

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

Irfan¹, Ramlah², Abdul Hafid³, Suryani⁴, Rossy Timur Wahyuningsih⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

e-mail : ippangefendii@gmail.com, ramlahhss09@gmail.com, abdul.hafid@unismuh.ac.id

, suryani_basri@unismuh.ac.id, rossywhyuningsih@gmail.com

Abstract : *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, 6 Hz, 10 Hz, and 20 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.

Intisari : 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, 6 Hz, 10 Hz, dan 20 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.

Intisari : Intensitas lampu LED, PWM pulse width modulation

I. PENDAHULUAN

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.

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.

.Maka ada 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.

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

II. TINJAUAN PUSTAKA

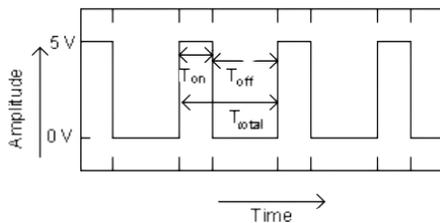
A. PWM (Pulse Width Modulation)

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.

1. Prinsip Dasar PMW

PWM, diperoleh melalui penggunaan gelombang kotak di mana siklus kerja

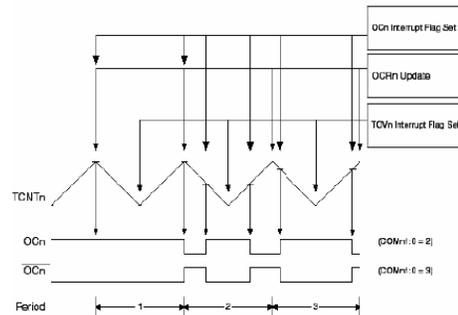


(duty cycle) gelombang dapat dimodifikasi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang beragam, yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut.

Gambar 2.1 Bentuk gelombang kotak (pulsa) dengan kondisi *high* 5V dan *low* 0V

2. PWM mode *phase correct*

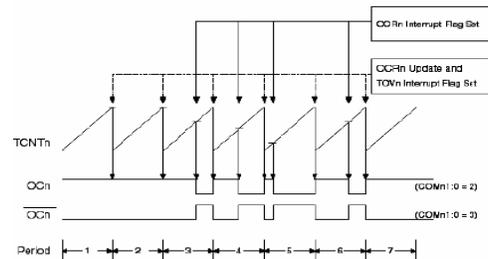
PWM mode *phase correct* dapat dihasilkan, di mana nilai register counter TCNTx yang terus-menerus menghitung naik dan turun akan selalu dibandingkan dengan register OCRx. Hasil dari perbandingan antara register TCNTx dan OCRx digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM yang kemudian dikeluarkan melalui pin Ocx, seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 2.2 PWM mode *phase correct*

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.



Gambar 2.3 PWM mode *fast*

B. Lampu LED

LED, singkatan dari Light Emitting Diode, adalah sebuah komponen elektronika yang mampu menghasilkan cahaya monokromatik saat diberikan tegangan maju.

LED yang ditunjukkan dalam Gambar 2.4 memiliki bentuk mirip dengan bohlam kecil yang dapat dengan mudah dipasang ke berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan lampu pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menghasilkan

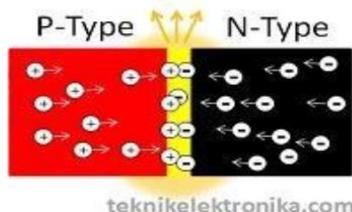
panas secara signifikan dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED dengan ukuran kecilnya telah menjadi pilihan utama sebagai lampu penerangan dalam LCD TV, menggantikan lampu tabung yang sebelumnya digunakan.



Gambar 2.4. Bentuk Led beserta simbol (<https://tinyurl.com/yyov6n2n>)

1. Prinsip Kerja LED

LED yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5 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).



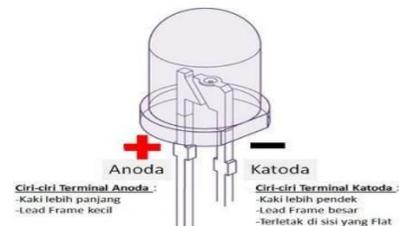
Tabel 2.1 Tegangan Maju

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

Gambar 2.5. Junction P dan N

2. Polaritas LED

Untuk menentukan polaritas terminal Anoda (+) dan Katoda (-) pada LED, kita dapat mengamati secara fisik seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas 2.6. Karakteristik terminal Anoda pada LED meliputi kaki yang lebih panjang dan Lead Frame yang lebih kecil. Sementara itu, karakteristik terminal Katoda mencakup kaki yang lebih pendek dengan Lead Frame yang lebih besar dan terletak di sisi yang datar.



Gambar 2.6 Polaritas LED

3. 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.

4. 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.

5. 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.



Gambar 2.7 ARDUINO UNO

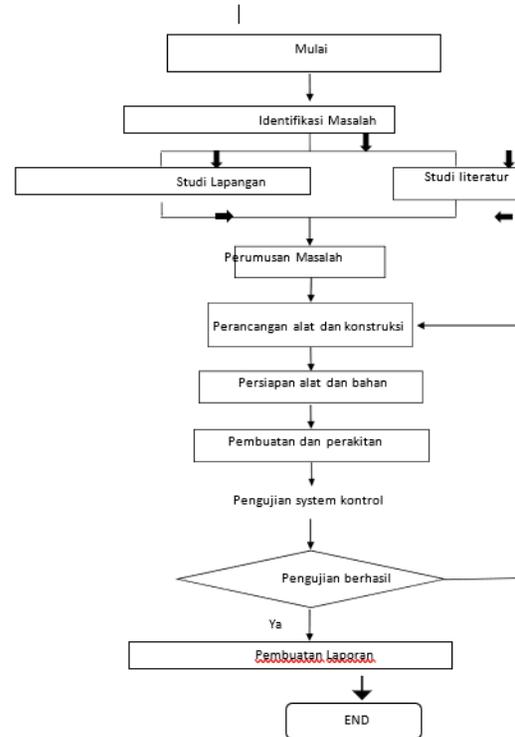
III. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian tersaji sebagai berikut ini:

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.



b. Melaksanakan pengujian dan proses debugging guna memverifikasi bahwa program beroperasi dengan tepat.

6. Pengujian dan Evaluasi

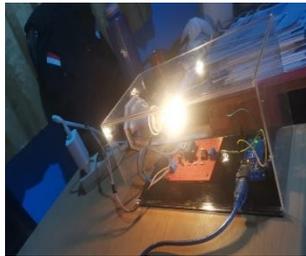
a. Menjalankan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi respons sistem terhadap variasi intensitas cahaya yang diminta.

b. Menilai efisiensi energi dan keandalan sistem melalui pengukuran yang sesuai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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.



1, Rangkaian alat terdiri dari :

Arduino Uno
Sebagai Sumber PWM

Lampu

Dioda 1N5408, 1N4007

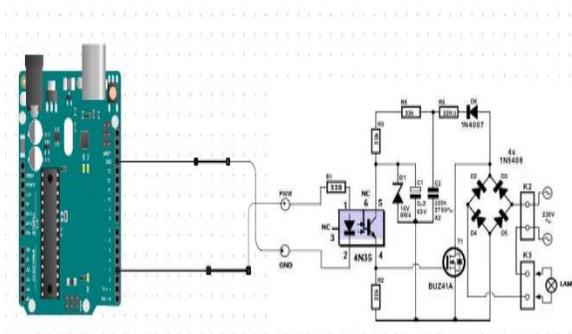
Kapasitor 275 V

Resistor : 220, 230, 22, 33 k

Musfet : BUS41A

Optpcoupler : 4n35

2, Prinsip Kerja Skema Rangkaian



Gambar 4.1. skema rangkaian alat

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.

3, Pengujian alat

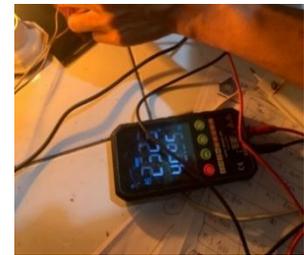
Pengujian dilakukan pada daya PWM dengan mengukur tegangan dan arus menggunakan multimeter.

Gambar.

4.2

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

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

Tabel 4.1 Pengukuran Lampu Tanpa PWM pada Terminal Lampu

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.

Pengukuran lampu dengan PWM

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 :

No	Duty cycle	Ton	toff	Hz	Tegangan (V)
1	20%	0,1 detik	0,4 detik	2 Hz	18.4
2	30%	0,1 detik	0,35 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

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran pada Frekuensi 2 Hz

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

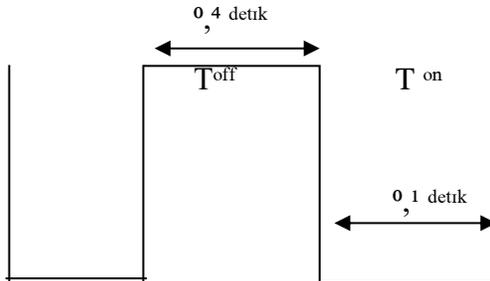
Tanpa PWM : Efisiensi energi cenderung lebih rendah karena lampu beroperasi pada daya penuh secara terus-menerus, meskipun tidak selalu diperlukan. Ini dapat menyebabkan pemborosan energi, terutama jika lampu tidak memerlukan output cahaya maksimum.

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. Meskipun terjadi peningkatan daya dan arus serta siklus kerja yang lebih tinggi, output lumen per watt tetap sama.

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.

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

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.

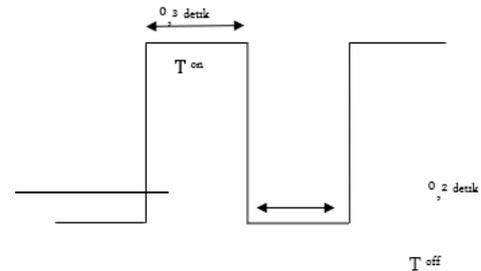
```

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  // Nyalakan 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%

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 tinggi



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.

```

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 = 60; // 60% dari 255
10
11  // Siklus tugas 60% berarti LED ON selama 300 ms dan OFF selama 200 ms
12  int onTime = 300; // 60% dari periode (300 ms)
13  int offTime = 200; // Sisa waktu (200 ms)
14
15  // Nyalakan LED dengan intensitas maksimum (255)
16  analogWrite(ledPin, 255);
17  delay(onTime); // LED menyala selama onTime (300 ms)
18
19  // Matikan LED dengan intensitas 0 (mati)
20  analogWrite(ledPin, 0);
21  delay(offTime); // LED mati selama offTime (200 ms)
22 }
    
```

Gambar 4.5 program Arduino pada Frekuensi 2 Hz dengan variasi *Duty Cycle* 60%

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.

V. KESIMPULAN

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, 6 Hz, 10 Hz, dan 20 Hz), ditemukan bahwa peningkatan siklus kerja meningkatkan tegangan, arus, dan pelepasan resmi. Serta memberikan kontribusi dalam pengembangan solusi pencahayaan yang efisien dan hemat energi, dengan memanfaatkan teknologi PWM pada lampu. Intensitas cahaya pada (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.

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 Binas. Jilid 3, No. 4, halaman 34-36. A., Sara, ID, Siregar, R. H (2017).
- [3]. Prototipe penggunaan panel surya sebagai sumber energi untuk sistem otomatis 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). プトラ, 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]. pengontrol nirkabel untuk peredupan yang menggunakan mikrokontroler PWM (modulasi lebar pulsa). Prosiding Fakultas Teknik SNST, .Kamisutara, M. (2016).

<https://www.instructables.com/safe-and-simple-AC-PWM-Dimmer-for-arduino-Raspberr/>

[https://Teknikelektronika.Com/Pengertian-Pwm-Pulse-Width-Modulation-AtauModulasi - Lebar Impuls](https://Teknikelektronika.Com/Pengertian-Pwm-Pulse-Width-Modulation-AtauModulasi-LebarImpuls)