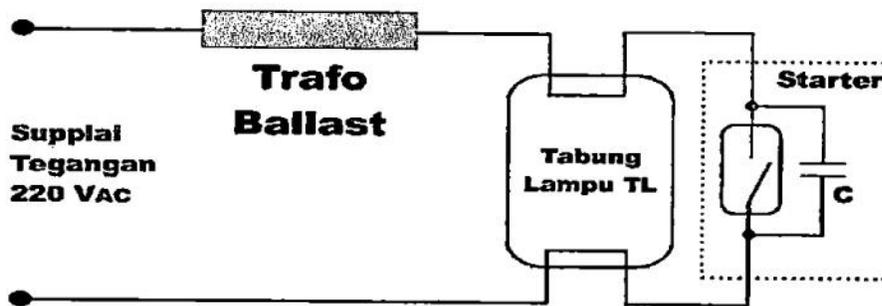


BAB II

STUDI AWAL

2.1 Karya Karya Sejenis

2.1.1 Lampu *fluorescent* (TL)



Gambar 2.1 Blok diagram lampu TL standar

Operasi lampu TL standar hanya membutuhkan komponen yang sangat sedikit yaitu : *Ballast* (berupa induktor), *starter*, dan sebuah kapasitor (pada umumnya tidak digunakan) dan sebuah tabung lampu TL. Konstruksi ini dapat dilihat pada gambar 2.1. 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 memendarkan lapisan *fluorescent* pada lapisan tabung lampu TL. *Starter* merupakan komponen penting pada sistem lampu TL ini karena starter akan menghasilkan suatu pulsa *trigger* agar *ballast* dapat menghasilkan *spike* tegangan tinggi. *Starter* merupakan komponen bimetal yang dibangun di dalam sebuah tabung *vacuum* yang biasanya diisi oleh gas neon.

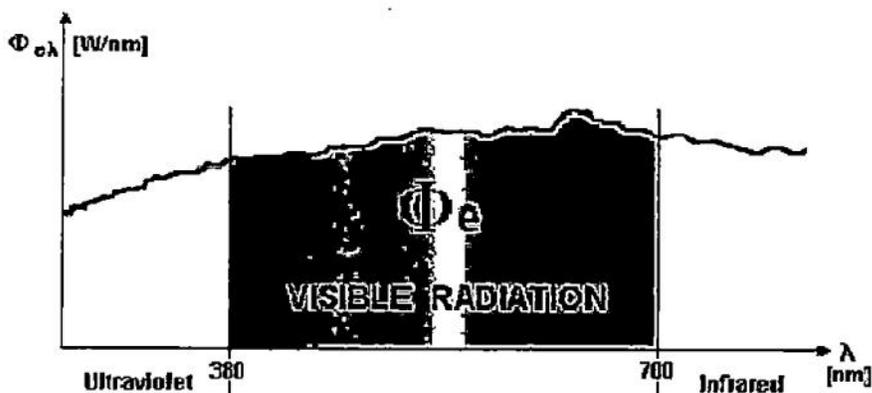
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Teori dasar mengenai cahaya

Cahaya merupakan satu bagian dari berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainya dalam spektrum elektromagnetisnya. Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

- Pijar padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan hingga suhu 1000K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- Muatan listrik : Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik elemen yang ada.
- *Electro Luminescence* : Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- *Photoluminescence* : 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 disebut *fluorescence* atau *photophorescence*.

Cahaya nampak, seperti yang dapat dilihat pada spektrum elektromagnetik, diberikan pada Gambar 2.2, menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya *ultraviolet* (UV) dan energi inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak.



Gambar 2.2 Radiasi yang Tampak

(Biro Efisiensi Energi, 2005)

2.2.2 Definisi dan Istilah yang Umum Digunakan

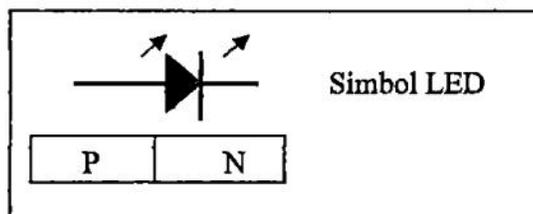
Dalam perancangan sistem pencahayaan dikenal berbagai istilah. Adapun istilah yang sering digunakan adalah:

1. Arus cahaya (*luminous flux* : bersatuan lumen) adalah banyaknya cahaya yang dipancarkan ke segala arah oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu.
2. Intensitas sumber cahaya (*luminous intensity* : bersatuan candela) adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya ke arah tertentu.

3. Iluminan (*illuminance* : bersatuan lux atau lumen/m²) adalah besarnya arus cahaya yang datang pada satu unit bidang.
4. Luminan (*luminance* : bersatuan cd/ m²) adalah intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan, atau diteruskan oleh satu unit bidang.
5. Armatur adalah rumah lampu yang berfungsi untuk mengarahkan cahaya, melindungi lampu, dan menempatkan komponen listrik.
6. Renderansi warna adalah efek lampu terhadap warna objek.
7. *Correlated color temperatur* (CCT) adalah warna cahaya lampu yang bukan merupakan indikasi efek terhadap warna benda tetapi indikasi efek suasana.

2.2.3 LED (*Light Emmiting Dioda*)

LED adalah suatu sambungan P-N yang memancarkan cahaya apabila diberi tegangan maju, LED dikenal sebagai sumber cahaya keadaan padat (*solid-state* = SSI).



Gambar 2.3 Simbol dan Sambungan LED

Semikonduktor type N memiliki sejumlah elektron bebas, apabila semikonduktor type P disambungkan akan membentuk suatu penghalang tenaga.

Baik lubang bebas atau elektron bebas tidak memiliki cukup tenaga untuk melewati penghalang dan berekombinasi, sehingga jika diberi tegangan maju, maka lubang-lubang pada sisi P akan didorong untuk bergerak dan melewati sambungan menuju sisi N, sedangkan elektron-elektron pita konduksi di sisi N akan didorong untuk bergerak ke sisi P melewati sambungan. Dalam keadaan demikian di sekitar daerah sambungan terdapat pembawa muatan (baik elektron maupun lubang) yang sangat banyak. Sebagian dari pembawa muatan melakukan penggabungan kembali (rekombinasi) dan menghasilkan tenaga optis dalam bentuk foton (cahaya) yang nampak berpendar.

Besar tenaga foton(W) yang dihasilkan adalah :

$$W = h.f$$

Keterangan: h = Konstanta plank = $6,626 \times 10^{-34}$ joule detik

F = frekuensi yang dipancarkan

Sehingga panjang gelombang (λ) yang dipancarkan LED adalah :

$$\lambda = \frac{h.c}{W}$$

Keterangan : c = kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s.

Konstruksi LED dengan bahan campuran yang berbeda akan berpengaruh pada tenaga celah bidang, sehingga panjang gelombang LED berbeda sesuai dengan bahan campuran yang di gunakan.

Bahan	$\lambda(\mu\text{m})$	Energi Gap (eV)
GaAs	0,9	1,4
AlGaAs	0,8 – 0,9	1,4 – 1,55
InGaAs	1,0 – 1,3	0,95 – 1,24
InGaASP	0,9 – 1,7	0,73 – 1,33

Table 2.1 Macam-macam bahan LED

LED pada dasarnya adalah monokromatik, pancaran cahaya warna murni pada batas frekuensi yang sangat sempit. Cahaya warna yang dipancarkan dari LED dengan panjang gelombang puncak (λ_{pk}) dan diukur dengan nanometer (nm). Panjang gelombang puncak adalah fungsi dari keping bahan LED. Meskipun bervariasi, bagian spektrum panjang gelombang adalah tingkatan dengan sensitivitas yang tinggi dari mata manusia, sehingga mata manusia lebih mudah mengenali warna cahaya yang di pancarkan LED.

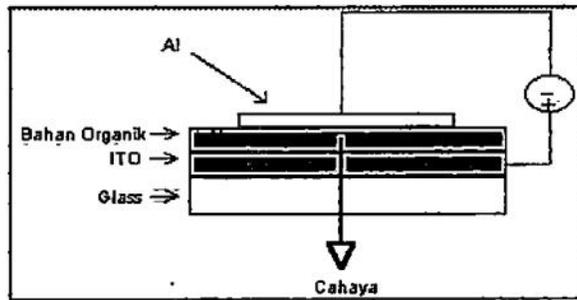
LED sangat handal dan awet bila dioperasikan dalam batas daya, tegangan, arus, dan suhu yang ditentukan oleh pabrik pembuat. Keluaran cahaya LED berbeda-beda tergantung dari *type chip*, *encapsulasi*, *effisiensi* dari bagian wafer dan variasi lainnya. Beberapa perusahaan membuat LED dengan ketentuan-ketentuan seperti “*superbright*” dan “*ultrabright*” dalam menentukan intensitas cahaya pada LED

Intensitas cahaya LED dapat diukur dengan satuan *milicandela* (mcd), adalah sebanding dengan banyaknya arus yang mengalir (I_f), jika arusnya besar maka intensitas cahaya LED akan tinggi. LED umumnya didesain dengan standar

optimal penggunaan arus maupun tegangannya, sehingga LED tidak menimbulkan panas dan dapat tahan lama (<http://www.theledight.com/technical1.html>).

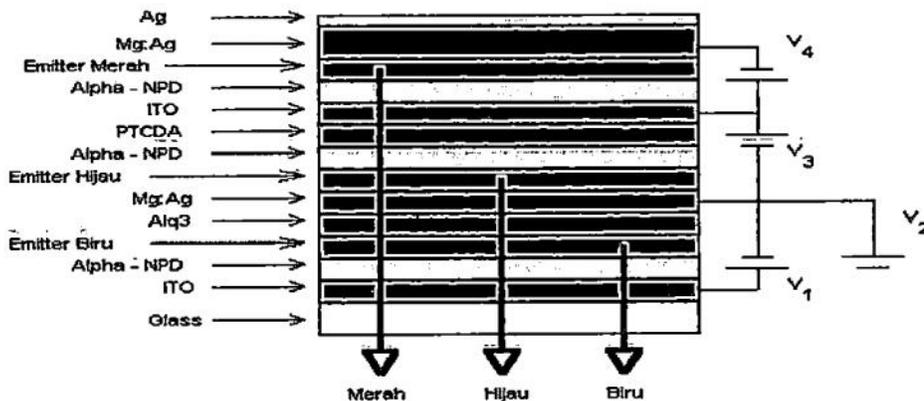
Teknologi LED (*Light Emitting Dioda*) terus berkembang dan merupakan piranti yang penting dalam teknologi *electroluminescent* seperti untuk aplikasi teknologi *display*, sensor dan lain-lain. Teknologi *electroluminescent* didasarkan pada konsep pancaran cahaya yang dihasilkan oleh suatu piranti sebagai akibat dari adanya medan listrik yang diberikan kepadanya.

Perkembangan selanjutnya piranti LED telah dibuat dengan desain menggunakan bahan organik yang disebut OLED (*Organic Light Emitting Device*). Sebagai contoh, para peneliti perusahaan Kodak telah dapat mendesain OLED yang dapat menghasilkan pancaran cahaya dengan umur 6.000 jam secara terus menerus, sementara itu para peneliti di *universitas of California at santa Barbara, USA* telah memperoleh kemajuan dengan desain piranti OLED yang dapat menghasilkan cahaya dengan umur 10.000 jam. Baru-baru ini para peneliti di *Cambridge Display Technologi Ltd., Inggris* telah dapat mendesain OLED yang berumur 12.000 jam. Jika dalam teknologi sebelumnya desain OLED hanya mengeluarkan satu warna cahaya dalam satu piranti, perkembangan selanjutnya piranti OLED didesain dengan mengeluarkan cahaya dengan dua atau lebih warna dalam satu piranti (Haryadi, 1998).



Gambar 2.4 Struktur piranti OLED satu warna

Sekarang ini telah dimungkinkan membuat piranti OLED yang dapat menghasilkan tiga pancaran cahaya dengan warna hijau, biru dan merah dalam satu piranti. Struktur dari piranti lebih kompleks, seperti pada gambar 2.5. Proses pancaran warna yang dihasilkan tersebut pada prinsipnya sama. Dengan kombinasi berbagai bahan akan memungkinkan terjadinya proses rekombinasi yang kompleks didalam variasi bahan yang dipergunakan tersebut. Struktur tersebut dimungkinkan untuk mendapatkan pancaraan cahaya dengan masing-masing warna dan dapat diperoleh cahaya sebagai hasil dari kombinasi ketiga warna yang berbeda (Haryadi, 1998).



Gambar 2.5 Struktur piranti OLED multi warna.

2.2.4 Komponen Pendukung

Desain LED sebagai pengganti lampu *fluorescent* memerlukan komponen pendukung :

2.2.4.1 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang mempunyai sifat hambatan dengan satuan ohm. Dilihat dari sifatnya, resistor dapat berfungsi sebagai berikut :

- a) Mengatur arus sesuai dengan kebutuhan.
- b) Mengatur tegangan sesuai dengan kebutuhan.
- c) Membagi tegangan sesuai dengan kebutuhan.
- d) Membagi kuat arus sesuai dengan kebutuhan.

Berdasarkan bahan pembuat resistor, ada dua macam yaitu resistor yang terbuat dari bahan karbon (arang) dan resistor yang terbuat dari bahan nikelin. Ada dua cara untuk mengetahui besarnya tahanan yang terdapat dalam sebuah resistor, yaitu berdasarkan pada kode warna serta berdasarkan pada kode angka dan huruf.

Berdasarkan hukum ohm , jika pada sebuah resistor mempunyai nilai hambatan R ohm dilalui arus besarnya I ampere, maka pada resistor ini akan hilang tegangan sebesar:

$$E = I \times R \text{ Volt sehingga } I = \frac{E}{R} \text{ Ampere dan } R = \frac{E}{I} \text{ ohm } P = V \times I$$

Dimana :

E = Tegangan dalam V (Volt)

I = Arus dalam A (Ampere)

R = hambatan dalam Ω (Ohm)

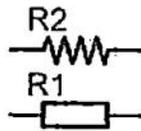
P = daya dalam W (Watt)

Pada resistor terdapat gelang-gelang atau pita sebanyak empat. Untuk resistor yang dipasang paralel, maka reistansi totalnya (R total) dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Sedangkan untuk resistor yang dipasang seri rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$



Gambar 2.6 Bentuk dan lambang resistor

Warna Cincin	Cincin I	Cincin II	Cincin III	Cincin IV Pengali	Cincin V Toleransi
Hitam	0	0	0	x 1	
Coklat	1	1	1	x 10 ¹	± 1 %
Merah	2	2	2	x 10 ²	± 2 %
Jingga	3	3	3	x 10 ³	
Kuning	4	4	4	x 10 ⁴	
Hijau	5	5	5	x 10 ⁵	
Biru	6	6	6	x 10 ⁶	
Biru tua	7	7	7	x 10 ⁷	
Abu-abu	8	8	8	x 10 ⁸	
Putih	9	9	9	x 10 ⁹	
Emas				x 0,1	± 5 %
Perak				x 0,01	± 10 %
Tanpa warna					± 20 %

Tabel 2.2 Kode Warna Pada Resistor

Cara mengkode resistor tersebut adalah sebagai berikut. Contoh :

- ✓ 560R artinya mempunyai nilai hambatan 560Ω (ohm).
- ✓ 2K7 artinya resistor mempunyai nilai hambatan $2,7 \text{ K}\Omega = 2700\Omega$.
- ✓ 39 K artinya resistor mempunyai nilai hambatan $39 \text{ K}\Omega$.
- ✓ 1M artinya resistor mempunyai nilai hambatan $1,0 \text{ M}\Omega$.

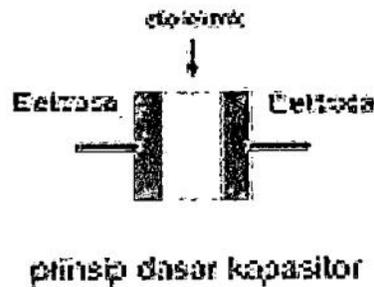
Contoh:

- ✓ Merah, ungu, emas: mempunyai nilai $27 \times 0,1 = 2,7\Omega$.
- ✓ Hijau, biru, perak: mempunyai nilai $56 \times 0,01 = 0,56\Omega$.
- ✓ Hijau, biru, perak, perak: mempunyai nilai 0,56 dengan toleransi 10%, 10% dari $0,56\Omega = 0,056\Omega$.

2.2.4.2 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari dua buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung katub negatif, sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung katub positif karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung

kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.



Gambar 2.7 Struktur kapasitor.

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = 2.25×10^8 elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 Farad jika dengan tegangan 1 V dapat membuat muatan elektron sebanyak 1 coulomb. Dengan rumus dapat ditulis :

$$Q = C.V$$

Dimana :

Q = Muatan elektron dalam C (coulomb)

C = Nilai kapasitansi dalam F (farad)

V = Besarnya tegangan dalam V (volt)

Dalam praktek pembuatan kapasitor, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas area plat metal (A), jarak (t) antara kedua plat metal (tebal dielektrik) dan konstanta. Dengan rumus dapat ditulis sebagai berikut:

$$C = (8.85 \times 10^{-12}) (k A/t).$$

Berikut ini tabel contoh konstanta (k) dari beberapa bahan dielektrik yang disederhanakan.

Udara vakum	K = 1
Aluminium oksida	K = 8
Keramik	K = 100-1000
Gelas	K = 8
polyethelyne	K = 3

Tabel 2.3 Tabel Kapasitor dari tiap-tiap Dielektrik.

Untuk merangkai elektronik praktis, satuan farad adalah sangat besar sekali. Umumnya kapasitor yang ada di pasaran memiliki satuan μF (10^{-6} F), nF (10^{-9} F) dan pF (10^{-12} F). Konversi satuan penting diketahui untuk memudahkan membaca besaran sebuah kapasitor. Misalnya $0.047 \mu\text{F}$ dapat juga dibaca 47nF, atau contoh lain 0.1 nF sama dengan 100pF.

2.2.4.3 Reflektor

Reflektor adalah alat yang memantulkan cahaya, suara atau radiasi elektromagnetik. Reflektor yang memantulkan cahaya disebut pula mata kucing.

Sebuah reflektor yang memantulkan cahaya terdiri dari beberapa benda mirip cermin yang ditata menurut beberapa sudut tertentu.

Pada perancangan lampu led ini yang berfungsi sebagai reflektor adalah aluminium foil yang dipasang/ditempel di sekeliling lampu dengan tujuan untuk mendapatkan penerangan yang optimal.

2.3 Penerangan Dalam Ruangan

Pada saat merencanakan penerangan dalam ruangan yang harus diperhatikan pertama kali adalah kuat penerangan, warna cahaya yang diperlukan, dan arah pencahayaan sumber penerangan. Kuat penerangan adalah pernyataan kuantitatif untuk arus cahaya yang menimpa atau sampai pada permukaan bidang. Kuat penerangan disebut pula tingkat penerangan atau intensitas penerangan, merupakan perbandingan antara intensitas cahaya (I) dengan luas permukaan (A) yang mendapat penerangan.

$$E = \frac{I}{A} \text{ Lux}$$

Kuat penerangan ruangan dikategorikan menjadi 6, yaitu :

1. Penerangan ekstra rendah, dibawah 50 lx.
2. Penerangan rendah, dibawah 150 lx.
3. Penerangan sedang, 150 sampai 200 lx.
4. Penerangan tinggi :
 - a) Penerangan tinggi I, 200 lx.
 - b) Penerangan tinggi II, 300 lx.
 - c) Penerangan tinggi III, 450 lx.

5. Penerangan sangat tinggi, 700 lx.
6. Penerangan ekstra tinggi, diatas 700 lx.

Pancaran cahaya perlu mendapat perhatian pada perencanaan penerangan disamping warna yang dihasilkan sumber cahaya.

Untuk menentukan kebutuhan daya maupun jumlah lampu di dalam ruangan , yang perlu ditentukan kuat penerangan yang diperlukan. ESI (*Equal Sphere Illumination*) membuat standar kuat penerangan pada berbagai ruangan [Muhaimin,2001].

Jumlah sumber penerangan yang diperlukan (n) pada suatu ruangan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$n = \frac{1,25.E.A}{\theta.Kp}$$

dengan : θ = arus cahaya tiap lampu (lumen)

A = luas bidang yang diterangi (m²)

E = kuat penerangan (Lux)

Kp = Koefisien pemakaian

n = banyak lampu

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian spesifikasi LED terdahulu sebagai alternatif penghemat energi telah diteliti oleh *BC hydro, California*. Kelebihan yang ditemukan dari penelitian tersebut adalah bahwa LED menghasilkan energi 90% lebih rendah dari lampu pijar biasa, tahan lama sekitar 7-10 tahun, LED memproduksi warna langsung tanpa *filter* dan cahaya yang dihasilkan lebih tajam, konstruksi LED adalah bahan

padat dan keras sehingga rentan kerusakan mekanik. Disamping kelebihan yang dimiliki, LED juga mempunyai kekurangan yaitu harga lampu LED lebih mahal dari harga lampu pijar dan sistem pembuatan module lebih rumit dibanding sistem module dengan lampu pijar biasa.

(<http://www.bchydro.com/business/implement/implement742.html>).

Produk dari *BC hydro* sudah banyak digunakan sebagai *access toll*, *warning light*, sinyal pedestrian, dan lainnya. Misal: Jembatan Verrazzano di kota New York, dipasang sebagai akses jembatan dan pojok toll. Di Washington sebagai *access control* pintu pengaman gedung militer. Di Singapura dan Miami, cahaya LED digunakan sebagai sinyal indikator kereta api.

(<http://www.bchydro.com/business/success/story4287.html>).

Penelitian yang dilakukan ENERLEDS terhadap penggunaan LED memaparkan beberapa keuntungan, antara lain: hemat biaya pemeliharaan, menurunkan polusi lingkungan, menghemat anggaran, dan meningkatkan keamanan publik.

OSRAM juga memaparkan dari segi keuntungan penggunaan module LED. Keuntungan yang dipaparkan adalah daya yang dikonsumsi LED sangat kecil, waktu hidup sangat panjang, biaya pemeliharaan minim, tingkat keamanan tinggi sehingga kinerja lebih baik, dan sifat module yang fleksibel

(<http://www.osram-os.com/application/n-module.html>).