

Dengan terlepasnya bimetal, tegangan induktif yang cukup tinggi kira-kira 1000 V dibangkitkan dalam rangkaian lampu. Tegangan ini mampu untuk membuat terjadinya pelepasan electron 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 dibuah menjadi cahaya tampak oleh lapisan fosfor.

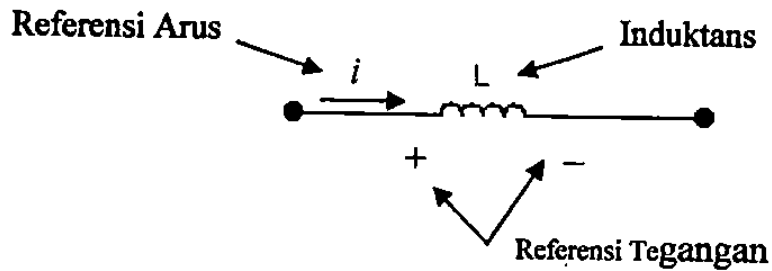
A.2. Induktansi

Elemen rangkaian yang digunakan untuk menyatakan tenaga yang disimpan dalam sebuah medan magnet akan didefinisikan oleh hubungan :

$$v = L \frac{di}{dt} \quad (2 - 1)$$

Konstanta kesebandingan L adalah induktans diri (*self-inductance*), atau induktans (*inductance*) elemen tersebut, dan diukur dalam *henry* (disingkat H).

Tegangan v Persamaan (2-1) adalah sebuah penurunan tegangan dalam arah arus dan dapat dianggap melawan pertambahan arus. Gambar 2.2 menggambarkan representasi skematis dari sebuah induktans dan arah referensinya yang diasosiasikan untuk arus dan polaritas tegangan

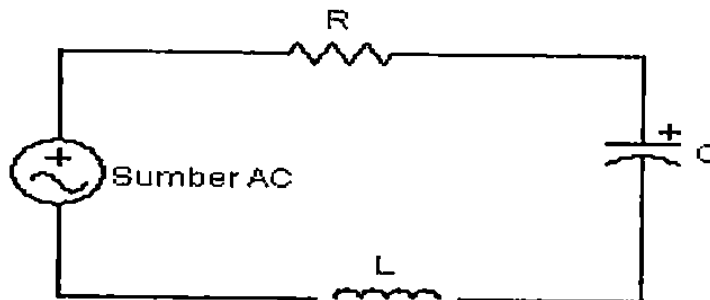


Gambar 2.2 Representasi skematis dari induktans

Jika tegangan melalui induktans diketahui, maka Persamaan (2-1) dapat dituliskan kembali sehingga arus ditentukan sebagai :

$$i = \frac{1}{L} \int v dt \quad (2-2)$$

A.3. Rangkaian Seri R, L dan C



Gambar 2.3 Rangkaian seri R, L, C dengan sumber AC.

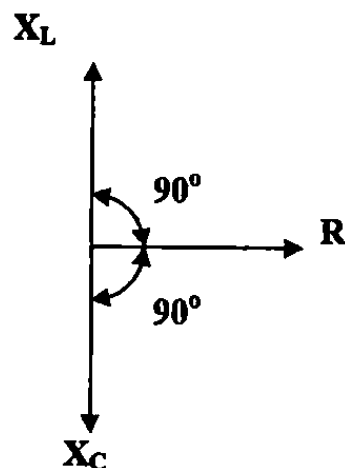
Rangkaian yang terdiri dari sebuah kumparan, kapasitor dan resistansi yang diseri dan diberi sumber ac diperlihatkan pada Gambar 2.3. Bila induktansi,

Bila menggambar suatu diagram vektor dari rangkaian seri R, X_L dan X_C , reaktansi yang berlainan harus dilukis dengan arah berlawanan, masing-masing berbeda 90° dari resistansi. Gambar 2.3 menggambarkan suatu nilai X_L yang besar dan nilai X_C yang lebih kecil. Diagram vektor tersebut memperlihatkan bahwa X_C dan X_L masing-masing berbeda 90° dari R tetapi pada arah sedemikian rupa sehingga cenderung untuk saling meniadakan. Bila X_L lebih besar dari X_C , seperti Gambar 2.3, maka resultannya atau reaktansi bersih adalah X_L . Reaktansi bersih diperoleh dengan mengurangkan nilai yang rendah dari nilai yang lebih besar. Rumus impedansi yang lengkap untuk rangkaian seri dimana X_L lebih besar dari X_C adalah :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (2 - 4)$$

Dalam keadaan dimana X_C lebih besar dari X_L , maka rumusnya adalah :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \quad (2 - 5)$$



Gambar 2.4 Penggambaran Reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif yang

A.4. Lampu Tabung Flouresen

Lampu tabung secara umum dapat diklarifikasikan menjadi dua macam, yakni lampu-lampu tabung dengan tekanan tinggi serta lampu-lampu tabung dengan tekanan rendah. Untuk jenis lampu tabung yang bertekanan tinggi misalnya lampu-lampu dengan gas natrium tekanan tinggi, lampu air raksa tekanan tinggi (HPLR) dan sebagainya. Sedangkan untuk jenis lampu-lampu tabung bertekanan rendah, misalnya jenis lampu tabung flouresen.

Tabung lampu ada berbagai bentuk, sebagai contoh untuk merk Philips berdiameter 38 mm, dengan kode TL sedangkan panjangnya tergantung dari daya masing-masing lampu, pada masing-masing ujung tabung terdapat sebuah elektroda. Elektroda ini terdiri dari kawat wolfram dengan sebuah emitter untuk memudahkan emisi elektron.

Didalam lampu tabung diisi dengan gas dan uap logam. Fungsi gas dalam tabung adalah untuk membantu proses perpendaran cahaya saat lampu dialiri arus listrik. Gas yang digunakan adalah gas mulia, misalnya neon, argon yang memiliki sifat reaksi kimia dengan unsur-unsur lain. Sedangkan uap logam yang digunakan adalah uap logam air raksa dan natrium.

Prinsip kerja lampu tabung flouresen adalah jika tegangan yang sesuai diberikan antara elektroda-elektroda pada lampu tabung flouresen maka akan terjadi aliran elektron dari elektroda yang satu ke elektroda yang lain. Karena aliran elektron ini maka akan terjadi tumbukan antara elektron-elektron tersebut dengan atom-atom gas mulia. Tumbukan ini akan mengakibatkan terlepasnya elektron-elektron dari ikatan atom. Terlepasnya elektron-elektron ini akan

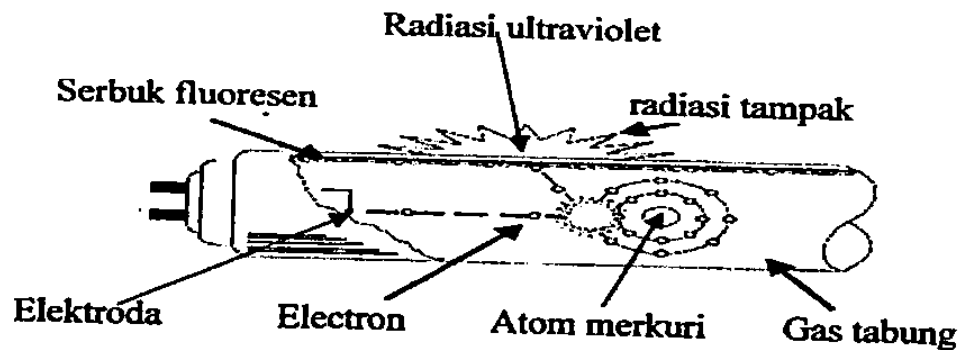
dengan pelepasan energi dalam bentuk cahaya elektromagnetik. Gas neon misalnya memberikan cahaya warna merah, gas air raksa memberikan warna biru, gas natrium memberikan warna kuning, gas helium memberikan warna putih agak kemerahan.

Untuk lebih jelasnya, saat arus mengalir melalui bimetal maka temperatur dalam tabung gelas starter akan turun seperti semula (dingin) Kedua elektroda dari logam dalam starter akan lurus kembali dan memutuskan arus yang sedang mengalir, karena pemutusan arus yang tiba-tiba ini dalam ballast akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik yang cukup tinggi. Tegangan induktif yang cukup tinggi kira-kira 1000 volt dibangkitkan dalam rangkaian lampu. Tegangan kejut ini mampu untuk membuat terjadinya pelepasan elektron (electron discharges) dalam gas argon yang terletak antara kedua filamen pada tabung lampu, sehingga dapat menyalakan tabung dengan syarat filamen-filamennya sudah cukup panas.

Peristiwa ini akan berulang-ulang ketika gas dalam tabung lampu TL tidak terionisasi penuh sehingga tidak akan terdapat cukup arus yang melewati filamen lampu tersebut. Lampu akan tampak berkedip selain itu jika tegangan induksi dari ballast tidak cukup besar maka walaupun tabung lampu tersebut sudah terionisasi penuh tetap tidak akan menyebabkan lompatan elektron dari salah satu elektroda tersebut. Jika pada siklus pertama tabung belum menyala maka peristiwa seperti diuraikan akan terulang sampai tabung menyala.

Pada lampu tabung jenis flouresen diisi dengan uap air raksa dan gas mulia argon. Jika dalam keadaan menyala uap air raksa akan menyumbat di bagian

ungu dan sinar ini akan diserap oleh serbuk fluoresen dan diubah menjadi cahaya tampak. Struktur tabung lampu TL dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



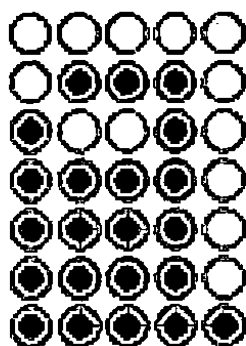
Gambar 2.5 Struktur tabung lampu TL

B. LED (*Light Emitting Diode*)

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Diode*, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah galium, arsenic dan selenyum. Jenis doping yang berbeda-beda akan menghasilkan warna cahaya yang berbeda-beda.

Pada saat ini warna-warna cahaya LED yang banyak ada adalah warna merah, kuning dan hijau. LED berwarna biru sangat langka. Pada dasarnya semua warna bisa dihasilkan, namun akan menjadi sangat mahal dan tidak efisien. Dalam memilih LED selain warna, perlu diperhatikan tegangan kerja, arus maksimum dan disipasi dayanya. Rumah (*chasing*) LED dan bentuknya juga bermacam-macam, ada yang persegi empat, bulat dan lonjong.

Dioda banyak diaplikasikan pada rangkaian penyerah arus (*rectifier*) power suplai atau konverter AC ke DC. Dipasar banyak ditemukan dioda seperti 1N4001, 1N4007 dan lain-lain. Masing-masing tipe berbeda tergantung dari arus maksimum dan juga tegangan *breakdown*-nya. Zener banyak digunakan untuk aplikasi regulator tegangan (*voltage regulator*). Zener yang ada dipasaran tentu saja banyak jenisnya tergantung dari tegangan *breakdown*-nya. Di dalam datasheet biasanya spesifikasi ini disebut V_z (*zener voltage*) lengkap dengan toleransinya, dan juga kemampuan disipasi daya.



Gambar 2.7 LED array

LED sering dipakai sebagai indikator yang masing-masing warna bisa memiliki arti yang berbeda. Menyala, padam dan berkedip juga bisa berarti lain. LED dalam

beberapa aplikasi lain (seperti) bisa menjadi display yang besar. Dikenal juga LED dalam

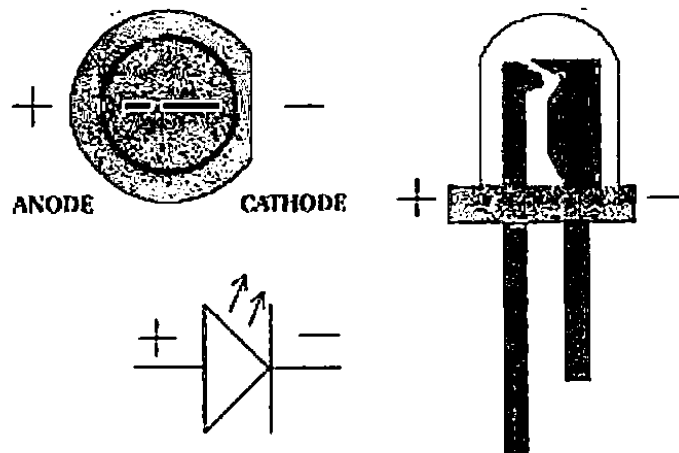
bentuk *7 segment* atau ada juga yang *14 segment*. Biasanya digunakan untuk menampilkan angka numerik dan alphabet. (yunus_newton@yahoo.co.id)

B.1 Prinsip Kerja LED

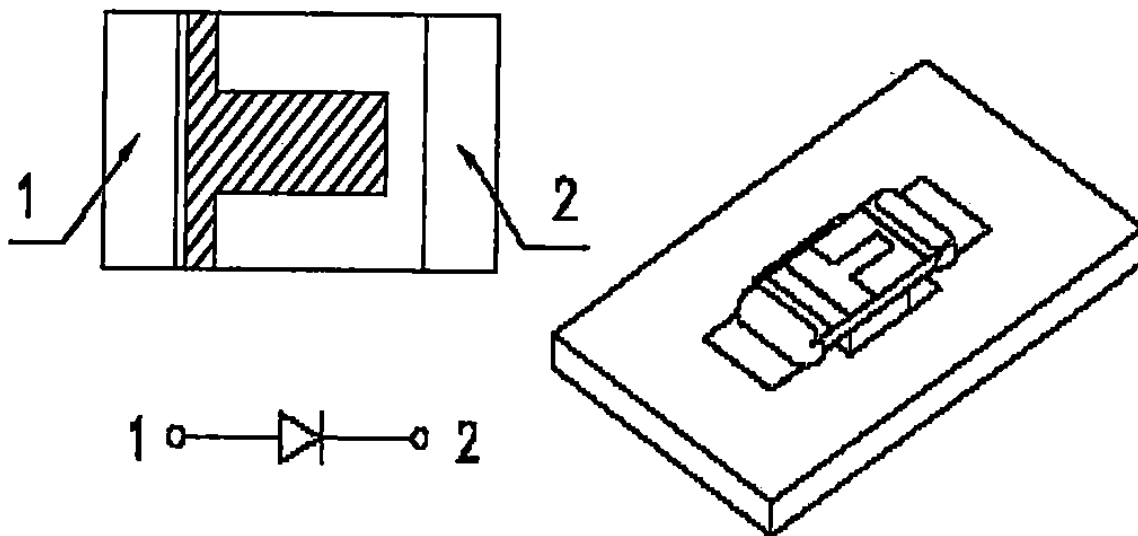
Di dalam LED terdapat sejumlah zat kimia yang akan mengeluarkan cahaya jika elektron-elektron melewatinya. Dengan mengganti zat kimia ini, kita dapat mengganti panjang gelombang cahaya yang dipancarkan, seperti infrared, hijau/biru/merah dan ultraviolet.

B.2 Cara Kerja LED

LED adalah dioda, sehingga memiliki kutup (polar). Arah arus konvensional hanya dapat mengalir dari anoda ke katoda, kita dapat membedakan kutup-kutupnya. Perhatikan bahwa 2 kawat (kaki) pada LED memiliki panjang yang berbeda. Kawat yang panjang adalah anoda sedangkan yang pendek adalah katoda.

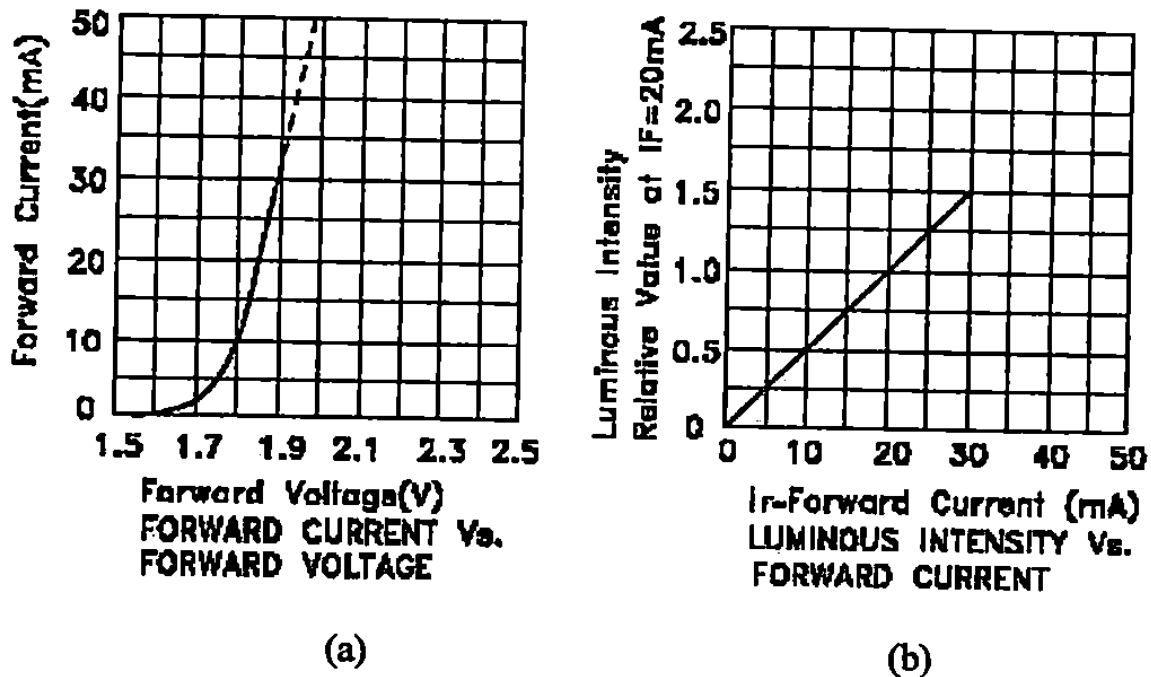


Ada juga jenis LED bertipe surface mount (SMD) Prinsip kerjanya masih sama, hanya bentuknya saja yang berbeda. Ada beberapa cara yang berbeda untuk menandai kutup dari LED SMD, Jadi cara yang terbaik adalah mengecek pada datasheet.



Gambar 2.9 Data Shet LED

Resistor dirangkai seri dengan LED karena tidak ada pengatur kuat arusnya, jika tanpa resistor LED akan mudah terbakar, arus sangat menentukan seberapa terang sebuah LED. Lebih besar arus maka lebih terang pula LED itu. Arus pada LED seharusnya sekitar 10 – 20 mA. Ketika arus melewati sebuah LED, jatuh tegangan pada LED sekitar 1,6 V, tergantung pada arus, Lihatlah data sheet sebuah LED. Lihatlah ke bawah sampai kamu melihat beberapa simbol



Gambar 2.10 Grafik perbandingan besar arus dengan tegangan dan intensitas cahaya pada LED

Pada Gambar 2.10 (b) terlihat bahwa arus sangat menentukan seberapa terang sebuah LED, intensitas luminous (tingkat terang gelap sebuah LED) sebesar 1, diketahui bahwa arus sebesar 20 mA yang diperlukan. arus 20 mA harus melewati LED untuk mendapatkan terangnya LED sebesar 1. Jatuh tegangan pada LED berdasarkan arus yang diketahui.

Pada Gambar 2.10 (a) arus pada 20 mA, jatuh tegangannya sebesar 1,85 V. Jatuh tegangan pada LED tidak hanya sebuah fungsi dari arus, tetapi juga warna

LED dan suhu (diketahui pada tabel karakteristik LED).

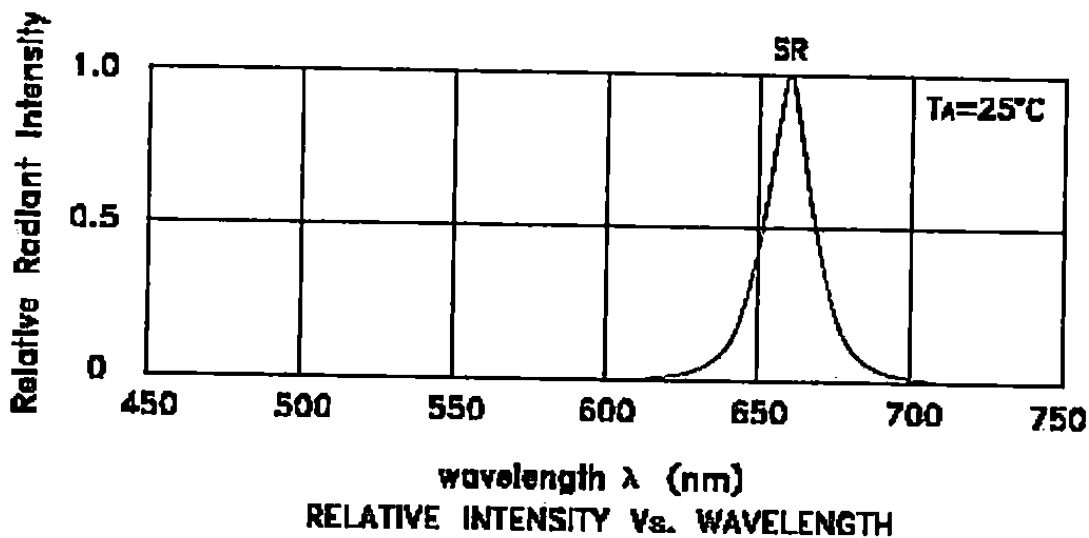
Warna Beda Potensial

- Infrared 1,6 V
- Merah 1,8 V – 2,1 V
- Jingga 2,2 V
- Kuning 2,4 V
- Hijau 2,6 V
- Biru 3,0 V – 3,5 V
- Putih 3,0 V – 3,5 V
- Ultraviolet 3,5 V

Dari data warna beda potensial untuk menentukan besar tegangan yang digunakan untuk LED. Contohnya, jika menggunakan regulator 5 V, samadengan menggunakan tegangan 5 V. Jika menggunakan baterai 6 V, maka tegangan yang digunakan 6 V. (*yumus_newton@yahoo.co.id*)

B.3 Sudut Pandang

Sudut pandangan yang lebar berarti cahaya tidak akan sampai jauh, tetapi akan menyebar. Lampu flash pada kamera memiliki sudut pandang yang lebar. Akan tetapi, sudut pandang yang sempit berarti cahaya lebih terkonsentrasi pada



Gambar 2.12 Grafik Panjang Gelombang pada LED

C. Bohlam (*lampu Pijar*)

Bola lampu, atau lebih dikenal dengan lampu pijar (bohlam) adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanas dan menghasilkan foton. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi oksigen di udara berhubungan dengannya, sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi.

C.1 Bagian-bagian bola lampu pijar

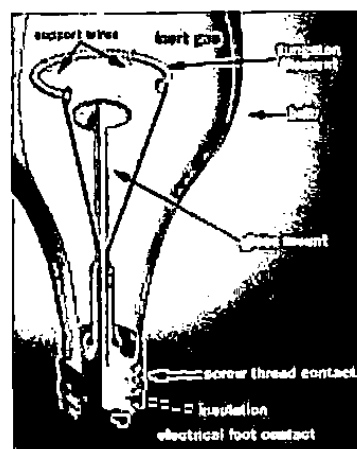
Bohlam terdiri dari dua buah kawat yang saling berhubungan (*Contact wire*) dan bagian ujungnya di hubungkan ke sirkuit listrik (*Electrical contact*). Kawat di hubungkan ke filamen (*filament*) yang berbentuk gulungan kumparan. Filamen di letakan di tengah dan di topang oleh *glass mount* dengan bantuan kawat penopang (*Support wires*). Kawat di filamen ini dihubungkan ke bagian

di dalamnya di penuh dengan gas bertekanan rendah (*inert gas*) seperti argon, neon, nitrogen.

C.2 Cara kerja lampu Pijar

Saat bola lampu pijar di hidupkan, arus listrik akan mengalir dari Electrical contact menuju filamen dengan melewati kawat penghubung. Akibatnya akan terjadi pergerakan elektron bebas dari kutub negatif ke kutup positif. Elektron di sepanjang filamen ini secara konstan akan menabrak atom pada filamen. Energinya akan menggetarkan atom atau arus listrik memanaskan atom.

Ikatan elektron dalam atom-atom yang bergetar ini akan mendorong atom pada tingkatan tertinggi secara berkala. Saat energinya kembali ketingkat normal, elektron akan melepaskan energi ekstra dalam bentuk foton. Atom-atom yang dilepaskan ini dalam bentuk foton-foton sinar infrared yang tidak mungkin dilihat oleh mata manusia. Tetapi bila dipanaskan sampai temperatur 2.200 derajat Celcius, cahaya yang dipancarkan dapat kita lihat seperti halnya bola lampu pijar yang sering kita pakai sehari-hari. (*howstuff, wikipedia*)



Gambar 2.12 Struktur Lampu Pijar / Lampu PijarD

D. Daya

D.1. Jenis-jenis Daya

a. Daya Aktif dan Daya Reaktif

Tujuan utama dari mengalirkan arus ke sebuah rangkaian adalah untuk mengirimkan daya dari sumber ke rangkaian. Daya yang pada kenyataannya dikonsumsi di dalam rangkaian disebut dengan **daya nyata** atau *active power*. Telah dibahas sebelumnya bahwa daya hanya dikonsumsi oleh resistans sedangkan induktans dan kapasitans tidak mengkonsumsi daya nyata. Daya (atau daya nyata) yang dikonsumsi dalam L atau C adalah nol karena seluruh daya yang diterima dari sumber selama setengah siklus dikembalikan ke sumber selama setengah siklus selanjutnya. Daya yang bersirkulasi ini disebut dengan **daya reaktif** atau *reactive power* dan tidak digunakan dalam rangkaian. Diingat kembali bahwa arus dan tegangan sefase pada resistans sedangkan pada L dan C terpisah sejauh 90° . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa arus sefase dengan tegangan menghasilkan daya nyata sedangkan arus yang terpisah 90° dengan tegangan menghasilkan daya reaktif, yaitu :

Daya nyata = tegangan x arus sefase dengan tegangan

Daya reaktif = tegangan x arus 90° terpisah terhadap tegangan

Dengan memperhatikan rangkaian induktif di mana arus I tertinggal terhadap tegangan sumber V sejauh ϕ° . Diagram fasor rangkaian ditunjukkan

dalam gambar 2.6. Arus I dapat dibagi menjadi dua komponen vektor

yaitu (i) $I \cos \phi$ yang sefase dengan V dan (ii) $I \sin \phi$ yang terpisah 90° dari V . Jadi :

Daya nyata, $P = V \times I \cos \phi = VI \cos \phi$ watt atau kWatt

Daya rekatif, $Q = V \times I \sin \phi = VI \sin \phi$ VAR atau kVAR

- (i) Komponen $I \cos \phi$ disebut komponen sefase atau komponen watt, merupakan komponen dari arus total yang menghasilkan daya nyata (yaitu $VI \cos \phi$). Perlu dicatat daya nyata ini yang digunakan untuk menghasilkan torsi pada motor listrik dan panas pada mesin pemanas, penerangan dan lain-lain. Berguna pada rangkaian dan tidak dapat dikembalikan kesumber. Daya nyata ini yang terukur oleh wattmeter.
- (ii) Komponen $I \sin \phi$ disebut komponen reaktif dan menghasilkan daya reaktif (yaitu $VI \sin \phi$). Daya reaktif tidak dikonsumsi dalam rangkaian. Wattmeter tidak dapat mengukur daya reaktif.
- (iii) Hasil kali tegangan (V) dan arus (I) dalam rangkaian disebut **daya semu** (*apparent power*) yaitu VI . Untuk menghindari kesalahpahaman, daya ini diukur dalam satuan volt-ampere (VA).

b. Daya Semu atau Daya Kompleks

Jika tegangan dikalikan dengan arus rangkaian, hasil kali VI tidak pernah

Hasil kali tersebut dikenal sebagai *volt-ampere* dalam rangkaian, yang disebut daya semu. Dengan memberikan lambang S untuk mewakili daya kompleks tersebut, diperoleh :

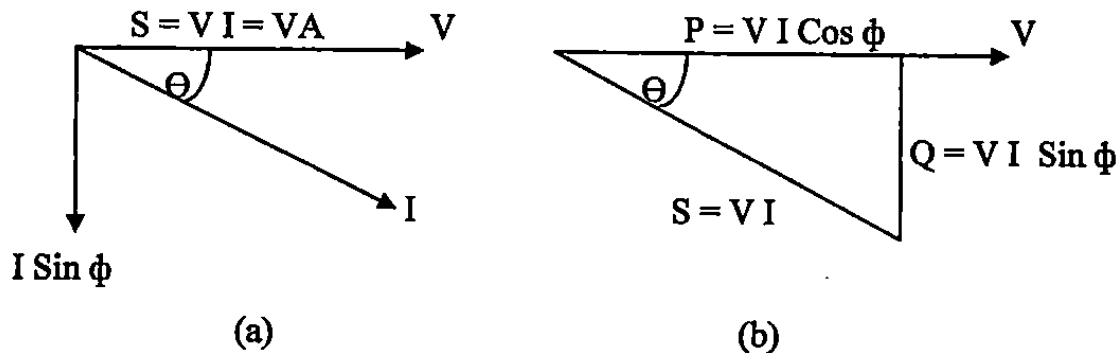
$$S = VI^* = P + jQ \quad (2 - 8)$$

Besar daya kompleks tersebut adalah

$$|S| = |VI^*| = |V| |I^*| = VI \quad (2 - 9)$$

yang tentu saja sama dengan daya semu.

D.2. Segitiga Daya



Gambar 2.14 (a). Diagram fasor arus, (b). Diagram segitiga daya

Jika mengalikan semua fasor arus dalam Gambar 2.9 (a) dengan V , diperoleh segitiga daya seperti pada Gambar 2.9 (b). Segitiga daya ini menunjukkan hubungan antara daya semu (*apparent power*), daya nyata (*true power*) dan daya rektif (*reactive power*). Dari segitiga daya tersebut :

a) Faktor daya ($\cos \phi$) = Daya nyata / Daya semu = $VI \cos \phi$

- b) (Daya semu)² = (Daya nyata)² + (Daya reaktif)²
 $S^2 = P^2 + Q^2$
- c) Daya nyata (P) = Daya semu x Cos ϕ = VI Cos ϕ
- d) Daya reaktif (Q) = Daya semu x Sin ϕ = VI Sin ϕ

D.3. Faktor Daya

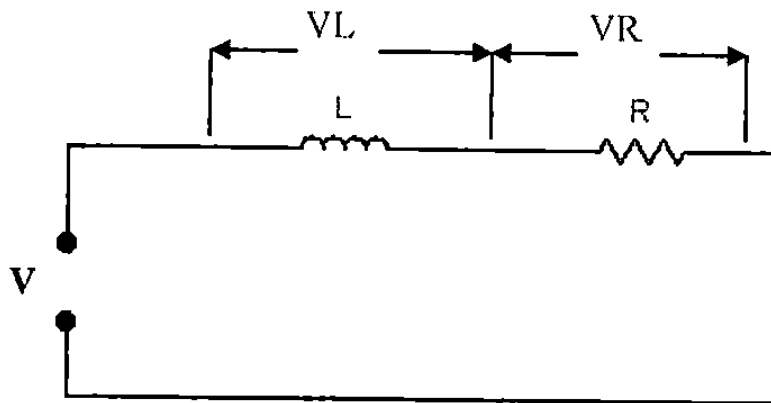
Faktor daya atau *power factor* adalah rasio antara daya nyata terhadap daya semu dalam rangkaian AC. Faktor daya adalah cara untuk menunjukkan bagian pada arus seluruhnya dan tegangan yang menghasilkan daya. Ketika tegangan dan arus sefase besarnya faktor daya adalah satu, dan daya semu akan sama dengan daya nyata. Ketika arus dan tegangan berbeda fase sebesar 90° faktor daya akan menjadi nol, sehingga faktor daya dari rangkaian listrik AC dapat bernilai diantara nol sampai dengan satu. Faktor daya juga dapat dinyatakan dalam persen, sehingga faktor daya dapat bervariasi antara nol persen sampai dengan seratus persen.

Ballast lampu fluorescent memiliki jenis high power factor, normal dan low power factor. High power factor, ditetapkan untuk semua aplikasi pencayahaan lampu komersil, yang mempunyai suatu perbandingan watt masukan terhadap lampu dan ballast. Besar perbandingan antara tegangan dan arus pada ballastyang baik adalah sebesar 90%. Power factor ballast ditentukan dari perencanaan.

Power factor yang tinggi dirancang untuk power factor lebih besar dari 0.9

sedangkan power factor rendah dirancang antar 0.5 - 0.6

Rangkaian lampu tabung flouresen yang disambung secara seri dengan kumparan hambat (ballast) mempunyai rangkaian ekivalen.



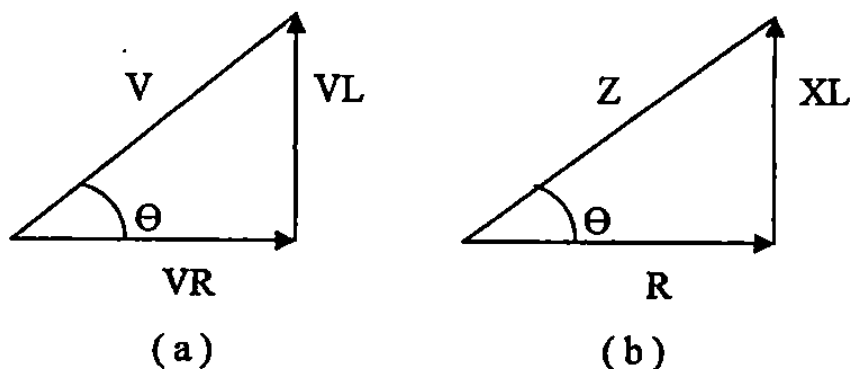
Gambar 2.15 Rangkaian seri R – L

Keterangan :

VL : Tegangan Induktif.

VR : Tegangan Resistif.

Secara vektor rangkaian diatas dapat digambarkan seperti pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 (a) Diagram vektor tegangan (b) Diagram vektor impedansi

Gambar 2.16 merupakan gambar rangkaian yang bersifat induktif dengan sudut beda fasa sebesar ϕ . Persamaan arus yang mengalir pada rangkaian diatas adalah sebagai berikut :

$$i = I_m \sin (\omega_t - \phi)$$

$$I = V_m / Z$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

(2 - 10)

Besarnya daya listrik pada rangkaian dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

$$= V_m \sin \omega_t \cdot I_m \sin (\omega_t - \phi)$$

$$= V_m \cdot I_m \sin \omega_t \cdot \sin (\omega_t - \phi)$$

$$= \frac{1}{2} V_m \cdot I_m \{ \cos \phi - \cos (2\omega_t - \phi) \}$$

$$= \frac{1}{2} V_m \cdot I_m \cos \phi - \frac{1}{2} V_m \cdot I_m \cos (2\omega_t - \phi)$$

dalam satu siklus penuh, harga

$$\frac{1}{2} V_m \cdot I_m \cos (2\omega_t - \phi) = 0$$

maka daya yang diserap rangkaian adalah :

$$P = \frac{1}{2} V_m \cdot I_m \cos \phi$$

karena $V = V_m / \sqrt{2}$

maka $\longrightarrow P = V \cdot I \cos \phi$

(2 - 11)

P = Daya aktif (watt).

V = tegangan efektif (volt).

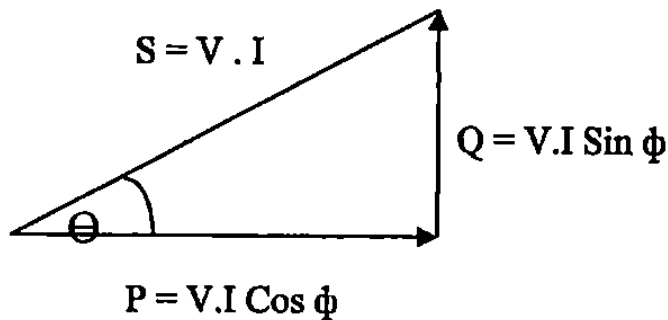
V_m = Tegangan maksimal (volt).

I_m = Arus maksimal (ampere).

Unsur $\cos \phi$ ada persamaan diatas biasa disebut dengan faktor daya (power factor), atau besarnya $\cos \phi$ dapat dinyatakan dari perbandingan antara daya nyata dengan daya semu dapat dituliskan dengan persamaan :

$$\cos \phi = P \text{ (watt)} / V \cdot A \text{ (volt ampere)}$$

dan dapat digambarkan seperti Gambar 2.17 berikut :



Keterangan :

P = Daya Nyata.

S = Daya Semu.

Q = Daya Reaktif.

Gambar 2.17 Diagram vektor segitiga daya

Berdasarkan diagram vektor penjelasan impedansi kompleks $Z = R + jX$ dan $Y = G + jB$ dapat dituliskan sebagai berikut :

A = Luas penampang kumparan.

N = Jumlah lilitan.

l = panjang kumparan.

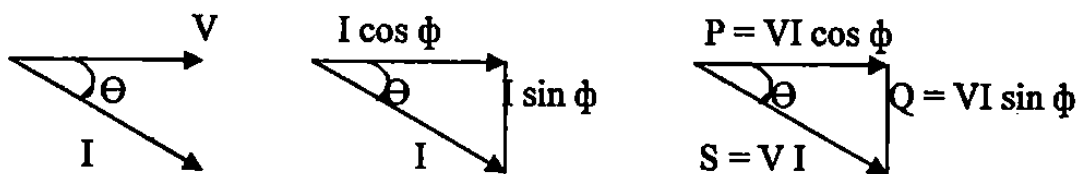
Dari rumus diatas, dapat dilihat bahwa besarnya $\cos \phi$ sangat dipengaruhi oleh harga L pada ballast. Jika ballast yang digunakan mempunyai harga L yang tinggi maka akan menghasilkan $\cos \phi$ yang rendah.

a. Kegunaan Faktor Daya

Daya semu yang dialirkan ke rangkaian mempunyai dua komponen, yaitu daya nyata dan daya reaktif. Daya nyata diusahakan sebesar mungkin karena komponen ini yang berguna dalam rangkaian. Hal ini bisa terjadi jika komponen daya reaktif kecil. Seperti terlihat segitiga daya (Gambar 2.9), semakin kecil sudut fase ϕ (semakin besar factor daya, $\cos \phi$), semakin kecil komponen daya reaktifnya. Jadi jika $\phi = 0^\circ$ ($\cos \phi = 1$), komponen daya reaktif bernilai nol dan daya nyata sama dengan daya semu. Ini berarti daya semu yang dialirkan kedalam rangkaian seluruhnya digunakan oleh rangkaian itu. Jadi faktor daya rangkaian merupakan ukuran keefektifan dalam menggunakan daya semu. Semakin besar faktor daya dari sebuah rangkaian, semakin besar kemampuannya menggunakan daya semu. Jadi faktor daya sebesar 0,5 (yaitu 50%) dari rangkaian berarti bahwa hanya mampu menggunakan 50% dari daya semu sedangkan faktor daya sebesar 0,8, berarti 80% penggunaan daya semu. Dengan alasan ini diharapkan faktor daya dari sebuah rangkaian sedekat mungkin bernilai 1

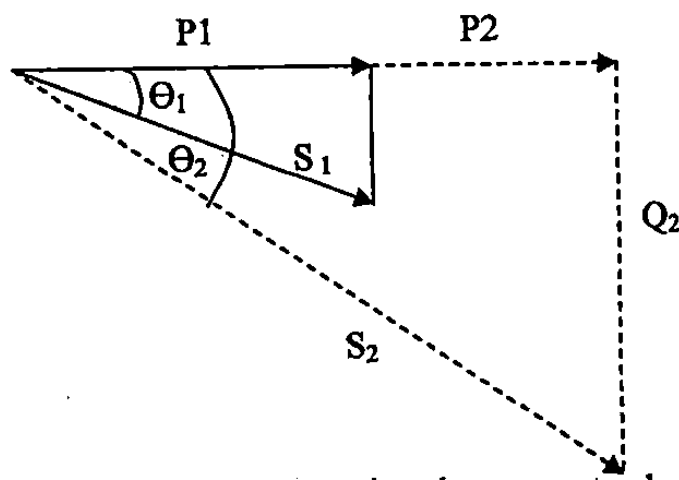
b. Penurunan Faktor Daya

Arus dalam sistem bolak-balik dapat berbeda fase terhadap tegangannya yang disebabkan oleh jenis beban, maka Gambar 2.18 berikut ini diberikan keadaan arus pada beban yang bersifat induktif.



Gambar 2.18 Diagram fasor arus pada beban yang bersifat induktif.

Karena beban listrik sebagian besar bersifat induktif maka Gambar 2.19 terlihat bahwa dengan bertambahnya beban, maka selain komponen arus yang sefase dengan tegangannya bertambah besar, juga komponen arus yang tegak lurus dengan tegangannya bertambah dalam jumlah yang lebih besar. Akibatnya, selain terjadi perubahan daya semu S , juga terjadi perubahan besar sudut ϕ tersebut. Dengan demikian, faktor daya pun menjadi bertambah kecil..



Dengan demikian, sistem tersebut telah mengalami perubahan dalam pembebanannya. Dalam hal ini perubahan pembebanan daya aktif lebih kecil dibandingkan dengan perubahan pembebanan daya reaktifnya. Sehingga $\cos \phi_1 > \cos \phi_2$ atau dikatakan telah terjadi penurunan faktor daya dari sistem yang disebabkan oleh penambahan beban induktif.

D.4. Analisis Statistik

Analisis statistik terhadap data pengukuran adalah pekerjaan biasa sebab analisis statistik memungkinkan penentuan ketidakpastian hasil pengujian akhir secara analisis. Agar cara-cara statistik dan keterangan yang diberikan bermanfaat (interpretasi) bermanfaat, biasanya diperlukan sejumlah pengukuran yang banyak.

a. Distribusi-t

Distribusi peluang t pertama kali diterbitkan pada tahun 1908 dalam suatu makalah oleh W.S. Gosset. Pada waktu itu, Gosset bekerja pada perusahaan bir Irlandia yang melarang penerbitan penelitian oleh karyawannya. Untuk mengelakkan larangan ini dia menerbitkan karyanya secara rahasia dibawah nama "*Student*". Karena itulah distribusi t biasanya disebut *Distribusi Student*, atau lebih singkat *Distribusi-t*.

Distribusi t selain digunakan untuk menguji suatu hipotesis juga untuk membuat pendugaan interval (*interval estimate*). Biasanya, distribusi t digunakan untuk menguji hipotesis mengenai nilai parameter, paling banyak dari 2 populasi (lebih dari 2 harus digunakan F) dan dari sampel yang hasil

(*small sample size*), misalnya $n < 100$, bahkan seringkali $n \leq 30$. Untuk n yang cukup besar ($n \geq 100$, atau mungkin cukup $n > 30$) dapat digunakan distribusi normal, maksudnya tabel normal dapat digunakan sebagai pengganti tabel t.

b. Nilai rata-rata (*arithmetic mean*)

Nilai yang paling mungkin dari suatu variabel yang diukur adalah nilai rata-rata dari semua pembacaan yang dilakukan. Pendekatan paling baik akan diperoleh bila jumlah pembacaan untuk suatu besaran sangat banyak. Nilai rata-rata diberikan oleh persamaan :

dimana :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2-16)$$

dimana :

\bar{x} = Nilai rata-rata.

x_1, x_2, x_n = Pembacaan yang dilakukan.

n = Jumlah pembacaan.

c. Penyimpangan terhadap nilai rata-rata

Penyimpangan (*deviasi*) adalah selisih antara suatu pembacaan terhadap nilai rata-rata dalam sekelompok pembacaan. Jika penyimpangan pembacaan

x_1 adalah d_1 , penyimpangan pembacaan kedua x_2 adalah d_2 , maka penyimpangan-penyimpangan terhadap nilai rata-rata adalah :

$$d_1 = x_1 - \bar{x} \quad d_2 = x_2 - \bar{x} \quad d_n = x_n - \bar{x} \quad (2-17)$$

Perlu diketahui bahwa penyimpangan terhadap nilai rata-rata boleh positif atau negatif dan jumlah aljabar semua penyimpangan tersebut harus nol.

d. Penyimpangan Rata-rata

Penyimpangan rata-rata merupakan suatu indikasi ketepatan instrumen-instrumen yang digunakan untuk pengukuran. Instrumen yang ketepatannya tinggi akan menghasilkan deviasi rata-rata yang rendah antar pembacaan-pembacaan. Dimana penyimpangan rata-rata dicari dengan persamaan berikut

$$D = \frac{d_t}{n} \quad (2 - 18)$$

dimana : d_t = jumlah total deviasi

n = jumlah pembacaan

E. CAHAYA

Cahaya adalah suatu gejala fisis dari suatu sumber yang memancarkan gelombang energi dengan panjang gelombang tertentu. Cahaya merupakan bentuk radiasi elektromagnetik yang memberikan efek atau tanggapan terhadap retina mata, sensor-sensor optis maupun material-material yang lain. Istilah cahaya adalah merupakan

dapat dilihat oleh mata manusia. (Ryer, 1997). Cahaya dianggap sebagai kanal transmisi alternatif yang mumpuni, dikarenakan cahaya dapat menyalurkan dengan cepat informasi yang disisipkan dalam transmitter hingga cahaya sebagai media yang tepat dengan kecepatan $3 \cdot 10^8$ m/s. Cahaya merupakan energi yang berkuanta. Cahaya memiliki muatan didalamnya, muatan ini dikenal *foton*. Foton-foton ini saling berinteraksi satu sama lain hingga menghasilkan bentuk energi (Rustam, 2005). Karena cahaya merupakan energi, ia dikelompokkan klasifikasi tertentu (spektrum) yang mendasari karakteristik dari beberapa bentuk energi tersebut. Pada cahaya pembagian ini dikenal dengan Spektrum Cahaya. Spektrum ini dikelompokkan berdasarkan karakteristik tertentu pada cahaya yang bervariasi. Spektrum gelombang yang disajikan dengan panjang gelombang dan pembatasan-pembatasan panjang gelombang disebut frekuensi optis. Standar penghitungan cahaya didefinisikan dari cahaya yang memancar dari leburan platina. pengertian ini didasarkan pada perhitungan dasar sebelumnya, mengingat definisi dari intensitas cahaya adalah istilah dari radiasi daya secara umum yakni dalam watt atau joule per detik, satuan candela adalah yang paling tepat sebagai dasar satuan dan digunakan sebagai satuan dalam SI. (Ryer, 1997)

Pada cahaya tampak yang memiliki panjang gelombang (350nm-680nm) dapat dimanfaatkan dalam beberapa aplikasi bidang ilmu. Beberapa diantaranya, pemanfaatan sinar LASER untuk mendeteksi penyakit hingga digunakan dalam tata cahaya suatu pertunjukkan, kemudian serat optik mulai digunakan sebagai media transmisi jarak telekomunikasi dengan mengganti peranan kabel. *Light Emitted Diode (LED)* dapat digunakan dalam media transmisi jarak pendek dan memiliki

Media ini memiliki panjang gelombang yang relative kecil (± 700 nm), tetapi media ini memiliki intensitas energi (± 20 mW/A). Untuk itu perlu diketahui, karakteristik dari LED.

E.1 Jenis-jenis cahaya

Terdapat 3 macam bidang frekuensi berkas cahaya yang mendasar pada spectrum frekuensi optis.

1. Bidang cahaya infra merah (*infra red band*)

Panjang gelombang berkas cahaya yang terlalu panjang bagi mata manusia yakni diatas 780 nm, sehingga tidak terlihat oleh retina mata. Tetapi bidang cahaya ini akan terdeteksi oleh sensor-sensor optis. (Ryer, 1997).

2. Bidang cahaya tampak (*Visible band*)

Panjang gelombang yang dapat dilihat oleh mata manusia. Panjang gelombang yakni antara 380-770 nm. Pada bidang gelombang ini retina mata mampu merespon atau memberi tanggapan. Cahaya tampak diklasifikasikan menjadi spektrum warna, cara tampak dapat diuraikan dengan menggunakan prisma kaca yang akan menghasilkan suatu bias warna dari penguraian warna

- 495 – 566 nm adalah bias berwarna hijau
- 566 – 589 nm adalah bias berwarna kuning
- 589 – 627 nm adalah bias berwarna jingga
- 627 – 780 nm adalah bias berwarna merah

(Ryer, 1997).

3. Bidang cahaya ultra ungu (*Ultra Violet band*)

Panjang gelombang ini juga tidak dapat dilihat oleh mata manusia karena memiliki panjang gelombang yang terlalu pendek untuk diterima oleh retina mata manusia, akan tetapi cahaya ini akan memberikan respon pada beberapa material dan sensor khusus. (Ryer, 1997).

E.2 Sumber cahaya

Jenis sumber cahaya dibedakan menjadi 2 macam yaitu alami dan buatan. Pencahayaan yang alami adalah sinar matahari, sedangkan pencahayaan buatan adalah lampu yang dibuat manusia dengan menggunakan tenaga listrik atau baterai.

a. Cahaya Alami

Sumber cahaya alami adalah matahari, bulan, bintang, dan lain-lain.

2. Jingga
3. Kuning
4. Hijau
5. Biru
6. Nila (*indigo*)
7. Ungu

Apabila ketujuh warna tersebut bercampur maka akan menghasilkan cahaya putih. Warna – warna dalam cahaya putih dapat dipecah menggunakan prisma menjadi jalur warna yang dikenal sebagai spectrum, sedangkan pemecahan cahaya putih pada spectrum ini dikenal sebagai penyerakan cahaya. Pelangi adalah contoh sepektrum yang terbentuk secara alami.

Cahaya Buatan

Salah satu sumber cahaya buatan adalah bola lampu. Bohlam atau lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filament yang kemudian memanans dan menghasilkan faton, kaca yang menyelubungi filament panas tersebut menghalangi oksigen di udara sehingga filament tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi.
(wikipedia.id.org/bola_lampu.htm)

Kelebihan bola lampu adalah dapat dihasilkannya bola lampu dalam berbagai macam ukura besar voltase, namun karena jumlah listrik yang diperlukan bola lampu untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar

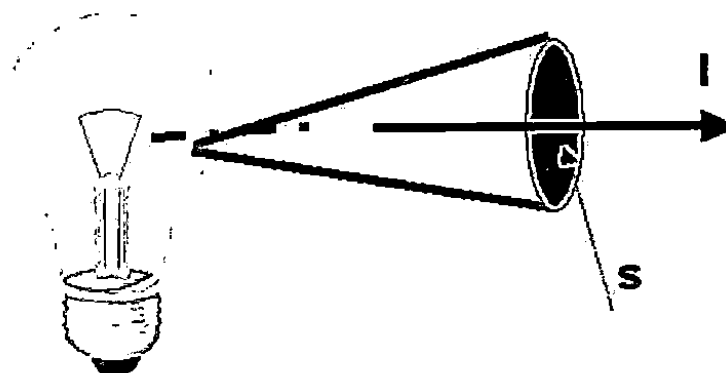
dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya, maka secara bertahap bola lampu mulai digantikan lampu neon, LED, dan lain-lain. Bola lampu diperkenalkan pertama kalinya oleh Thomas Alva Edison pada 31 Desember 1879. (wikipedia.id.org/bola_lampu.htm)

E.3 Intensitas cahaya

a. Definisi dari intensitas cahaya

Intensitas cahaya adalah konsep dari konsentrasi lampu pada arah tertentu setiap detiknya. Hal ini dilambangkan dengan symbol I . Satuannya adalah candela (cd). intensitas cahaya suatu sumber cahaya yang memancarkan radiasi monokromatik pada frekuensi 540×10^{12} hertz dengan intensitas radiasi sebesar $1/683$ watt per steradian dalam arah tersebut.

Intensitas cahaya kemudian dapat didefinisikan sebagai pengarah cahaya pada arah tertentu yang dihitung per satuan sudut tertentu. (*CGPM ke-16, 1979*).



Gambar 2.20 Sudut Intensitas cahaya lampu

Secara umum sebuah sumber lampu cahayanya tidak akan berpendar secara merata ke semua arah. Tetapi bilamana kita membayangkannya sebagai sebuah kerucut yang runcing dengan satu titik cahaya, maka pancaran cahayanya baru dapat tersebar secara merata. Dimana konsentrasi cahaya pada kerucut tersebut ada samadengan perpendaran cahaya pada kerucut dibagi dengan permukaan kerucut yang digambarkan sebagai ruang sudut pada kerucut tersebut. Hasilnya disebut sebagai intensitas cahaya (I), yang diukur dalam satuan candela dalam lingkup bidang kerucut.

([www.lighting.philips.co.id/philips lighting indonesia](http://www.lighting.philips.co.id/philips_lighting_indonesia))

E.4 Penghitungan cahaya

Dalam penghitungan cahaya dapat melibatkan berbagai besaran yang masing-masing saling berhubungan, berbagai besaran tersebut merupakan bagian-bagian dari komponen-komponen cahaya, diantaranya adalah :

a. Flux Luminan (*Flux Cahaya*)

Flux luminan adalah banyaknya energi yang di emisikan perdetik pada segala arah, satuan yang digunakan adalah lumen (lm). Satu lumen adalah satu luminan flux pada titik yang seragam pada sebuah sumber cahaya yang memiliki intensitas luminan 1 candela dan terdiri dari satu satuan ruang

b. Intensitas Luminan / Cahaya

Intensitas Luminan adalah kemampuan untuk mengemisi cahaya pada segala arah atau flux luminasi yang di radiasikan oleh sebuah sumber cahaya suatu arah dalam suatu lingkup sudut.

c. Iluminasi / Intensitas Penerangan

Iluminasi adalah penentuan jumlah cahaya yang menyinari suatu permukaan sebuah iluminasi pada SI, maupun pengukuran Eropa dalam Lux, sedangkan untuk pengukuran Amerika adalah Footcandle (FC). Satu lux adalah iluminasi pada 1 m^2 pada suatu permukaan yang seragam yang tersinari oleh 1 lumen dari flux luminan.

d. Luminasi

Luminasi adalah intensitas luminan yang teremisi dari sebuah permukaan sebesar 1 cm^2 atau 1 m^2 dari sumber cahaya. Nilai luminasi menunjukkan hasil yang sangat tinggi pada sumber cahaya yang terpancar langsung, dan tampak menyilaukan seperti sinar matahari langsung maupun lampu pijar yang terang untuk menyinari bidang yang luas. Berikut ini perbedaan perbandingan penghitungan dan pengkonfersian satuan.

Intensitas luminan = Candela = Cadela Power (cd).

Flux Luminan = Lumen (lm)

1 Footcandle (FC) = 1 m/foot² = 10,76 lm/m² = 10,76 lux

1 lm = 1/683 Watt pada 555 nm.

(Ryer, 1997).

Tabel 2.1 Tingkatan nilai Iluminasi dan luminasi

Outdoor	Illuminance (lux)	Luminance (cd m⁻²)
<i>Bright sun</i>	50K – 100K	3K – 6K
<i>Hazy day</i>	25K– 50K	1.5K – 3K
<i>Cloudy bright</i>	10K – 25K	600 – 1.5K
<i>Cloudy dull</i>	2K– 10K	120 – 600
<i>Very dull</i>	100 – 2K	6 – 120
<i>Sunset</i>	1 – 100	0.06 – 6
<i>Full moon</i>	0.01 – 0.1	0.0006 – 0.006
<i>Starlight</i>	0.001 – 0.001	0.000006 – 0.00006
Indood	Illuminance (lux)	Luminance (cd m⁻²)
<i>Operating teatre</i>	5K– 10K	300 – 600
<i>Shop windows</i>	1K– 5K	60 – 300
<i>Drawing office</i>	300 – 500	18 – 30
<i>Office</i>	200 - 300	12 – 18
<i>Living rooms</i>	50 - 200	3 – 12
<i>Corridors</i>	50 - 100	3 – 6
<i>Good street light</i>	20	1.2
<i>Poor street lighting</i>	0.1	.006