

SKRIPSI

RANCANG BANGUN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI PULSA (PWM)



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2025

SKRIPSI

RANCANG BANGUN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI PULSA (PWM)



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Makassar

Oleh:

Irfan

Ramlah

105821108018

105821113218

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2025



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI LEBAR PULSA (PWM)

Nama

: 1. IRFAN

2. RAMLAH

Stambuk

: 1. 105821108018

2. 105821113218



Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **IRFAN** dengan nomor induk Mahasiswa **105821108018** dan **RAMLAH** dengan nomor induk Mahasiswa **105821113218**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/20201/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 30 Januari 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST.,MT.,IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Remli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

a. Ketua : Andi Faharuddin, S.T., M.T.

b. Sekertaris : Dr. Ir. Ridwanti, S.Kom., M.T.

3. Anggota

1. Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

2. Dr. Hj. Rossi Timur Wahyuningih, S.T., M.T.

3. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Mengetahui

Pembimbing I

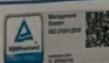
Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T.

Ir. Suryani, S.T.,M.T.,IPM

Dekan

Ir. Muh. Syafaat S Kuba, S.T., M.T., IPM.
NBM : 975 288



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Puji syukur yang tak terhingga penulis ucapkan ke hadirat Allah Swt. karena atas rahmat, berkat dan hidayah-Nya semata penulis dapat menyelesaikan proposal yang berjudul **“Rancang Bangun Pengaturan Intensitas Cahaya Lampu LED Menggunakan Teknik Modulasi Lebar Pulsa (PWM)”**.

Untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, penulis harus mengajukan proposal ini. Penulis menyadari bahwa penyusunan proposal ini tidak akan berhasil tanpa bantuan, dorongan, dan motivasi dari berbagai pihak yang secara konsisten memberikan dorongan, arahan, dan petunjuk kepada penulis. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta serta seluruh keluarga tercinta atas dukungan dan doa yang tiada henti untuk keberhasilan penulis. Penghargaan yang setinggi-tingginya dan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Abd. Rakhim Nanda M.T., IPU. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty. S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM. Sebagai Ketua Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dan Pembimbing II yang telah banyak meluangkan banyak waktunya untuk membimbing kami.

4. Bapak (Abdul Hafid M.T.) selaku Pembimbing I, dan Ibu (Ir. Suryani S.T.,MT.) selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing kami.
5. Bapak/ Ibu Dosen serta Staf Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayah & Ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
7. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhususnya MEKANIKA 2018 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan proposal ini sepenuhnya tidak luput dari berbagai kekurangan, baik dari segi bahasa, sistematika penulisan bahkan isi yang terkandung di dalamnya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan kesempurnaan tulisan ini. Dan segala masukan dan kritikan penulis terima dengan lapang dada.

Makassar, 27 Januari 2025

Penulis

RANCANG BANGUN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI PULSA (PWM)

ABSTRAC

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah
Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 259, Rappocini, Makassar, Sulawesi Selatan, 90221, Indonesia
Irfan¹, Ramlah², abdul hafid³, suryani⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
e-mail : ippangefendii@gmail.com¹, ramlahhss09@gmail.com²,
abdulhafid@unismuh.ac.id³, suryani_basri@unismuh.ac.id⁴

Pada era modern ini, teknologi pencahayaan telah berkembang pesat, terutama dengan kehadiran lampu (Light Emitting Diode). Lampu menawarkan berbagai kelebihan dibandingkan lampu konvensional seperti lampu pijar dan lampu fluorescent, termasuk efisiensi energi yang lebih tinggi, umur pakai yang lebih panjang, dan respons waktu yang cepat. Penggunaan lampu semakin meluas di berbagai sektor, mulai dari rumah tangga, industri, hingga ruang publik. Salah satu aspek penting dari penggunaan lampu adalah kemampuan untuk mengatur intensitas cahayanya. Pengaturan ini tidak hanya memberikan kenyamanan visual, tetapi juga membantu menghemat konsumsi energi dan memperpanjang umur pemakaian lampu. Teknik yang sering digunakan untuk mengatur intensitas cahaya lampu adalah Modulasi Lebar Pulsa (Pulse Width Modulation, PWM). Teknik PWM adalah metode yang efektif untuk mengatur intensitas cahaya lampu. PWM beroperasi dengan mengubah duty cycle dari sinyal pulsa yang dikirim ke lampu. Duty cycle adalah rasio antara durasi sinyal ON dan total periode sinyal. Dengan menyesuaikan duty cycle, kita dapat mengontrol rata-rata daya yang diterima lampu, yang pada gilirannya menentukan intensitas cahayanya. Teknik ini sangat efisien karena tidak membuang energi dalam bentuk panas seperti metode resistor variabel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem kontrol intensitas cahaya lampu dengan memanfaatkan teknologi Modulasi Lebar Pulsa (PWM). Dari analisa yang dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan pulse width modulation (PWM) akan berpengaruh signifikan terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan lampu. Dengan mengubah siklus kerja dari 10% menjadi 50% pada frekuensi berbeda (2 Hz), ditemukan bahwa peningkatan siklus kerja meningkatkan tegangan, arus, dan pelepasan resmi. Intensitas cahaya (lumen per watt) yang tetap sama menunjukkan bahwa sistem dapat dioperasikan lebih efisien tanpa mengurangi kualitas cahaya yang dihasilkan. Komponen seperti optocoupler dan rangkaian snubber berperan penting dalam melindungi rangkaian dari fluktuasi tegangan dan memastikan pengoperasian yang stabil.

Kata kunci : Intensitas lampu LED, PWM pulse width modulation

RANCANG BANGUN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU LED MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI PULSA (PWM)

ABSTRAC

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 259, Rappocini, Makassar, Sulawesi Selatan, 90221, Indonesia
Irfan¹, Ramlah², abdul hafid³, suryani⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
e-mail : ippangefendii@gmail.com¹, ramlahhss09@gmail.com²,
abdulhafid@unismuh.ac.id³, suryani_basri@unismuh.ac.id⁴

In this modern era, lighting technology has developed rapidly, especially with the presence of lamps (Light Emitting Diode). Lamps offer various advantages over conventional lamps such as incandescent lamps and fluorescent lamps, including higher energy efficiency, longer service life, and fast response time. The use of lamps is increasingly widespread in various sectors, from households, industries, to public spaces. One important aspect of using lamps is the ability to adjust the light intensity. This setting not only provides visual comfort, but also helps save energy consumption and extend the life of the lamp. A technique that is often used to adjust the light intensity of lamps is Pulse Width Modulation (PWM). The PWM technique is an effective method for adjusting the light intensity of lamps. PWM operates by changing the duty cycle of the pulse signal sent to the lamp. Duty cycle is the ratio between the duration of the ON signal and the total period of the signal. By adjusting the duty cycle, we can control the average power received by the lamp, which in turn determines its light intensity. This technique is very efficient because it does not waste energy in the form of heat like the variable resistor method. The purpose of this study is to develop a light intensity control system for lamps by utilizing Pulse Width Modulation (PWM) technology. From the analysis carried out in this study, it can be concluded that the use of pulse width modulation (PWM) will have a significant effect on the light intensity produced by the lamp. By changing the duty cycle from 10% to 50% at different frequencies (2 Hz,), it was found that increasing the duty cycle increased the voltage, current, and authorized discharge. The light intensity (lumens per watt) which remained the same indicated that the system could be operated more efficiently without reducing the quality of the light produced. Components such as optocouplers and snubber circuits play an important role in protecting the circuit from voltage fluctuations and ensuring stable operation.

Key Words : Intensitas lampu LED, PWM pulse width modulation

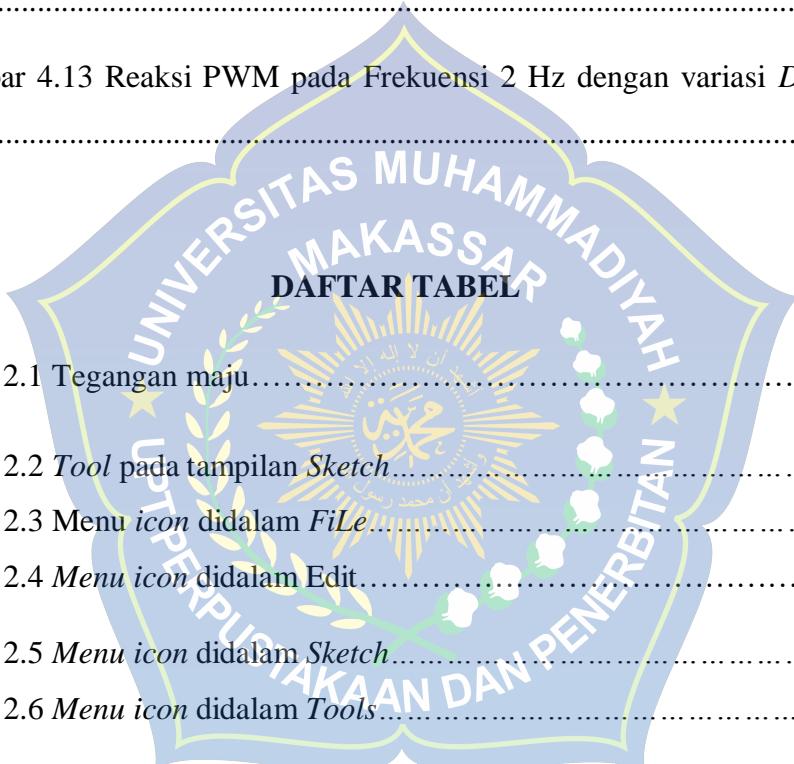
DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------|------|
| <u>KATA PENGANTAR</u> | ii |
| <u>ABSTRAK</u> | iv |
| <u>ABSTRAC</u> | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Identifikasi Masalah..... | 2 |
| C. Rumusan Masalah..... | 3 |
| D. Tujuan Penelitian..... | 4 |
| E. Batasan Masalah | 4 |
| F. Metode Penelitian..... | 4 |
| G. Manfaat Penelitian..... | 5 |
| H. Sistematika Penulisan | 5 |

| | |
|---|-----------|
| BAB II LANDASAN TEORI..... | 6 |
| A. PWM (Pulse Width Modulation)..... | 6 |
| B. Lampu LED | 13 |
| C. Arduino IDE..... | 16 |
| D. Penelitian terdahulu..... | 27 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 28 |
| A. Tempat dan Waktu Penelitian | 28 |
| B. Alat Dan Bahan..... | 28 |
| C. Langkah-Langkah Penelitian..... | 30 |
| D. Tahap Perancangan | 31 |
| E. Perancangan Konstruksi | 31 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 32 |
| A. Pendahuluan | 32 |
| B. Rangkaian Alat dan Percobaan..... | 32 |
| C. Pengujian Alat | 34 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 43 |
| A. Kesimpulan..... | 43 |
| B. Saran..... | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 44 |
| LAMPIRAN..... | 46 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Bentuk gelombang kotak (pulsa) | 6 |
| Gambar 2.2 Sinyal Referensi (sinyal tegangan DC)..... | 8 |
| Gambar 2.3 PWM mode <i>phase correct</i> | 9 |
| Gambar 2.4 PWM mode <i>fast</i> | 10 |
| Gambar 2.5 (a) Proses pembandingan antara sinyal pembawa dengan sinyalreferensi, (b) Sinyal penggerak V_{AN} , (c) Sinyal penggerak V_{BN} , (d) Sinyal SPWM..... | 12 |
| Gambar 2.6. Bentuk Led beserta symbol..... | 13 |
| Gambar 2.7. Junction P dan N | 14 |
| Gambar 2.8. Polaritas LED..... | 15 |
| Gambar 2.9 Tampilan Penulisan <i>Sketch</i> | 17 |
| Gambar. 4.1 Skema Rangkaian Alat..... | 32 |
| Gambar 4.2 Program Arduino Sebelum di atur ke Frekuensi Tertentu..... | 34 |
| Gambar. 4.3 Pengujian Alat | 35 |
| Gambar 4.4 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 20%..... | 36 |
| Gambar 4.5 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 20%..... | 36 |
| Gambar 4.6 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 30%..... | 37 |
| Gambar 4.7 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 40%..... | 37 |
| Gambar 4.8 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 40%..... | 38 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.9 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 40%..... | 38 |
| Gambar 4.10 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 50%..... | 39 |
| Gambar 4.11 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi <i>Duty Cycle</i> 50%..... | 39 |
| Gambar 4.12 program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan variasi <i>Duty Cycle</i> 60%..... | 40 |
| Gambar 4.13 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan variasi <i>Duty Cycle</i> 60%..... | 41 |
|  DAFTAR/TABEL | |
| Tabel 2.1 Tegangan maju..... | 16 |
| Tabel 2.2 <i>Tool</i> pada tampilan <i>Sketch</i> | 18 |
| Tabel 2.3 Menu <i>icon</i> didalam <i>File</i> | 19 |
| Tabel 2.4 Menu <i>icon</i> didalam <i>Edit</i> | 21 |
| Tabel 2.5 Menu <i>icon</i> didalam <i>Sketch</i> | 23 |
| Tabel 2.6 Menu <i>icon</i> didalam <i>Tools</i> | 25 |
| Tabel 4.1 Pengukuran Lampu Tanpa PWM pada Terminal Lampu..... | 35 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengukuran pada Frekuensi 2 Hz..... | 4 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi adalah aspek penting dalam kehidupan, dan kekurangannya dapat mempengaruhi kelangsungan hidup manusia. Salah satu bentuk energi tersebut adalah energi listrik. Sumber energi dari bahan bakar fosil di dunia tidak akan mampu memenuhi kebutuhan energi selama beberapa dekade mendatang, sehingga sangat dibutuhkan energi alternatif yang murah.

Indonesia, yang terletak di wilayah tropis dan dilalui oleh garis khatulistiwa, memiliki potensi energi matahari yang besar sepanjang tahun, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sekitar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ per hari di seluruh wilayahnya. Energi surya yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule per tahun, setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi ini setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Artinya, hanya dengan menutupi 0,1 persen permukaan bumi dengan panel surya yang memiliki efisiensi 10 persen, kebutuhan energi global saat ini sudah dapat dipenuhi (Susilo, 2010).

Pada era modern ini, teknologi pencahayaan telah berkembang pesat, terutama dengan kehadiran lampu (Light Emitting Diode). Lampu menawarkan berbagai kelebihan dibandingkan lampu konvensional seperti lampu pijar dan lampu fluorescent, termasuk efisiensi energi yang lebih tinggi, umur pakai yang lebih panjang, dan respons waktu yang cepat. Penggunaan lampu semakin meluas di berbagai sektor, mulai dari rumah tangga, industri, hingga ruang publik.

Beberapa teknik telah diterapkan untuk mengatur intensitas cahaya pada lampu, di antaranya adalah penggunaan resistor variabel untuk mengontrol arus yang melewati. Namun, metode ini cenderung kurang efisien karena energi yang tidak digunakan akan terbuang sebagai panas pada resistor.

Teknik PWM adalah metode yang efektif untuk mengatur intensitas cahaya lampu. PWM beroperasi dengan mengubah duty cycle dari sinyal pulsa yang

dikirim ke lampu . Duty cycle adalah rasio antara durasi sinyal ON dan total periode sinyal. Dengan menyesuaikan duty cycle, kita dapat mengontrol rata-rata daya yang diterima lampu , yang pada gilirannya menentukan intensitas cahayanya. Teknik ini sangat efisien karena tidak membuang energi dalam bentuk panas seperti metode resistor variabel.

Pengaturan intensitas cahaya menggunakan teknik PWM tidak hanya memberikan efisiensi energi, tetapi juga menawarkan fleksibilitas tinggi dalam aplikasi praktis. Penelitian ini menjadi sangat relevan mengingat meningkatnya kebutuhan akan solusi pencahayaan yang efisien dan hemat energi, terutama dengan kesadaran yang berkembang tentang pentingnya keberlanjutan lingkungan. Selain itu, sistem pencahayaan yang efisien dapat mengurangi biaya operasional, yang sangat penting baik untuk penggunaan rumah tangga maupun industri.

Maka dari itu, penelitian yang peniliti ingin implementasikan dengan judul, “**Rancang Bangun Pengaturan Intensitas Cahaya Lampu Menggunakan Teknik Modulasi Lebar Pulsa (PWM)**” dapat di gunakan sebagai solusi masa depan untuk mengurangi biaya maupun energi yang terbuang secara berlebihan.

B. Identifikasi Masalah

Masalah yang teridentifikasi adalah kurang efisiennya metode pengaturan intensitas cahaya lampu menggunakan resistor variabel. Metode ini cenderung menghasilkan pemborosan energi karena sebagian energi yang tidak digunakan akan hilang dalam bentuk panas pada resistor. Hal ini menunjukkan perlunya mencari alternatif yang lebih efisien dalam mengatur intensitas cahaya lampu untuk mengurangi pemborosan energi dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi secara keseluruhan.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas , rumusan masalah yang peneliti dapatkan yaitu, bagaimana menerapkan metode pengaturan intensitas cahaya yang lebih efisien, seperti teknik Modulasi Lebar Pulsa (PWM), dalam penggunaan lampu ?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem kontrol intensitas cahaya lampu dengan memanfaatkan teknologi Modulasi Lebar Pulsa (PWM).

E. Batasan Masalah

Batasan penelitian ini adalah untuk merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan sistem pengaturan intensitas cahaya lampu menggunakan teknik Modulasi Lebar Pulsa (PWM). Penelitian akan difokuskan pada:

1. Perancangan dan pengembangan rangkaian elektronik yang dapat menghasilkan sinyal PWM untuk mengatur intensitas cahaya lampu .
2. Pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino Uno untuk menghasilkan sinyal PWM dengan duty cycle yang dapat diatur sesuai kebutuhan.

Fokus penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan solusi pencahayaan yang efisien dan hemat energi, dengan memanfaatkan teknologi PWM pada lampu .

F. Metode Penelitian

Penelitian ini akan mengadopsi pendekatan eksperimental dengan serangkaian tahapan utama, yang terdiri dari:

1. Perancangan Sistem: Ini mencakup desain rangkaian elektronik yang melibatkan mikrokontroler untuk menghasilkan sinyal PWM, driver , dan rangkaian penguat.
2. Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak: Proses ini melibatkan pengkodean mikrokontroler untuk menghasilkan sinyal PWM dengan duty cycle yang dapat diatur, serta pemasangan komponen perangkat keras.
3. Pengujian dan Evaluasi: Tahap ini akan melakukan serangkaian pengujian pada sistem yang telah dirancang untuk mengevaluasi kinerjanya dalam mengatur intensitas cahaya lampu .

G. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, antara lain:

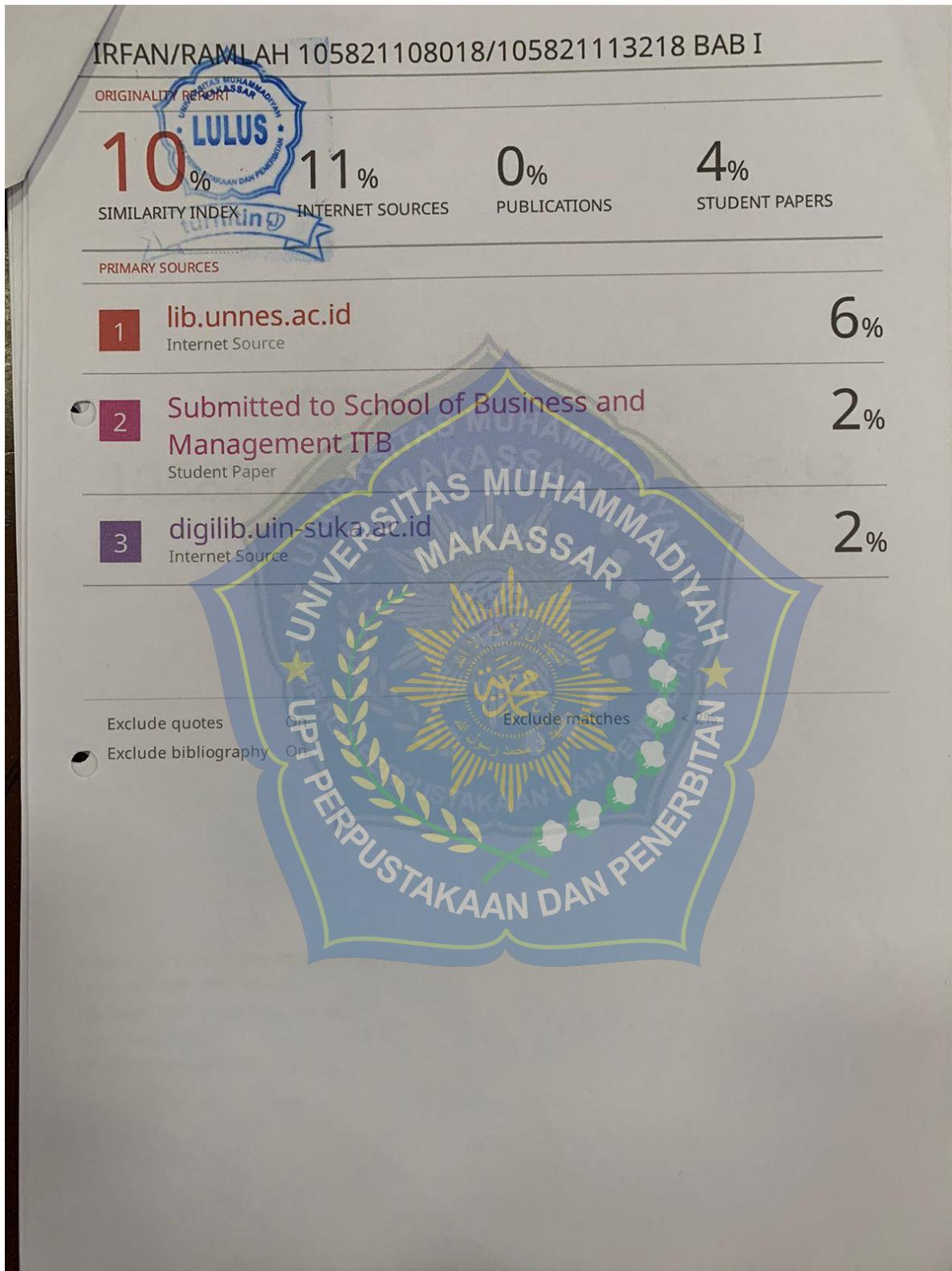
1. Perpanjangan Umur Lampu : Mengurangi beban termal pada lampu , sehingga memperpanjang umur pemakaiannya.
2. Kenyamanan Visual: Memberikan kenyamanan visual dengan memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan intensitas cahaya sesuai kebutuhan.
3. Aplikasi Luas: Memungkinkan aplikasi dalam berbagai lingkungan, termasuk rumah tangga, perkantoran, industri, dan fasilitas umum.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang pengaturan pencahayaan dan efisiensi energi, khususnya melalui penerapan teknik PWM pada lampu

H. Sistematika Penulisan

Struktur laporan penelitian ini akan tersusun sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan: Menguraikan latar belakang, permasalahan yang dihadapi, tujuan penelitian, serta manfaat yang diharapkan dari penelitian ini.
2. Bab II Tinjauan Pustaka: Menyajikan tinjauan literatur yang relevan terkait dengan teknik PWM dan pengaturan intensitas cahaya pada lampu , serta menjelaskan konsep-konsep dasar yang mendukung penelitian ini.
3. Bab III Metodologi Penelitian: Mendeskripsikan langkah-langkah yang diambil dalam pelaksanaan penelitian, termasuk perincian mengenai perancangan sistem, alat yang digunakan, serta pendekatan yang diambil dalam pengumpulan dan analisis data.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan: Memaparkan hasil pengujian sistem yang telah dilakukan dan melakukan analisis terhadap kinerja sistem, serta menghubungkannya dengan tujuan penelitian dan temuan dalam literatur.
5. Bab V Kesimpulan dan Saran: Merangkum temuan utama dari penelitian ini, menyajikan kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil analisis, serta memberikan saran untuk arah penelitian lebih lanjut yang dapat diambil.



BAB II

LANDASAN TEORI

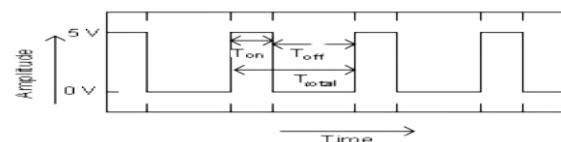
A. PWM (Pulse Width Modulation)

PWM adalah suatu mekanisme untuk menghasilkan sinyal keluaran dengan periode yang berulang antara fase tinggi dan rendah, yang dapat kita atur durasinya sesuai keinginan. *Duty cycle* merupakan persentase waktu di mana sinyal berada pada fase tinggi dibandingkan dengan total periode sinyal, dan tegangan rata-rata yang dihasilkan berbanding lurus dengan duty cycle. Sebagai contoh, jika kondisi tinggi adalah 5 V dan kondisi rendah adalah 0 V, berikut adalah ilustrasi sinyal PWM.

Pengaturan lebar pulsa modulasi atau PWM adalah salah satu teknik yang sangat efektif yang sering digunakan dalam sistem kendali saat ini. Teknik ini memiliki aplikasi yang luas di berbagai bidang, termasuk kendali kecepatan, kendali sistem tenaga, serta pengukuran dan komunikasi.

1. Prinsip Dasar PMW

PWM, diperoleh melalui penggunaan gelombang kotak di mana siklus kerja (duty cycle) gelombang dapat dimodifikasi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang beragam, yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut. Sehingga penggunaan PWM daya lebih efisien jika dibandingkan dengan pengontrolan daya dengan cara konvensional.



Gambar 2.1 Bentuk gelombang kotak (pulsa)

T_{on} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (baca: *high* atau *1*) dan, T_{off} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (baca: *low* atau *0*).

Anggap T_{total} adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara T_{on} dengan T_{off} , biasa dikenal dengan istilah “periode satu gelombang”

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

Siklus kerja atau duty cycle sebuah gelombang didefinisikan sebagai berikut :

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan *duty-cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{out} = D \times V_{in} \text{ Sehingga} \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in}$$

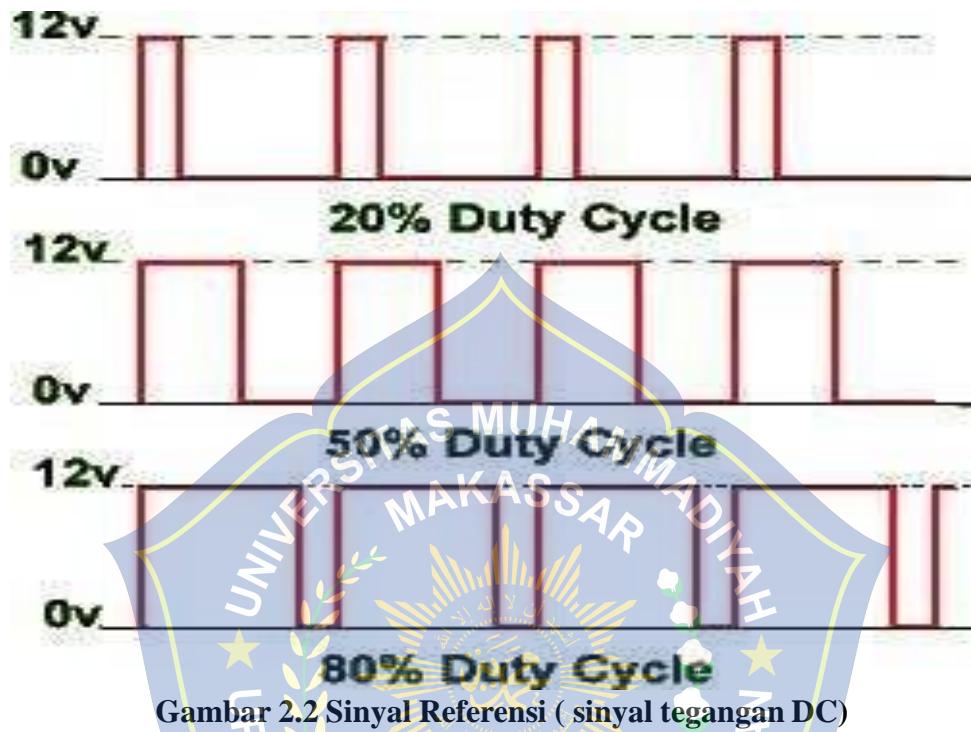
Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa tegangan keluaran dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai T_{on} .

Apabila T_{on} adalah 0, V_{out} juga akan 0.

Apabila T_{on} adalah T_{total} maka V_{out} adalah V_{in} atau katakanlah nilai maksimumnya.

PWM bekerja sebagai sumber daya yang beralih untuk mengontrol pembukaan dan penutupan. Tegangan arus searah dikonversi menjadi sinyal berbentuk kotak dengan periode nyata, di mana saat pembukaan, tegangan mendekati maksimum, dan saat penutupan, tegangan menjadi nol volt. Ketika frekuensi beralih mencukupi, suhu air yang dikendalikan akan semakin sesuai dengan yang diinginkan. Ini dicapai dengan mengatur siklus kerja dari sinyal,

yang dihasilkan oleh PWM. Pada gambar di bawah, sinyal referensi adalah tegangan arus searah yang dikonversi menjadi sinyal kotak melalui sinyal gergaji.

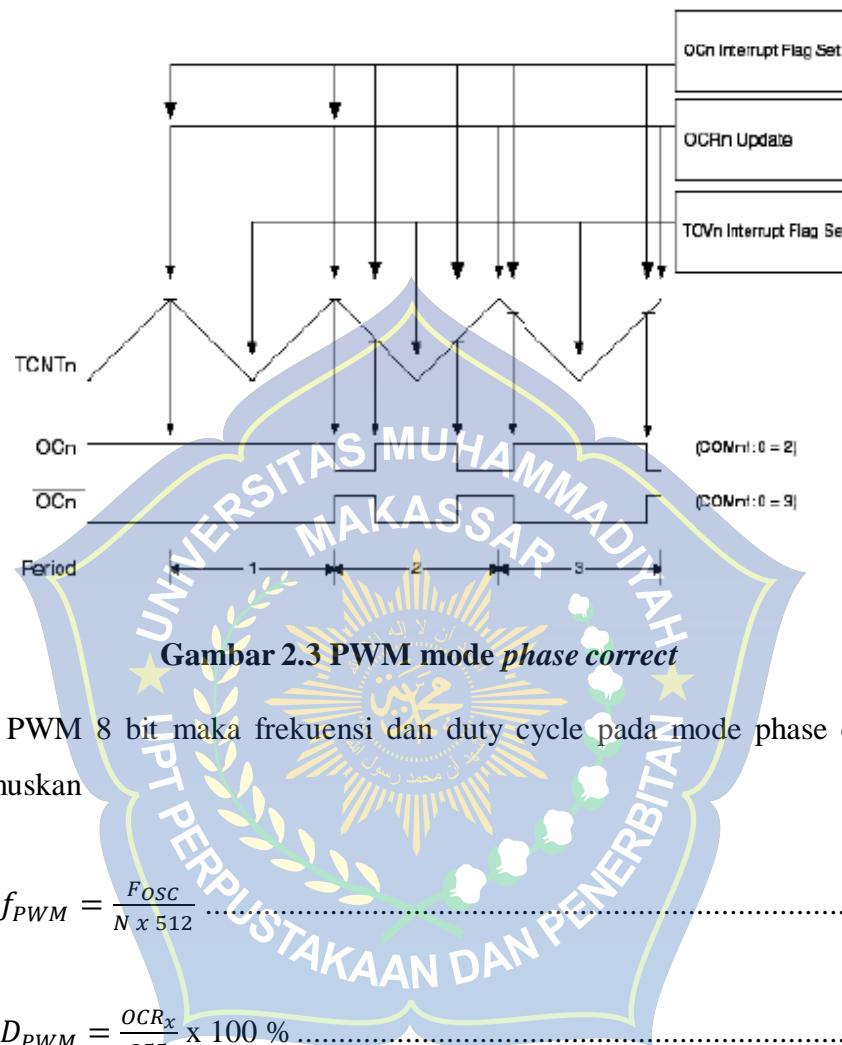


Pengiriman informasi analog dapat dilakukan dengan mengirimkan pulsa-pulsa tegangan atau arus. Dengan modulasi pulsa, informasi dibawa oleh pulsa-pulsa persegi yang berulang. Salah satu teknik modulasi yang umum digunakan adalah mengatur durasi atau lebar pulsa-pulsa persegi, baik pada waktu tunda positif maupun negatif. Untuk menghasilkan sinyal PWM, digunakan fungsi timer/counter yang membandingkan nilainya dengan register tertentu.

2. PWM mode *phase correct*

PWM mode *phase correct* dapat dihasilkan, di mana nilai register counter TCNTx yang terus-menerus menghitung naik dan turun akan selalu dibandingkan dengan register OCRx. Hasil dari perbandingan antara register TCNTx dan OCRx digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM yang

kemudian dikeluarkan melalui pin Ocx, seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut.



Dengan ,

f_{PWM} = frekuensi PWM

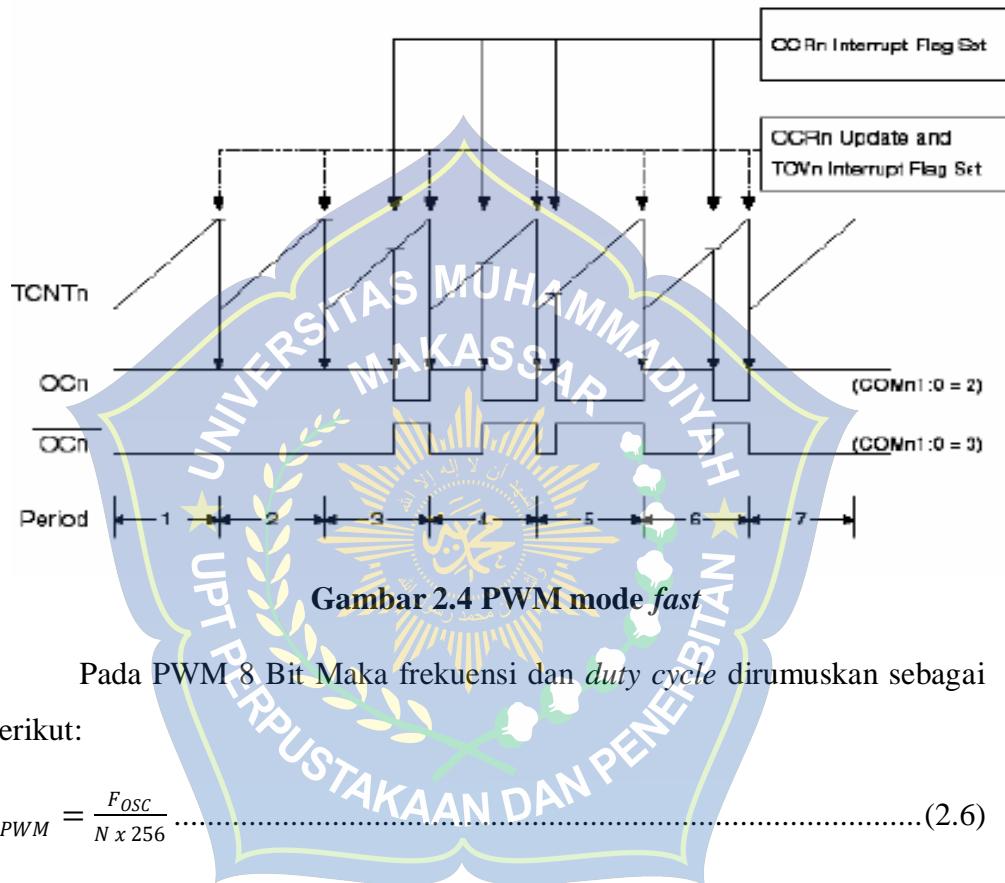
f_{osc} = frekuensi osilator

N = Skala *clock*

D = Duty cycle

3. PWM mode *fast*

Dalam mode fast, hampir mirip dengan phase correct, hanya saja register TCNTx menghitung naik tanpa menghitung turun seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut.



Pada PWM 8 Bit Maka frekuensi dan *duty cycle* dirumuskan sebagai berikut:

$$D_{PWM} = \frac{OCR_x}{255} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (2.7)$$

Dengan .

F_{PWM} = Frekuensi PWM

F_{osc} ≡ Frekuensi osilator

N = Skala Clock

D = Duty Cycle

PWM satu fase sinusoidal menghasilkan pulsa PWM bolak-balik satu fase dengan nilai efektif tegangan bolak-baliknya dihitung menggunakan rumus berikut:

Dengan V_{rms} \equiv Tegangan Efektif

V = Fungsi Tegangan

T = Perioda

Dikarenakan nilai tegangan masukan DC yang tetap konstan pada inverter SPWM, maka tegangan RMS juga bisa dihitung dengan rumusan :

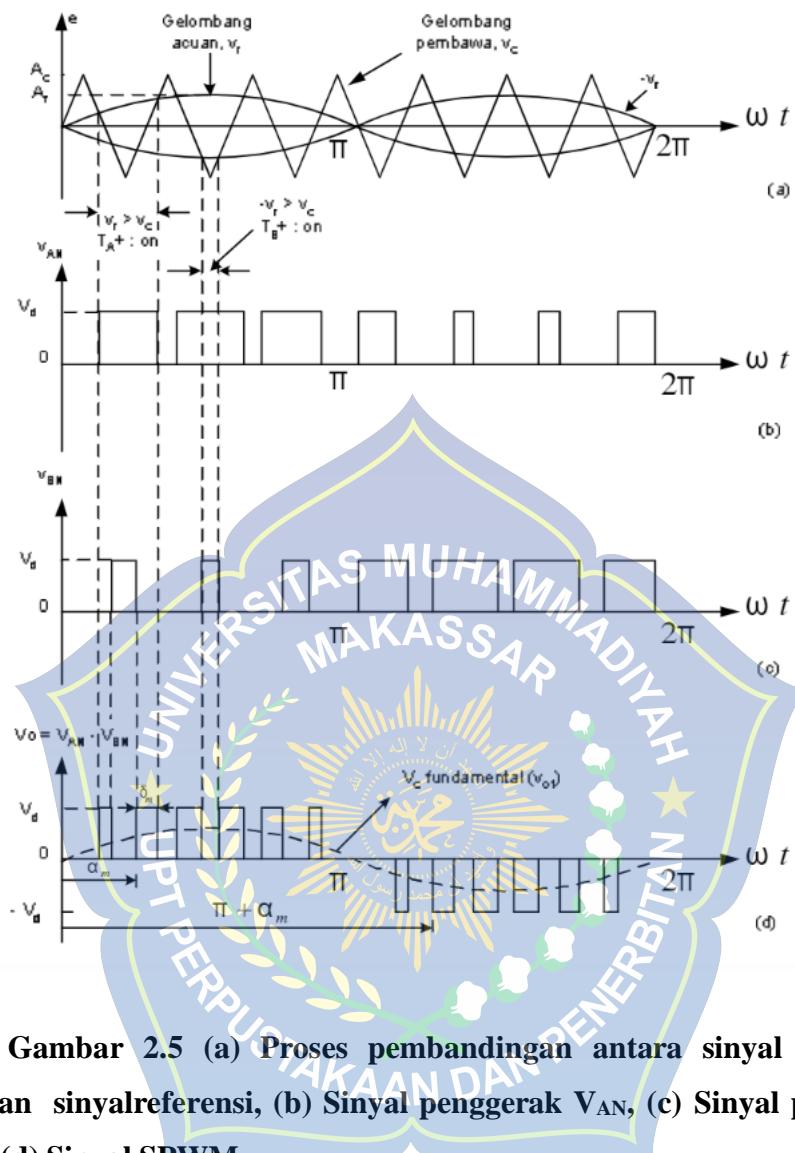
dengan V_{rms} = tegangan efektif

VDC = tegangan searah inverter

tp = lebar pulsa tinggi dalam 1 periode

T = periodo

Untuk menciptakan sinyal PWM tersebut, bisa dilakukan dengan menggunakan dua sinyal sinus dan satu sinyal segitiga, atau dengan satu sinyal sinus dan dua sinyal segitiga. Dalam proses pembuatan SPWM (Sinusoidal Pulse-Width Modulation) menggunakan dua sinyal sinus dan satu sinyal segitiga, dilakukan perbandingan amplitudo antara sinyal segitiga dan sinyal sinus. Sinyal pemicu akan dihasilkan jika amplitudo sinyal sinus melebihi amplitudo sinyal segitiga. Setiap sinyal pemicu digunakan untuk pengendalian saklar sehingga dihasilkan sinyal PWM. Proses pembuatan SPWM tersebut dapat dilihat dalam gambar 2.5.



Gambar 2.5 (a) Proses perbandingan antara sinyal pembawa dengan sinyalreferensi, (b) Sinyal penggerak V_{AN} , (c) Sinyal penggerak V_{BN} , (d) Sinyal SPWM

Pembuatan SPWM secara digital dapat dilakukan melalui dua metode:

- Dengan menghasilkan gelombang segitiga dan gelombang sinus secara diskret melalui metode tabel pencarian (look up table). Kemudian, dilakukan perbandingan untuk setiap nilai amplitudo dari gelombang sinus dan segitiga seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Pendekatan ini mirip dengan menghasilkan gelombang sinus analog dan gelombang segitiga analog secara digital.

- b. Dengan mencari waktu untuk setiap pulsa dari setiap sinyal penggerak terlebih dahulu, yang kemudian digunakan sebagai data dalam proses pembuatan sinyal penggerak melalui tabel pencarian.

B. Lampu LED

LED, singkatan dari Light Emitting Diode, adalah sebuah komponen elektronika yang mampu menghasilkan cahaya monokromatik saat diberikan tegangan maju. Sebagai bagian dari keluarga dioda, LED terbuat dari bahan semikonduktor. Warna cahaya yang dipancarkan oleh LED bervariasi tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang digunakan. Selain itu, LED juga dapat menghasilkan sinar inframerah yang tidak terlihat oleh mata manusia, yang sering digunakan dalam remote control untuk TV atau perangkat elektronik lainnya.

LED yang ditunjukkan dalam Gambar 2.6 memiliki bentuk mirip dengan bohlam kecil yang dapat dengan mudah dipasang ke berbagai perangkat elektronik. Berbeda dengan lampu pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menghasilkan panas secara signifikan

dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED dengan ukuran kecilnya telah menjadi pilihan utama sebagai lampu penerangan dalam LCD TV, mengantikan lampu tabung yang sebelumnya digunakan.



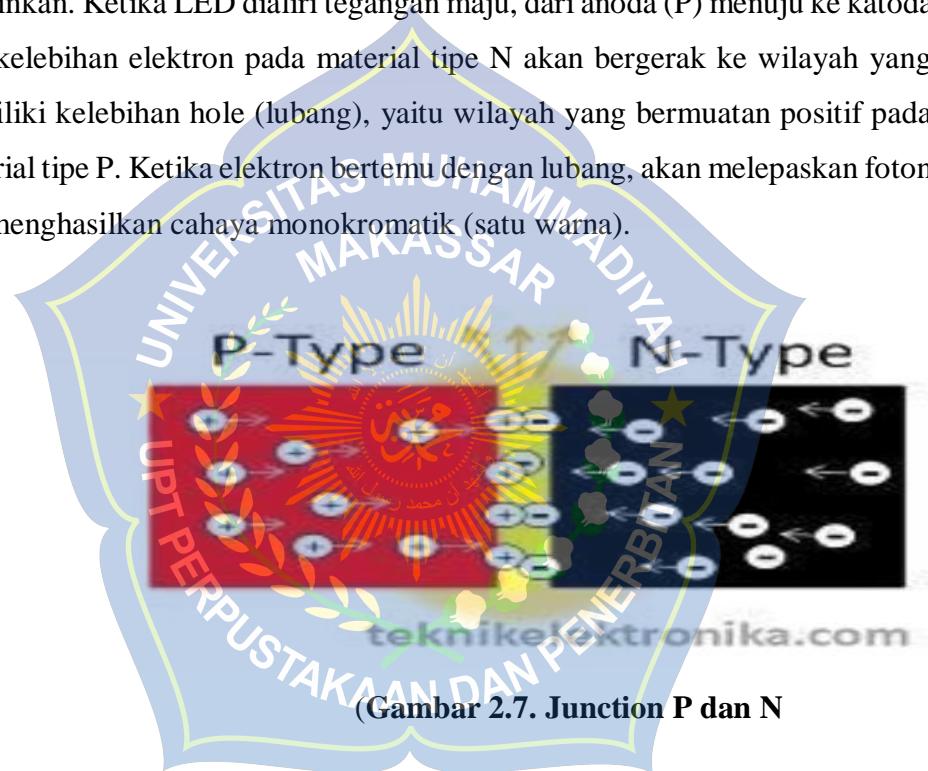
Gambar 2.6. Bentuk Led beserta simbol

Prinsip Kerja LED

Seperti disebutkan sebelumnya, LED merupakan bagian dari keluarga dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Prinsip kerjanya hampir sama

dengan dioda, memiliki dua kutub yaitu positif (anoda) dan negatif (katoda). LED hanya akan menghasilkan cahaya saat dialiri tegangan maju dari anoda ke katoda.

LED yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7 terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang didoping sehingga membentuk junction P dan N. Proses doping dalam semikonduktor adalah proses penambahan ketidakmurnian pada semikonduktor murni untuk menciptakan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED dialiri tegangan maju, dari anoda (P) menuju ke katoda (K), kelebihan elektron pada material tipe N akan bergerak ke wilayah yang memiliki kelebihan hole (lubang), yaitu wilayah yang bermuatan positif pada material tipe P. Ketika elektron bertemu dengan lubang, akan melepaskan foton dan menghasilkan cahaya monokromatik (satu warna).



LED, yang memancarkan cahaya saat dialiri tegangan maju, juga dapat diklasifikasikan sebagai transduser yang mengubah energi listrik menjadi energi cahaya.

1. Polaritas LED



2. Warna – warna LED

Pada masa kini, LED telah tersedia dalam berbagai warna yang beragam, termasuk merah, kuning, biru, putih, hijau, jingga, dan inframerah. Ragam warna pada LED ini bergantung pada panjang gelombang (wavelength) dan senyawa semikonduktor yang digunakan.

3. Tegangan LED

Setiap warna LED (Light Emitting Diode) membutuhkan tegangan maju (forward bias) untuk menyala. Tegangan maju untuk LED biasanya rendah, sehingga perlu adanya resistor untuk membatasi arus dan tegangan agar

LED yang bersangkutan tidak rusak. Tegangan maju sering dilambangkan dengan simbol VF. Berikut adalah tabel tegangan maju yang digunakan untuk menghidupkan lampu LED, yang dapat ditemukan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tegangan Maju

| Warna | Tegangan Maju @20mA |
|-------------|---------------------|
| Infra Merah | 1,2V |
| Merah | 1,8V |
| Jingga | 2,0V |
| Kuning | 2,2V |
| Hijau | 3,5V |
| Biru | 3,6V |
| Putih | 4,0V |

4. Kegunaan LED

LED memiliki sejumlah keunggulan, termasuk tidak menghasilkan panas, memiliki umur yang panjang, tidak mengandung bahan berbahaya seperti merkuri, hemat energi, dan memiliki ukuran yang kecil, sehingga semakin populer dalam bidang teknologi pencahayaan. Berbagai produk yang memerlukan pencahayaan telah mengadopsi teknologi LED ini.

C. Arduino IDE

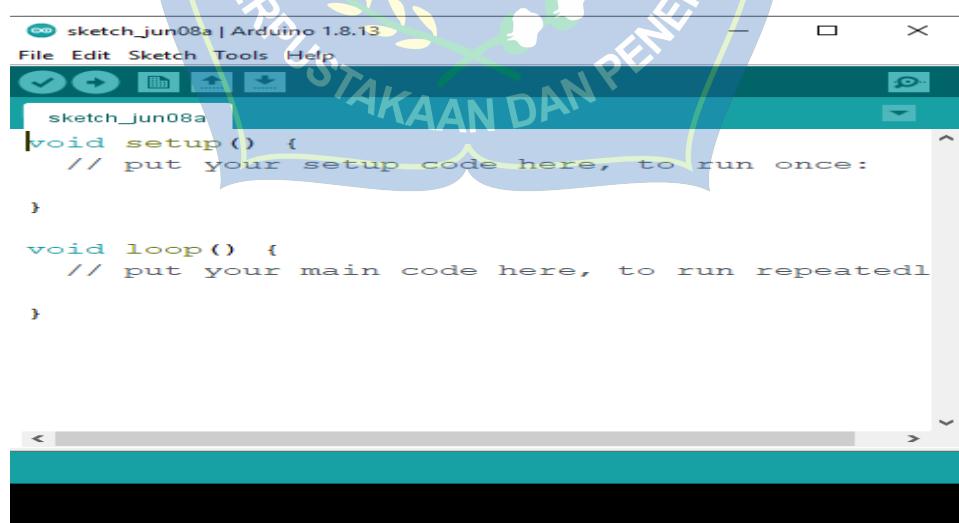
Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram Arduino, yang berarti Arduino IDE berperan sebagai platform untuk memprogram papan Arduino. Arduino IDE dapat diunduh secara gratis dari situs web resmi Arduino. Fungsinya mencakup penggunaan sebagai editor teks untuk membuat, mengedit, dan memvalidasi kode program, serta dapat digunakan untuk mengunggah program ke papan Arduino. Kode program yang digunakan dalam Arduino dikenal sebagai

"sketch" atau sering disebut sebagai source code Arduino, dengan ekstensi file .ino.

Saat ini, Arduino telah menjadi platform mikrokontroler yang paling diminati di dunia. Kemudahan dalam belajar dan menerapkan Arduino membuatnya menjadi pilihan yang populer baik bagi pemula maupun ahli dalam bidang robotika dan elektronika. Selain Arduino, terdapat beberapa jenis mikrokontroler alternatif yang memiliki spesifikasi yang handal, bahkan ada yang melebihi Arduino, seperti contohnya STM Bluephill.

1. Penulisan *Sketch*

Program yang dibuat menggunakan Arduino IDE disebut sebagai "sketch". Sketch tersebut ditulis menggunakan editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi .ino. Editor teks dalam Arduino IDE memiliki fitur seperti pemotongan/penggantian teks dan pencarian, sehingga memudahkan dalam penulisan kode program. Dalam perangkat lunak Arduino IDE, terdapat sebuah kotak pesan berwarna hitam yang digunakan untuk menampilkan status, termasuk pesan kesalahan, proses kompilasi, dan pengunggahan program. Di bagian kanan bawah perangkat lunak Arduino IDE, terdapat informasi tentang papan yang dikonfigurasi dan port COM yang digunakan.



The image shows a screenshot of the Arduino IDE. The title bar reads "sketch_jun08a | Arduino 1.8.13". The menu bar includes File, Edit, Sketch, Tools, and Help. The main editor window displays the following code:

```
sketch_jun08a
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jun08a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly
}
```

The status bar at the bottom shows "UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MARASAPURA" and "REPU STAKAAN DAN PENERBITAN".

Gambar 2.9 Tampilan Penulisan *Sketch*

2. Tools Pada Tampilan Sketch

Tabel 2.2 Tool pada tampilan Sketch

| No | Nama Tools | Keterangan |
|----|------------|---|
| 1 | Verify | Kemampuan untuk memeriksa apakah kode tertulis mematuhi aturan pemrograman yang ada. |
| 2 | Upload | Fungsi yang mengkompilasi program atau kode yang Anda tulis ke dalam bahasa yang dimengerti oleh mesin atau Arduino. |
| 3 | New | Kemampuan membuat sketsa baru. Kemampuan untuk membuka sketsa yang dibuat dan membukanya kembali untuk diedit atau diunggah ulang ke Arduino. |
| 4 | Open | Kemampuan untuk menyimpan sketsa yang dibuat. Berfungsi untuk membuka monitor serial. |
| 5 | Save | Serial monitor disini merupakan jendela yang menampilkan seluruh data yang dikirim atau dipertukarkan antara Arduino dan sketsa pada port serial. |

| | | |
|---|-------------------|--|
| | | |
| 6 | Serial Monitor | <p><i>Monitor serial ini sangat berguna saat menulis dan men-debug program tanpa menggunakan LCD Arduino.</i></p> <p><i>Monitor serial ini dapat digunakan untuk menampilkan nilai proses, nilai terukur bahkan pesan kesalahan.</i></p> |

3. *Menu icon didalam File*

Tabel 2.3 Menu icon didalam File

| NO | File | Keterangan |
|----|--------------------|--|
| 1 | <i>New</i> | <p><i>Sebuah fungsi yang membuat sketsa baru dengan minimal void setup() dan void loop().</i></p> <p><i>Sketsa apa pun yang masih terbuka saat Anda menekan tombol Quit akan otomatis terbuka saat Arduino IDE dijalankan.</i></p> |
| 2 | <i>Open</i> | <i>Kemampuan untuk membuka sketsa yang dibuat pada drive.</i> |
| 3 | <i>Open Recent</i> | <i>adalah menu yang dirancang untuk mempercepat pembukaan file atau sketsa yang baru dibuat.</i> |

| | | |
|---|-------------------|---|
| | | |
| 4 | <i>Sketchbook</i> | <i>Fungsi untuk menampilkan hierarki sketsa yang dibuat termasuk struktur folder.</i> |
| 5 | <i>Example</i> | <i>menyertakan contoh pemrograman yang disediakan oleh pengembang Arduino, sehingga Anda dapat belajar memprogram menggunakan sampel yang disediakan.</i> |
| 6 | <i>Close</i> | <i>Fungsi menutup jendela Arduino IDE dan menghentikan aplikasi.</i> <i>Berfungsi untuk menyimpan sketsa yang Anda buat atau perubahan yang Anda lakukan pada sketsa.</i> |
| 7 | <i>Save</i> | <i>untuk menyimpan sketsa yang sedang Anda kerjakan atau sketsa yang disimpan dengan nama berbeda.</i> |
| 8 | <i>Save as</i> | <i>Page setup, kemampuan untuk mengatur tampilan halaman selama pencetakan.</i> <i>mempunyai kemampuan untuk mengirim file sketsa ke mesin cetak untuk dicetak.</i> <i>Di sini Anda dapat mengubah tampilan antarmuka Arduino IDE .</i> |
| 9 | <i>Print</i> | <i>adalah fungsi yang menutup semua jendela Arduino IDE.</i> |

| | | |
|----|--------------------|--|
| | | |
| 10 | <i>Preferences</i> | <i>Sehingga kita dapat menyelesaikan Arduino IDE</i> |
| 11 | <i>Quit</i> | <i>Sketsa apa pun yang masih terbuka saat Anda menekan tombol <i>Quit</i> akan otomatis terbuka saat Arduino IDE dijalankan.</i> |

4. Menu icon didalam Edit

Tabel 2.4 Menu icon didalam Edit

| NO | Nama Icon | Keterangan |
|----|------------------|--|
| 1 | <i>Undo/Redo</i> | <p><i>Digunakan untuk mengembalikan perubahan yang dilakukan.</i></p> <p><i>Sketsa beberapa langkah mundur dengan Undo atau maju dengan Redo.</i></p> |
| 2 | <i>Cut</i> | <p><i>memiliki kemampuan untuk menghapus teks yang dipilih di editor dan menempatkan teks di clipboard.</i></p> <p><i>memiliki kemampuan untuk menduplikasi teks yang dipilih di editor dan menempatkan teks tersebut di clipboard .</i></p> |

| | | |
|---|---------------------------|--|
| 3 | <i>Copy</i> | berfungsi menduplikasi teks yang terpilih kedalam <i>editor</i> dan menempatkan teks tersebut pada <i>clipboard</i> . |
| 4 | <i>Copy for Forum</i> | berfungsi melakukan copy kode dari editor dan melakukan formating agar sesuai untuk ditampilkan dalam forum, sehingga kode tersebut bisa digunakan sebagai bahan diskusi dalam forum. |
| 5 | <i>Copy as HTML</i> | berfungsi menduplikasi teks yang terpilih kedalam editor dan menempatkan teks tersebut pada <i>clipboard</i> dalam bentuk atau format <i>HTML</i> . Biasanya ini digunakan agar code dapat digabungkan pada halaman web. |
| 6 | <i>Paste</i> | berfungsi menyalin data yang terdapat pada <i>clipboard</i> , kedalam <i>editor</i> . |
| 7 | <i>Select All</i> | berfungsi untuk melakukan pemilihan teks atau kode dalam halaman <i>editor</i> . |
| 8 | <i>Comment/ Uncomment</i> | berfungsi memberikan atau menghilangkan tanda // pada kode atau teks, dimana tanda tersebut menjadikan suatu baris kode sebagai komen dan tidak |

| | | |
|----|---------------------------------|--|
| | | disertakan pada tahap kompilasi. |
| 9 | <i>Increase/Decrease Indent</i> | berfungsi untuk mengurangi atau menambahkan indentitas pada baris kode tertentu. Indentasi adalah “tab”. |
| 10 | <i>Find</i> | berfungsi memanggil jendela window find and replace, dimana kamu dapat menggunakanya untuk menemukan variabel atau kata tertentu dalam program atau menemukan serta menggantikan kata tersebut dengan kata lain. |
| 11 | <i>Find Next</i> | Berfungsi untuk melanjutkan |
| 12 | <i>Find Previous</i> | Berfungsi untuk sebelumnya Kembali ke |

5. *Menu icon didalam Sketch*

Tabel 2.5 *Menu icon didalam Sketch*

| No | Nama Icon | Keterangan |
|----|-----------------------|---|
| 1 | <i>Verify/Compile</i> | berfungsi untuk mengecek apakah sketch yang kamu buat ada kekeliruan dari segi sintaks atau tidak. Jika tidak ada kesalahan, maka sintaks yang kamu buat akan di <i>compile</i> kedalam bahasa mesin. |

| | | |
|---|---------------------------------------|--|
| 2 | <i>Upload</i> | berfungsi mengirimkan program yang sudah dikompilasi ke <i>Arduino Board</i> . |
| 3 | <i>Upload Using Programmer</i> | menu ini berfungsi untuk menuliskan <i>bootloader</i> kedalam IC Mikrokontroler <i>Arduino</i> . Pada kasus ini kamu membutuhkan perangkat tambahan seperti <i>USBAsp</i> untuk menjembatani penulisan program <i>bootloader</i> ke IC Mikrokontroler. |
| 4 | <i>Export Compiled Binary</i> | Kemampuan untuk menyimpan file dengan ekstensi <i>.hex</i> . File-file ini disimpan sebagai arsip dan dapat diunggah ke papan lainnya menggunakan berbagai alat. |
| 5 | <i>Show Sketch Folder</i> | digunakan untuk membuka folder sketsa tempat sedang bekerja. |
| 6 | <i>Include Library</i> | Fungsi menambahkan perpustakaan ke sketsa yang dibuat dengan menyertakan sintaks <code>#include</code> di awal kode. Selain itu, Anda juga dapat menambahkan perpustakaan eksternal ke <i>Arduino IDE</i> dari file <i>.zip</i> . |
| 7 | <i>Add File</i> | Berfungsi untuk menambahkan file ke sketsa <i>Arduino</i> (file disalin dari drive asli). |

| | | |
|--|--|--|
| | | File tersebut akan muncul sebagai tab baru di jendela sketsa . |
|--|--|--|

6. Menu icon di dalam *Tools*

Tabel 2.6 Menu icon didalam *Tools*

| NO | TOOLS | FUNGSI |
|----|--------------------------------------|--|
| 1 | <i>Auto Format</i> | Berfungsi untuk mengatur format kode di jendela editor. |
| 2 | <i>Archive Sketch</i> | adalah fungsi yang menyimpan sketsa ke file .zip. |
| 3 | <i>Fix Encoding</i> <i>Reload</i> | & berfungsi untuk memperbaiki kemungkinan perbedaan antara pengkodean tabel karakter editor dan tabel karakter sistem operasi lainnya. |
| 4 | <i>Serial Monitor</i> | Fungsi membuka jendela monitor serial dan menampilkan pertukaran data. |
| 5 | <i>Board</i> | berfungsi untuk memilih dan mengkonfigurasi papan yang akan digunakan. |
| 6 | <i>Port</i> | memilih port sebagai saluran komunikasi antara perangkat lunak dan perangkat keras. |

| | | |
|---|------------------------|---|
| 7 | <i>Programmer</i> | Gunakan menu ini untuk memprogram chip mikrokontroler tanpa menggunakan koneksi serial USB onboard. Biasanya digunakan pada proses penulisan bootloader . |
| 8 | <i>Burn Bootloader</i> | memungkinkan Anda menyalin program bootloader ke IC mikrokontroler . |

7. Menu *icon* didalam *Help*

Menu bantuan (help) menyediakan dokumen-dokumen yang berkaitan dengan masalah yang umumnya muncul, beserta solusinya. Selain itu, dalam menu bantuan juga terdapat tautan (link) yang mengarah ke Forum Arduino, di mana pengguna dapat bertanya dan berdiskusi tentang berbagai masalah yang ditemui.

8. *Sketchbook*

Arduino IDE menggunakan konsep sketchbook, di mana sketchbook menjadi lokasi standar untuk menyimpan dan mengatur file program sketch yang telah dibuat. Sketch yang telah dibuat dapat diakses melalui menu File -> Sketchbook atau dengan menggunakan opsi Open.

9. *Uploading*

Ini adalah proses untuk menyalin file .hex atau hasil kompilasi ke dalam IC mikrokontroler Arduino. Sebelum memulai proses unggah, yang harus dipastikan adalah jenis papan yang digunakan dan port COM yang digunakan, keduanya dapat diatur melalui menu Tools -> Board dan Tools -> Port.

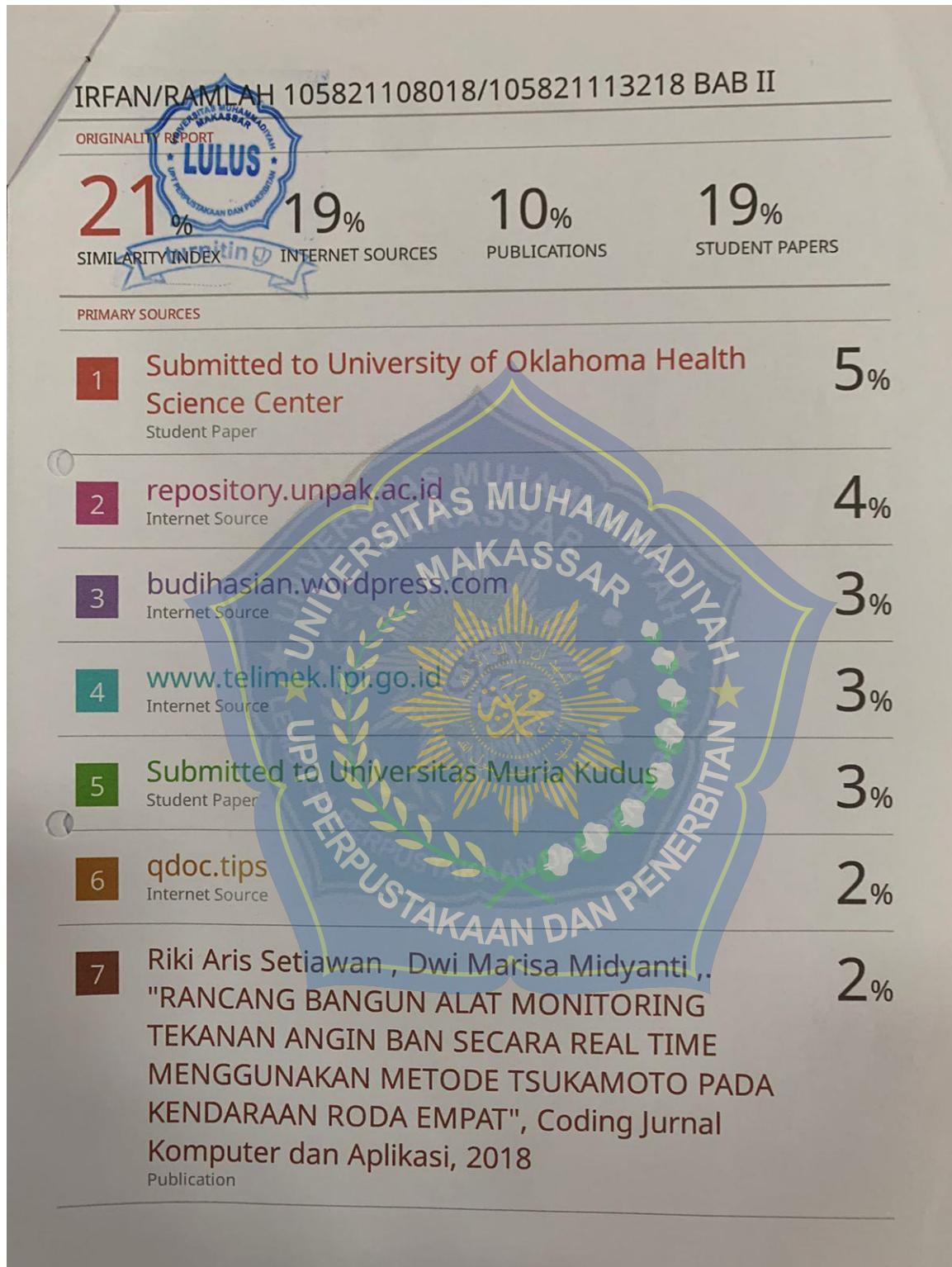
D. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang relevan dengan “Rancang Bangun Pengaturan Intensitas Cahaya Lampu LED Menggunakan Teknik Modulasi Lebar Pulsa (PWM)” diantaranya :

Mulyadi, C. D. (2020), merancang sistem pengendalian lampu yang menggunakan Arduino Uno dengan fitur dimmer lampu. Penelitian ini menawarkan alternatif untuk mengontrol dan memonitor lampu dengan alat kontrol yang dapat mengatur intensitas cahaya lampu secara variabel menggunakan Arduino Uno.

Winardi, S., & Kamisutara, M. (2016) juga telah melakukan penelitian tentang pengendali lampu dimmer LED tanpa kabel menggunakan mikrokontroler dengan metode PWM (Pulse Width Modulation). Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa kecerahan lampu dimmer LED dapat diatur dengan menggunakan berbagai duty cycle yang berbeda, sehingga menghasilkan tingkat pencahayaan yang maksimum atau minimum pada lampu.

Paiman Marpaung, Saniman, Afdal Al Hafiz (2021) melakukan penelitian tentang Implementasi Metode Pulse Width Modulation (PWM) Sebagai Kendali Lampu Belajar Secara Otomatis Berbasis Arduino Temuan dari penelitian ini adalah berhasilnya implementasi metode Pulse Width Modulation (PWM) sebagai kendali lampu belajar secara otomatis berbasis Arduino. Dengan sistem yang dirancang, pengguna dapat mengontrol lampu belajar dengan lebih mudah dan efisien. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi pengguna dan jarak, sedangkan sensor PIR digunakan untuk mendeteksi pergerakan. Motor servo digunakan untuk mengeluarkan dan menyimpan lampu belajar dari raknya. Nilai PWM digunakan untuk mengatur tingkat kecerahan lampu berdasarkan jarak deteksi sensor ultrasonik, dengan duty cycle yang berbeda sesuai dengan jarak yang terdeteksi.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar dalam hal ini selama tahapan perancangan, pembuatan, perakitan serta pengujian dan dilakukan selama 3 Bulan.

B. Alat Dan Bahan

1. Alat

Dalam penelitian ini, berikut adalah daftar alat dan yang digunakan untuk merancang dan mengimplementasikan pengaturan intensitas cahaya lampu LED menggunakan teknik modulasi lebar pulsa (PWM):

- a. Mikrokontroler (Arduino Uno)
- b. Breadboard atau PCB (Printed Circuit Board) untuk prototyping
- c. Lampu LED
- d. Resistor
- e. Transistor (jenis NPN)
- f. Kapasitor
- g. Multimeter (untuk pengukuran tegangan dan arus)
- h. Kabel jumper dan kawat solder

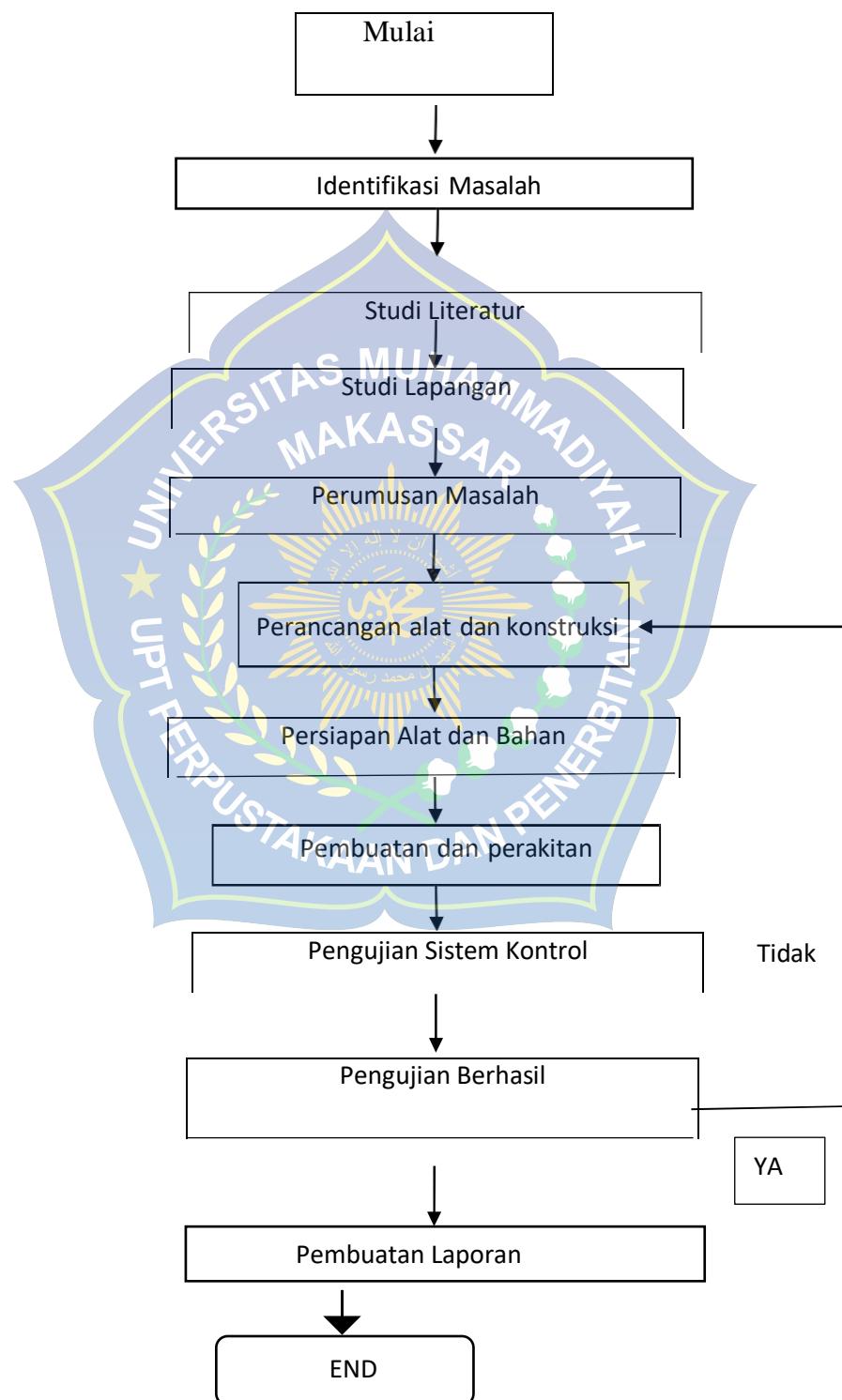
- i. Komputer atau laptop untuk pengembangan perangkat lunak dan pemrograman mikrokontroler
2. Bahan
 - a. Komponen elektronik seperti resistor, transistor, dan kapasitor dengan nilai yang sesuai dengan kebutuhan desain (dapat disesuaikan berdasarkan spesifikasi desain)
 - b. Sumber daya listrik adaptor AC untuk memberikan daya pada lampu LED
 - c. Bahan untuk membuat konduktor listrik seperti kawat tembaga atau kabel jumper

Selain alat dan bahan yang disebutkan di atas, juga bisa ada tambahan alat atau bahan sesuai dengan kebutuhan spesifik dari penelitian ini. Dalam memilih alat dan bahan, perlu mempertimbangkan kualitas, keandalan, serta kesesuaian dengan tujuan penelitian dan kebutuhan desain. Sehingga menghasilkan hasil yang lebih maksimal agar alat yang di buat bisa berjalan sesuai yang dinginkan, serta kualitas dari alat itu sendiri mempunyai nilai yang lebih serta tampilan yang menarik.

Perbedaan utama antara catu daya PWM dan tanpa PWM terletak pada cara pengaturan daya dan intensitas cahaya. Catu daya tanpa PWM memberikan output cahaya yang stabil dan konstan, tetapi kurang efisien dalam penggunaan energi. Sebaliknya, catu daya dengan PWM menawarkan kontrol yang lebih baik terhadap intensitas cahaya dan efisiensi energi, meskipun dapat menyebabkan efek kedip pada frekuensi rendah. Pemilihan antara kedua metode ini harus mempertimbangkan kebutuhan aplikasi spesifik dan preferensi pengguna.

C. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian tersaji dalam diagram alir berikut ini:



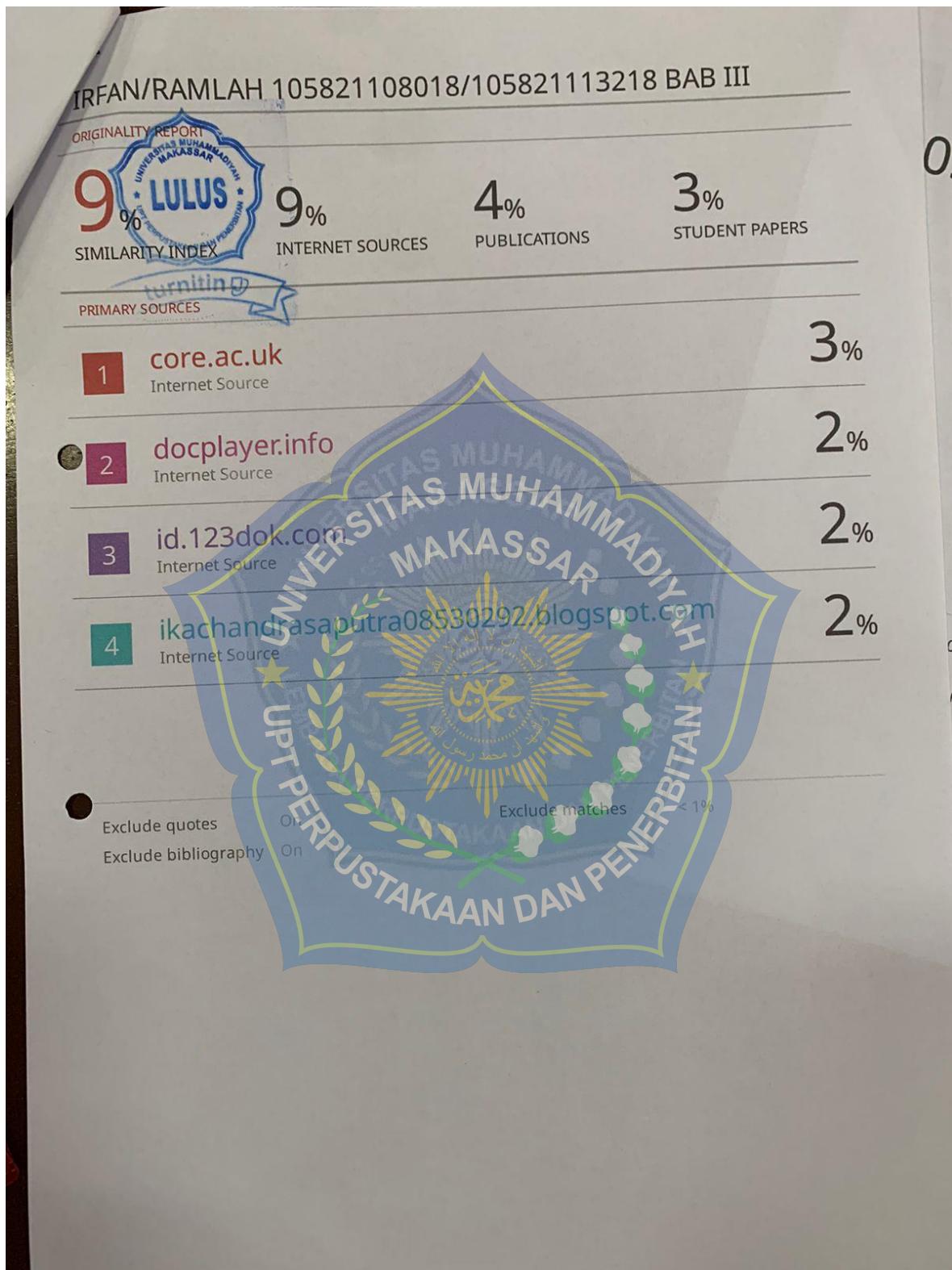
D. Tahap Perancangan

Pada tahap ini, tujuannya adalah sebuah gambaran umum tentang sistem yang akan diimplementasikan beberapa desain agar sistem kontrol ini dapat beroperasi secara optimal.

E. Perancangan Konstruksi

Pada tahapan ini, dilakukan perancangan konstruksi untuk menciptakan suatu sistem yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Dimana dalam hal ini perancangan sistem Intensitas Cahaya Lampu LED Menggunakan Teknik Modulasi Lebar Pulsa (PWM) memiliki tahapan sebagai berikut :

1. Perancangan dan analisa Kebutuhan
2. Perancangan Sistem
 - a. Merancang struktur keseluruhan sistem, termasuk pemilihan mikrokontroler, jenis lampu LED yang akan digunakan, dan komponen elektronik lainnya
 - b. Membuat skema rangkaian elektronik yang mencakup pengaturan PWM untuk mengontrol intensitas cahaya
3. Pemilihan Komponen
 - a. Memilih komponen elektronik seperti resistor, transistor, kapasitor, dan lampu LED dengan spesifikasi yang sesuai dengan desain sistem
 - b. Pemilihan mikrokontroler yang sesuai dengan kebutuhan PWM.
4. Implementasi perangkat keras
 - a. Membangun sirkuit elektronik sesuai dengan perancangan yang telah disiapkan.
 - b. Menyakinkan bahwa hubungan antar komponen elektronik berfungsi dengan baik.
5. Perancangan Perangkat lunak
 - a. Menyusun kode program untuk mikrokontroler yang menerapkan metode PWM guna mengatur intensitas cahaya dari lampu LED.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pendahuluan

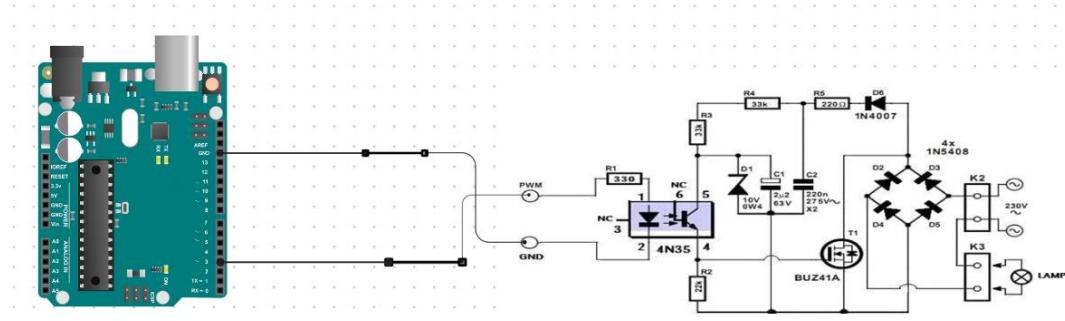
Bab ini menganalisis lampu dengan dan tanpa modulasi lebar pulsa (PWM). Analisis yang dilakukan adalah analisis intensitas cahaya yang dihasilkan lampu dengan pulse width modulation (PWM) serta banyaknya perubahan nilai frekuensi dan duty cycle, kemudian dibandingkan dengan lampu tanpa PWM. cahaya disuplai dengan pemrosesan modulasi lebar pulsa (PWM) dengan memvariasikan nilai siklus kerja dari 10% hingga 50%. Oleh karena itu data yang dianalisis diambil dari frekuensi 2 Hz, 6 Hz, 10 Hz dan 20 Hz.

B. Rangkain Alat dan Percobaan

- ## 1. Rangkaian alat terdiri dari :

- a. Arduino Uno Sebagai Sumber PWM
 - b. Lampu
 - c. Dioda 1N5408, 1N4007
 - d. Kapasitor 275 V
 - e. Resistor : 220, 230, 22, 33 k
 - f. Musfet : BUS41A
 - g. Optpcoupler : 4n35

- ## 2. Prinsik Kerja Skema Rangkaian



Gambar. 4.1 Skema Rangkaian Alat

Berikut ada penjelasan prinsip Kerja Skema rangkaian :

a. Sinyal PWM

Sinyal PWM dikirim melalui pin PWM yang menentukan berapa lama lampu menyala dalam satu siklus. Semakin lama siklus kerja PWM, maka lampu tersebut akan bertahan lebih lama dalam satu siklusnya.

b. Optocoupler (4N35)

Komponen 4N35 merupakan optocoupler yang berfungsi untuk memisahkan sinyal kontrol (sinyal PWM) dari sinyal tegangan tinggi. Sinyal PWM mengaktifkan lampu di optocoupler dan mengaktifkan transistor internal. Hal ini memungkinkan sinyal PWM untuk mengontrol lebih banyak arus daripada bagian lain rangkaian tanpa koneksi langsung.

c. Rangkaian Snubber

Resistor R4, R5 dan kapasitor C2 bertindak sebagai rangkaian snubber untuk melindungi MOSFET T1 dari lonjakan tegangan yang terjadi saat MOSFET dihidupkan. Diode D6 (1N4007) bertindak sebagai tabung pelepasan untuk melindungi rangkaian dari tegangan balik yang dihasilkan oleh beban induktif.

d. MOSFET (BUZ41A)

MOSFET T1 (BUZ41A) adalah transistor daya yang mengontrol arus ke lampu. MOSFET ini dikendalikan oleh output optocoupler 4N35. Ketika optokoppler diberi energi, MOSFET menyalaikan lampu.

e. Penyearah Jembatan (D2 – D5)

Dioda D2, D3, D4 dan D5 membentuk jembatan penyearah yang mengubah tegangan AC dari sumber 230 V menjadi DC, yang digunakan untuk mematikan lampu.

f. Relai (K2 , K3)

Relai K2 dan K3 bertindak sebagai sakelar yang dikendalikan sinyal rangkaian, memungkinkan arus mengalir ke lampu saat MOSFET aktif.

g. Lampu

Lampu dihubungkan ke rangkaian melalui relai dan diberi energi berdasarkan sinyal PWM yang diterima ketika MOSFET diberi energi.

Sinyal PWM dari mikrokontroler atau sumber lain mengontrol apakah MOSFET hidup atau mati melalui optocoupler. Ketika MOSFET aktif, arus mengalir melalui jembatan penyearah ke Lampu, dan berubah sesuai dengan siklus kerja PWM. Sirkuit ini digunakan untuk kontrol pencahayaan dan aplikasi kontrol beban lainnya.

C. Pengujian Alat

Pengujian dilakukan pada daya PWM dengan mengukur tegangan dan arus menggunakan multimeter dan lux meter Untuk mengukur intensitas cahaya lampu pada setiap perubahan frekuensi dan siklus kerja PWM.



Gambar 4.2 Program Arduino Sebelum diatur ke Frekuensi Tertentu





Gambar. 4.3 Pengujian Alat

1. Pengukuran Lampu tanpa PWM

Bola lampu diukur menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan, arus dan daya dan Lampu yang digunakan adalah lampu 5 watt, dan hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Pengukuran Lampu Tanpa PWM pada Terminal Lampu

| Frekuensi (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (Watt) |
|-------------------|-----------------|-------------|----------------|
| 50 | 223 | 0.02 | 4.64 |

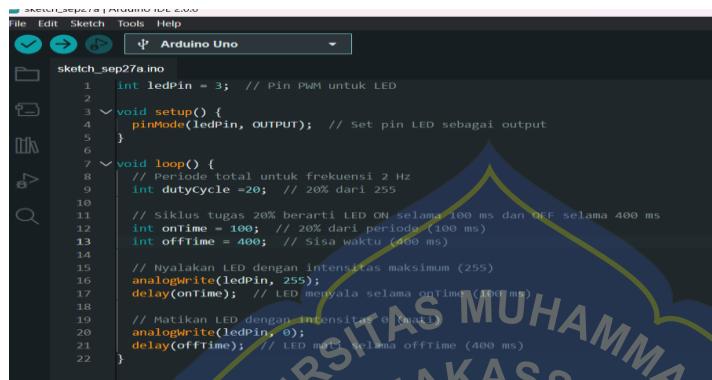
Tabel yang berikan menunjukkan parameter-parameter listrik dan kinerja cahaya untuk sebuah lampu pijar yang bekerja pada frekuensi 50 Hz. Frekuensi listrik yang digunakan adalah 50 Hz. frekuensi 50 Hz adalah standar untuk jaringan listrik, Frekuensi ini menunjukkan jumlah siklus gelombang listrik per detik.

Lampu pijar pada 50 Hz dengan daya 4,64 watt dan tegangan 223 V untuk lampu pijar yang memiliki efisiensi rendah dibandingkan teknologi lampu modern lainnya, namun tetap digunakan untuk aplikasi-aplikasi tertentu

karena alasan biaya rendah atau preferensi warna cahaya lebih jelas pada saat redup dan berkedip.

2. Pengukuran Dengan PWM

a. Pengukuran Pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi *Duty Cycle* 20% hingga 60%



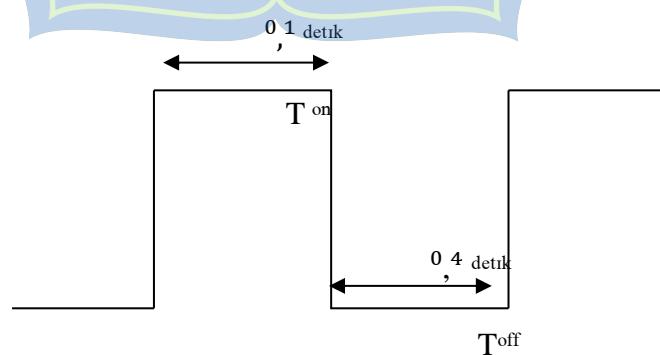
```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_sep27a.ino
1 int ledPin = 3; // Pin PWM untuk LED
2
3 void setup() {
4     pinMode(ledPin, OUTPUT); // Set pin LED sebagai output
5 }
6
7 void loop() {
8     // Periode total untuk frekuensi 2 Hz
9     int dutycycle = 20; // 20% dari 255
10
11    // Siklus tugas 20% berarti LED ON selama 100 ms dan OFF selama 400 ms
12    int ontime = 100; // 20% dari periode (100 ms)
13    int offtime = 400; // Sisa waktu (400 ms)
14
15    // Nyalaikan LED dengan intensitas maksimum (255)
16    analogWrite(ledPin, 255);
17    delay(ontime); // LED menyala selama ontime (100 ms)
18
19    // Matikan LED dengan intensitas 0 (mati)
20    analogWrite(ledPin, 0);
21    delay(offtime); // LED mati selama offtime (400 ms)
22 }

```

Gambar 4.4 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi *Duty Cycle* 20%

Berikut adalah ilustrasi grafik reaksi PWM (Pulse Width Modulation) pada frekuensi 2 Hz dengan duty cycle 20%. Grafik ini menunjukkan pola gelombang persegi di mana bagian "nyala" (on) berlangsung hanya selama 100 ms dari setiap siklus, dan bagian "mati" (off) berlangsung selama 400ms dari siklus



Gambar 4.5 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi *Duty Cycle* 20%

Diskripsi :

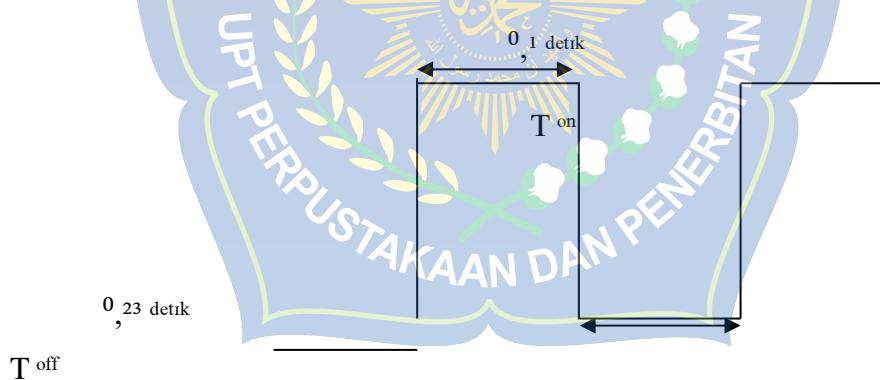
Jika frekuensi berubah dari 50 Hz menjadi 2 Hz dengan siklus kerja 20%, lampu akan menyala selama 100ms setiap siklus dan mati selama 400ms sisanya. Hal ini mempengaruhi arus rata-rata, daya rata-rata, serta kecepatan kedipan dan kecerahan tinggi dan rendah sangat menggagu mata.

```

sketch_sep27a | Arduino IDE 2.0.0
File Edit Sketch Tools Help
sketch_sep27a.ino
1 int ledPin = 3; // Pin PWM untuk LED
2
3 void setup() {
4   pinMode(ledPin, OUTPUT); // Set pin LED sebagai output
5
6 void loop() {
7   // Periode total untuk frekuensi 2 Hz
8   int dutyCycle = 30; // 30% dari 255
9
10  // Siklus tugas 30% berarti LED ON selama 100 ms dan OFF selama 230 ms
11  int onTime = 100; // 20% dari periode (100 ms)
12  int offTime = 230; // Sisa waktu (230 ms)
13
14  // Nyalakan LED dengan intensitas maksimum (255)
15  analogWrite(ledPin, 255);
16  delay(onTime); // LED menyala selama onTime (100 ms)
17
18  // Matikan LED dengan intensitas 0 (mati)
19  analogWrite(ledPin, 0);
20  delay(offTime); // LED mati selama offTime (230 ms)
21
22

```

Gambar 4.6 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi Duty Cycle 30%

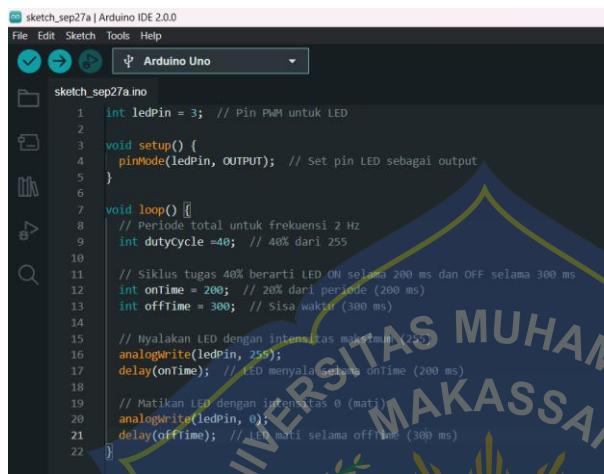


Gambar 4.7 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi Duty Cycle 30%

Diskripsi :

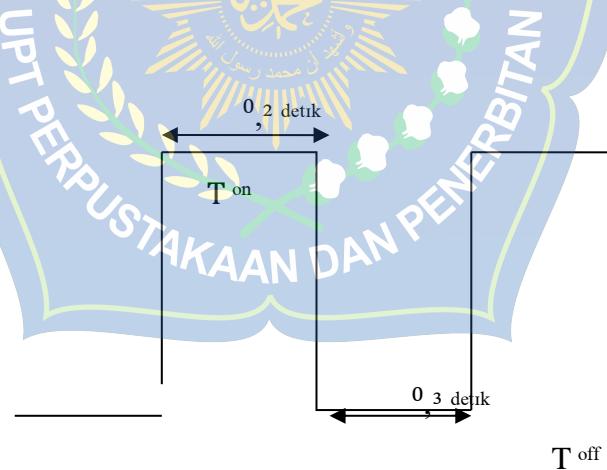
Pada duty cycle 30%, lampu menyala sebesar 30% setiap siklus 2 Hz, intensitas cahayanya lebih tinggi dibandingkan pada duty cycle 20%, namun penurunan masih terjadi karena frekuensi rendah.

Desain respons PWM (Pulse Wide Modulation) pada frekuensi 2 Hz dan siklus kerja 30%. Diagram ini menunjukkan pola gelombang persegi di mana fase "hidup" berlangsung selama 100ms setiap siklus, dan fase "mati" selama 230 ms



sketch_sep27a | Arduino IDE 2.0.0
 File Edit Sketch Tools Help
 Arduino Uno
 sketch_sep27a.ino
 1 int ledPin = 3; // Pin PWM untuk LED
 2
 3 void setup() {
 4 pinMode(ledPin, OUTPUT); // Set pin LED sebagai output
 5 }
 6
 7 void loop() {
 8 // Periode total untuk frekuensi 2 Hz
 9 int dutycycle = 40; // 40% dari 255
 10
 11 // Siklus tugas 40% berarti LED ON selama 200 ms dan OFF selama 300 ms
 12 int ontime = 200; // 20% dari periode (200 ms)
 13 int offtime = 300; // sisa waktu (300 ms)
 14
 15 // Nyalakan LED dengan intensitas maksimum (255)
 16 analogWrite(ledPin, 255);
 17 delay(ontime); // LED menyala selama ontime (200 ms)
 18
 19 // Matikan LED dengan intensitas 0 (mati)
 20 analogWrite(ledPin, 0);
 21 delay(offtime); // LED mati selama offtime (300 ms)
 22 }

Gambar 4.8 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi *Duty Cycle* 40%

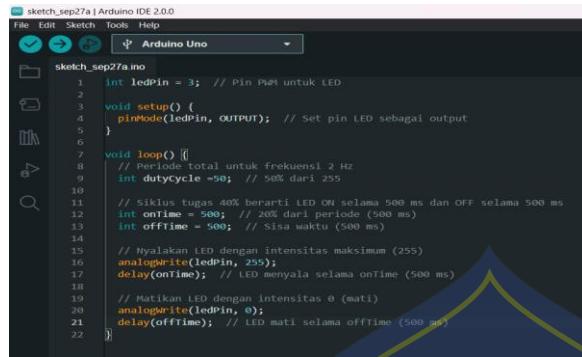


Gambar 4.9 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi *Duty Cycle* 40%

Deskripsi :

Dengan siklus kerja 40%, lampu menyala selama 40% setiap siklus 2 Hz, lampu akan memiliki daya yang lebih besar dibandingkan siklus kerja rendah, namun efek kedipan masih terlihat karena frekuensi rendah.

Desain respons PWM (Pulse Wide Modulation) pada frekuensi 2 Hz dan siklus kerja 40%. Grafik ini menunjukkan pola gelombang persegi dimana fase "i" berlangsung selama 200ms dan off selama 300ms

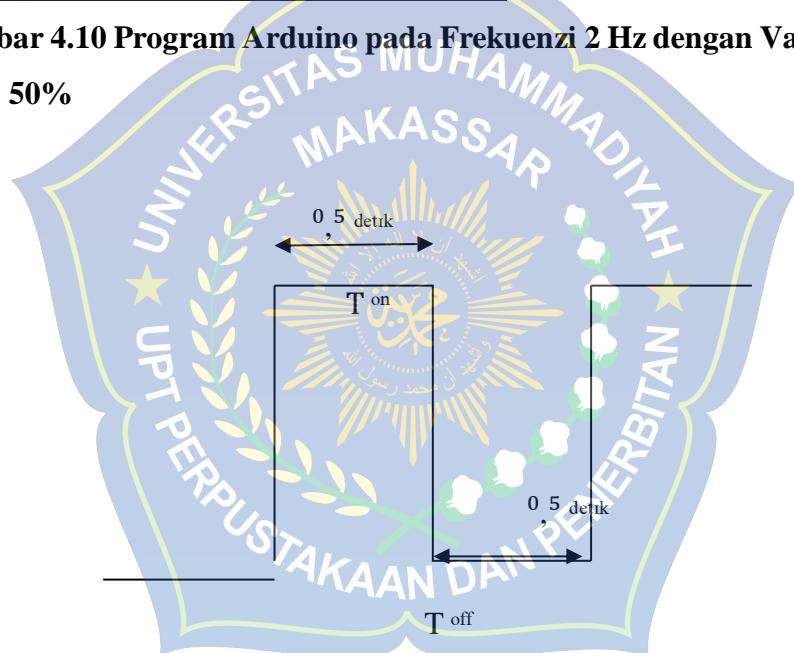


```

sketch_sep27a.ino
1 int ledPin = 3; // Pin Pwm untuk LED
2
3 void setup() {
4     pinMode(ledPin, OUTPUT); // set pin LED sebagai output
5 }
6
7 void loop() {
8     // Periode total untuk frekuensi 2 Hz
9     int dutyCycle = 50; // 50% dari 255
10
11    // Siklus tugas 40% berarti LED ON selama 500 ms dan OFF selama 500 ms
12    int onTime = 500; // 20% dari periode (500 ms)
13    int offTime = 500; // Sisa waktu (500 ms)
14
15    // Nyalakan LED dengan intensitas maksimum (255)
16    analogWrite(ledPin, 255);
17    delay(onTime); // LED menyala selama onTime (500 ms)
18
19    // Matikan LED dengan intensitas 0 (mati)
20    analogWrite(ledPin, 0);
21    delay(offTime); // LED mati selama offTime (500 ms)
22 }

```

Gambar 4.10 Program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi Duty Cycle 50%

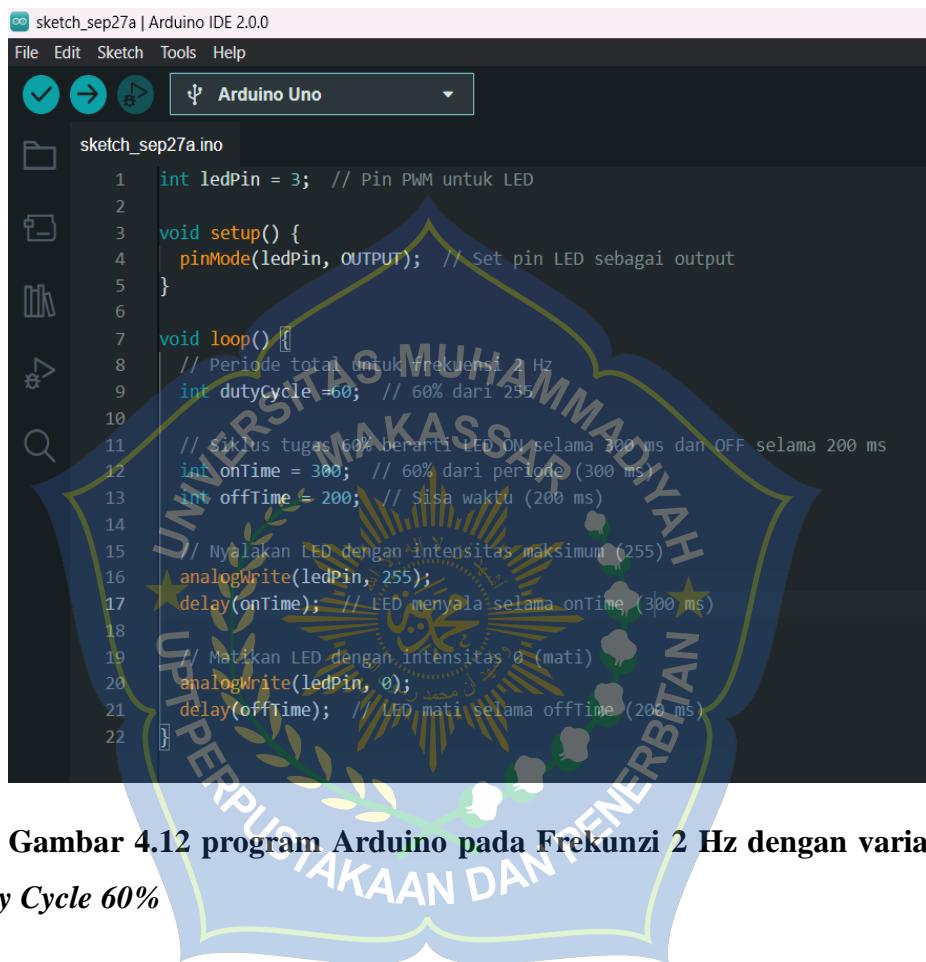


Gambar 4.11 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan Variasi Duty Cycle 50%

Deskripsi :

Jika frekuensi berubah dari 50 Hz menjadi 2 Hz dengan siklus kerja 50%, lampu akan menyala selama 50% setiap siklus dan mati pada 50% sisanya. Hal ini mempengaruhi jumlah waktu rata-rata, daya rata-rata, dan jumlah lumen yang dihasilkan.

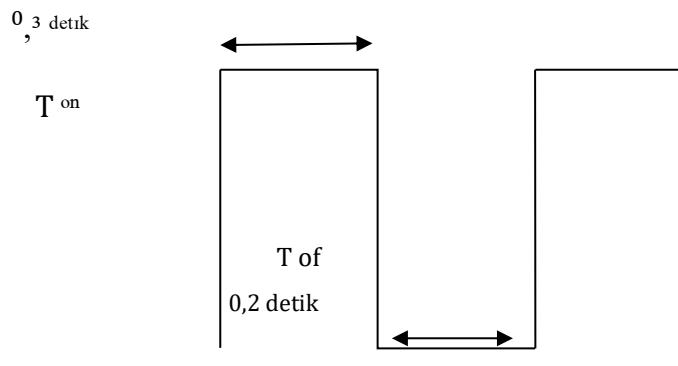
Desain PWM (Pulse Wide Modulation) dengan frekuensi 2 Hz dan duty cycle 50%. Grafik ini menunjukkan gelombang persegi yang berosilasi antara level tinggi (mewakili 230 volt) dan level rendah (141 volt), dengan level tinggi tersisa di 50% periode dan level rendah tersisa di 50%.



Deskripsi :

Jika frekuensi berubah dari 50 Hz menjadi 2 Hz dengan siklus kerja 60%, lampu akan menyala selama 130ms setiap siklus dan mati pada 200ms sisanya. Hal ini mempengaruhi jumlah waktu rata-rata, daya rata-rata, dan jumlah lumen yang dihasilkan.

Desain PWM (Pulse Wide Modulation) dengan frekuensi 2 Hz dan duty cycle 60%. Grafik ini menunjukkan gelombang persegi yang berosilasi antara level tinggi (mewakili 220 volt) dan level rendah (159 volt), ini mengonsumsi daya lebih



Gambar 4.13 Reaksi PWM pada Frekuensi 2 Hz dengan variasi *Duty Cycle* 60%

Pada percobaan ini PWM diatur pada frekuensi 2 Hz dan duty cycle diubah dari 20% hingga 60%, serta diukur tegangan, pada setiap pergantian pekerjaan. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran pada Frekuensi 2 Hz

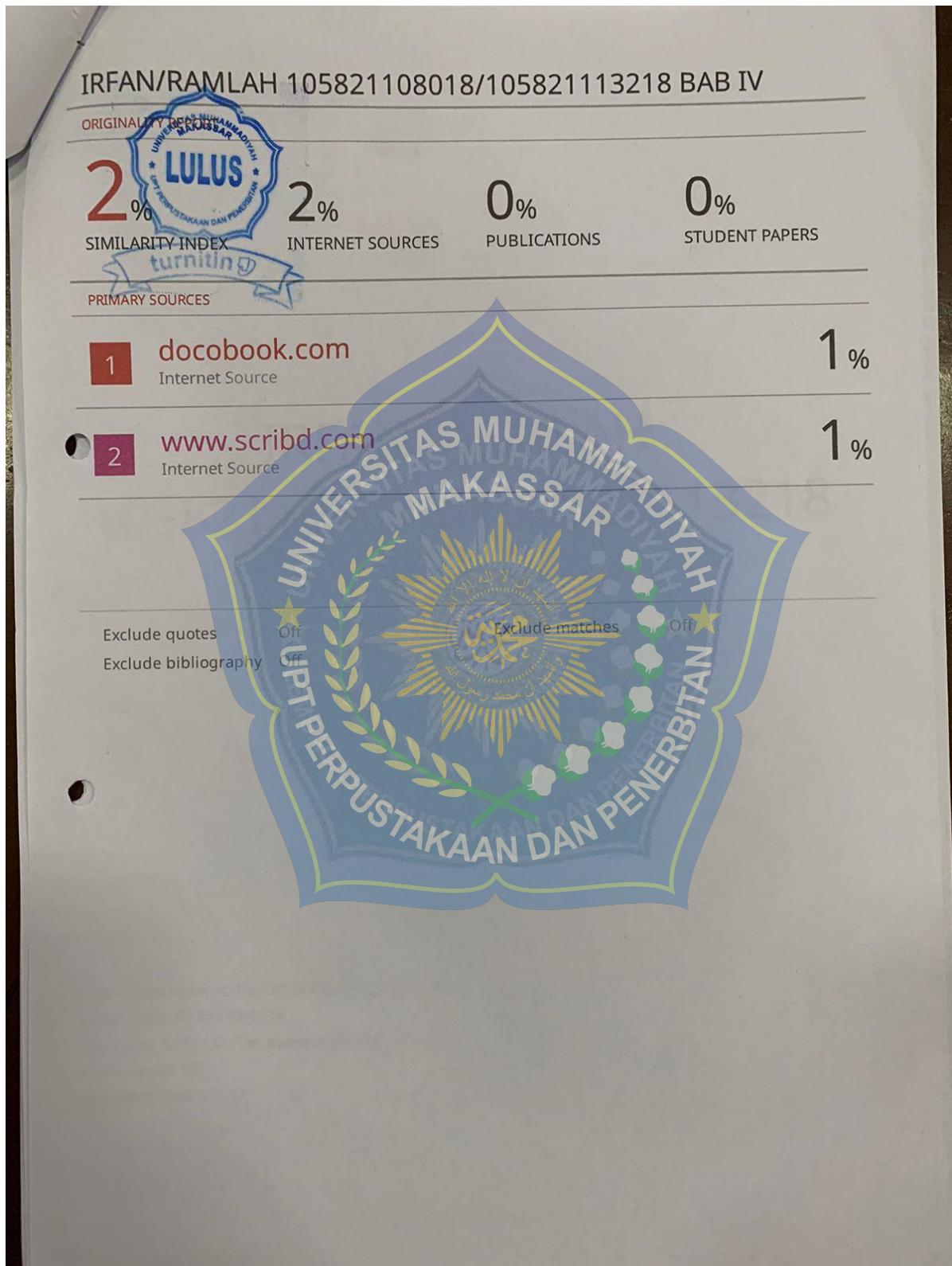
| No | Duty cycle | T_{on} detik | T_{off} detik | Hz | Tegangan (V) |
|----|------------|-------------------|--------------------|---------|--------------|
| 1 | 20% | 0,1 detik | 0,4 detik | 2 Hz | 18.4 |
| 2 | 30% | 0,1 detik | 0,75 detik | 2 Hz | 19.7 |
| 3 | 40% | 0,2 detik | 0,3 detik | 2 Hz | 21.2 |
| 4 | 50% | 0,5 detik | 0,5 detik | 2 Hz | 22.4 |
| 5 | 60% | 0,3 detik | 0,2 detik | 2 Hz | 23.6 |

Analisis :

Ketika siklus kerja meningkat, intensitas cahaya keluaran meningkat. Pada duty cycle 20% dan intensitas tegangan mencapai 193 volt dan rendah mencapai 141 volt , sedangkan pada duty cycle 60% intensitas tegangan mencapai 230 volt dan rendah mencapai 159 volt, Konsumsi daya dan aliran arus meningkat seiring dengan meningkatnya siklus kerja.

Frekuensi rendah (2 Hz) menyebabkan lampu berkedip dengan kecepatan yang dapat mengganggu, terutama pada siklus kerja kecil. Misalnya, pada siklus kerja 20%, sehingga tidak cocok untuk aplikasi pencahayaan normal.

- a. Intensitas Cahaya
 - Tanpa PWM : Intensitas cahaya tampak stabil dan stabil, memberikan penerangan seragam tanpa berkedip. Ini sempurna untuk penerangan umum di mana cahaya diperlukan.
 - Dengan PWM : Intensitas cahaya bervariasi tergantung pada siklus kerja. Pada perubahan performa rendah, cahaya akan menjadi kurang kuat, tampak kusam, dan mungkin mengganggu pengguna. Namun, dengan siklus kerja yang lebih tinggi, daya lampu meningkat secara signifikan
- b. Efisiensi Energi
 - Tanpa PWM : Efisiensi energi cenderung lebih rendah karena lampu beroperasi pada daya penuh secara terus-menerus, meskipun tidak selalu diperlukan. Ini dapat menyebabkan pemborosan energi, terutama jika lampu tidak memerlukan output cahaya maksimum.
 - Dengan PWM : Menggunakan PWM membuat manajemen daya lebih efisien. Dengan menyesuaikan siklus kerja, energi hanya dikonsumsi saat dibutuhkan, dan konsumsi energi secara keseluruhan dapat dikurangi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan pulse width modulation (PWM) akan berpengaruh signifikan terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan lampu. Dengan mengubah siklus kerja dari 20% menjadi 50% pada frekuensi berbeda (2 Hz), ditemukan bahwa peningkatan siklus kerja meningkatkan tegangan, arus, dan pelepasan resmi Komponen seperti optocoupler dan rangkaian snubber berperan penting dalam melindungi rangkaian dari fluktuasi tegangan dan memastikan pengoperasian yang stabil. Perbedaan utama antara catu daya PWM dan tanpa PWM terletak pada cara pengaturan daya dan intensitas cahaya. Catu daya tanpa PWM memberikan output cahaya yang stabil dan konstan, tetapi kurang efisien dalam penggunaan energi. Sebaliknya, catu daya dengan PWM menawarkan kontrol yang lebih baik terhadap intensitas cahaya dan efisiensi energi, meskipun dapat menyebabkan efek kedip pada frekuensi rendah.

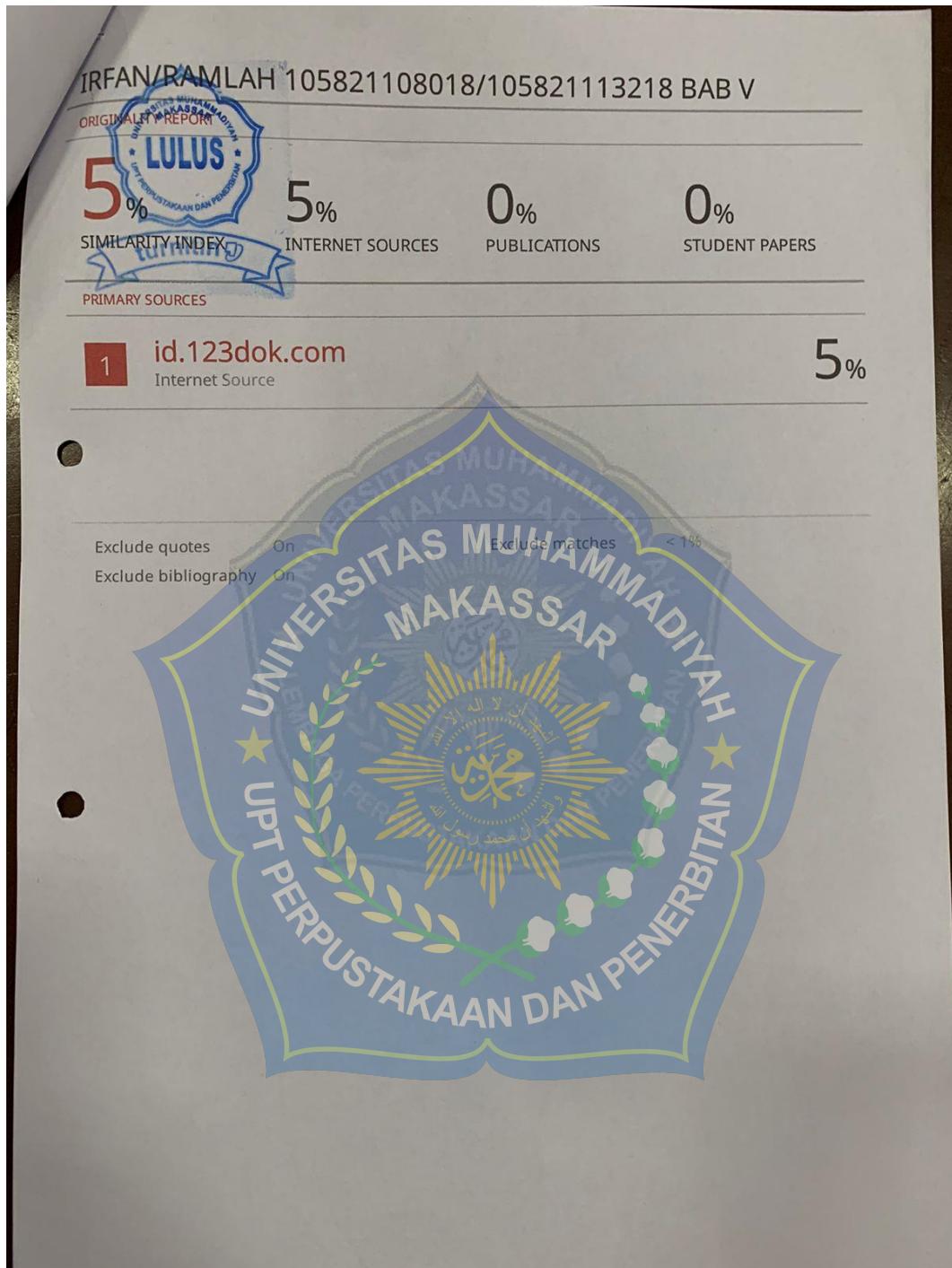
B. Saran

1. Penelitian lebih lanjut dengan rentang frekuensi dan siklus kerja yang lebih luas serta penggunaan jenis lampu yang berbeda direkomendasikan untuk menyelidiki potensi peningkatan efisiensi daya.
2. Sebelum mengimplementasikan PWM pada suatu sistem penerangan, perlu dilakukan analisis mendalam untuk memahami perubahan frekuensi dan duty cycle apa saja yang mempengaruhi kinerja sistem. pengaturan yang paling sesuai untuk penggunaan, untuk mengurangi intensitas cahaya atau menghemat energi tanpa mengurangi kinerja lampu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Azim, MS (2018) Perancangan sistem kendali otomatis rumah pintar berbasis Android menggunakan teknologi WIFI (ESP8266) dan Arduino UNO. Perpustakaan Digital STMIK *GICI Audia*, (2020).
- [2]. Lampu, Bola Lampu, Neon, Perbedaan, Kegunaan, Kelebihan dan Kekurangan. Jurnal Universitas Bainas. Jilid 3, No. 4, halaman 34-36. A., *Sara, ID, Siregar, R. H* (2017).
- [3]. Prototipe penggunaan panel surya sebagai sumber energi untuk sistem otomasi stadion sepak bola. Jurnal Penelitian Sains Teknik Elektro, 2(1). *Marinas, F., Yurianti, B., Harianti, M.* (2020).
- [4]. Merancang dan membangun sistem penyiraman tanaman berbasis waktu untuk tanaman tomat menggunakan RTC berbasis Arduino Uno. Jurnal Teknik Industri, 9(1). *Mira, Hari, Ali, Kemahiran, Eldin.* 2021.
- [5]. Pengendalian pertumbuhan bunga krisan potong pada prototype rumah kaca menggunakan cahaya. Jilid 19, No.1, hal.64-71. *Mulyadi, CD* (2020).
- [6]. Perancangan kendali lampu menggunakan Arduino Uno berbasis dimmer. Tekno-Sosio-Ekonomi, 12(1), 5-13. *Kansha Isfaraini Fournien, G.T., Effendi, A.* (2017).
- [7]. Jurnal Ilmu Pendidikan Kejuruan dan Teknik (JIPTEK). Jurnal Ilmu Pendidikan Kejuruan dan Teknik X(2). *ヲトヲ, L.A.&ハキム, A. R.*(2018).

- [8]. Kontrol pencahayaan cerdas rumah pintar berbasis Android menggunakan metode kontrol logika fuzzy.CSRID (Jurnal Penelitian Ilmu Komputer dan Perkembangannya), 10(1), 9.*Robbie, Denda, Ali.*2017.
- [9]. Sistem pengendalian iklim inkubator ayam broiler umur sehari (DOC) tahap starter untuk anak ayam umur 1-15 hari dengan menggunakan metode logika fuzzy.VOLUME 04, Edisi 2, halaman 35-42. *Loyan, Lukman,A.*(2015).
- [10]. Aplikasi Motor DC Shunt untuk Shaker Laboratorium Menggunakan Skema PWM (Pulse Wide Modulation) Berbasis Mikrokontroler Atmega 32, 8(1) *S. Fuada, T. Adiono T, A.P.Putra, Y. Aska,*
- [11]. Desain driver untuk penerangan dalam ruangan dan transmisi data kecepatan rendah”, Optik-Int. J. untuk Optik Cahaya dan Elektron, Vol. org /10.1016/j.ijleo.2017.11.180. Terakhir diakses: 09:28 WITA Winardi, S.,Kamisutara, M. (2016



LAMPIRAN

