



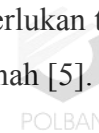
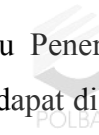
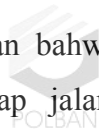
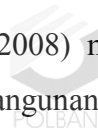
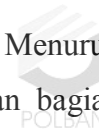
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI



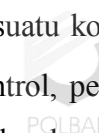
#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut SNI (2008) menjelaskan bahwa Lampu Penerangan Jalan merupakan bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan atau dipasang di kiri atau kanan jalan atau di tengah (di bagian median jalan) yang dapat digunakan untuk menerangi jalan pada saat kondisi malam hari di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan dan jalan di bawah tanah [5].



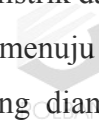
#### 2.2 Panel PHB-TR

Menurut buku PLN 4 (2010) PHB-TR merupakan suatu kombinasi dari satu atau lebih Perlengkapan PHB-TR dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Keseluruhannya dirakit lengkap dengan sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya [4].



##### 2.2.1 Fungsi PHB TR

Fungsi atau kegunaan PHB TR merupakan sebagai penghubung dan pembagi atau sebagai pendistribusian tenaga listrik dari out put trafo sisi tegangan rendah ke Rel pembagi dan diteruskan menuju Jaringan Tegangan Rendah melalui kabel jurusan (*Opstyg Cable*) yang diamankan oleh NH Fuse pada jurusan masing-masing. Untuk kepentingan efisiensi dan penekanan susut jaringan (*loses*) saat ini banyak unit PLN untuk melepas atau tidak memfungsikan



rangkaian pengukuran maupun rangkaian kontrolnya, hal ini tentu dimaksudkan agar tidak banyak lagi energi listrik yang mengalir ke alat ukur maupun kontrol yang dapat terbuang untuk keperluan kontrol dan pengukuran itu sendiri secara terus menerus, sedangkan untuk mengetahui besarnya beban ataupun tegangan, dilakukan pengukuran pada saat di perlukan saja dan bisa menggunakan peralatan ukur portable seperti AVO atau Tang Ampere saja (Kurniawan, 2015) [6].

### 2.2.2 Konstruksi PHB-TR

Menurut buku PLN 1 (2010) Dalam pemasangannya PHB-TR mempunyai konstruksi diantaranya :

1. Perangkat Hubung Bagi untuk tegangan rendah adalah jenis phb yang terbuat dari metal clad sehingga tahan terhadap air hujan dan juga debu.
2. PHB TR harus dipasang minimal 1,2 meter diatas permukaan tanah.
3. Jurusan keluaran jaringan tegangan rendah maksimal 4 jurusan dengan pengaman lebur jenis HRC (NH, NT Fuse).
4. Indeks IP minimal 44.

Berdasarkan buku PLN 4 (2010) menyatakan spesifikasi teknis PHB TR pada tabel berikut :

Tabel II.1 Spesifikasi Teknis PHB TR

No.	Uraian	Spesifikasi
1.	Arus pengenal saklar pemisah	Sekurang-kurangnya 115 % $I_N$ transformator distribusi
2.	KHA rel PHB	Sekurang-kurangnya 125 % arus pengenal saklar pemisah
3.	Arus pengenal pengaman lebur	Tidak melebihi KHA penghantar sirkit keluar
4.	Short breaking current (Rms)	Fungsi dari kapasitas Transformator dan tegangan impendasinya
5.	Short making current (peak)	Tidak melebihi 2,5 x <i>short breaking current</i>
6.	Impulse voltage	20 kV
7.	Indeks proteksi – IP (International Protection) untuk PHB pasangan luar	Disesuaikan dengan kebutuhan, namun sekurang-kurangnya IP-45

$I_N$  = I nominal sisi sekunder transformator



## 2.3 Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Menurut buku PLN 1 (2010) Saluran kabel tegangan rendah merupakan penyaluran energi listrik dari sumber tenaga listrik menuju konsumen melalui kabel yang ditanam di dalam tanah [1].

Pada buku PLN 1 (2010) Saluran Kabel tanah Tegangan Rendah (SKTR) diantaranya tidak banyak digunakan sebagai jaringan distribusi Tegangan Rendah, kecuali hanya dipakai dalam hal :

1. Pada lintasan yang tidak dapat memakai saluran udara seperti jalan raya di perkotaan
2. Pada daerah-daerah eksklusif atas dasar permintaan, seperti perumahan *real estate* dan daerah komersil khusus.

### 2.3.1 Jenis Kabel Tanah

Penggunaan kabel tanah itu harus disesuaikan dengan jenis penggunaan utamanya. Untuk kabel tanah melalui jaringan distribusi tegangan rendah dipakai kabel dengan pelindung baja, contohnya kabel NYFGbY.

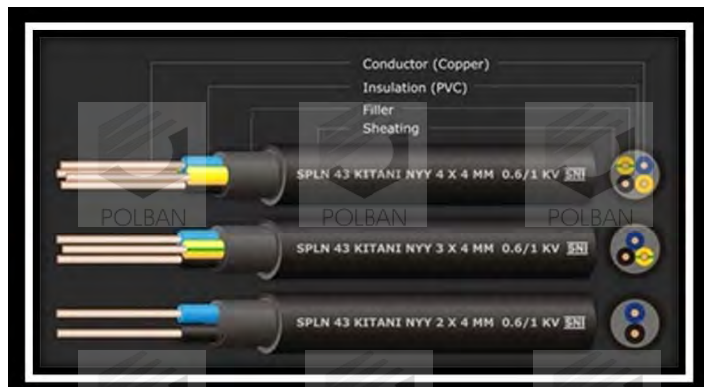
Pemakaian kabel tanah tanpa pelindung baja diperbolehkan namun harus dilindungi secara mekanis contohnya kabel NYY.

Menurut buku PLN 1 (2010) luas penampang dari penghantar kabel tanah untuk Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Rendah (STLTR) adalah sekurang-kurangnya 10 mm<sup>2</sup>, dan seminimal mungkin tidak untuk menyebrang ke jalan raya [1].

### 2.3.2 Kabel NYY

Menurut buku PLN 1 (2010) kabel NYY merupakan kabel *outdoor* dan juga kabel tanam langsung yang tahan terhadap air, gigitan tikus dan

kerusakan fisik lainnya. Kabel ini mempunyai isolasi plastik yang kuat berwarna hitam, berinti satu dan *multi core*. Kabel NYY dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

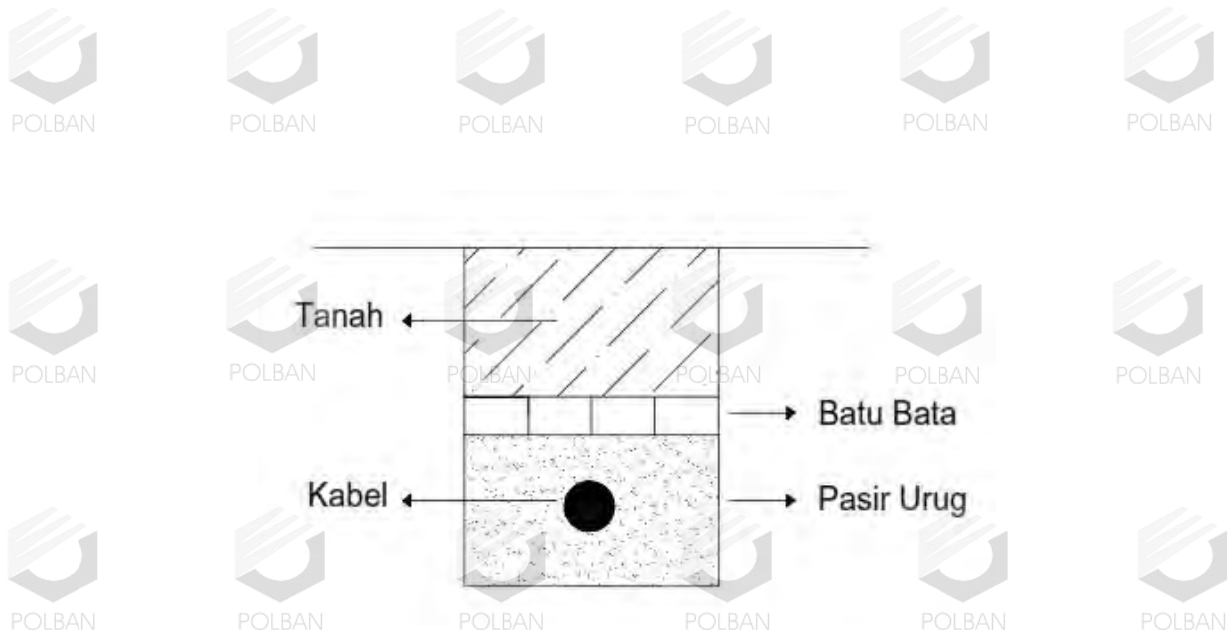


Gambar II.1 konstruksi kabel NYY

Pada gambar II.1 terdapat kabel tegangan rendah dengan maksimum 1000 volt AC. Jenis kabel NYY dengan konstruksi kabel selubung luar *Polyvinyl chloride* (PVC) selubung dalam PVC dan isolasi kawat PVC, dengan jenis penghantar tembaga [3].

### 2.3.3 Konstruksi Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Untuk mendapatkan kemampuan hantar arus sesuai spesifikasi pada kabel ditanam sedalam 60 cm berlaku untuk jenis tanah yang tidak dilewati oleh kendaraan dan di selimuti pasir urug/halus setebal minimum 5 cm pada permukaan kabel (PT PLN Persero, 2010) [1]. Selanjutnya bagian atas pasir diberi pelindung mekanis untuk keamanan, terbuat dari kerikil atau batu bata. Untuk di permukaan tanahnya harus dipasang patok sebagai tanda adanya pergelaran kabel di dalam tanah. Berikut gambar konstruksi kabel tanah tanam langsung dapat dilihat pada gambar II.2 [1].



Gambar II.2 Kabel Tanah Tanam Langsung

## 2.4 KHA Kabel Listrik

Kabel listrik merupakan media untuk menyalurkan tegangan atau energi listrik. Sebuah kabel listrik meliputi isolator dan konduktor. Isolator disini sebagai bahan untuk pembungkus kabel tanah yang biasanya terbuat dari bahan thermoplastic, sedangkan untuk konduktornya terbuat dari bahan tembaga atau aluminium.

Kemampuan penghantar untuk kabel listrik ditentukan oleh KHA yang dimilikinya, karena yang didapat dari hantaran listrik ditentukan dalam satuan ampere. Untuk penghantar arus listrik ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel listrik.

Menurut ketentuan mengenai KHA kabel yang diatur dalam PUIL 2011 untuk tegangan listrik dinyatakan dalam satuan volt, besar daya yang diperoleh dinyatakan dalam satuan watt, yang merupakan perkalian dari ampere x volt = watt. Untuk menghitung kuat arus listrik yang melalui kabel, perlu dibedakan antara instalasi untuk satu fasa dan tiga fasa.

## 1) Instalasi Satu Fasa

Rumus yang digunakan untuk menghitung KHA untuk instalasi satu fasa adalah :

$$I = \frac{P}{V_f \times \cos \varphi} \quad \text{..... (II.1)}$$

Jika beban diketahui S (VA) maka persamaannya menjadi :

$$I = \frac{S}{V_f} \quad \text{..... (II.2)}$$

## 2) Instalasi Tiga Fasa

Rumus yang digunakan untuk menghitung KHA untuk instalasi tiga fasa adalah :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_l \times \cos \varphi} \quad \text{..... (II.3)}$$

Jika beban yang diketahui S (VA) maka persamaannya menjadi :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_l} \quad \text{..... (II.4)}$$

Dengan :

I = Kuat arus listrik maksimum yang boleh dilewatkan (ampere)

P = Daya beban terpasang (watt)

$V_f$  = Tegangan fasa terpasang (volt)

$V_l$  = Tegangan fasa terpasang (volt)

$\cos \varphi$  = Faktor daya



Tabel II.2 KHA yang diizinkan untuk Kabel instalasi

Tabel 7.3-5a KHA terus menerus untuk kabel tanah inti tunggal, berkonduktio tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem a.s, dengan voltase kerja maksimum 1,8 kV; serta untuk kabel tanah 2-inti, 3-inti dan 4-inti berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC yang dipadang pada sistem a.b, trifase dengan voltase pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu ambien 30<sup>0</sup> C.

Jenis kabel	Luas penampang mm <sup>2</sup>	KHA terus menerus					
		Inti tunggal		2-Inti		3-Inti dan 4-Inti	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
1	2	A	A	A	A	A	A
	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	34	25
	4	70	46	54	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
NYBY	10	122	79	91	66	75	60
NYFGbY	16	160	105	121	89	98	80
NYRGbY	25	206	140	153	118	128	106
NYCY	35	249	174	187	145	157	131
NYCWY	50	296	212	222	176	185	159
NYSY	70	365	269	272	224	228	202
NYCEY	95	438	331	328	271	275	244
NYSEY	120	499	386	375	314	313	262
NYHSY							
NYKY							
NYKbY	150	561	442	419	361	353	324
NYKFGbY	185	637	511	475	412	399	371
NYKRGbY	240	743	612	550	484	464	435
	300	843	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

**CATATAN** KHA terus menerus untuk kabel tanah ini dihitung berdasarkan kondisi tersebut yaitu 7.3.4.2. dan 7.3.4.4.

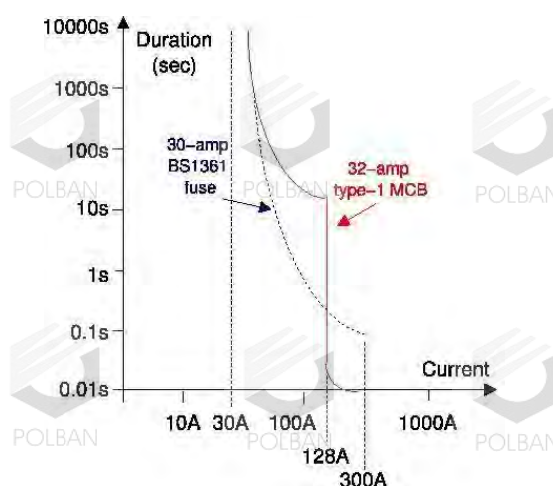
Pada tabel diatas berdasarkan PUIL 2011 untuk KHA kabel.



## 2.5 NH - Fuse

Menurut buku PLN 1 (2010) NH Fuse adalah komponen pengamanan yang berfungsi sebagai pengamanan arus lebih dan hubung singkat. Sebenarnya NH Fuse memiliki fungsi yang sama dengan fuse lainnya, yang membedakan hanya pada kapasitasnya, NH Fuse dapat digunakan untuk tegangan menengah atau untuk pengamanan arus yang besar. NH Fuse sering digunakan sebagai pengamanan untuk trafo pada tiang listrik tegangan menengah [1].

Menurut buku PLN 1 (2010) didalam NH Fuse terdapat kawat lebur yang berfungsi sebagai penghantar arus dan juga sebagai pengamanan dari beban lebih dan hubung singkat. Apabila terjadi arus lebih atau hubung singkat, kawat lebur tersebut akan mengalami kenaikan suhu dan akan melebur (putus), sehingga arus listrik yang melalui NH Fuse akan terputus. Apabila kawat lebur sudah terputus maka fuse sudah tidak berfungsi dan harus diganti. Pada penggunaannya NH Fuse dipasang pada dudukan atau yang biasa disebut dengan Holder. Dibawah ini berikut karakteristik pengamanan NH-Fuse [1].



Gambar II.3 Karakteristik NH-Fuse





### 2.5.1 Box Control



Box control merupakan suatu tempat kendali instalasi peralatan listrik dimana didalamnya terdapat beberapa komponen yang digunakan untuk mengoperasikan suatu peralatan listrik. Berikut beberapa komponen yang biasanya terdapat pada box control untuk instalasi lampu penerangan jalan.



### 2.5.2 Komponen Pada Box Kontrol

Pada komponen ini terdapat beberapa alat yang ada pada box control untuk penggunaan dalam mengoperasikan lampu penerangan jalan umum.



### 2.5.3 Timer Switch

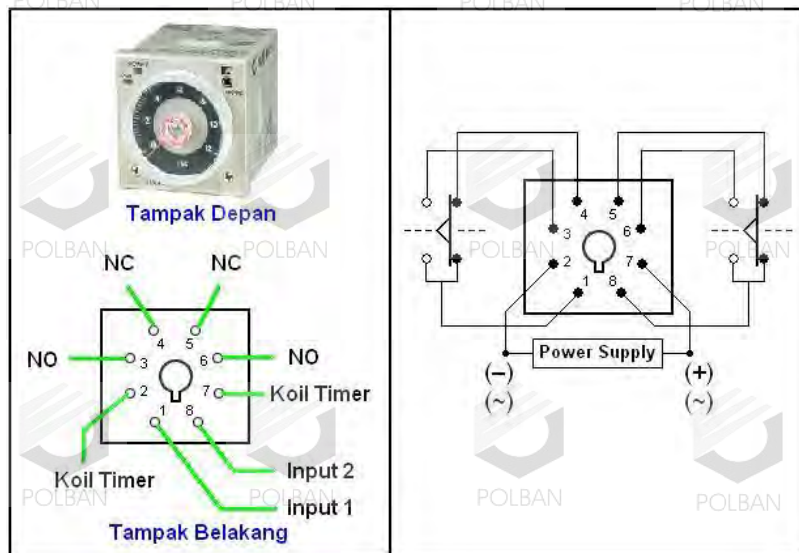
Timer merupakan saklar otomatis dengan prinsip kerja waktu yang sudah ditentukan sesuai yang diinginkan oleh kita kapan lampu itu akan menyala dan kapan lampu itu akan padam. Jika menginginkan lampu menyala jam maka set pada pukul 18.00 dan padam pada jam 05.30 maka setting waktu timer dengan menekan sirip-sirip yang berada pada kontak timer switch yang berada pada bagian dalam sehingga dapat mengoperasikan Lampu Penerangan Jalan Umum sesuai dengan pengaturan waktu yang diinginkan.



Prinsip kerja timer switch yaitu In put pada timer harus selalu di beri arus karena digunakan untuk menghidupkan timer. Untuk mengubah timer pada posisi on atau off , terdapat kontak kecil yang berada pada samping pengatur waktu harus dinaikkan dan diturunkan sesuai dengan kebutuhan waktu untuk posisi on dan off. Apabila pada posisi in put dari timer terputus maka waktu timer harus di sett ulang sesuai dengan waktu




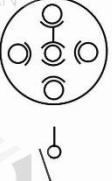
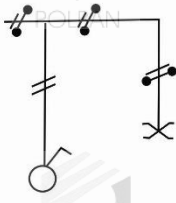
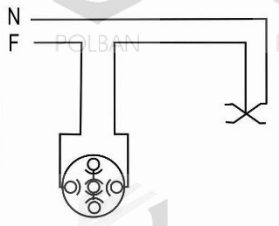
pada saat setting ulang jam harus di sesuaikan pada saat padam lampu. Untuk mengatur waktu atau jam maka harus timer harus diputar sesuai dengan arah jarum jam.



Gambar II.4 Konstruksi Timer

### 2.5.4 Saklar Tunggal

Saklar tunggal adalah suatu perangkat untuk memutuskan listrik dan digunakan untuk mengoperasikan satu lampu. Pada saklar ini terdapat dua titik kontak yang bekerja untuk menghantarkan fasa. Berikut gambar saklar tunggal dapat dilihat pada gambar II.5

Nama	Lambang (simbol)	Konstruksi	Skema instalasi	Skema hubungan Pelaksanaan
Saklar tunggal				

Gambar II.5 Saklar Tunggal

### 2.5.5 MCB 1 Fasa

MCB (Miniature Circuit Breaker) merupakan komponen dalam instalasi listrik. Komponen ini berfungsi sebagai sistem pengaman atau proteksi bila terjadi beban lebih atau hubung singkat arus listrik pada Lampu Penerangan Jalan Umum. Untuk dasar pemilihan dari rating arus MCB yang ingin kita dipakai di instalasi tentu harus disesuaikan dengan besarnya daya listrik yang terpasang dalam tiap pemakaian karena PLN sudah menetapkan besar langganan listrik sesuai rating arus dari MCB yang diproduksi untuk pasar dalam negeri.

Tabel II.3 Rating Arus MCB

I ( Ampere )	S ( Volt Ampere )
2 A	450 VA
4 A	900 VA
6 A	1300 VA
10 A	2200 VA
16 A	3300 VA



Konstruksi MCB itu sendiri ada dua tipe yaitu 1 fasa , dan 3 fasa.



MCB berfungsi sebagai pengaman terhadap gangguan hubung singkat dan beban lebih yang akan secara langsung memutuskan secara otomatis apabila melebihi dari arus nominalnya.

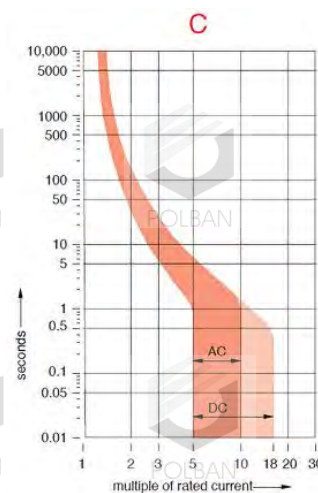
### Simbol MCB



Gambar II.6 Simbol MCB



Pada penggunaan MCB ini menggunakan kurva type C dimana jenis ini biasanya digunakan untuk kontrol dan proteksi baik di industri maupun di perumahan. Karakteristik dari jenis ini memiliki magnetic trip 5-10 x  $I_n$ , maksudnya untuk perumahan dengan besar arus lima sampai sepuluh kali arus nominal akan membuat MCB (Miniature Circuit Breaker) bekerja.

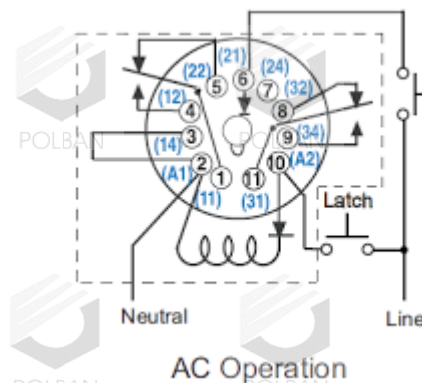


Gambar II.7 Tripping Curve MCB type C



### 2.5.6 Relay 220 Volt AC

Relay merupakan saklar yang bekerja karena adanya kontrol yang digerakkan oleh listrik. Relay terdiri dari dua bagian utama yaitu, Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal. Terbukanya penutup pada saklar relay bergantung pada coil apakah ada listrik yang melewati atau tidak, sebab coil akan berubah menjadi magnet seketika tegangan listrik yang melewatinya, sehingga tuas mekanik relay akan tertarik. Relay mampu menangani daya yang lebih besar dari daya kerjanya. Menurut arus kerjanya, relay dibagi menjadi 2 yaitu Relay AC dan Relay DC. Untuk bisa mengetahui apakah tegangan kerja yang dibutuhkan bisa melihat informasi teknis yang tertulis pada body. Relay AC bekerja pada tegangan 220 Volt, sedangkan Relay DC umumnya bekerja pada tegangan yaitu 6 Volt, 12 Volt, 24 Volt, dan 48 Volt.



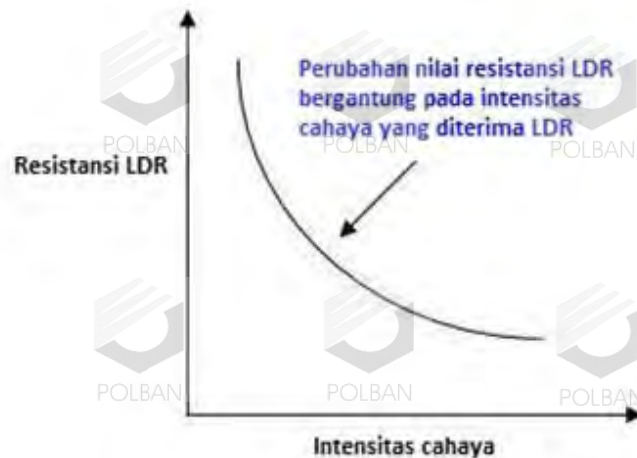
Gambar II.8 Relay 220 Volt AC

### 2.5.7 Sensor LDR

Menurut Dickson Kho (2016) Light Dependent Resistor atau disingkat dengan LDR adalah jenis resistor nilai resistansinya tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya oleh sensor itu sendiri. Nilai

hambatan akan menurun ketika saat cahaya sedang terang dan nilai hambatannya akan menjadi ketika tinggi saat dalam kondisi gelap. Dengan kata lain, fungsi dari LDR dalam keadaan terang maupun gelap adalah sebagai saklar otomatis berdasarkan cahaya.

Menurut Dickson Kho (2016) LDR (Light Dependent Resistor) yang peka terhadap cahaya ini sering diaplikasikan dalam rangkaian sebagai sensor pada lampu penerang jalan, lampu kamar tidur, rangkaian anti maling, shutter kamera, dan alarm. Prinsip kerja dari LDR bisa dibilang sangat sederhana, tak jauh berbeda dari variabel resistor pada umumnya. LDR dipasang pada sebuah rangkaian yang semakin banyak cahaya yang mengenainya, maka semakin menurun nilai resistansinya. Sebaliknya, jika cahaya yang mengenainya sedikit (gelap), maka nilai hambatannya menjadi semakin besar. [7].



Gambar II.9 Kurva variabel LDR



## 2.6 Lampu Penerangan Jalan Umum



Menurut SNI (2008) menjelaskan bahwa lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan atau dipasang di kiri atau kanan jalan danau atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan dan jalan di bawah tanah [5].

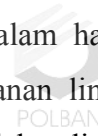


### 2.6.1 Fungsi Penerangan Jalan



Menurut SNI (2008) menjelaskan bahwa untuk penerangan lampu jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi yaitu :

- 1) Menghasilkan kekontrasan antara objek dan permukaan jalan.
- 2) Sebagai alat bantu navigasi
- 3) Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari.
- 4) Mendukung keamanan lingkungan.
- 5) Memberikan keindahan lingkungan jalan.

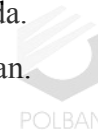
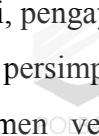
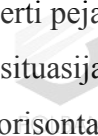


### 2.6.2 Dasar Perencanaan Penerangan Jalan



Menurut SNI (2008) menjelaskan bahwa perencanaan untuk penerangan lampu jalan terkait dengan hal-hal berikut ini :

- a) Volume lalu lintas, baik yang kendaraan maupun pada daerah lingkungan yang bersinggungan seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda.
- b) Tipikal potongan melintang jalan, situasi jalan dan persimpangan jalan.
- c) Geometri jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal.
- d) Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan.



- e) Pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik.
- f) Tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan, dan lain-lain, agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis.
- g) Rencana jangka panjang pengembangan jalan dan pengembangan daerah sekitarnya.
- h) Data kecelakaan dan kerawanan di lokasi.

Sama halnya dengan SNI (2008) menjelaskan bahwa beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus untuk perencanaan penerangan jalan umum antara lain sebagai berikut :

- a) Lebar ruang milik jalan yang bervariasi dalam satu ruas jalan.
- b) Tempat dimana kondisi lengkung horisontal (tikungan) tajam.
- c) Tempat yang luas seperti persimpangan, *interchange*, tempat parkir, dll.
- d) Jalan berpohon.
- e) Jalan dengan lebar median yang sempit, terutama untuk pemasangan lampu di bagian median.
- f) Jembatan sempit atau panjang, jalan layang dan jalan bawah tanah (terowongan).
- g) Tempat lain dimana lingkungan jalan banyak berinterferensi dengan jalannya.

### 2.6.3 Jenis Lampu Penerangan Jalan

Menurut SNI (2008) jenis lampu penerangan jalan umum ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya secara umum dapat diperhatikan dalam tabel untuk melihat dan memahami bagaimana menentukan jenis lampu yang akan digunakan agar sesuai dengan kriteria yang diinginkan.



Berikut tabel lampu penerangan jalan menurut karakteristik dan penggunaannya tentang spesifikasi penerangan [5].






Tabel II.4 Jenis Lampu Penerangan Jalan Secara Umum Menurut Karakteristik dan Penggunaannya

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna obyek	Keterangan
Lampu tabung <i>fluorescent</i> tekanan rendah	60 – 70	8.000 – 10.000	18 - 20; 36 - 40	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- untuk jalan kolektor dan lokal;</li> <li>- efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek;</li> <li>- jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.</li> </ul>
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	50 – 55	16.000 – 24.000	125; 250; 400; 700	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan;</li> <li>- efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil;</li> <li>- jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.</li> </ul>
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 - 200	8.000 - 10.000	90; 180	Sangat buruk	<ul style="list-style-type: none"> <li>- untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, penyeberangan, terowongan, tempat peristirahatan (<i>rest area</i>);</li> <li>- efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning;</li> <li>- Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.</li> </ul>
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000 - 20.000	150; 250; 400	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i>;</li> <li>- efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya;</li> <li>- Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.</li> </ul>

Menurut SNI (2008) rumah lampu penerangan jalan dapat diklasifikasikan menurut tingkat perlindungan terhadap debu atau benda dan air. Hal ini dapat diindikasikan dengan istilah IP (Index of Protection) atau indek perlindungan, yang memiliki 2 angka, angka pertama menyatakan indek perlindungan terhadap debu atau benda, dan angka kedua menyatakan indek perlindungan terhadap air. Sistem IP adalah penggolongan yang lebih awal terhadap penggunaan peralatan yang tahan hujan dan sebagainya, dan ditandai dengan lambang. Semakin tinggi indek perlindungan, semakin baik standar perlindungannya. Ringkasan pengkodean IP mengikuti Tabel 2.2. (A Manual of Road Lighting in Developing Countries). Pada umumnya, indek perlindungan (IP) yang sering dipakai untuk klasifikasi lampu penerangan adalah : IP 23, IP 24, IP 25, IP 54, IP 55, IP 64, IP 65, dan IP 66 (SNI, 2008) [5].

Tabel II.5 Kode Indek Perlindungan ( Indeks Protection )

ANGKA PERTAMA		ANGKA KEDUA	
(a) Perlindungan terhadap manusia/benda jika bersentuhan dengan komponen dalam rumah lampu (b) Perlindungan terhadap rumah lampu jika bersentuhan dengan benda		(a) Perlindungan rumah lampu jika kontak atau bersentuhan dengan benda cair	
No./Simbol	Tingkat perlindungan	No./Simbol	Tingkat perlindungan
0	(a) Tanpa perlindungan (b) Tanpa perlindungan	0	Tanpa perlindungan
1	(a) Perlindungan terhadap sentuhan yang tidak disengaja oleh bagian tubuh, seperti tangan. (b) Perlindungan terhadap masuknya benda padat, berdiameter < 50 mm	1	Perlindungan terhadap tetesan air, tetapi tidak menimbulkan efek yang bahaya dan merusak.
2	(a) Perlindungan terhadap sentuhan seukuran jari tangan. (b) Perlindungan terhadap masuknya benda, yang berdiameter < 12 mm dan panjang < 80 mm.	2	-Tahan tetesan Air ; -Perlindungan terhadap tetesan air : Tetesan air yang jatuh ke rumah lampu tidak menimbulkan efek bahaya ketika rumah lampu dimiringkan dengan membentuk sudut sampai 15°
3	(a) Perlindungan tersentuh peralatan, kawat atau sejenisnya yang tebalnya lebih dari 2,5 mm (b) Perlindungan terhadap masuknya benda yang sangat kecil tapi padat	3	-Tahan hujan ; -Perlindungan pada air hujan dalam berbagai sudut s/d 60°.

ANGKA PERTAMA		ANGKA KEDUA	
(a) Perlindungan terhadap manusia/benda jika bersentuhan dengan komponen dalam rumah lampu (b) Perlindungan terhadap rumah lampu jika bersentuhan dengan benda		(a) Perlindungan rumah lampu jika kontak atau bersentuhan dengan benda cair	
No./Simbol	Tingkat perlindungan	No./Simbol	Tingkat perlindungan
4	(a) Seperti pada No.3 tetapi tebalnya lebih dari 1,00 mm	4 	-Tahan percikan air; -Percikan air yang terkena dari arah manapun tidak akan menimbulkan efek bahaya
	(b) Perlindungan terhadap masuknya benda asing		
5 	(a) Perlindungan sempurna terhadap sentuhan.	5 	-Tahan semburan air; -Tahan terhadap semburan air yang keluar dari keran. Misalnya keran taman.
	(b) Tahan debu: - Perlindungan terhadap debu, tetapi debu masih dapat masuk walau tidak dalam jumlah banyak yang dapat mengganggu operasionalisasi.		
6 	(a) Perlindungan sempurna terhadap sentuhan.	6	-Tahan derasan air; -Tahan terhadap air deras misalnya gelombang air laut.
	(b) Tahan debu:- Perlindungan yang sempurna dan debu tidak dapat masuk ke rumah lampu		
<b>KETERANGAN :</b> - Tingkat perlindungan dinyatakan dengan IP XX; - Perlindungan terhadap sentuhan atau tempat masuk air yang mana terlebih dahulu merubah X angka pertama atau kedua yang ada pada tabel diatas. Contohnya : IP 2X diartikan bahwa pagar memberi perlindungan terhadap sentuhan jan, tetapi tanpa perlindungan spesifik terhadap tempat masuknya air atau cairan lainnya.		7 	-Tahan dan kedap air; -Air tidak mungkin masuk pada kondisi waktu dan tekanan yang tetap.
		8	-Tahan dan kedap air; -Air tidak mungkin masuk pada kondisi waktu dan tekanan yang tinggi/khusus.

**2.6.4 Pencahayaan Pada Ruas Jalan**

Menurut SNI (2008) kualitas pencahayaan untuk penerangan jalan umum pada suatu jalan diukur berdasarkan metoda iluminansi atau luminansi. Meskipun demikian lebih mudah menggunakan metoda iluminansi, karena dapat diukur langsung di permukaan jalan dengan menggunakan alat pengukur kuat cahaya atau yang disebut dengan Lux Meter. Kualitas pencahayaan normal menurut jenis atau klasifikasi fungsi

jalan ditentukan seperti pada tabel Kualitas Pencahayaan Normal dibawah ini [5].

Tabel II.6 Kualitas Pencahayaan Normal

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Illuminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata- rata (lux)	Kemerataan (Uniformity) g1	L rata-rata (cd/m <sup>2</sup> )	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
				VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal : - Primer - Sekunder	2 - 5 2 - 5	0,10 0,10	0,50 0,50	0,40 0,40	0,50 0,50	4 4	20 20
Jalan kolektor : - Primer - Sekunder	3 - 7 3 - 7	0,14 0,14	1,00 1,00	0,40 0,40	0,50 0,50	4 - 5 4 - 5	20 20
Jalan arteri : - Primer - Sekunder	11 - 20 11 - 20	0,14 - 0,20 0,14 - 0,20	1,50 1,50	0,40 0,40	0,50 - 0,70 0,50 - 0,70	5 - 6 5 - 6	10 - 20 10 - 20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

Keterangan :  
 g1 : E min/E maks  
 VD : L min/L maks  
 VI : L min/L rata-rata  
 G : Silau (*glare*)  
 TJ : Batas ambang kesilauan

### 2.6.5 Rasio Kemerataan Pencahayaan (Uniformity Ratio)

Menurut buku SNI (2008) rasio maksimum antara kemerataan pencahayaan maksimum dan minimum menurut lokasi penempatan



tertentu yaitu seperti yang ditentukan pada Tabel II.7 Rasio Kemerataan Pencahayaan.

Tabel II.7 Rasio Kemerataan Pencahayaan

Lokasi penempatan	Rasio maksimum
Jalur lalu lintas : - di daerah permukiman - di daerah komersil/pusat kota	6 : 1 3 : 1
Jalur pejalan kaki : - di daerah permukiman - di daerah komersil/pusat kota	10 : 1 4 : 1
Terowongan	4 : 1
Tempat-tempat peristirahatan ( <i>rest area</i> )	6 : 1

### 2.6.6 Pemilihan Jenis dan Kualitas Lampu Penerangan

Menurut SNI (2008) menjelaskan tentang pemilihan jenis dan kualitas lampu penerangan jalan didasarkan pada :

- 1) Nilai efisiensi.
- 2) Umur rencana.
- 3) Kekontrasan permukaan jalan dan obyek.

### 2.6.7 Penempatan Lampu Penerangan

Menurut SNI (2008) menjelaskan tentang penempatan lampu penerangan jalan umum harus dirancang atau direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan :

- a) Kemerataan pencahayaan yang sesuai dengan ketentuan.
- b) Keselamatan dan keamanan bagi pengguna jalan.

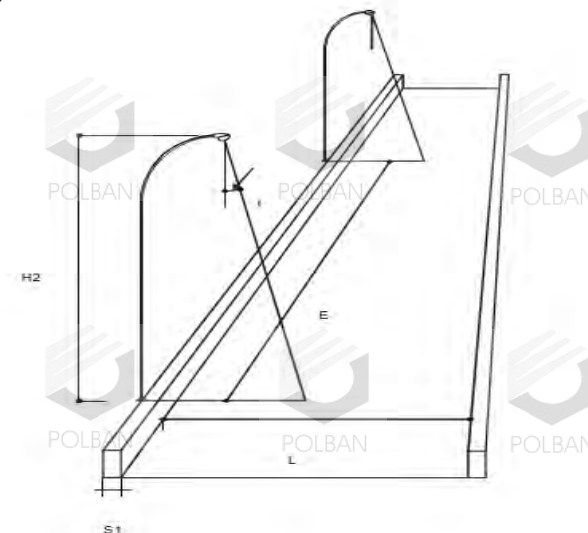
- c) Pencahayaan yang lebih tinggi di area tikungan atau persimpangan, dibanding pada bagian jalan yang lurus.
- d) Arah dan petunjuk yang jelas bagi pengguna jalan dan pejalan kaki.

Menurut (SNI 2008) pada sistem penempatan parsial, lampu penerangan jalan umum harus memberikan adaptasi yang baik untuk penglihatan pengendara, sehingga efek kesilauan dan ketidaknyamanan penglihatan dapat dikurangi [5].

Tabel II.8 Sistem Penempatan Lampu Penerangan Jalan

Jenis jalan / jembatan	Sistem penempatan lampu yang digunakan
- Jalan arteri	sistem menerus dan parsial.
- Jalan kolektor	sistem menerus dan parsial.
- Jalan lokal	sistem menerus dan parsial.
- Persimpangan, simpang susun, ramp	sistem menerus.
- Jembatan	sistem menerus.
- Terowongan	sistem menerus bergradasi pada ujung-ujung terowongan.

- e) Perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan umum dapat dilihat pada gambar II.11 dibawah ini.



Gambar II.10 Penempatan Lampu



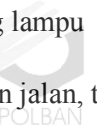
Keterangan :



H



= tinggi tiang lampu



L



= lebar badan jalan, termasuk median jika ada



E

= jarak interval antar tiang lampu



S1 + S2

= proyeksi kerucut cahaya lampu



S1

= jarak tiang lampu ke tepi kerub



S2

= jarak dari tepi kerub ke titik penyinaran terjauh

I

= sudut inklinasi pencahayaan



## 2.6.8 Pemasangan Dengan Tiang



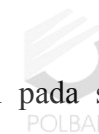
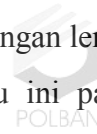
Menurut SNI (2008) tiang lampu dibedakan menjadi tiga tipe yaitu dengan lengan tunggal, lengan ganda dan tegak tanpa lengan :



### 1) Tiang lampu dengan lengan tunggal



Tiang lampu ini pada umumnya diletakkan pada sisi kiri atau kanan jalan. Tipikal bentuk dan struktur tiang lampu dengan lengan tunggal.



### 2) Tiang lampu dengan lengan ganda



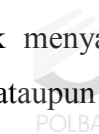
Tiang lampu ini khusus diletakkan dibagian tengah atau median jalan, dengan catatan kondisi jalan yang akan diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang.



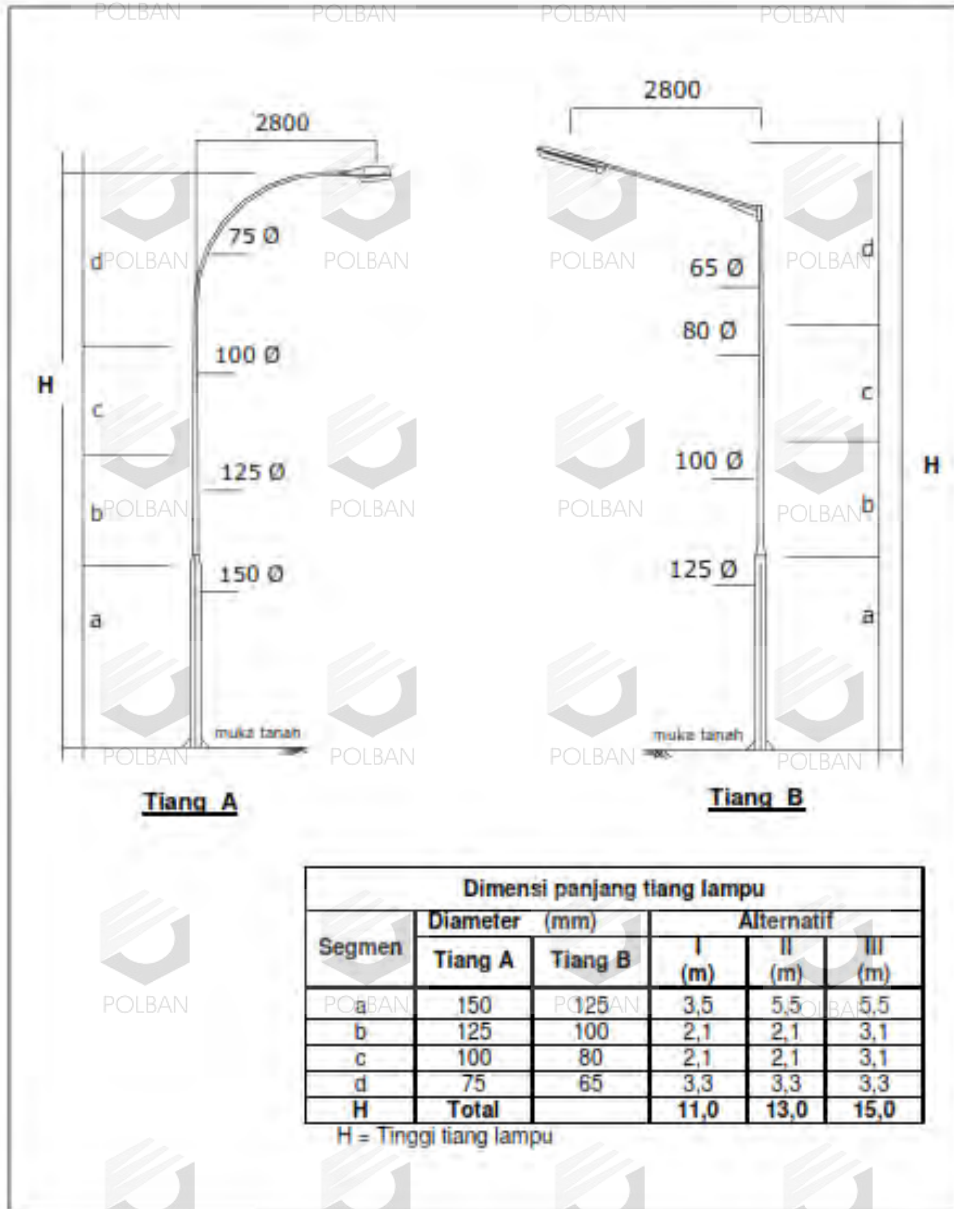
### 3) Tiang lampu tegak tanpa lengan



Tiang lampu ini terutama diperlukan untuk menyangga lampu menara, yang ditempatkan di persimpangan jalan ataupun tempat yang luas. Jenis tiang lampu ini sangat tinggi, sehingga sistem penggantian atau perbaikan lampu dilakukan di bawah dengan

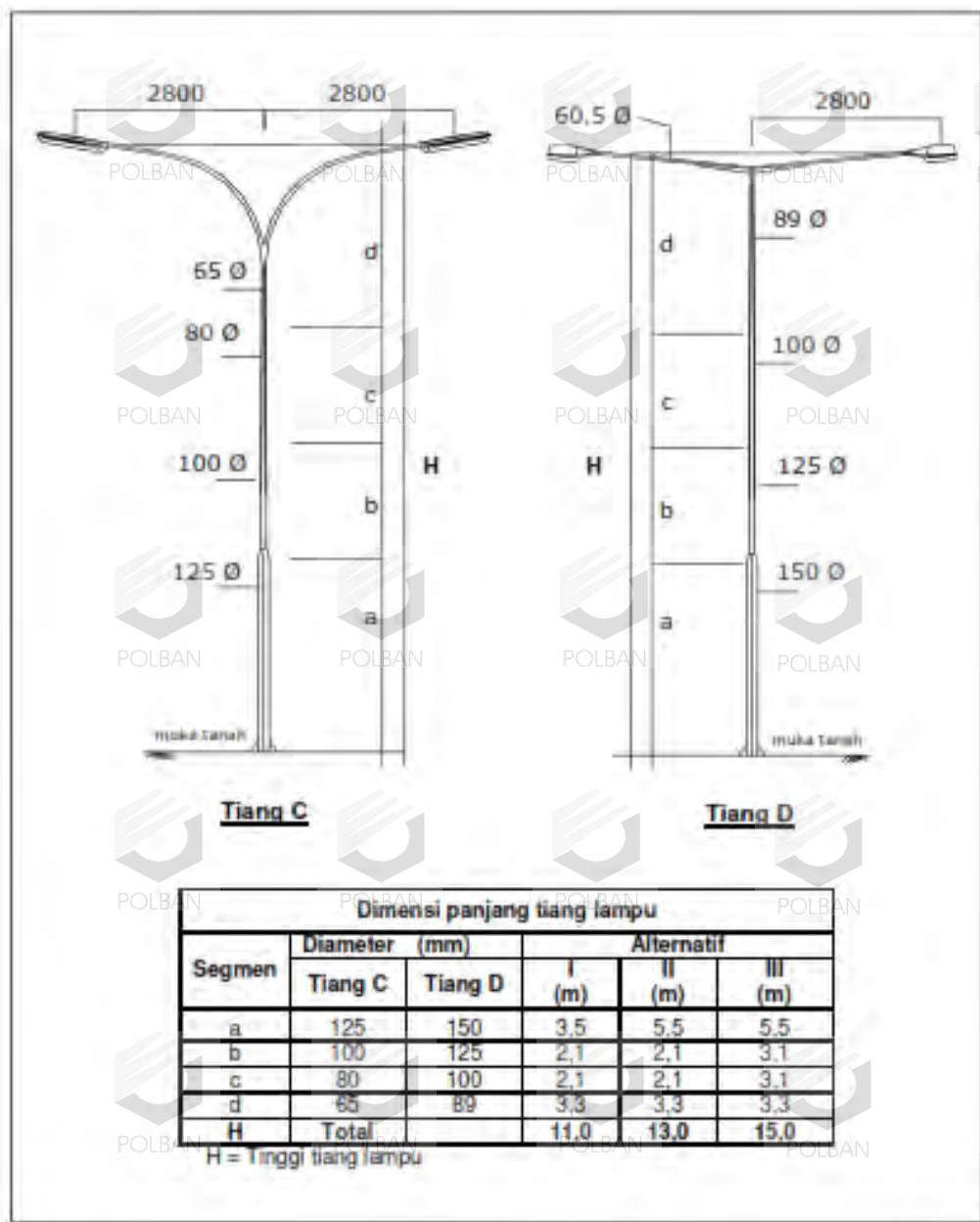


menurunkan dan menaikkan kembali lampu tersebut menggunakan kabel suspense.

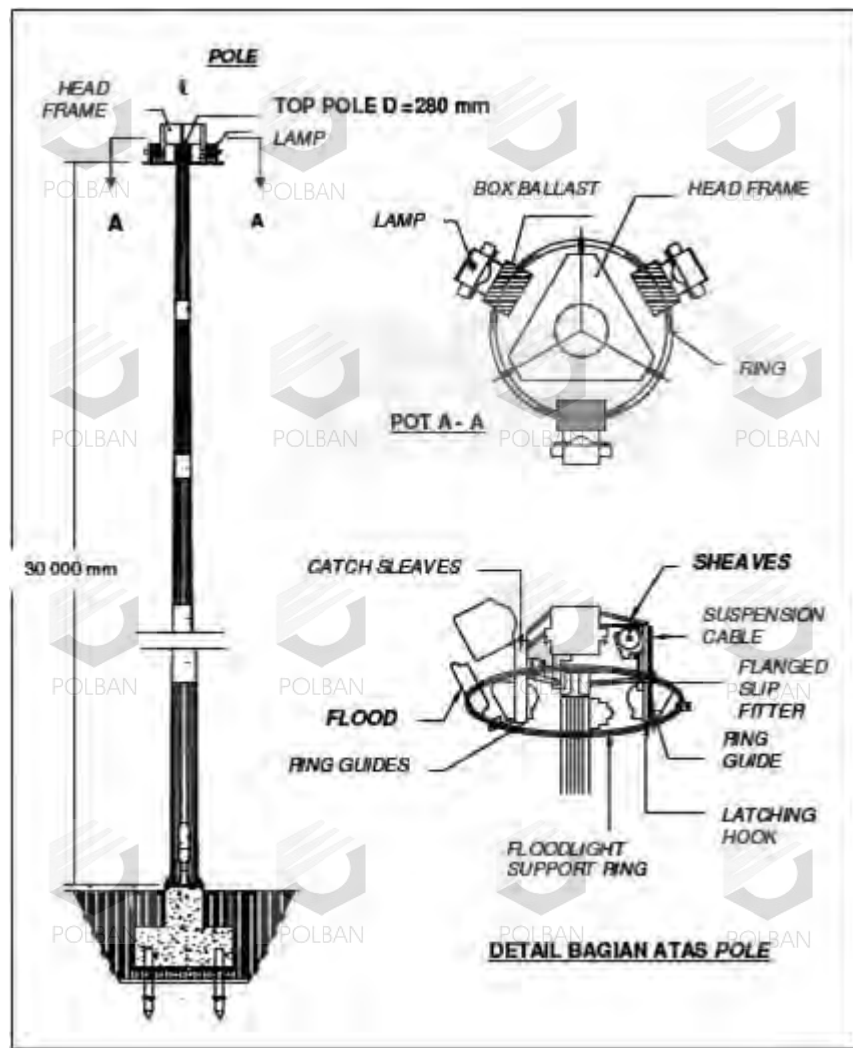


Gambar II.11 Tipikal Lampu Lengan Tunggal





Gambar II.12 Tipikal Lampu Lengan Ganda



Gambar II.13 Tipikal Lampu Tegak Tanpa Lengan

### 2.6.9 Jarak Antar Tiang Lampu Penerangan (e) Berdasarkan Tipikal Distribusi Pencahayaan dan Klasifikasi Lampu

Menurut SNI (2008) terdapat jarak antar tiang lampu penerangan jalan umum berdasarkan tipikal distribusi pencahayaan dan klasifikasi lampu yang telah terbagi menjadi 2 tipe yaitu :

## 1. Rumah Lampu Tipe A

Tabel II.9 Rumah Lampu Tipe A

Jenis lampu	Tinggi lampu (m)	Lebar jalan ( m )								Tingkat pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11	
35W SOX	4	32	32	32	-	-	-	-	-	3,5 LUX
	5	35	35	35	35	35	34	32	-	
	6	42	40	38	36	33	31	30	29	
55W SOX	6	42	40	38	36	33	32	30	28	6,0 LUX
90W SOX	8	60	60	58	55	52	50	48	46	10,0 LUX
90W SOX	8	36	35	35	33	31	30	29	28	
135W SOX	10	46	45	45	44	43	41	40	39	
135W SOX	10	-	-	25	24	23	22	21	20	20,0 LUX
180W SOX	10	-	-	37	36	35	33	32	31	30,0 LUX
180W SOX	10	-	-	-	-	22	21	20	20	

## 2. Rumah Lampu Tipe B

Tabel II.10 Rumah Lampu Tipe B

Jenis lampu	Tinggi lampu (m)	Lebar jalan ( m )								Tingkat pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11	
50W SON atau 80W MBF/U	4	31	30	29	28	26	-	-	-	3,5 LUX
	5	33	32	32	31	30	29	28	27	
70W SON atau 125WMBF/U	6	48	47	46	44	43	41	39	37	
70W SON atau 125WMBF/U	6	34	33	32	31	30	28	26	24	6,0 LUX
100W SON	6	48	47	45	42	40	38	36	34	10 LUX
150W SON atau 250W MBF/U	8	-	-	48	47	45	43	41	39	
100W SON	6	-	-	28	26	23	-	-	-	
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	-	-	55	53	50	47	20 LUX
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	36	35	33	32	30	28	
400W SON	12	-	-	-	-	39	38	37	36	30 LUX

Keterangan :

- Jarak antar tiang lampu dalam meter.
- Rumah lampu tipe A mempunyai penyebaran sorotan cahaya atau sinar lebih luas.

- c) Rumah lampu tipe B mempunyai penyebaran sorotan cahaya lebih ringan atau kecil, terutama yang langsung ke jalan.

Menurut SNI (2008) batasan penempatan lampu penerangan jalan umum tergantung dari tipe lampu, tinggi lampu, lebar jalan dan tingkat pemerataan pencahayaan dari lampu yang akan digunakan. Jarak antar lampu penerangan secara umum dapat mengikuti batasan seperti pada Tabel 9 (A Manual of Road Lighting in Developing Countries). Dalam tabel tersebut dipisahkan antara dua tipe rumah lampu. Rumah lampu tipe A mempunyai penyebaran sorotan cahaya atau sinar lebih luas, tipe ini merupakan jenis lampu gas sodium bertekanan rendah, sedangkan tipe B mempunyai sorotan cahaya lebih ringan atau kecil, terutama yang langsung ke jalan, yaitu jenis lampu gas merkuri atau sodium bertekanan tinggi [5].

#### 2.6.10 Penempatan Penerangan Jalan

Menurut (SNI, 2008) menyatakan bahwa penataan atau pengaturan letak lampu penerangan jalan umum diatur seperti pada Tabel 10 . Di daerah atau kondisi dimana median sangat lebar ( $> 10$  meter) pada jalan dimana jumlah lajur sangat banyak ( $> 4$  lajur setiap arah) perlu dipertimbangkan melalui pemilihan penempatan lampu penerangan jalan kombinasi dari cara tersebut di atas dan pada kondisi seperti ini, pemilihan penempatan lampu penerangan jalan umum direncanakan sendiri untuk setiap arah lalu lintas.

### 2.7 Lampu LED

Menurut buku SNI (2008) pengertian Lampu LED atau kepanjangannya Light Emitting Diode merupakan suatu lampu indikator

dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat tersebut. Misalnya pada sebuah komputer, terdapat lampu LED power dan LED indikator untuk processor, dan dalam monitor terdapat juga lampu LED power dan power saving. Lampu LED terbuat dari plastik dan dioda semikonduktor yang dapat menyala apabila dialiri oleh tegangan listrik rendah (sekitar 1.5 volt DC). Berbagai macam warna dan bentuk dari lampu LED, disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya [5].



Gambar II. 14 Lampu LED

## 2.8 Keunggulan Lampu LED

Menurut SNI (2008) Berikut beberapa keunggulan Lampu LED sebagai lampu terbarukan yang memiliki kualitas lebih baik dari lampu pijar dan lampu TL, ialah :

1. Terang dan tahan lama
2. Hemat energi
3. Ramah lingkungan
4. Bebas polusi
5. Cepat dan mudah dalam pemasangan
6. Hemat biaya perawatan

7. Life time yang lama (lampu LED hingga 11 tahun & solar panel hingga 25 tahun)
8. Cocok dipasang di segala lokasi
9. Tersedia dengan daya mulai dari lampu dengan daya 15w (950Lm) -168w (14.558 Lm)

## 2.9 Cahaya Penerangan

Menurut Harten (2002) Cahaya merupakan suatu energi yang diradiasikan atau dipancarkan dari sebuah sumber dalam bentuk gelombang dan merupakan bagian dari seluruh kelompok gelombang elektromagnetik. Panjang dari gelombang merupakan bagian antara jarak antara puncak gelombang energi. Kita dapat memahami panjang gelombang dalam suatu cara yang sama dalam suatu jarak antara gelombang-gelombang yang berurutan di atas laut. Sebagaimana koita lihat, masalah panjang gelombang penting sekali dalam menentukan jenis cahaya. Cahaya dibagi menjadi dua golongan yaitu cahaya alami dan cahaya buatan, misalnya cahaya alami mengenai penerangan alami siang hari dan cahaya buatan mengenai penerangan listrik [8].

### 2.9.1 Intensitas Penerangan (E)

Intensitas penerangan merupakan kuat cahaya (fluk cahaya) yang jatuh pada bidang kerja. Satuan untuk itensitas penerangan adalah *lux* (Harten, P. Van, E Setiawan, 2002) [8].

Persamaan adalah:

$$L = I/As \quad (\text{cd/cm}^2) \quad \dots \dots \dots (II.5)$$

Keterangan :

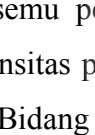
$$L = \text{Luminansi (cd/cm}^2\text{)}$$



I = Intensitas Cahaya (cd)

As = Luas semu permukaan (cm<sup>2</sup>)

Intensitas penerangan harus ditentukan di tempat dimana kerjanya dilakukan. Bidang kerja umumnya di ambil 80 cm diatas lantai. Bidang kerja ini mungkin sebuah meja atau bangku kerja, atau juga suatu bidang horizontal, 80 cm diatas lantai. Intensitas penerangan yang diperlukan ikut ditentukan oleh berat pekerjaan yang harus dilakukan. Juga panjangnya waktu kerja mempengaruhi intensitas penerangan yang diperlukan (Harten, P. Van, E Setiawan, 2002) [8].



### 2.9.2 Flux Cahaya

Menurut Harten (2002) sumber cahaya yang memancarkan sama kuat ke setiap jurusan dinamakan sumber cahaya seragam. Fluk cahaya dapat didefenisikan sebagai intensitas cahaya pada setiap sudut ruang yang dipancarkan ke suatau arah tertentu, atau dalam bentuk rumus:

$$\phi = \omega \cdot I \dots\dots\dots (II.6)$$

Keterangan:

$\phi$  = Flux Cahaya ( Lumen )

W = daya lampu ( Watt )

I = Luminous Efficacy Lamp ( Lumen / watt )



### 2.9.3 Luminansi

Menurut Harten (2002) luminansi adalahKsuatu ukuran untuk terangKsuatu benda. Luminansi yang terlalu besar akan menyilaukan



mata, seperti misalnya sebuah lampu pijar tanpa armatur. Luminansi (L) suatu sumber cahaya atau suatu permukaan yang memantulkan cahaya ialah intensitas cahayanya di bagi dengan luas semu permukaan [8]. Bentuk rumus :

$$E = \frac{I}{d^2} \dots\dots\dots (II.7)$$

Keterangan :

E = Luminasi (lux)

I = Intensitas penerangan (cd)

d<sup>2</sup> = Jarak dari sumber cahaya ke bidang menggunakan persamaan sudut

$$E_a = \frac{I}{x^2}$$

$$E_b = \frac{I \cos \theta}{y^2} = \frac{I \cdot x/y}{y}$$

Multiply above and below by x<sup>2</sup> / y<sup>2</sup>

$$E_b = \frac{I (x/y)^3}{x^2} = \frac{I \cos^3 \theta}{x^2}$$

i.e.  $E_b = E_a \cos^3 \theta$

