

Prototype Lampu LED Hemat Energi Sebagai Penerangan Rumah Tangga

Suprihardi¹, Yaman², Ellyani³

^{1 2 3}) Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹suprihardi@pnl.ac.id

²yaman_gayo@gmail.com

³eliyani@pnl.ac.id

Abstrak — Lampu LED mulai banyak digunakan untuk penerangan rumah tangga dan gedung-gedung perkantoran. Lampu LED digunakan dinilai lebih hemat energi listrik karena kinerjanya yang bagus. Lampu hemat energy terus dikembangkan dengan menggunakan LED (*Light Emitting Diode*). Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu menghasilkan sebuah prototive lampu LED dan menguji kinerja lampu LED tersebut terkait intensitas cahaya yang dihasilkan dan besar konsumsi daya nya. Peneliti juga penambahan sistem pendingin dan reflektor dari alluminium yang berfungsi untuk mendinginkan LED agar tidak mudah putus serta untuk menambah tingkat pencahayaan yang dihasilkan. Metode penelitian yang dilakukan yaitu merancang, membuat dan pengujian prototype lampu LED. Hasil penelitian yang dicapai yaitu, tegangan AC 230 volt diturunkan oleh kapasitor 105J 400V menjadi 33 volt dengan memasang dioda zener. Tegangan DC pada LED yang dihasilkan sebesar 30,98 volt sementara LED pembanding sebesar 32 volt. Konsumsi daya lebih rendah sebesar 18,9 VA dibanding lampu LED pembanding sebesar 26,3 VA. Intensitas cahaya yang dihasilkan sebesar 58 lux, sementara lampu LED pembanding sebesar 81,3 lux. Setelah dilakukan pemasangan heatsing dan reflektor, terjadi peningkatan intensitas cahaya sebesar 9 lux.

Kata kunci—Lampu LED, intensitas cahaya, hemat energi

Abstract - LED lights are starting to be widely used for lighting households and office buildings. The LED lamps used are considered to be more efficient in electrical energy because of their good performance. Energy-saving lamps continue to be developed using LEDs (*Light Emitting Diode*). The objectives to be achieved in this study are to produce an LED prototype and test the performance of the LED lamps in relation to the intensity of light produced and the amount of power consumption. Researchers also added a cooling system and a reflector. of alluminium which functions to cool the LED so that it does not break easily and to increase the level of lighting produced. The research method used is to design, manufacture and test the LED lamp prototype. The results achieved are that the 230 volt AC voltage is reduced by a 105J 400V capacitor to 33 volts by installing a zener diode. The resulting DC voltage on the LED is 30.98 volts while the comparator LED is 32 volts. Power consumption is 18.9 VA lower than the comparator LED lamp of 26.3 VA. The resulting light intensity is 58 lux. , while the comparator LED lamp is 81.3 lux Heatsing and reflectors have been installed, there is an increase in light intensity of 9 lux.

Keywords — LED lighting, light intensity, energy saving

I. PENDAHULUAN

Lampu penerangan merupakan peralatan rumah tangga yang menggunakan energy listrik. Lampu penerangan hemat energy banyak yang diproduksi oleh pabrik. Saat ini sudah dikembangkan pemakaian lampu hemat energy dengan menggunakan lampu LED (*Light Emitting Diode*). LED memiliki karakteristik yang berbeda beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi tegangan atau arus yang mengalir pada LED maka semakin terang cahaya yang dihasilkan. Terlalu besar arus yang diberikan pada LED yang melebihi kapasitasnya, maka LED akan sangat mudah putus. Lampu LED membutuhkan tegangan rendah DC sekitar 3 s/d 3,5 volt, dengan arus 18 s/d 150 mA. Hasil ekstrapolasi secara statistik didapatkan umur pakai lampu tersebut rata-rata pada kisaran 20.500 jam [1].

Nilai per satuan LED nya adalah 48,33 lumen [2]. Penggunaan teknologi LED memberi banyak manfaat antara lain lebih hemat energi, tidak mencemari lingkungan, dan fleksibilitas desain lampu untuk menghasilkan pencahayaan sesuai selera serta umur yang panjang.

Tetapi yang menjadi masalah yaitu harga jual yang cukup mahal dan kebanyakan cepat rusak atau putus akibat panas, sehingga tidak dapat digunakan atau harus diganti. Harga lampu LED dijual dipasaran antara 30.000 sampai dengan 299.000 tergantung jumlah daya pada lampu tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah penelitian terapan berupa prototive lampu LED sebagai lampu

penerangan rumah tangga dengan pemakaian daya yang rendah, intensitas cahaya bertambah, harga yang relatif murah, hemat energi serta tahan lama. Sehingga harus dilakukan perancangan, pembuatan dan pengukuran terhadap prototype lampu LED sebagai spesifikasi lampu tersebut. Diharapkan prototive yang dihasilkan akan lebih murah, pemakaian daya yang rendah, peningkatan intensitas cahaya, hemat energy, dan tahan lama. Sehingga dalam penelitian ini yang perlu dilakukan adalah merancang dan membuat rangkaian LED kemudian mengukurnya. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dikembangkan sehingga bermanfaat sebagai lampu penerangan rumah tangga dan sebuah usaha produksi.

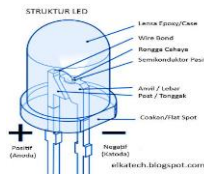
Sistem Penerangan

Di bidang penerangan (*lighting*), lampu penerangan berkembang maju sejak ditemukan lampu pijar oleh Thomas Alfa Edison, kemudian lampu jenis TL, SL dan kini lampu LED dan OLED. Sistem lampu LED Alternatif dengan pemasangan rangkaian lampu LED secara paralel kurang efisien daya 40% dibandingkan dengan lampu LED Philip serta Lampu LED Alternatif kurang efisien daya 63% dibandingkan dengan lampu LED hanocs [3]. Efisiensi yang dihasilkan dengan menggunakan lampu LED adalah sebesar 27,41% [4]. Dari hasil analisis diperoleh bahwa lampu penerangan jenis LED jauh lebih hemat energy dari lampu konvensional jenis lain [5]. Pemakaian energi listrik (KWH) beberapa lampu LED (1x20 Watt) lebih rendah dari KWH

satu beberapa lampu TL (1x136 Watt) [6]. Perbedaan energi yang signifikan terhadap Variabel bebas (lampu LED, PIJAR, LHE dan TL) terhadap energi yang terpakai. Yang paling signifikan pertama adalah lampu pijar, kedua lampu TL, ketiga lampu LHE dan keempat lampu LED [7]. Secara ekonomis harga lampu LED saat ini masih mahal, tetapi mempunyai prospek sangat baik, mengingat lampu jenis LED mempunyai kelebihan dibanding lampu jenis lain [8], [9].

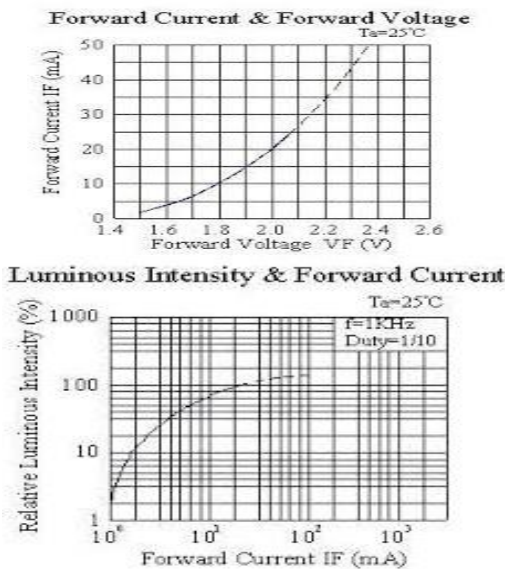
Lampu LED adalah produk diode pancaran cahaya (LED) yang disusun menjadi sebuah lampu. Lampu LED memiliki usia pakai dan efisiensi listrik beberapa kali lipat lebih balik daripada lampu pijar dan tetap jauh lebih efisien daripada lampu neon. Lampu LED hanya butuh energi sebesar 10% dari energi yang dibutuhkan lampu pijar. Konsumsi daya listrik dari lampu TL-LED lebih kecil dari lampu TL-T8 dengan perbedaan sebesar 33,3% untuk konsumsi dayanya [10].

Perkembangan teknologi lampu yang pesat telah mengantar penciptaan jenis lampu baru, yaitu LED (Light Emmiting Diode). Lampu LED memiliki usia yang sangat panjang, dengan konsumsi daya listrik yang sangat kecil. Lampu LED sangat menunjang desain pencahayaan karena memiliki variasi warna, yaitu putih dingin (cool white), kekuningan, merah, hijau, dan biru. Variasi warna ini memungkinkan penciptaan suasana ruang maupun objek yang senantiasa berubah (color changing) dengan memainkan warna-warna yang berbeda pada waktu-waktu tertentu. Bentuk LED dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Bentuk LED (sumber:double electronics technology co.LTD)

Karakteristik lampu LED sangat terkait terhadap tegangan, arus, dan suhu kerja. Jika LED bekerja diatas batas ambang rating tegangan, arus dan temperatur, maka akan mengakibatkan komponen LED akan rusak atau putus. Karakteristik LED tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Karakteristik Lampu LED (sumber:double electronics technology co.LTD)

Penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh jenis dan bentuk lampu terhadap intensitas pencahayaan dan energi buangan melalui perhitungan nilai efikasi luminus yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.1 [3]

TABEL I.
HASIL PENGUKURAN KETIGA JENIS LAMPU 5 WATT

No	Jenis Lampu	E (lux)	φ (lm)	K (lm/watt)	H	E Buang (J)
1	Pijar	4	145,2	9,7	0,014	4437
2	Fluoresent	7	254,1	50,8	0,074	1389
3	LED	30	1089	217,8	0,32	1020

Kuat Penerangan (Iluminasi)

Iluminasi (E) adalah cahaya yang jatuh pada sebuah permukaan. Hal ini diukur terhadap fluksi penerangan yang diterima pada luas satuan, misalnya lumen setiap m² dengan satuannya adalah lux. Dengan menggap sumber penerangan sebagai titik yang jaraknya (h) dari bidang penerangan maka iluminasi (E) dalam lux (lx) pada suatu titik pada bidang penerangan adalah [11]:

$$E = I/h^2 \quad (\text{Lux}) \quad (1)$$

Perhitungan Beban

Setiap beban mengkonsumsi daya listrik saat terhubung dengan suplai tegangan. Lampu menghasilkan cahaya karena mengkonsumsi daya dalam jumlah tertentu sesuai dengan standart dari masing – masing produsen lampu tersebut. Daya tersebut biasanya sudah dicantumkan pada setiap produk, tetapi daya ini juga bisa didapat dengan melalui pengukuran secara langsung pada masing – masing lampu. Daya aktif dinyatakan dalam satuan watt (W) [12].

$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (\text{watt}) \quad (2)$$

Daya semu dinyatakan dalam satuan VA.

$$S = V \times I \quad (\text{VA}) \quad (3)$$

Daya aktif merupakan daya yang berupa daya kerja seperti menghasilkan daya mekanik, panas, cahaya, dan lainnya.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode perancangan dan pengujian. Metode perancangan dalam hal ini yaitu membuat modul berupa prototipe terkait dengan permasalahan yang di teliti yaitu sfesifikasi prototipe lampu LED. Modul-modul yang terkait yaitu, modul sumber tegangan, modul PCB LED, dan modul casing. Selanjutnya dilakukan pengujian hasil prototipe terkait intensitas cahaya yang dihasilkan, dan besar konsumsi energy listrik.

Metode Perancangan

A. Menentukan kapasitor

Kapasitor yang digunakan jenis millar yang fungsinya untuk menurunkan tegangan dari 230 volt ke 35 volt. Tegangan ini sesuai kebutuhan tegangan LED dengan spesifikasi 3,2 s/d 3,5 volt yang dihubungkan secara seri sebanyak 10 buah. Spesifikasi arus LED sebesar 100 mA, sehingga tegangan yang dibutuhkan yaitu,

$$V = 10 \times 3,5 = 35 \text{ volt}$$

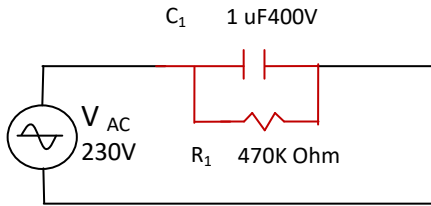
Reaktansi kapasitor dihitung yaitu,

$$X_c = (230 - 35) / 100 \text{ mA} = 1,95 \text{ K}\Omega$$

Nilai kapasitor yaitu,

$C = 1/(2 \times 3,14 \times 50 \times 1950) = 1,63 \times 10^{-6}$ Farat
 atau $C = 1,63 \mu\text{F}$

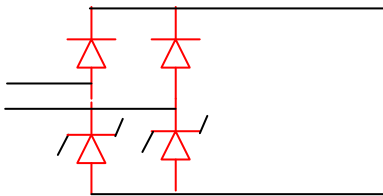
Dari nilai tersebut dapat dipilih nilai kapasitor yang ada dipasaran sebesar $1\mu\text{F}$ pada tegangan 400 volt dengan kode komponen kapasitor yaitu 105J400V. Kapasitor tersebut diparalel dengan tahanan 470 K Ω dengan tujuan sebagai dummy load seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Rangkaian kapasitor penurun tegangan

B. Penyearah dioda

Dioda yang digunakan dengan jenis IN4007 dengan kemampuan tegangan dadal maksimum 100 volt dengan kemampuan arus sebesar 1A pada suhu 75°C. Sistem penyearah digunakan sistem jembatan dengan 2 buah dioda dan 2 buah zenner, sebagai penyearah gelombang penuh seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Rangkaian penyearah jembatan

Tegangan DC yang dihasilkan dari rangkaian penyearah yaitu,

$$V_{dc} = 2xV_m/\pi$$

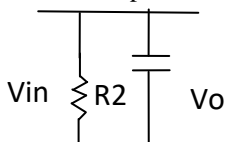
$$V_{dc} = (2 \times 35 \times \sqrt{2})/3,14 = 31,52 \text{ volt}$$

C. Penyanggah tegangan

Penyanggah tegangan bertujuan sebagai pengaman kapasitor dengan memasang resistor 100K secara paralel dengan ELKO 47 uF 100 Volt. Tujuan penyanggah tegangan berfungsi sebagai beban bagi kapasitor millar 105J 400V bekerja dengan baik sebagai penurun tegangan. Karena prinsipnya kapasitor millar bekerja sebagai penurun tegangan jika ada dilakukan pembebanan, jika tidak maka kapasitor millar tidak melakukan penurunan tegangan.

D. Filter tegangan

Filter DC setelah penyearah yang digunakan adalah kapasitor jenis elektrolit dengan tegangan kerja melebihi kebutuhan tegangan beban ball LED. Jika tegangan kapasitor lebih kecil dari tegangan beban LED yang dibutuhkan akan membuat kapasitor tersebut panas dan akhirnya meledak. Dalam hal ini dipilih kapasitor elektrolit sebagai filter dengan ukuran 47 uF 100 volt DC seperti terlihat pada Gambar 2.3.



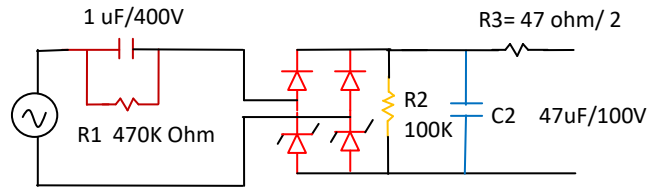
Gambar 2.3. Rangkaian penyanggah tegangan

E. Pembatas arus

Pembatas arus digunakan tahanan 47 ohm 2 watt dihubungkan secara seri dengan LED. Tujuan dilakukan pembatasan arus yaitu untuk menjaga kapasitas LED yang hanya mampu bekerja pada arus 100 mA.

F. Rangkaian sumber tegangan LED

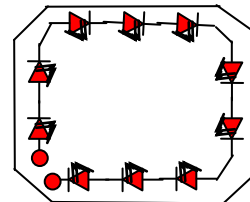
Secara keseluruhan rangkaian sumber tegangan mulai dari penurun tegangan, penyearah jembatan, dan filter dapat digambarkan seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Rangkai keseluruhan sumber tegangan

G. Rangkaian LED

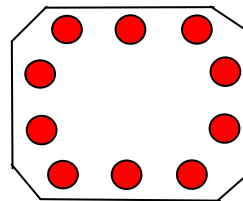
Rangkaian LED terdiri dari 10 buah yang dihubungkan secara seri. Tegangan LED sebesar 3,5 volt dengan kemampuan arus 100 mA. Tegangan yang harus diberikan untuk 10 LED sebesar $10 \times 3,5 \text{ volt} = 35 \text{ volt}$. Indikasi yang paling dilihat adalah tegangan yang diberikan, jika melebihi tegangan kerja maka akan mengakibatkan LED putus. Rangkaian LED dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut,



Gambar 2.5 Rangkaian seri LED

H. Sistem pendingin dan reflektor

Sistem pendingin yang digunakan adalah plate alluminium dan reflektor alluminium foil merupakan pendingin dari LED agar suhu tidak melebihi suhu kerjanya seperti terlihat pada Gambar 2.6. Tujuan pendingin agar kerja led lebih lama jika suhu LED bekerja secara normal. Suhu yang tinggi akan mempersingkat masa pakai, menurunkan performa, dan berakhir putus.



Gambar 2.6. Sistem pendingin dan reflektor LED

Hasil Prototype Lampau LED

Setelah dilakukan perakitan komponen pada PCB dan menghubungkan komponen sumber tegangan dengan rangkaian LED dengan meminjam casing lampu LED pembeding seperti terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Prototype LED

Metode Pengujian

Setelah komponen dirakit dalam PCB selanjutnya dilakukan pengujian terhadap tegangan kerja diantaranya,

1. Tegangan terminal input PLN,
2. Tegangan output AC oleh kapasitor millar 105J 400V dalam menurunkan tegangan yang diharapkan.
3. Tegangan DC oleh penyearah jembatan dioda dan filter
4. Tegangan pada LED

Prototype Lampu LED diberi tegangan seperti terlihat pada Gambar 2.8.



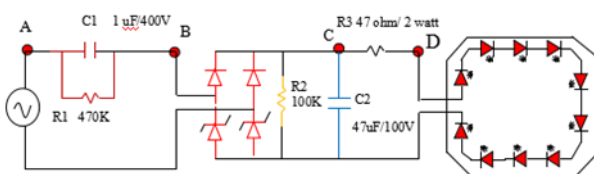
Gambar 2.8. Pengujian prototive LED

Lampu LED Pemanding diberi tegangan seperti terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Lampu LED pemanding

Titik Pengukuran rangkaian keseluruhan modul prototype lampu LED seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rangkaian prototype LED

Keterangan titik pengukuran

1. Pada titik A titik ukur tegangan input PLN
2. Pada titik B titik ukur tegangan output AC setelah kapasitor 105J400V
3. Pada titik C titik ukur tegangan DC
4. Pada titik D titik ukur tegangan LED

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil pengujian yang dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan dan arus pada rangkaian untuk prototype LED seperti terlihat pada Tabel II dan lampu LED pemanding seperti terlihat Tabel III

TABEL II.
DATA PENGUKURAN TEGANGAN DAN ARUS
PROTOTYPE LAMPU LED

No	Tegangan input AC (volt)	Tegangan LED (volt)	Arus input (A)	Arus LED (A)
1	230	30,98	0,0705	0,0475

TABEL III.
DATA PENGUKURAN TEGANGAN
DAN ARUS LAMPU LED PEMANDING

No	Tegangan input AC (volt)	Tegangan LED (volt)	Arus input (A)	Arus LED (A)
1	230	32	0,1045	0,071

Rangkaian Pengujian terhadap pengukuran daya dan intensitas cahaya seperti terlihat pada Gambar 2.11



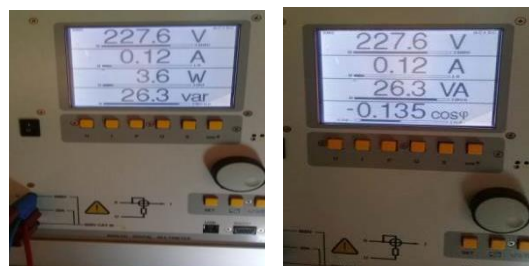
Gambar 2.11. Pengukuran daya dan intensitas cahaya.

Alat yang dibutuhkan dalam pengujian diantaranya,

1. Watt meter
2. Lux meter
3. Multi meter



Gambar 2.12. Pengukuran V, I, P, S, Q, cos pi dan intensitas cahaya prototype LED



Gambar 2.13. Pengukuran daya dan intensitas cahaya Lampu LED pemanding

Hasil pengujian yang dilakukan dengan melakukan pengukuran konsumsi daya dan intensitas cahaya untuk modul prototype LED rata-rata 3 kali pengukuran seperti terlihat pada Tabel IV, Tabel V dan lampu LED pembanding seperti terlihat Tabel VI.

TABEL IV.
DATA PENGUKURAN DAYA DAN INTENSITAS CAHAYA
PROTOTYPE LED

No	Tegangan input (volt)	Arus input (A)	Daya (Watt)	Kuat penerangan (lux)
1	230	0,08	2,2	58

TABEL V.
DATA PENGUKURAN DAYA DAN INTENSITAS CAHAYA
PROTOTYPE LED DENGAN PENDINGIN DAN REFLEKTOR

No	Tegangan input (volt)	Arus input (A)	Daya (Watt)	Kuat penerangan (lux)
1	230	0,08	2,2	49

TABEL VI.
DATA PENGUKURAN DAYA DAN INTENSITAS CAHAYA LAMPU
LED PEMBANDING

No	Tegangan input (volt)	Arus input (A)	Daya (Watt)	Kuat penerangan (lux)
1	230	0,12	3,6	81,3

Pembahasan

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan data pengukuran terhadap prototype LED dan lampu LED pembanding di dapat data seperti Tabel II, III, IV, V dan VI. Lampu LED pembanding merupakan lampu LED dengan merk tertentu dengan jumlah LED sebanyak 10 buah. Demikian juga dengan prototype LED yang dibuat menggunakan LED sebanyak 10 buah. Dari data pengukuran kedua lampu tersebut diantaranya,

A. Prototype LED

1. Komponen yang digunakan yang ada dipasaran dengan ukuran yang relatif besar
2. Prototype LED yang digunakan dapat dilihat dari gambar 4.13.
3. Tegangan PLN rata -rata pada titik A sebesar 230 volt
4. Tegangan AC rata -rata setelah kapasitor 105J400V pada titik B sebesar 33,6 volt
5. Tegangan DC rata -rata pada titik C filter RC sebesar 33,3 volt
6. Tegangan DC rata -rata pada titik D pada LED setelah melalui rasistor 47 ohm 2 watt sebesar 30,98 volt dengan arus 0,0475 A
7. Pada tegangan 230 volt dengan arus 0,08 ampere, sehingga konsumsi daya sebesar 18,9 VA
8. Pada tegangan 230 volt Intensitas cahaya yang dihasilkan sebesar 49 lux

9. Intensitas cahaya yang dihasilkan dengan pendingin dan reflektor sebesar 58 lux, sehingga terjadi kenaikan intensitas cahaya sebesar 9 lux.

B. LED Pembanding

1. Komponen yang digunakan LED pembanding relatif kecil dengan komponen SMD.
2. Lampu LED yang digunakan dapat dilihat dari gambar 4.16
3. Tegangan PLN rata -rata sebesar 230 volt dengan arus rata-rata 0,12A
4. Tegangan AC rata -rata setelah kapasitor 165j400v sebesar 34 volt
5. Tegangan DC rata -rata pada titik filter RC sebesar 33,94 volt
6. Tegangan DC rata -rata pada LED sebesar 30,98 volt
7. Pada tegangan 230 volt dengan arus 0,12 A konsumsi daya sebesar 26,3 VA
8. Pada tegangan 230 volt Intensitas cahaya yang dihasilkan sebesar 81,3 lux

C. Konsumsi daya

Dari hasil pengukuran yang dilakukan terhadap prototype LED, besar daya yang dikonsumsi sebesar,

$$S = 230 \times 0,08 = 18,4 \text{ VA}$$

Dari hasil pengukuran yang dilakukan terhadap lampu LED pembanding, besar daya yang dikonsumsi sebesar,

$$S = 230 \times 0,12 = 27,6 \text{ VA}$$

D. Intensitas daya

Dari hasil pengukuran yang dilakukan terhadap perancangan LED, besar intensitas cahaya yang dihasilkan sebesar 58 lux. Untuk lampu LED pembanding besar intensitas cahaya yang dihasilkan sebesar 81,3 lux. Terjadi perbedaan intensitas cahaya sebesar 23,3 lux. Prototype LED dapat ditingkatkan intensitas cahayanya dengan menaikan tegangan LED sebesar 35 volt, dengan dua cara yaitu;

- a. Mengganti diodz zener dengan ukuran 35 volt pada sistem penyearah.
- b. Mengganti tahanan resistor 47 ohm 2 watt dengan 36 ohm 2 watt agar arus lebih besar pada LED, dengan demikian intensitas cahaya akan meningkat.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Tegangan AC 230 volt setelah melalui kapasitor 105J 400V dapat menurunkan tegangan sesuai 33 volt setelah memasang dioda zener, karena sebelumnya tidak pernah tercapai dan stabil, sehingga banyak komponen yang rusak.
2. Tegangan DC pada LED yang dihasilkan sebesar 30,98 volt sementara LED pembanding sebesar 32 volt.
3. Konsumsi daya lebih rendah sebesar 18,9 VA dibanding lampu LED pembanding sebesar 26,3 VA.
4. Intensitas cahaya yang dihasilkan sebesar 58 lux, sementara lampu LED pembanding sebesar 81,3 lux.
5. Setelah dilakukan pemasangan heatsing dan reflektor, terjadi peningkatan intensitas cahaya sebesar 9 lux.

REFERENSI

- [1] Bima Brilliando Agam, Yushardi, Trapsilo Prihandono, 2015, *Pengaruh Jenis Dan Bentuk Lampu Terhadap Intensitas Pencahayaan Dan Energi Buangan Melalui Perhitungan Nilai Efikasi Luminus*, Jurnal Pendidikan Fisika, Vol. 3 No.4, Maret 2015, hal 384 - 389
- [2] Jimmy Harto Saputro, 2013, Tejo Sukmadi, and Karnoto, *Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penerangan Dalam Rumah, Transmisi, 15, (1), 2013, 20*
- [3] Anjar Triyanto dan Yohanes Primadiyono, 2015, *Pengembangan Lampu LED Alternatif sebagai Efisiensi Daya*, Jurnal Teknik Elektro Vol. 7 No. 2 Juli - Desember 2015
- [4] Faridah, Bowasis Umar, 2018, *Analisis Efisiensi Penggunaan Lampu Light Emitting Diode (LED) pada Gedung Telkom Regional VII Makassar*, Journal of Electrical Technology, Vol. 3, No. 1, Februari 2018
- [5] Siti Anisah, Amani Darma Tarigan, *Analisis Pemanfaatan Lampu Penerangan Hemat Energi Pada Rumah Tinggal Di Desa Lau Gumba Berastagi Kabupaten Tanah Karo Provinsi Sumatera Utara*
- [6] Puji Slamet, Gatut Budiono, 2016, *Kajian teknis lampu LED type tabung dibandingkan dengan lampu TL*, LPPM Untag Surabaya, Pebruari 2016, Vol. 01, No. 01, hal 53 – 60.
- [7] Moethia Faridha1, Ifan, *Studi Komparasi Lampu Pijar, LED, LHE dan TL Yang Ada Dipasaran Terhadap Energi Yang Terpakai*, Jurnal Teknik Mesin UNISKA Vol. 02 No. 01 November 2016
- [8] Sudirman Palaloi, *Pengujian Dan Analisis Umur Pakai Lampu Light Emitting Diode (Led) Swabalast Untuk Pencahayaan Umum*, Balai Besar Teknologi Energi (B2TE) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jurnal Energi dan Lingkungan Vol. 11, No. 1, Juni 2015 Hlm. 17-22.
- [9] Diding Suhardi, 2014, *Prototipe Controller Lampu Penerangan Led (Light Emitting Diode) Independent Bertenaga Surya*, Jurnal Gamma, ISSN 2086-3071
- [10] Henry Candra, 2014, *Analisa efisiensi konsumsi daya listrik dan biaya operasional lampu TL-LED terhadap lampu TL-T8*, Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan ISSN 2579-6402 Vol. 2, No. 1, April 2018: hlm 186-193.
- [11] Neidle, Michael. 1999. *Teknologi Instalasi Listrik*. Terjemahan oleh: Ir. Sahat Pakpahan. Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- [12] DOE, 1992, *Electrical science fundamentals Hand Book* Volume 3 of 4 U.S. Department of Energy