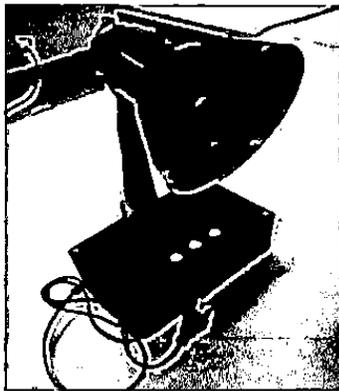


BAB IV

PRODUK AKHIR DAN PENGUJIAN

4.1 Spesifikasi Produk Akhir



Gambar 4.1 Produk Akhir Penelitian

Pada penelitian ini, produk yang dihasilkan adalah berupa :

- Lampu LED yang kinerjanya terotomatisasi oleh olahan data masukan dari sensor cahaya LDR di mikrokontroler ATMEGA16.
- Pendeteksian cahaya di sekitar ruangan menggunakan sensor jenis LDR (*Light Dependent Resistor*) yang sangat sensitif.
- Pengoperasian lampu LED otomatis ini menggunakan catu daya AC 220 Volt yang diturunkan tegangannya sesuai dengan kebutuhan rangkaian kontroler, dan disearahkan tegangannya menjadi DC oleh *switching adaptor*.
- Output tegangan dari *switching adaptor* ini menjadi input tegangan bagi rangkaian kontroler.

Atas ini, produk ini dapat digunakan sebagai tambahan tambahan, such button 1 such

- Pengoperasian alat ini dapat dijalankan dalam 2 pilihan mode, yaitu mode otomatis dan mode *auto sleep*.
- 1. Mode otomatis dapat dijalankan dengan menekan push button 1. Dalam mode ini alat akan bekerja secara otomatis dalam artian jumlah lampu LED yang menyala tergantung dengan kondisi cahaya sekitar yang diterima oleh sensor LDR.
- 2. Mode *auto sleep* dapat dijalankan dengan menekan push button 2. Dalam mode ini alat hanya akan bekerja dalam kurun waktu yang telah ditentukan sebelumnya pada program. Lampu LED akan mati satu per satu secara bertahap sampai pada waktu yang ditentukan hingga LED akan mati secara keseluruhan.

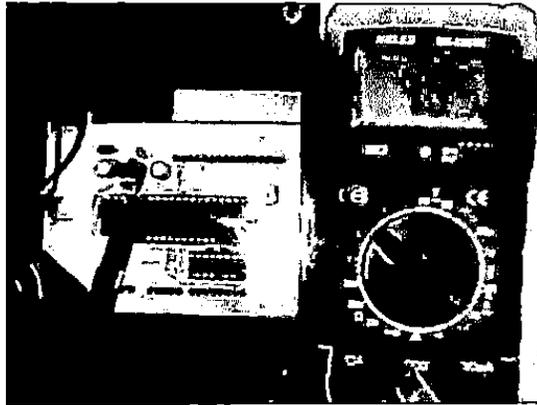
4.2 Pengujian

Pengujian produk hasil penelitian merupakan hal penting yang mutlak harus dilakukan. Bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat telah sesuai dengan yang direncanakan. Hal ini dapat diketahui melalui data-data yang didapatkan selama pengujian sistem.

Disamping itu, pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sudah bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari sistem yang sudah dibuat. Data-data hasil pengujian tersebut selanjutnya akan dianalisa secara seksama untuk mendapatkan kesimpulan utuh mengenai alat yang telah dibuat serta kelebihan

4.2.1 Pengujian perangkat masukan

- Regulator catu daya



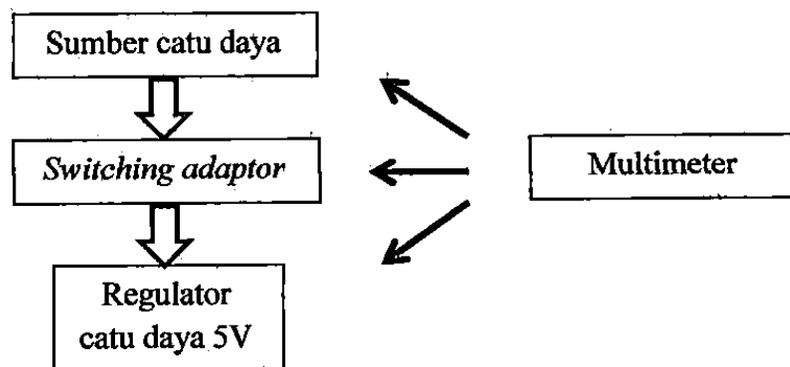
Gambar 4.2 Pengujian regulator catu daya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan masukan yang diterima oleh mikrokontroler ATMEGA16.

Peralatan yang dibutuhkan :

- *Switching adaptor*
- Sistem minimum mikrokontroler ATMEGA16 (rangkain regulator catu daya).
- Multimeter

Rangkaian :



Gambar 4.2 Diagram Blok Pengujian Regulator Catu Daya

- **Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)**



Gambar 4.4 Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor ini bertujuan untuk mengetahui nilai masukan dari sensor LDR. Data nilai masukan dari sensor LDR ditampilkan pada LCD.

Peralatan yang dibutuhkan :

- Sensor LDR
- Sistem minimum mikrokontroler ATMEGA16
- LCD 2*16 character
- Seperangkat *downloader* AVR dan program editor Code Vision AVR.
- Multimeter

Rangkaian :



Gambar 4.5 Diagram Blok Pengujian Sensor LDR

Langkah pengujian :

- Memasang rangkaian seperti yang ditunjukkan pada gambar blok pengujian sensor LDR.
- Sensor LDR dihubungkan ke PORTA.0 atau (`read_adc (0)`), untuk mengirimkan data dari sensor ke mikrokontroler. Data dari sensor diolah dengan algoritma tertentu, sehingga menghasilkan data berupa data nilai masukan dari sensor ke dalam bentuk nilai ADC.
- Memprogram mikrokontroler ATMEGA16.
- Menjalankan program uji
- Mengamati dan mencatat tegangan dan data masukan yang dihasilkan sensor LDR

Tabel 4.2 Nilai ADC Sensor LDR

V LDR (Volt)	Nilai ADC
0,25	12
0,62	25
0,73	37
1,02	50
1,21	62
1,42	75
1,65	87
1,9	100

Analisa :

Nilai ADC pada tabel adalah desimalisasi dari bentuk biner hasil pengolahan data digital pada mikrokontroler ATmega16 setelah sebelumnya dilakukan konversi dari data analog yang merupakan data masukan dari sensor LDR. Grafik tersebut menunjukkan bahwa tegangan LDR berbanding lurus dengan nilai ADC.

4.2.2 Pengujian Perangkat Keluaran

- LCD

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa modul LCD ini dapat bekerja dengan baik, yaitu dengan menampilkan data sensor dan data pendukung lain yang terdapat pada rangkaian sistem minimum ATMEGA16 ini.

Peralatan yang diperlukan :

- Modul LCD
- Sistem minimum mikrokontroler ATMEGA16
- Seperangkat downloader Atmel ISP dan program editor Code Vision AVR.

Rangkaian :

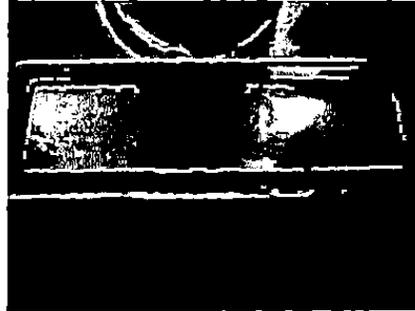


Gambar 4.7 Blok Diagram Pengujian LCD

Langkah pengujian :

1. Menyiapkan mikrokontroler ATMEGA16 untuk tampilan LCD

- Mengamati hasil tampilan yang keluar pada LCD



Gambar 4.8 Tampilan data pada LCD untuk mode otomatis



Gambar 4.9 Tampilan data pada LCD untuk mode *auto sleep*

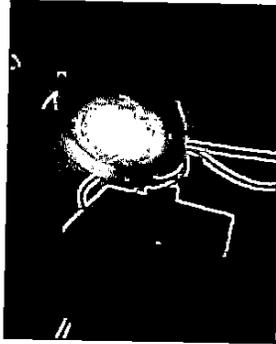
Analisa :

Gambar 4.8 menunjukkan hasil tampilan LCD pada mode otomatis. Data yang ditampilkan pada LCD adalah nilai ADC dan mode yang dipilih.

Gambar 4.9 menunjukkan hasil tampilan LCD pada mode *auto sleep*. Pada mode ini nilai ADC tidak ditampilkan. Akan tetapi data yang ditampilkan adalah timer dan mode yang dipilih.

Dari data-data yang ditampilkan tersebut, menunjukkan peran penting dari LCD untuk mengetahui bekerja atau tidaknya sistem

- **Lampu LED**



Gambar 4.10 Pengujian Lampu LED

Pengujian ini merupakan salah satu tahap yang terpenting, karena bertujuan untuk mengetahui hasil akhir dari keseluruhan kinerja sistem minimum mikrokontroler ATMEGA16 dalam mengolah data masukan dari sensor LDR untuk menghasilkan keluaran yang berupa penerangan lampu LED sesuai dengan yang direncanakan.

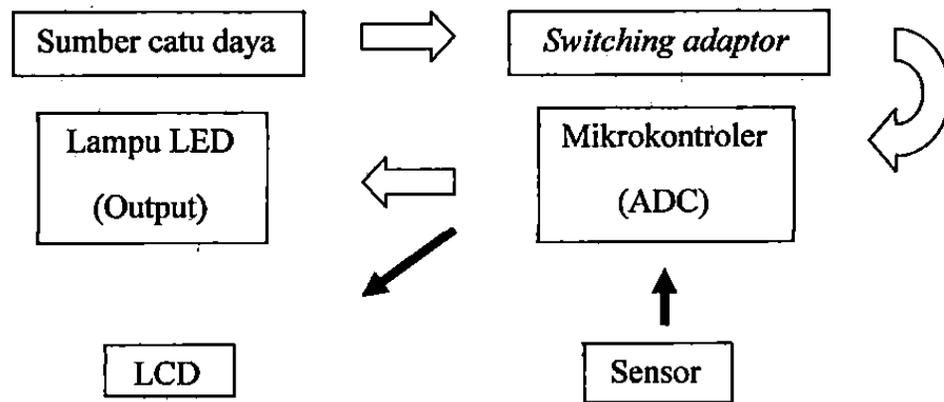
Pengujian yang dilakukan yaitu mengukur nilai tegangan output yang dihasilkan dengan multimeter, dan mengukur intensitas cahaya lampu dengan Lux meter.

Peralatan yang dibutuhkan :

- Multimeter
- Lux meter
- *Switching adaptor*
- Rangkaian sistem minimum ATMEGA16
- Sensor LDR

- Rangkaian lampu LED

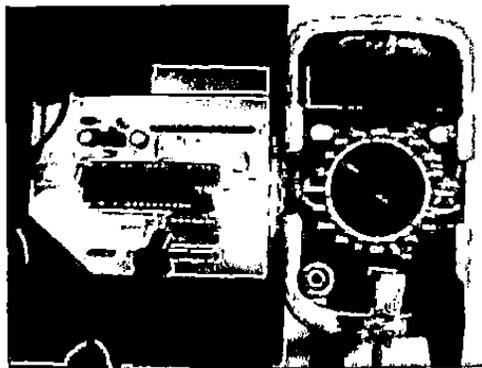
Rangkaian



Gambar 4.11 Blok Diagram Pengujian Lampu LED

Langkah pengujian :

- Memprogram mikrokontroler ATMEGA16 secara keseluruhan untuk pengendalian LED otomatis
 - Menjalankan program uji
 - Mengamati dan mencatat data keluaran yang dihasilkan oleh lampu LED
- **Pengujian Tegangan Output**



Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan output yang dihasilkan sistem kontroler di tiap-tiap PORT output pada mikrokontroler ATMEGA16 dan juga pin output IC ULN2003A yang digunakan sebagai input lampu LED dengan menggunakan multimeter.

Pengujian dilakukan dalam 2 mode, yaitu mode otomatis dan mode *auto sleep*. Pada tiap-tiap mode dilakukan dua tahap pengujian, yaitu pengukuran tegangan output dari mikrokontroler, dan pengukuran tegangan output setelah melalui IC ULN2003A.

- **Pengujian tegangan output pada mode otomatis**

- a. **Pengukuran tegangan Output dari Mikrokontroler**

Tabel 4. 3 Pengukuran tegangan output 1

Nilai ADC	PORTD.0 (Volt)	PORTD.1 (Volt)	PORTD.2 (Volt)	PORTD.3 (Volt)	PORTD.4 (Volt)	PORTD.5 (Volt)	PORTD.6 (Volt)
12	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
37	4,85	0	0	0	0	0	0
50	4,85	0	0	0	0	0	0
62	4,85	0	0	0	0	0	0
75	4,85	4,85	0	0	0	0	0
87	4,85	4,85	0	0	0	0	0
100	4,85	4,85	0	0	0	0	0
112	4,85	4,85	4,85	0	0	0	0

125	4,85	4,85	4,85	0	0	0	0
137	4,85	4,85	4,85	0	0	0	0
150	4,85	4,85	4,85	4,85	0	0	0
162	4,85	4,85	4,85	4,85	0	0	0
175	4,85	4,85	4,85	4,85	0	0	0
187	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	0	0
200	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	0	0
212	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	0
225	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	0
237	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85
250	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85

Analisa :

Dari data hasil pengukuran yang tertera pada tabel, beberapa hal yang dapat dianalisa antara lain :

- Tegangan output yang dihasilkan mikrokontroler besarnya sama pada tiap-tiap PORTD yaitu sebesar 4,85 Volt.
- Tiap-tiap PORTD akan ON (memiliki tegangan) sesuai dengan batas minimal nilai ADC untuk masing-masing PORT tersebut berdasarkan program yang telah dirancang sebelumnya.

Jumlah PORTD yang ON akan bertambah apabila nilai:

200	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	0	0
212	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	0
225	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	0
237	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
250	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29

Analisa :

Dari data hasil pengukuran yang tertera pada tabel, beberapa hal yang dapat dianalisa antara lain :

- Tegangan output yang dihasilkan setelah melalui IC ULN2003A besarnya sama pada tiap-tiap pin outputnya yaitu sebesar 4,29 Volt.
- Terjadi drop tegangan sebesar 0,56 Volt pada IC ULN2003A.
- Kondisi (ON/OFF) Pin output dari IC ULN2003A sama dengan kondisi (ON/OFF) PORTD mikrokontroler ATMEGA16. Hal ini karena IC ULN2003A disambung langsung secara seri dengan PORTD mikrokontroler ATMEGA16.
- **Pengujian tegangan output pada mode *auto sleep***
 - a. **Pengukuran tegangan Output dari Mikrokontroler**

Tabel 4.5 Pengukuran tegangan output 3

Timer	PORTD.0	PORTD.1	PORTD.2	PORTD.3	PORTD.4	PORTD.5	PORTD.6
-------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

(s)	(Volt)						
60	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85
240	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	0
480	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	0	0
720	4,85	4,85	4,85	4,85	0	0	0
960	4,85	4,85	4,85	0	0	0	0
1200	4,85	4,85	0	0	0	0	0
1440	4,85	0	0	0	0	0	0
1680	0	0	0	0	0	0	0

Analisa :

Dari data hasil pengukuran yang tertera pada tabel, beberapa hal yang dapat dianalisa antara lain :

- Tegangan output yang dihasilkan mikrokontroler besarnya sama seperti pada mode otomatis yaitu sebesar 4,85 Volt di tiap-tiap PORTD.
- Pada mode ini tidak lagi menggunakan nilai ADC sebagai besaran patokan akan tetapi menggunakan besaran waktu (*timer*).
- Tiap-tiap PORTD akan OFF (tidak memiliki tegangan) sesuai dengan batas waktu (*timer*) untuk masing-masing PORT tersebut berdasarkan program yang telah dirancang sebelumnya.

- Jumlah PORTD yang OFF akan bertambah seiring dengan penambahan waktu (*timer*). Satu per satu PORTD akan OFF dalam waktu 4 menit, sehingga saat waktu (*timer*) mencapai 28 menit, maka semua PORTD (PORTD.0 - PORTD.6) akan OFF.

b. Pengukuran tegangan Output setelah melalui IC ULN2003A

Tabel 4.6 Pengukuran tegangan output 4

Timer (s)	Pin 10 (Volt)	Pin 11 (Volt)	Pin 12 (Volt)	Pin 13 (Volt)	Pin 14 (Volt)	Pin 15 (Volt)	Pin 16 (Volt)
60	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
240	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	0
480	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	0	0
720	4,29	4,29	4,29	4,29	0	0	0
960	4,29	4,29	4,29	0	0	0	0
1200	4,29	4,29	0	0	0	0	0
1440	4,29	0	0	0	0	0	0
1680	0	0	0	0	0	0	0

Analisa :

Dari data hasil pengukuran yang tertera pada tabel, beberapa

hal yang dapat dianalisa antara lain :

20.000 lux, sebab dengan skala 200 dan 2000, Lux dari lampu LED tidak terbaca.

Pengujian hanya dilakukan untuk keadaan lampu LED menyala penuh (semua LED ON), sebab Luxmeter yang menjadi alat pengujian merupakan alat uji yang kedap cahaya, dan dimaksudkan untuk perbandingan dengan lampu lain yang dianggap setara.

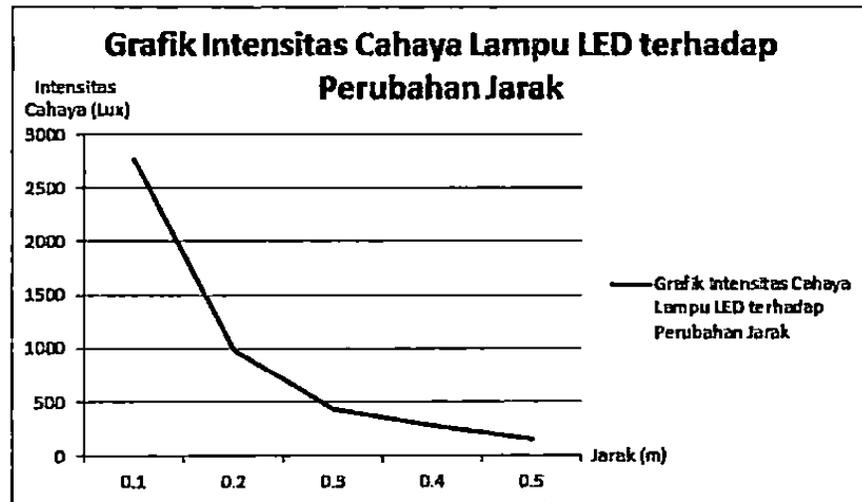


Gambar 4.14 Pengujian menggunakan Luxmeter

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Intensitas Cahaya pada Lampu LED

Tabel 4.7 Hasil pengujian intensitas cahaya pada lampu LED

No	Jarak (m)	Fluxs cahaya (lumens)	Kuat penerangan (lumens/m ²)
1	0,1	27700	2770
2	0,2	4900	980
3	0,3	1440	432
4	0,4	700	280
5	0,5	300	150



Gambar 4.15 Grafik intensitas cahaya LED terhadap perubahan jarak

Analisa :

Hasil pengujian lampu LED pada Luxmeter menunjukkan kuatnya intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu LED pada rentang pengukuran 10 cm sampai dengan 50 cm. Lampu LED yang bertipe *downlight* sangat berpengaruh terhadap kuatnya intensitas cahaya yang dihasilkan, karena cahaya yang dihasilkan terfokus pada satu titik. Selain itu pada dasarnya, nilai flux cahaya yang dimiliki oleh lampu LED sudah besar, yaitu 500 Lumen atau 100 Lm/W.

4.3 Perbandingan dengan Lampu Lain

Dalam pengujian ini, hasil penelitian penulis yang berupa lampu LED otomatis ini diperbandingkan dengan lampu lain sebagai pembuktian dari alasan penulis menggunakan lampu LED sebagai objek penelitian. Bahan perbandingan yang digunakan adalah lampu TL 8 Watt (setara 40 Watt) hemat energi yang

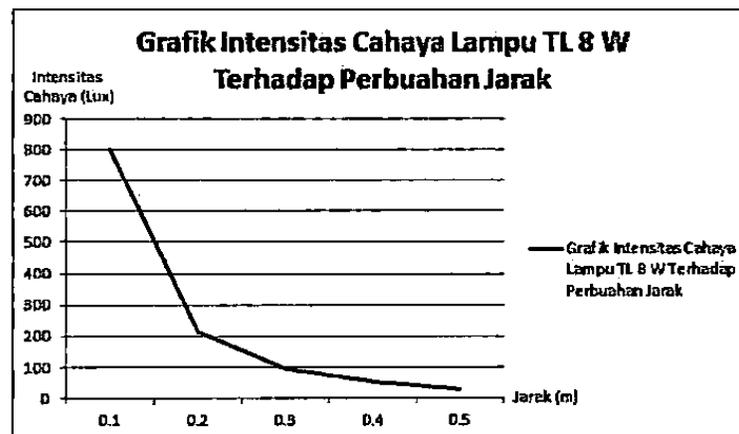
perbandingan berupa intensitas cahaya, usia lampu, nilai ekonomis, konsumsi energi, suhu warna, dan sudut penerangan.

4.3.1 Perbandingan Intensitas Cahaya

Untuk mengetahui nilai intensitas cahaya dari lampu TL dilakukan pengujian menggunakan Luxmeter. Hasil dari pengujian tersebut selanjutnya dijadikan sebagai bahan perbandingan dengan lampu LED hasil penelitian.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Intensitas Cahaya pada Lampu TL

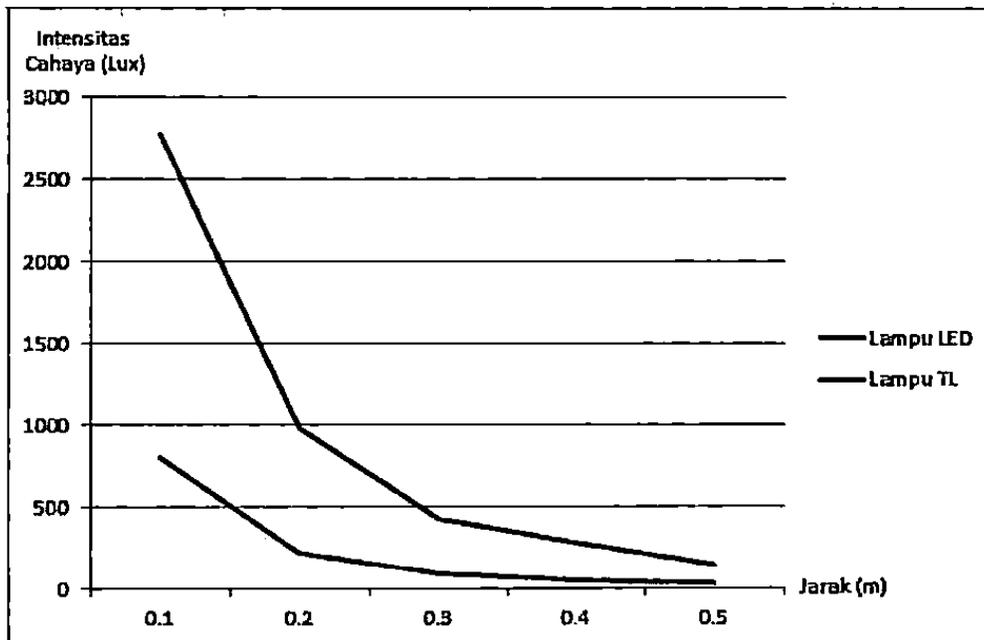
No	Jarak (m)	Fluxs cahaya (lumens)	Kuat penerangan (lumens/m ²)
1	0,1	8000	800
2	0,2	1080	216
3	0,3	321,67	96,5
4	0,4	134,25	53,7
5	0,5	56,6	28,3



Gambar 4.16 Grafik intensitas cahaya lampu TL 8W terhadap

Analisa :

Dari Tabel data dan grafik hasil pengujian tersebut menunjukkan lemahnya intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu TL, meski jarak pengujian baru dikisaran 10 cm hingga 50 cm. Selain itu, nilai flux cahaya yang dimiliki oleh lampu TL juga tidak terlalu besar yakni hanya sebesar 480 Lumen atau 44 Lm/W.



Gambar 4.17 Grafik perbandingan intensitas cahaya lampu LED dengan lampu TL

Grafik diatas menunjukkan perbandingan intensitas cahaya antara lampu LED dengan lampu TL, dimana dapat dilihat bahwa intensitas cahaya yang dihasilkan lampu LED lebih kuat dibandingkan intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL. Selain itu, jika dibandingkan dengan Lampu LED yang menjadi objek pengujian, nilai flux cahaya yang

juga lebih rendah dari lampu LED yang sebesar 500 Lumen atau 100 Lm/W.

4.3.2 Perbandingan Usia Lampu

Untuk perbandingan usia dari kedua lampu ini dapat diketahui melalui data dibawah ini :

Usia lampu LED : 30.000 jam = 3 tahun 5 bulan

Usia lampu TL : 6.000 jam = 8 bulan 10 hari

Dari data di atas dapat diketahui usia lampu LED jauh lebih lama dari lampu TL, yaitu 30.000 jam : 6.000 jam atau 5 : 1. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa lama pemakaian 1 lampu LED setara dengan lama pemakaian 5 lampu TL.

4.3.3 Perbandingan Nilai Ekonomis

Untuk perbandingan nilai ekonomis dari kedua lampu ini dapat diketahui melalui data dibawah ini :

Harga lampu LED : Rp. 2.500,- x 14 = Rp. 35.000,-

Harga lampu TL : Rp. 20.000,-

Pengeluaran awal yang harus dikeluarkan untuk membeli lampu LED memang lebih besar jika dibandingkan dengan membeli lampu TL, yaitu Rp. 35.000,- : Rp. 20.000,-, atau 1,75 : 1. Namun, seperti yang sudah diketahui sebelumnya dari perbandingan usia lampu LED dan lampu TL, maka akan dapat dilakukan penghematan seperti perhitungan berikut:

$$\text{Penghematan} = (\text{harga lampu TL} \times 5) - (\text{harga lampu led} \times 1)$$

Penghematan = Rp. 65.000, –

Berdasarkan perhitungan diatas, maka penghematan yang dapat dilakukan dengan penggunaan lampu LED dibandingkan dengan lampu TL, yaitu sebesar Rp.65.000,-. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan lampu LED lebih ekonomis dibandingkan dengan lampu TL.

4.3.4 Perbandingan Konsumsi Energi

Untuk perbandingan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh kedua lampu ini dapat diketahui melalui data berikut :

Daya lampu LED : $0,355 \text{ W} \times 14 = 4,97 \text{ W} = 5 \text{ W}$

Daya lampu TL : 8 W

Rumus perhitungan :

$$W = P \times t$$

Ket : W = Energi Listrik (kWh)

P = Daya Lampu (Watt)

t = Waktu (jam)

Waktu yang digunakan disini adalah berdasarkan usia lampu.

(Perhitungan dengan menggunakan usia lampu TL)

$$W(\text{LED}) = 5 \text{ W} \times 6000 \text{ jam} = 30 \text{ kWh}$$

$$W(\text{TL}) = 8 \text{ W} \times 6000 \text{ jam} = 48 \text{ kWh}$$

$$\text{Penghematan Energi} = \frac{W(\text{LED})}{W(\text{TL})} \times 100\% = \frac{30 \text{ kWh}}{48 \text{ kWh}} \times 100\% = 62,5\%$$

(Perhitungan dengan menggunakan usia lampu LED)

$$W(\text{LED}) = 5 \text{ W} \times 30000 \text{ jam} = 150 \text{ kWh}$$

$$W(TL) = 8 W \times 30000 \text{ jam} = 240 \text{ kWh}$$

$$\text{Penghematan Energi} = \frac{W(LED)}{W(TL)} \times 100\% = \frac{150 \text{ kWh}}{240 \text{ kWh}} \times 100\% = 62,5\%$$

Dengan menggunakan dua metode perhitungan, yaitu dengan menggunakan usia lampu TL dan dengan menggunakan usia lampu LED, hasil perhitungan yang didapatkan sama, yaitu penghematan konsumsi energi listrik dari lampu LED lebih hemat 62,5% jika dibandingkan dengan lampu TL.

Dari hasil perhitungan konsumsi energi listrik tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan serta perbandingan biaya konsumsi energi listrik yang harus dikeluarkan.

Rumus perhitungan :

$$\text{Cost} = W \times TDL$$

Ket : Cost = Biaya konsumsi energi listrik

W = Energi Listrik (kWh)

TDL = Tarif Dasar Listrik = Rp. 928,-/kWh

(Perhitungan dengan menggunakan usia lampu TL)

$$\text{Cost (LED)} = W(LED) \times TDL = 30 \text{ kWh} \times \text{Rp. 928,-} = \text{Rp. 27.840,-}$$

$$\text{Cost (TL)} = W(TL) \times TDL = 48 \text{ kWh} \times \text{Rp. 928,-} = \text{Rp. 44.544,-}$$

$$\text{Penghematan Cost} = \frac{\text{Cost (LED)}}{\text{Cost (TL)}} \times 100\% = \frac{\text{Rp. 27.840,-}}{\text{Rp. 44.544,-}} \times 100\%$$

$$= 62,5\%$$

(Perhitungan dengan menggunakan usia lampu LED)

$$\text{Cost (LED)} = W(LED) \times TDL = 150 \text{ kWh} \times \text{Rp. 928,-} = \text{Rp. 139.200,-}$$

$$\text{Cost (TL)} = W(\text{TL}) \times \text{TDL} = 240 \text{ kWh} \times \text{Rp. 928,-} = \text{Rp. 222.720,-}$$

$$\begin{aligned} \text{Penghematan Cost} &= \frac{\text{Cost (LED)}}{\text{Cost (TL)}} \times 100\% = \frac{\text{Rp. 139.200,-}}{\text{Rp. 222.720,-}} \times 100\% \\ &= 62,5\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan dua metode perhitungan, yaitu dengan menggunakan usia lampu TL dan dengan menggunakan usia lampu LED, hasil perhitungan yang didapatkan sama, yaitu penghematan biaya pemakaian listrik dari lampu LED lebih hemat 62,5% jika dibandingkan dengan lampu TL.

4.3.5 Perbandingan Suhu Warna

Suhu warna yang dihasilkan oleh lampu LED lebih rendah jika dibandingkan dengan lampu TL, yaitu sebesar 2700K (hingga 7000K pada pemakaian untuk durasi panjang). Sedangkan lampu TL menghasilkan suhu warna sebesar 6400K. Perbedaan mendasar yang dapat diketahui adalah panas yang lebih cepat terasa pada lampu TL meski baru sebentar dipakai.

4.3.6 Perbandingan Sudut Pencahayaan

Sudut pencahayaan yang dihasilkan oleh lampu TL relatif lebih baik sebab mampu menjangkau area ruangan yang lebih luas (180°). Sedangkan pada lampu LED sudut pencahayaannya lebih kecil (max 75°), sebab lampu LED yang digunakan adalah jenis *downlight* LED yang

4.4 Pelajaran yang Diperoleh

Penelitian yang telah dilakukan ini memberikan pengalaman dan pengetahuan tambahan bagi penulis. Dalam proses penelitian menuntut perencanaan yang matang dan didukung dengan studi yang memadai sehingga penelitian dapat berjalan lancar sesuai harapan. Ketekunan, kesabaran, pantang berputus asa, dan rasa tanggung jawab adalah hal penting yang dibutuhkan dalam proses penelitian.

Dalam proses penelitian ini terdapat beberapa kendala dan permasalahan yang sempat dialami penulis. Diantaranya yaitu kegagalan dalam proses pembuatan hardware, dimana hardware yang dihasilkan tidak seperti yang telah disimulasikan sebelumnya pada software Proteus ISIS, sehingga proses pembuatan hardware tersebut harus diulang kembali. Selain itu, kurangnya pemahaman penulis tentang bahasa pemrograman C dan penggunaan software Code Vision AVR juga menjadi salah satu kendala yang dialami penulis dalam penelitian ini. Oleh karenanya dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mempelajari dan memahaminya terlebih dahulu.

Dalam proses pembuatan, dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan hasilnya tidak selalu sesuai dengan yang direncanakan. Hasil percobaan yang sempat direalisasikan penulis, mengalami kegagalan saat memasuki tahap akhir menjelang pengujian. Hal tersebut menyebabkan penulis mesti kembali menganalisa dan mendata ulang kekurangan yang harus dilengkapi dan diperbaiki

..... yang sudah direncanakan