

DISAIN CATU DAYA LAMPU PENERANGAN LED TANPA TRANSFORMATOR 70 WATT

Oleh:

Al Al, Aswir Premadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Padang, Indonesia

Abstrak

Sistem catu daya LED menggunakan transformator sebagai penurun tegangan, disamping ukuran fisik dan berat lebih besar juga harganya lebih mahal karena semakin besar kapasitas daya yang diinginkan semakin besar transformator yang diperlukan dan tentunya semakin mahal harganya. Pada disain ini kami menawarkan sebuah catu daya tanpa transformator yang dapat mereduksi harga produksi serta ukuran fisik dan berat piranti. Sistem catu daya tanpa transformator ini menerapkan sistem penurunan tegangan arus bolak balik (AC) menggunakan kapasitor. Sebagaimana diketahui bahwa pada rangkain AC, kapasitor mempunyai reaktansi sebesar $X_C = 1/(2\pi fC)$ Ohm, dimana: f = frekwensi dalam Herzt dan c adalah kapasitas kapasitor dalam Farad. Permasalahan dalam disain ini adalah bagaimana mendapatkan nilai kapasitas kapasitor dan resistor yang optimal sehingga dapat memberikan tegangan yang stabil 12 Volt, untuk dapat melayani arus beban dalam rentang 7 Amper. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan analisa perhitungan, melakukan simulasi dan pengujian empiris di laboratorium. Berdasarkan perhitungan, simulasi dan pengujian di laboratorium diperoleh nilai kapasitas kapasitor sebesar 9 uF.

Kata kunci—*kapasitor-X-rated, LED lighting*

Abstract

LED power supply system using a transformer as lowering the voltage, in addition to the physical size and weight of the larger also more expensive because of the greater capacity to cool the greater power transformer is needed and certainly more expensive. In this design we offer a power supply without a transformer which can reduce the production cost and physical size and weight of the device. Without transformer power supply system implements the voltage drop alternating current (AC) using a capacitor. As we know that in the series of AC, the capacitor has a reactance of $X_C = 1 / (2\pi fC)$ Ohm, where: f = frequency in Hertz and c is the capacity of the capacitor in farads. The problem in this design is how to get the value of the capacity of capacitors and resistors optimized so as to provide a stable voltage 12 Volt, to be able to serve the load current in the range of 7 amperes. The methodology used in this research is to analyze the calculation, simulation and empirical testing in the laboratory. Based on the calculation, simulation and testing in laboratory s obtained by 9 uF capacitor capacity value.

Key words: *x-rated capacitor, LED lighting*

1. Pendahuluan

Sebagian besar Pemerintah Daerah menggunakan lampu penerangan jalan umum (PJU) dengan lampu konvensional, padahal saat ini sudah tersedia lampu hemat energi, misalnya lampu LED (*light emitting diode*) yang sangat efisien dimana dapat menghemat sampai dengan 70%. Sementara itu, di lain pihak, banyak Pemerintah Daerah yang menghadapi tunggakan dalam tagihan

listriknnya, misalnya saja PLN Cabang Pekanbaru sampai meminta bantuan pihak kejaksaan untuk menyelesaikan penagihan tunggakan tagihan listrik Pemerintah Kota Pekanbaru sebesar Rp35,5 miliar (Badan, 2013). Wali Kota Surabaya Tri Rismaharini mengganti semua lampu penerangan bangunan di lingkungan Pemkot Surabaya dengan lampu *light emitting diode* (LED). Selain hemat energi, penggunaan lampu LED juga diyakininya mampu menghemat anggaran APBD untuk biaya pemakaian listrik ([Kompas](#), 2015). Berita diatas cukup memberikan gambaran bahwa penggunaan

Disain Catu Daya Lampu Penerangan LED Tanpa Transformator

lampu *light emitting diode* (LED) sebagai lampu penerangan telah menjadi trend dan telah menjadi pilihan utama saat ini. Hal ini dikarenakan LED mempunyai beberapa keunggulan diantaranya:

- LED memiliki efisiensi [energi](#) yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana LED lebih hemat energi 80 % sampai 90% dibandingkan lampu lain.
- LED memiliki waktu penggunaan yang lebih lama hingga mencapai 100 ribu jam.
- LED memiliki tegangan operasi DC yang rendah.
- Cahaya keluaran dari LED bersifat dingin atau cool (tidak ada sinar UV atau energi panas).
- Ukurannya yang mini dan praktis.

Namun demikian kenyatannya masih banyak pengguna yang belum beralih ke-LED sebagai sistem lampu penerangannya. Salah satu factor penghambatnya adalah investasi awal pengadaannya relatif mahal. Disamping itu untuk menggunakan LED sebagai sistem lampu penerangan yang dayanya lebih besar seperti sistem lampu penerangan jalan umum (PJU) memerlukan sistem catu daya yang spesifik, karena untuk penggunaan arus yang lebih besar pada sistem catu daya, akan membuat ukuran fisik lebih besar dan harga lebih mahal. Untuk itulah tulisan ini menawarkan salah satu solusi bagaimana disain suatu sistem rangkaian catu daya LED yang lebih murah dan lebih kecil ukuran fisiknya serta daya tahan yang lebih lama.

Telah banyak sistem rangkaian catu daya LED ditawarkan dipasaran dengan berbagai spesifikasi sesuai dengan rating daya yang diperlukan. Sistem tersebut ada yang menggunakan transformator dan ada juga yang menerapkan sistem tanpa transformator sebagai penurun tegangan. Dengan menggunakan sistem transformator ini disamping ukuran fisik berat dan lebih besar juga harganya lebih mahal, karena semakin besar kapasitas daya catu daya yang diinginkan semakin besar transformator yang diperlukan dan tentunya semakin mahal harganya. Sehubungan dengan itu penelitian ini menawarkan sistem

catu daya LED sebagai lampu penerangan (*lighting*) tanpa transformator (*transformatorless*).

Sebagai pengganti fungsi transformator penurun tegangan digunakan sistem kapasitor. Kapasitor pada arus bolak balik akan mampu memberikan drop tegangan pada sistem sebesar arus yang melewati kapasitor dikalikan dengan reaktansinya ($V_c = I_c \times X_c$). Dimana V_c adalah tegangan drop pada kapasitor dalam satuan Volt, I_c adalah besar arus yang melewati kapasitor dalam satuan Amper, dan X_c adalah reaktansi kapasitor dalam satuan Ohm. Sedangkan reaktansi kapasitor $X_c = 1/(2\pi fC)$. Dimana f adalah frekuensi sumber listrik yang mengalir dalam satuan Hz dan C adalah kapasitas kapasitor dalam satuan Farad.

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah: bagaimana bentuk konfigurasi rangkaian sistem catu daya tanpa transformator dan berapa nilai kapasitas kapasitor dan resistor yang sesuai dengan keperluan arus konsumsi lampu LED. Dengan penelitian ini diharapkan diperoleh suatu bentuk konfigurasi rangkaian dan nilai kapasitor yang lebih kompatibel untuk digunakan sebagai sistem catu daya LED dengan kemampuan menyuplai arus sampai dengan 7 Amper dan tegangan 12 Volt.

Metodologi penelitian dilakukan dengan analisa perhitungan dan mensimulasikan dengan berbantuan ISIS7 Pro. Selanjutnya dilakukan pembuatan prototype dan pengujian kemampuan unjuk kerja sistem rangkaian hasil disain di laboratorium.

Penelitian sebelumnya, Omije dkk (2013) telah melakukan penelitian dan membandingkan kelebihan dan kekurangan tentang sistem catu daya menggunakan transformator dengan tanpa menggunakan transformator. Mereka berkesimpulan bahwa sistem catu daya menggunakan transformator tradisional lebih aman dan lebih baik pada penggunaan dalam skala arus yang lebih besar, namun berat dan ukuran fisik piranti lebih besar, sedangkan untuk penggunaan dalam skala daya lebih kecil lebih tepat menggunakan sistem tanpa transformator. Apabila dikehendaki suatu disain piranti untuk keperluan ukuran fisik dan berat yang perlu lebih dikurangi, maka disarankan mempertimbangkan untuk menggunakan sistem catu daya tanpa transformator (Ali dan Zahir. 2013).

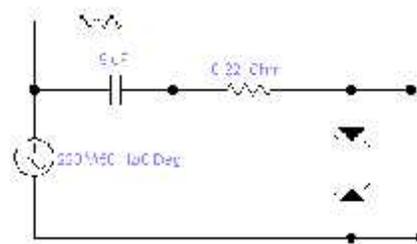
Disain Catu Daya Lampu Penerangan LED Tanpa Transformator

Ron (2002), dalam karyanya, desain power supply transformerless, menggunakan X-rated kapasitor untuk aplikasi arus kecil. Saat ini berkisar hingga 100 mA arus dan tegangan 12V. Kelemahan utama adalah, ia tidak memiliki pemisahan dari tegangan suplai maka menciptakan tambahan keprihatinan keselamatan.

2. Konsep Perencanaan

Rangkaian Catu daya lampu penerangan LED ini dirancang tanpa menggunakan traformator (*transformatorless*). Sistem penurunan tegangan AC 220 volt digantikan menggunakan rangkaian resistor dan kapasitor (Ron, 2002). Sebagaimana diketahui bahwa pada rangkaian AC, kapasitor mempunyai reaktansi sebesar $X_c = 1/(2\pi fC)$ Ohm, dimana: f =frekuensi dan C adalah kapasitas kapasitor dalam Farad. Untuk men-kompensasi ketepatan penurunan tegangan kapasitor dapat dibantu oleh sebuah resistor sesuai dengan rentang kebutuhan arus beban yang direncanakan (Condit, 2004). Untuk mempercepat pembuangan muatan kapasitor pada saat ayunan sinyal AC sinyal negatif dipasang sebuah tahanan parallel terhadap kapasitor tersebut yang nilainya mengacu kepada persamaan konstanta waktu $\tau = RC$. Jika frekuensi sumber daya 50 Hz maka harga konstanta waktu τ harus lebih kecil dari setengah perioda T , maka $\tau = 1/2 \times 1/f = 0.01$ detik. Apabila nilai kapasitor sudah ditetapkan maka nilai tahanan parallel tersebut adalah $R = \tau/C$.

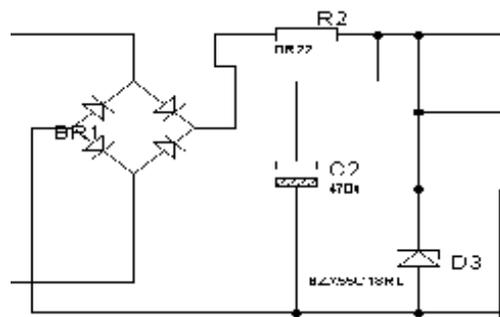
Untuk mengatasi perubahan arus beban karena pengaruh panas, maka pada sisi arus bolak balik (AC) sebelum penyearahan dilengkapi dengan dioda zener 18 Volt yang tersambung secara berhadapan-hadapan. Sementara itu sesudah kapasitor penurunan tegangan dipasang sebuah resistor yang tersambung seri terhadap kapasitor tersebut. Untuk dapat mencapai arus beban yang lebih besar maka baik nilai komponen maupun bentuk rangkain ada modifikasi penambahan resistor kompensasi dan penambahan Zener pada sisi AC seperti yang ditunjukkan pada gambar.1.



Gambar.1. Sirkuit Penurun Tegangan

Penambahan Zener ini dimaksudkan untuk memastikan tidak terjadi tegangan lebih pada sisi AC sehingga sirkuit sesudahnya terhindar dari kerusakan fatal.

Selanjutnya sebagai penyearah digunakan dioda jembatan yang mempunyai kemampuan arus di atas 7 Amper dan kemampuan tegangan di atas 400 Volt AC. Sedangkan untuk mengurangi ripel DC yang dihasilkan digunakan kapasitor elco 470 μ F. Setelah diperoleh tegangan DC dari penyearah gelombang penuh dan filter elco, maka di depannya dipasang Dioda Zener 15 Volt untuk memberikan tegangan DC stabil pada nilai 15 Volt. Sebagai kompensasi penahan tegangan masuk jika melebihi 15 Volt didrop resistor yang dipasang seri terhadap Zener tersebut, seperti yang diperlihatkan pada gambar. 2.

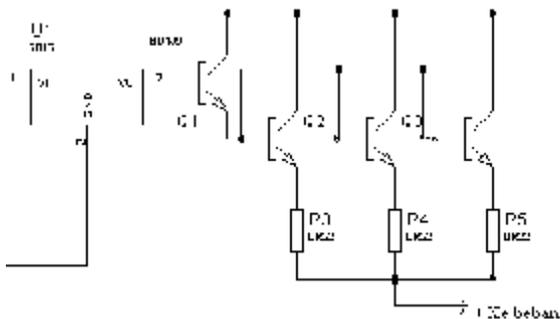


Gambar. 2. Sirkuit Penyearah dan penstabil

Sebagai regulator penstabil tegangan digunakan IC 7812 yang memberikan tegangan konstan pada basis Transistor driver BD 139. Transistor BD 139 untuk memberikan suplai arus basis pada ke-tiga buah Transistor TIP 3055 dengan tegangan stabil sebesar 12 Volt- V_{be} silicon ($12 - 0,6 = 11,4$ Volt). Transistor TIP 3055 sebagai regulator dengan kapasitas ($3 \times 3 = 9$ Amper) dengan tegangan stabil sebesar

Disain Catu Daya Lampu Penerangan LED Tanpa Transformator

($11,4-0,6=10,8$ Volt DC), seperti yang diperlihatkan pada Gambar. 3



Gambar. 3 Sirkuit Power Regulator

3. Metodologi

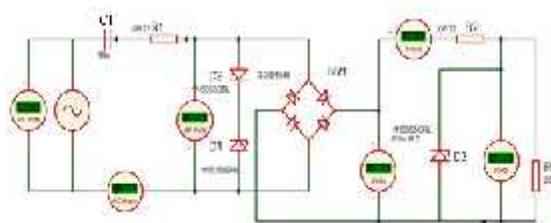
Untuk mendapatkan bentuk sirkuit dan nilai-nilai komponen yang akan dipasang pada sirkuit disain dilakukan langkah-langkah sebagai berikut, pertama dengan mencermati bentuk sirkuit yang dikemukakan peneliti terdahulu (Ron, 2002), ternyata kemampuan arus beban sirkuit hanya sampai dengan 100 mA, untuk pemilihan bentuk sirkuit dan nilai komponen perlu perubahan dan menghitung kembali dan disesuaikan dengan kemampuan arus beban yang diusulkan pada penelitian ini yaitu 7 Amper dengan tegangan 12 Volt. Untuk mengatasi fluktuasi tegangan input 220 Volt dari jala-jala jaringan listrik PLN, dipatok sirkuit penurun tegangan AC ini pada nilai 18 Volt. Drop tegangan diharapkan terjadi pada kapasitor penurun tegangan atau biasa dikenal sebagai *x-rated kapasitor* sebesar 220 Volt – 18 Volt = 202 Volt. Untuk memastikan tegangan turun menjadi tepat pada 18 Volt dipasang dua buah dioda zener 18 Volt dalam konfigurasi berhadap-hadapan seperti pada Gambar. 1.

Resistor R1 berfungsi sebagai penambah drop tegangan untuk membantu kerja zener terhadap perubahan arus beban. Apabila arus sama dengan nol maka besar arus yang akan melewati kapasitor sama dengan nol juga. Sebaliknya apabila arus beban mencapai nilai maksimal 7 Amper, maka nilai Impedansi (Z) kapasitor dan resistor R1 harus dapat mengalirkan arus maksimal tersebut. sebagaimana diketahui pada disain ini saat arus beban mencapai maksimal 7 Amper tersebut

tegangan keluaranya 18 Volt, namun sebenarnya konsumsi tegangan pada sisi DC yang sudah disaraskan adalah sama dengan tegangan yang diterima oleh kolektor transistor TIP3055, yaitu sebesar 18 Volt DC atau sama dengan tegangan Zener D1 atau D2. Dengan demikian maka nilai impedansi kapasitor C1 dan R1 dapat dihitung dengan membandingkan bahwa daya yang terjangkit pada sisi AC akan sama dengan daya yang dikonsumsi sisi DC dan beban.

Jika pada sisi DC dan beban dikonsumsi daya sebesar 7Amper x 18 Volt = 126 Watt. Dengan daya 126 Watt maka pada pada C1 dan R1 harus dapat mengalirkan arus sebesar 126 Watt /220 Volt = 0,57 Amper. Tegangan drop pada C1 dan R1 sebesar 202 Volt, maka impedansi kedua komponen tersebut adalah sebesar 202 Volt / 0.57 Amper = 352 Ohm. Resistor R2 dipilih sekecil mungkin untuk mengurangi rugi-rugi panas pada resistor tersebut, yang mana disini dipilih 0,22 Ohm sehingga dalam perhitungan harganya dapat diabaikan dalam menghitung nilai reaktansi kapasitor C1. Sekarang nilai reaktansi C1 dapat dihitung yaitu: $XC = 352$ Ohm dan nilai kapasitas C1 adalah $= 1/(2\pi f.XC) = 1/(2*\pi*50*352) = 9 \mu F$. Nilai Kapasitor 9 μF dengan rating tegangan sebesar 400 Volt.

Dengan menggunakan bentuk sirkuit yang sudah ditentukan dan kalkulasi ini, selanjutnya dilakukan simulasi dengan ISIS7 Pro., dengan bentuk sirkuit simulasi adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada simulasi ini dilakukan perubahan arus beban antara 0 sampai dengan 15 Amper, dengan cara merubah nilai tahanan beban seperti yang diperlihatkan pada Tabel. 1.



Gambar. 4. Sirkuit Simulasi

Tabel 1 Hasil Simulasi dengan Beban Berubah

R Beban (Ohm)	Arus Beban (Amper)	Voltase Beban (Volt)	Voltase Rectifier (Volt)	AC Step-down (volt)	AC Sumber (Volt)	Arus Sumber (Amper)
100	0.11	12	17	19	221	1,64
50	0.22	12	17	18.8	221	1,64
20	0.57	12	17	18.6	221	1,65
10	1.1	12	17	18.2	221	1,66
5	2.3	12	17	18	221	1,66
3	3.8	12	17	18	221	1,70
2.5	4.6	12	17	18	221	1,70
2	5.7	12	17	17	221	1,70
1.5	7.6	12	17	17	221	1,80

4. Analisa dan Pembahasan

Setelah dilakukan simulasi dengan ISIS 7 Pro, maka diperoleh hasilnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel.1. Dalam simulasi nilai tahanan beban disesuaikan dengan tahanan yang tersedia dipasaran untuk memudahkan dalam membandingkan nilai riel dengan hasil simulasi ini. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa hasil penurunan tegangan oleh kapasitor x-rated dan dibantu kerjanya oleh Zener D1 dan D2 terjadi juga sedikit fluktuasi antara 17 sampai dengan 19Volt walaupun seharusnya tegangan harus tetap 18 Volt sesuai dengan tegangan kerja Zener tersebut. Pada saat beban rendah Zener masih kurang mampu menstabilkan tegangan pada 18 Volt, dan pada saat beban maksimal Zener juga kurang mampu menepatkan tegangan pada 18 Volt, namun pada saat beban 2,3 sampai 4,6 Amper, Zener bekerja dengan baik. Oleh karena itu maka setelah penyearahan dengan dioda jembatan dipasang sebuah Zener lagi dengan tegangan kerja 15 Volt, untuk men-kompensasi kekurangan kinerja Zener D1 dan D2.

Sementara itu untuk memastikan tegangan yang diberikan pada beban tepat pada 12 Volt maka ditambah sebuah IC regulator LM 7812, yang diumpankan pada basis Transistor daya 2N 3055 sehingga dapat memberikan arus sampai dengan 9 Amper dalam kerja optimal pada beban, karena sesuai dengan data Transistor 2N 3055 dimana kemampuan arusnya sampai dengan 5 Amper untuk satu

buah Transistor. Apabila tiga buah transistor diparalelkan maka secara matematis arusnya juga akan menjadi tiga kali lipat, namun disini hanya dibatasi beban kerjanya sampai 7Amper saja untuk menjaga Transistor tidak mengalami panas berlebihan.

Dari hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa kemampuan arus catudaya yang diharapkan 7Amper dapat dicapai, namun demikian dalam pelaksanaannya perlu mempertimbangkan dengan teliti nilai tegangan kapasitor x-rated yang akan dipasang haruslah 400 Volt ke atas dan mempunyai daya tahan terhadap panas lebih baik, karena pada saat beban maksimal maka penyerapan daya akan lebih banyak pada kapasitor tersebut sehingga akan menimbulkan panas

5. Kesimpulan

Perencanaan sirkuit catu daya LED 12 Volt 7 Amper tanpa Transformator ini setelah dilakukan analisa perhitungan untuk memasang ukuran nilai komponennya dan memberikan modifikasi pada sistem penurun tegangan AC menggunakan Kapasitor x-rated sebesar 9 μ F dengan memasang Zener D1 dan D2 dalam konfigurasi berhadap-hadapan, ternyata dari hasil simulasi dapat dicapai bahkan arus maksimal dapat mencapai 7.6 Amper.

DAFTAR PUSTAKA

- B.O. Omijeh, N.Onyekachukwu, P.O. Nwachukwu, "Comparative Analysis of Transformer and Transformer Less-Based Variable DC Power Supply," *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, vol. 3, no.1, 2033, pp. 551–563.
- Badan Kebijakan Fiskal Kamis, 17 Oktober 2013, "Pembiayaan Lampu Penerangan Jalan Umum Hemat Energi" <http://www.fiskal.depkeu.go.id/2010/m/edef-k>

Disain Catu Daya Lampu Penerangan LED Tanpa Transformator

[onten-view- mobile. asp?id= 2013101709
5728966 343708.](http://onten-view-mobile.asp?id=20131017095728966343708)

[Harian Kompas](http://HarianKompas) Senin, 12 Januari 2015 [http://
print.compas.com](http://print.compas.com).

J. Ron, "Transformer less Power Supplies", 2002.

Q.W. Ali, M. Zahir, "Simulation And Comparative Analysis of Linear DC Power Supply", *Journal of Engineering Research and Applications*, vol.3, no.6, 2013, , pp.1251-1256.

R. Condit," Transformerless Power Supplies: Resistive and Capacitive," *Microchip Technology Inc*, 2004, pp. 1-14Solanki, *Solar Photovoltaics: Fundamentals Technologies and Applications*.PHI Learning Pvt. Ltd, 2.