahun 2019 penulis terdaftar di Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.



# MODUL PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA MATERI INVERTER 3 FASA



**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO**  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

**2023**

Tim Penyusun:

1. Dewi Suriani
2. Fathiah, M. Eng.
3. Muhammad Ikhsan, M.T.

# KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat-Nya sehingga Modul Praktikum Elektronika Daya untuk mahasiswa/i Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Modul praktikum ini dibuat sebagai pedoman dalam melakukan kegiatan praktikum Elektronika Daya yang merupakan kegiatan penunjang mata kuliah Elektronika Daya untuk Bidang Keahlian Teknik Tenaga Listrik pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry. Modul praktikum ini diharapkan dapat membantu mahasiswa/i dalam mempersiapkan dan melaksanakan praktikum dengan lebih baik, terarah, dan terencana. Pada setiap topik telah ditetapkan tujuan pelaksanaan praktikum dan semua kegiatan yang harus dilakukan oleh mahasiswa/i serta teori singkat untuk memperdalam pemahaman mahasiswa/i mengenai materi yang dibahas.

Dalam menyelesaikan penulisan modul praktikum ini tentunya tim penyusun mendapat banyak bimbingan, arahan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, dan dari pihak akademis maupun non akademis, sehingga penulisan modul ini telah selesai dengan baik.

Walaupun banyak pihak yang membantu bukan berarti menyelesaikan modul praktikum yang sederhana ini telah mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu tim penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun sangat dihargai demi kesempurnaan modul yang disusun. Kepada Allah SWT dan apabila terdapat kesalahan penulis mohon maaf disebabkan ilmu penulis masih banyak yang kurang.

Banda Aceh, 1 Agustus 2023

Tim Penyusun

# TATA TERTIB PRAKTIKUM

Demi menjaga kelancaran jalannya praktikum Elektronika Daya, praktikan diwajibkan memenuhi tata tertib dan tata cara seperti yang tertera di bawah ini.

Praktikan dapat mengikuti praktikum bila memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

## PERTAMA

- Terdaftar pada KRS.
- Membawa Kartu Tanda PraktikumMembawa Laporan Pendahuluan yang telah ditulis tangan menggunakan pulpen berwarna biru.
- Membawa Laporan Akhir (Laporan Praktikum terdahulu) yang telah ditulis tangan menggunakan pulpen berwarna biru.
- Berpakaian sopan dan menggunakan baju Laboratorium. Pria menggunakan kemeja bahan dan celana bahan. Wanita menggunakan rok dan kemeja bahan. Tidak diperkenankan menggunakan yang berbahan kaos atau jeans.
- Menggunakan sepatu tertutup.

## KEDUA

Praktikan harus hadir 15 menit sebelum praktikum dimulai. Toleransi keterlambatan diberikan 10 menit setelah praktikum dimulai. Lebih dari 10 menit praktikan tidak dapat mengikuti praktikum pada hari itu.

## KETIGA

Ketika memasuki Laboratorium:

- Harus tenang dan sopan.
- Dilarang membawa makanan, minuman, rokok dan barang-barang yang tidak diperlukan pada saat praktikum.
- Untuk pria kemeja dimasukkan ke dalam celana (Rapi).

## KEEMPAT

Selama praktikum berlangsung, praktikan:

- Dilarang meninggalkan Laboratorium tanpa seijin asisten atau penanggung jawab praktikum pada hari tersebut.
- Harus dapat menjaga keselamatan diri, alat-alat dan kebersihan Laboratorium.

**KELIMA**

Praktikan harus mengganti alat-alat yang rusak/hilang selama praktikum berlangsung dengan alat yang sama, sebelum praktikum berikutnya.

**KEENAM**

Setelah praktikum selesai dan disetujui asisten, praktikum :

- Melaporkan kelengkapan alat-alat yang digunakan pada asisten yang bersangkutan.
- Menuliskan data pada lembar data yang diberikan asisten
- Harus meminta paraf tanda tangan pada asisten pada lembar data pengamatan dan pada Kartu Tanda Praktikum.

**KETUJUH**

Bagi praktikan yang berhalangan hadir karena sakit dapat menunjukkan surat keterangan dokter dan surat dari orang tua paling lambat pada saat praktikum berlangsung (diwakilkan), Melampaui waktu tersebut praktikan dinyatakan GAGAL 1 KALI. Batas maksimum untuk tidak hadir praktikum (absen) adalah dua kali dan wajib mengulang di praktikum pengulangan.

**KEDELAPAN**

Praktikum yang tidak hadir/gagal diwajibkan mengulang praktikum, dengan maksimal pengulangan 2 (dua) kali, dan bila lebih dari dua kali pengulangan dinyatakan TIDAK LULUS.

**KESEMBILAN**

Tata tertib ini untuk dilaksanakan dengan penuh kesadaran

# DAFTAR ISI

**KATA PENGANTAR**

**2**

**TATA TERTIB PRAKTIKUM**

**3**

**DAFTAR ISI**

**5**

**TUJUAN PRAKTIKUM**

**6**

**INVERTER**

**7**

**PULSE WIDTH MODULATION**

**13**

**LANGKAH KERJA PWM**

**17**

**SINUSOIDAL PULSE WIDTH  
MODULATION**

**23**

**LANGKAH KERJA SPWM**

**26**

**DAFTAR PUSTAKA**

**33**

**KARTU PRAKTIKUM**

**LEMBAR KERJA MAHASISWA**

# TUJUAN PRAKTIKUM

1. Mengoperasikan Software Kelistrikan.
2. Menguasai inverter 3 fasa dengan metode spwm dan pwm
3. Membandingkan karakteristik gelombang output dari masukan yang berbeda.

# PERALATAN YANG DIGUNAKAN

1. Komputer/Laptop.
2. Jaringan Internet.
3. <https://www.tinkercad.com>

# KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa diharapkan dapat mengoperasikan software kelistrikan.
2. Mahasiswa diharapkan dapat memahami inverter 3 fasa dengan metode spwm dan pwm
3. Mahasiswa diharapkan dapat membandingkan karakteristik gelombang Output dari masukan yang berbeda

جامعة الرانيري

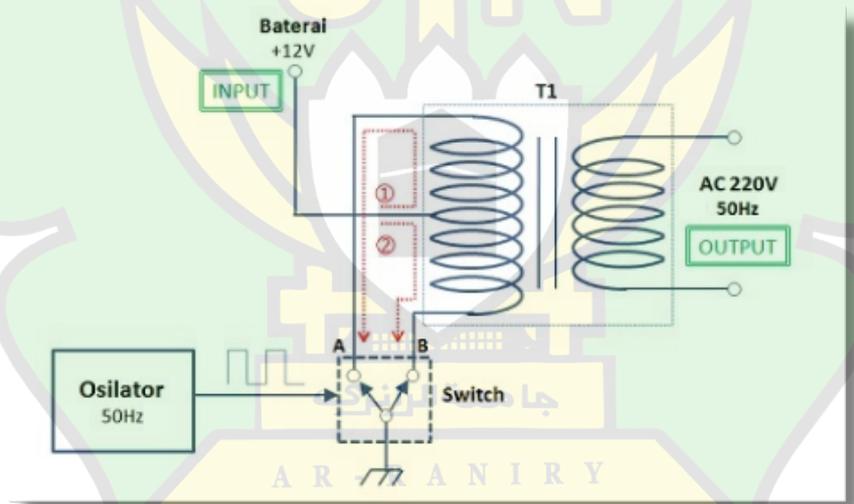
A R - R A N I R Y

# INVERTER



Inverter adalah perangkat elektronik yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Proses ini melibatkan konversi tegangan dan frekuensi, sehingga inverter memungkinkan aliran listrik yang berubah arah secara periodik, mirip dengan arus listrik yang disediakan oleh sumber listrik umum seperti pembangkit listrik tenaga listrik.

Dibawah ini menampilkan gambar dari proses perubahan arus DC (baterai) ke AC.

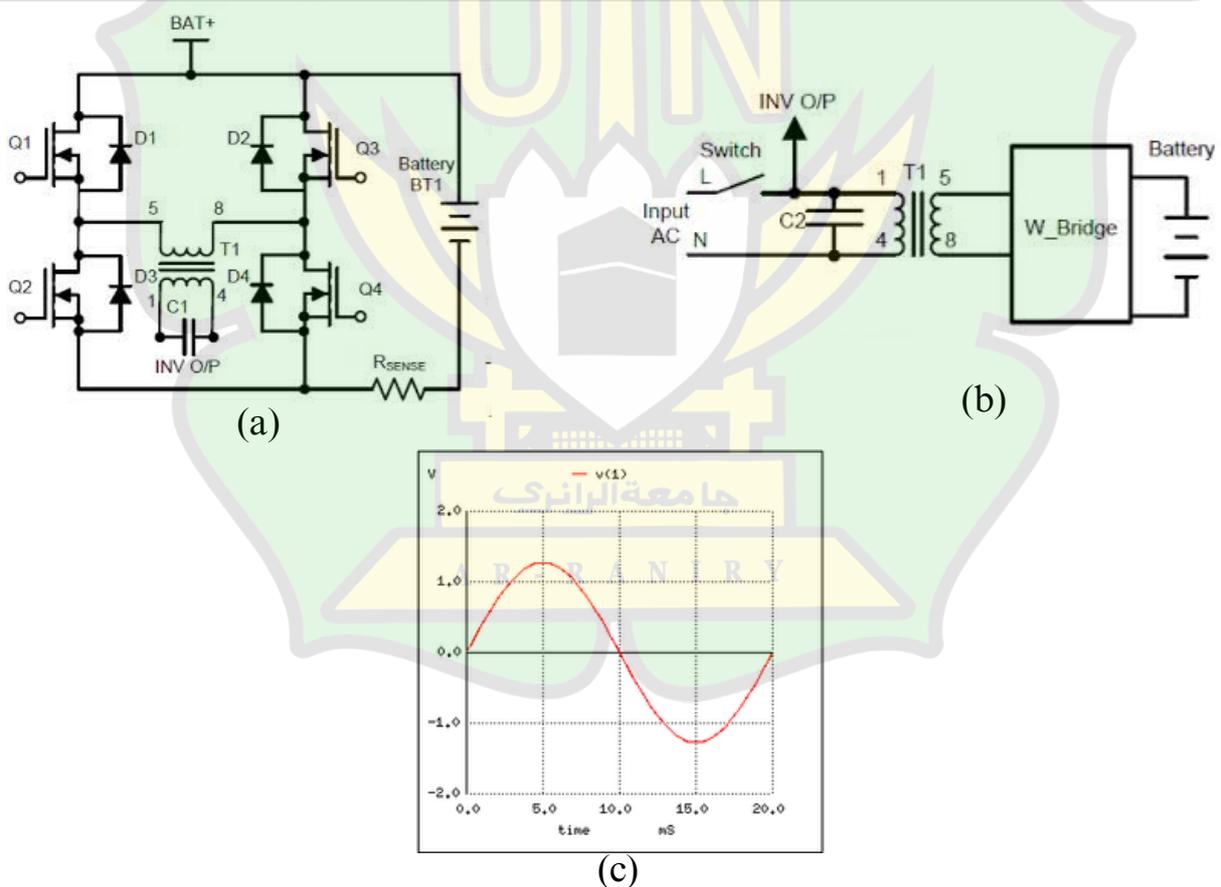


Gambar 1. Proses Inverter DC(Baterai) ke AC  
(sumber: Bose, 2002)

## Jenis Gelombang Keluaran Inverter

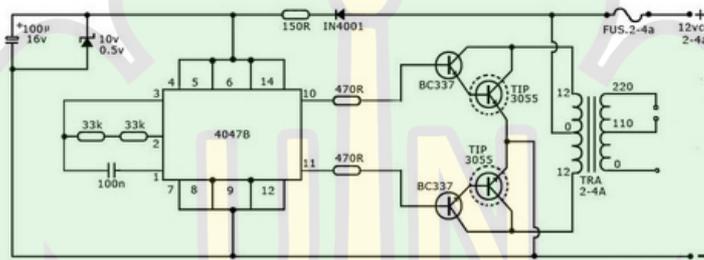
Inverter dibedakan menjadi beberapa jenis sesuai dengan gelombang yang dihasilkan.

**Gelombang Sinus** merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai (bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoida sempurna pada jaringan listrik dalam hal ini PLN. Dengan *total harmonic distortion* (THD) < 3% sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut "*clean power supply*". Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut *pulse width modulation* (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.

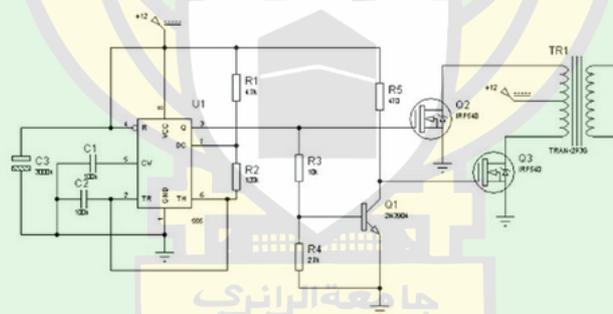


Gambar 2. (a) Input (b) Proses (c) Output Gelombang Sinus (sumber: Grahame, 2003)

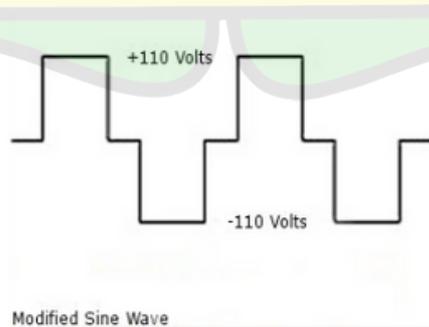
**Gelombang Modifikasi Persegi** atau disebut juga “*Modified Square Wave*” karena gelombang ini hampir sama dengan *square wave*, namun pada *modified sine wave* outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena *modified sine wave* mempunyai *harmonic distortion* yang lebih sedikit dibanding *square wave* maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv, lampu namun tidak bisa untuk beban-beban yang lebih sensitive.



(a)



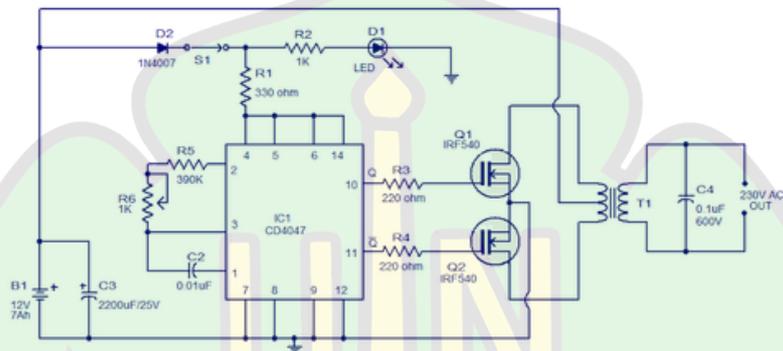
(b)



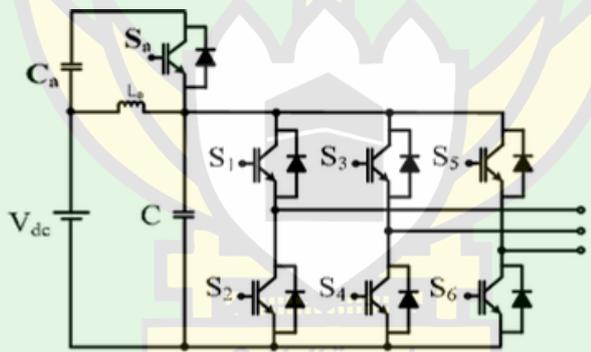
(c)

Gambar 3. (a) Input (b) Proses (c) Keluaran Gelombang Modifikasi Persegi (sumber: Grahame, 2003)

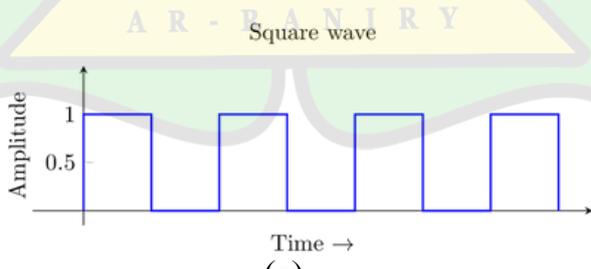
**Gelombang Persegi** adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220 VAC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik *output* inverter ini adalah memiliki level ‘*total harmonic distortion*’ yang tinggi. Mungkin karena alasan itu inverter ini disebut ‘*dirty power supply*’.



(a)



(b)

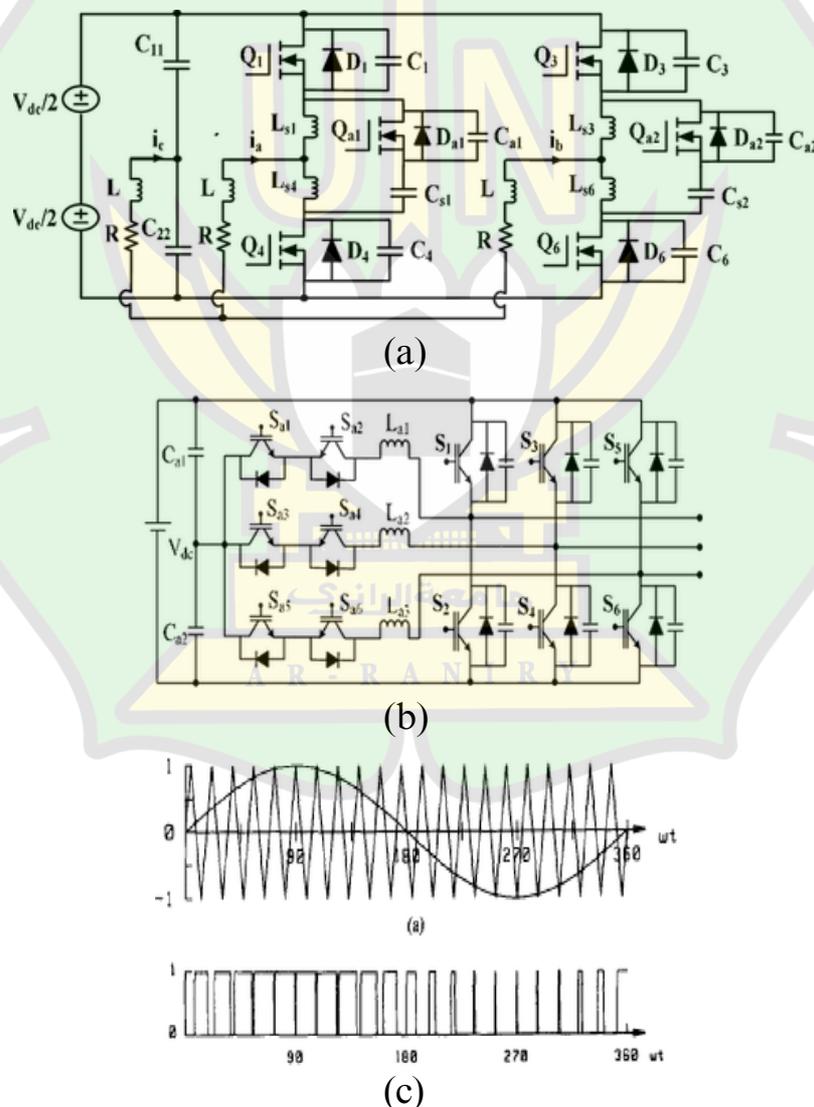


(c)

Gambar 4. (a) Input (b) Proses (c) Keluaran Gelombang Persegi (sumber: Grahame, 2003)

# INVERTER 3 FASA

Inverter 3 *phase* merupakan inverter dengan tegangan keluaran berupa tegangan bolak balik (ac) 3 phase per segi. Sebuah rangkaian dasar inverter 3 phase tunggal sederhana terdiri dari 3 buah inveter 1 phase dengan menggunakan *mosfet* daya (*power mosfet*) sebagai sakelar diperlihatkan pada gambar dibawah. Tegangan suplay merupakan sumber dc dengan tegangan sebesar  $V_s$ , dengan titik netral merupakan titik hubung dari titik bintang (Y) pada beban. Terdapat 2 jenis mode operasi dari inverter jenis ini, yaitu mode konduksi  $120^\circ$  dan mode konduksi  $180^\circ$ .



Gambar 5. (a) Input (b) Proses (c)Keluaran Inverter 3 Fasa (sumber: Grahame, 2003)

Dari mode konduksi, inverter 3 phase dibedakan menjadi:

- Inverter 3 phase mode konduksi 120 derajat.

Inverter 3 phase dengan mode konduksi 120° memungkinkan setiap komponen pensakelaran akan konduksi selama 120° dengan pasangan konduksi yang berbeda, misalnya 60° pertama antara Q1Q6, dan 60° ke dua antara Q1Q2, dan seterusnya.

- Inverter 3 phase mode konduksi 180 derajat

Inverter 3 phase dengan mode konduksi 180° memungkinkan 3 komponen pensakelaran konduksi pada saat yang bersamaan. Ke tiga komponen pensakelaran akan konduksi selama 180° dengan pasangan konduksi yang juga berbeda-beda.

Dari segi teknik pensakelaran (switching technique) dibedakan atas;

- Inverter persegi (square inverter)
- Inverter pwm (inverter pwm)
- Inverter quasi pwm (quasi pwm inverter)

APA ITU

# PULSE WIDTH MODULATION ?

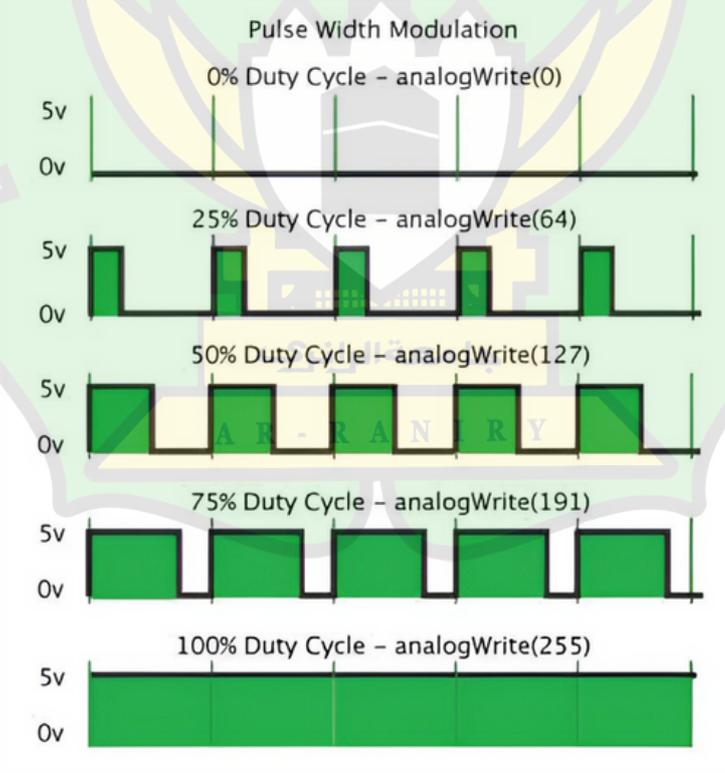
PWM adalah kepanjangan dari *Pulse Width Modulation* atau dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan menjadi Modulasi Lebar Pulsa. Jadi pada dasarnya, PWM adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (*pulse width*) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM dapat dianggap sebagai kebalikan dari ADC (*Analog to Digital Converter*) yang mengkonversi sinyal Analog ke Digital, PWM atau *Pulse Width Modulation* ini digunakan menghasilkan sinyal analog dari perangkat Digital (contohnya dari Mikrokontroler).

Untuk lebih memahami apa yang dimaksud dengan PWM atau *Pulse Width Modulation* ini. Kita coba melihat contoh dari sinyal yang dihasilkan oleh Mikrokontroler atau IC 555. Sinyal yang dihasilkan oleh Mikrokontroler atau IC555 ini adalah sinyal pulsa yang umumnya berbentuk gelombang segiempat. Gelombang yang dihasilkan ini akan tinggi atau rendah pada waktu tertentu. Misalnya gelombang tinggi di 5V dan paling rendah di 0V. Durasi atau lamanya waktu dimana sinyal tetap berada di posisi tinggi disebut dengan “*ON Time*” atau “Waktu ON” sedangkan sinyal tetap berada di posisi rendah atau 0V disebut dengan “*OFF Time*” atau “Waktu OFF”. Untuk sinyal PWM, kita perlu melihat dua parameter penting yang terkait dengannya yaitu Siklus Kerja PWM (*PWM Duty Cycle*) dan Frekuensi PWM (*PWM Frequency*).

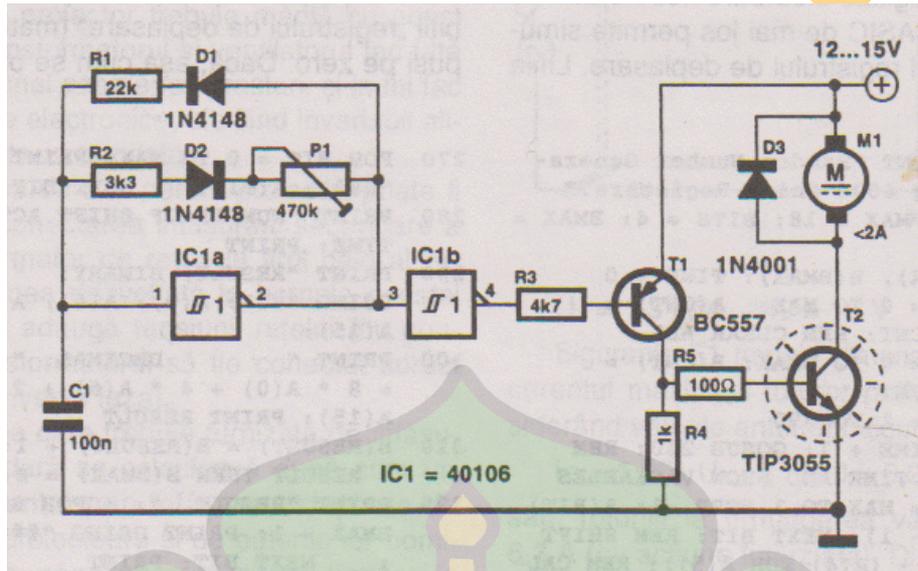
## Siklus Kerja PWM (*PWM Duty Cycle*)

Seperti yang disebutkan diatas, Sinyal PWM akan tetap ON untuk waktu tertentu dan kemudian terhenti atau OFF selama sisa periodenya. Yang membuat PWM ini istimewa dan lebih bermanfaat adalah kita dapat menetapkan berapa lama kondisi ON harus bertahan dengan cara mengendalikan siklus kerja atau Duty Cycle PWM.

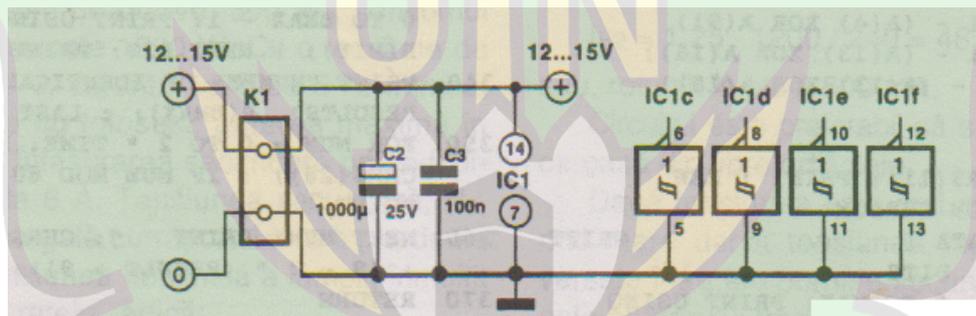
Persentase waktu di mana sinyal PWM tetap pada kondisi TINGGI (*ON Time*) disebut dengan “siklus kerja” atau “*Duty Cycle*”. Kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi ON disebut sebagai 100% *Duty Cycle* (Siklus Kerja 100%), sedangkan kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi OFF (mati) disebut dengan 0% *Duty Cycle* (Siklus Kerja 0%).



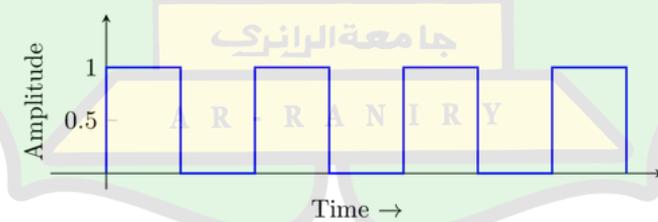
Gambar 6. Siklus Kerja PWM  
(sumber: Grahame, 2003)



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. (a) Input (b) Proses (c)  
Keluaran Gelombang PWM  
(sumber: Grahame, 2003; Jiang, 2021)

## **Frekuensi PWM (*PWM Frequency*)**

Frekuensi sinyal PWM menentukan seberapa cepat PWM menyelesaikan satu periode. Satu Periode adalah waktu ON dan OFF penuh dari sinyal PWM.

Biasanya sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler akan sekitar 500 Hz, frekuensi tinggi tersebut akan digunakan dalam perangkat *switching* yang berkecepatan tinggi seperti inverter atau konverter. Namun tidak semua aplikasi membutuhkan frekuensi tinggi. Sebagai contoh, untuk mengendalikan motor servo kita hanya perlu menghasilkan sinyal PWM dengan frekuensi 50Hz, frekuensi sinyal PWM ini juga dapat dikendalikan oleh program untuk semua mikrokontroler.

## **Perbedaan antara Siklus Kerja (*Duty Cycle*) dengan Frekuensi sinyal PWM (*PWM Frequency*)**

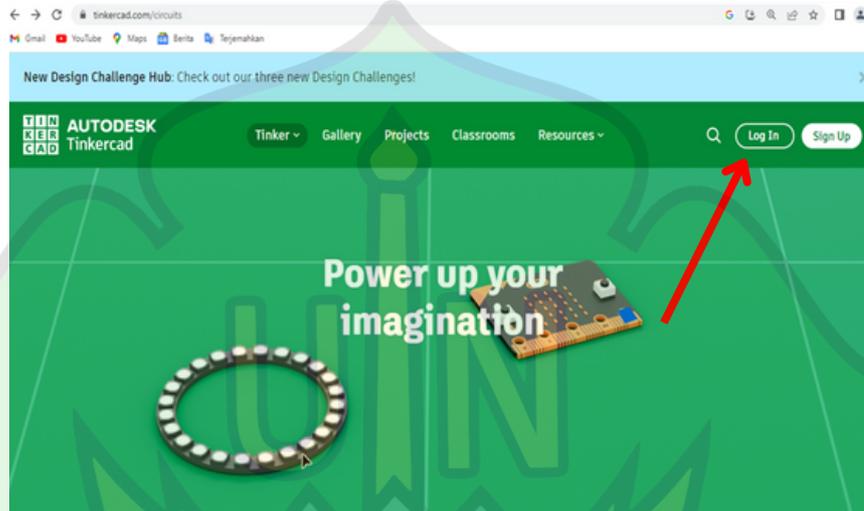
Siklus kerja dan frekuensi sinyal PWM sering membingungkan. Seperti yang kita ketahui bahwa sinyal PWM adalah gelombang persegi dengan waktu ON dan waktu OFF. Jumlah dari Waktu ON (ON-Time) dan Waktu OFF (OFF-Time) ini disebut sebagai satu periode waktu. Kebalikan dari satu periode waktu disebut frekuensi. Sementara jumlah waktu sinyal PWM harus tetap dalam satu periode waktu ditentukan oleh siklus kerja PWM.

Sederhananya, seberapa cepat sinyal PWM harus dihidupkan (ON) dan dimatikan (OFF) ditentukan oleh frekuensi sinyal PWM dan kecepatan berapa lama sinyal PWM harus tetap ON (hidup) ditentukan oleh siklus kerja sinyal PWM.

## LANGKAH KERJA PWM

1

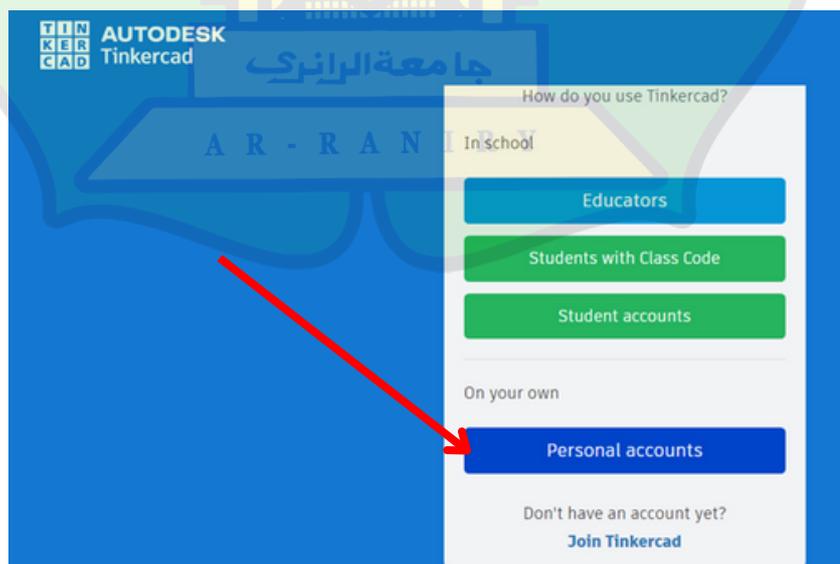
Buka situs tinkercad, melalui link Buka situs Tinkercad melalui link berikut <https://www.tinkercad.com/> sepertigambar 1. Dan perhatikan tampilan awal pada dashboard lalu kliklah pada bagian login.



Gambar 1. Tampilan awal saat login Tinkercad

2

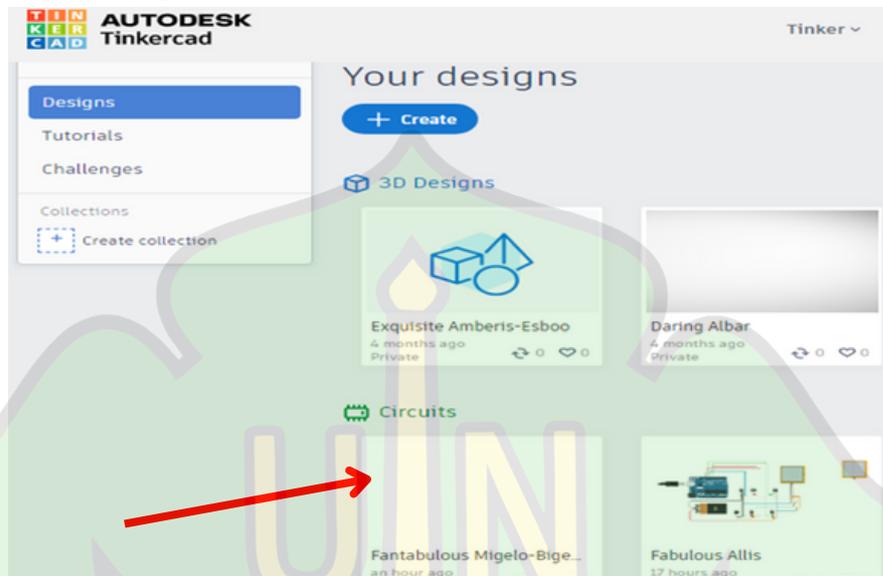
Setelah mengklik login, dashboard mengarahkan untuk membuat akun maka tekan personal accounts dan gunakan email mahasiswa saat melanjutkannya seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan akun tinkercad

3

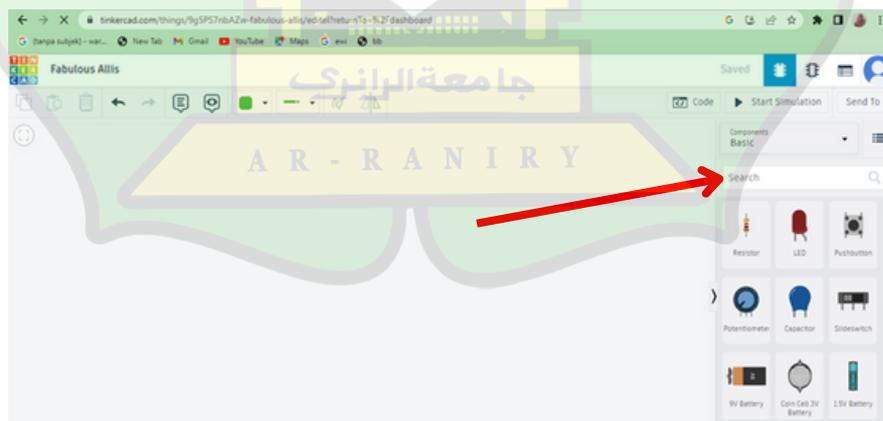
Lalu klik circuit seperti pada gambar 3 untuk ditampilkan pada halaman kerja.



Gambar 3. Halaman kerja untuk membuat circuit

4

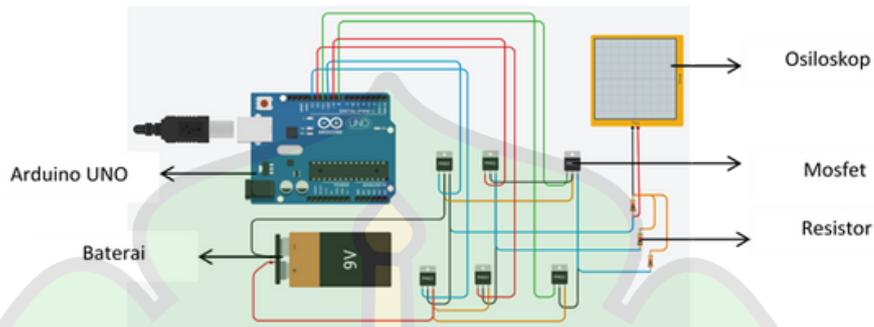
Perhatikan gambar 4 yang merupakan halaman kerja pada saat ingin merangkai rangkaian pulse width modulation, hal yang pertama kali dilakukan ialah memilih komponen yang dibutuhkan pada fitur pencarian.



Gambar 4. Halaman kerja

5

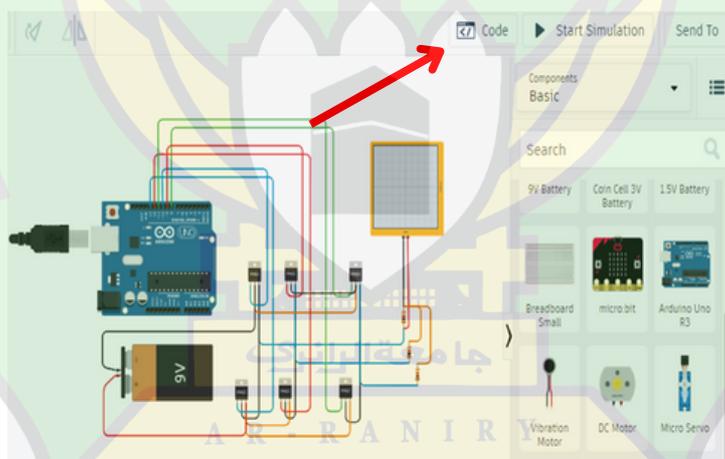
Pilih komponen Arduino Uno R3, Mosfet, Resistor, Baterai, Osiloskop dan hubungkan kaki komponen dengan komponen lainnya seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Rangkain Inverter dengan metode PWM

6

Setelah rangkaian sudah terhubung dengan benar maka dilanjutkan dengan menginput kode pemograman seperti pada tabel 1 dengan cara klik atur kode pada bagian yang diperlihatkan pada gambar 6 .



Gambar 6. Mengatur kode PWM

Tabel 1. Kode PWM

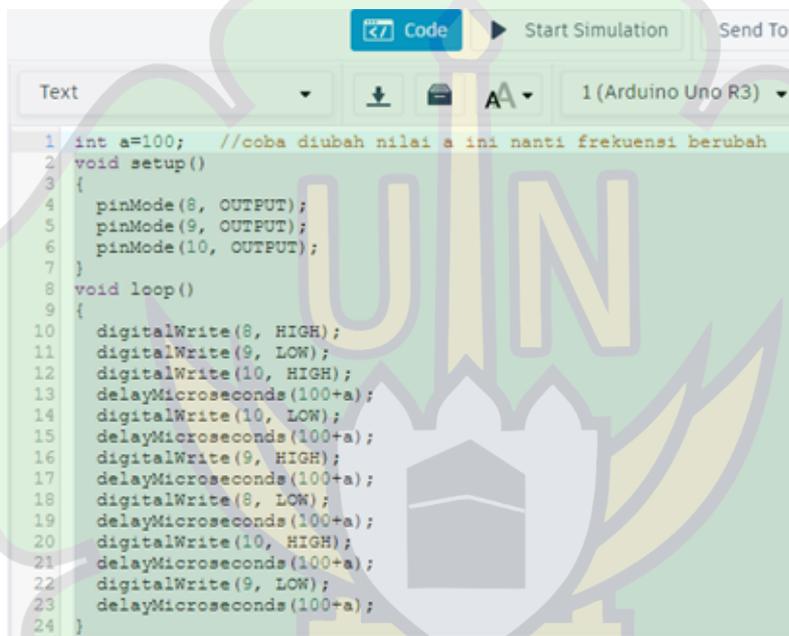
KODE PEMOGRAMAN PULSE WITH MODULATION
<pre>int a=100; //coba diubah nilai a ini nanti frekuensi berubah void setup() { pinMode(8, OUTPUT); pinMode(9, OUTPUT); pinMode(10, OUTPUT); } void loop() { digitalWrite(8, HIGH); digitalWrite(9, LOW); digitalWrite(10, HIGH); delayMicroseconds(100+a); digitalWrite(10, LOW); delayMicroseconds(100+a); digitalWrite(9, HIGH); delayMicroseconds(100+a); digitalWrite(8, LOW); delayMicroseconds(100+a); digitalWrite(10, HIGH); delayMicroseconds(100+a); digitalWrite(9, LOW); delayMicroseconds(100+a); }</pre>

7

Atur nilai a sesuai dengan tabel 2 pada kode di bagian int seperti pada gambar 7.

Tabel 2. Percobaan PWM

a	delayMicroseconds
100	100
1000	100

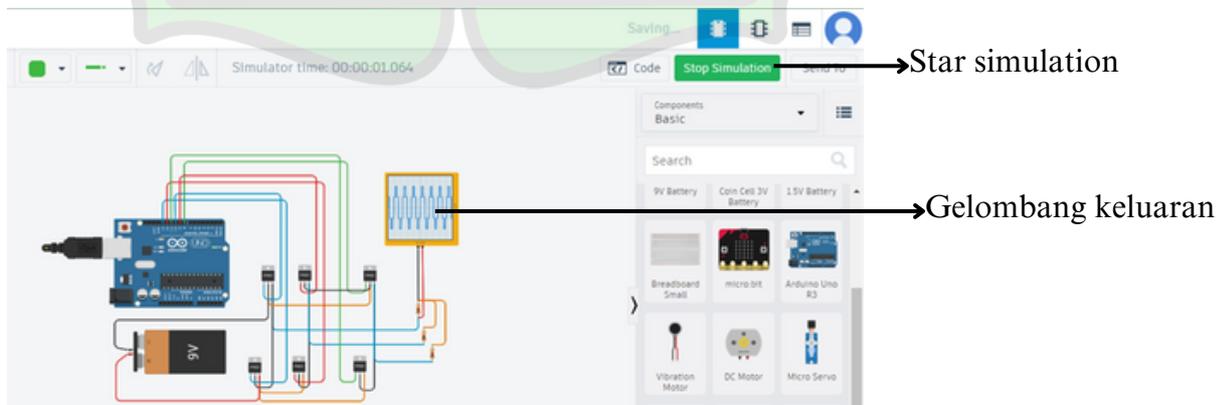


```
1 int a=100; //coba diubah nilai a ini nanti frekuensi berubah
2 void setup()
3 {
4   pinMode(8, OUTPUT);
5   pinMode(9, OUTPUT);
6   pinMode(10, OUTPUT);
7 }
8 void loop()
9 {
10  digitalWrite(8, HIGH);
11  digitalWrite(9, LOW);
12  digitalWrite(10, HIGH);
13  delayMicroseconds(100+a);
14  digitalWrite(10, LOW);
15  delayMicroseconds(100+a);
16  digitalWrite(9, HIGH);
17  delayMicroseconds(100+a);
18  digitalWrite(8, LOW);
19  delayMicroseconds(100+a);
20  digitalWrite(10, HIGH);
21  delayMicroseconds(100+a);
22  digitalWrite(9, LOW);
23  delayMicroseconds(100+a);
24 }
```

Gambar 7. mengubah nilai int pada kode pwm

8

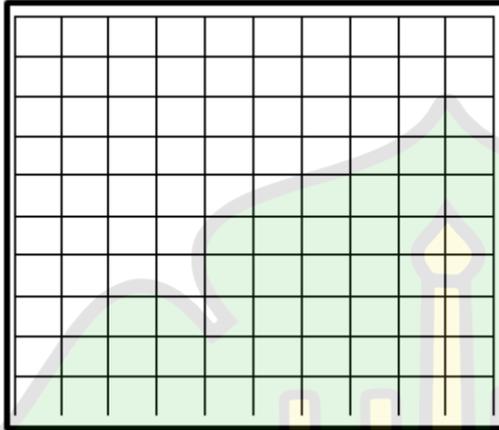
Jalankan simulasi pada bagian star simulation dan perhatikan gelombang yang dihasilkan pada osiloskop seperti pada gambar 8.



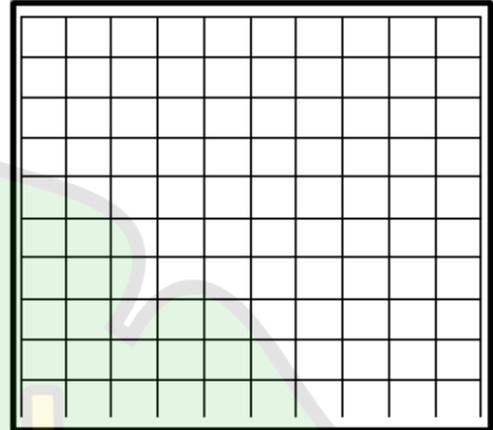
Gambar 8. Simulasi melihat gelombang keluaran

9

sketsakan bentuk gelombang yang dihasilkan pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Bentuk gelombang keluaran PWM inverter a 100



Gambar 10. Bentuk gelombang keluaran PWM inverter a 1000

10

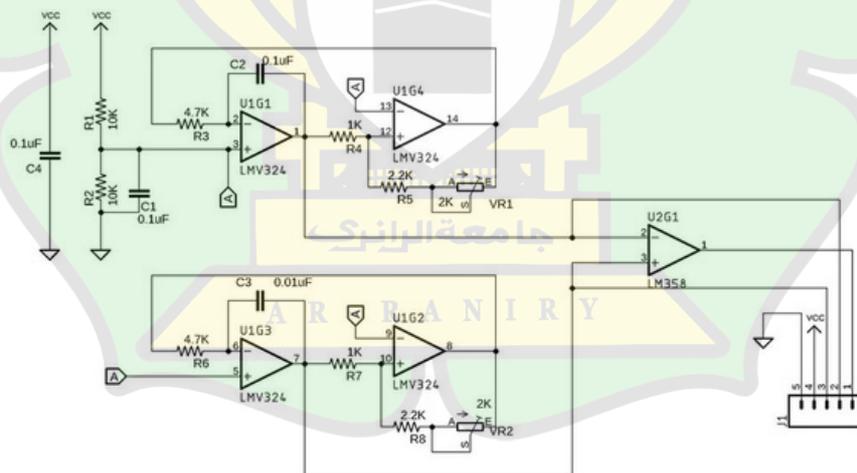
Ulangi langkah 7 untuk mendapatkan hasil gelombang selanjutnya

### Tugas

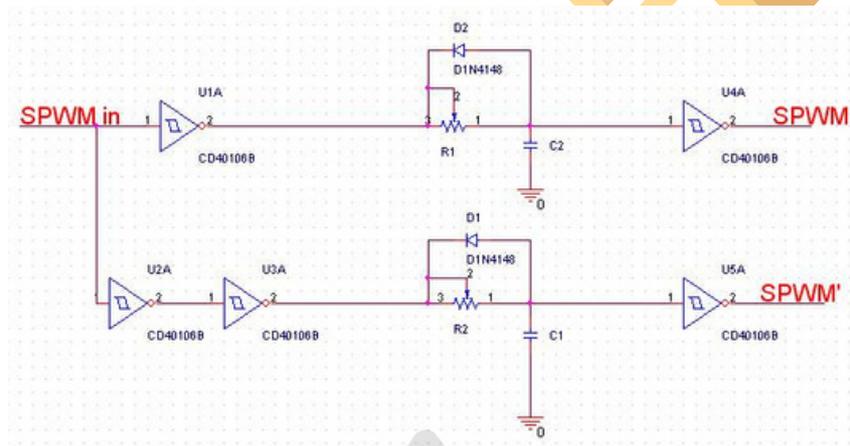
1. Bagaimana metode PWM bekerja dalam inverter tiga fasa?
2. Jelaskan secara singkat bagaimana inverter tiga fasa dengan metode PWM mengubah arus listrik DC menjadi arus listrik AC tiga fasa?
3. Apa peran utama modulasi lebar pulsa (PWM) dalam inverter tiga fasa?
4. Apa yang dimaksud dengan frekuensi switching dalam konteks inverter tiga fasa dengan metode PWM?
5. Bagaimana inverter tiga fasa dengan metode PWM membantu dalam mengurangi distorsi harmonik pada sistem listrik?

# APA ITU SINUSOIDAL PULSE ? WIDTH MODULATION

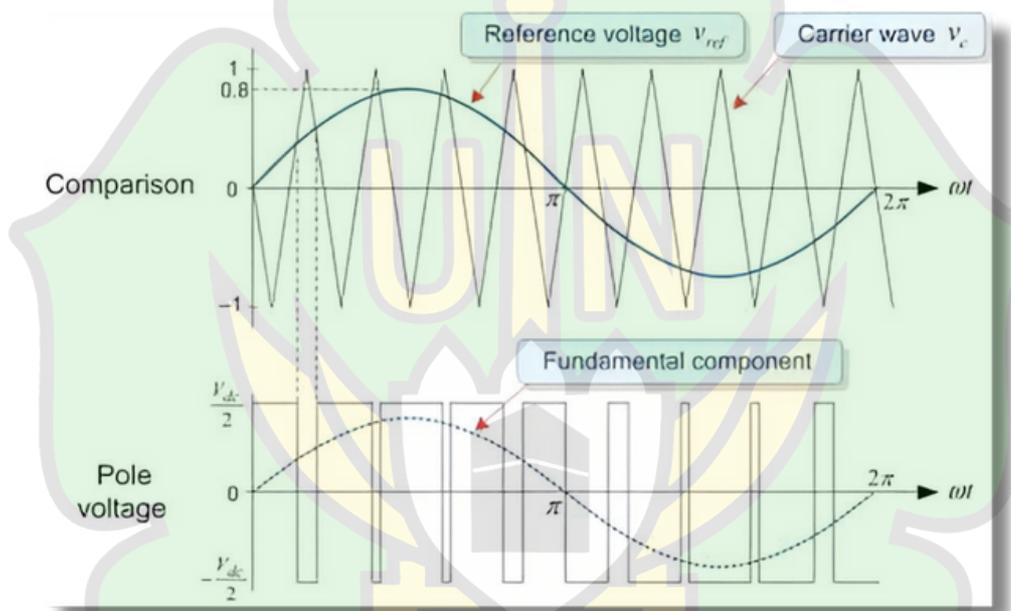
*Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)* adalah teknik yang digunakan untuk menghasilkan sinyal gelombang sinus. SPWM merupakan variasi dari modulasi lebar pulsa (PWM) dan melibatkan pemodulasian gelombang segitiga dengan gelombang sinus dengan amplitudo yang bervariasi. Sinyal keluaran muncul sebagai gelombang sinus yang halus, seperti sinyal analog. Teknik ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengendalian motor, inversi daya, dan penguat audio.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. (a) Input (b) Proses (c) Keluaran Gelombang SPWM (sumber: Grahame, 2003)

## KELEBIHAN DAN KEKURANGAN SPWM

SPWM memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan teknik modulasi lainnya. Salah satu keunggulannya yang paling signifikan adalah bahwa ia menghasilkan sinyal gelombang sinus murni dengan distorsi harmonik yang lebih rendah. Hal ini penting dalam penerapannya di mana saat sinyal bersih diperlukan, seperti dalam penguat audio dan inversi daya. Teknik ini juga lebih efisien karena mengurangi kerugian daya dan dissipasi panas. Hal ini disebabkan oleh sinyal keluaran yang merupakan gelombang sinus yang halus, yang mengurangi jumlah energi yang hilang sebagai panas.

Salah satu kekurangan yang signifikan dari SPWM adalah bahwa rumit untuk diimplementasikan, dengan komponen lebih banyak yang dibutuhkan dibandingkan dengan teknik lain. Metode ini juga memerlukan *switching* frekuensi tinggi, meningkatkan biaya dan kompleksitas desain perangkat. Hal ini dapat membuatnya sulit untuk diimplementasikan dalam beberapa penerapan, terutama yang memiliki batasan biaya atau ukuran yang ketat.

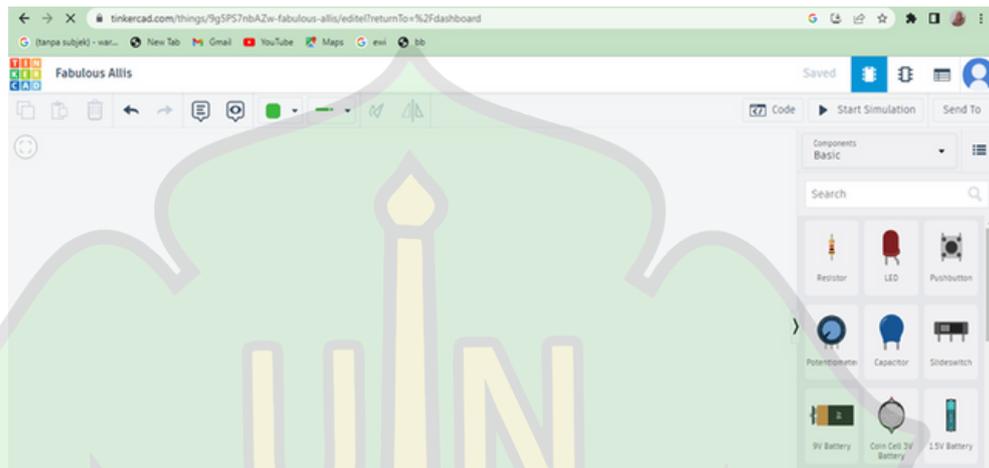
جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

# LANGKAH KERJA SPWM

1

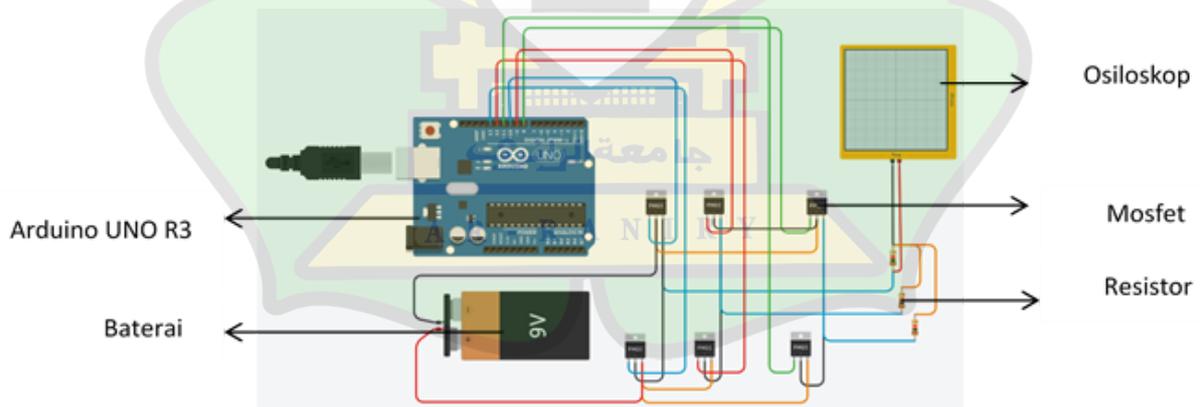
Perhatikan gambar 1 yang merupakan halaman kerja pada saat ingin merangkai rangkaian Sinusoidal pulse width modulation, hal yang pertama kali dilakukan ialah memilih komponen yang dibutuhkan pada fitur pencarian.



Gambar 1. Halaman kerja

2

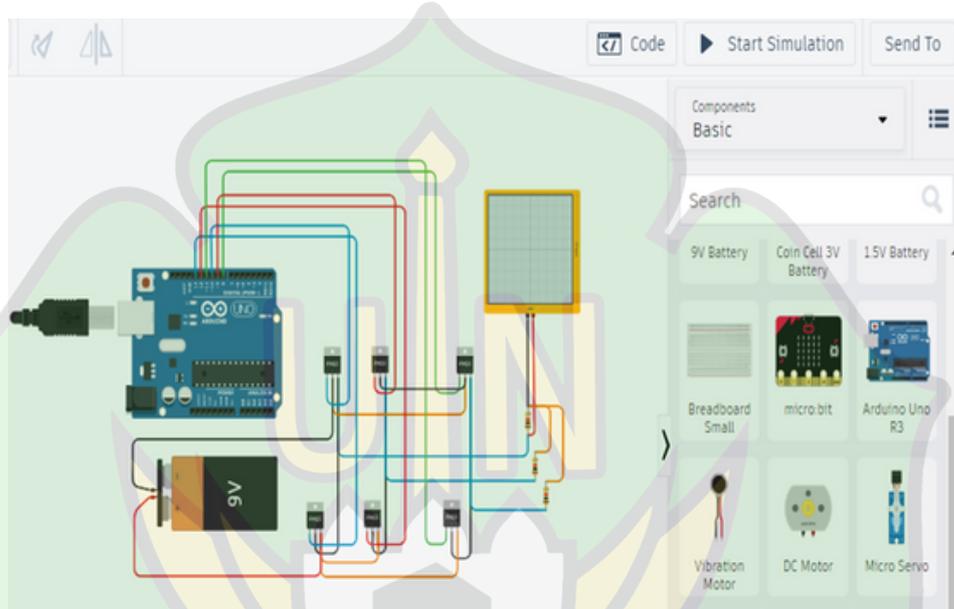
Pastikan semua komponen Arduino Uno R3, Mosfet, Resistor, Baterai, Osiloskop sudah terhubung seperti gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Inverter dengan metode PWM

3

Setelah rangkaian sudah terhubung dengan benar maka dilanjutkan dengan menginput kode pemograman seperti pada gambar 4 dengan cara klik atur kode pada bagian yang diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Mengatur kode PWM

Tabel 1. Kode SPWM

<b>KODE PEMOGRAMAN SINUSOIDAL PULSE WITH MODULATION</b>
<pre>int t=0; int d=0;  // By Swagatam (my first Arduino Code) void setup(){ pinMode(8, OUTPUT); pinMode(9, OUTPUT); } void loop(){</pre>

```
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(1250+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(2000+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(1250+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(8, LOW); delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(8, LOW);
//.....
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
```

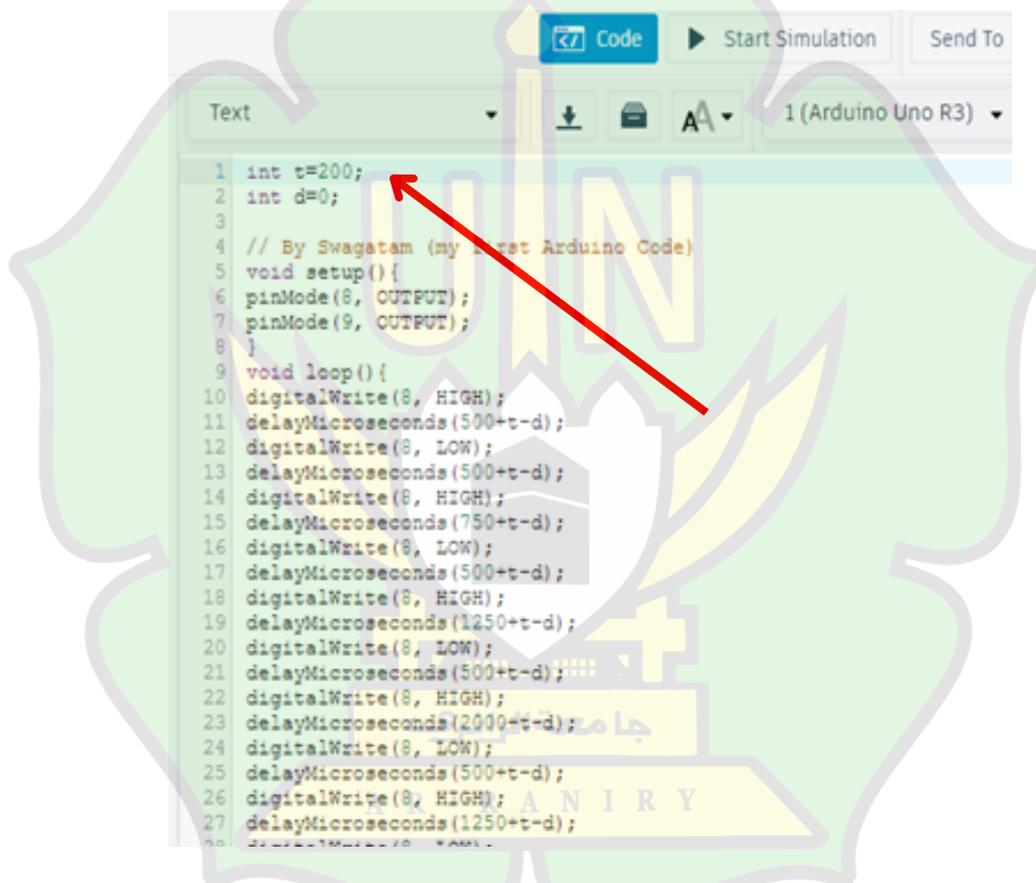
```
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(1250+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(2000+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(1250+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(750+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, HIGH);
delayMicroseconds(500+t-d);
digitalWrite(9, LOW);
}
//-----//
```

4

Atur nilai d dan t sesuai dengan tabel 1.2 pada kode di bagian int seperti pada gambar 4.

Tabel 1.2. Percobaan SPWM

d	t	
0	0	→ Melihat keluaran pada frekuensi 50 Hz
129	0	→ Melihat keluaran pada frekuensi 60 Hz
358	0	→ Melihat keluaran pada frekuensi 100 Hz

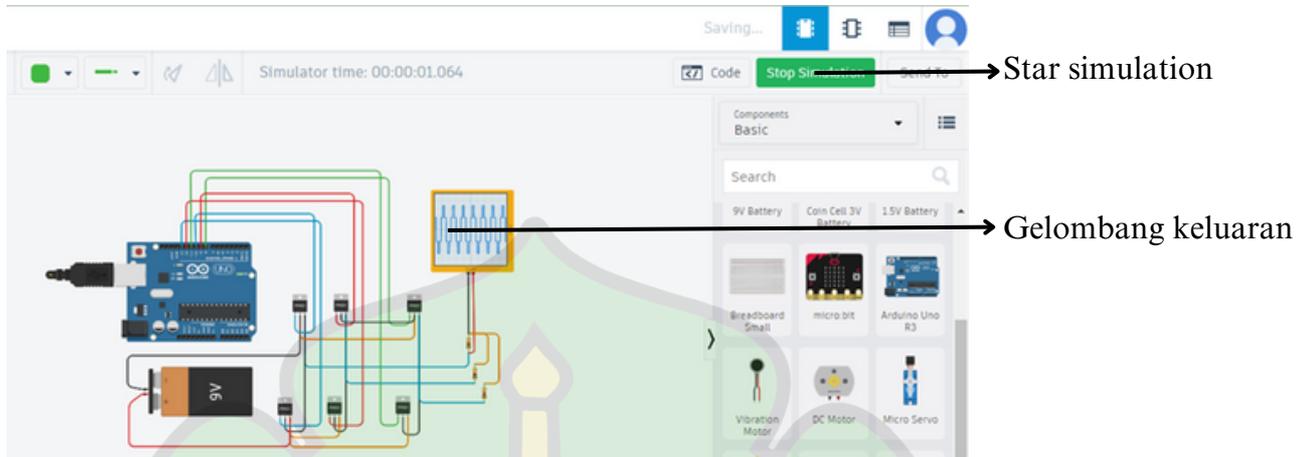


```
Code Start Simulation Send To
Text 1 (Arduino Uno R3)
1 int t=200;
2 int d=0;
3
4 // By Swagatam (my first Arduino Code)
5 void setup(){
6   pinMode(8, OUTPUT);
7   pinMode(9, OUTPUT);
8 }
9 void loop(){
10  digitalWrite(8, HIGH);
11  delayMicroseconds(500+t-d);
12  digitalWrite(8, LOW);
13  delayMicroseconds(500+t-d);
14  digitalWrite(8, HIGH);
15  delayMicroseconds(750+t-d);
16  digitalWrite(8, LOW);
17  delayMicroseconds(500+t-d);
18  digitalWrite(8, HIGH);
19  delayMicroseconds(1250+t-d);
20  digitalWrite(8, LOW);
21  delayMicroseconds(500+t-d);
22  digitalWrite(8, HIGH);
23  delayMicroseconds(2000+t-d);
24  digitalWrite(8, LOW);
25  delayMicroseconds(500+t-d);
26  digitalWrite(8, HIGH);
27  delayMicroseconds(1250+t-d);
28  digitalWrite(8, LOW);
```

Gambar 4. Set nilai d dan t

5

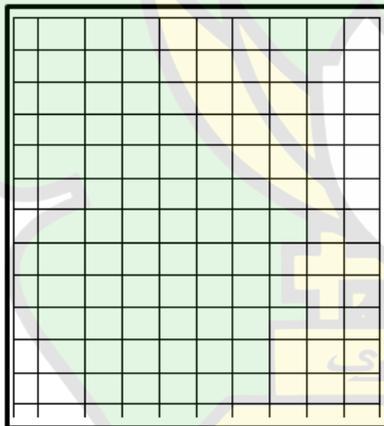
Jalankan simulasi pada bagian start simulation dan perhatikan gelombang yang dihasilkan pada osiloskop seperti pada gambar 5.



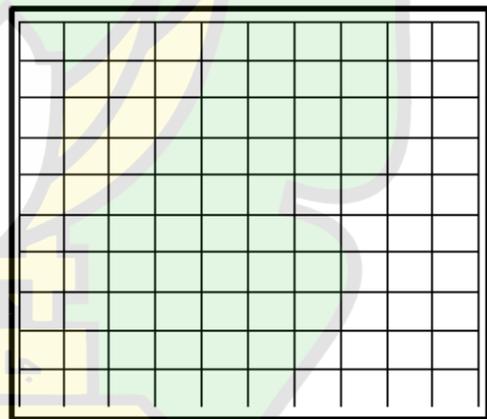
Gambar 5. Simulasi melihat gelombang keluaran

6

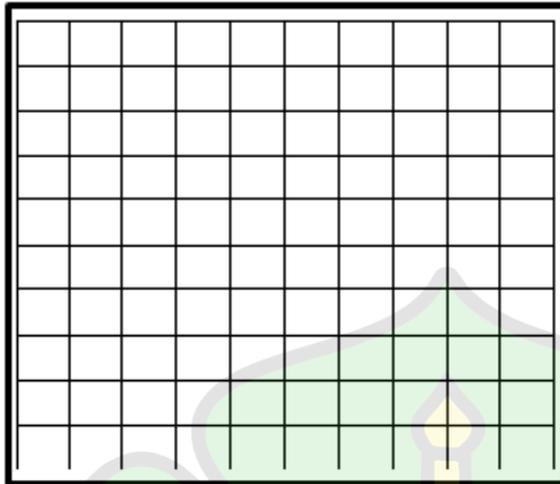
Sketsakan bentuk gelombang yang dihasilkan pada gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6. Bentuk gelombang keluaran SPWM inverter frekuensi 50 Hz



Gambar 7. Bentuk gelombang keluaran SPWM inverter frekuensi 60 Hz



Gambar 8. Bentuk gelombang keluaran SPWM inverter frekuensi 100 Hz

7

Ulangi langkah 4 untuk mendapatkan hasil gelombang selanjutnya

### Tugas

1. Apa yang membedakan metode SPWM dari metode PWM dalam inverter tiga fasa?
2. Apa yang dimaksud dengan Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) dalam konteks inverter tiga fasa?
3. Apa keuntungan utama penggunaan metode SPWM dalam inverter tiga fasa?
4. Bagaimana SPWM mempengaruhi efisiensi inverter tiga fasa?
5. Bagaimana SPWM menghasilkan gelombang keluaran yang mendekati gelombang sinusoidal dalam inverter tiga fasa?

# DAFTAR PUSTAKA

- Bose, B. K. (2002). *Power Electronics and Variable Frequency Drives: Technology and Applications*. Wiley-IEEE Press.
- D. Grahame Holmes and Thomas A. Lipo. (2003). *Pulse Width for Power Converters: Principles and Practice*. Wiley-IEEE Press. Hoboken, New Jersey .
- Jiang, D., Shen, Z., Li, Q., Chen, J., Liu, Z. (2021). *Principle of Pulse Width Modulation. In: Advanced Pulse-Width-Modulation: With Freedom to Optimizae Power Electronics Converters*. CPSS Power Electronics Series. Springer, Singapore
- Rashid, M. H. (2014). "Power Electronics: Circuits, Devices Applications." Pearson.
- Peng, F. Z. (2003). "Z-source inverter." *IEEE Transactions on Industry Applications*, 39(2), 504-510.

# KARTU PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA

Nama :  
NIM :  
Kelompok :

Pas Foto

3X4

No	Judul	Tgl/Bln/Thn	Tanda Tangan Praktikan	Landa Tangan Asisten Lab
1	Kontrak Praktikum	...../...../.....		
2		...../...../.....		
3		...../...../.....		
4		...../...../.....		
5		...../...../.....		
6		...../...../.....		
7		...../...../.....		
8		...../...../.....		
9		...../...../.....		

Banda Aceh,.....20.....  
Koordinator Asisten Lab.Listrik

---

## LEMBAR VALIDASI MATERI

### DESAIN MODUL PRAKTIKUM INVERTER UNTUK PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

#### A. Pengantar

1. Lembar validasi ini bertujuan untuk mendapatkan informasi dari bapak/ibu validator mengenai kelayakan materi *Inverter* sebagai media ajar pada mata kuliah Elektronika Daya.
2. Saran dan masukan dari bapak/ibu ahli materi akan sangat bermanfaat untuk perbaikan tujuan materi *Inverter* sebagai alat peraga pada mata kuliah Elektronika Daya.

#### B. Identitas Validator

- a. Nama : Hari Anna Lastya, MT
- b. NIP/NIDN : 198704302015032005 / 2030048701
- c. Institusi : UR Ar-Raniry Bandar Aceh
- d. Bidang Keahlian : Teknik Elektro

#### C. Petunjuk Pengisian

1. Mohon kesediaan bapak/ibu ahli untuk memberikan penilaian terhadap *modul praktikum inverter* sebagai media ajar pada mata kuliah elektronika daya, dengan aspek yang telah diberikan.
2. Mohon diberikan tanda centang (✓) pada skala penilaian yang dianggap sesuai.  
Jawaban yang diberikan berupa skor (nilai) dengan penjelasan di tiap nilai:  
(1) : Sangat Tidak Layak  
(2) : Tidak Layak  
(3) : Netral  
(4) : Layak  
(5) : Sangat Layak
3. Peneliti mengucapkan terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu ahli dalam kesediannya mengisi lembar validasi ini.

#### D. Angket Validasi Materi

No	Aspek yang ditelaah	Alternatif Pilihan					Saran
		1	2	3	4	5	
<b>A Tujuan Pembelajaran</b>							
1	Modul praktikum inverter mempermudah mahasiswa dalam memahami materi <i>Inverter</i>				✓		
2	Modul praktikum inverter membantu mahasiswa dalam mengimplementasikan materi <i>Inverter</i> dengan benar				✓		
3	Modul praktikum inverter dapat menambah wawasan pengetahuan mahasiswa					✓	
4	Modul praktikum inverter sesuai dengan tujuan materi					✓	
<b>B Materi</b>							
5	Modul praktikum inverter dapat membuat keabstrakan materi <i>Inverter</i> menjadi lebih nyata			✓			
6	Modul praktikum inverter dapat menyajikan materi sesuai dengan konsep materi <i>Inverter</i>				✓		
<b>C Waktu</b>							
7	Modul praktikum inverter dapat membantu mempercepat penjelasan materi <i>Inverter</i> sehingga waktu lebih efisien				✓		
<b>D Manfaat</b>							
8	Modul praktikum inverter dapat mempermudah penyampaian materi <i>Inverter</i>				✓		

9	Modul praktikum inverter dapat menjadi alat bantu dalam pembelajaran materi <i>Inverter</i>				✓		
---	---	--	--	--	---	--	--

**E. Saran**

*Perbaikansesuai isi dalam modul*

.....

.....

.....

**F. Kesimpulan Validasi Materi**

*Inverter* sebagai media ajar pada mata kuliah Elektronika Daya ini dinyatakan:

- 1. Layak untuk digunakan tanpa revisi ( )
- 2. Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran (✓)
- 3. Tidak layak digunakan ( )

Banda Aceh, 23 - 10 - 2023

Ahli Materi



(Hari Anna Lastya. MT )



## LEMBAR VALIDASI MATERI

### DESAIN MODUL PRAKTIKUM INVERTER UNTUK PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

---

#### A. Pengantar

1. Lembar validasi ini bertujuan untuk mendapatkan informasi dari bapak/ibu validator mengenai kelayakan materi *Inverter* sebagai media ajar pada mata kuliah Elektronika Daya.
2. Saran dan masukan dari bapak/ibu ahli materi akan sangat bermanfaat untuk perbaikan tujuan materi *Inverter* sebagai alat peraga pada mata kuliah Elektronika Daya.

#### B. Identitas Validator

- a. Nama : Hadi (Cumia a m)
- b. NIP/NIDN : 2006038501
- c. Institusi : UINAR
- d. Bidang Keahlian : Elektronika

#### C. Petunjuk Pengisian

1. Mohon kesediaan bapak/ibu ahli untuk memberikan penilaian terhadap *modul praktikum inverter* sebagai media ajar pada mata kuliah elektronika daya, dengan aspek yang telah diberikan.
2. Mohon diberikan tanda centang (✓) pada skala penilaian yang dianggap sesuai. Jawaban yang diberikan berupa skor (nilai) dengan penjelasan di tiap nilai:
  - (1) : Sangat Tidak Layak
  - (2) : Tidak Layak
  - (3) : Netral
  - (4) : Layak
  - (5) : Sangat Layak
3. Peneliti mengucapkan terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu ahli dalam kesediannya mengisi lembar validasi ini.

#### D. Angket Validasi Materi

No	Aspek yang ditelaah	Alternatif Pilihan					Saran
		1	2	3	4	5	
<b>A</b>	<b>Tujuan Pembelajaran</b>						
1	Modul praktikum inverter mempermudah mahasiswa dalam memahami materi <i>Inverter</i>				✓		
2	Modul praktikum inverter membantu mahasiswa dalam mengimplementasikan materi <i>Inverter</i> dengan benar				✓		
3	Modul praktikum inverter dapat menambah wawasan pengetahuan mahasiswa				✓		
4	Modul praktikum inverter sesuai dengan tujuan materi				✓		
<b>B</b>	<b>Materi</b>						
5	Modul praktikum inverter dapat membuat keabstrakan materi <i>Inverter</i> menjadi lebih nyata				✓		
6	Modul praktikum inverter dapat menyajikan materi sesuai dengan konsep materi <i>Inverter</i>				✓		
<b>C</b>	<b>Waktu</b>						
7	Modul praktikum inverter dapat membantu mempercepat penjelasan materi <i>Inverter</i> sehingga waktu lebih efisien				✓		
<b>D</b>	<b>Manfaat</b>						
8	Modul praktikum inverter dapat mempermudah penyampaian materi <i>Inverter</i>				✓		

9	Modul praktikum inverter dapat menjadi alat bantu dalam pembelajaran materi <i>Inverter</i>				✓		
---	---	--	--	--	---	--	--

**E. Saran**

Layak dan boleh digunakan di praktikum

**F. Kesimpulan Validasi Materi**

*Inverter* sebagai media ajar pada mata kuliah Elektronika Daya ini dinyatakan:

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi (✓)
2. Layak untuk digunakan dengan revisi sesuai saran ( )
3. Tidak layak digunakan ( )

Banda Aceh, 15-12-2023

Ahli Materi

  
Hadi Kurniawan



**LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA MODUL  
PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA**

**Identitas Validator :**

Nama : SADRINA  
 NIP/NIDN : 2027098301  
 Institusi : PRODA PTE  
 Bidang Keahlian : PENDIDIKAN TEKNIK & KEJURUAN

**Petunjuk Pengisian :**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai ahli mengenai media bahan ajar berupa modul yang dikembangkan telah sesuai dengan aspek dan kriteria yang diterapkan.
2. Perhitungan dilakukan dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang telah tersedia.

**Keterangan :**

- (1) : Sangat Tidak Layak
  - (2) : Tidak Layak
  - (3) : Netral
  - (4) : Layak
  - (5) : Sangat Layak
3. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, maka tulislah komentar dan saran Bapak/Ibu pada kolom saran yang telah disediakan.
  4. Terima kasih saya ucapkan atas kerjasama Bapak/Ibu.

No	Aspek yang ditelaah	Alternatif Pilihan					Saran
		1	2	3	4	5	
<b>A</b>	<b>Ukuran Modul</b>						
1	Keseuaian ukuran modul dengan standar ISO A4 (210 mm x 297 mm)					✓	
<b>B</b>	<b>Desain Sampul (Cover)</b>						
2	Menampilkan pusat pandang (center)					✓	

	point) yang baik							
3	Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi						✓	
4	Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca.					✓		
5	Tidak menggunakan terlalu banyak gaya font					✓		
6	Menggambarkan isi materi						✓	
7	Bentuk, warna, ukuran, proposional obyek sesuai realita						✓	
<b>C</b>	<b>Desain Isi Modul</b>							
8	Konsistensi tata letak						✓	
9	Unsur tata letak harmonis						✓	
10	Unsur tata letak lengkap							✓
11	Tipografi isi modul sederhana							✓
12	Tipografi isi modul memudahkan pemahaman							✓

**Kolom Saran/Komentar :**

Perbaiki ukuran font



Kesimpulan secara umum tentang validasi media bahan ajar berupa modul praktikum daya listrik adalah: —

Belum dapat digunakan	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan dengan revisi	<input checked="" type="checkbox"/>
Dapat digunakan tanpa revisi	<input type="checkbox"/>

Banda Aceh, 03/NOV 2023

Validator,



(SADRIMA)

NIP/NIDN. 2027098301



**LEMBAR VALIDASI AHLI BAHASA  
MODUL KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA**

**Identitas Validator :**

Nama : Rahmayanti, M.Pd  
 NIP/NIDN : 201001160419872082  
 Institusi : UIN Ar-Raniry (PTE)  
 Bidang Keahlian : Laboran PTE

**Petunjuk Pengisian :**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai ahli mengenai bahasa pada bahan ajar berupa modul yang dikembangkan telah sesuai dengan aspek dan kriteria yang diterapkan.

2. Perhitungan dilakukan dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang telah tersedia.

Keterangan :

- (1) : Sangat Tidak Layak
- (2) : Tidak Layak
- (3) : Netral
- (4) : Layak
- (5) : Sangat Layak

3. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, maka tulislah komentar dan saran Bapak/Ibu pada kolom saran yang telah disediakan.

4. Terima kasih saya ucapkan atas kerjasama Bapak/Ibu.

No	Aspek yang ditelaah	Alternatif Pilihan					Saran
		1	2	3	4	5	
1	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan benar					√	
2	Menggunakan <del>peristilahan</del> peristilahan yang sesuai dengan konsep pada pokok bahasan				√		

3	Bahasa yang digunakan lugas dan mudah dipahami oleh siswa				✓		
4	Bahasa yang digunakan sudah komunikatif				✓		
5	Ketepatan pemilihan Bahasa dalam menguraikan materi				✓		
6	Kalimat yang dipakai mewakili isi pesan atau informasi yang ingin disampaikan				✓		
7	Kalimat yang dipakai sederhana dan langsung ke sasaran				✓		
8	Ketepatan ejaan				✓		
9	Konsistensi penggunaan istilah				✓		
10	Konsistensi penggunaan symbol atau ikon				✓		

**Kolom Saran/Komentar :**



Kesimpulan secara umum tentang validasi Bahasa pada bahan ajar berupa modul keselamatan dan Kesehatan kerja adalah:

Belum dapat digunakan	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan dengan revisi	<input checked="" type="checkbox"/>
Dapat digunakan tanpa revisi	<input type="checkbox"/>

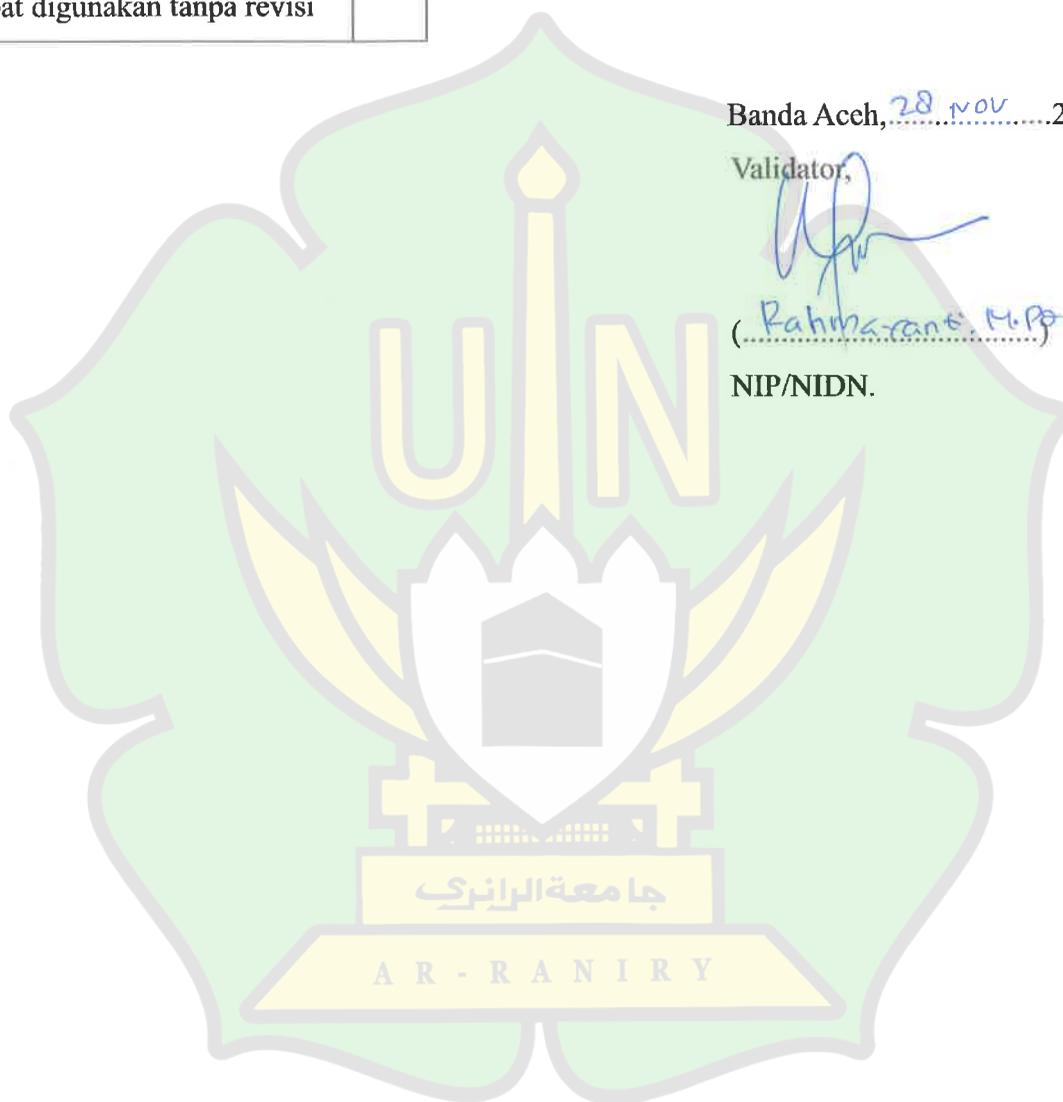
Banda Aceh, 28 nov .....2023

Validator,



(Rahmawati M.P)

NIP/NIDN.



**LEMBAR VALIDASI AHLI BAHASA  
MODUL KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA**

**Identitas Validator :**

Nama : *Junior Afrida*  
 NIP/NIDN : *2020068901*  
 Institusi : *UIN Ar-Raniry*  
 Bidang Keahlian : *Ilmu Fisika*

**Petunjuk Pengisian :**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai ahli mengenai bahasa pada bahan ajar berupa modul yang dikembangkan telah sesuai dengan aspek dan kriteria yang diterapkan.
2. Perhitungan dilakukan dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang telah tersedia.

**Keterangan :**

- (1) : Sangat Tidak Layak
  - (2) : Tidak Layak
  - (3) : Netral
  - (4) : Layak
  - (5) : Sangat Layak
3. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, maka tulislah komentar dan saran Bapak/Ibu pada kolom saran yang telah disediakan.
  4. Terima kasih saya ucapkan atas kerjasama Bapak/Ibu.

No	Aspek yang ditelaah	Alternatif Pilihan					Saran
		1	2	3	4	5	
1	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan benar				✓		
2	Menggunakan peristilahan yang sesuai dengan konsep pada pokok bahasan				✓		<i>Tolong di cek kembali beberapa peristilahan.</i>

3	Bahasa yang digunakan lugas dan mudah dipahami oleh siswa				✓	
4	Bahasa yang digunakan sudah komunikatif				✓	
5	Ketepatan pemilihan Bahasa dalam menguraikan materi					✓
6	Kalimat yang dipakai mewakili isi pesan atau informasi yang ingin disampaikan				✓	
7	Kalimat yang dipakai sederhana dan langsung ke sasaran				✓	
8	Ketepatan ejaan					✓
9	Konsistensi penggunaan istilah				✓	
10	Konsistensi penggunaan symbol atau ikon				✓	Pada bagian coding telah diwarnai

**Kolom Saran/Komentar :**



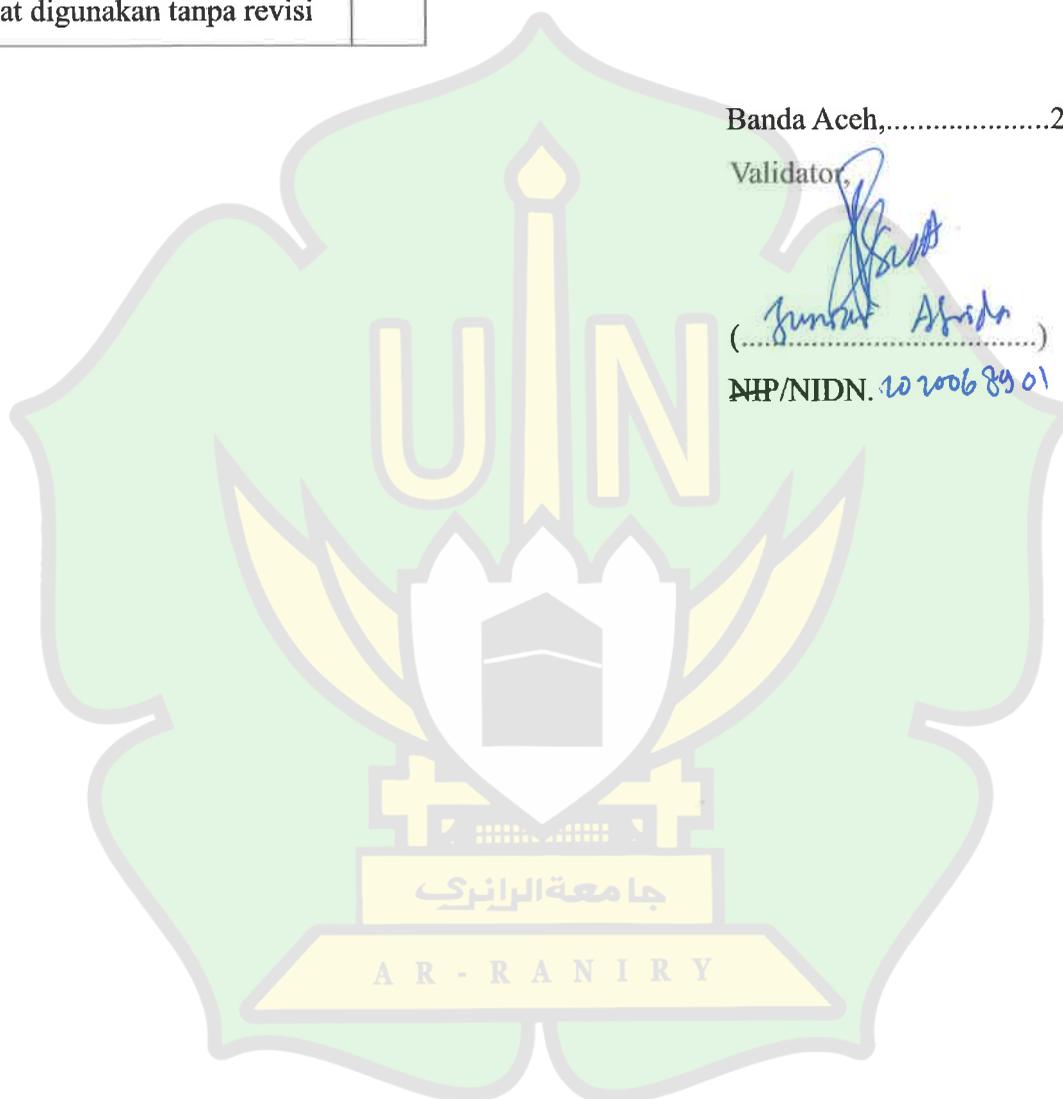
Kesimpulan secara umum tentang validasi Bahasa pada bahan ajar berupa modul keselamatan dan Kesehatan kerja adalah:

Belum dapat digunakan	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan dengan revisi	<input checked="" type="checkbox"/>
Dapat digunakan tanpa revisi	<input type="checkbox"/>

Banda Aceh,.....2023

Validator,

  
(.....)  
NIP/NIDN. 10 2006 89 01



**LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA MODUL  
PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA**

**Identitas Validator :**

Nama : *Rathah Islamadina, S.T., M.T*  
 NIP/NIDN : *198901312020122011*  
 Institusi : *PTI*  
 Bidang Keahlian : *Teknik Elektro dan Informatika.*

**Petunjuk Pengisian :**

1. Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai ahli mengenai media bahan ajar berupa modul yang dikembangkan telah sesuai dengan aspek dan kriteria yang diterapkan.

2. Perhitungan dilakukan dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang telah tersedia.

Keterangan :

- (1) : Sangat Tidak Layak
  - (2) : Tidak Layak
  - (3) : Netral
  - (4) : Layak
  - (5) : Sangat Layak
3. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, maka tulislah komentar dan saran Bapak/Ibu pada kolom saran yang telah disediakan.
  4. Terima kasih saya ucapkan atas kerjasama Bapak/Ibu.

No	Aspek yang ditelaah	Alternatif Pilihan					Saran
		1	2	3	4	5	
<b>A</b>	<b>Ukuran Modul</b>						
1	Keseuaian ukuran modul dengan standar ISO A4 (210 mm x 297 mm)				✓		
<b>B</b>	<b>Desain Sampul (Cover)</b>						
2	Menampilkan pusat pandang (center)					✓	

	point) yang baik							
3	Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi					✓		
4	Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca.						✓	
5	Tidak menggunakan terlalu banyak gaya font						✓	
6	Menggambarkan isi materi						✓	
7	Bentuk, warna, ukuran, proposional obyek sesuai realita						✓	
<b>C</b>	<b>Desain Isi Modul</b>							
8	Konsistensi tata letak						✓	
9	Unsur tata letak harmonis						✓	
10	Unsur tata letak lengkap						✓	
11	Tipografi isi modul sederhana						✓	
12	Tipografi isi modul memudahkan pemahaman					✓		

**Kolom Saran/Komentar :**



Kesimpulan secara umum tentang validasi media bahan ajar berupa modul praktikum daya listrik adalah:

Belum dapat digunakan	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan dengan revisi	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan tanpa revisi	<input checked="" type="checkbox"/>

Banda Aceh, 27 / 11 2023

Validator



(Rofiqah Islamadina, S.T., M.T)

NIP/NIDN. 19890131202012201

