

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Dasar Mengenai Cahaya

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang kasat mata dengan panjang gelombang sekitar 380–750 nm. Pada bidang fisika, cahaya adalah radiasi elektromagnetik, baik dengan panjang gelombang kasat mata maupun yang tidak. Selain itu, cahaya adalah paket partikel yang disebut Foton . Kedua definisi tersebut merupakan sifat yang ditunjukkan cahaya secara bersamaan sehingga disebut "Dualisme Gelombang Partikel". Paket cahaya yang disebut spektrum kemudian dipersepsikan secara visual oleh indera penglihatan sebagai warna .

Bidang studi cahaya dikenal dengan sebutan optika, merupakan area riset yang penting pada fisika modern. Studi mengenai cahaya dimulai dengan munculnya era optika klasik yang mempelajari besaran optik seperti intensitas , frekuensi atau panjang gelombang ; polarisasi dan fase cahaya. Sifat-sifat cahaya dan interaksinya terhadap sekitar dilakukan dengan pendekatan paraksial geometris seperti refleksi dan refraksi , dan pendekatan sifat optik fisisnya yaitu interferensi , difraksi , dispersi, polarisasi.

Masing-masing studi optika klasik ini disebut dengan optika geometris (*Geometrical Optics*) dan optika fisis (*Physical Optics*). Pada puncak optika klasik, cahaya didefinisikan sebagai gelombang

elektromagnetik dan memicu serangkaian penemuan dan pemikiran, sejak tahun 1838 oleh Michael Faraday dengan penemuan sinar katoda, tahun 1859 dengan teori radiasi massa hitam oleh Gustav Kirchhoff, tahun 1877 Ludwig Boltzmann mengatakan bahwa status energi sistem fisik dapat menjadi diskrit, teori kuantum sebagai model dari teori radiasi massa hitam oleh Max Planck pada tahun 1899 dengan hipotesa bahwa energi yang teradiasi dan terserap dapat terbagi menjadi jumlahan diskrit yang disebut elemen energi.

Pada tahun 1905, Albert Einstein membuat percobaan efek fotoelektrik, cahaya yang menyinari atom mengeksitasi elektron untuk melejit keluar dari orbitnya. Pada tahun 1924 percobaan oleh Louis de Broglie menunjukkan elektron mempunyai sifat dualitas partikel gelombang, hingga tercetus teori dualitas partikel gelombang. Albert Einstein kemudian pada tahun 1926 membuat postulat berdasarkan efek fotolistrik, bahwa cahaya tersusun dari kuantum yang disebut foton yang mempunyai sifat dualitas yang sama. Karya Albert Einstein dan Max Planck mendapatkan penghargaan Nobel masing-masing pada tahun 1921 dan 1918 dan menjadi dasar teori kuantum mekanik yang dikembangkan oleh banyak ilmuwan, termasuk Werner Heisenberg, Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Max Born, John Von Neumann, Paul Dirac, Wolfgang Pauli, David Hilbert, Roy J. Glauber dan lain-lain. Era ini kemudian disebut era optika modern dan cahaya didefinisikan sebagai dualisme gelombang transversal elektromagnetik dan aliran partikel yang disebut foton. Pengembangan lebih

lanjut terjadi pada tahun 1953 dengan ditemukannya sinar maser dan sinar laser pada tahun 1960. Era optika modern tidak serta merta mengakhiri era optika klasik, tetapi memperkenalkan sifat-sifat cahaya yang lain yaitu difusi dan hamburan. Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

1. Pijar padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu 1000 K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
2. Muatan listrik: Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada
3. *Electro Luminescent*: Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
4. *Photoluminescent*: Radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat maka radiasi tersebut dinamakan *Fluorescent* atau *Phosphorescent*.

2.1.1 Definisi dan Istilah Umum Mengenai Cahaya

1. Lumen: Satuan flux cahaya, flux dipancarkan didalam satuan unit sudut padatan oleh sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu candela. Satu lux adalah satu lumen per meter persegi. Lumen (Lm) adalah kesetaraan fotometrik dari Watt, yang memadukan respon mata "pengamat standard". 1 watt = 683 lumens pada panjang gelombang 555 nm.
2. *Efficacy* Beban Terpasang: Merupakan iluminasi/ terang rata-rata yang dicapai pada suatu bidang kerja yang datar per watt pada pencahayaan umum didalam ruangan yang dinyatakan dalam lux/W/m^2 .
3. Perbandingan *Efficacy* Beban Terpasang: Merupakan perbandingan *Efficacy* beban target dan beban terpasang.
4. *Efficacy* Beban Target: Nilai *Efficacy* beban terpasang yang dicapai dengan efisiensi terbaik, dinyatakan dalam lux/W/m^2 .
5. Lux: Merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Salah satu lux setara dengan satu lumen per meter persegi.
6. Tinggi Mounting: Merupakan tinggi peralatan atau lampu diatas bidang kerja.

7. *Efficacy* Cahaya Terhitung: Perbandingan keluaran lumen terhitung dengan pemakaian daya terhitung dinyatakan dengan lumens per watt.
8. Efikasi atau Cahaya Spesifik: Yaitu jumlah lumen per watt (lm/w).
9. Indeks Ruang: Merupakan perbandingan yang berhubungan dengan ukuran bidang keseluruhan terhadap tingginya, diantara tinggi bidang kerja dengan bidang titik lampu.
10. *Luminaire*: *Luminaire* adalah satuan cahaya yang lengkap, terdiri dari sebuah lampu atau beberapa lampu, termasuk rancangan pendistribusian cahaya, penempatan dan perlindungan lampu-lampu, dan dihubungkannya lampu ke pasokan daya.
11. Flux Cahaya (Φ): Adalah jumlah keseluruhan watt cahaya dengan satuan lumen, disingkat dengan Lm. Satu watt cahayanya kira-kira sama dengan 680 lumen. Angka perbandingan 680 ini dinamakan ekivalen pancaran fotometris.
12. Intensitas Cahaya dan Flux: Satuan intensitas cahaya I adalah Candela (*cd*) juga dikenal dengan *International Candle*. Satu lumen setara dengan flux cahaya, yang jatuh pada meter persegi (m^2) pada lingkaran dengan radius satu meter (1m). Jika sumber cahayanya isotropik 1 candela (yang bersinar sama keseluruh arah) merupakan pusat isotropik lingkaran. Dikarenakan luas lingkaran dengan jari-jari r adalah $4\pi r^2$, maka lingkaran dengan jari-jari 1m memiliki luas $4\pi m^2$, dan oleh karena itu flux cahaya total yang dipancarkan oleh

sumber 1 cd adalah 4π lm. Jadi flux cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya isotropic dengan intensitas I adalah:

$$\text{Flux Cahaya (lm)} = 4\pi \times \text{Intensitas Cahaya (cd)}$$

13. Faktor Pemanfaatan (*UF*): Merupakan bagian flux cahaya yang dipancarkan oleh lampu-lampu, menjangkau bidang kerja. Ini merupakan suatu ukuran efektivitas pola pencahayaan.

2.1.2 Intensitas Penerangan (Iluminasi)

Iluminasi atau Intensitas Penerangan (*E*) adalah cahaya yang mengenai suatu permukaan dan diukur dalam *Footcandle* atau *Lux*. Satu *footcandle* merupakan intensitas penerangan pada suatu permukaan dengan luas permukaan *foot* berjarak pada satu *foot* dari sumber cahaya dengan intensitas cahaya 1 *candle*.

$$E_{\text{rata}} = \Phi/A \text{ lux}$$

Intensitas penerangan adalah pernyataan kuantitatif untuk intensitas cahaya yang menimpa atau sampai pada permukaan bidang. Intensitas penerangan disebut pula iluminasi atau kuat penerangan dengan satuan *lux*. Intensitas penerangan atau iluminasi disuatu bidang kerja yaitu *flux* cahaya yang jatuh pada 1 m² dari bidang itu. Satuan untuk intensitas penerangan adalah *lux* (*lx*), dengan lambing *E*, maka 1 *lux* = 1 lumen per m². Kalau suatu bidang yang mempunyai luas *A* m². Diterangi dengan Φ lumen, maka intensitas penerangan rata-rata dibidang itu sama dengan:

$$E_{\text{rata-rata}} = \Phi/A \text{ lux}$$

2.1.3 Luminansi

Luminansi adalah suatu ukuran untuk terangnya suatu benda. Luminansi yang terlalu besar akan menyilaukan mata. Luminansi A suatu sumber cahaya atau permukaan yang memantulkan cahaya yaitu intensitas cahayanya dibagi luas semu permukaan. Yang dimaksud dengan luas semu permukaan adalah luas proyeksi sumber cahaya pada suatu bidang rata yang tegak lurus pada arah pandang, dan bukan luas permukaan seluruhnya. Faktor refleksi suatu permukaan ikut menentukan luminansi terhadap terang suatu benda yang diterangi oleh lampu.

$$L=I/As \text{ cd/cm}^2$$

2.1.4 Fungsi Pencahayaan

Fungsi pencahayaan dibagi menjadi tiga fungsi yaitu

1. Pencahayaan Umum (*General Lighting*)

Pencahayaan umum atau *General Lighting* atau kadang disebut *Ambience Lighting* merupakan fungsi dasar cahaya, yaitu cahaya dituntut harus ada diseluruh ruang tertentu. Cahaya disini berfungsi sebagai penerangan utama, sifat penyinarannya merata dan harus menerangi seluruh ruangan. Lampu yang digunakan biasanya lampu yang memiliki watt besar agar cahayanya cukup untuk menerangi seluruh bagian dalam ruangan.

2. Pencahayaan Khusus (*Task Lighting*)

Pencahayaan khusus atau *Task Lighting* adalah pencahayaan setempat dengan tujuan untuk mendukung aktifitas yang membutuhkan cahaya lebih terang seperti membaca, memasak, dan pekerjaan lainnya. Lampu yang digunakan sebaiknya mempunyai sinar cukup terang dan dapat difokuskan pada titik tertentu. Jenis lampu yang digunakan untuk aktifitas membaca adalah lampu *Fluorescent*, karena jenis lampu ini memiliki cahaya putih terang dan fokus yang lebih baik.

3. Pencahayaan Dekoratif

Cahaya lebih berperan dalam segi estetika, cahaya berfungsi menonjolkan nilai keindahan objek pada ruang atau desain dari ruang itu sendiri. Lampu dapat diletakkan, misalnya didinding yang disebut sebagai lampu dinding, dilantai sehingga cahaya lampu mengarah keatas, atau latar suatu objek.

2.2 Teori Dasar Lampu

2.2.1 Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Lampu LED atau kepanjangannya *Light Emitting Diode* adalah suatu lampu indikator dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronika tersebut. Misalnya pada sebuah komputer, terdapat lampu LED power dan LED indikator untuk processor, atau dalam monitor terdapat juga lampu LED power dan *power saving*. Lampu LED terbuat dari plastik dan dioda semikonduktor yang

dapat menyala apabila dialiri tegangan listrik rendah (sekitar 1.5 volt DC).
Bermacam-macam warna dan bentuk dari lampu LED, disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya.

2.2.2 Fungsi Lampu LED

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan sejenis lampu yang akhir-akhir ini muncul dalam kehidupan kita. LED dulu umumnya digunakan pada gadget seperti ponsel atau PDA serta komputer. Sebagai pesaing lampu bohlam dan neon, saat ini aplikasinya mulai meluas dan bahkan bisa kita temukan pada korek api yang kita gunakan, lampu *emergency* dan sebagainya. Led sebagai model lampu masa depan dianggap dapat menekan pemanasan global karena efisiensinya.



Gambar 2.1 Lampu LED

Lampu LED sekarang sudah digunakan untuk:

- 1) Penerangan untuk rumah
- 2) Penerangan untuk jalan

- 3) Lalu lintas
- 4) *Advertising*
- 5) Interior/ eksterior gedung

2.2.3 Cahaya Led

Kualitas cahayanya memang berbeda dibandingkan dengan lampu TL atau lampu lainnya. Tingkat pencahayaan LED dalam ruangan memang tak lebih terang dibandingkan lampu neon, inilah mengapa LED dianggap belum layak dipakai secara luas. Untungnya para ilmuwan di *University of Glasgow* menemukan cara untuk membuat LED bersinar lebih terang. Solusinya adalah dengan membuat lubang mikroskopis pada permukaan LED sehingga lampu bisa menyala lebih terang tanpa menggunakan tambahan energi apapun. Pelubangan tersebut menciptakan sistem *Nano Imprint Litography* yang sampai saat ini proyeknya masih dikembangkan bersama-sama dengan *Institute of Photonics*.

Sementara ini beberapa jenis lampu LED sudah dipasarkan oleh produsen-prodeusan lampu. Anda bisa menemui beberapa model lampu LED bergaya bohlam yang hadir dalam warna putih susu dan juga warna-warni. Daya yang diperlukan lampu jenis ini hanya sekitar 4-10 watt saja dibandingkan lampu neon sejenis yang mencapai 12-20 watt. Jika dihitung secara seksama memang bisa diakui bahwa lampu LED menggunakan daya yang lebih hemat dari pada lampu TL.

Sumber cahaya dari waktu ke waktu semakin berkembang, mulai dari penemuan lampu pijar oleh Edison dan dalam waktu yang hampir

bersamaan ditemukan juga lampu *fluorescent* (TL) dan merkuri. Saat ini ada beberapa jenis lampu yang digunakan manusia untuk berbagai keperluan, yaitu lampu pijar, TL, LED, Merkuri, Halogen, Sodium dan sebagainya. Namun masih ada kekurangan pada lampu generasi pertama sehingga lampu terus dikembangkan agar bisa menghasilkan cahaya yang terang, memberikan warna yang bagus, hemat energi, *portable* (mudah dibawa) dan lain sebagainya. Yang paling menarik dari beberapa jenis lampu adalah LED. LED Sebagai Dioda Semikonduktor *Light Emitting Diode* (LED) merupakan jenis dioda semikonduktor yang dapat mengeluarkan energi cahaya ketika diberikan tegangan. 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 elektron 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 semakin konduktif. Proses pembangkitan cahaya pada LED cahaya pada dasarnya terbentuk dari paket-paket partikel yang memiliki energi dan momentum, tetapi tidak memiliki massa. Partikel ini disebut foton. Foton dilepaskan sebagai hasil pergerakan elektron. Pada sebuah atom, elektron bergerak pada suatu orbit yang mengelilingi sebuah inti atom. Elektron pada orbital yang berbeda memiliki jumlah energi yang berbeda. Elektron yang

berpindah dari orbital dengan tingkat energi lebih tinggi ke orbital dengan tingkat energi lebih rendah perlu melepas energi yang dimilikinya. Energi yang dilepaskan ini merupakan bentuk dari foton. Semakin besar energi yang dilepaskan, semakin besar energi yang terkandung dalam foton.

Pembangkitan cahaya pada lampu pijar adalah dengan mengalirkan arus pada filamen (kawat) yang letaknya ada ditengah-tengah bola lampu dan menyebabkan filamen tersebut panas, setelah panas pada suhu tertentu (tergantung pada jenis bahan filamen), filament tersebut akan memancarkan cahaya. Namun karena pada lampu pijar yang memancarkan cahaya adalah filamen yang terbakar, tapi jika suhu pada filamen melewati batas kemampuan filamen untuk menahan panas, akan mengakibatkan filamen lampu pijar sedikit demi sedikit meleleh dan selanjutnya putus sehingga lampu pijar tidak akan bisa memancarkan cahaya lagi.

Umur dari lampu pijar kurang lebih sekitar 2000 jam. Sedangkan pada lampu *fluorescent* atau lampu TL, proses pembangkitan cahaya hanya memanfaatkan ionisasi gas dalam tabung lampu lalu diberikan beda potensial diantara kedua ujung tabung lampu TL sehingga mengakibatkan loncatan-loncatan elektron dari ujung yang satu ke ujung yang lain dan saat terjadi loncatan elektron bersamaan dengan dipancarkannya cahaya dari loncatan tersebut.

Kekurangan dari lampu TL adalah jika gas yang ada dalam tabung habis, maka cahayanya tidak bisa dipancarkan lagi. Umur dari lampu TL relatif lebih lama dari pada lampu pijar. 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 bohlam plastik yang dirancang sedemikian sehingga cahaya yang dikeluarkan terfokus pada suatu arah tertentu. Setiap material hanya dapat mengemisikan foton dalam rentang frekuensi sangat sempit. LED yang menghasilkan warna berbeda terbuat dari material semikonduktor yang berbeda pula, serta membutuhkan tingkat energi berbeda untuk menghasilkan cahaya. Misalnya AlGaAs merah dan inframerah, AlGaP hijau, AlGaP merah, kuning dan hijau. LED sebagai sumber cahaya lampu pijar lebih murah tapi juga kurang efisien dibanding LED.

Lampu TL lebih efisien dari pada lampu pijar, tapi butuh tempat besar, mudah pecah dan membutuhkan starter atau rangkaian ballast yang terkadang terdengar suara dengungnya. LED mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu pijar konvensional. LED tidak memiliki filamen yang terbakar, sehingga usia pakai LED jauh lebih panjang dari pada lampu pijar, LED tidak memerlukan gas untuk menghasilkan cahaya. Selain itu bentuk dari LED yang sederhana, kecil dan kompak memudahkan penempatannya. Dalam hal efisiensi, LED juga

memiliki keunggulan. Pada lampu pijar konvensional, proses produksi cahaya menghasilkan panas yang tinggi karena filamen lampu harus dipanaskan. LED hanya sedikit menghasilkan panas, sehingga porsi terbesar dari energi listrik yang ada digunakan untuk menghasilkan cahaya dan membuatnya jauh lebih efisien. RGB (*Red Green Blue*) LED atau LED yang bisa mengeluarkan warna yang dipancarkan lebih dari satu warna sehingga memungkinkan aplikasi LED yang semakin luas, khususnya menambah keindahan dalam dunia desain interior dan eksterior.

Dalam terminologi teknik pencahayaan, LED dapat dikatakan memiliki tingkat efisiensi luminus (cahaya) atau efikasi yang tinggi, karena perbandingan banyaknya energi cahaya yang dikeluarkan LED dengan besarnya daya listrik yang dikonsumsinya cukup tinggi jika dibandingkan dengan lampu pijar konvensional. Salah satu contoh produk dari LED adalah *Led Vision* yang dikeluarkan oleh Philips sebagai lampu lalu lintas (*traffic light*) yang tersusun dari ribuan LED yang dipasangkan pada lampu lalu lintas dengan umur (*life time*) mencapai 100.000 jam atau sekitar 10 tahun lebih sehingga efektif dalam mengurangi biaya perawatan. *Led Vision* beroperasi pada tegangan rendah dan arus yang lebih kecil sehingga bisa menghemat sampai 90% energi listrik yang dikonsumsi oleh lampu pijar (yang sekarang banyak digunakan) dan umurnya 10 kali lebih panjang. LED dengan cahaya monokromatik memiliki keunggulan kekuatan yang besar lebih dari cahaya putih ketika warna yang spesifik diperlukan. Tidak seperti cahaya putih tradisional, LED tidak membutuhkan lapisan atau diffuser

yang banyak mengabsorpsi cahaya yang dikeluarkan. cahaya LED mempunyai sifat warna tertentu, dan tersedia pada *range* warna yang lebar.

Salah satunya yang baru-baru ini warnanya diperkenalkan adalah *Emerald Green (Bluish Green*, panjang gelombangnya kira-kira 500nm) yang cocok dengan persyaratan sebagai sinyal lalu lintas dan cahaya navigasi. Cahaya LED kuning adalah pilihan bagus karena mata manusia sensitif pada cahaya kuning (kira-kira yang dipancarkan 500 lm/ watt). Kelebihan LED dari lampu yang ada sekarang (lampu pijar, TL,dll) yaitu dalam hal efisiensi energi dan umur yang panjang menjadikan LED sangat berpotensi untuk dijadikan sumber pencahayaan pengganti lampu di masa depan. Kemajuan teknologi mungkin akan mengurangi biaya sehingga LED bisa menjadi idola sebagai lampu dimasa depan.

Dengan menggunakan lampu LED kita bisa menghemat tagihan listrik karena tahukah anda kalau lampu pijar hanya bisa mengubah sekitar 8% dari konsumsi listrik yang digunakan menjadi cahaya. Bandingkan dengan lampu LED yang bisa mengubah 10 kali lipatnya yaitu sekitar 90% . Led menghasilkan panas lebih sedikit.

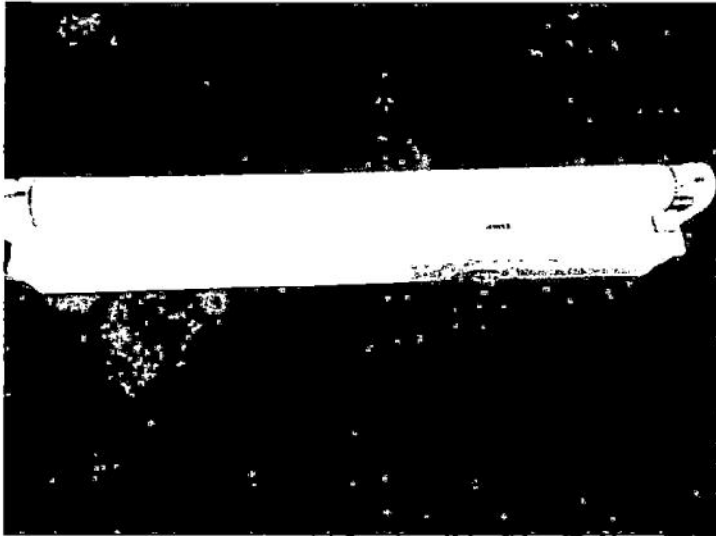
Dengan begitu selain hemat konsumsi listrik dari lampu juga hemat untuk konsumsi listrik pendingin udara (AC). Panas yang dihasilkan lampu yang sering kita gunakan selain tidak nyaman untuk mata juga bisa merubah warna dekorasi rumah. Apabila menggunakan Lampu Led hal tersebut bisa dihindari karena kualitas dari pencahayaan lampu dan manajemen panas LED

lebih baik. Lampu LED bebas dari bahaya merkuri jadi sangat aman digunakan dimana saja.

Lampu LED jauh lebih tahan lama, 60 kali dari lampu pijar dan 10 kali dari lampu neon. Lampu LED memiliki desain yang elegan, bahkan bisa memperindah interior di ruangan *Go Green*, dengan memakai bohlam SMD LED ini, kita membantu mencegah kerusakan lingkungan. Segera pakai lampu LED ini dan rasakan penurunan tagihan listrik di rumah anda. Cara pasang lampunya sama seperti lampu pada umumnya. Lampu LED yang cuma konsumsi 1 watt dgn 20 titik lampu LED Sangat hemat energi dan tidak panas cukup baik untuk menerangi ruangan gudang, gang atau tempat yg jarang terlewati, sebagai lampu tidur atau lampu hias atau lampu malam warna : putih kristal yang lembut dan sejuk dan adem di mata. Daripada beli lampu pijar yg boros lebih baik beli lampu ini yang sangat hemat energi tapi terang

2.2.4 Lampu Fluorescence (Tubular Lamp)

Lampu TL (*Fluorescent Lamp*) adalah lampu listrik yang memanfaatkan gas Neon dan lapisan *Fluorescent* sebagai pemendar cahaya pada saat dialiri arus listrik. Tabung lampu TL ini diisi oleh semacam gas yang pada saat elektrodanya mendapat tegangan tinggi gas ini akan terionisasi sehingga menyebabkan elektron-elektron pada gas tersebut bergerak dan memancarkan lapisan *fluorescent* pada lapisan tabung lampu TL.



Gambar 2.2 Lampu TL

Definisi lampu tabung atau lampu TL (*Tubular Lamp*) yaitu jenis lampu pelepasan gas berbentuk tabung, berisi uap raksa bertekanan rendah. Radiasi ultraviolet yang ditimbulkan oleh ion gas raksa oleh lapisan fosfor dalam tabung akan dipancarkan berupa cahaya tampak (gejala fluoresensi). Elektroda yang dipasang pada ujung-ujung tabung berupa kawat lilitan pijar dan akan menyala bila dialiri listrik. Lampu TL juga disebut dengan lampu pendar. Lampu pendar adalah salah satu jenis lampu lucutan gas yang menggunakan daya listrik untuk mengeksitasi uap raksa. Uap raksa yang tereksitasi itu menghasilkan gelombang cahaya ultraungu yang pada gilirannya menyebabkan lapisan fosfor berpendar dan menghasilkan cahaya kasatmata. Lampu pendar mampu menghasilkan cahaya secara lebih efisien daripada lampu pijar.



Gambar 2.3 Konstruksi Lampu TL

Karakteristik dari lampu TL ini, adalah mampu menghasilkan cahaya output per watt daya yang digunakan lebih tinggi dari pada lampu bohlam biasa (*incandescent lamp*). Sebagai contoh, sebuah penelitian menunjukkan bahwa 32 watt lampu TL akan menghasilkan cahaya sebesar 1700 lumens pada jarak 1 meter sedangkan 75 watt lampu bohlam biasa (lampu bohlam dengan filamen tungsten) menghasilkan 1200 lumens. Atau dengan kata lain perbandingan efisiensi lampu TL dan lampu bohlam adalah 53 : 16. Efisiensi disini didefinisikan sebagai intensitas cahaya yang dihasilkan dibagi dengan daya listrik yang digunakan.

Ketika tegangan AC 220 volt di hubungkan ke satu set lampu TL maka tegangan diujung-ujung starter sudah cukup untuk menyebabkan gas neon didalam tabung starter untuk panas (terionisasi) sehingga menyebabkan starter yang kondisi normalnya adalah normally open ini akan 'closed' sehingga gas neon di dalamnya dingin (deionisasi) dan dalam kondisi starter 'closed' ini terdapat aliran arus yang memanaskan filamen tabung lampu TL sehingga gas yang terdapat didalam tabung lampu TL ini

terionisasi. Pada saat gas neon di dalam tabung starter sudah cukup dingin maka bimetal di dalam tabung starter tersebut akan 'open' kembali sehingga ballast akan menghasilkan spike tegangan tinggi yang akan menyebabkan terdapat lompatan elektron dari kedua elektroda dan memendarkan lapisan *fluorescent* pada tabung lampu TL tersebut.

Peristiwa ini akan berulang ketika gas di dalam tabung lampu TL tidak terionisasi penuh sehingga tidak terdapat cukup arus yang melewati filamen lampu neon tersebut. Lampu neon akan tampak berkedip. Selain itu jika tegangan induksi dari ballast tidak cukup besar maka walaupun tabung neon TL tersebut sudah terionisasi penuh tetap tidak akan menyebabkan lompatan elektron dari salah satu elektroda tersebut. Besarnya tegangan spike yang dihasilkan oleh trafo ballast dapat ditentukan oleh rumus berikut, Jika proses 'starting up' yang pertama tidak berhasil maka tegangan diujung-ujung starter akan cukup untuk menyebabkan gas neon di dalamnya untuk terionisasi (panas) sehingga starter 'closed'. Dan seterusnya sampai lampu TL ini masuk pada kondisi *steady state* yaitu pada saat impedansinya turun menjadi ratusan ohm. Impedansi dari tabung akan turun dari ratusan megaohm menjadi ratusan ohm saja pada saat kondisi 'steady state'. Arus yang ditarik oleh lampu TL tergantung dari impedansi trafo ballast seri dengan impedansi tabung lampu TL. Selain itu karena tidak ada sinkronisasi dengan tegangan input maka ada kemungkinan pada saat starter berubah kondisi dari 'closed' ke 'open' terjadi pada saat tegangan AC turun mendekati nol sehingga tegangan yang dihasilkan oleh ballast tidak cukup

untuk menyebabkan lompatan elektron pada tabung lampu TL. Berikut beberapa keuntungan dan kerugian lampu TL, antara lain:

A. Untuk keuntungan lampu TL adalah sebagai berikut :

- 1) Efikasi (lumen per watt) tinggi.
- 2) Awet, umur lampu bisa sampai 20.000 jam (dengan asumsi lampu menyala 3 jam setiap penyalaan) Makin sering dihidup matikan, makin pendek umur lampu.
- 3) Bentuk lampu yang memanjang menerangi area lebih luas dengan cahaya baur.
- 4) Warna cahaya yang cenderung putih dingin menguntungkan untuk daerah tropis lembab karena secara psikologis akan menyejukkan ruangan.
- 5) Temperatur lampu lebih rendah.
- 6) Produknya bermacam-macam jenis, bentuk dan warnanya.

B. Untuk kelemahan lampu TL sebagai berikut :

- 1) Cahaya lampu terpengaruh frekuensi jala-jala listrik.
- 2) Memerlukan waktu saat penyalaan lebih lama daripada lampu pijar.

Untuk jenis-jenis lampu *fluorescent* yang dibedakan dari bentuknya, antara lain:

1. *Linear fluorescent.*

Lampu TL panjang itulah sebagian besar orang menyebut lampu ini. Ini adalah lampu fluorescent klasik dan menurut sejarahnya, lampu ini diperkenalkan sejak tahun 1950.

2. *Non-Linear fluorescent.*

Jenis yang satu ini bentuknya ada yang lingkaran, letter "U", dan ada juga yang berbentuk panel modul seperti papan.

3. *Compact Fluorescent (CFL).*

Lampu ini dibagi dua jenis lagi yakni *self ballasted* atau ballast yang sudah terinstall di dalam rangkaian lampu sehingga tinggal pakai seperti yang sekarang banyak kita jumpai sebagai lampu SL yang dapat langsung dipasang pada fitting ulir biasa. Satu lagi lampu CFL yang harus memasangkan dengan ballast sendiri dan fitting khusus seperti linear fluorescent / TL namun yang satu ini bentuknya sangat ringkas dan kecil.

Pengaruh suhu operasi lampu yang paling efisien dicapai bila suhu ambient berada antara 20° dan 30° C untuk lampu neon. Suhu yang lebih rendah menyebabkan penurunan tekanan merkuri, yang berarti bahwa energi UV yang diproduksi menjadi semakin sedikit. Oleh karena itu, lebih sedikit energi UV yang berlaku sebagai fosfor sehingga sebagai hasilnya cahaya yang dihasilkan menjadi sedikit. Suhu yang tinggi menyebabkan pergeseran dalam panjang gelombang UV yang dihasilkan sehingga akan lebih dekat ke spectrum tampak. Makin panjang panjang gelombang UV akan makin

sedikit pengaruhnya terhadap fosfor, dan oleh karena itu keluaran cahaya pun akan berkurang. Pengaruh keseluruhannya adalah bahwa keluaran cahayanya jatuh diatas dan dibawah kisaran suhu ambient yang optimal.

Ciri-ciri Halofosfat antara lain:

- 1 *Efficacy*: 80 lumens/Watt (gir HF menaikkan nilai ini sebesar 10%)
- 2 Indeks perubahan warna: 2-3
- 3 Suhu warna: apa saja
- 4 Umur lampu: 7000-15000 jam

Ciri-ciri Trifosfor

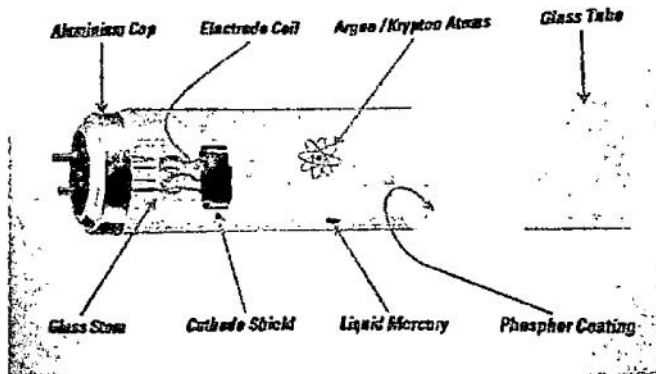
- 1 *Efficacy*: 90 lumens/Watt
- 2 Indeks perubahan warna: 1A-1B
- 3 Suhu warna: apa saja
- 4 Umur lampu: 7000-15000 jam

2.2.5 Prinsip Kerja Lampu TL

Lampu *fluorescent* adalah lampu yang prinsip kerjanya dalam mengubah energi listrik menjadi energi cahaya berdasarkan pada berpencarnya radiasi ultra violet pada permukaan yang dilapisi dengan serbuk fluorescent misalnya jenis fospor. Radiasi ultra violet akan terjadi bilamana elektron-elektron bebas hasil dari emisi elektron pada elektroda bertumpukan dengan atom-atom gas yang terdapat dalam tabung pelepas muatan.

Agar elektroda-elektroda dapat memancarkan elektron, maka perlu bagi elektroda untuk mendapatkan mekanisme pembantu proses tersebut. Pada lampu *fluorescent* biasa, maka proses emisi elektron ini dilakukan dengan proses pemanasan elektroda-elektroda terlebih dahulu, proses ini dilakukan oleh alat yang kita kenal dengan nama starter (penganjak). Untuk dapat menyala maka lampu tabung *fluorescent* memerlukan tegangan yang cukup tinggi yaitu kurang lebih 400 Volt, jadi tegangan ini jauh lebih tinggi dari tegangan jala-jala yang tersedia, oleh karena itu fungsi starter selain membantu memanaskan elektroda, juga berfungsi sebagai alat untuk menciptakan tegangan penyalan bagi lampu.

Jika penyalan telah selesai dilakukan, arus listrik akan mengalir melalui tabung lampu *fluorescent*, dan karena tegangan pada starter lebih besar sehingga bimetal pada starter akan terbuka. Oleh karena lampu *fluorescent* memiliki karakteristik Arus Tegangan negatif, artinya tegangan pada lampu akan turun bila arus naik dan sebaliknya tegangan pada lampu akan naik bila arus turun, maka setelah proses penyalan berlangsung, arus yang lewat pada tabung akan naik sampai tegangan kerja pada lampu tercapai. Tegangan ini jauh lebih rendah dari tegangan jala-jala. Untuk memelihara tegangan kerja inilah maka pada lampu jenis *fluorescent* menggunakan alat yang bernama Ballast. Fungsi utama dari ballast adalah membatasi besar arus dan mengoperasikan lampu pada karakteristik listrik yang sesuai.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Lampu TL

Seperti yang telah dijelaskan didepan, lampu *fluorescent* banyak digunakan oleh masyarakat karena apabila dibandingkan dengan lampu jenis pijar. Maka lampu jenis ini tampak mempunyai efisiensi yang lebih tinggi yaitu dengan besar daya yang sama, diperoleh kuat penerangan yang lebih besar, selain itu lampu pada lampu jenis pijar, banyak energi listrik yang diubah menjadi energi panas saja. Walaupun lampu jenis *fluorescent* mempunyai efisiensi lebih tinggi dari pada lampu jenis pijar, tetapi lampu ini masih mempunyai kerugian-kerugian yang cukup berarti, diantaranya:

1 Harga lebih mahal

Hal ini tidak terlalu menjadi masalah, sebab masih terjangkau oleh masyarakat kalangan tertentu.

2 Memerlukan Ballast

Dengan adanya ballast ini akan menimbulkan kerugian daya pada ballast sendiri, dimana kerugian tersebut cukup besar. Dan juga

rendahnya faktor kerja ($\text{Cos } \phi$) karena pada lampu *fluorescent* yang konvensional menggunakan ballast jenis Induktor (kumparan).

3 Semakin mahalnya energi listrik

Dengan semakin mahalnya energi listrik maka dimulailah beberapa cara untuk menghemat energi listrik, sehingga semakin banyak penggunaan lampu-lampu jenis tabung *fluorescent* karena dianggap lebih efisien dalam mengubah energi listrik menjadi energi cahaya, tetapi kendala timbul setelah digunakan dalam jumlah yang banyak dan beban yang cukup besar mengakibatkan penurunannya faktor daya sumber yang berakibat tidak tercapainya jumlah beban dan jumlah daya yang tersedia dari sumber, akibatnya penggunaan lampu jenis ini akan menurunkan jumlah daya yang tersedia dari sumber, juga kesulitan lain berupa sulit menyala dengan normal pada saat terjadi beban puncak dan penurunannya tegangan sumber.

Untuk mengatasi hal ini maka penggunaan lampu jenis *fluorescent* yang tetap dioperasikan seimbang antara jumlah beban (jumlah lampu) dengan jumlah daya yang tersedia dari sumber. Dengan kata lain kita berusaha agar daerah atau rentangan beban (lampu TL) yang masuk pada sistem mempunyai faktor daya lebih tinggi mendekati faktor daya dari sumber agar tercapai efisiensi penggunaan daya listrik, sehingga akan sama atau mendekati sama antara daya nominal beban dengan daya nominal sumber.

Lampu *fluorescent* atau TL adalah jenis lampu yang didalam tabungnya terdapat sedikit *mercury* dan gas argon dengan tekanan rendah, serbuk fosfor yang melapisi seluruh permukaan bagian dalam kaca tabung lampu tersebut. Tabung ini mempunyai dua elektroda pada masing-masing ujungnya. Elektroda maksudnya adalah kawat pijar sederhana. Saat kita menyalakan lampu, arus mengalir pada elektroda kemudian elektron-elektron didalamnya akan berpindah tempat dari ujung yang satu ke ujung tabung yang lain. Energy listrik ini juga merubah *mercury* yang berupa gas ini akan tertabrak oleh electron. Tabrakan ini menyebabkan energy elektron meningkat. Ketika energi electron kembali normal saat itulah elektron-elektron itu melepas energy menjadi cahaya ringan.

Pengoperasian lampu *fluorescent* membutuhkan setidaknya tabung lampu *fluorescent*, starter, ballast, dan opsional ditambah dengna kapasitor untk memperbaiki factor daya yang ditimnulkan ballast sebagai indicator. Starter merupakan komponen bimetal yang dibangun didalam sebuah tabung vakum yang biasa diisi gas neon. Starter berguna untuk *start up* sebagai *switch* untuk memanggil ballast agar mengeluarkan spike tegangan tinggi sehingga electron dalam tabung bergerak dari elektroda satu ke elektroda yang lainnya. Hal ini terjadi berulang-ulang sampai elektroda dialiri arus yang cukup sehingga kadang atau sring kita melihat lampu ini berkedip saat pertama dinyalakan.

Lampu *fluorescent* saat ii sudah sangat luas penggunaannya baik untk penerangan rumah tinggal maupun industry dan perkantoran. Lampu

jenis ini termasuk dalam kategori Lampu Hemat Energi (LHE), faktor utamanya yaitu intensitas cahaya yang dikeluarkan lebih tinggi dari pada lampu pijar (*Incandescent Lamp*) dalam hitungan watt yang sama. Kelebihan lain yaitu :

1. Usia pakai yang cukup panjang rata-rata produsen mengklaim sampai 20 ribu jam pemakaian.
2. Bidang pencahayaan lebih luas disbanding dengan lampu pijar ataupun Halogen.
3. Temperatur lampu yang lebih rendah
4. Berbagai macam jenis, bentuk dan warnanya

Istilah yang biasa kita temukan pada bungkus lampu yang kita beli menentukan warna yang dikeluarkan oleh lampu tersebut. Berikut contohnya:

- a) Warm / 827 biasa digunakan di Hotel, Restoran, dan Mall.
- b) Warm White / 830 biasa digunakan di Perkantoran, Sekolah, Gedung Olah Raga, dan Pertokoan.
- c) Cool / 840/33 biasa digunakan di Rumah Tinggal, dan lain sebagainya.
- d) Daylight / 860 /54 biasa digunakan untuk Dekorasi, Industri khusus misalnya kertas dan percetakan.

Masih banyak lagi untuk lampu-lampu yang khusus dengan warna yang khusus misalnya untuk aquarium, lampu ultraviolet (*Germidical Lamp*)

Masih banyak lagi untuk lampu-lampu yang khusus dengan warna yang khusus misalnya untuk aquarium, lampu ultraviolet (*Germidical Lamp*) yang berguna untuk anti bakteri dan juga penghasil ozon untuk mensterilkan air mineral.

Berikut adalah jenis-jenis lampu *fluorescent* yang dibedakan berdasarkan bentuknya, antara lain:

1. *Linear Fluorescent*

Lampu TL panjang itulah sebagian besar orang menyebut lampu ini. Ini adalah lampu *fluorescent* klasik dan menurut sejarahnya lampu ini diperkenalkan sejak tahun 1950 lima tahun setelah Indonesia merdeka.

2. *Non-Linear Fluorescent*

Jenis yang satu ini bentuknya ada yang linkaran, letter 'U', dan ada juga yang berbentuk panel modul seperti papan.

3. *Compact Fluorescent (CFL)*

Lampu ini dibagi dua jenis lagi yaitu *Self-ballasted* atau ballast yang sudah terinstal didalam rangkaian lampu sehingga tinggal pakai seperti yang sekarang banyak kita jumpai sebagai lampu SL yang dapat langsung dipasang pada fitting ulir biasa. Satu lagi lampu CFL yang harus memasangkan dengan ballast sendiri dan fitting khusus seperti *Linear Fluorescent / TL*, namun yang satu ini bentuknya sangat rungas dan kecil.

2.2.6 Starter (Penghidup)

Starter atau penghidup pada dasarnya adalah suatu saklar otomatis yang akan mati setelah jangka waktu tertentu. Starter akan membiarkan arus listrik mengalir melalui elektroda pada kedua ujung tabung kaca dan memanaskannya hingga mulai melepaskan elektron. Starter akan terbuka setelah beberapa detik dan tegangan listrik di antara kedua ujung tabung menyebabkan aliran elektron mengalir dalam tabung dan mengionisasi uap raksa

2.2.7 Ballast (Pemberat)

Ballast elektronik yang digunakan pada lampu pendas jenis lampu hemat energi (LHE). Ballast atau pemberat bekerja sebagai pengatur arus listrik. Ballast menyediakan kondisi yang tepat untuk menghidupkan dan mengoperasikan lampu pendar. Jika tegangan listrik pada lampu pendar tidak diatur, maka besar arus listrik yang mengalir melalui lampu akan meningkat pesat dan dapat menyebabkan hancurnya komponen-komponen. Ballast bekerja mengatur tegangan dengan prinsip pembatasan arus.

Ada dua jenis ballast dalam lampu pendar, yang pertama adalah ballast magnetic dan yang kedua adalah ballast elektronik. Ballast magnetic bekerja dengan cara mencekik (*choke*) arus pada titik yang sudah ditentukan berdasarkan siklus arus bolak-balik pada frekuensi jala-jala sumber, atau 50/60Hz. Sedangkan ballast elektronik menggunakan komponen-komponen elektronik aktif untuk membatasi arus dan bekerja pada frekuensi yang lebih

tinggi (sekitar 25KHz). Beberapa orang mungkin dapat melihat kedipan cepat pada lampu pendar yang menggunakan ballast magnetic namun tidak untuk lampu yang menggunakan ballast elektronik. Ballast elektronik pada umumnya juga dapat menghidupkan lampu lebih cepat, dengan lebih sedikit gangguan, dan dengan daya yang relatif lebih rendah sehingga membuat lampu pendar bekerja lebih efisien dari pada ballast magnetik.

2.2.8 Rangkaian Lampu TL

Jika lampu dihubungkan ke sumber AC dengan cara membuat saklar S dalam posisi terhubung, maka starter akan menerima tegangan kerja penuh yang membuat bimetal terhubung satu sama lain sehingga terjadi rangkaian tertutup. Lengkapnya arus mengalir melalui ballast, elektroda pertama, starter, elektroda kedua dan kembali ke netral. Saat arus mengalir melalui bimetal maka temperatur dalam tabung gelas starter akan turun seperti semula (dingin) dan bimetal terlepas kembali keposisi semula. Dengan demikian hubungan terbuka, pada saat arus mengalir melalui elektroda, maka elektroda akan panas dan memijar sehingga gas argon yang ada dalam tabung lampu menjadi terionisasi. Dengan terlepasnya bimetal, tegangan induktif yang cukup tinggi kira-kira 1000 V dibangkitkan dalam rangkaian lampu. Tegangan ini mampu untuk membuat terjadinya pelepasan elektron dalam gas argon yang terletak antara kedua elektroda. Dengan demikian panas yang dibangkitkan dalam tabung akibat terionisasinya gas argon mampu untuk membuat merkuri uap dan tegangan jepit antara kedua elektroda akan turun sampai 100 V atau 110 V, dimana tegangan ini tidak

akan cukup untuk membuat starter bekerja. Akhirnya pelepasan elektron yang terjadi melalui uap merkuri akan membangkitkan radiasi ultraviolet. Radiasi ultraviolet ini akan diubah menjadi cahaya tampak oleh lapisan posfor.

Lampu pijar sebagai sumber penerangan bagi pemukiman atau pun komersial. Akhir-akhir ini telah banyak digantikan oleh lampu TL (*fluorescent Lamp*). Penggunaan lampu TL sebagai sumber penerangan karena memiliki cahaya yang lembut, cahaya lebih terang dan umur lebih panjang dari pada lampu pijar. Lampu TL dapat menyala dengan baik apabila dipasang pada sumber tegangan yang sesuai dengan rating tegangan lampu TL tersebut, misal 220 Volt, 50 Hz. Daerah pedesaan pada umumnya sumber tegangan listrik memiliki regulasi tegangan yang buruk. Buruknya regulasi tegangan di daerah pedesaan mengakibatkan lampu TL sulit bahkan tidak dapat menyala. Hal tersebut disebabkan karena buruknya regulasi tegangan di daerah pedesaan mengakibatkan penggunaan lampu pijar lebih umum dibandingkan lampu TL.

Lampu TL biasanya dilengkapi dengan Trafo ballast (Ballast Transformer) dan starter yang fungsinya untuk membatasi aliran arus dan menyediakan tegangan transien yang sesuai untuk penyalan katoda. Trafo ballast dilihat dari cara kerjanya ada dua jenis yaitu ballast elektromagnetik dan ballast elektronik. Ballast elektromagnetik bekerja atas dasar induksi elektromagnetik dengan frekuensi sama dengan frekuensi sumber. Ballast elektronik bekerja dengan prinsip resonant inverter yang dilakukan dengan

proses *switching* pada frekuensi tinggi. Tegangan transien dari resonant inverter tergantung pada komponen bejana resonansi (L dan C) sehingga tegangan transien dapat menjadi lebih besar dari tegangan sumber.

Sebagian besar didaerah pedesaan di Indonesia tidak dapat menggunakan lampu TL karena tegangan listrik didesa pada umumnya sangat buruk. Melihat fenomena ini maka diperlukan suatu penelitian agar lampu TL dapat menyala dengan baik pada daerah yang tegangannya buruk. Lampu TL sebagai sumber penerangan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan lampu pijar, diantaranya:

- a) Pada daya yang sama, cahaya yang dihasilkan oleh lampu TL lebih terang
- b) Cahaya yang dihasilkan lembut (tidak sakit dimata)
- c) Umur lebih panjang

Dibalik keunggulan yang dimiliki oleh lampu TL, ternyata lampu TL juga memiliki beberapa kelemahan/ kekurangan, diantaranya:

- a) Tidak dapat menyala pada catu daya yang memiliki regulasi tegangna buruk (tegangna sumber dibawah rating tegangna lampu TL).
- b) Memerlukan trafo ballast elektromagnetik dan starter
- c) Memiliki factor daya rendah (lampu TL dengan ballast elektromagnetik).

2.2.9 Lampu Hemat Energi

Sejarah perkembangan perlampuan bermula pada puluhan abad yang lalu dari suatu pertemuan manusia yang membutuhkan penerangan (cahaya buatan) untuk malam hari dengan cara menggosok-gosokkan batu hingga mengeluarkan api/ cahaya, kemudian dari api dikembangkan dengan membakar benda-benda yang mudah menyala hingga membentuk sekumpulan cahaya dan seterusnya sampai ditemukan bahan bakar minyak dan gas yang dapat digunakan sebagai bahan penyalaan untuk lampu obor, lampu minyak maupun lampu gas. Teknologi berkembang terus dengan ditemukannya lampu listrik oleh Thomas Alpha Edison pada tanggal 21 Oktober 1879 di Laboratorium Edison-Menlo Park, Amerika. Prinsip kerja dari lampu listrik tersebut adalah dengan cara menghubungkan singkat listrik pada filament karbon (C) sehingga terjadi arus hubung singkat yang mengakibatkan timbulnya panas. Panas yang terjadi dibuat hingga suhu tertentu sampai mengeluarkan cahaya, dan cahaya yang didapat pada waktu itu baru mencapai 3 *Lumens/W* (*Lumen* adalah satuan arus cahaya).

Baru lima puluh tahun kemudian, tepatnya tahun 1933 filamen karbon diganti dengan filament tungsten atau *Wolfram* (*wo*) yang dibuat membentuk lilitan kumparan sehingga dapat meningkatkan *Efficacy* lampu menjadi ± 20 *lumen/W*. Sistem pembangkit cahaya buatan ini disebut sistem pemijaran (*Incondescence*). Revolusi teknologi perlampuan berkembang dengan pesatnya, pada tahun 1910 pertama kali digunakan lampu luah (*Discharge*) tegangan tinggi. Prinsip kerja lampu ini menggunakan sistem

emisi-elektron yang bergerak dari Katoda menuju Anoda pada tabung lampu akan menumbuk atom-atom media gas yang ada didalam tabung tersebut. Akibat tumbukan akan menjadi pelepasan energi dalam bentuk cahaya. Sistem pembangkitan cahaya buatan ini disebut dengan *Luminescence* (berpendarnya energi keluar tabung).

Media gas yang digunakan dapat berbagai macam. Tahun 1932 ditemukan lampu luah dengan gas Sodium tekanan rendah, dan tahun 1935 dikembangkan lampu luah dengan gas Merkuri, dan kemudian tahun 1939 berhasil dikembangkan lampu *Fluorescent*, yang biasa dikenal dengan lampu neon. Selanjutnya lampu Xenon tahun 1959. Khusus lampu sorot dengan warna yang lebih baik telah dikembangkan gas *Metalhalide* (Halogen yang dicampur dengan Iodine) pada tahun 1964, sampa pada akhirnya lampu Sodium tekanan tinggi tahun 1965. Prinsip emisi elektron ini yang dapat meningkatkan *efficacy* lampu diatas 50 *Lumen/W*, jauh lebih tinggi dibanding dengan prinsip pemijaran. Hal ini jelas karena rugi energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya melalui proses emisi elektron dapat dihemat banyak sekali dibanding dengan cara pemijaran dimana energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya banyak yang hilang terbuang menjadi energi panas (sebelum menjadi energi cahaya). Distribusi energi yang diubah menjadi energi cahaya.

Pada era yang terakhir telah dikembangkan lampu pijar dengan sistem induksi magnet yang mempunyai umur paling lama dari lampu-lampu jenis lain ±60.000 jam. Namun hal ini masih dalam tahap penelitian.

Dan penelitian & pengembangan (R & D) guna mendapat nilai ekonomi yang lebih baik (*benefit/cost ratio*). Untuk sistem penerangan dekade 90-an yang banyak digunakan oleh masyarakat umum saat ini adalah jenis lampu *fluorescent* kompak model SL atau PL dan ini yang dikenal lampu hemat energi (LHE). Lampu Hemat Energi (LHE) & Ballas Elektronik (BE) Seperti telah diuraikan diatas bahwa jenis yang dimaksud jenis LHE adalah lampu jenis *Fluorescent* atau lebih dikenal dengan lampu neon. Sekarang ini yang sedang populer dan giat- giatnya dipublikasikan oleh para produsen perlampuan adalah lampu *fluorescent* model SL & PL. Lampu model SL & PL pada prinsipnya secara teknis sama dengan model lampu jenis *fluorescent* biasa yaitu *efficacy* lampu berkisar 60 *Lumen/W*, hanya keistimewaan mempunyai bentuk yang ringkas, tidak memanjang seperti lampu *fluorescent* biasa, komponen elektrisnya yang terdiri dari ballas, kapasitor dan starter terpadu dalam suatu kesatuan dalam lampu dan disebut model SL, sedangkan model PL untuk komponen elektrisnya terpisah dari lampu .

Bentuk kaki lampu dibuat sama seperti pada kaki lampu pijar yaitu dengan sistem ulir dengan ukuran standar E.27. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan penggantian pada lampu pijar diubah menjadi lampu *fluorescent* . Ada juga lampu *fluorescent* model ring yang kaki lampunya diubah mengikuti seperti lampu pijar, yaitu sistem ulir ukuran standar E.27. Renderasi warna (*Colour rendering*) dapat dipilih berbagai macam sesuai yang diinginkan oleh konsumen, Bila diinginkan warna cahaya seperti

lampu pijar maka dapat dipilih dengan indeks renderasi warna yang tinggi, karena warna pada lampu pijar adalah warna standar / acuan yang mendekati warna cahaya dengan spektrum yang lengkap seperti pada sinar matahari. Selain itu bila diinginkan warna cahaya lain seperti warna *white*, *cool white*, *day ligh*, dll, maka hal ini lebih dimungkinkan didapat pada lampu *fluorescent* dibandingkan dengan lampu pijar yang hanya mempunyai satu jenis redensi warna. Umur lampu *fluorescent* adalah 8000 jam, lebih lama bila dibandingkan dengan umur lampu pijar yang hanya 1000 jam.

2.2.10 Ballast Elektronik (BE)

Ballast elektronik adalah konverter elektronika daya yang fungsinya untuk mensuplai *discharge lamp*. Ballast elektronik mulai populer setelah berkembangnya mosfet yang berdaya besar dan harga relatif murah. Dengan perkembangan mosfet ini membuat pemakaian ballast elektronik menjadi lebih mudah. Ballast elektronik banyak digunakan pada lampu hemat energi. Ini dikarenakan ballast elektronik mempunyai keunikan yang khusus, yaitu sistem bekerjanya yang tidak lagi menggunakan kumparan kawat pada inti besi tetapi menggunakan sistem rangkaian elektronik. Hal ini menyebabkan *losses* yang terjadi pada kumparan menjadi hilang, meskipun ada sedikit *losses* karena rangkaiannya.

Ballas jenis ini mempunyai keunikan khusus, yaitu sistem bekerjanya tidak lagi menggunakan gulungan (kumparan) kawat pada suatu inti besi, tetapi telah diganti dengan sistem rangkaian elektronik sehingga besarnya rugi-rugi pada inti besi, pada kumparan menjadi tidak adalagi, dan

hanya sedikit rugi saja karena rangkaian/sirkuit. Inilah yang paling menguntungkan dalam penghematan energi listrik yang diserapnya.

Keuntungan lain yang didapat adalah dapat diatur konsumsi arus listriknya dengan tetap mempertahankan besar tegangan yang diinginkan, sehingga ballas elektronik dapat digunakan untuk sistem pengaturan energi listrik sesuai yang dibutuhkan pada suatu ruangan. Dengan sistem sirkuit elektronik maka ballas menjadi lebih ringan dan lebih kecil dibandingkan dengan ballas konvensional (sistem gulungan kawat).

2.2.11 Cara Kerja Lampu CFL (*Compact Fluorescent Lamp*)

Lampu CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) atau yang biasa kita kenal dengan "Lampu Hemat Energi" atau lampu Neon yang sekarang sedang gencar dipasarkan sebagai ramah lingkungan karena mengurangi konsumsi listrik. Memang, penggantian lampu pijar dengan CFL akan sangat mengurangi pemakaian listrik. Yang paling sering dikutip dari bahaya lampu fluorescent adalah merkuri. Lampu CFL mengandung sejumlah kecil merkuri. Ketika lampu ini dingin, merkuri dalam lampu dalam bentuk cair, tapi sementara lampu beroperasi atau saat lampu panas, sebagian besar merkuri dalam bentuk gas. Uap merkuri sangat beracun. Bahkan dalam bentuk cair, kontak dengan merkuri dapat mengancam jiwa atau berisiko berat bagi kesehatan.

Dosis yang sangat kecil dari merkuri dapat menyebabkan kerusakan parah saluran pernafasan, kerusakan otak, kerusakan ginjal, kerusakan

sistem saraf pusat, dan banyak kondisi medis serius lainnya. Dibuang dengan tidak benar, merkuri dapat mencemari bangunan, tempat pembuangan sampah, sungai, danau sehingga berakibat langsung pada hewan, manusia dan tanaman .

Di Amerika Serikat, Badan Perlindungan Lingkungan (*EPA*) telah mengklasifikasi lampu neon CFL sebagai limbah berbahaya . Dengan klasifikasi seperti itu, lampu CFL tidak akan dikirim ke tempat pembuangan sampah, melainkan harus dikirim ke pusat daur ulang yang akan mendaur ulang lampu CFL dengan aman. Kita semua belum pernah mendengar suatu tempat khusus yang mendaur ulang lampu jenis ini. Dan tidak ada peringatan dari pabrikan dan pemerintah akan penanganan limbah berbahaya ini.

Sinar UV bahaya jangka panjang dari lampu *fluorescent* adalah radiasi Sinar Ultraviolet (UV) yang dipaparkan oleh lampu. Sebaik apapun sebuah lampu CFL dibuat, sinar UV selalu dikeluarkan. Sinar UV adalah salah satu komponen yang merusak dari sinar matahari yang mencapai permukaan bumi, yang secara langsung dapat merusak jaringan organik dan memicu kanker. Lampu LED tidak menghasilkan sinar UV. Kedipan dan Kesilauan Kedipan dan kesilauan dari lampu CFL juga menyebabkan sakit kepala dan mempengaruhi pembelajaran dan kemampuan untuk berkonsentrasi . Meskipun manusia tidak dapat melihat lampu neon berkedip, sistem sensorik pada beberapa individu entah bagaimana dapat mendeteksi kedipan.

Sejak lampu *fluorescent* diperkenalkan pada tempat kerja, ada keluhan tentang sakit kepala/ migrain, ketegangan mata dan ketidaknyamanan mata umum. Keluhan ini telah dikaitkan dengan cahaya dari lampu neon berkedip. Studi klinis jangka panjang juga menyimpulkan lampu neon di sekolah mungkin terkait dengan banyak masalah akademik dan kesehatan. Sebuah studi 2006 menemukan bahwa siswa di sekolah dengan cahaya alami, bukan lampu neon memiliki tingkat pembelajaran 10% sampai 21% lebih tinggi dan skor tes yang lebih tinggi.

Lampu neon dapat memicu sakit kepala, migrain dan gejala fisik lainnya. Banyak anak-anak telah disalahartikan dengan ketidakmampuan belajar, ADD / ADHD, masalah membaca dan disleksia semua karena siswa harus bekerja di bawah lampu neon . Dengan lampu neon, beberapa siswa menunjukkan hiperaktif, kelelahan, lekas marah, dan rendahnya konsentrasi. Masalah ini berdasarkan penelitian, tidak ditemukan pada penggunaan lampu LED .

CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) /neon jari dengan didalamnya terdapat alat-alat elektriya adalah jenis lampu fluorescent yang dibuat untuk menggantikan lampu incandescent/ tungsrām. Dibandingkan dengan lampu tungsrām, dengan penerangan yang sama, lampu CFL menggunakan energi yang lebih sedikit. tidak sama borosnya dengan lampu bohlam.lampu ini terukur dengan tang amper =0.36 watt.sehingga lebih irit disbanding lampu bohlam.tapi tetap menghasilkan panas pada lampunya.

Tegangan AC dari PLN akan disearahkan dengan menggunakan *bridge* yang nantinya tegangan tersebut akan disimpan pada kapasitor bank (C). Kapasitor bank ini nantinya akan menjadi sumber tegangan DC untuk lampu hemat energi. Untuk mencegah terjadinya tegangan transient dari tegangan masukan PLN maka digunakan filter. Selain itu filter juga berfungsi untuk meredam berbagai sumber noise elektromagnetik *interference* yang disebabkan oleh frekuensi tinggi pada tabung lampu hemat energi. Filter ini dapat berupa rangkaian kapasitor maupun induktor. Saat rangkaian dihidupkan maka tabung lampu hemat energi akan mempunyai impedansi yang sangat besar. Impedansi ini menyebabkan Kapasitor 1 akan mengalami seri dengan kapasitor 2 dan induktor. Tegangan yang sangat besar akan muncul akibat resonansi.

Tegangan yang dihasilkan ini dapat digunakan untuk mengionisasi gas yang berada di dalam tabung lampu hemat energi. Saat tabung lampu hemat energi mengalami ionisasi penuh, maka impedansi pada lampu akan turun cukup jauh. Hal ini menyebabkan rangkaian harus membuang muatan pada kapasitor 1. Akibat ini pula frekuensi resonansi akan tergeser dengan nilai yang akan ditentukan oleh kapasitor 2 dan induktor. Energi yang dipakai tersebut menjadi lebih kecil begitu pula dengan tegangan di antara elektroda menjadi lebih kecil. Kondisi ini akan mengakhiri kondisi startup dari lampu hemat energi ini dan lampu akan menyala.

2.2.12 Hal Yang Perlu Diketahui Dari Lampu Philips Essential

Teknologi produsen lampu dalam hal *Safety* / Keamanan, adapun bahan-bahan yang digunakan oleh produk produsen lampu ternama adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan Bahan Plastik Anti Api

Banyak lampu CFL lainnya menggunakan bahan plastic standar, yang bisa menimbulkan kebakaran apabila ada hubungan pendek arus listrik.

2. Adanya Sekring Pengaman (*Fuse*)

Dalam kasusu mati listrik mendadak, komponen elektrikal dapat rusak dan dapat menimbulkan percikan api sehingga dapat menimbulkan kebakaran. Dengan menggunakan sekring, hal tersebut dapat dicegah dengan *langsung* memutuskan aliran listrik.

3. Base Lampu yang Kuat Terhadap Torsi

Dengan menggunakan bahan plastik yang kuat terhadap torsi, membuat lampu CFL Philips tidak mudah pecah pada saat instalasi lampu.

4. Menggunakan Komponen Elektronik yang Berkualitas

Mencegah interferensi terhadap gelombang TV, Radio dan peralatan Wireles lainnya. Lampu hemat energi yangb didesain khusus untuk aplikasi perhotelan yang memberikan hemat energy

hingga 80% dan memiliki umur pemakaian 10.000 jam yang dapat diandalkan.

2.3 Teori Dasar Kelistrikan

2.3.1 Hubungan Daya, Arus, dan Tegangan

Daya didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan daya listrik adalah watt. Daya listrik, seperti daya mekanik, dilambangkan oleh huruf P dalam persamaan listrik. Pada rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan hukum joule. Daya listrik mengalir di manapun medan listrik dan magnet berada di tempat yang sama.

Daya listrik adalah banyaknya energi tiap satuan waktu dimana pekerjaan sedang berlangsung atau kerja yang dilakukan persatuan waktu. Dari definisi ini, maka daya listrik (P) dapat dirumuskan:

$$\text{Daya} = \text{Energi/waktu}$$

$$P = W/t$$

$$P = V \cdot i \cdot t/t = V \cdot i$$

$$P = i^2 R$$

$$P = V^2/R \text{ (dalam satuan volt-ampere, VA)}$$

Satuan daya listrik :

a. Watt (W) = joule/detik

b. Kilowatt (kW): 1 kW = 1000 W.

Dari satuan daya maka muncullah satuan energi lain yaitu “Jika daya dinyatakan dalam kilowatt (kW) dan waktu dalam jam, maka satuan energi adalah kilowatt jam atau kilowatt-hour (kWh)”. 1 kWh = 36 x 10⁵ joule
Dalam satuan internasional (SI), satuan daya adalah watt (W) atau setara Joule per detik (J/sec). Daya listrik juga diekspresikan dalam watt (W) atau kilowatt (kW). Konversi antara satuan HP dan watt, dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0,746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,34 \text{ HP}$$

2.3.1.1 Definisi Daya (Aktif, Reaktif, Semu, dan Faktor Daya)

Daya didefinisikan sebagai sebagai laju energi yang dibangkitkan atau digunakan oleh bermacam-macam peralatan listrik.

2.3.1.2 Daya Aktif(*Active Power*)

Daya dengan satuan Joule/detik atau Watt disebut dengan daya aktif. Dengan diberi simbol P. daya aktif adalah daya sebenarnya yang dibutuhkan oleh beban. Daya aktif bisa dihitung menggunakan rumus:

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$P = 3 \times V \times I \times \cos \phi$$

2.3.1.3 Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Selain daya aktif, ada juga daya reaktif. Satuannya adalah VAR (*Volt Ampere Reactive*). Daya reaktif (Q) ini tidak memiliki dampak apapun dalam kerja suatu beban listrik, ditentukan oleh adanya tegangan dan arus yang tidak mengkonsumsi daya.

2.3.1.4 Daya Semu (*Apparent Power*)

Gabungan antara daya aktif dan reaktif adalah daya semu (*apparent power*). Simbolnya adalah S dan satuannya adalah VA (*Volt Ampere*). Jika menggunakan listrik PLN, daya yang didistribusikan oleh PLN ke pelanggan adalah daya semu. Daya semu dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$S = V \times I$$

$$S = 3 \times V \times I$$

2.3.1.5 Faktor Daya (*Power Factor*)

Factor daya sering disebut sebagai cos phi ($\cos \phi$). Tidak memiliki satuan, dimana ϕ adalah sudut antara daya nyata (S). sehingga dari segitiga daya didapat persamaan :

$$P = S \cdot \cos \phi$$

$$Q = S \cdot \sin \phi$$

Analog sederhananya adalah, ada suatu jalan dengan lebar tertentu kemudian kita bariskan 10 orang pada jalan tersebut, ternyata baru memakai 10% dari lebar jalan. Kemudian kita tambahkan menjadi 80 orang, dan ternyata baru terpakai 80% lebar jalan dapat kita pergunakan. Terlihat, dengan semakin banyak orang yang bisa kita masukkan ke jalan tersebut maka faktor pemanfaatan jalan juga semakin tinggi. Tentu berbeda jika dari 1000 orang kita suruh berjalan dalam bentuk 10 baris jika dibandingkan dengan bentuk barisan berupa 8-0 baris. Faktor daya dikatakan ketinggalan jika $\phi > 0$, karena arus ketinggalan dari tegangannya.. demikian daya juga dikatakan mandahului jika $\phi < 0$, karena arus mandahului tegangan.

2.3.1.6 Cos Phi (Cos ϕ)

Cos phi adalah faktor daya pada listrik AC dikarenakan perbedaan Fhase antara arus dan tegangan. Jika cos phi 1 maka daya yang masuk sama dengan daya yang keluar, artinya tidak ada rugi faktor daya. Jika kurang dari 1 maka daya yang keluar akan lebih kecil dari daya yang masuk. Dengan rumus sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \text{Cos } \phi$$

Jika P semakin besar dan maksimal jika Cos phi besar dan bernilai maksimal 1.

Pengertian dari arus adalah muatan yang mengalir dalam satuan waktu, atau agar lebih mudah memahaminya arus merupakan sebuah muatan yang bergerak, ketika muatan bergerak maka akan muncul arus,

sebaliknya muatannya berhenti maka tidak akan ada arus yang dihasilkan atau menghilang. Muatan itu sendiri akan bergerak jika ada pengaruh energy dari luar yang mempengaruhinya. Sekarang sebelum melanjutkan ke arus akan sedikit dijelaskan tentang muatan. Muatan adalah satuan terkecil dari atom.

Atom merupakan partikel terkecil, akan tetapi atom memiliki bagian- bagiannya lagi yaitu partikel inti atau proton bermuatan positif (+), neutron bermuatan netral, dan elektron bermuatan negatif (-) yang mengelilingi proton. Dari penjelasan atom tersebut maka muatan terdiri dari 2 jenis, yaitu :

1. Muatan Positif.
2. Muatan Negatif.

Arah dari arus listrik searah dengan muatan positif atau berlawanan arah dengan aliran elektron. Dari penjelasan diatas maka dapat dibuat penjelasannya secara matematis, yaitu :

$$I = dq/dt,$$

dimana :

Q = muatan konstan

1 elektron = $-1,6021 \times 10^{-19}$ coulomb

q = muatan listrik

1 coulomb = $-6,24 \times 10$ elektron

Arah arus positif akan selalu mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah jika terjadi beda potensial pada suatu elemen sedangkan arah arus negative mengalir sebaliknya. Arus terdiri dari 2 macam, yaitu :

1. Listrik Arus Searah (Direct Current / DC)
2. Listrik Arus Bolak-Balik (Alternating Current / AC)

Pengertian arus listrik yaitu banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Kita dalam kehidupan sehari-hari sekarang ini bisa dipastikan tidak pernah lepas dari yang namanya listrik .

Arus listrik sendiri bisa muncul dimana-mana. Sebagai satuannya pengukurannya, arus listrik sendiri biasanya diukur dengan satuan "Coulomb/Detik" atau "Ampere" dengan simbol (A).

Pengertian arus listrik dengan satuan Ampere sudah menjadi sebuah satuan ukuran arus listrik secara internasional. Arus listrik secara tidak kita sadari telah menjadi sesuatu yang tidak bisa kita lepaskan, terutama dalam kegiatan kehidupan manusia sehari-hari. Hampir segala macam benda yang digunakan oleh manusia sekarang ini mengandung arus listrik. Dan arus listrik tersebut ada mulai dari arus listrik yang berkekuatan kecil atau lemah, sampai arus listrik yang berkekuatan atau bertegangan sangat tinggi.

Arus listrik yang berkekuatan atau bertegangan rendah bisa kita jumpai salah satunya di dalam tubuh manusia. Mungkin kita tidak menyadari atau bahkan tidak pernah tahu, bahwa sebenarnya di dalam jaringan tubuh kita ini juga terdapat arus listrik. Namun arus listrik di dalam tubuh manusia ini termasuk arus listrik yang bertegangan sangat kecil, atau bisa disebut juga dengan arus listrik *Micro Ampere* (μA). Selain dengan tubuh manusia yang mengandung arus listrik bertegangan mikro, banyak lagi benda atau alat lainnya yang juga mengandung arus listrik. Yang sudah pasti mengandung arus listrik tentu saja semua peralatan rumah tangga, atau peralatan elektronik lainnya yang menggunakan listrik.

Kebanyakan alat-alat listrik tersebut memiliki arus listrik yang sedang. Sedangkan arus listrik yang bertegangan sangat tinggi bisa kita temukan di beberapa hal lainnya, misalnya petir. Sebuah petir yang menyambar biasanya akan mengandung arus listrik yang sangat tinggi, bisa mencapai ratusan ribu Ampere. Oleh sebab itu hampir setiap benda yang tersambar petir akan menjadi rusak, bahkan terbakar, hangus, atau meledak. Selain dalam kehidupan sehari-hari, arus listrik juga telah menjadi sesuatu yang tidak pernah ditinggalkan di dalam dunia ilmu pengetahuan, terutama ilmu pengetahuan alam. Salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang selalu membahas mengenai pengertian arus listrik di dalamnya adalah ilmu Fisika.

Di dalam ilmu fisika, arus listrik yang bergerak secara konstan disimbolkan dengan (I). Sedangkan muatan listrik disimbolkan dengan (Q).

Q), dan waktu disimbolkan dengan (t). Maka untuk dapat menghitung dan mengetahui jumlah arus listrik yang mengalir pada suatu titik dalam suatu waktu tertentu, rumusnya adalah :

I = Arus Listrik

Q = Muatan Listrik

t = Waktu (time)

Sedangkan secara umum untuk dapat menghitung dan mengetahui jumlah arus listrik yang mengalir secara konstan pada suatu titik dalam suatu waktu tertentu, rumusnya adalah “Arus listrik sendiri memiliki sifat kekal atau konstan”, sesuai dengan “Hukum Kekekalan”. Ini berarti jika ada arus listrik yang mengalir ke dalam suatu penghantar dalam jumlah tertentu, maka arus listrik tersebut juga mestinya akan keluar dalam jumlah yang sama.

Hal ini akan dituliskan seperti dengan rumusan Itulah beberapa penjelasan singkat mengenai pengertian arus listrik , beserta rumusan mengenai arus listrik di dalam ilmu pengetahuan.

Tegangan listrik atau yang lebih dikenal sebagai beda potensial listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik. Tegangan listrik merupakan ukuran beda potensial yang mampu membangkitkan medan listrik sehingga menyebabkan timbulnya arus listrik dalam sebuah konduktor listrik. Berdasarkan ukuran perbedaan potensialnya, tegangan listrik memiliki empat tingkatan:

1) Tegangan ekstra rendah (*extra Low Voltage*)

Tegangan dengan nilai setinggi-tingginya 50 Volt AC atau 120 Volt DC. Tegangan ekstra rendah adalah sistem tegangan yang aman bagi manusia.

2) Tegangan rendah (*Low Voltage*)

Tegangan dengan nilai setinggi-tingginya 1000 / 1500 Volt AC

3) Tegangan tinggi (*High Voltage*)

Yang disebut dengan tegangan tinggi adalah semua tegangan yang dianggap cukup tinggi oleh para teknisi listrik sehingga diperlukan pengujian dan pengukuran dengan tegangan tinggi yang semuanya bersifat khusus dan memerlukan teknik-teknik tertentu (*subyektif*) atau dimana gejala-gejala tegangan tinggi mulai terjadi (*obyektif*).

4) Tegangan ekstra tinggi (*Extra High Voltage*)

Tegangan ekstra tinggi atau biasa kita kenal dengan nama SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) dengan kekuatan 500 KV yang ditujukan untuk menyalurkan energi listrik dari pusat-pusat pembangkit yang jaraknya jauh menuju pusat-pusat beban sehingga energi listrik bisa disalurkan dengan efisien.

Sesuai dengan definisi di atas, bahwa tegangan merupakan perbedaan potensial antara dua titik, yang bisa didefinisikan sebagai jumlah kerja yang diperlukan untuk memindahkan arus dari satu titik ke titik lainnya, maka rumus dasar tegangan antara 2 titik adalah:

$$V - V = \int E \cdot dI$$

Dimana V_a = potensial di titik a; V_b = potensial di titik b; E = medan listrik, dan I = arus listrik.

Berdasarkan penerapannya, beda potensial ada pada arus listrik searah (DC) dan arus listrik bolak-balik (AC). Pada arus searah:

$$V = \sqrt{P.R}$$

$$V = I . R$$

dimana V = tegangan; P = daya; R = hambatan; dan I = arus.

Sedangkan pada arus bolak-balik:

dimana V = tegangan (Volt); I = arus (Ampere); P = daya (Watt);

R = hambatan (Ohm); Z = impedansi; dan ϕ adalah beda fase

antara I dan V .

Tegangan listrik memiliki satuan Volt. Simbol untuk tegangan listrik adalah V . namun dalam referensi-referensi akademis lebih sering digunakan simbol E untuk menyebutkan tegangan listrik. Hal ini dilakukan agar tidak tertukar dengan simbol satuan tegangan (Volt) yang juga disimbolkan dengan V .

Tahanan/ beban/ resistansi adalah komponen elektronik dua saluran yang didesain untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya, berdasarkan hukum ohm.

Jenis-jenis tegangan

1. Tegangan AC

Tegangan AC (*Alternating Current*) adalah tegangan yang besarnya selalu berubah-ubah secara periodic. Tegangan AC dapat dilihat dengan menggunakan CRO (*Cathode Ray Oscilloscop*). Misalkan: tegangan PLN memiliki besar 220 VAC dengan periode ayunan 50-60 kali perdetik atau biasa kita kenal dalam bahasa teknik dituliskan dengan istilah Frekuensi= 50-60 Hz. Oleh karena itu orang yang kesetrum dengan tegangan AC rasanya seperti bergetar dan bergoyang.

2. Tegangan DC

Tegangan DC (*Direct Current*) adalah tegangan yang memiliki besar tetap (tidak berubah) secara periodic. Misalkan: tegangan keluaran dari adaptor, tegangan keluaran dari Power Supply computer dan lain-lain. Oleh karena itu orang tersetrum tegangan DC rasanya seperti dicubit tanpa merasakan getaran.

2.4 Pengertian Tarif Daya Listrik (TDL)

Tarif dasar listrik atau biasa disingkat TDL adalah tarif yang boleh dikenakan oleh pemerintah untuk para pelanggan PLN. PLN adalah satu-satunya perusahaan yang boleh menjual listrik secara langsung kepada masyarakat Indonesia, maka TDL bisa dibilang adalah tarif untuk penggunaan listrik di Indonesia.

2.4.1 Cara Menghitung Tarif Daya Listrik

Untuk perhitungan biaya penggunaan listrik setiap bulan yang harus dibayar oleh pelanggan listrik ke PT.PLN (Persero) dihitung berdasarkan catatan Alat Pengukur dan Pembatas (APP) atau kWh meter dan akan dicantumkan pada Rekening Listrik Pelanggan. Harga listrik berdasarkan Tarif Daya Listrik (TDL) PLN yang berlaku.

2.5 Alat Yang Digunakan

2.5.1 Lux Meter

Lux meter digunakan untuk mengukur intensitas penerangan dengan satuan (Lux). Pengukuran penerangan ini dilakukan secara penerangan setempat (*Local Illumination*), penerangan umum (*General Illumination*) dan reflektan menggunakan Lux Meter Tipe Lx-103.

Pengkalibrasian alat ukur ini dilakukan dengan jarak antara sumber cahaya ke sensor sebesar 100 cm atau 1 meter dan dalam posisi tegak lurus. Untuk mendapatkan sumber cahaya digunakan

sebuah lampu dan pengkalibrasian ini dilakukan dalam sebuah ruangan dengan kondisi ruangan gelap.

2.5.2 AC Power Meter

Pada pengukuran daya listrik menggunakan alat ukur power meter digital seri GW Insek / tipe GPM-8212 lebih praktis, karena dalam 1 kali pengukuran kita bisa melihat hasil pengukuran besar-besaran listrik. Analisa hasil pengukuran daya menggunakan alat ukur power meter, yaitu pada instalasi 3 fasa dengan beban lampu TL, dimana daya yang terserap 0,145 kW (aktif). 0,183 kVAR (reaktif) dan 0,234 kVA (semu), sedangkan dengan beban lampu XL, daya yang diserap 0,038 kW (aktif). -0,044 kVAR (reaktif) dan 0,058 kVA(semu), jadi beban yang lebih hemat adalah dengan menggunakan lampu XL. Pada instalasi 1 fasa dengan beban lampu XL dan TL, daya yang terserap 0,43kW (aktif). 0,187 kVAR (reaktif) dan 0,236 kVA (semu) dengan faktor daya 0,608, sedangkan dengan beban penuh (lampu XL dan TL, Televisi, Kulkas dan Komputer). Daya yang terserap 0,478 kW (aktif). 0,333 kVAR (reaktif) dan 0,593 kVA (semu) dengan faktor daya 0,825. Jaadi faktor daya yang lebih bagus adalah dengan beban penuh, karena beban yang digunakan merupakan alat elektronik yang memiliki kapasitor untuk memperbaiki faktor daya.

2.5.3 NPV (Net Presen Value)

Merupakan selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskonkan dengan menggunakan *Social Opportunity Cost of Capital* sebagai diskon faktor, atau dengan kata lain merupakan arus kas yang

diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskonkan pada saat ini. Untuk menghitung NPV diperlukan data tentang perkiraan biaya investasi, biaya operasi, dan pemeliharaan serta perkiraan manfaat/benefit dari proyek yang direncanakan.

Rumus yang digunakan:

Arus kas masuk dan keluar yang didiskonkan pada saat ini (Present Value (PV)). Yang dijumlahkan selama masa hidup dari proyek tersebut dengan rumus:

$$\frac{R_t}{(1 + i)^t}$$

Dimana:

t : waktu arus kas

i : suku bunga diskon yang digunakan

R_t : arus kas bersih (The Net Cash Flow) dalam waktu t

Suku bunga yang dipakai harus sejalan (satuan yang sama) dengan waktu arus kas. Bila waktu arus kas dalam satuan tahun, maka suku bungna juga dalam periode satu tahun, demikian pula bila waktunya dalam satuan bulan.

Arti perhitungan NPV

❖ $NPV > 0$ Investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi

perusahaan maka proyek bisa dijalankan.

- ❖ $NPV < 0$ Investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan maka proyek akan ditolak.
- ❖ $NPV = 0$ Investasi yang dilakukan tidak mengakibatkan perusahaan untung ataupun merugi, kalau proyek dilaksanakan atau tidak dilaksanakan tidak berpengaruh pada keuangan perusahaan. Keputusan harus ditetapkan dengan menggunakan kriteria lain misalnya dampak investasi terhadap positioning perusahaan.

2.5.4 IRR (*Internal Rate of Return*)

Merupakan indikator tingkat efisiensi dari satu investasi. Suatu proyek/ investasidapat dilakukan apabila laju pengembaliannya (*rate of return*) lebih besar dari pada laju pengembalian apabila melakukan investasi ditempat lain (bunga deposito bank, reksadana, dan lain-lain).

IRR digunakan dalam menentukan apakah investasi dilaksanakan atau tidak, untuk itu biasanya digunakan acuan bahwa investasi yang dilakukan harus lebih tinggi dari *minimum acceptable rate of return* atau *minimum attractive rate of return*. *minimum attractive rate of return* adalah laju pengembalian minimum dari suatu investasi yang berani dilakukan oleh seorang investor.

IRR merupakan suku bunga yang akan menyamakan jumlah nilai sekarang dari penerimaan yang diharapkan diterima (*present value of future proceed*) dengan jumlah nilai sekarang dari pengeluaran untuk investasi.

Besarnya nilai sekarang dihitung dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

Perhitungan IRR praktis

Untuk mempermudah perhitungna IRR, yaitu dengan mencoba suku bunga yang diperkirakan akan memberikan nilai NPV positif misalnya 10% yang akan memberikan NPV sebesar 382 dan dilanjutkan dengan perhitungan NPV yang negative, misalnya pada 20% akan memberikan NPV sebesar -426. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IRR = \text{Bunga rendah} + \frac{NPV \text{ pada bunga rendah}}{NPV \text{ pada bunga rendah} - NPV \text{ pada bunga tinggi}}$$

*(Bunga tinggi – Bunga rendah)

Atau disederhanakan sebagai berikut:

$$IRR = I_r + \frac{NPV I_r}{NPV I_r - NPV H} \times (H - I_r)$$