

## ANALISIS PERBANDINGAN SUSUNAN RANGKAIAN PADA LAMPU LED UNTUK PENERANGAN

Martono Dwi Atmadja<sup>1</sup>, Farida Arinie Soelistianto<sup>2</sup>, Harrij Mukti Kristiana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup> [martonce@yahoo.com](mailto:martonce@yahoo.com), <sup>2</sup> [faridaarinie@yahoo.com](mailto:faridaarinie@yahoo.com), <sup>3</sup> [harrijmukti@yahoo.com](mailto:harrijmukti@yahoo.com)

---

### Abstrak

Dewasa ini perkembangan di bidang lampu penerangan, LED kini mulai digunakan sebagai lampu penerangan baik untuk penerangan rumah maupun jalan. Di Indonesia sendiri penggunaan LED dalam penerangan sudah banyak digunakan, ini karena harga dari lampu LED yang relatif terjangkau jika dibandingkan dengan lampu penerangan lain yang biasa digunakan. Pembuatan LED dilakukan berdasarkan kebutuhan tegangan yang umumnya digunakan oleh konsumen, yaitu pada tegangan listrik bolak-balik 220 V.

Maka susunan LED yang paling tepat adalah rangkaian seri, yang dihubungkan dengan kombinasi resistor dan kapasitor sebagai penurun tegangan, LED ini sendiri disuplai oleh tegangan 220V yang sudah disearahkan sehingga sesuai dengan kebutuhan dari total LED yang dipasang. sehingga tegangan keluaran dari suplai adalah tegangan searah, bukan lagi tegangan bolak – balik. Pada percobaan dilakukan pengujian menggunakan daya nyata dan daya semu serta luntuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap dua rangkaian driver LED menghasilkan faktor daya dari rangkaian ini sangat rendah untuk jenis transformerless, sedangkan driver LED dengan rangkaian switching menghasilkan faktor daya yang lebih tinggi sehingga mempengaruhi konsumsi daya LED.

**Kata kunci :** LED, lumen/watt, pencahayaan

---

### Pendahuluan

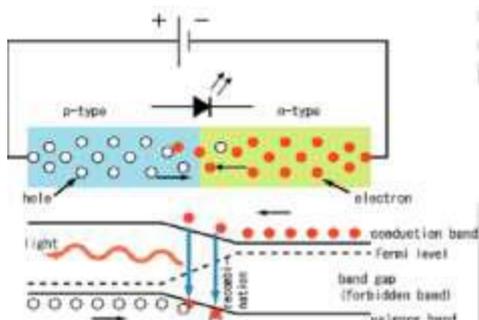
Light Emiting Diode atau sering kita kenal dengan LED adalah salah satu komponen elektronika yang bisa memancarkan cahaya yang diharapkan dapat menjadi solusi penerangan yang mampu memenuhi kebutuhan cahaya. Secara sederhana, LED didefinisikan sebagai salah satu semikonduktor yang mengubah energi listrik menjadi cahaya. LED adalah sejenis dioda semikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal, LED terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-n junction. Pembawa-muatan elektron dan lubang mengalir ke junction dari elektroda dengan voltase berbeda. Ketika elektron bertemu dengan lubang, dia jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah, dan melepas energi dalam bentuk photon. Berbeda dengan lampu pijar dan neon, LED mempunyai kecenderungan polarisasi. Chip LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n) dan hanya akan menyala bila diberikan arus maju. Ini dikarenakan LED terbuat dari bahan semikonduktor yang hanya akan mengizinkan arus listrik mengalir ke satu arah dan tidak ke arah sebaliknya. Bila LED diberikan arus terbalik, hanya akan ada sedikit arus yang melewati chip LED. Ini menyebabkan chip LED tidak akan mengeluarkan emisi cahaya. Chip LED pada umumnya mempunyai tegangan dadal yang

relatif rendah. Bila diberikan tegangan beberapa volt ke arah terbalik, biasanya sifat isolator searah LED akan rusak menyebabkan arus dapat mengalir ke arah sebaliknya.

LED merupakan perangkat keras dan padat (*solid-state component*) sehingga unggul dalam hal ketahanan (*durability*). LED banyak digunakan dalam perangkat elektronik karena ukurannya yang mini dan praktis, serta konsumsi dayanya yang relatif rendah. Usia yang sangat panjang, lebih dari 30 ribu jam, menambah keunggulannya. Sayangnya, suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan elektrik pada LED itu sendiri. Selain itu, harga per lumen (satuan cahaya) yang lebih tinggi membuat masyarakat belum memilih LED sebagai lampu penerangan.

Cahaya pada LED adalah energi elektromagnetik yang dipancarkan dalam bagian spektrum yang dapat dilihat merupakan hasil kombinasi panjang – panjang gelombang yang berbeda dari energi yang dapat terlihat, mata bereaksi melihat pada panjang – panjang gelombang energi elektromagnetik dalam daerah antara radiasi ultra violet dan infra merah. Sebuah atom, elektron 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 energi lebih tinggi ke orbit dengan tingkat energi 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.



Gambar 1. Perpindahan Elektron Pada Sebuah LED

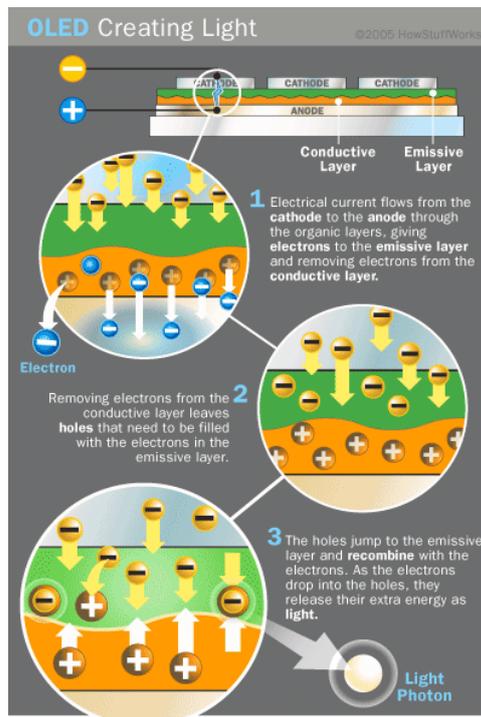
LED (light emitting diode) sekarang ini telah banyak digunakan, antara lain untuk lampu sinyal lalu lintas dan lampu indikator kendaraan. Nilai efisiensi (lumen per watt) LED yang semakin meningkat membuat sumber cahaya ini digunakan secara meluas pada bidang penerangan.

Riset-riset mutakhir menunjukkan hasil menggembarikan. Kini LED mampu menghasilkan cahaya besar dengan konsumsi energi listrik (tetap) kecil. Berita terakhir adalah ditemukannya OLED (Organic LED) oleh para ilmuwan di University of Michigan dan Princeton University. Temuan ini sukses menghasilkan cahaya dengan intensitas 70 Lumen setiap 1 watt listrik yang digunakan. Sebagai perbandingan, lampu pijar memancarkan 15 lumen per watt, dan lampu fluorescent (misalnya lampu jantung) memancarkan 90 lumen per watt. Keunggulan LED dibanding lampu fluorescent adalah ramah lingkungan, cahaya tajam, umur panjang, dan murah.

Sebelum OLED ditemukan, persolan yang dihadapi para ahli LED adalah rendahnya efisiensi LED. Bukan karena cahaya yang dihasilkan sedikit, tapi karena sekitar 80% cahaya terperangkap di dalam LED. Sebagai solusi, disain OLED menggunakan kombinasi kisi dan cermin berukuran mikro, bekerja bersama-sama memandu cahaya yang terperangkap di dalam LED keluar.

Stephen Forrest, profesor teknik elektro dan fisika di University of Michigan, penemu OLED mengatakan bahwa kini kita bisa bersiap untuk mengganti pencahayaan di dalam bangunan dan

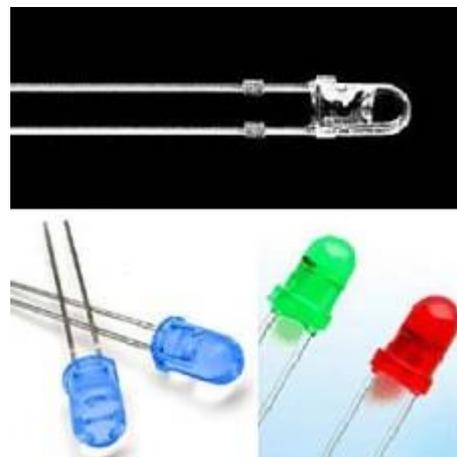
rumah yang saat ini menggunakan lampu pijar ataupun fluorescent dengan OLED.



Gambar 2. Prinsip kerja OLED

**LED Jenis DIP (Dual In-Line Package ).**

LED standar jenis ini adalah jenis yang paling lama diproduksi dan populer sebagai lampu indikator. Dengan tegangan kerja maju antara 2,65 volt hingga 3,5 volt dan arus dari 20 mA hingga 30 mA relatif kecil, dengan varian warna beragam, ada merah, hijau, biru, putih, kuning, bahkan ada yang 1 LED bisa menampilkan cahaya 3 warna , 7 warna dan masih banyak lagi. Ukurannya juga macam-macam, ada yang diameter 3mm, 5mm, 8mm sampai 10mm.



Gambar 3. LED Jenis Standar

Daya tidak lebih dari 1 watt, dan hanya memerlukan tegangan kecil saja untuk bisa berpendar. Spesifikasi selengkapnya silakan lihat tabel di berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Jenis LED DIP

Color	Parameter 3mm 5mm Dip Led UltraBright						
	Voltage (Volt)			Current (mA)			
	TYP	MAX	PEAK	MIN	TYP	MAX	PEAK
RED	1.8	2.3	2.6	20	40	60	150
YELLOW	1.8	2.3	2.6	20	40	60	150
BLUE	3.2	3.4	4.0	20	40	60	150
GREEN	3.2	3.4	4.0	20	40	60	150
WHITE	3.2	3.4	4.0	20	40	60	150
WARM	3.2	3.4	4.0	20	40	60	150

Pada kendaraan LED jenis DIP ini banyak di aplikasikan pada Stop Light, pada Wingker (sein) buat lampu senja, LED strip dll.

**LED Jenis Superflux / Piranha**

Jenis superflux atau piranha ini sebenarnya material sama dengan type DIP di atas, hanya saja cahaya yang di hasilkan lebih terang dan cerah. Superflux memiliki 4 kaki sehingga membuat komponen ini lebih kokoh menancap di PCB. Superflux banyak di aplikasikan pada Sein Spion pada Mobil, stop lamp mobil dan motor, sein dan macam-macam.



Gambar 4. LED Jenis Superflux

**LED Jenis SMD**

**SMD** (*Surface Mounted Device*) atau sering di sebut juga **SMT** (*Surface Mounted Technology*), jenis SMD ini ada banyak ragamnya diantaranya type SMD3528 dan SMD5050. LED ini bisa dikatakan yang paling banyak di gunakan, hampir semua spidometer digital menggunakan lampu LED jenis ini. Ukuran dimensinya kecil yaitu 3,5mm x 2,8mm. LED SMD3528 memiliki 1 chip LED saja dengan arus 20mA dengan arah sinar menyebar.

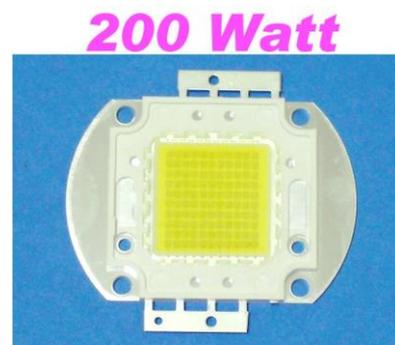


Gambar 5. LED Jenis SMD 5050

**LED Jenis HPL (High Power LED)**

High Power Led biasanya tertanam di Luxeon atau Foglamp untuk penerangan proyek bangunan atau pertambangan. Dalam kehidupan rumah tangga HPL juga banyak dipakai sebagai penerangan ruang, dekorasi aquarium dll. Sejatinya HPL ini merupakan pengembangan dari type SMD dimana dalam satu penampang terdapat beberapa chip LED yang berjajar sehingga mampu menghasilkan cahaya yang lebih terang di banding SMD.

Jika dilihat dari strukturnya memang agak beda jauh dari SMD, hanya saja HPL jumlah chipnya lebih banyak dengan penampang yang sama. HPL yang sering kita temui ada yang berdaya 1 watt, 3 watt, 5 watt, 10 watt, 20 watt sampai ratusan watt.



Gambar 6. LED Jenis HPL (High Power LED) 200 Watt

**LED Jenis COB (Chip On Board)**

LED COB ini merupakan sebuah hamparan ratusan bahkan ribuan chip LED yang tersusun pada satu papan, kelemahan LED SMD disempurnakan pada LED COB ini.



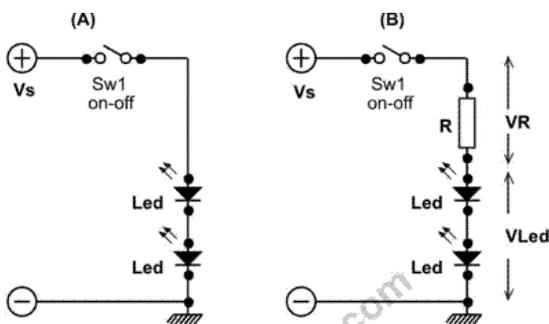
Gambar 7. LED Jenis COB (Chip On Board)

**Rangkaian Susunan LED**

Untuk mencatu LED pada umumnya digunakan sumber tegangan DC untuk masing-masing LED tergantung pada jenis dan spesifikasinya dengan kisaran antara 3,2 volt hingga 3,6 volt. Namun dalam beberapa rangkaian karena disesuaikan dengan kebutuhan daya dan intensitas cahayanya diperlukan suatu susunan agar semua LED bisa saling menyala sehingga dihasilkan akumulasi daya dan cahaya sesuai dengan yang diinginkan. Ada berbagai jenis rangkaian diantaranya rangkaian seri, paralel dan kombinasi seri paralel.

**Rangkaian LED Susunan Seri**

Dua LED yang disusun secara seri akan membutuhkan tegangan dua kali lebih besar. Jika ada tiga Led yang disusun seri maka tegangan yang dibutuhkannya akan menjadi tiga kali lebih besar, dan seterusnya.



Gambar 8. Susunan Rangkaian LED Seri

Pada gambar 8(A) tampak LED yang disusun secara seri. Jika satu LED membutuhkan tegangan 3,1V

(untuk LED topi/payung), maka untuk dua LED yang disusun seperti itu Vs perlu sebesar 6,2V. Karena itu LED yang disusun seri seperti pada gambar 8(A) bisa langsung diterapkan pada Vs yang bertegangan 6V, misalnya dari baterai atau accu 6V tanpa memerlukan resistor lagi.

Apabila Vs bertegangan 12V (misalnya dari aki/accu motor atau mobil) maka diperlukan resistor R seperti tampak pada gambar 8(B).

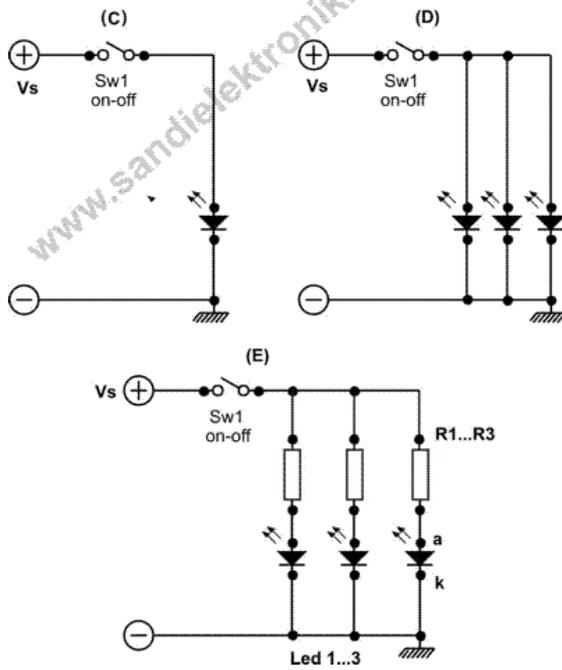
Nilai R itu akan ada sebesar :

$$R = \frac{(V_S - V_{LEDtotal})}{I_{LED}} \quad (1)$$

Di sini  $V_{LED}$  adalah penjumlahan tegangan dua LED, sedangkan  $I_{LED}$  adalah arus yang ditarik oleh LED. Karena LED disusun secara seri, maka arus yang melalui LED pertama adalah arus yang melalui LED kedua juga, sehingga di sini arus LED adalah tetap untuk perhitungan satu LED, yaitu 20mA (tidak menjadi dua kali lipat). Sekalipun (misalnya) ada seratus LED yang disusun secara seri, arusnya tetap saja 20mA, hanya tegangannya saja yang menjadi perlu lebih besar sesuai dengan banyaknya LED yang disusun. Namun perlu diperhatikan bahwa dengan menyambungkan secara seri, ada kemungkinan terjadi ketidak sinkronan kerja di antara LED tersebut. Semua LED yang terlibat dalam sambungan seri haruslah mempunyai karakteristik yang benar-benar sama, tidak boleh ada yang berbeda. Jika dalam satu barisan seri ada LED yang berbeda karakteristik (misalnya ada perbedaan jenis atau perbedaan tegangan majunya karena berlainan pabrik/merk atau manufaktur) maka tegangan yang terbagi kepada setiap LED akan berlain-lainan pula. Ini bisa menyebabkan terjadinya pelimpahan tegangan yang berlebihan kepada salah satu LED, dan jika LED tersebut tidak mampu bertahan maka ia akan segera rusak. Dalam susunan seri, jika ada satu LED yang mati karena rusak, maka semua LED lainnya di dalam satu barisan seri tersebut akan ikut tidak menyala.

**Rangkaian LED Susunan Paralel**

LED yang disusun secara paralel tidaklah membutuhkan tegangan berkali lipat sebagaimana banyaknya LED. Jika satu LED membutuhkan tegangan 3,1V, maka sepuluh LED tetap hanya membutuhkan tegangan 3,1V. Sekalipun ada seratus LED disusun secara Paralel, tegangan yang dibutuhkan tetap saja 3,1V.



Gambar 9. Susunan Rangkaian LED Paralel

Namun arus yang dikonsumsinya akan menjadi berlipat sebagaimana banyaknya LED. Perhatikan gambar 9(C) dan 9(D) di atas, pada gambar 9(C) tampak sebuah LED yang disambungkan kepada sumber tegangan  $V_s$ . Pada rangkaian ini akan menarik arus sebesar 20mA. Pada gambar 9(D) tiga buah LED disusun secara paralel, maka arus yang dikonsumsi oleh ketiga LED secara keseluruhan adalah  $3 \times 20\text{mA} = 60\text{mA}$ .

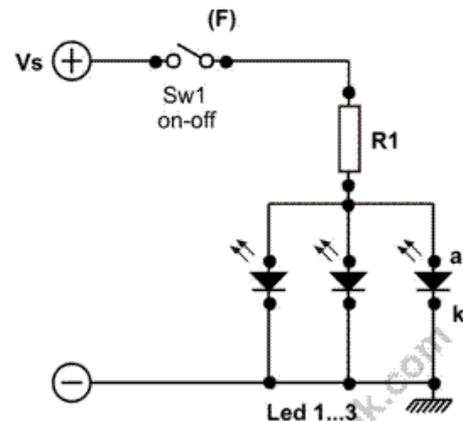
LED yang disusun secara paralel seperti pada gambar 9(C) dan 9(D) hanya dimungkinkan jika  $V_s$  bertegangan sebagaimana tegangan kerja (tegangan maju) LED, seperti misalnya dari sebuah baterai HP (Hand Phone) yang hanya bertegangan 3,7V. Apabila LED hendak dihubungkan dengan tegangan yang lebih tinggi, maka setiap LED harus diseri dengan resistor R sebagaimana pada gambar 9(E).

Mengenai perhitungan nilai R untuk setiap LED telah dibahas pada ulasan sebelumnya, jadi, tidak perlu dibahas ulang di sini.

Berbeda dengan penyusunan LED secara seri, pada penyusunan LED secara paralel seperti ini arus yang dikonsumsi menjadi tiga kali lipat (sesuai banyaknya LED) padahal tegangannya adalah sama. Bandingkanlah antara tiga LED yang disusun secara seri dengan tiga LED yang disusun secara paralel dengan sumber tegangan  $V_s$  sebesar 12V. Pada bagian sebelumnya telah diketahui bahwa tiga LED

yang disusun secara seri akan mengkonsumsi daya sebesar arus yang melalui rangkaian seri dikalikan dengan tegangan total LED. Sedangkan pada rangkaian paralel daya yang dikonsumsi adalah tegangan  $V_s$  dikalikan dengan arus total yang dikonsumsi masing-masing LED.

Selain penyusunan sebagaimana diperlihatkan pada gambar di atas, ada cara lain untuk penyusunan LED secara paralel. Perhatikan gambar berikut :



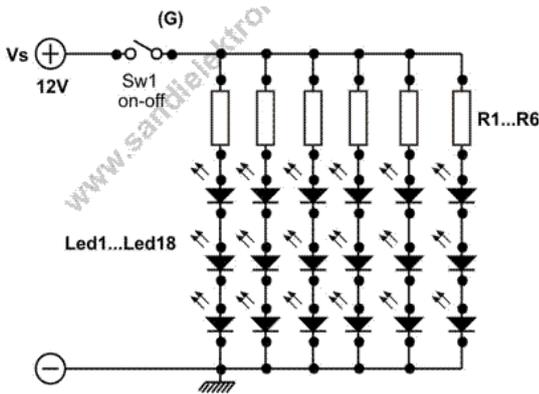
Gambar 10. Rangkaian LED Paralel Dengan R Seri

Tiga LED disusun secara paralel dengan langsung, lalu ketiga LED itu disambungkan kepada sumber tegangan  $V_s$  melalui sebuah resistor (gambar 10(F)). Ini berarti ketiga LED (yang disusun secara paralel) di-seri dengan resistor  $R_1$ . Dengan penyusunan seperti ini arus yang melalui resistor adalah jumlah besaran arus dari ketiga LED. Jika satu LED menarik arus 20mA, maka arus yang melalui resistor adalah  $3 \times 20\text{mA} = 60\text{mA}$ .

Perlu diketahui bahwa dengan susunan paralel yang seperti ini ketiga LED sebaiknya mempunyai karakteristik yang benar-benar sama. Jika tidak, tegangan yang terlimpahkan kepada LED tersebut bisa menyimpang dari yang diperhitungkan dan bisa saja mengakibatkan kerusakan pada sebagian LED.

**Rangkaian LED Susunan Seri dan Paralel**

LED yang banyak yang hendak dinyalakan sebagai lampu penerangan bisa disusun dengan menggabungkan sambungan seri dan paralel seperti diperlihatkan pada gambar 11(G) berikut ini.

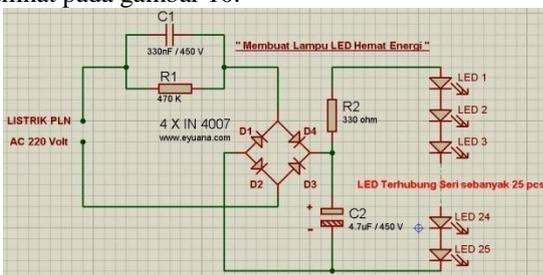


Gambar 11. Rangkaian LED Susunan Seri dan Paralel

Pada gambar 11(G) tampak bahwa setiap barisan seri terdiri dari sebuah resistor dan tiga buah LED, semuanya ada 6 barisan. Berarti susunan secara keseluruhan adalah susunan seri R dengan 3 LED seri yang diparalel sebanyak 6 baris. Dengan demikian perhitungan untuk menentukan nilai resistansi seri adalah sama dengan persamaan di atas. Sedangkan besarnya nilai daya yang diserap oleh LED adalah pada setiap baris arus yang melalui LED seri dikalikan tegangan total LED rangkaian seri. Sedangkan daya total yang diserap oleh LED adalah daya setiap baris dikalikan jumlah barisnya.

**Rangkaian Susunan LED Sumber Tegangan AC**

Rangkaian ini paling banyak dipakai oleh berbagai industri LED elektronik saat ini. Tegangan AC sebagai tegangan catu disearahkan dengan menggunakan dioda bridge yang sebelumnya telah dihubungkan secara seri dengan rangkaian RC paralel. Sebelum dicatukan pada sejumlah lampu LED yang disusun secara seri terlebih dahulu dirurunkan tegangannya menggunakan resistor seri. Diagram rangkaian pencatu LED susunan seri dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 12. Diagram Rangkaian Pencatu LED Seri

Nilai impedansi paralel RC dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$G = \frac{1}{R_1} \quad (2)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (3)$$

$$B_C = \frac{1}{X_C} \quad (4)$$

$$Y = G + jB_C \quad (5)$$

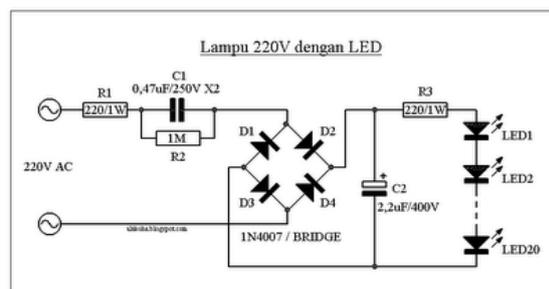
$$|Y| = \sqrt{(G)^2 + (B_C)^2} \quad (6)$$

$$|Z| = \frac{1}{|Y|} \quad (7)$$

Adapun daya yang dikonsumsi oleh masing-masing LED ditentukan berdasarkan arus yang masuk dan dikalikan total tegangan dari jumlah LED yang digunakan.

**Pengujian Susunan Rangkaian LED**

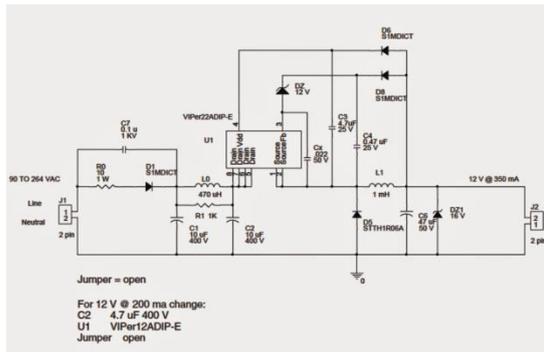
Alat yang digunakan dalam pengujian ini antara lain: Power Meter, Volt Meter dan Ampere Meter. Adapun jenis LED dengan catu daya AC 220 volt diberikan untuk dua jenis rangkaian yaitu:



Gambar 13. LED Driver Transformerless

Pada gambar 13 driver digunakan untuk menyalakan LED secara seri dengan jenis SMD sebanyak 33 buah dengan daya sekitar 5 Watt.

Gambar 14 Rangkaian driver LED dengan menggunakan power switching sebagai penurun tegangan.



Gambar 14 Rangkaian Driver LED Power Switching

Dari kedua jenis rangkaian driver kemudian kita bandingkan daya nyata terhadap daya semunya untuk menentukan faktor daya yang dihasilkan untuk berbagai jenis lampu LED bohlamp maupun Tube.

**Hasil dan Analisis**

Hasil pengujian untuk berbagai jenis merk dagang lampu LED Bohlam dengan rangkaian driver setara dengan gambar 13 disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Berbagai Jenis Lampu LED

Merk	A		B		D	
Daya nyata (W)	5	9	5	7	7	8
Tegangan (V)	219	211	211	209	211	219
Arus (A)	0,035	0,0547	0,0313	0,0472	0,0549	0,0855
Daya Semu (VA)	7,67	11,54	6,60	9,86	11,58	12,00
Faktor daya	0,65	0,78	0,75	0,71	0,6	0,66

Dengan menggunakan persamaan daya nyata adalah daya semu dikalikan faktor daya maka didapat untuk merk A daya 5 Watt sebesar 0,65. Sedangkan

untuk jenis Tube dengan daya 16 Watt, diperoleh tegangan 216 volt, arus 0,0772 ampere.

**Simpulan**

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap dua rangkaian driver LED menghasilkan faktor daya dari rangkaian ini sangat rendah untuk jenis transformerless, sedangkan driver LED dengan rangkaian switching menghasilkan faktor daya yang lebih tinggi sehingga mempengaruhi konsumsi daya LED.

**Daftar Pustaka:**

Bima Brilliando Agam (2015): *Pengaruh Jenis dan Bentuk Lampu Terhadap Intensitas Pencahayaan dan Energi Buangan Melalui Perhitungan Nilai Efikasi Luminus*, Universitas Jember, Jurnal Pendidikan Fisika, Vol. 3 No.4, Maret 2015, hal 384 – 389

D. Riyanto (2013): *Analisa Pemanfaatan LED Putih Sebagai Lampu Hemat Energi dan yang Ramah Lingkungan*, <http://jimatilmu.blogspot.co.id/2013/01/analisa-pemanfaatan-led-putih-sebagai.html> diakses 18 Januari 2015.

<http://makingcircuits.com/blog/2015/09/1w-4w-6w-10w-12w-led-driver-circuit-smps.html> diakses 18 Januari 2016

Jimmy Harto Saputro (2013): *Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penerangan Dalam Rumah*, Universitas Diponegoro Semarang, Jurusan Teknik Elektro

Rahmanta Adi P. (2011): *Sistem LED Otomatis Sebagai Lampu Hemat Eenergi Berbasis Panel Surya*, Universitas Telkom, Fakultas Ilmu Terapan, Telekomunikasi, Skripsi