

**PERANCANGAN LAMPU LED BESERTA ANALISIS  
KONSUMSI DAYA DARI BERBAGAI KONFIGURASI  
RANGKAIAN**



*Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan untuk Menyelesaikan  
Program Starta-1 Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
Gowa*

**DISUSUN OLEH:**

**IRA KALA**

**D041171016**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN LAMPU LED BESERTA ANALISIS KONSUMSI DAYA DARI  
BERBAGAI KONFIGURASI RANGKAIAN**

Disusun dan diajukan oleh :

**IRA KALA**

**D041 17 1016**

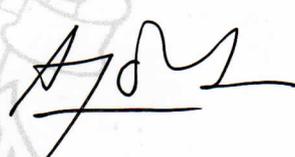
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 13 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

  
Prof. Dr-Ing. Faizal Arya Samman, S.T., M.T.  
NIP. 19750605 200212 1 004

  
Dr. A. Ejah Umraeni Salam, S.T., M.T.  
NIP. 19720908 199702 2 001

Ketua Program Studi



  
Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.  
NIP. 19691026 199412 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Ira Kala, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**PERANCANGAN LAMPU LED BESERTA ANALISIS KONSUMSI DAYA DARI BERBAGAI KONFIGURASI RANGKAIAN**”, adalah karya ilmiah penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 19 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan,

  
Ira Kala

D041171016

## ABSTRAK

### **IRA KALA, Perancangan Lampu LED serta Analisis Konsumsi Daya dari berbagai Konfigurasi Rangkaian**

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan komponen elektronika yang dapat mengeluarkan cahaya. Merupakan dioda, sehingga prinsip kerja sama seperti dioda biasa yang dapat bekerja apabila diberi tegangan maju. Pada perkembangannya, LED mulai dimanfaatkan sebagai penerangan skala rumah karena mempunyai umur hidup yang panjang, ukurannya yang lebih kecil serta ramah lingkungan. Namun satu buah LED tidak dapat memberikan penerangan yang baik, oleh sebab itu dibutuhkan beberapa LED dengan pengontrolan arus yang baik. Pada penelitian ini menyajikan pengontrolan arus pada sebuah lampu LED yang dilakukan dalam dua metode yaitu dengan metode *switch* dan metode tanpa *switch*. *Driver* yang digunakan bersifat *transformerless* dengan tegangan input 220 VAC. *Driver* dirancang menggunakan beberapa konfigurasi rangkaian sehingga dapat dibandingkan konfigurasi *driver* yang terbaik. Pada penelitian ini disajikan data hasil simulasi dan hasil pengukuran dari rangkaian lampu LED yang dirancang. Hasil penelitian menunjukkan konfigurasi 1,6 (satu *string* dengan enam LED disusun seri) lebih baik dalam penyalaan dengan nilai konsumsi daya yang rendah pada mode *switch* yaitu 492.345 mW secara simulasi sedangkan pada pengujian alat menunjukkan nilai konsumsi daya sebesar 533.25 mW.

Kata kunci : LED, *driver* LED arus konstan, mode *switch*, mode tanpa *switch*, daya

## **ABSTRACT**

### **IRA KALA, LED Lamp Design and Power Consumption Analysis of various Circuit Configurations**

LED (Light Emitting Diode) is an electronic component that can emit light. It is a diode, so the working principle is the same as an ordinary diode, which can work when a forward voltage is applied. On its development, LEDs began to be used as home-scale lighting because they have a long life, are smaller in size and are environmentally friendly. However, one LED cannot provide good lighting, therefore several LEDs with good current control are needed. In this research, the current control of an LED lamp is carried out in two methods, namely the switch method and the non-switch method. The driver used is transformerless with an input voltage of 220 VAC. Drivers are designed using several circuit configurations so that we can compare the best driver configuration. In this research, the simulation results and measurement results of the designed LED lamps are presented. The results show that the configuration of 1.6 (one string with six LEDs arranged in series) is better in ignition with a lower power consumption value in the switch mode, which is 492.345 mW in simulation, while the test tool shows a power consumption value of 533.25 mW.

Keywords: LED, power, constant current LED driver, switch mode, non-switch mode

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Esa atas karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : “Perancangan Lampu LED beserta Analisis Konsumsi Daya dari Berbagai Konfigurasi Rangkaian”.

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S1) bagi mahasiswa program Strata-1 di bidang Teknik Elektro Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi perbaikan penyusunan laporan tugas akhir bagi penulis kedepannya.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang lewat motivasi, bimbingan, dan semangatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh sebab itu, dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang mendalam bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Orang tua penulis yaitu Bapak Darius Kala dan Ibu Supiyati yang menjadi motivator terkuat dalam hidup penulis dan menjadi alasan terkuat bagi penulis hingga penulis menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

3. Bapak Prof. Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, S.T., M.T. selaku pembimbing I dan Ibu Dr. A. Ejah Umraeni, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, gagasan, dan ide-ide dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Seluruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
5. Saudara-saudara penulis: Hasrul Kala, Alfrida Kala, Irwan Kala, Indra Kala, Junaedi Kala, dan Fatra Ramadhan Kala atas dukungan moril dan materil tanpa henti yang diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan hingga penyelesaian pendidikan Strata-1.
6. Guru-guru penulis TK. Islam Rantepao, SDN 2 Rantepao, SMPN 2 Rantepao, dan SMAN 1 Toraja Utara atas jasa-jasa didikan dan bimbingan yang diberikan kepada penulis yang tak dapat penulis balas jasa-jasanya.
7. Teman-teman seperjuangan “EQUAL17ER” yang telah bersama selama empat tahun mengenyam pendidikan, menghadapi rintangan, dan melalui berbagai momen bersama-sama di Fakultas Teknik hingga terbentuk bersama-sama menjadi mahasiswa seutuhnya.
8. Kepada senior-senior yang telah membimbing penulis diluar pembelajaran akademik yang sangat bermanfaat bagi penulis untuk menghadapi berbagai rintangan selama menjadi mahasiswa maupun telah berada di dunia kerja nantinya.

9. Teman kajian keagamaan penulis, Fika, Khusnul, Reski, Suci, Ita, Tika yang telah kebersamai penulis dalam proses hijrah dan terus belajar agama di tengah kesibukan perkuliahan.
10. Keluarga besar asisten Lab Fisika Dasar dan Lab Listrik Dasar yang telah menerima penulis sebagai bagian dari rekan asisten sehingga penulis mendapat pengalaman yang begitu berharga.
11. Teman-teman Lab Riset Elektronika dan Divais (Lia, Yayat, Rafli, Kak Fajri, Kak Aqsha, Kak Aswan, Kak Defi, dan Kak Feby) yang selalu memberikan dorongan dan motivasi serta membantu penulis dalam menyelesaikan masalah tugas akhir.
12. Kak Imam, Arson, Yayat, Kak Aqsha, Kak Fajri, Kak Aswan, Alif Fikri, yang telah berkontribusi besar membantu penulis dalam menyelesaikan masalah-masalah terkait tugas akhir ini.
13. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini namun penulis tidak bisa sebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Akhir kata, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dalam penyempurnaan skripsi ini. Terakhir, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca sekalian. Aamiin.

Gowa, 11 Oktober 2021

Penulis,  
IRA KALA

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Deskripsi dan Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Metode Penelitian.....	4
1.6. Diagram Alir dan Tahap Penelitian.....	5
1.7. Waktu dan Tempat Penelitian .....	7
1.8. Sistematika Penulisan.....	7
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1. Konsep Dasar Lampu .....	9
2.1.1. Pengertian Lampu .....	9
2.1.2. Bahan Material Lampu.....	11
2.1.3. Jenis-jenis Lampu.....	13
2.1.4. Struktur Dasar LED.....	19
2.1.5. Jenis-jenis Lampu LED.....	21
2.2. Komponen Penyusun Rangkaian Lampu LED.....	25
2.2.1. <i>Driver</i> LED Arus Konstan .....	26
2.2.2. <i>Driver</i> LED Tegangan Konstan .....	27
2.3. Penyearah Gelombang ( <i>Rectifier</i> ) .....	28
2.3.1. Penyearah Setengah Gelombang.....	28

2.3.2.	Penyearah Gelombang Penuh .....	31
2.4.	Filter .....	34
2.4.1.	Filter Kapasitif .....	35
2.5.	Dioda Zener .....	36
2.6.	Sinyal PWM ( <i>Pulse width Modulation</i> ) .....	39
<b>BAB 3 PERANCANGAN DAN ANALISIS HASIL SIMULASI .....</b>		<b>41</b>
3.1.	Skematik Rangkaian Lampu LED .....	41
3.2.	Analisis Penentuan Nilai Parameter Rangkaian .....	42
3.2.1.	Penentuan Nilai R dan C .....	42
3.2.2.	Analisis Penyearah Jembatan .....	44
3.2.3.	Penentuan Nilai C sebagai Filter .....	46
3.2.4.	Analisis Beban .....	48
3.3.	Hasil Simulasi .....	50
3.3.1.	Rangkaian dengan Mode Tanpa <i>Switch</i> .....	50
3.3.2.	Rangkaian dengan Mode <i>Switch</i> .....	56
<b>BAB 4 HASIL PENGUJIAN ALAT .....</b>		<b>61</b>
4.1.	Hasil Pengujian Alat .....	61
4.1.1.	Rangkaian dengan Mode Tanpa <i>Switch</i> .....	61
4.1.2.	Rangkaian dengan Mode <i>Switch</i> .....	65
4.2.	Perbandingan Hasil Pengujian Alat dengan Hasil Simulasi .....	70
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>74</b>
5.1.	Kesimpulan .....	74
5.2.	Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>77</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Alir Penelitian .....	6
Gambar 2.1. Spektrum Cahaya .....	10
Gambar 2.2. Lampu Pertama Kali yang Dibuat Edison.....	11
Gambar 2.3. Lampu Pijar atau Incandescent Lamp .....	14
Gambar 2.4. Lampu Halogen Tungsten .....	14
Gambar 2.5. Konstruksi Lampu TL .....	16
Gambar 2.6. High Pressure Sodium Lamps .....	18
Gambar 2.7. Struktur LED .....	20
Gambar 2.8. Miniatur LED .....	21
Gambar 2.9. Bi-color LED.....	22
Gambar 2.10. Super Flux LED .....	22
Gambar 2.11. High Power LED.....	24
Gambar 2.12. Surface Mount Device LED .....	24
Gambar 2.13. Chip on Board LED.....	25
Gambar 2.14. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang.....	29
Gambar 2.15. Sinyal Output Penyearah Setengah Gelombang.....	29
Gambar 2.16. Penyearah Gelombang Penuh, (a) Penyearah dengan Dua Dioda, (b) Penyearah dengan Sistem Jembatan.....	32
Gambar 2.17. Penyearah Gelombang Penuh Sistem Jembatan.....	33
Gambar 2.18. Rangkaian Filter Kapasitif .....	35
Gambar 2.19. Kurva Karakteristik Dioda Zener .....	37
Gambar 2.20. Rangkaian Penyetabil Tegangan .....	38

Gambar 2.21. Sinyal PWM .....	40
Gambar 3.1. Skematik Rangkaian Lampu LED.....	41
Gambar 3.2. Siklus Pengosongan pada Kapasitor .....	47
Gambar 4.1 Susunan Komponen Pengambilan Data Rangkaian dengan Mode Tanpa Switch.....	61
Gambar 4.2 Susunan Komponen Pengambilan Data Rangkaian dengan Mode Switch.....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi LED .....	20
Tabel 3.1. Parameter Komponen Rangkaian dengan Konfigurasi 1,6.....	51
Tabel 3.2. Hasil Simulasi Konfigurasi 1,6 .....	51
Tabel 3.3. Parameter Komponen Rangkaian dengan Konfigurasi 2,3 .....	52
Tabel 3.4. Hasil Simulasi Rangkaian Konfigurasi 2,3 Mode tanpa Switch.....	53
Tabel 3.5. Parameter Komponen Rangkaian dengan Konfigurasi 2,3 .....	54
Tabel 3.6. Hasil Simulasi Rangkaian Konfigurasi 3,2 Mode tanpa Switch.....	55
Tabel 3.7. Parameter Komponen Konfigurasi 2,3 Mode Switch .....	56
Tabel 3.8. Hasil Simulasi Konfigurasi 2,3 Mode Switch.....	57
Tabel 3.9. Komponen Rangkaian Konfigurasi 3,2 Mode Switch .....	58
Tabel 3.10. Hasil Simulasi Rangkaian Konfigurasi 3,2 Mode Switch.....	58
Tabel 3.11. Komponen Rangkaian Konfigurasi 1,6 Mode Switch .....	59
Tabel 3.12. Hasil Simulasi Konfigurasi 1,6 dengan Mode Switch .....	59
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Alat Konfigurasi 1,6 .....	63
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Alat Konfigurasi 2,3 .....	64
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Alat Konfigurasi 3,2 .....	65
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Alat Konfigurasi 1,6 .....	67
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Alat Konfigurasi 2,3 .....	68
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Alat Konfigurasi 3,2 .....	69
Tabel 4.7. Perbandingan Data Hasil Simulasi dan Pengujian Alat .....	71

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Light Emitting Diode (LED) merupakan salah satu komponen elektronika jenis dioda yang dapat mengeluarkan cahaya. Cahaya yang dikeluarkan mempunyai warna yang bervariasi tergantung pada rentang nilai tegangan yang mengenainya. Merupakan jenis dioda, membuat LED mempunyai karakteristik yang kurang lebih sama seperti dioda biasa dimana LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n) dan hanya akan menyala jika diberikan arus maju. Hal ini dikarenakan LED terbuat dari bahan semikonduktor yang hanya mengizinkan arus listrik mengalir satu arah dan tidak ke arah sebaliknya. Komponen yang ditemukan oleh Nick Holonyak Jr. pada tahun 1962 ini memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Apabila diberikan tegangan yang terlalu besar LED akan rusak.

Pemanfaatan LED pada umumnya digunakan sebagai lampu indikator diberbagai produk elektronik. Seiring perkembangan teknologi, LED kemudian dimanfaatkan di berbagai produk salah satunya sebagai lampu penerangan yang hemat energi. Hal ini dikarenakan LED mempunyai ukuran yang lebih kecil, umur hidup yang panjang, ramah lingkungan, dan tentunya mempunyai efisiensi energi yang tinggi. Untuk memperoleh penerangan yang baik, LED membutuhkan pengontrolan arus yang baik. Terlepas dari tipe, ukuran, warna, dan konsumsi daya LED, semua jenis LED akan bekerja dengan baik ketika arus pada string di *drive* dengan baik.

Terdapat berbagai konfigurasi LED *driver* yang ada hingga saat ini. *Driver* dibuat tergantung kondisi operasi pada lampu penerangan yang diinginkan. LED *driver* terbagi menjadi dua macam yaitu tipe linear dan tipe pensaklaran (*switch mode*). Penelitian yang lain juga menyebutkan konfigurasi LED *driver* seperti AC-DC *driver* dan DC-DC *driver*. Pada kenyataannya, teknik *switching* dapat membantu meningkatkan efisiensi *driver*. Di sisi lain penggunaan *driver* tipe linear dapat menurunkan biaya manufaktur *driver*. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perbedaan *driver* LED dengan mode *switch* dan tanpa mode *switch* dari segi konsumsi daya. Validasi pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu secara pemodelan/simulasi dan eksperimen/pengujian alat. Pemodelan/simulasi dilakukan menggunakan aplikasi *PSpice*. Pada eksperimen, rangkaian *driver* LED dirancang menggunakan *Altium Designer* yang kemudian dilakukan pengukuran. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan hasil eksperimen. Adapun data yang akan divalidasi yaitu tegangan, arus, dan konsumsi daya.

## **1.2. Deskripsi dan Rumusan Masalah**

Lampu LED kedepan akan menjadi lampu masa depan yang akan menggantikan posisi lampu *fluorecents* dan lampu pijar. Mempunyai umur hidup yang panjang serta konsumsi daya yang lebih rendah menjadikan lampu LED sebagai lampu yang hemat energi di masa depan. Namun satu LED tidak mampu memberikan penerangan dengan baik, sehingga biasanya dalam sebuah lampu yang menggunakan LED menggunakan beberapa lampu LED. Karena LED merupakan dioda yang mempunyai karakteristik tertentu, sehingga untuk merancang lampu LED banyak yang perlu menjadi pertimbangan. Pada umumnya satu buah LED

membutuhkan tegangan kerja 2 V - 3.6 V dengan *rating* arus mulai dari 20 mA – 25 mA (berdasarkan *datasheet* lampu LED tipe SMD 3528). Apabila LED bekerja diluar batas maksimumnya maka dapat mengakibatkan LED rusak. Oleh karena itu pada perancangan lampu LED membutuhkan pengontrolan tegangan dan sekaligus arus sehingga LED mendapat tegangan kerja dan arus yang sesuai dengan kebutuhan. Pengontrolan arus dan tegangan bertujuan untuk menghindari LED dari kelebihan daya kerja yang dimampukan, pengontrolan ini biasanya disebut *driver*. *Driver* untuk LED telah banyak berkembang sesuai dengan kebutuhan lampu LED yang dirancang. Pada umumnya *driver* tipe linear lebih murah dari segi manufaktur selain itu mudah diimplementasikan (biasanya diimplementasikan pada daya rendah), namun mempunyai efisiensi yang rendah. Di sisi lain, *AC-direct driving* yang merupakan pengembangan dari *driver* tipe linear mempunyai efisiensi yang tinggi dan dapat di aplikasikan pada daya yang tinggi.

Berdasarkan deskripsi masalah tersebut, penulis merumuskan pokok permasalahan yaitu merancang lampu LED dengan analisis konsumsi daya dari berbagai konfigurasi rangkaian mode *switch* dan mode tanpa *switch*.

### **1.3. Batasan Masalah**

Pada pengerjaan tugas akhir ini, perancangan yang akan dibuat dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Konfigurasi rangkaian yang diuji secara simulasi maupun eksperimen merupakan konfigurasi seri dan paralel dengan jumlah LED sebanyak enam. Dimana konfigurasi rangkaian yang diujikan terdiri dari konfigurasi 2 string 3 LED, 3 string 2 LED, dan 1 string 6 LED.

2. Rangkaian *driver* yang dirancang mengontrol arus dan tegangan yang masuk ke LED dengan dua metode yaitu metode *switching* dan metode tanpa *switching*.
3. Data yang divalidasi merupakan tegangan dan arus serta konsumsi daya rangkaian *driver*.
4. Rangkaian dengan mode switch dan tanpa mode switch akan dibandingkan secara simulasi.
5. Rangkaian yang dirancang sampai tahap implementasi merupakan rangkaian terbaik yang dipilih diantara berbagai konfigurasi rangkaian.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang lampu LED dari berbagai konfigurasi rangkaian *driver*.
2. Menganalisis berbagai konfigurasi rangkaian *driver* lampu LED berdasarkan tingkat konsumsi daya.

#### **1.5. Metode Penelitian**

Dalam penyusunan tugas akhir ini metode penelitian yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

##### **1. Studi Literatur**

Studi literatur merupakan kajian penulis terkait penelitian yang dilakukan berupa pencarian referensi-referensi yang ada baik berupa buku, karya-karya ilmiah, internet maupun media massa.

##### **2. Simulasi dan Pengujian**

Simulasi dan pengujian dimaksudkan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini baik melalui aplikasi maupun hasil pengukuran secara langsung.

### 3. Analisa Data

Analisa data dimaksudkan untuk melakukan perbandingan antara hasil secara simulasi dengan hasil pengukuran alat sehingga dapat ditarik kesimpulan untuk diolah lebih lanjut.

### 4. Simpulan

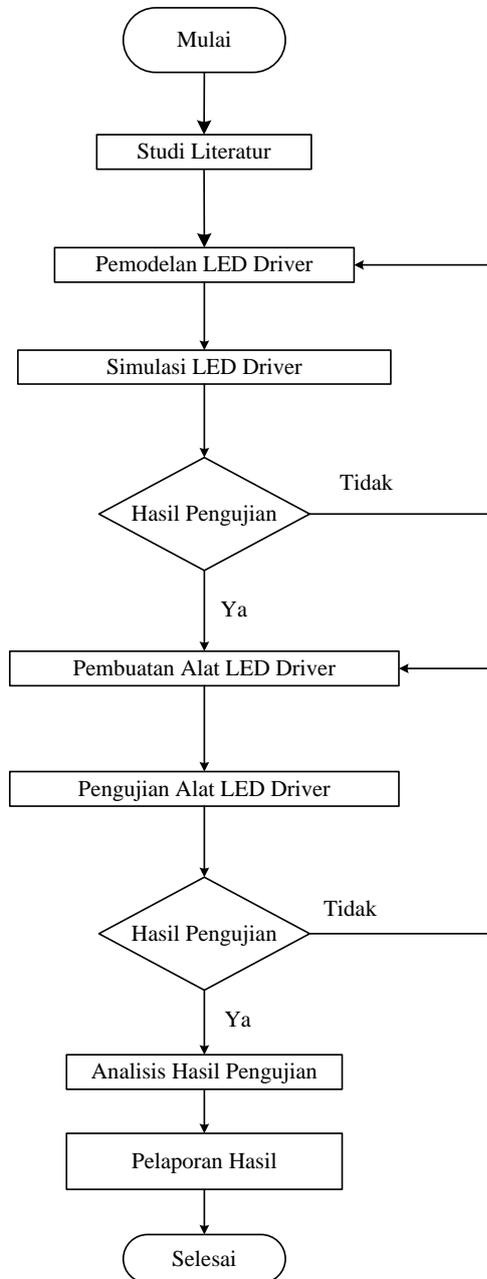
Penarikan kesimpulan diperoleh setelah mendapatkan hasil yang dapat menyelesaikan masalah yang diteliti. Pada simpulan ini tujuannya untuk membuat laporan hasil akhir yang telah didapatkan.

## 1.6. Diagram Alir dan Tahap Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.1. Adapun uraian lengkap tentang kegiatan penelitian dijelaskan pada poin-poin berikut:

- a. Studi literatur, pada tahap ini penulis melakukan kajian terkait penelitian ini dari berbagai sumber berupa buku-buku, jurnal ilmiah, artikel terkait, dan referensi lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.
- b. Pemodelan dan simulasi, untuk memastikan rancangan rangkaian LED *driver* telah sesuai secara simulasi selain itu pemodelan dan simulasi dilakukan untuk menentukan nilai parameter lebih dahulu. Pemodelan dan simulasi dilakukan menggunakan aplikasi *PSpice*.
- c. Perancangan, dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Altium Designer* dalam merancang skematik dan layout PCB rangkaian lampu LED. Rangkaian LED

yang dibuat menggunakan nilai-nilai parameter yang telah didapatkan dari hasil pemodelan dan simulasi.



**Gambar 1.1. Diagram Alir Penelitian**

- d. Pengujian alat, dilakukan untuk menguji kinerja alat dan mengumpulkan data penelitian yang akan digunakan untuk menganalisis data dari hasil simulasi dan alat.
- e. Analisis data, pada tahap ini dilakukan analisis dari data hasil pengujian alat dan data dari hasil simulasi. Adapun parameter yang diuji pada penelitian ini adalah tingkat kestabilan arus dan tegangan serta konsumsi daya.
- f. Pelaporan, penarikan kesimpulan dari hasil pengujian alat dan hasil simulasi.

## **1.7. Waktu dan Tempat Penelitian**

### **1. Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilaksanakan selama 7 bulan pada bulan Januari 2021 sampai Juli 2021.

### **2. Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di ruang Laboratorium Elektronika dan Divais Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

## **1.8. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penelitian

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi penjelasan teori-teori pendukung materi penelitian yang diambil dari berbagai sumber ilmiah yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.

### **BAB III PERANCANGAN DAN ANALISIS HASIL SIMULASI**

Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil penelitian yang dilakukan secara simulasi beserta pendukung analisis matematis yang digunakan dalam merancang.

### **BAB IV HASIL PENGUJIAN ALAT**

Bab ini berisi data-data dalam pengujian alat serta perbandingan hasil simulasi dengan hasil pengujian alat.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian kedepannya.

## **BAB 2**

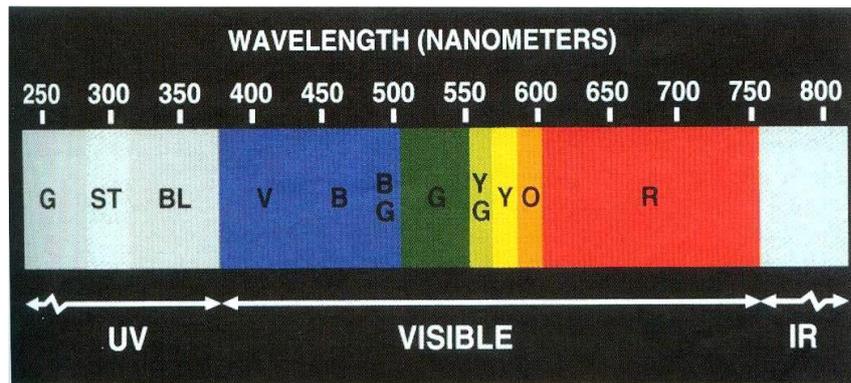
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Konsep Dasar Lampu**

Secara umum konsep dasar sebuah lampu adalah bentuk pemanfaatan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari transfer energi baik yang bersifat fisik maupun kimiawi yang terjadi pada saat lampu menyala. Seperti yang kita ketahui radiasi gelombang elektromagnetik tidak semua dapat dilihat dengan mata telanjang, biasanya rentang panjang gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah 380 nm sampai 780 nm . Panjang gelombang inilah yang disebut cahaya tampak. Cahaya tampak terdiri dari berbagai macam warna berdasarkan panjang gelombangnya. Misalnya pada panjang gelombang 380 nm warna yang dapat ditangkap oleh mata manusia adalah ungu, kemudian pada panjang gelombang 570 nm warna yang dapat ditangkap oleh mata manusia adalah kuning sampai seterusnya. Hingga pada panjang gelombang tertinggi dari cahaya tampak yaitu 780 nm menghasilkan cahaya yang dapat ditangkap oleh mata manusia yaitu warna merah.

##### **2.1.1. Pengertian Lampu**

Lampu adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan langsung dengan filamen sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi. Lampu dalam perkembangannya dewasa ini menjadi salah satu media penerangan penting buatan manusia untuk menggantikan keberadaan cahaya



**Gambar 2.1. Spektrum Cahaya**

*Sumber: Paschal, J. Step By Step Guide To Lighting. Overland Park: Primedia Inertec, 1998,*

*p.129*

matahari. Seiring dengan kemajuan teknologi, lampu telah mengalami banyak perubahan bila dibandingkan dengan awal penemuannya.

Lampu pertama kali ditemukan pada tahun 1878 oleh Thomas Alva Edison dalam bentuk lampu pijar. Penemuan tersebut berawal dari ide untuk membuat lampu dengan filamen yang terbuat dari platinum kemudian dialiri arus dimana logam platinum tersebut sukar untuk teroksidasi dan mempunyai titik lebur yang tinggi. Namun pada awal-awal percobaan, lampu tersebut pada setiap beberapa menit karena filamen tersebut mendapat panas yang berlebih dan terbakar akibat masih adanya kontak dengan udara luar.

Kemudian dari hasil eksperimen-eksperimen yang telah dilakukan dengan filamen platinum, Thomas Alva Edison menemukan bahwa pada filamen-filamen yang panas mengeluarkan gas yang terjebak di dalam logam tersebut, sehingga diperlukan sebuah desain untuk membuat udara disekitar filamen menjadi hampa udara agar tidak terjadi kontak antara gas yang dihasilkan oleh filamen dengan

udara. Oleh karena itu, hingga saat ini lampu dibuat dengan konstruksi berbentuk ruang hampa udara.



**Gambar 2.2. Lampu Pertama Kali yang Dibuat Edison**

Sumber: American History. Inventing Edison's Lamp. 2005. 2 Mei 2006.  
(<http://Americanhistory.si.edu/lighting/19thcent/invent19.htm>)

### **2.1.2. Bahan Material Lampu**

Daya kerja lampu pada umumnya sangat dipengaruhi oleh karakteristik material pembuatnya. Dengan semakin banyaknya fungsi dan kegunaan lampu pada kondisi yang berbeda-beda, tidak menutup kemungkinan adanya penggunaan bahan material yang beraneka ragam. Hingga saat ini, empat material dasar yang banyak dipakai untuk memproduksi lampu adalah kaca, keramik, logam, dan gas.

#### **1. Kaca**

Kaca termasuk dalam golongan anorganik non-crystalline, penggunaan kaca pada lampu digunakan untuk membuat tabung kaca yang menutupi filamen dari udara luar sehingga terbentuk ruang hampa udara, sehingga dibutuhkan untuk kaca yang dapat menahan panas radiasi filamen. Tiga macam material utama pembentuk kaca yang dipakai untuk pembuatan lampu adalah soda-lime

silicate, lead-alkali silicate, borosilicate. Namun bahan material kaca yang paling banyak digunakan pada industri lampu adalah *soda-lime silicate*, selain harganya yang relatif lebih murah, dengan bahan mentah yang sedikit tanpa banyak menggunakan campuran bahan yang lainnya, dapat diandalkan untuk dijadikan tabung penutup pada berbagai macam lampu. Misalnya : Lampu *Incandescent*, Lampu *Flourescent*.

## **2. Keramik**

Pada umumnya keramik dahulu tersusun dari bahan porselen, namun dalam perkembangannya keramik tersusun dari bahan silica dan alumina dengan komposisi yang seimbang, pada lampu digunakan untuk bagian dasar lampu *incandescent* ataupun *fluorescent* untuk meredam panas serta sebagai isolator.

## **3. Logam**

Logam yang dimaksudkan di sini adalah logam pembuat kawat filamen lampu. Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi, hal mendasar yang penting dimiliki oleh logam pembuat filamen harus dapat dioperasikan pada temperatur yang tinggi (panas) serta sekaligus juga dapat dijadikan sebagai pendingin sesaat setelah dimatikan.

- Memiliki tingkat evaporasi yang rendah.
- Memiliki tingkat ketahanan yang stabil.
- Memiliki stabilitas mikrostruktural yang stabil.

Sayangnya tidak ada material yang memiliki semua faktor-faktor di atas, sehingga beberapa perubahan pada material seringkali dilakukan. Pada saat ini secara umum banyak digunakan material tungsten sebagai filamen kawat.

#### 4. Gas

Penggunaan gas pada lampu pada dasarnya sebagai pengontrol reaksi kimia dan fisika yang berlangsung di dalam tabung, pada beberapa jenis lampu cahaya yang dihasilkan juga dapat berasal dari penggunaan gas untuk mengisi ruang hampa dalam tabung lampu. Reaksi kimia yang terjadi pada banyak material lampu seringkali ditimbulkan dari suhu tinggi yang terjadi pada saat pengoperasian lampu, reaksi kimia seperti oksidasi dan korosi harus secara cermat diperhitungkan untuk menghindari lampu beserta material penyusunnya agar tidak terjadi degradasi yang cepat. Untuk mengontrol reaksi kimia ini banyak digunakan gas yang non-reacting seperti gas argon dan nitrogen, serta gas krypton yang banyak difungsikan sebagai penahan panas dalam tabung lampu.

##### 2.1.3. Jenis-jenis Lampu

###### 1. Lampu Pijar

Cahaya lampu pijar dibangkitkan dengan mengalirkan arus listrik dalam suatu kawat halus. Dalam kawat ini energi listrik diubah menjadi panas dan cahaya. Kalau suhu ditingkatkan, maka panjang gelombang akan bergeser. Lampu jenis ini juga dikenal dengan sebutan *incandescent* yang ditemukan oleh Thomas Alva Edison pertama kali. Pengembangan lampu *incandescent* yang juga mempunyai prinsip kerja yang sama ialah lampu jenis *halogen* (*Tungsten Halogen Lamp*). Kedua jenis lampu ini dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



**Gambar 2.3. Lampu Pijar atau *Incandescent Lamp***



**Gambar 2.4. Lampu *Halogen Tungsten***

Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent\\_light\\_bulb](https://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb)

Lampu *incandescent* dan *halogen* ini menghasilkan cahaya Ketika arus listrik melewati filamen atau kawat dan kemudian memanasi filamen lampu tersebut, semakin panas filamen lampu tersebut maka akan semakin terang pula cahaya yang dipancarkan. Namun apabila melebihi suhu yang dapat di-cover oleh filamen maka filamen akan rusak. Umumnya digunakan kawat/filamen dari wolfram yang

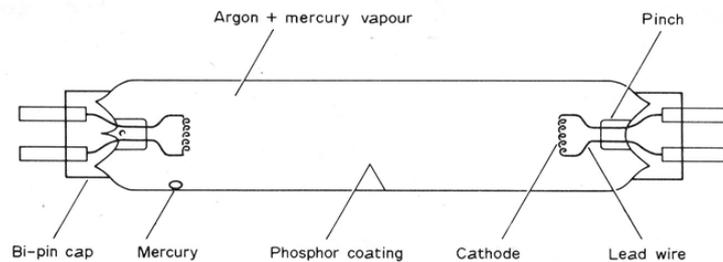
mempunyai titik lebur  $3650^{\circ}\text{K}$ . apabila suhu ditingkatkan sampai mencapai  $3300^{\circ}\text{K}$ , akan diperoleh lampu dengan fluks cahaya spesifik yang sangat tinggi (50 lumen/watt) tetapi pada suhu ini kawat akan terlalu cepat menguap, sehingga umur lampu menjadi pendek. Lampu pijar memiliki rata-rata umur 1000 jam nyala. Cahaya yang dipancarkan lampu pijar memiliki spectrum kontiniu, lampu-lampu pijar kebanyakan dilengkapi dengan sepotong kawat monel yang dipasang seri dengan kawat-kawat penghubungnya dan berfungsi sebagai pengaman lebur.

Pada dasarnya lampu halogen memiliki konstruksi yang hampir sama dengan lampu pijar, yang membedakan adalah ukuran kawat filamen yang ada pada lampu *halogen* relatif lebih besar. Ukuran tabung yang lebih besar dan bekerja pada daya yang lebih besar jika dibandingkan dengan lampu pijar. Ketika gas halogen dicoba digunakan untuk memenuhi ruang udara pada tabung lampu, terjadi reaksi kimia antara kawat *tungsten* dan gas *halogen* yang mengakibatkan proses evaporasi menjadi semakin terhambat. Namun untuk mendukung terjadinya proses kimia dibutuhkan ruangan yang lebih besar dan jarak tertentu diantara kawat filamen *tungsten* dan dinding pada tabung lampu. Oleh karena itulah lampu *halogen* memiliki ukuran lebih besar jika dibandingkan dengan lampu pijar.

## **2. Lampu *Fluorecent***

Lampu *fluorecent* lebih dikenal dengan sebutan lampu TL (*tubular lamp*) yang umumnya mempunyai diameter tabung 38 mm. Lampu ini dikembangkan sejak tahun 1980, prinsip kerjanya menggunakan media gas mineral *fluor* yang berfungsi untuk menghasilkan cahaya, dimana energi listrik akan membangkitkan gas di dalam tabung lampu sehingga akan timbul sinar ultra violet, dari sinar ultra violet

itu akan menimbulkan *phosphors* yang kemudian akan bercampur dengan mineral lainnya sehingga akan timbul cahaya. *Phosphors* didesain untuk meradiasikan cahaya putih sehingga sebagian besar lampu model jenis ini berwarna putih.



**Gambar 2.5. Konstruksi Lampu TL**

Lampu *fluorecent* sangat peka terhadap temperatur udara disekitarnya karena temperature tabung lampu sangat berpengaruh terhadap cahaya yang akan dihasilkan. Apabila suhu ruangan terlalu dingin dibandingkan suhu lampu, maka kemungkinan lampu tidak akan menyala. Suhu kerja lampu kira-kira sama dengan 40°C. ukuran tabung harus sedemikian rupa, sehingga suhu 40°C ini dapat dipertahankan suhu kerja yang sedemikian rendah. Pada lampu TL terdapat kumparan hambat (*ballast*), kumparan hambat ini membatasi arus tabung. Selain itu alat ini juga membangkitkan suatu tegangan induksi kejut yang tinggi untuk memulai penyalaan tabung. Daya yang dibutuhkan untuk seluruh rangkaian ialah daya tabung dengan daya kumparan hambatnya.

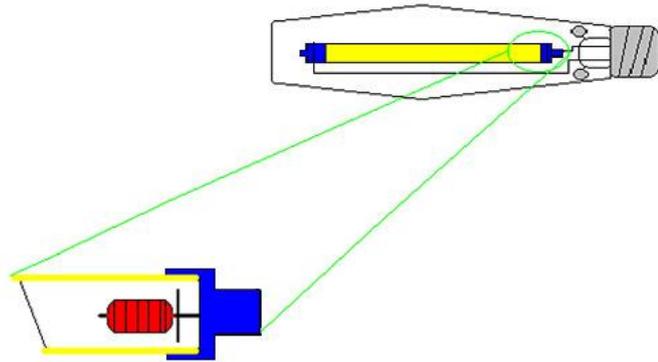
Penggunaan lampu *fluorecent* ini sangat dekat dengan kehidupan manusia, karena banyak digunakan pada penerangan di rumah-rumah, tempat umum seperti rumah sakit, kampus, hingga skala industry. Seiring perkembangan jaman, lampu *fluorecent* banyak mengalami perkembangan beberapa jenis terbaru diperkenalkan

dengan perubahan mendasar pada bentuk dan ukuran yang lebih kecil, lebih ringkas, serta lebih efisien. Salah satu bentuk perkembangan tersebut adalah lampu *compact fluorescent* atau lebih dikenal dengan sebutan lampu hemat energi (LHE). Lampu hemat energi memiliki bentuk yang lebih kecil dan lebih sederhana jika dibandingkan dengan lampu *fluorescent*.

### **3. Lampu HID (*High Intensity Discharge*)**

Lampu *high intensity discharge* menggunakan konsep kerja yang hampir sama dengan lampu *fluorescent*, pada beberapa jenis tertentu masih tetap memerlukan *ballast* namun dengan sedikit perubahan pada elektroda yang digunakan serta ukuran tabung yang digunakan. Diameter elektroda yang digunakan lebih besar sehingga arus yang dibutuhkan juga semakin besar, sedangkan tabung kaca yang digunakan ada dua macam yaitu tabung pembungkus yang letaknya pada bagian paling luar dan tabung *arc tube* yang terdapat pada bagian dalam yang berfungsi sebagai pembungkus elektroda.

Lampu ini umumnya digunakan untuk penerangan diluar ruangan dan banyak digunakan untuk pencahayaan desain *outdoor*, misalnya lapangan golf, taman, dan lainnya. Produk lampu pertama yang termasuk dalam jenis *High Intensity Discharge* adalah lampu merkuri (*mercury vapor lamps*), kemudian dikembangkan menjadi lampu *metal halide* atau lebih dikenal dengan *metallic vapor* dan perkembangan terakhir dari jenis lampu ini adalah lampu *High Pressure Sodium Lamps* (HPS). Sedangkan lampu yang menggunakan kombinasi tabung kaca pada lampu *fluorescent* dan gas yang digunakan pada lampu HPS dinamakan *Low Pressure Sodium Lamps* (LPS).



**Gambar 2.6. High Pressure Sodium Lamps**

Sumber: American History. High Pressure Sodium Lamps

<<http://Americanhistory.si.edu/lighting/20thcent/invent20.htm#in3>>

## 2.2. Lampu LED

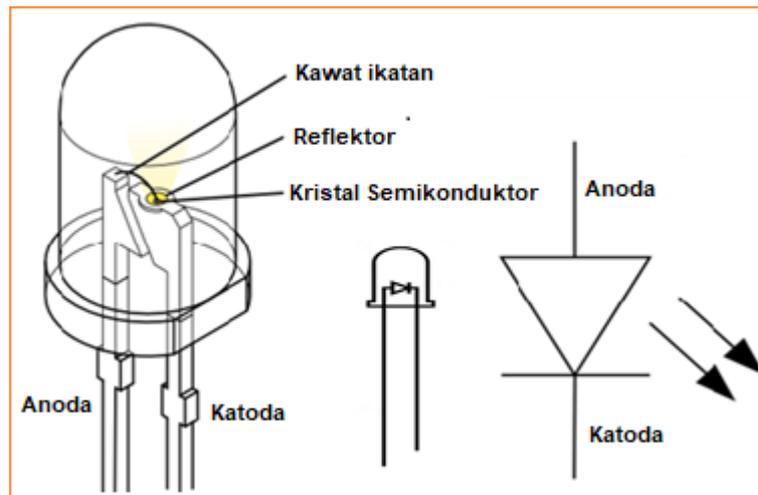
Lampu LED adalah lampu masa depan yang super hemat dan ramah lingkungan juga mempunyai umur yang panjang. Disebut lampu LED karena menggunakan LED sebagai penerangan. LED merupakan singkatan dari *Light Emitting Diode* yang dapat memancarkan cahaya monokromatik apabila diberikan bias tegangan maju (bias *forward*). LED sendiri merupakan komponen berupa dioda yang dapat memancarkan cahaya. Karena merupakan dioda, bahan utama dari LED ialah semikonduktor. Ketika sebuah dioda sedang mengalirkan elektron, terjadi pelepasan energi yang umumnya berbentuk emisi panas dan cahaya. Material semikonduktor pada dioda sendiri menyerap cukup banyak energi cahaya sehingga tidak seluruhnya dilepaskan. LED merupakan dioda yang dirancang untuk melepaskan sejumlah banyak foton, sehingga dapat mengeluarkan cahaya yang tampak oleh mata.

Umumnya LED dibungkus oleh bahan plastik yang dirancang sedemikian sehingga cahaya yang dikeluarkan terfokus pada suatu arah tertentu. LED yang menghasilkan warna berbeda-beda berdasarkan bahan semikonduktor yang digunakan serta membutuhkan tingkat energi berbeda untuk mendapatkan emisi cahaya. Pada semikonduktor doping yang digunakan adalah *gallium*, *arsenide*, dan *phosphorus*. Artinya jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda.

#### **2.1.4. Struktur Dasar LED**

Semikonduktor merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik meskipun tidak sebaik konduktor listrik. Semikonduktor umumnya dibuat dari konduktor lemah yang diberi ‘pengotor’ berupa material lain. Dalam LED digunakan konduktor dengan gabungan unsur logam aluminium-gallium-arsenit (AlGaAs). Konduktor AlGaAs murni tidak memiliki pasangan elektro bebas sehingga tidak dapat mengalirkan arus listrik. Oleh karena itu dilakukan proses doping dengan menambahkan elektron bebas untuk mengganggu keseimbangan konduktor tersebut sehingga material yang ada menjadi konduktif.

LED merupakan dioda sehingga memiliki kutub (polar). Arah arus konvensional hanya dapat mengalir dari anoda ke katoda. Gambar 2.7 memperlihatkan salah satu contoh LED beserta tanda kaki yang menunjukkan kutub anoda dan katoda. Perhatikan bahwa ada dua kawat pada LED yang memiliki panjang berbeda. Kawat yang panjang merupakan anoda dalam hal ini kutub positif dan kawat yang pendek adalah katoda yaitu kutub negatif.



**Gambar 2.7. Struktur LED**

LED mempunyai sifat warna tertentu dan tersedia pada *range* warna yang lebar. Adapun Panjang gelombang atau spektru yang dihasilkan oleh LED yang pernah ada sampai saat ini adalah 400 nm sampai 760 nm. Kelebihan LED dari lampu yang ada sekarang (yaitu lampu pijar dan *fluorecent*) yaitu dalam hal efisien energi. Sehingga LED sangat berpotensi untuk dijadikan sumber pencahayaan masa depan. Adapun spesifikasi LED berdasarkan warna yang dipancarkan dapat dilihat pada Table 2.1 berikut.

**Tabel 2.1. Spesifikasi LED**

No	Warna	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	Merah	1.8-2.3	20
2	Kuning	1.8-2.3	20
3	Biru	3.2-3.4	20
4	Hijau	3.2-3.4	20
5	Putih	3.2-3.4	20

### 2.1.5. Jenis-jenis Lampu LED

#### 1. Miniatur LED

Lampu LED jenis ini merupakan jenis yang paling banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Paling sering dijumpai pada berbagai alat elektronik dengan berbagai desain *surface mount* atau *through hole*. Miniatur Led seperti namanya mempunyai ukuran yang kecil terbagi dalam tiga kategori yaitu *low current*, standar, dan *ultra-high output*. LED jenis ini sering dimanfaatkan sebagai indikator pada berbagai macam alat elektronik.



**Gambar 2.8. Miniatur LED**

#### 2. *Bi-color* LED

*Bi-color* LED menggabungkan dua jenis sumber cahaya yang dipusatkan menjadi satu yang mana masing-masing lampu mempunyai warna yang berbeda yang akan menyala secara bergiliran sehingga terbentuklah variasi warna yang unik. Bahkan saat aliran dari kedua lampu menyala secara bersamaan bisa jadi akan

muncul warna ketiga yang menjadi campuran antara warna pada lampu LED satu dan dua.



**Gambar 2.9. Bi-color LED**

### **3. Super Flux LED**

Lampu LED jenis ini merupakan LED yang banyak digunakan pada lighting panggung, lampu *billboard*, lampu penerangan jalan, lampu taman, dan lain sebagainya. Super flux LED biasanya membutuhkan konsumsi daya yang tinggi dibandingkan jenis LED lainnya. itu terjadi karena super flux LED memiliki dua kutub positif dan dua kutub negatif sehingga daya yang dihasilkan sangat besar.



**Gambar 2.10. Super Flux LED**

#### **4. High Power LED**

*High power LED* menghasilkan intensitas cahaya lampu yang sangat kuat dibandingkan dari semua jenis lampu LED. Akan tetapi, lampu ini berpotensi untuk lebih cepat panas dibandingkan LED lain. Oleh sebab itu, untuk memasang lampu dengan *high power LED* harus memperkirakan lokasi yang tepat yaitu area yang terbuat dari bahan penyerap panas sehingga lampu LED ini menjadi dingin selama proses konveksi. Apabila *high power LED* mengalami *over heating* bisa mengakibatkan komponen terbakar. LED jenis disebut juga *solid state lights* karena elektroluminesennya digerakkan oleh material yang kecil namun solid. Pemanfaatan *high power LED* biasanya digunakan untuk menggantikan lampu jenis *fluorecent* atau *incandescent* karena terbukti lebih hemat.

#### **5. Surface Mount Device LED (SMD)**

*Surface Mount Device LED* atau sering disingkat dengan SMD LED adalah suatu jenis LED yang tersusun dari chip-chip yang berukuran kecil dan sangat ringan. Kelebihan LED ini ialah tidak mudah panas, berbeda dengan *high power LED*. Selain itu yang membedakan antara SMD LED dengan *high power LED* adalah jumlah konsumsi daya, dimana SMD LED mengonsumsi daya yang jauh lebih sedikit dibanding *high power LED*.

Namun kedua LED tersebut menghasilkan intensitas cahaya yang tinggi. Namun kekurangan SMD LED ialah pancaran cahaya yang dihasilkan kurang merata. Penerangan lampu pada skala rumah lebih banyak menggunakan lampu LED jenis SMD karena daya konsumsi yang rendah dan juga ramah lingkungan serta mempunyai umur yang lebih panjang.



**Gambar 2.11. High Power LED**



**Gambar 2.12. Surface Mount Device LED**

#### **6. Chip on Board LED (COB)**

*Chip on board* (COB) LED merupakan jenis lampu LED yang komponennya tersusun dari ribuan *chip*. Berbeda dengan *surface mount device* LED yang memancarkan cahaya secara tidak merata, lampu jenis *chip on board* LED ini mampu menghasilkan pancaran cahaya yang lebih merata. Untuk fitur yang disajikan hampir sama dengan *surface mount device* LED karena *chip on board* LED ini merupakan bentuk pengembangan dari *surface mount device* LED.



**Gambar 2.13. *Chip on Board* LED**

## **2.2. Komponen Penyusun Rangkaian Lampu LED**

Dalam merancang lampu LED, membutuhkan perangkat khusus agar penyalan yang dihasilkan lebih baik yang disebut *driver* (juga dikenal sebagai catu daya LED). *Driver* LED mirip dengan ballast untuk lampu neon atau transformator untuk bohlam bertegangan rendah. *Driver* menyediakan listrik yang dibutuhkan LED untuk berfungsi dan bekerja dengan baik. Terdapat dua tujuan yang ingin dicapai dengan penggunaan *driver* yaitu:

1. LED dirancang untuk berjalan pada tegangan rendah dengan listrik arus searah. Tetapi kebanyakan catu daya diperoleh dengan tegangan tinggi dan arus yang bolak balik. *Driver* LED dirancang untuk mengubah tegangan tinggi arus bolak balik menjadi tegangan rendah arus searah.
2. *Driver* melindungi LED dari fluktuasi tegangan atau arus. Perubahan tegangan dapat menyebabkan perubahan arus yang disuplai ke LED. Karena LED beroperasi pada rentang arus tertentu sehingga dibutuhkan *driver* yang dapat menstabilkan arus yang disuplai ke LED. Apabila arus yang disuplai terlalu

banyak atau sedikit dapat menyebabkan keluaran cahaya bervariasi bahkan dapat merusak LED.

Singkatnya, *driver* dibutuhkan untuk mengubah tegangan tinggi ke tegangan rendah, arus bolak-balik menjadi arus searah juga menjaga tegangan dan arus yang disuplai ke LED sesuai dengan *rating*. *Driver* LED dirancang untuk memenuhi kebutuhan operasi lampu LED yang diinginkan. Terdapat dua tipe *driver* LED yang umum digunakan yaitu *driver* arus konstan dan *driver* tegangan konstan.

### **2.2.1. *Driver* LED Arus Konstan**

*Driver* LED arus konstan adalah catu daya LED yang mengatur arus yang mengalir melalui rangkaian LED untuk mempertahankan tingkat keluaran cahaya yang diinginkan. Biasanya *driver* jenis ini merupakan konverter AC-DC atau DC-DC dengan *output* yang disesuaikan dengan karakteristik LED. *Driver* LED arus konstan lebih unggul dalam menggerakkan beberapa LED yang disusun seri. Konfigurasi susunan seri lebih banyak digunakan untuk sistem pencahayaan LED karena jenis konfigurasi ini menghilangkan masalah keseimbangan arus karena hanya ada satu jalur arus dan semua LED di sepanjang jalur memiliki arus yang sama. Dengan demikian, LED menerima arus identik dari *driver* arus konstan sehingga seluruh LED menghasilkan *output* dengan keseragaman tinggi dalam kecerahan dan warna. *Driver* LED arus konstan memvariasikan tegangan di sirkuit untuk mempertahankan arus listrik yang konstan. Walaupun terjadi fluktuasi tegangan, arus yang diarahkan ke LED akan dipertahankan pada tingkat rentang ditentukan. *Driver* arus konstan dirancang untuk LED yang membutuhkan arus keluaran tetap dengan rentang tegangan yang bervariasi.

### 2.2.2. *Driver* LED Tegangan Konstan

*Driver* LED tegangan konstan dirancang untuk tegangan luaran arus searah. (DC). *Driver* tegangan konstan bermacam-macam mulai dari catu daya konvensional hingga yang tertutup tergantung pada kebutuhan yang diinginkan. *Driver* tegangan konstan yang paling umum memiliki tegangan tetap yaitu 12 VDC atau 24 VDC. Lampu LED yang dirancang menggunakan jenis *driver* ini menentukan jumlah tegangan input yang dibutuhkan untuk beroperasi dengan benar. *Driver* jenis ini digunakan untuk LED yang membutuhkan satu tegangan stabil dan memiliki arus yang sudah diatur baik melalui resistor sederhana atau *driver* arus konstan internal yang terletak dalam modul LED. Perbedaan utama dari *driver* arus konstan dan *driver* tegangan konstan ialah *driver* arus konstan menyediakan catu daya yang sama pada LED sedangkan *driver* tegangan konstan menyediakan daya semi-proses dengan hanya tegangan yang diatur ke tingkat yang konstan. Sebuah lampu LED yang menggunakan *driver* tegangan konstan pada akhirnya membutuhkan perangkat pembatas arus untuk mengatur arus yang disuplai pada LED. Sedangkan *driver* arus konstan tidak membutuhkan tambahan perangkat pembatas arus untuk membatasi arus yang masuk ke LED, sehingga dari segi efisiensi *driver* tegangan konstan mempunyai efisiensi yang rendah dibanding *driver* arus konstan dan LED dapat rentan terhadap tekanan termal tinggi terutama ketika pembatas arus dilakukan melalui regulator atau resistor linier yang tidak efisien.

Sebuah input *driver* LED dapat berupa input DC ataupun input AC. Karena LED membutuhkan arus searah dalam beroperasi maka penggunaan input AC perlu

diubah menjadi DC yang kemudian diturunkan nilainya ke rentang tegangan serta arus yang diinginkan. Ada beberapa komponen penyusun *driver* dengan input AC yaitu penyearah gelombang yang digunakan untuk menyearahkan arus bolak-balik menjadi arus searah, kapasitor yang digunakan untuk menekan riak yang terlalu tinggi agar DC yang dihasilkan lebih halus, regulator yang digunakan untuk mengatur tegangan atau arus sebelum disuplai ke LED, serta resistor.

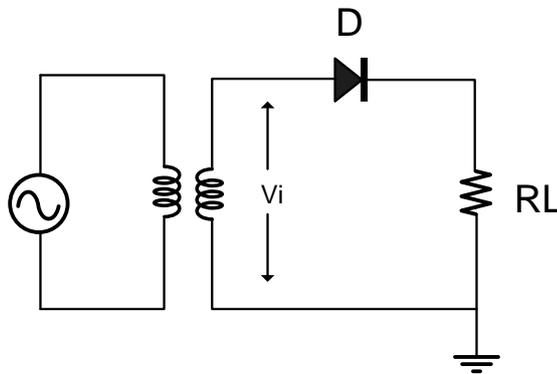
### **2.3. Penyearah Gelombang (*Rectifier*)**

Sebagian besar peralatan elektronik membutuhkan sumber daya berupa arus searah. Oleh karena itu dibutuhkan perangkat yang dapat mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Penyearah merupakan komponen yang dapat mengubah arus AC menjadi arus DC. Komponen utama dari penyearah gelombang adalah dioda. Hal ini karena sifat dioda yang sangat mendasar yaitu hanya melewatkan arus dalam satu arah saja. Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

#### **2.3.1. Penyearah Setengah Gelombang**

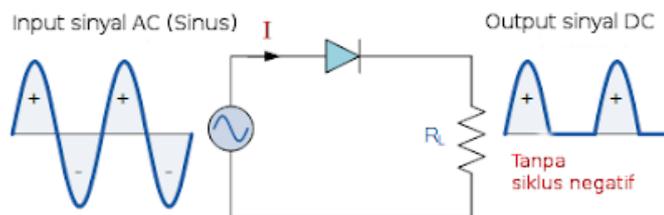
Penyearah setengah gelombang adalah sistem penyearah yang menggunakan satu buah dioda tunggal dan hanya melewatkan siklus positif dari sinyal AC. Prinsip kerja penyearah setengah gelombang memanfaatkan karakteristik dioda yang hanya bisa dilalui arus satu arah saja. Rangkaian penyearah setengah gelombang banyak dipakai pada *power supply* dengan frekuensi tinggi seperti pada *power supply* SMPS. Sistem penyearah setengah gelombang kurang baik diaplikasikan pada frekuensi rendah seperti jala-jala listrik rumah tangga dengan

frekuensi 50Hz karena membuang satu siklus sinyal AC dan mempunyai riak (*ripple*) yang besar pada keluaran tegangan DC-nya sehingga membutuhkan kapasitor yang besar.



**Gambar 2.14. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang**

Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan output sisi positif dari gelombang AC maka dioda dalam keadaan *forward bias* sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi *reverse bias*, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan. Gambar 2.15 memperlihatkan sinyal *output* penyearah setengah gelombang.



**Gambar 2.15. Sinyal Output Penyearah Setengah Gelombang**

Karena sinyal input berupa gelombang berbentuk sinus,

$$V_{in} = V_m \sin \omega t \quad (1)$$

Dimana  $V_m$  adalah tegangan puncak atau tegangan maksimum. Nilai  $V_m$  ini hanya bisa diukur dengan CRO yakni dengan melihat langsung pada gelombangnya. Pada umumnya harga yang tercantum pada trafo adalah tegangan efektif ( $V_{eff}$ ). Hubungan antara tegangan puncak dengan  $V_{eff}$  adalah:

$$V_{eff} = V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m \quad (2)$$

Arus akan mengalir ke beban ketika penyearah diberi bias maju dalam hal ini input berada pada siklus positif. Arus dioda yang mengalir ke beban dinyatakan dengan :

$$i = I_m \sin \omega t , \text{ jika } 0 \leq \omega t \leq \pi \text{ (siklus positif)} \quad (3)$$

Meskipun sinyal keluaran masih berbentuk gelombang (Gambar 2.14), namun arah gelombangnya adalah sama yaitu positif. Berarti harga rata-ratanya tidak lagi nol seperti halnya arus bolak-balik. Arus rata-rata ( $I_{dc}$ ) secara matematis dinyatakan dalam:

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} \cong 0.318 I_m \quad (4)$$

Sehingga tegangan DC pada beban dapat dinyatakan dalam:

$$V_{dc} = I_{dc} \cdot R_L \quad (5)$$

$$V_{dc} = \frac{I_m \cdot R_L}{\pi} \quad (6)$$

$$V_m = I_m \cdot R_L \quad (7)$$

Dimana,

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} \cong 0.318 V_m \quad (8)$$

Dalam perancangan rangkaian penyearah yang juga menjadi penting untuk diketahui adalah tegangan maksimum yang boleh diberikan pada diode. Tegangan maksimum yang harus ditahan oleh dioda disebut PIV (*peak inverse voltage*) atau tegangan puncak balik. Hal ini karena pada saat dioda mendapat bias mundur maka tidak ada arus yang mengalir dan semua tegangan dari trafo berada pada dioda. PIV dinyatakan dalam:

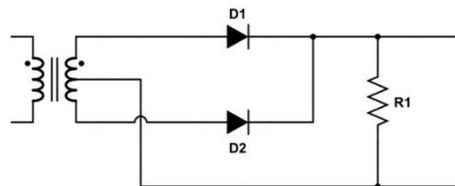
$$PIV = V_m \quad (9)$$

### 2.3.2. Penyearah Gelombang Penuh

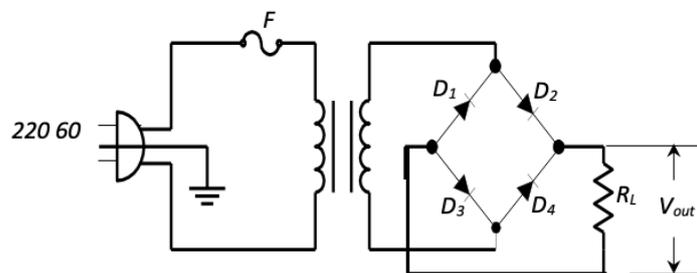
Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan dua acara yaitu menggunakan trafo CT (*center tap*) dan dengan sistem jembatan. Perbedaan dari kedua penyeraha tersebut yaitu pada penyerah yang menggunakan tarfo CT membutuhkan 2 dioda sedangkan pada sistem jembatan menggunakan 4 dioda. Penyearah dengan sistem jembatan dan trafo CT dapat dilihat pada Gambar 2.16.

Pada penyearah gelombang penuh dengan trafo CT mengeluarkan dua buah tegangan yang sama tetapi fasanya berlawanan dengan titik CT sebagai titik tengahnya. Kedua keluaran ini masing-masing dihubungkan ke D1 dan D2 sehingga saat D1 mendapat sinyal siklus positif maka D2 mendapat sinyal siklus negatif, dan sebaliknya. Namun, karena arus  $i_1$  dan  $i_2$  melewati tahanan dengan arah yang sama maka  $i_L$  menjadi satu arah. Penyearah gelombang penuh ini merupakan gabungan dari dua buah penyearah setengah gelombang yang hidupnya bergantian setia

setengah siklus. Sehingga arus maupun tegangan rata-ratanya adalah dua kali dari penyearah setengah gelombang.



(a)



(b)

**Gambar 2.16. Penyearah Gelombang Penuh, (a) Penyearah dengan Dua Dioda, (b) Penyearah dengan Sistem Jembatan**

Sehingga diperoleh persamaan-persamaan pada penyearah gelombang penuh yang dinyatakan dalam:

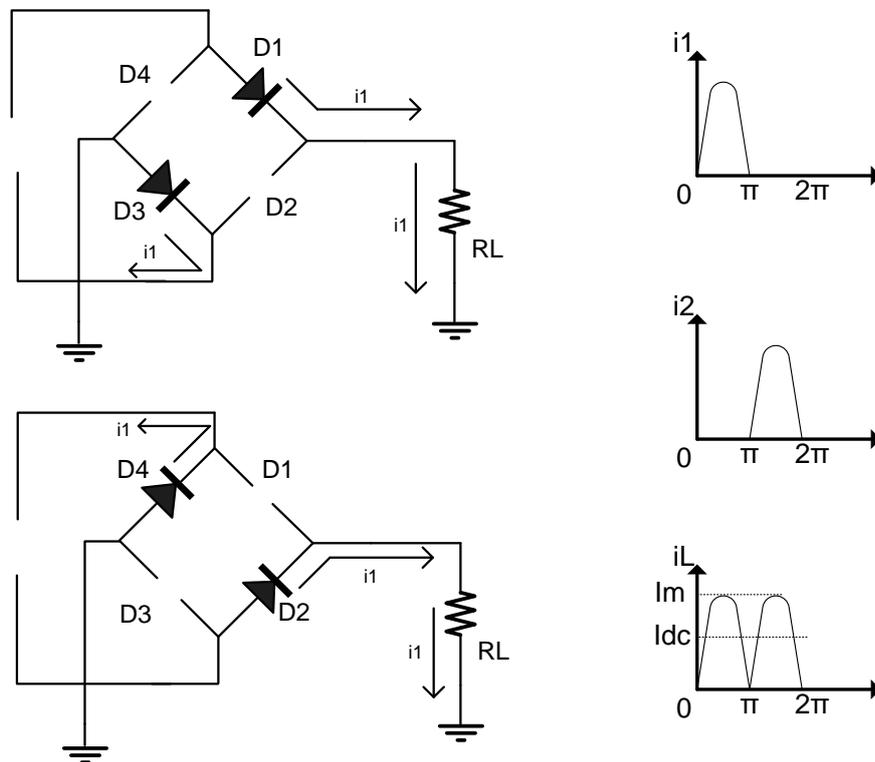
$$I_{dc} = \frac{2 I_m}{\pi} \cong 0.636 I_m \quad (10)$$

$$V_{dc} = \frac{2 V_m}{\pi} \cong 0.636 V_m \quad (11)$$

Tegangan puncak *inverse* yang dirasakan oleh dioda sebesar  $2V_m$ . Dikarenakan pada saat siklus positif dimana D1 hidup dan D2 mati maka jumlah tegangan yang berada pada diode D2 yang sedang mati adalah dua kali dari tegangan sekunder trafo. Sehingga PIV untuk masing-masing dioda adalah:

$$PIV = 2V_m \quad (12)$$

Pada penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan mempunyai prinsip kerja yang dapat dijelaskan pada Gambar 2.17



**Gambar 2.17. Penyearah Gelombang Penuh Sistem Jembatan**

Pada saat rangkaian jembatan mendapat sinyal AC pada siklus positif maka D1 dan D3 hidup karena mendapat bias maju, kemudian D2 dan D4 mati karena mendapat bias mundur sehingga arus  $i_L$  mengalir melalui D1, RL, dan D3.

Sedangkan apabila jembatan memperoleh bagian siklus negatif maka D2 dan D4 hidup karena mendapat bias maju kemudian D1 dan D3 mati karena mendapat bias mundur sehingga arus  $i_2$  mengalir melalui D2, RL, dan D4. Arah arus  $i_1$  dan  $i_2$  yang melewati RL adalah sama, dengan demikian arus yang mengalir ke beban merupakan penjumlahan dari dua arus  $i_1$  dan  $i_2$  dengan menempati paruh waktu masing-masing. Arus rata-rata pada beban dapat dinyatakan dengan:

$$I_{dc} = \frac{2 I_m}{\pi} \cong 0.636 I_m \quad (13)$$

untuk harga  $V_{dc}$  dengan memperhitungkan tegangan *cut-in* dioda, dapat dihitung dengan:

$$V_{dc} = 0.636(V_m - 2V_\gamma) \quad (14)$$

Harga  $2\gamma$  diperoleh karena pada setiap siklus terdapat dua buah diode yang berhubungan secara seri. Untuk tegangan puncak balik mempunyai nilai yang sama dengan penyuarah setengah gelombang yaitu :

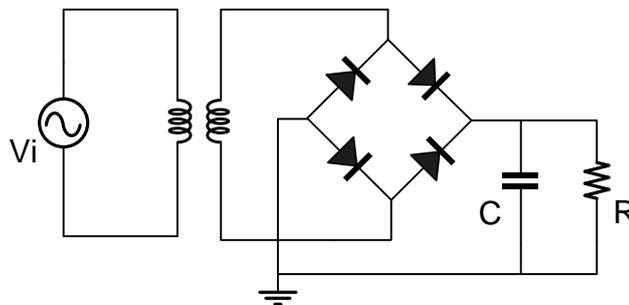
$$PIV = V_m \quad (15)$$

#### 2.4. Filter

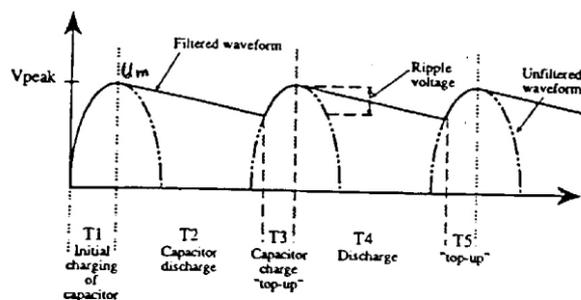
Pada rangkaian lampu LED yang menggunakan penyearah gelombang, menghasilkan tegangan DC yang tidak murni. Artinya masih mempunyai riak (*ripple*). Sehingga tambahan perangkat yang berfungsi untuk memperkecil riak adalah filter. Ada banyak jenis filter yang ada hingga saat ini, namun filter yang akan dibahas pada bab ini merupakan kondensator elektrolit sehingga yang menjadi komponen utama dari filter ini adalah kapasitor.

### 2.4.1. Filter Kapasitif

Filter kapasitif dilakukan dengan menghubungkan kapasitor pada beban secara paralel. Hal ini memungkinkan beban mendapat sinyal DC yang lebih halus. Kapasitor memperlama arus yang mengalir ke beban sehingga mengurangi riak pada tegangan. Nilai kapasitor yang lebih besar akan menyimpan muatan pada saat pengisian. Pada Gambar 2.18 memperlihatkan rangkaian filter kapasitif dengan proses yang terjadi pada saat pengisian.



(a) Rangkaian Filter Kapasitif



(b) Bentuk Gelombang Perataan dengan Kapasitor

**Gambar 2.18. Rangkaian Filter Kapasitif**

Pada saat  $T_1$ , terjadi pengisian muatan pada kapasitor mendekati harga tegangan puncak  $V_m$ . Jika tegangan pulsa turun lebih rendah dari  $V_m$  maka kapasitor akan mengosongkan muatannya. Dengan adanya kapasitor tegangan keluaran tidak segera turun walaupun tegangan masuk sudah turun, hal ini disebabkan karena kapasitor memerlukan waktu untuk mengosongkan muatannya. Sebelum tegangan kapasitor turun maka kapasitor mengalami pengisian muatan lagi. Tegangan yang berubah inilah yang disebut tegangan kerut (*ripple voltage*) hasil dari transien kapasitor.

Faktor *ripple* adalah besarnya persentase perbandingan antara tegangan *ripple* dengan tegangan DC yang dihasilkan yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\%r = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \times 100 \quad (16)$$

Dimana:

$V_{rms}$  = tegangan efektif (VAC)

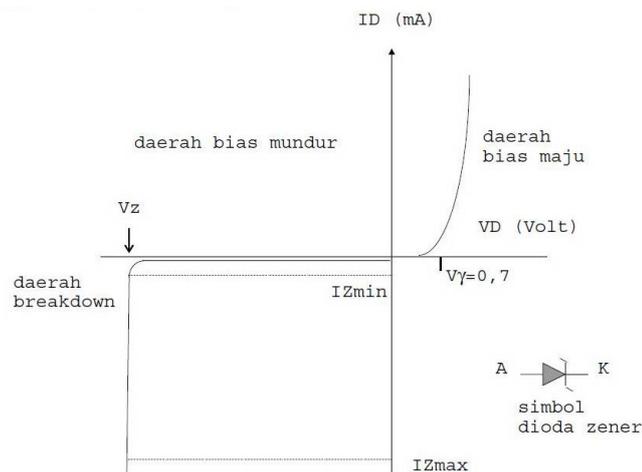
$V_{dc}$  = tegangan rata-rata DC (VDC)

$\%r$  = faktor *ripple*

## 2.5. Dioda Zener

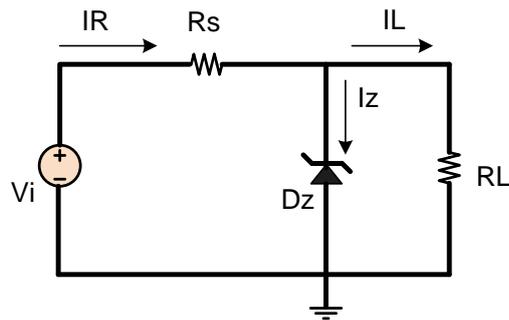
Dioda zener adalah dioda silikon yang dirancang khusus sebagai penstabil tegangan pada catu daya DC. Tujuannya adalah agar tegangan *output* yang dihasilkan tidak berubah jika dibebani dalam batas-batas tertentu. Penyebab ketidakstabilan suatu catu daya biasanya terjadi akibat adanya fluktuasi tegangan jala-jala input dan variasi beban yang berubah-ubah.

Dioda zener mempunyai struktur yang tidak jauh berbeda dengan dioda biasa, namun pada dioda zener terdapat daerah *breakdown* dimana pada saat bias mundur mencapai tegangan *breakdown* maka arus dioda akan naik dengan cepat. sedangkan pada dioda biasa tidak diperbolehkan pemberian tegangan mundur sampai pada daerah *breakdown* karena bisa merusak dioda.



**Gambar 2.19. Kurva Karakteristik Dioda Zener**

Tingkat *breakdown* dari suatu zener dapat dikontrol dengan memvariasikan tingkat dopingnya. Tingkat doping yang tinggi akan meningkatkan jumlah pengotoran sehingga tegangan zenernya akan kecil begitupun sebaliknya. Pada umumnya dioda zener dipasaran yang tersedia mulai dari tegangan 1,8 V sampai 200 V dengan daya dari  $\frac{1}{4}$  W hingga 50 W. Dioda zener lebih umum digunakan sebagai penyetabil tegangan. Rangkaian penyetabil tegangan dengan dioda zener dapat dilihat pada Gambar 2.20. Agar rangkaian dapat berfungsi maka dioda zener harus bekerja pada daerah *breakdown*.



**Gambar 2.20. Rangkaian Penyetabil Tegangan**

Resistansi beban  $R_L$  harus lebih besar dari  $R_L$  minimum. Hal ini dikarenakan apabila  $R_L$  kecil dari  $R_L$  minimum maka jatuh tegangan pada  $R_L$  (juga pada zener) akan kecil sehingga kurang dari  $V_z$ . Oleh karena itu zener tidak berfungsi karena tidak bekerja pada daerah *breakdown*. Untuk menghitung  $R_L$  minimum dapat menggunakan persamaan:

$$R_{L_{\min}} = \frac{R_s \cdot V_z}{V_i - V_z} \quad (17)$$

Dari  $R_L$  minimum dapat diperoleh  $i_L$  maksimum yaitu:

$$i_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_z}{R_{L_{\min}}} \quad (18)$$

$V_L = V_z$ , dengan menganggap  $V_i$  tetap maka turun tegangan pada  $R_s$  juga tetap, yaitu:

$$V_R = V_i - V_z \quad (19)$$

Dan arus yang mengalir pada  $R_s$  juga tetap, yaitu:

$$i_R = \frac{V_R}{R_s} \quad (20)$$

Arus zener dapat dihitung dengan:

$$i_z = i_R - i_L \quad (21)$$

Karena  $i_R$  tetap, maka  $i_z$  akan maksimum bila  $i_L$  minimum dan sebaliknya. Agar  $i_z$  tidak melebihi harga  $i_z$  maksimum maka  $i_L$  tidak boleh kurang dari  $i_L$  minimum.  $i_L$  minimum adalah:

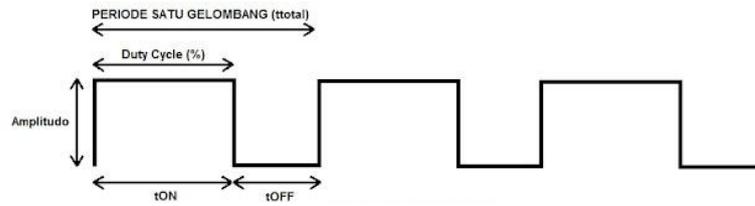
$$i_{L\min} = i_R - i_{zm} \quad (22)$$

Dengan demikian diperoleh  $R_L$  maksimum yaitu:

$$R_{L\max} = \frac{V_z}{i_{L\min}} \quad (23)$$

## 2.6. Sinyal PWM (*Pulse width Modulation*)

*Pulse width modulation* merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan sinyal analog dari sebuah piranti digital dengan cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu perioda untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sinyal PWM mempunyai amplitudo dan frekuensi 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 mempunyai *duty cycle* yang bervariasi (biasanya antara 0%-100%). Berikut cara menghitung nilai *duty cycle* dan tegangan luaran yang dihasilkan:



**Gambar 2.21. Sinyal PWM**

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (24)$$

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times 100\% \quad (25)$$

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (26)$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (27)$$

Dimana :

$T_{on}$  = waktu pulsa pada saat *HIGH*

$T_{off}$  = waktu pulsa pada saat *LOW*

$D$  = *duty cycle* (lamanya pulsa *high* dalam satu periode)

$V_{out}$  = tegangan *output* yang dihasilkan dari sinyal PWM

Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara. Secara umum terdapat dua cara yang sering digunakan dalam dunia elektronika yaitu dengan metode analog dan metode digital. Metode analog menggunakan rangkaian op-amp sedangkan metode digital menggunakan mikrokontroler. Setiap perubahan PWM dengan menggunakan metode analog menghasilkan sinyal yang harul sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM-nya dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu.