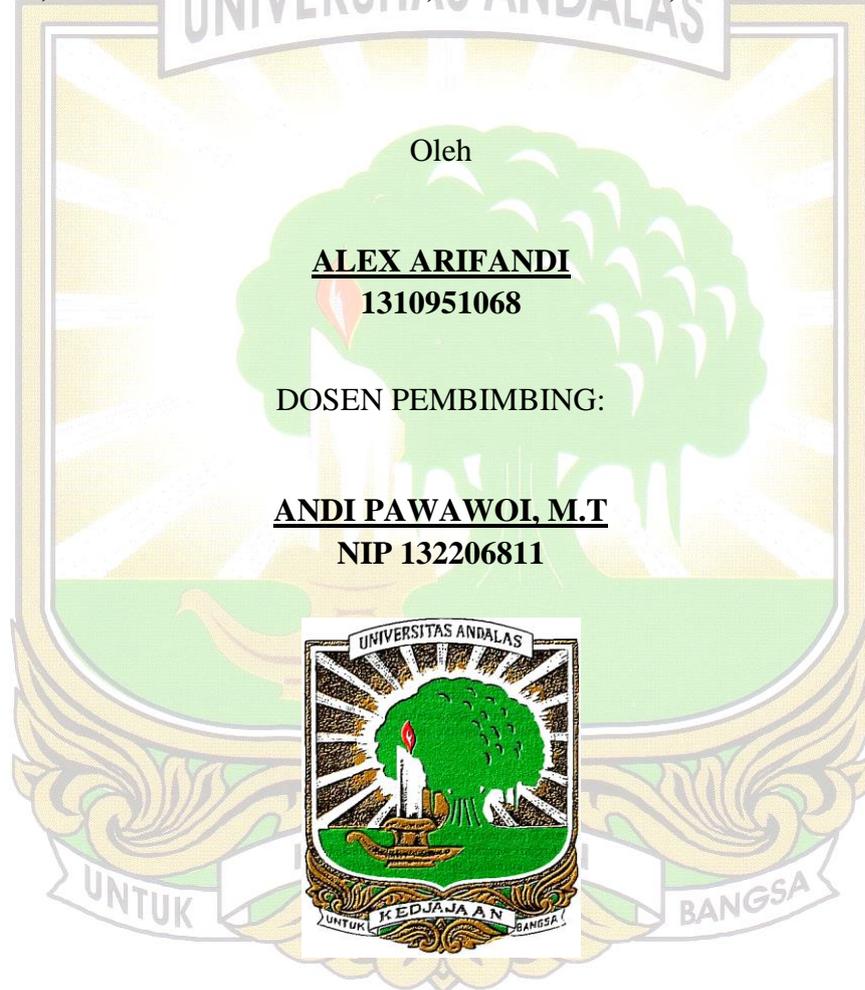


STUDI PENGGUNAAN CATU DAYA METODE PWM (*PULSE WIDTH MODULATION*) 2 PULSA BERBEDA 180° PADA LAMPU LED (*LIGHT EMITTING DIODE*)

TUGAS AKHIR

Karya Ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2019**

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir

Studi Penggunaan Catu Daya Metode PWM(Pulse Width Modulation) 2
Pulsa Berbeda 180° Pada Lampu LED(Light Emitting Diode)

Oleh

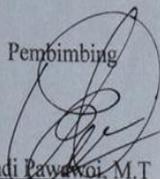
Alex Arifandi

1310951068

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Andalas

Disetujui pada Tanggal : 23 – 01 – 2019

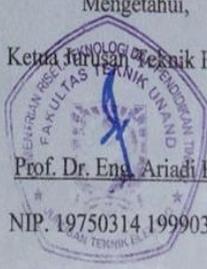
Pembimbing


Andi Pawarwoi, M.T

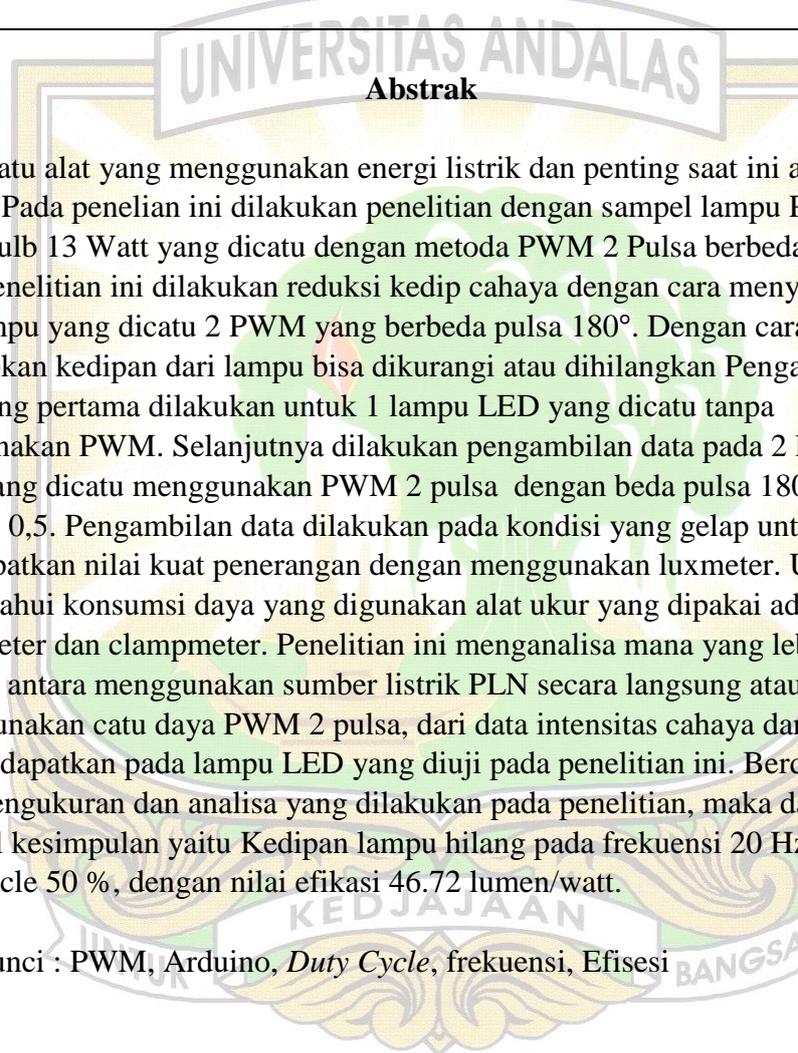
NIP 132206811

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro


Prof. Dr. Eng. Ariadi Hazmi

NIP. 19750314.199903 1 009

Judul	Studi Penggunaan Catu Daya Metode PWM (Pulse Width Modulation) 2 Pulsa Berbeda 180° pada Lampu LED (Light Emitting Diode)	Alex Arifandi
Program Studi	Teknik Elektro	1310951068
Fakultas Teknik		
Universitas Andalas		
 <p style="text-align: center;">Abstrak</p> <p>Salah satu alat yang menggunakan energi listrik dan penting saat ini adalah lampu. Pada penelitian ini dilakukan penelitian dengan sampel lampu Phillips LED Bulb 13 Watt yang dicatu dengan metoda PWM 2 Pulsa berbeda 180°. Pada penelitian ini dilakukan reduksi kedip cahaya dengan cara menyandingkan dua lampu yang dicatu 2 PWM yang berbeda pulsa 180°. Dengan cara ini diharapkan kedipan dari lampu bisa dikurangi atau dihilangkan. Pengambilan data yang pertama dilakukan untuk 1 lampu LED yang dicatu tanpa menggunakan PWM. Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada 2 lampu LED yang dicatu menggunakan PWM 2 pulsa dengan beda pulsa 180°, <i>duty cycle</i> < 0,5. Pengambilan data dilakukan pada kondisi yang gelap untuk mendapatkan nilai kuat penerangan dengan menggunakan luxmeter. Untuk mengetahui konsumsi daya yang digunakan alat ukur yang dipakai adalah multimeter dan clampmeter. Penelitian ini menganalisa mana yang lebih baik metoda antara menggunakan sumber listrik PLN secara langsung atau menggunakan catu daya PWM 2 pulsa, dari data intensitas cahaya dan daya yang didapatkan pada lampu LED yang diuji pada penelitian ini. Berdasarkan hasil pengukuran dan analisa yang dilakukan pada penelitian, maka dapat diambil kesimpulan yaitu Kedipan lampu hilang pada frekuensi 20 Hz dengan <i>duty cycle</i> 50 %, dengan nilai efikasi 46.72 lumen/watt.</p> <p>Kata kunci : PWM, Arduino, <i>Duty Cycle</i>, frekuensi, Efisiensi</p>		

Title	Study of Power Supply Usage By PWM Method 2 Pulse 180° Difference on LED Lamps	Alex Arifandi
Mayor	Electrical Engineering	1310951068

Engineering Faculty

Andalas University



Electrical energy currently plays an important role in the development of technology, so that the need for electrical energy increases. However, the sources for producing electricity are limited in number, so efficiency is needed in the use of electricity. One tool that uses electrical energy and is important now is lights. In this study a study was conducted with a sample of 13 Watt LED Bulb LED lights which were supplied by the PWM 2 Pulse method of 180 °. In this study the light blink reduction will be done by juxtaposing two lights which are supplied by 2 PWM with different pulses of 180 °. In this way, it is expected that the flashing of the lamp can be reduced or eliminated. The first data collection is carried out for 1 LED light that is supplied without using PWM. Then data collection is carried out on 2 LED lights that are supplied using PWM 2 pulses with a pulse difference of 180 °, duty cycle <0.5. Data retrieval is carried out in dark conditions to obtain a strong lighting value using luxmeter. To find out the power consumption used by measuring instruments used are multimeters and clampmeter. This study analyzes which method is better between using a PLN power source directly or using PWM 2 pulse power supply, from the data of light intensity and power obtained at the LED lights tested in this study. Based on the results of measurements and analysis carried out on the research, it can be concluded that the lamp flicker is lost at a frequency of 20 Hz with a 50% duty cycle, with efikasi value 46.72 lumen/watt.

Keywords : PWM, Arduino, *Duty Cycle*, frequency, effice

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'alamin, berkat rahmat ALLAH SWT yang telah memberikan segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Shalawat dan salam tak lupa dikirimkan kepada nabi besar Muhammad SAW yang telah berjasa membuka jalan dalam perkembangan ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar sarjana Strata Satu pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Studi Penggunaan Catu Daya Metode PWM(Pulse Width Modulation) 2 Pulsa Berbeda 180° Pada Lampu LED(Light Emitting Diode)“**. Selama proses tugas akhir ini hingga tersusunnya laporan ini, penulis banyak mendapatkan dorongan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

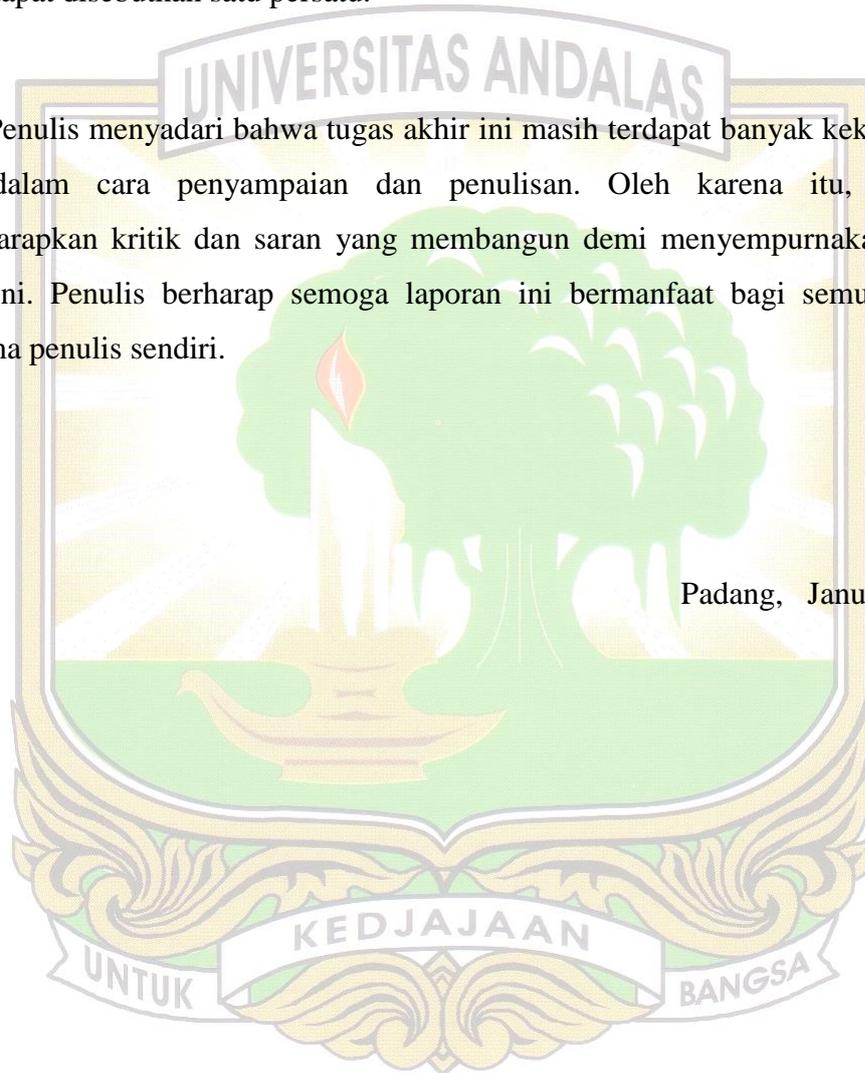
1. Kedua orang tua, untuk papa dan mama yang selalu mendoakan dan selalu menjadi penyemangat untuk tetap berjuang sampai akhir. Terima kasih atas bantuan doa, moril, pengertian serta semangat dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis.
2. Untuk kedua kakak yang selalu menjadi penyemangat untuk penulis supaya menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Eng Ariadi Hazmi, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang.
4. Bapak Andi Pawawoi, M.T selaku pembimbing yang telah banyak memberikan nasehat, arahan serta bimbingan selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Fathia Farhani yang selalu mendampingi penulis dalam penelitian.

6. Teman-teman seperjuangan THYRISTOR 13 atas kerja sama, motivasi serta dukungan yang diberikan kepada penulis.
7. Uda Rico Afrinando, S.T, Marsa Yutas, S,T dan Kalputra Hadi yang membantu penulis dalam perancangan alat.
8. Kepada uda-uni HMTE FT-UNAND yang selalu memotivasi penulis.
9. Adik-adik ARDUINO 15 yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dalam cara penyampaian dan penulisan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi menyempurnakan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak terutama penulis sendiri.

Padang, Januari 2019

Penulis



DAFTAR ISI

Abstrak	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
Lampiran A <i>Listing Program Arduino Uno</i>	xi
Lampiran B <i>Data Sheet Arduino Uno</i>	xi
BAB I Pendahuluan	12
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Perumusan Masalah.....	13
1.3 Tujuan Penelitian.....	13
1.4 Batasan Masalah.....	13
1.5 Manfaat Penelitian.....	13
BAB II Tinjauan Pustaka	14
2.1 LED	14
2.2 PWM (Pulse Width Modulation)	16
2.3 Cahaya	17
2.3.1 Fotometri.....	18
2.3.2 Intensitas Cahaya (I) dan Fluks Cahaya (Φ).....	18
2.3.3 Iluminansi Cahaya	18
2.4 Arduino.....	19
2.4.1 Jenis-Jenis Arduino.....	20
2.1.1 Bagian-Bagian Papan Arduino.....	23
2.4.3 Software Arduino	24
BAB III Bahan dan Metode	26
3.1 Jenis penelitian	26
3.2 Sampel Penelitian	26
3.3 Desain Penelitian	26

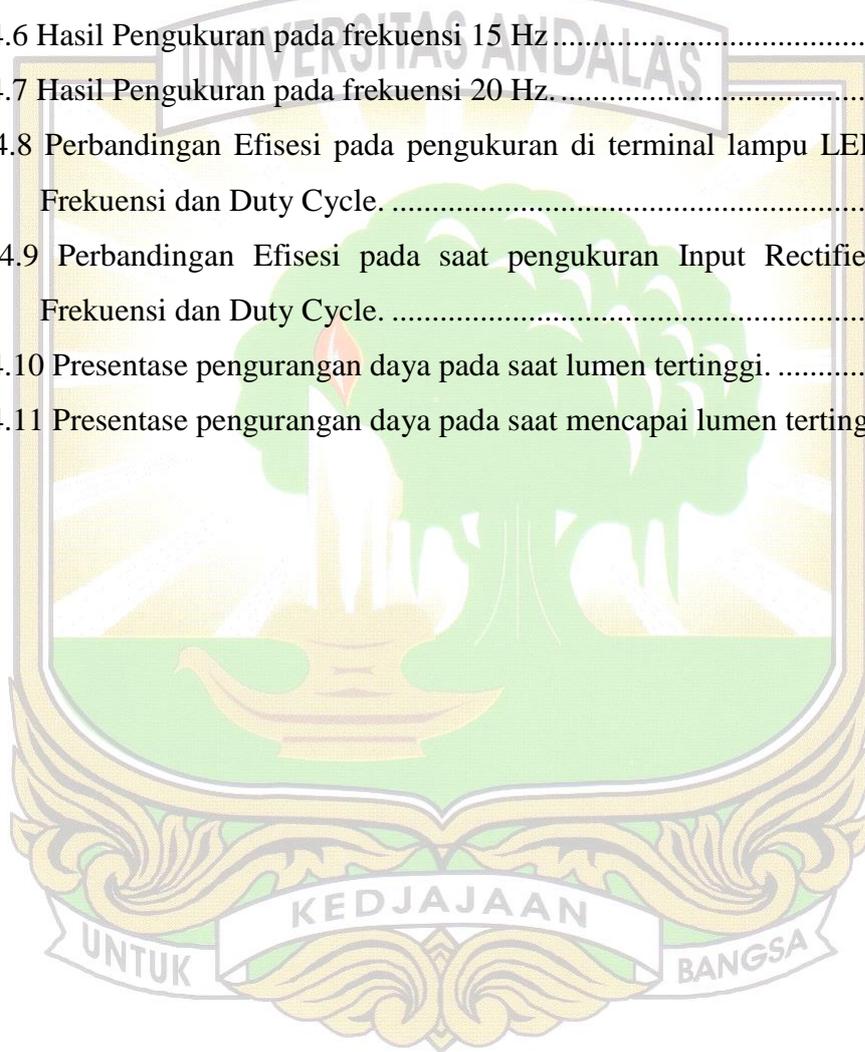
3.3.1 Studi Pustaka.....	27
3.3.2 Desain Alat	27
3.3.3 Pembuatan Alat.....	29
3.3.4 Pengujian Alat.....	29
3.3.5 Pengambilan Data	29
3.3.6 Analisa	29
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	30
4.1 Pendahuluan	30
4.2 Rangkaian Alat dan Percobaan.....	30
4.3 Pengujian Alat	31
4.3.1 Pengukuran lampu LED tanpa PWM.....	32
4.3.2 Pengukuran pada frekuensi 2 Hz dengan variasi <i>dutycycle</i> 10% - 50%	32
4.3.3 Pengukuran pada frekuensi 6 Hz dengan variasi <i>dutycycle</i> 10% - 50%	33
4.3.4 Pengukuran pada frekuensi 10 Hz dengan variasi <i>dutycycle</i> 10% - 50%	34
4.3.5 Pengukuran pada frekuensi 15 Hz dengan variasi <i>dutycycle</i> 10% - 50%	34
4.3.6 Pengukuran pada frekuensi 20 Hz dengan variasi <i>dutycycle</i> 10% - 50%	35
4.4 Perbandingan Lampu Light Emitting Diode yang dicatu Pulse Width Modulation (PWM) dan tanpa Pulse Width Modulation (PWM).....	36
4.4.1 Perbandingan Efisiensi pada setiap frekuensi dan <i>dutycycle</i>	37
4.4.2 Pengurangan daya pada saat intensitas cahaya mendekati kondisi normal (tanpa PWM)	41
Bab V Kesimpulan dan Saran.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
Lampiran A Listing Program Arduino Uno	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol dan Bentuk LED	14
Gambar 2.2 Perpindahan elektron pada sebuah LED.	15
Gambar 2.3 driver LED Bulb Philips.....	15
Gambar 2.4 Gelombang PWM.....	16
Gambar 2.5 Pengukuran Intensitas Cahaya	19
Gambar 2.6 Luxmeter	19
Gambar 2.7 Blok Diagram Arduino.....	22
Gambar 2.8 Arduino USB.....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Skema rangkaian alat	27
Gambar 3.3 Program PWM pada Arduino.....	28
Gambar 4.1 Skema Rangkaian Alat.....	31
Gambar 4.2 Pengujian Alat.....	31
Gambar 4.3 Grafik nilai Daya dan frekuensi	36
Gambar 4.4 Grafik nilai Lumen dan frekuensi	37
Gambar 4.5 Grafik nilai efisesi terhadap variasi <i>dutycycle</i> saat pengukuran di terminal Lampu LED.	38
Gambar 4.6 Grafik nilai efisesi terhadap variasi frekuensi saat pengukuran di terminal Lampu LED.	39
Gambar 4.7 Grafik nilai efisesi terhadap variasi frekuensi saat pengukuran pada Input Rectifier.	40
Gambar 4.8 Grafik nilai efisesi pada variasi <i>dutycycle</i> saat pengukuran pada input Rectifier.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengukuran Lampu LED Tanpa PWM pada Input Ballast.....	32
Tabel 4.2 Pengukuran Lampu LED Tanpa PWM pada Terminal Lampu LED....	32
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pada terminal lampu LED saat frekuensi 2 Hz.....	32
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran pada frekuensi 6 Hz	33
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran pada frekuensi 10 Hz	34
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran pada frekuensi 15 Hz	34
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran pada frekuensi 20 Hz.....	35
Tabel 4.8 Perbandingan Efisiensi pada pengukuran di terminal lampu LED setiap Frekuensi dan Duty Cycle.	37
Tabel 4.9 Perbandingan Efisiensi pada saat pengukuran Input Rectifier setiap Frekuensi dan Duty Cycle.	39
Tabel 4.10 Presentase pengurangan daya pada saat lumen tertinggi.	41
Tabel 4.11 Presentase pengurangan daya pada saat mencapai lumen tertinggi.	42



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A *Listing Program Arduino Uno*

Lampiran B *Data Sheet Arduino Uno*



BAB I Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Energi listrik saat ini memegang peranan penting dalam perkembangan teknologi, sehingga kebutuhan akan energi listrik meningkat. Namun, sumber untuk menghasilkan energi listrik jumlahnya terbatas, sehingga dibutuhkan efisiensi dalam penggunaan energi listrik tersebut. Salah satu alat yang menggunakan energi listrik dan penting saat ini adalah lampu.

. Pengembangan lampu LED dimulai pada tahun 1960-an dengan hasil lampu LED merah dan hijau. Lalu, LED biru ditemukan pada 1990-an dan menjadi acuan untuk membuat LED putih.

LED lebih efisien dari pada lampu pendar dan lampu pijar. Hal ini disebabkan karena kurang lebih 50% energi listrik yang digunakan lampu LED diubah menjadi cahaya. Setiap 1 watt listrik mampu menghasilkan cahaya dengan intensitas 70-100 lumen. Usia pemakaian lebih lama hingga 50.000 jam^[1]. Selain itu, lampu LED penggunaan dayanya lebih kecil dibandingkan dengan jenis lampu lainnya.

Seperti yang kita ketahui, bahwa perilaku pencahayaan lampu saat disuplai tegangan PLN dengan frekuensi 50Hz tidak terlihat kedipan pada lampu. Oleh karena itu penulis mencoba memaksimalkan penggunaan daya pada lampu LED dengan mengaplikasikan PWM. Prinsip PWM bekerja dengan cara memanipulasi lebar sinyal atau pulsa dalam satu periode, dimana periodanya berulang antara *high* dan *low* yang perbandingannya dapat dikontrol.

Penggunaan PWM dalam pengontrolan daya lebih efisien jika dibandingkan dengan pengontrolan daya dengan cara konvensional. Dalam penelitian oleh Marsa Yutas yang berjudul “*Studi Pengaruh Frekuensi dan Duty Cycle PWM terhadap Efisiensi Lampu LED*”, menyebutkan bahwa hasil penelitian penggunaan PWM dapat meningkatkan efisiensi lampu LED. Dari hasil penelitian diperoleh data

efisiensi tertinggi 153 lm/watt pada frekuensi 60 Hz, *duty cycle* 10%. Namun pada kondisi tersebut terjadi kedipan cahaya. Pada penelitian ini akan dilakukan reduksi kedip cahaya dengan cara menyandingkan dua lampu yang dicatu 2 PWM yang berbeda fasa 180°. Dengan cara ini diharapkan kedipan dari lampu bisa dikurangi atau dihilangkan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas adalah mengurangi atau menghilangkan kedipan cahaya dengan cara menyandingkan dua lampu yang dicatu 2 PWM yang berbeda fasa 180°.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengurangi kedipan cahaya dengan menyandingkan dua lampu yang dicatu 2 PWM yang berbeda fasa 180°.
2. Mendapatkan perbandingan nilai lumen dan efisiensi 2 lampu LED yang disandingkan dan disuplai PWM 2 fasa $D < 0,5$ beda fasa 180°, terhadap 1 lampu yang sama yang disuplai sesuai spesifikasinya.

1.4 Batasan Masalah

1. Usia pemakaian lampu tidak dibahas pada penelitian ini
2. Frekuensi PWM yang digunakan pada pengujian ini disesuaikan dengan frekuensi yang mampu dibangkitkan mikrokontroler arduino
3. Pengamatan dilakukan pada konsumsi daya dan intensitas lampu LED
4. Pengukuran dilakukan pada tegangan terminal.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menghilangkan kedipan pada lampu LED yang disuplai dengan PWM.
2. Mengetahui nilai frekuensi dan *duty cycle* pada lampu LED yang diuji.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan lampu LED masa yang akan datang.

BAB II Tinjauan Pustaka

2.1 LED

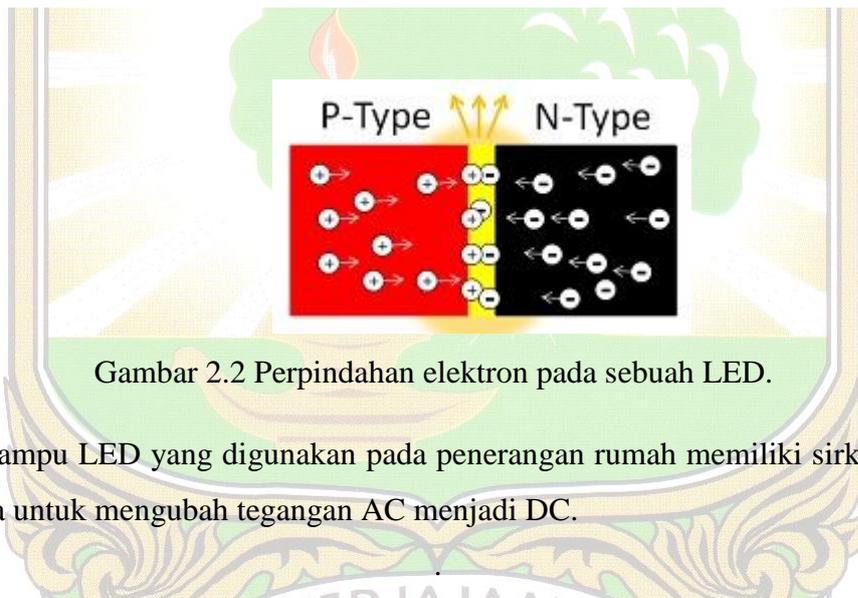
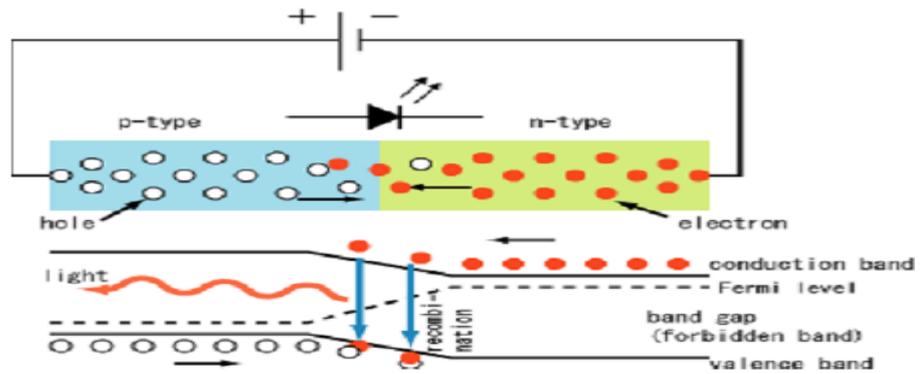
Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. LED banyak digunakan sebagai indikator, pemancar inframerah, penerangan jalan, rumah dan sebagainya [8]. Seperti sebuah diode normal, LED terdiri dari sebuah *chip* bahan semikonduktor yang diisi penuh atau di-doping, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut *p-n junction*. Panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan, dan warnanya, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk *p-n junction*.



Gambar 2.1 Simbol dan Bentuk LED

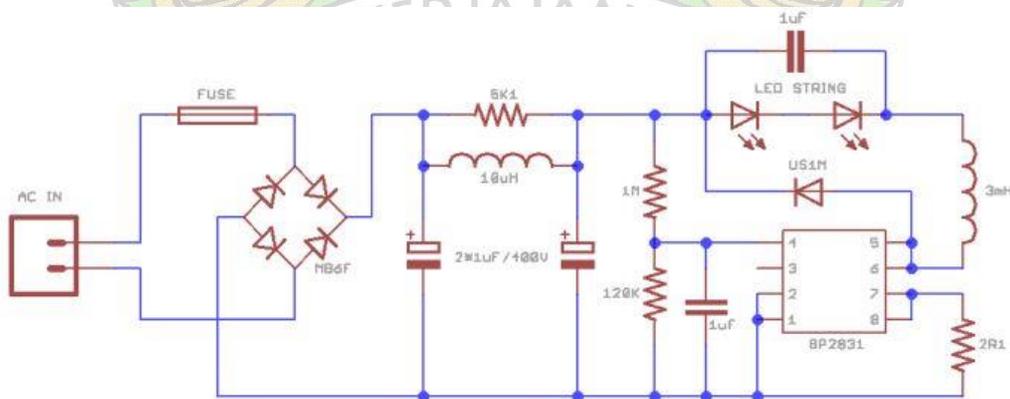
Gambar 2.1 menunjukkan bentuk dan simbol dari LED. Cara kerjanya pun hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari Anoda menuju ke Katoda. LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N. Yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (*impurity*) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED dialiri tegangan maju atau bias forward yaitu dari Anoda (P) menuju ke Katoda (K), Kelebihan Elektron pada N-Type material akan berpindah ke wilayah yang

kelebihan Hole (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material). Saat Elektron berjumpa dengan Hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna). Hal tersebut diilustrasikan dengan gambar 2.3 dibawah.



Gambar 2.2 Perpindahan elektron pada sebuah LED.

Lampu LED yang digunakan pada penerangan rumah memiliki sirkuit yang berguna untuk mengubah tegangan AC menjadi DC.

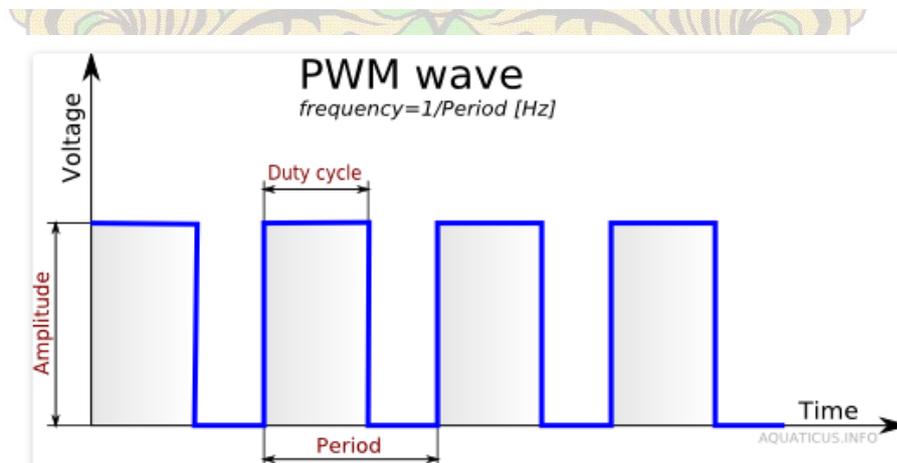


Gambar 2.3 driver LED Bulb Philips

Gambar 2.3 memperlihatkan contoh dari driver lampu LED. Karakteristik LED pada umumnya adalah sama dengan karakteristik dioda yang hanya memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Namun bila diberikan tegangan yang terlalu besar, LED akan rusak walaupun tegangan yang diberikan adalah tegangan maju. Cahaya pada LED adalah energy elektromagnetik yang dipancarkan dalam bagian spectrum yang dapat dilihat. Cahaya terbentuk dari hasil pergerakan electron pada sebuah atom. Dimana pada sebuah atom, electron bergerak pada suatu orbit yang mengelilingi sebuah inti atom. Elektron pada orbit yang berbeda memiliki jumlah energi yang berbeda. Elektron yang berpindah dari orbit dengan tingkat energy lebih tinggi ke orbit dengan tingkat energy lebih rendah perlu melepas energi yang dimilikinya. Energi yang dilepaskan ini merupakan bentuk dari foton sehingga menghasilkan cahaya. Semakin besar energi yang dilepaskan, semakin besar energi yang terkandung dalam foton.

2.2 PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya[10]. Gambar 2.4 dibawah menunjukkan bentuk gelombang PWM.



Gambar 2.4 Gelombang PWM

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi antara 0% hingga 100%. Satu siklus pulsa merupakan kondisi *high* kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty Cycle* merupakan representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan *range* 0% sampai 100%, sebagai contoh jika sinyal berada dalam kondisi *high* terus menerus artinya memiliki *duty cycle* sebesar 100%. Jika waktu sinyal keadaan *high* sama dengan keadaan *low* maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50%. Perubahan *duty cycle* akan merubah tegangan keluaran atau tegangan rata-rata dari PWM. Persamaan *duty cycle* :

$$DutyCycle = t_{on}/(t_{on}+t_{off}) \times 100\% \quad (2.1)$$

2.3 Cahaya

Cahaya merupakan salah satu contoh gelombang elektromagnetik yang tidak memerlukan medium sebagai media perambatannya. Di sekitar kita, ada banyak sekali benda yang memancarkan cahaya. Benda yang dapat memancarkan cahaya dinamakan sumber cahaya. Cahaya dihasilkan oleh suatu sumber cahaya, memiliki panjang gelombang pada rentang antara 400 nm hingga 600 nm. Cahaya dianggap sebagai gelombang (Huygens, 1678) dan juga sebagai partikel (Newton, 1671) [5][6].

Ada dua macam sumber cahaya, yaitu sumber cahaya alami dan sumber cahaya buatan. Sumber cahaya alami merupakan sumber cahaya yang menghasilkan cahaya secara alamiah dan setiap saat, contohnya matahari dan bintang. Sumber cahaya buatan merupakan sumber cahaya yang memancarkan cahaya karena dibuat oleh manusia, dan tidak tersedia setiap saat, contohnya lampu senter, lampu neon, dan lilin.

2.3.1 Fotometri

Fotometri adalah ilmu yang mempelajari tentang pengukuran kuantitas cahaya. Cahaya yang dimaksud adalah cahaya tampak, dimana cahaya tampak merupakan salah satu jenis gelombang elektromagnetik [7].

2.3.2 Intensitas Cahaya (I) dan Fluks Cahaya (Φ)

Luminous intensity atau intensitas cahaya I didefinisikan sebagai banyaknya fluks cahaya yang memancar Φ per sudut ruang ω :

$$I = \Phi / \omega \quad (2.2)$$

Total sudut ruang adalah $\omega = 4\pi$. Fluks cahaya adalah besarnya intensitas cahaya yang memancar pada sudut ruang tertentu.

2.3.3 Iluminansi Cahaya

Iluminansi cahaya adalah sinar yang jatuh (datang) pada sebuah permukaan atau fluks cahaya yang menerangi bidang tiap satu satuan luas, sehingga dapat ditulis persamaan :

$$E = \Phi / A \quad (2.3)$$

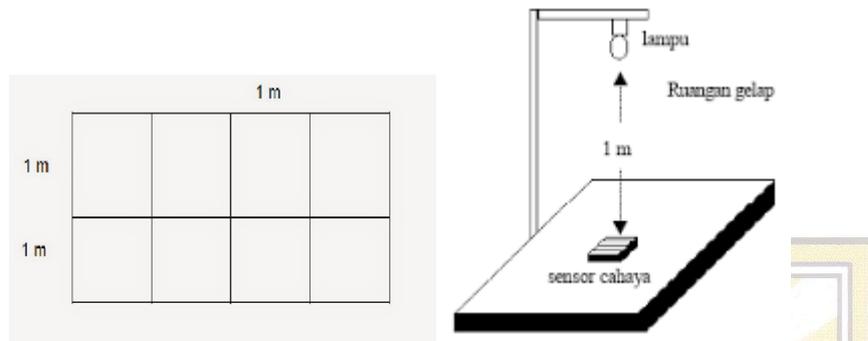
Karena fluks cahaya yang memancarkan dari titik seluruh ruang adalah $\Phi = 4\pi I$ dan luas permukaan bola adalah $A = 4\pi r^2$, suatu sumber intensitas cahaya menghasilkan iluminansi total adalah

$$E = I / r^2 \quad (2.4)$$

Ini menunjukkan bahwa iluminansi pada jarak R berbanding lurus terhadap intensitas cahaya sumber dan berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak

Lumens merupakan unit pengukuran untuk intensitas cahaya dari sebuah lampu. Lumens (lm) merupakan standar pengukuran fluks cahaya yang dikeluarkan oleh Badan Standar Nasional Amerika Serikat (*American National*

Standards Institute/ANSI) pada tahun 1992. ANSI menetapkan standar pengukuran untuk menentukan intensitas kecerahan cahaya dari sebuah lampu. Gambar 2.5 mengilustrasikan cara pengukuran intensitas cahaya



Gambar 2.5 Pengukuran Intensitas Cahaya

Pengukuran menggunakan alat yang dinamakan luxmeter. Satuan pada alat ukur Luxmeter ini adalah lux. Lux merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu lux setara dengan satu lumen per meter persegi. Gambar 2.6 memperlihatkan salah satu contoh dari luxmeter.



Gambar 2.6 Luxmeter

2.4 Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino adalah sebuah alat pengembangan yang merupakan

kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller* [9].

Processing adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menulis program di dalam Arduino. Processing adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang sangat mirip dengan C++ dan Java. Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

- Hardware : papan input/output (I/O)
- Software : Software Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program

2.4.1 Jenis-Jenis Arduino

Ber macam-macam bentuk papan Arduino yang disesuaikan dengan peruntukannya seperti :

2.4.1.1 Arduino USB

Menggunakan USB sebagai antar muka pemrograman atau komunikasi komputer .Contoh : Arduino Uno

2.4.1.2 Arduino Serial

Menggunakan RS232 sebagai antar muka pemrograman atau komunikasi komputer.

2.4.1.3 Arduino Mega

Papan Arduino dengan spesifikasi yang lebih tinggi, dilengkapi tambahan pin digital, pin analog, port serial dan sebagainya. Contoh: Arduino Mega dan Arduino Mega 2560

2.4.1.4 Arduino Fio

Ditujukan untuk penggunaan nirkabel.

2.4.1.5 Arduino Lilypad

Papan dengan bentuk yang melingkar. Contoh: LilyPad Arduino 00, LilyPad Arduino 01, LilyPad Arduino 02, LilyPad Arduino 03, LilyPad Arduino 04

2.4.1.6 Arduino BT

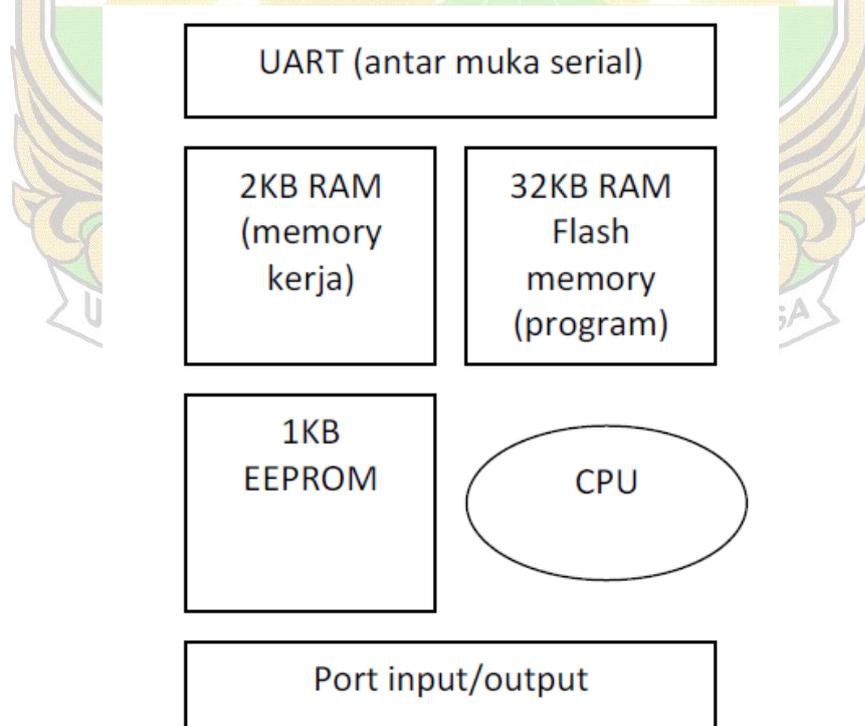
Mengandung modul *bluetooth* untuk komunikasi nirkabel.

2.4.1.7 Arduino Nano dan Arduino Mini

Papan berbentuk kompak dan digunakan bersama *breadboard*.

Contoh: arduino Nano 3.0, Arduino Nano 2.x, Arduino Mini 04, Arduino Mini 03, Arduino Stamp 02

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560. Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah *microcontroller*, pada gambar 2.7 berikut ini diperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari *microcontroller* ATmega328 (dipakai pada Arduino Uno).

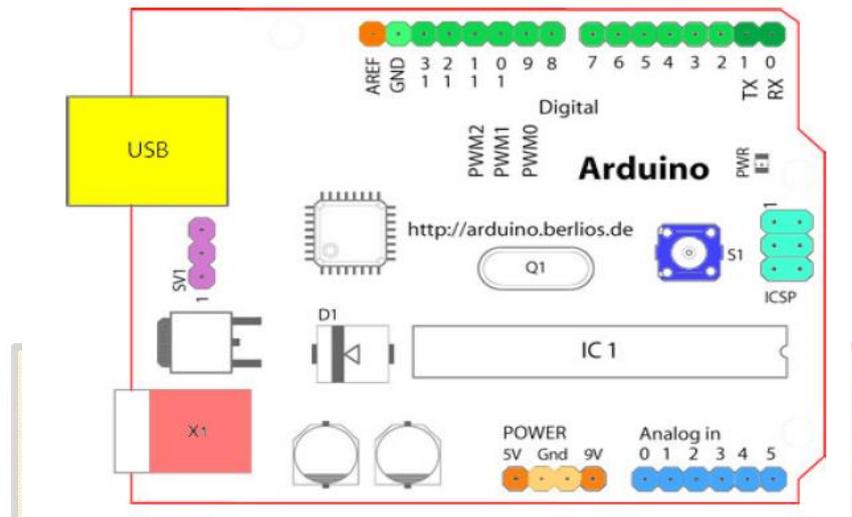


Gambar 2.7 Blok Diagram Arduino

Blok-blok di atas dijelaskan sebagai berikut:

- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)* adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.
- 2KB RAM pada memory kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variable-variabel di dalam program.
- 32KB RAM flash memory bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, flash memory juga menyimpan *bootloader*. *Bootloader* adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino.
- *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari microcontroller untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- Port input/output, pin-pin untuk menerima data (input) digital atau analog, dan mengeluarkan data (output) digital atau analog

2.1.1 Bagian-Bagian Papan Arduino



Gambar 2.8 Arduino USB

- 14 pin input/output digital (0-13) :Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.
- USB Berfungsi untuk: Memuat program dari komputer ke dalam papan dan Komunikasi serial antara papan dan computer
- Sambungan SV1
Sambungan atau *jumper* untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.
- Q1 – Kristal (*quartz crystal oscillator*)
Jika microcontroller dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada microcontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

- Tombolreset :Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal dan bukan untuk menghapus program atau mengosongkan microcontroller.
- *In-Circuit Serial Programming (ICSP)*: Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram microcontroller secara langsung, tanpa melalui bootloader.Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.
- IC 1 – Microcontroller Atmega
Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.
- X1 Sumber daya eksternal :Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 5-12V.
- 6 pin analog (0-5) : Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2.4.3 Software Arduino

Sehubungan dengan pembahasan untuk saat ini software Arduino yang akan digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan Arduino. IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

- *Editor* program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.
- *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah microcontroller tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.

- *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari Jomputer ke dalam memory di dalam papan Arduino.



BAB III Bahan dan Metode

3.1 Jenis penelitian

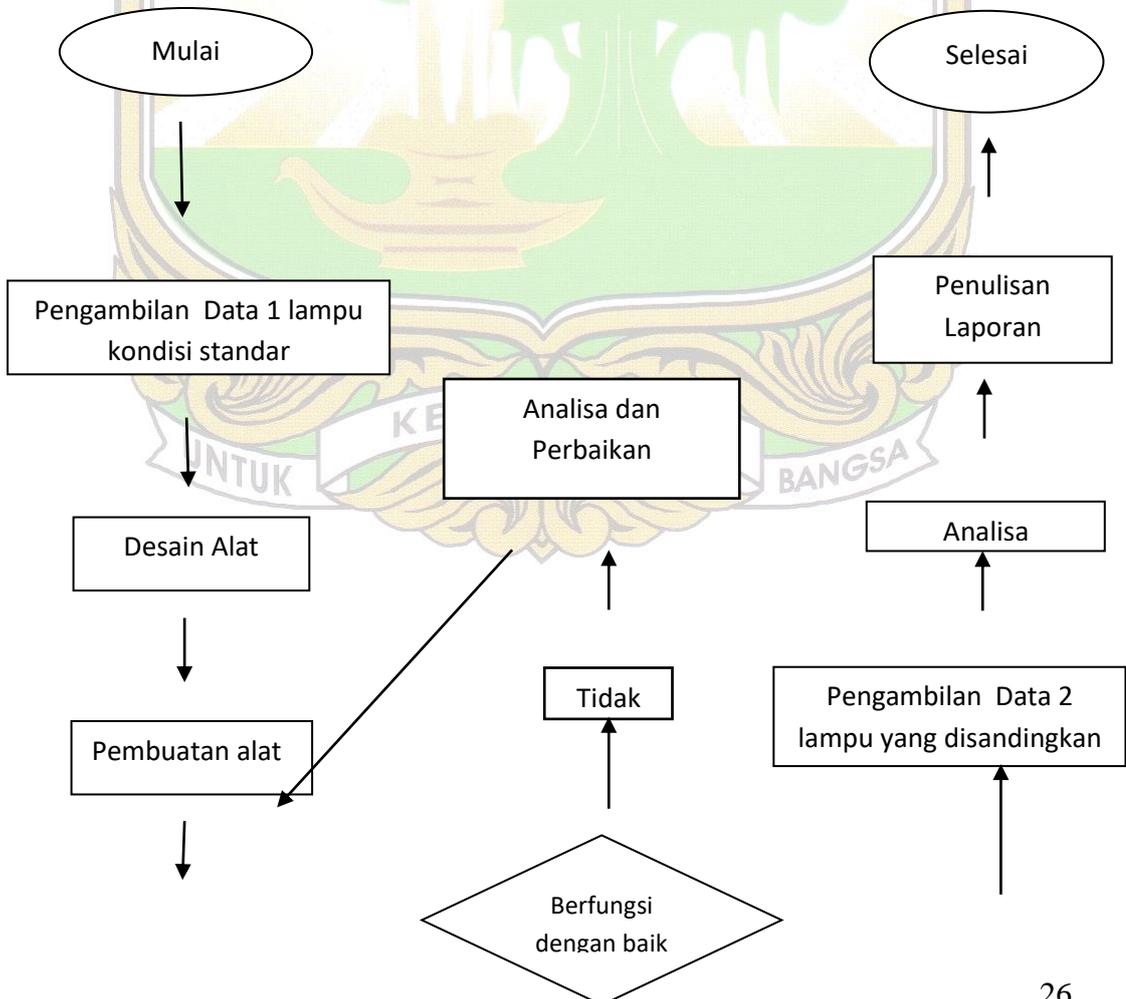
Dilihat pada tujuan penelitian yang dibuat, penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan. Penelitian ini dibuat memecahkan suatu masalah untuk tujuan tertentu, serta merupakan penerapan baru dari penelitian yang telah ada dengan pedoman data dari hasil penelitian yang relevan.

3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian yang digunakan adalah **Lampu Philips LED Bulb 13 W** warna putih.

3.3 Desain Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.





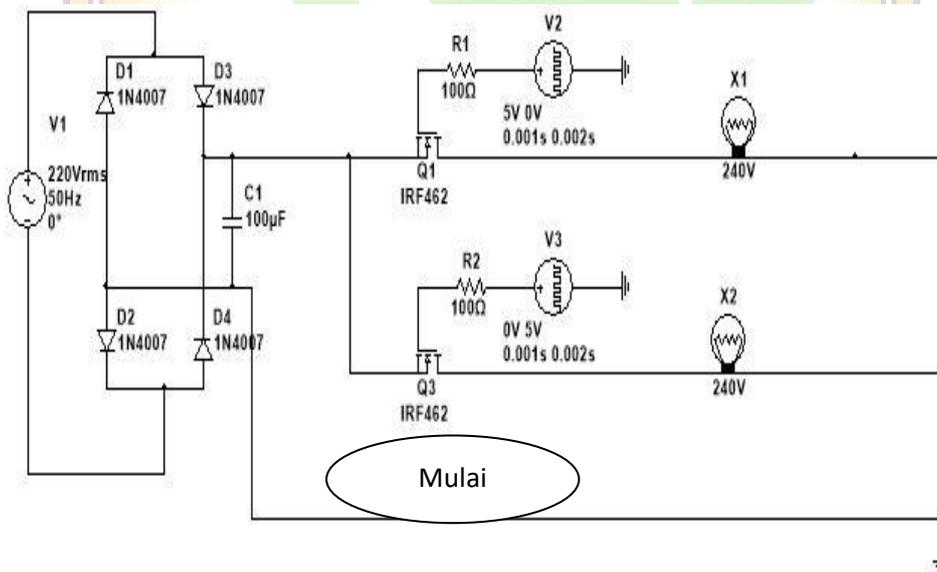
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Studi Pustaka

Penelitian ini dimulai dengan studi pustaka, pengumpulan literatur serta referensi yang dapat membantu penelitian ini.

3.3.2 Desain Alat

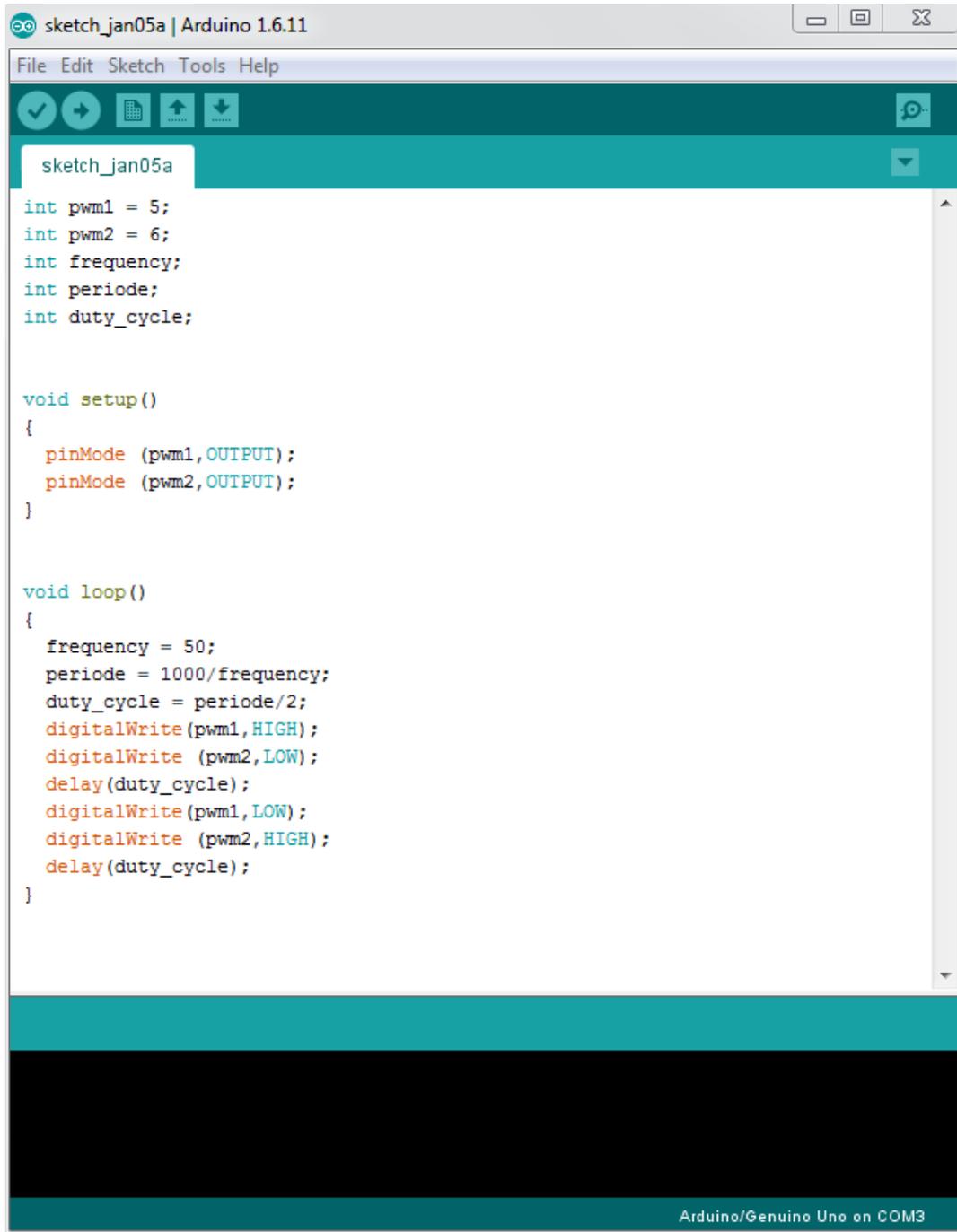
Pemilihan komponen yang akan digunakan pada pembuatan alat serta perancangan program arduino yang akan digunakan. Skema rangkaian alat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah.



Gambar 3.2 Skema rangkaian alat

Rangkaian ini akan disuplai tegangan AC 220 V yang disearahkan dengan dioda bridge. Kemudian tegangan yang telah disearahkan akan diswitching oleh pulsa keluran PWM arduino dengan Mosfet IRFP462. Frekuensi keluaran yang telah diswitching akan menjadi input lampu LED, yang akan diuji kuat

penerangan dan daya yang digunakan. Input pada lampu LED merupakan tegangan DC yang diswitch oleh mosfet dengan perbedaan fasa 180° , *duty cycle* 0.5.



```
sketch_jan05a | Arduino 1.6.11
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jan05a
int pwm1 = 5;
int pwm2 = 6;
int frequency;
int periode;
int duty_cycle;

void setup()
{
  pinMode (pwm1, OUTPUT);
  pinMode (pwm2, OUTPUT);
}

void loop()
{
  frequency = 50;
  periode = 1000/frequency;
  duty_cycle = periode/2;
  digitalWrite (pwm1, HIGH);
  digitalWrite (pwm2, LOW);
  delay(duty_cycle);
  digitalWrite (pwm1, LOW);
  digitalWrite (pwm2, HIGH);
  delay(duty_cycle);
}
Arduino/Genuino Uno on COM3
```

Gambar 3.3 Program PWM pada Arduino

Gambar 3.3 menunjukkan listing program yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada program arduino ini digunakan pin 5 dan pin 6 sebagai

pembangkit PWM untuk transistor pada catu daya. Frekuensi yang dipakai berdasarkan frekuensi dasar.

3.3.3 Pembuatan Alat

Pembuatan alat diawali dengan merangkai komponen alat seperti rancangan diatas, lampu yang dipilih dan diuji adalah **lampu Philips LED Bulb 13 W** warna putih dan *Arduino* sebagai pembangkit sinyal PWM. Alat akan ditempatkan pada sebuah ruangan yang telah diatur untuk melakukan pengukuran.

3.3.4 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan sebagai simulasi untuk melihat alat pada penelitian ini telah sesuai dengan yang diharapkan.

3.3.5 Pengambilan Data

Pengambilan data yang pertama dilakukan untuk 1 lampu LED yang dicatu tanpa menggunakan PWM. Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada 2 lampu LED yang dicatu menggunakan PWM 2 fasa dengan beda fasa 180° , *duty cycle* $< 0,5$. Pengambilan data dilakukan pada kondisi yang gelap untuk mendapatkan nilai kuat penerangan dengan menggunakan luxmeter. Untuk mengetahui konsumsi daya yang digunakan alat ukur yang dipakai adalah multimeter dan clampmeter.

3.3.6 Analisa

Penelitian ini menganalisa mana yang lebih baik metoda antara menggunakan sumber listrik PLN secara langsung atau menggunakan catu daya PWM 2 fasa, berdasarkan data intensitas cahaya dan daya yang didapatkan pada lampu LED yang diuji pada penelitian ini.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

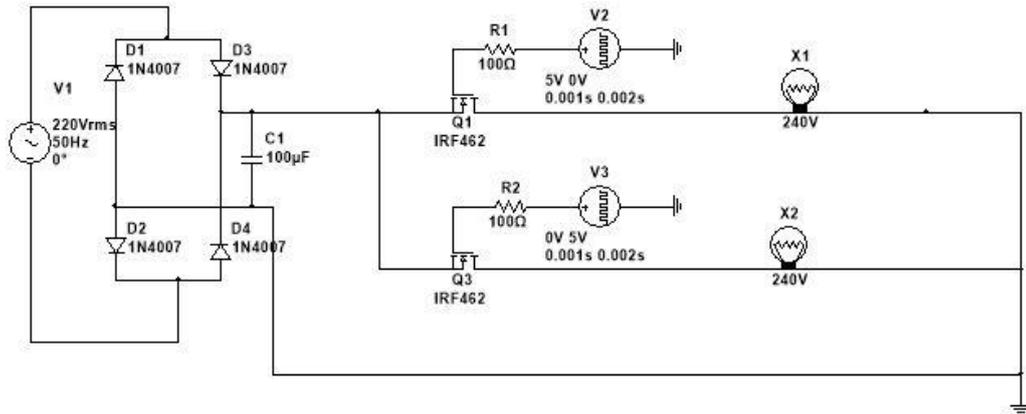
4.1 Pendahuluan

Bab ini dilakukan analisa Lampu Light Emitting Diode yang dicatu Pulse Width Modulation (PWM) dan tanpa dicatu dengan Pulse Width Modulation (PWM). Analisa yang dilakukan meliputi analisa konsumsi daya dan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh Lampu Light Emitting Diode yang dicatu Pulse Width Modulation (PWM) dengan beberapa variasi frekuensi dan nilai *duty cycle* kemudian dibandingkan dengan tanpa Pulse Width Modulation (PWM). Lampu Light Emitting Diode yang dicatu Pulse Width Modulation (PWM) diberikan perlakuan dengan memvariasikan nilai *duty cycle* dari 10% - 50%. Pada penelitian sebelumnya pada frekuensi 30 Hz dan 60 Hz terdapat kedipan, tetapi pada penelitian ini difrekuensi yang sama tidak terdapat kedipan. Jadi, data yang dianalisa diambil dari frekuensi 2 Hz, 6 Hz, 10 Hz, 15 Hz, dan 20 Hz.

4.2 Rangkaian Alat dan Percobaan

Rangkaian alat catu daya PWM terdiri dari

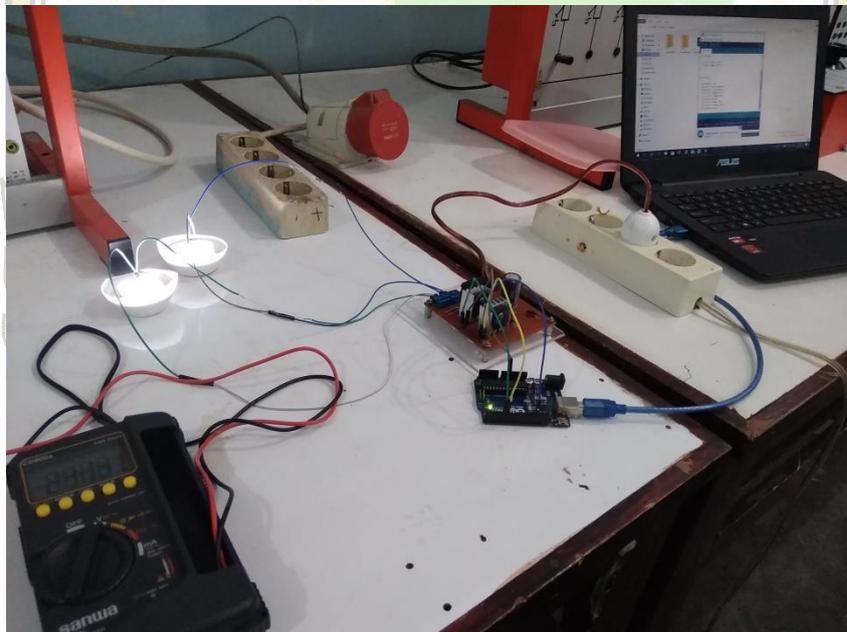
1. Rangkaian diode bridge 1N4007
2. Kapasitor 100 μ F 400 V
3. IRFP460
4. Resistor 100 Ω
5. Arduino Uno sebagai pemberi input PWM



Gambar 4.1 Skema Rangkaian Alat

4.3 Pengujian Alat

Pengujian yang dilakukan terhadap catudaya PWM lampu LED 13W dengan pengukuran tegangan dan arus menggunakan multimeter dan luxmeter untuk mengukur intensitas cahaya lampu LED pada setiap variasi frekuensi dan *duty cycle* PWM .



Gambar 4.2 Pengujian Alat

4.1.1 Pengukuran lampu LED tanpa PWM.

Pengukuran Lampu Light Emitting Diode dilakukan dengan menggunakan alat ukur Multimeter untuk mengukur tegangan, arus dan daya serta luxmeter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang dihasilkan lampu. Lampu yang digunakan Lampu LED Philips 13 W. Hasil pengukuran bisa dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2

Tabel 4.1 Pengukuran Lampu LED Tanpa PWM pada Input Ballast.

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos Phi	Daya (Watt)	Lumen	Rasio (L/P)
50	225	0.097	0.56	12.3	483	39.26

Tabel 4.2 Pengukuran Lampu LED Tanpa PWM pada Terminal Lampu LED.

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Lumen	Rasio (L/P)
50	223	0.053	11.9	483	40.58

4.3.2 Pengukuran pada frekuensi 2 Hz dengan variasi *dutycycle* 10% - 50%

Pada pengujian ini PWM di set pada frekuensi 2 Hz dengan perubahan *dutycycle* secara bertahap dari 10% sampai 50% dan dilakukan pengukuran tegangan, arus dan intensitas cahaya pada setiap variasi *dutycycle*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pada terminal lampu LED saat frekuensi 2 Hz.

No	Duty cycle	Tegangan (V)		Arus (mA)		Daya (W)	Lumen	Rasio L/P
		Lampu 1	Lampu 2	Lampu 1	Lampu 2			

1	10 %	93.4	93.6	13.93	13.14	2.53	327	129.24
2	20 %	100.9	101.1	14.65	14.35	2.93	328	111.94
3	30 %	106.1	105.9	15.78	15.67	3.33	328	98.49
4	40 %	111.9	112.1	16.92	16.82	3.79	329	86.80
5	50 %	117.9	117.6	17.81	17.69	4.18	331	79.18

Keterangan :



4.3.3 Pengukuran pada frekuensi 6 Hz dengan variasi *dutycycle* 10% - 50%

Pada pengujian ini PWM di set pada frekuensi 6 Hz dengan perubahan *dutycycle* secara bertahap dari 10% sampai 50% dan dilakukan pengukuran tegangan, arus dan intensitas cahaya pada setiap variasi *dutycycle*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran pada frekuensi 6 Hz

No	Duty cycle	Tegangan (V)		Arus (mA)		Daya (W)	Lumen	Rasio L/P
		Lampu 1	Lampu 2	Lampu 1	Lampu 2			
1	10 %	97.1	96.8	15.32	15.53	2.99	330	110.36
2	20 %	110.9	111.2	16.67	16.34	3.67	331	90.19
3	30 %	117.8	117.6	17.83	17.67	4.18	331	79.18
4	40 %	121.5	121.2	18.16	17.91	4.37	332	75.97
5	50 %	126.9	126.7	18.92	18.30	4.72	333	70.55

Keterangan :



4.3.4 Pengukuran pada frekuensi 10 Hz dengan variasi *dutycycle* 10% -50%

Pada pengujian ini PWM di set pada frekuensi 10 Hz dengan perubahan *dutycycle* secara bertahap dari 10% sampai 50% dan dilakukan pengukuran tegangan, arus dan intensitas cahaya pada setiap variasi *dutycycle*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran pada frekuensi 10 Hz

No	Duty cycle	Tegangan (V)		Arus (mA)		Daya (W)	Lumen	Rasio L/P
		Lampu 1	Lampu 2	Lampu 1	Lampu 2			
1	10 %	118.3	117.5	16.91	16.63	3.96	331	83.58
2	20 %	120.5	121.1	17.68	17.48	4.25	333	78.35
3	30 %	126.9	127.1	18.17	18.17	4.6	334	72.60
4	40 %	131.8	131.6	18.65	18.32	4.86	336	69.13
5	50 %	138.3	138.5	19.82	19.75	5.47	339	61.97

Keterangan :

Tidak Berkedip

Berkedip

4.3.5 Pengukuran pada frekuensi 15 Hz dengan variasi *dutycycle* 10% - 50%

Pada pengujian ini PWM di set pada frekuensi 15 Hz dengan perubahan *dutycycle* secara bertahap dari 10% sampai 50% dan dilakukan pengukuran tegangan, arus dan intensitas cahaya pada setiap variasi *dutycycle*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran pada frekuensi 15 Hz

No	Duty cycle	Tegangan (V)		Arus (mA)		Daya (W)	Lumen	Rasio L/P
		Lampu 1	Lampu 2	Lampu 1	Lampu 2			
1	10 %	121.2	120.8	17.96	17.63	4.3	336	78.13

2	20 %	139.4	138.3	18.43	18.12	5.07	338	66.66
3	30 %	146.5	146.8	19.32	18.96	5.61	341	60.78
4	40 %	151.7	150.9	20.91	20.81	6.31	341	54.04
5	50 %	158.3	157.9	21.71	21.56	6.84	343	50.14

Keterangan :

Tidak Berkedip

Berkedip

4.3.6 Pengukuran pada frekuensi 20 Hz dengan variasi *dutycycle* 10% - 50%

Pada pengujian ini PWM di set pada frekuensi 20 Hz dengan perubahan *dutycycle* secara bertahap dari 10% sampai 50% dan dilakukan pengukuran tegangan, arus dan intensitas cahaya pada setiap variasi *dutycycle*. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran pada frekuensi 20 Hz.

No	Duty cycle	Tegangan (V)		Arus (mA)		Daya (W)	Lumen	Rasio L/P
		Lampu 1	Lampu 2	Lampu 1	Lampu 2			
1	10 %	129.4	130.1	20.18	20.14	5.23	351	67.11
2	20 %	136.2	135.8	20.97	20.86	5.68	353	62.14
3	30 %	148.6	148.3	21.81	21.67	6.74	354	52.52
4	40 %	158.6	158.6	22.52	22.53	7.35	357	48.57
5	50 %	165.4	165.2	23.10	23.13	7.64	357	46.72

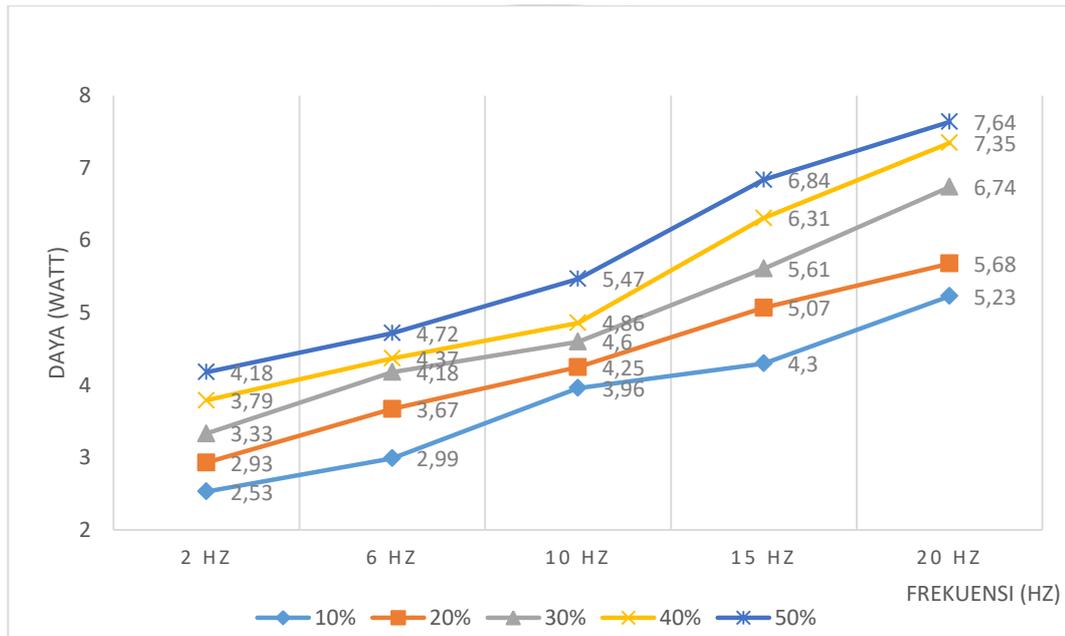
Keterangan :

Tidak Berkedip

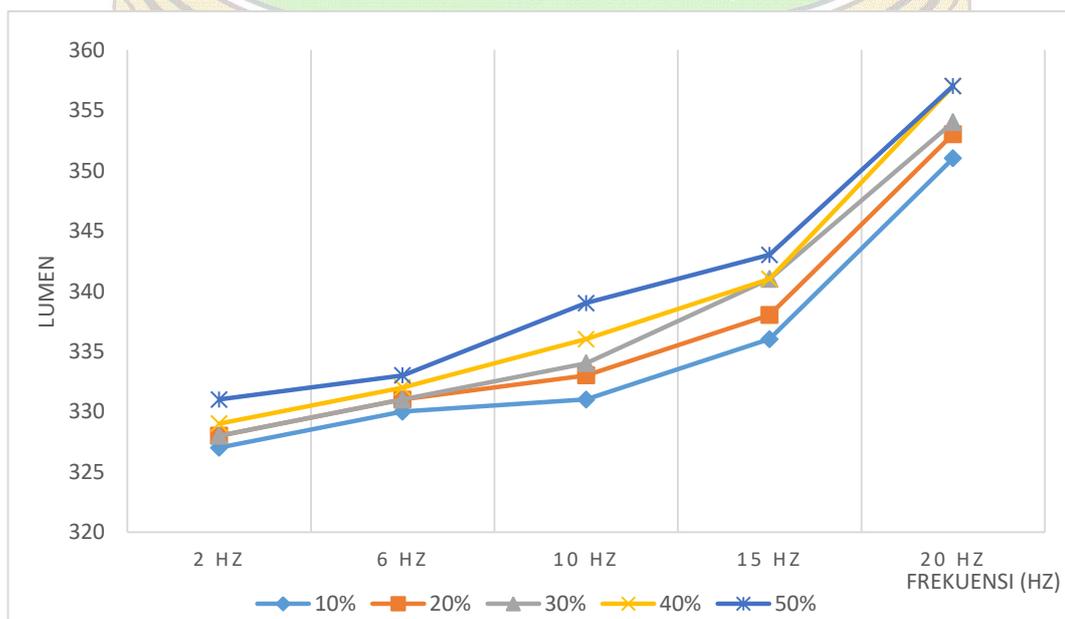
Berkedip

4.4 Perbandingan Lampu Light Emitting Diode yang dicatu Pulse Width Modulation (PWM) dan tanpa Pulse Width Modulation (PWM).

Setelah dilakukan pengukuran, didapatkan perbedaan dari daya yang digunakan dan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu LED yang dicatu dengan Pulse Width Modulation (PWM) dengan tanpa Pulse Width Modulation (PWM). Berikut grafik perbandingan dibawah ini,



Gambar 4.3 Grafik nilai Daya dan frekuensi



Gambar 4.4 Grafik nilai Lumen dan frekuensi

Berdasarkan grafik 4.3 dan 4.4 dapat dilihat besar dari konsumsi daya dan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu yang dicatu Pulse Width Modulation (PWM) dengan variasi frekuensi dan duty cycle. Dari dua grafik tersebut dapat dianalisa bahwa frekuensi dan duty cycle yang diberikan kepada menghasilkan daya dan lumen yang bebanding lurus, apabila frekuensi dan duty cycle yang diberikan besar, maka daya yang dikonsumsi dan lumen yang dihasilkan juga besar, begitu juga sebaliknya. Frekuensi dan *duty cycle* juga mempengaruhi kedipan pada lampu. jika frekuensi dan duty cycle besar, maka kedipannya akan semakin cepat, jika kecil, kedipnya akan lambat.

4.4.1 Perbandingan Efisiensi pada setiap frekuensi dan *duty cycle*.

$$\text{Luminous efficacy} = \text{lumen/watt}$$

Perbandingan intensitas cahaya per-satu watt daya dari setiap *duty cycle* pada masing-masing frekuensi dapat dilihat pada tabel 4.8 dan 4.9.

4.4.1.a Perbandingan Efisiensi pada saat pengukuran di terminal Lampu LED

Tabel 4.8 Perbandingan Efisiensi pada pengukuran di terminal lampu LED setiap Frekuensi dan Duty Cycle.

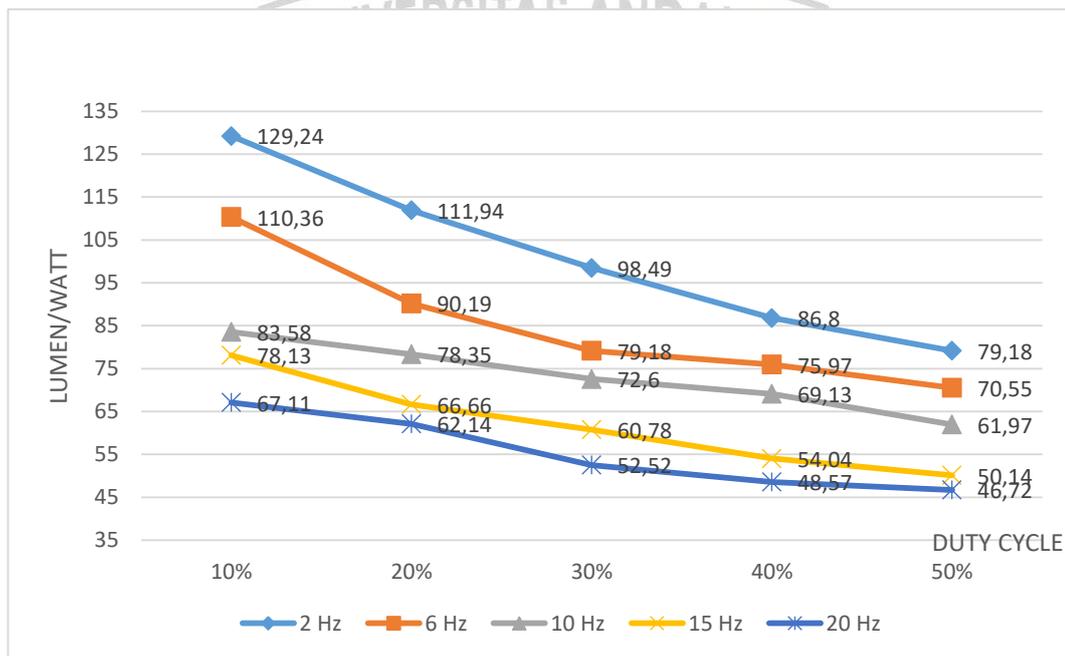
No	Duty cycle	2 Hz	6 Hz	10 Hz	15 Hz	20 Hz
1	10 %	129.24	110.36	83.58	78.13	67.11
2	20 %	111.94	90.19	78.35	66.66	62.14
3	30 %	98.49	79.18	72.60	60.78	52.52
4	40 %	86.80	75.97	69.13	54.04	48.57
5	50 %	79.18	70.55	61.97	50.14	46.72

Keterangan :

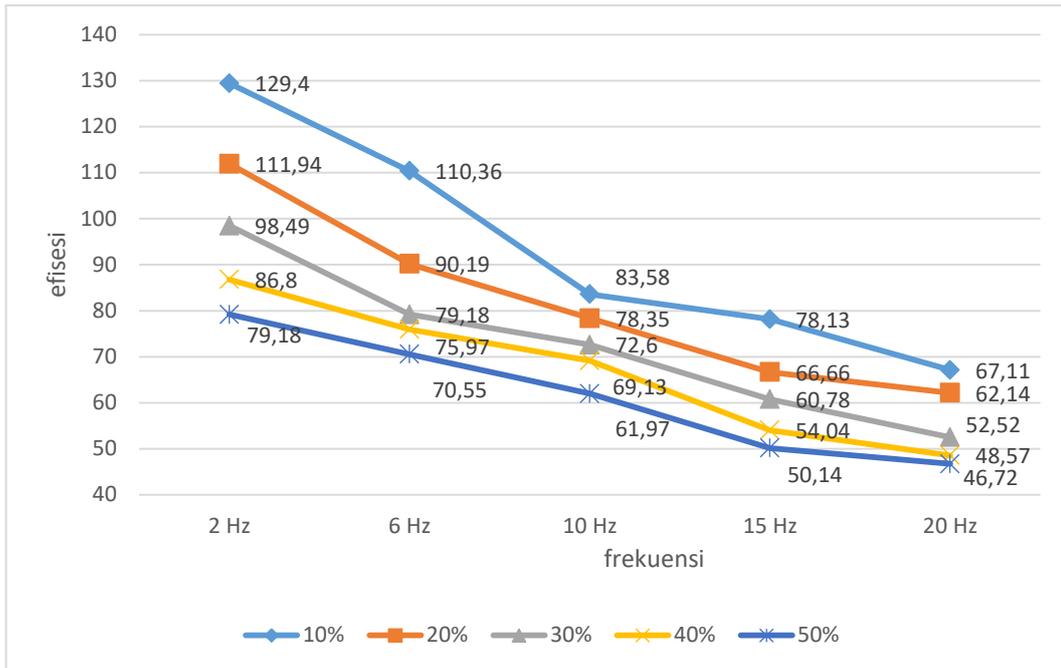


Dari tabel 4.8 dapat dilihat perbandingan daya yang dikonsumsi lampu dengan intensitas cahaya yang dihasilkannya. Pada frekuensi 10 Hz dengan

dutycycle 10% pada 1 watt daya dapat menghasilkan 129.24 lumen/watt dan pada *dutycycle* 50% dapat menghasilkan 79.18 lumen/watt. Dari data tersebut dapat dianalisa bahwa frekuensi dan *duty cycle* yang diberikan memiliki pengaruh yang berbanding terbalik dengan nilai efisiensi yang didapatkan, apabila frekuensi dan *duty cycle* yang diberikan kecil, maka akan menghasilkan nilai efisiensi yang besar, begitu juga sebaliknya,. Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada grafik 4.5 dan 4.6 yang ada dibawah.



Gambar 4.5 Grafik nilai efisiensi terhadap variasi *dutycycle* saat pengukuran di terminal Lampu LED.



Gambar 4.6 Grafik nilai efisesi terhadap variasi frekuensi saat pengukuran di terminal Lampu LED.

4.4.1.b Perbandingan Efisesi pada saat pengukuran di Input Rectifier.

Tabel 4.9 Perbandingan Efisesi pada saat pengukuran Input Rectifier setiap Frekuensi dan Duty Cycle.

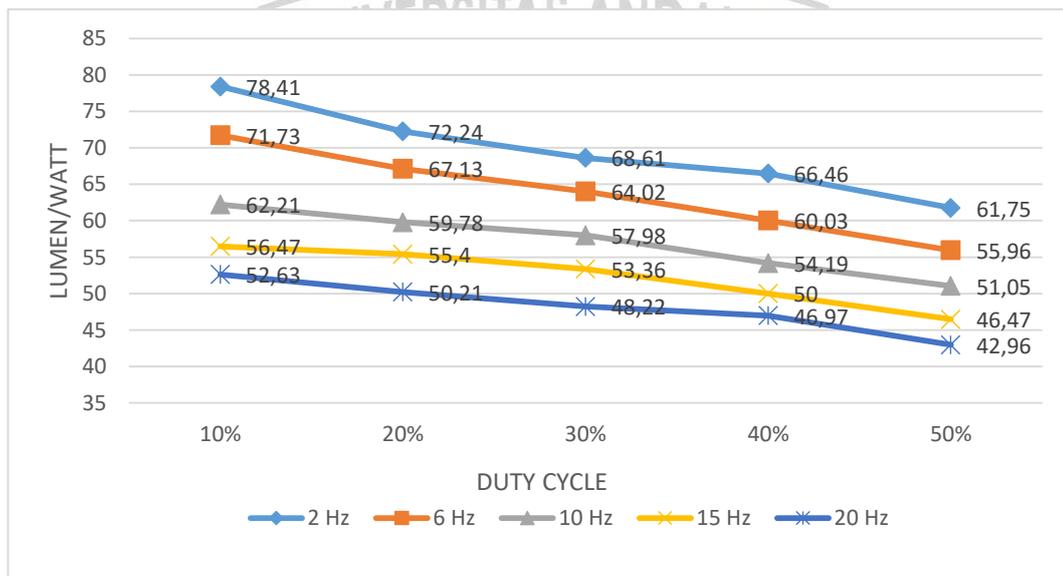
No	Duty cycle	2 Hz	6 Hz	10 Hz	15 Hz	20 Hz
1	10 %	78.41	71.73	62.21	56.47	52.63
2	20 %	72.24	67.13	59.78	55.40	50.21
3	30 %	68.61	64.02	57.98	53.36	48.22
4	40 %	66.46	60.03	54.19	50.00	46.97
5	50 %	61.75	55.96	51.05	46.47	42.96

Keterangan :

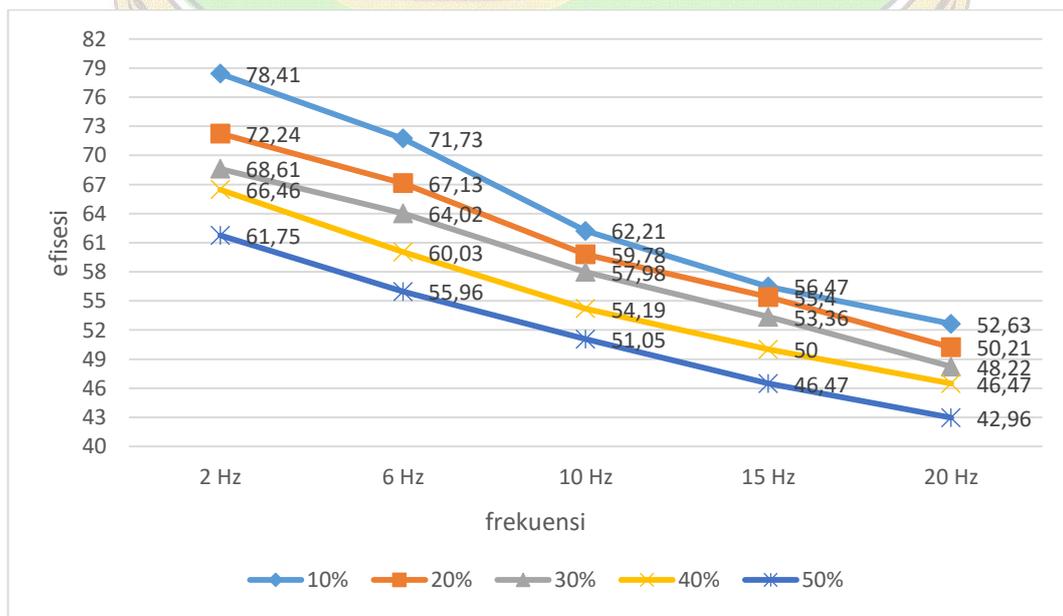
Tidak Berkedip Berkedip

Pada tabel 4.9 terlihat perbandingan daya yang dikonsumsi lampu dengan nilai efisesi yang dihasilkannya. Nilai efisesi terbesar yaitu pada frekuensi 2 Hz

sebesar 78.41 lumen/watt dengan duty cycle 10% dan nilai terkecil pada frekuensi 20Hz sebesar 42.96 lumen/watt pada dengan cycle 50%. Dari data tersebut dapat dianalisa bahwa frekuensi dan duty cycle yang diberikan memiliki pengaruh yang berbanding terbalik dengan nilai efisiensi yang didapatkan, apabila frekuensi dan duty cycle yang diberikan kecil, maka akan menghasilkan nilai efisiensi yang besar, begitu juga sebaliknya,. Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada grafik 4.7 dan 4.8 yang ada dibawah.



Gambar 4.7 Grafik nilai efisiensi terhadap variasi frekuensi saat pengukuran pada Input Rectifier.



Gambar 4.8 Grafik nilai efisiensi pada variasi *duty cycle* saat pengukuran pada input Rectifier.

4.4.2 Pengurangan daya pada saat intensitas cahaya mendekati kondisi normal (tanpa PWM)

4.4.2.a Pengurangan daya pada pengukuran di tegangan terminal lampu LED.

Daya pada 2 lampu LED yang dicatu 2 PWM dibandingkan dengan satu lampu LED yang dicatu tanpa PWM atau kondisi normal. Perbandingannya diambil dari nilai lumen tertinggi yang dihasilkan dari masing-masing frekuensi. Hal ini bisa dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Presentase pengurangan daya pada saat lumen tertinggi.

Frekuensi (Hz)	Duty Cycle (%)	Kondisi Normal		Dicatu PWM		% Pengurangan
		Daya (W)	Lumen	Daya (W)	Lumen	
2	50	11.9	483	4,18	331	64,84
6	50	11.9	483	4.72	333	60.33
10	50	11.9	483	5,47	339	54.03
15	50	11.9	483	6,84	343	42.52
20	50	11.9	483	7,64	357	34.73

Dari tabel 4.10 dapat dilihat persentase pengurangan daya yang terjadi dengan penggunaan catudaya 2 PWM pada 2 lampu LED Philips 13 Watt. Daya pada catudaya PWM dibandingkan dengan daya dari pengukuran pada kondisi normal. Daya pada catu daya PWM diambil pada kondisi intensitas cahaya yang dihasilkan sudah mencapai nilai tertinggi dari masing-masing frekuensi. Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa lampu pada catu daya 2 PWM terlihat lebih membutuhkan daya yang lebih kecil untuk menghasilkan intensitas cahaya yang mendekati lampu pada kondisi normal.

4.4.2.b Pengurangan daya pada pengukuran di Input Rectifier.

Daya pada 2 lampu LED yang dicatu 2 PWM dibandingkan dengan satu lampu LED yang dicatu tanpa PWM atau kondisi normal. Perbandingannya diambil dari nilai lumen tertinggi yang dihasilkan dari masing-masing frekuensi. Hal ini bisa dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Presentase pengurangan daya pada saat mencapai lumen tertinggi.

Frekuensi (Hz)	Duty Cycle (%)	Kondisi Normal		Dicatu PWM		% Pengurangan
		Daya (W)	Lumen	Daya (W)	Lumen	
2	50	12.3	483	5.36	331	56.42
6	50	12.3	483	5.95	333	51.62
10	50	12.3	483	6.64	339	46.13
15	50	12.3	483	7.48	343	39.18
20	50	12.3	483	8.31	357	32.43

Dari tabel 4.11 dapat dilihat persentase pengurangan daya yang terjadi dengan penggunaan catudaya 2 PWM pada 2 lampu LED Philips 13 Watt. Daya pada catudaya PWM dibandingkan dengan daya dari pengukuran pada kondisi normal. Daya pada catu daya PWM diambil pada kondisi intensitas cahaya yang dihasilkan sudah mencapai nilai tertinggi dari masing-masing frekuensi. Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa lampu pada catu daya 2 PWM terlihat lebih membutuhkan daya yang lebih kecil untuk menghasilkan intensitas cahaya yang mendekati lampu pada kondisi normal.

Bab V Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisa yang dilakukan pada penelitian Studi penggunaan catu daya PWM(Pulse Width Modulation) berbeda fasa pada lampu LED(Light Emitting Diode), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kedipan lampu hilang pada frekuensi 20 Hz dengan *duty cycle* 50 %
2. Efisiensi terbesar saat lampu dicatu 2 PWM yaitu saat Frekuensi 2 Hz saat *duty cycle* 10% sebesar 129.24 lumen/watt pada pengukuran di terminal lampu. Efisiensi terkecil saat lampu dicatu 2 PWM yaitu saat Frekuensi 20 Hz saat *duty cycle* 50% sebesar 42.96 lumen/watt pada pengukuran di input rectifier.
3. Lampu LED yang dicatu PWM lebih efisien daripada lampu yang dicatu tanpa PWM.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya digunakan rangkaian konverter AC Ke DC tanpa menggunakan kapasitor, karena kapasitor menyimpan tegangan yang mengakibatkan data yang diambil kurang akurat, sehingga diperlukan pengambilan data yang berulang-ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zaid, Wahyudi M. 2014. *Evolusi Sebuah Bola Lampu*.<http://sains.kompas.com/read/2014/10/23/19591751/Evolusi.Sebuah.Bola.Lampu>.Diakses tanggal 24 Mei 2017.
- [2] Yutas, Marsa. *Studi Pengaruh Frekuensi dan Duty Cycle PWM terhadap Efisiensi Lampu LED*.Tugas Akhir.Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- [3] Gani, Fadhlhan Nuran. <http://robotic-electric.blogspot.co.id/2012/11/pulse-width-modulation-pwm.html>. Diakses tanggal 24 Mei 2017
- [4] Baharuddin,Rhiza S.Sadjad dan Muhammad Tola.2012.*Sistem Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis PWM (Pulse Width Modulation)*.Kendari:Sekolah Tinggi Informatika Dan Komputer.
- [5] Indrajit, Dudi.2009. *Mudah dan Aktif Belajar Fisika untuk Kelas X Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam*.Jakarta : Pusat Perbukuan,Departemen Pendidikan Nasional.
- [6] Suwarna, Iwan Permana.2010.*OPTIK*.Bogor:Duta Grafika.
- [7] Hartati, W & Suprijadi.2010.*Pengembangan Model Pengukuran Intensitas Cahaya dalam Fotometri*.Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITB.
- [8] Saputro,Jimmy H.*Analisa Penggunaan Lampu LED pada Penerangan dalam Rumah* .Tugas Akhir.Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [9] Djuandi, Feri. 2011. *PENGENALAN ARDUINO*.
www.tobuku.com .Diakses tanggal 30 Mei 2017
- [10] Prayogo, Rudito.2012.*PENGATURAN PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC* .Universitas Brawijaya.

Lampiran A *Listing Program Arduino Uno*

```
int pwm1 = 5;
int pwm2 = 6;
int frequency;
int periode;
int duty_cycle;

void setup() {
    //put your setup code here, to run once:
    pinMode (pwm1,OUTPUT);
    pinMode (pwm2,OUTPUT);
}

void loop() {
    //put your main code here, to run repeatedly:
    frequency =60;
    periode = 1000/frequency;
    duty_cycle = periode/2;
    digitalWrite(pwm1,HIGH);
    digitalWrite (pwm2,LOW);
    delay(duty_cycle);
    digitalWrite(pwm1,LOW);
    digitalWrite (pwm2,HIGH);
    delay(duty_cycle);
}
```

}

