

PERANCANGAN SOFTWARE APLIKASI OPTIMASI PENATAAN LAMPU PJU SEBAGAI UPAYA PENGHEMATAN BIAYA ENERGI LISTRIK

Hermawan, Karnoto

Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik Undip

Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang

Email : hermawan@elektro.undip.ac.id

Abstrak

Permasalahan penerangan jalan umum (PJU) yang menjadi beban berat bagi Pemerintah daerah adalah pemakaian lampu yang tidak hemat energi, lux lampu yang terpasang tidak sesuai dengan kebutuhan kelas jalan, lampu penerangan jalan liar yang dipasang sendiri oleh masyarakat. Dari pihak PT PLN melakukan pemakaian energi listrik yang dilakukan PJU adalah pemakaian daya yang tercatat di KWH meter bagi PJU yang telah dipasang KWH meter dan PJU yang tidak dipasang KWH meter beban lampu yang bervariasi dihitung berdasarkan abonemen perbulan berdasar jenis dan daya lampu. Biaya energi listrik untuk PJU dibayar dengan Pajak Penerangan Jalan Umum (PPJU) yang dipungut pada setiap pelanggan PLN dengan prosentase dari biaya bulanan listrik setiap pelanggan.

Beban pembayaran rekening listrik PJU pada masing-masing Kabupaten dan Kota semakin lama semakin meningkat sering dengan bertambahnya lampu PJU yang terpasang di Jalan. Kondisi ini sangat memberatkan Pemerintah Kabupaten dan kota yang untuk menutup kekurangan biaya listrik untuk PJU. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian untuk penataan lampu penerangan jalan umum, yang kemudian dikemas dalam perangkat lunak sehingga dapat dipergunakan sebagai acuan Pemerintah Daerah dan investor untuk mengadakan perencanaan penataan PJU dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat

1. Pendahuluan

Semakin pesatnya perkembangan kabupaten dan kota di Indonesia menuntut perbaikan sarana dan prasarana yang digunakan masyarakat. Perkembangan dan perbaikan jalan umum dari jalan propinsi sampai jalan lingkungan menuntut perlengkapan-perengkapan jalan seiring dengan kepadatan aktivitas pemakai jalan. Salah satu perlengkapan jalan yang sangat dibutuhkan adalah Penerangan Jalan Umum (PJU). Kondisi PJU sebagian besar daerah belum menggunakan alat pencatat dan pengukur listrik. Lampu-lampu yang dipakai masih banyak yang menggunakan lampu yang tidak sesuai dengan kebutuhan kelas jalan (lampu dengan daya watt tinggi tetapi lux rendah), dan juga semakin banyaknya lampu penerangan jalan liar yang dipasang sendiri oleh masyarakat.

Di lain pihak PLN sebagai penyedia sarana energi listrik, melakukan perhitungan pemakaian energi listrik yang digunakan untuk PJU adalah pemakaian daya yang tercatat di kWh meter bagi PJU yang telah dipasang kWh meter dan PJU yang tidak dipasang kWh meter berdasarkan kelompok daya yang telah ditetapkan. Biaya energi listrik untuk PJU diperoleh pemerintah daerah dari pajak penerangan jalan yang dipungut pada setiap bulan dari setiap pelanggan PLN berdasar prosentase rekening pelanggan listrik. Beban pembayaran rekening listrik PJU pada masing-masing Kabupaten dan Kota semakin lama semakin meningkat sering dengan bertambahnya lampu PJU yang terpasang di Jalan. Kondisi ini sangat memberatkan Pemerintah Kabupaten dan kota yang untuk menutup kekurangan biaya listrik untuk PJU.

Karena beban yang semakin besar tersebut maka tak jarang di beberapa daerah, seringkali dijumpai pemda atau pemkot yang mempunyai tunggakan rekening listrik PJU yang tidak sedikit. Dalam penelitian, akan dibuat suatu program untuk mengetahui seberapa besar sebenarnya kebutuhan energi listrik untuk penerangan jalan, dalam beberapa kelas jalan yang telah ditentukan, sehingga diharapkan dapat diketahui berapa besar biaya yang perlu dikeluarkan pemerintah dalam membayar rekening penerangan jalan umum.

2. Tinjauan Pustaka

Macam-macam sumber cahaya modern dapat dibagi menjadi dua kelompok utama yaitu:

- a. Pemancar suhu
- b. Lampu tabung gas
 - Lampu Pijar
 - Lampu-lampu halogen
 - Lampu Tabung Gas
 - Lampu natrium
 - Lampu air raksa tekanan tinggi
 - Lampu air raksa tekanan tinggi dengan reflektor
 - Lampu air raksa dengan cahaya campuran
 - Lampu tabung fluoresen

Formulasi Penerangan

- **Fluks Cahaya**

$$f = \frac{Q}{t} \quad (1)$$

dimana :

f = fluks cahaya dalam lumen (lm)

Q = Energi cahaya dalam lumen jam atau lumen detik

t = waktu dalam jam atau detik

• **Intensitas Cahaya**

$$I = f / w \tag{2}$$

$$f = I \times w \tag{3}$$

dimana:

f = fluks cahaya dalam lumen

I = intensitas cahaya dalam candela (cd)

w = sudut ruang dalam steradian (sr)

• **Illuminasi**

$$E = f / A \tag{4}$$

dimana:

E = illuminasi dalam lux (lx) = lm/m²

A = luas bidang (m²)

$$E_p = \frac{I}{r^2} lux \tag{5}$$

• **Luminasi**

$$L = f / w (A \times \cos q) \tag{6}$$

$$L = I / (A \times \cos q) \tag{7}$$

dimana

L = luminasi dalam nit (nt) = cd/m²

q = sudut antara penglihatan dengan bidang normal permukaan dalam derajat

▪ **Efikasi Cahaya**

$$K = f / P \tag{8}$$

dimana:

K = efikasi cahaya dalam lumen / watt (lm/watt)

P = daya listrik dalam watt (w)

• **Efisiensi Cahaya**

$$h = f / f_{maks} \tag{9}$$

Pada sistem penerangan jalan raya, digunakan faktor daya guna luminair yang ditentukan dari rasio antara lebar jalan dengan tinggi luminairnya. Untuk penghitungan koefisien daya guna ini, lebar jalan dibedakan menjadi dua bagian :

1. bagian depan luminair (street side)
2. bagian belakang luminair (house side)

dari rasio lebar jalan dan tinggi luminairnya dapat ditentukan besar CU-nya. Selanjutnya jarak dan tinggi luminair jaa raya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$jarak = \frac{f_L \times CU}{E_m \times lebar\ jalan} \tag{10}$$

$$tinggi = \frac{jarak}{2(\tan I/2)} \tag{11}$$

dimana:

E_m = iluminasi yang dibutuhkan dengan faktor pemeliharaan

θ = sudut sebaran sinar sejajar pajang jalan untuk menghitung iluminasi yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E_m = \frac{lumen\ lumi\ nair}{spasi \times lebar\ jalan} \tag{12}$$

Diagram intensitas cahaya merupakan bentuk grafik intensitas cahaya yang keluar dari suatu luminair dalam arah sudut tertentu, sehingga grafik ini digambar dalam bentuk diagram sudut, seperti pada gambar 1. Dengan menggunakan diagram intensitas cahaya, maka perhitungan illuminasi dengan metode titik sebagai berikut:

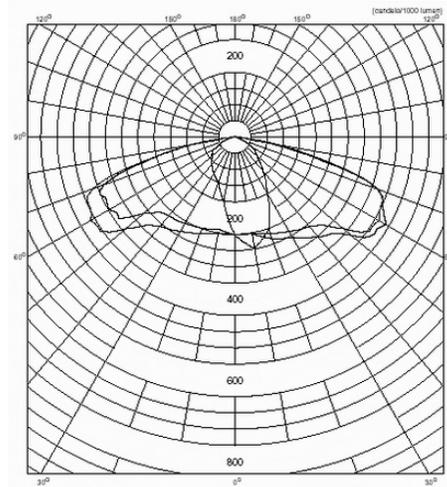
$$E = \frac{I_{\hat{a}\hat{a}}}{r^2} \cos q \tag{13}$$

dimana:

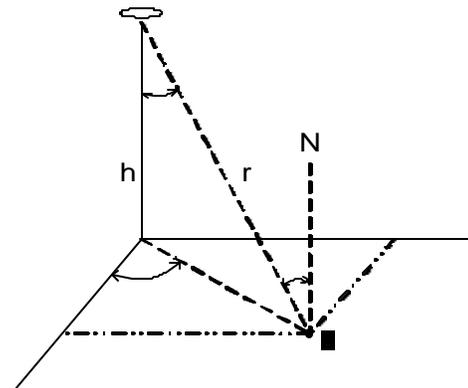
$I_{\hat{a}\hat{a}}$ = intensitas cahaya pada sudut \hat{a} ,

\hat{a}

= sudut yang dibentuk dari garis normal luminer dengan garis lurus antara luminer dengan titik yang dituju (perubahan \hat{a} membentuk putaran vertikal secara relatif terhadap luminer)



Gambar 1 Polar intensitas cahaya



Gambar 2 Perhitungan metode titik

\hat{a} = sudut yang dibentuk oleh sisi depan luminer dengan garis lurus antara luminer dengan titik yang dituju (perubahan \hat{a} membentuk putaran horisontal

- secara relatif terhadap lumener)
 r = jarak antara lumener dengan titik objek
 ϵ = sudut antara sinar datang dengan garis normal titik objek

Dari gambar 2 terlihat, bahwa garis normal lampu adalah sama dengan titik P sehingga

$$a = q$$

$$\cos a = \cos q = \frac{h}{r}$$

maka $r = \frac{h}{\cos a}$

karena $E = \frac{I_{ab}}{r^2} \cos a$

maka

$$E = \frac{I_{ab}}{(h/\cos a)^2} \cos a$$

$$E = \frac{I_{ab}}{h^2} \cos^3 a \quad (13)$$

Kelas Jalan

a. Jalan Arteri Primer

Merupakan jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional, lalu-lintas sangat padat pada jalan ini, sehingga perlu penerangan jalan yang optimal. Lux penerangan jenis dan kelas jalan ini adalah lampu dengan 50 lux, menurut SNI 2000.

b. Arteri Sekunder

Merupakan arteri penampung kegiatan lokal dan regional sebagai pendukung jalan arteri

primer. Dimana kondisi lalu lintas pada jalur ini padat, sehingga memerlukan jenis lampu yang sama dengan arteri primer. Lux penerangan jalan ini menurut SNI 2000 adalah 50 lux.

c. Kolektor Primer

Merupakan jalur pengumpul dari jalan-jalan lingkungan di sekitarnya yang akan bermuara pada jalan arteri primer maupun arteri sekunder. Lux penerangan jenis dari kelas jalan ini, menurut SNI 2000 adalah 30 lux

d. Kolektor Sekunder

Merupakan jalur pengumpul dari jalan-jalan lingkungan di sekitarnya yang akan bermuara pada jalur jalan kolektor primer, jalan arteri primer maupun sekunder pada jalur jalan ini diperlukan lampu setingkat dibawah lampu untuk kolektor primer. Lux penerangan jenis dari kelas jalan ini, menurut SNI 2000 adalah 30 lux.

e. Jalan Lingkungan

Merupakan jalur jalan di lingkungan perumahan, pedesaan atau perkampungan. Jalur jalan ini membutuhkan penerangan, yang menurut SNI 2000 adalah 15 lux.

Desain Penerangan Jalan

Dalam melakukan suatu perencanaan penerangan jalan diperlukan beberapa data pendukung, diantaranya adalah

1. Data jalan, meliputi kelas jalan, panjang jalan, dan lebar ruas jalan
2. Tingkat illuminasi yang dibutuhkan
3. Tingkat keseragaman yang dibutuhkan

Sedangkan data-data lainnya adalah daya lampu yang akan dipakai, tinggi gantung (*mounting height*) bergantung pada jarak atau spasi yang akan dipakai. Yang akhirnya juga bergantung pada lebar jalan yang ada.

Tabel 1 Standar Penerangan Jalan berdasarkan CIE 114

SPEKIFIKASI JALAN	KONDISI JALAN	KLASIFIKASI
Berkecepatan tinggi , 1 arah dan mempunyai pemisah jalan, Jalan bebas hambatan Jalan Utama	Tingkat kepadatan dan kompleksitas jalan ; Tinggi Sedang Rendah	M 1 M 2 M 3
Berkecepatan tinggi , 2 Tanpa pemisah jalan ; Jalan Utama	Pengontrolan , Pemisahan dan pencampuran Lalu Lintas ; Kurang Baik Baik	M 1 M 2
Jalur - jalur penting distribusi ; Jalan Penghubung	Pengontrolan , Pemisahan dan pencampuran Lalu Lintas; Kurang baik Baik	M 2 M 3
Jalan - Jalan Lingkungan / Lokal	Pengontrolan , Pemisahan dan pencampuran Lalu Lintas; Kurang baik Baik	M 4 M 5

Tabel 2 Pembagian klasifikasi penerangan

KLASIFIKASI	SEMUA JALAN		JALAN DENGAN PERSIMPANGAN	JALAN DENGAN PEDESTRIAN
	E	Kerataan (E _{min} /E _{max})		
M1	50	0.4	0.7	0.5
M2	30	0.4	0.7	0.5
M3	20	0.4	0.5	0.5
M4	15	0.4	--	--
M5	10	0.4	--	--

Tabel 3 Pembagian distribusi cahaya pada sudut vertikal besar

Kontrol variabel	Intensitas maksimum yang boleh dipancarkan	
Tipe Luminer	90°	80°
<i>Cutoff</i>	25 cd/1000 lm 2,5%	100 cd/1000 lm 10 %
<i>Semicutoff</i>	50cd/1000lm 5 %	200cd/1000lm 20%
<i>Noncutoff</i>	-	-

Tipe luminer yang digunakan akan bergantung pada lingkungan dimana lampu tersebut akan dipasang.

- a. Perencanaan penataan penerangan jalan perlu mempertimbangkan aspek-aspek teknik, estetika, dan aspek ekonomi. Pemilihan sumber cahaya, perluasan jaringan listrik, jenis tiang, ornamen dan armatur lampu merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam penataan lampu Penerangan Jalan Umum (PJU).

Dengan melihat lebar serta tinggi gantung yang dipakai, maka dapat digunakan beberapa cara pengaturan letak penerangan, berdasarkan kondisi jalan, yaitu:



Gambar 3 Tampilan form Penataan PJU

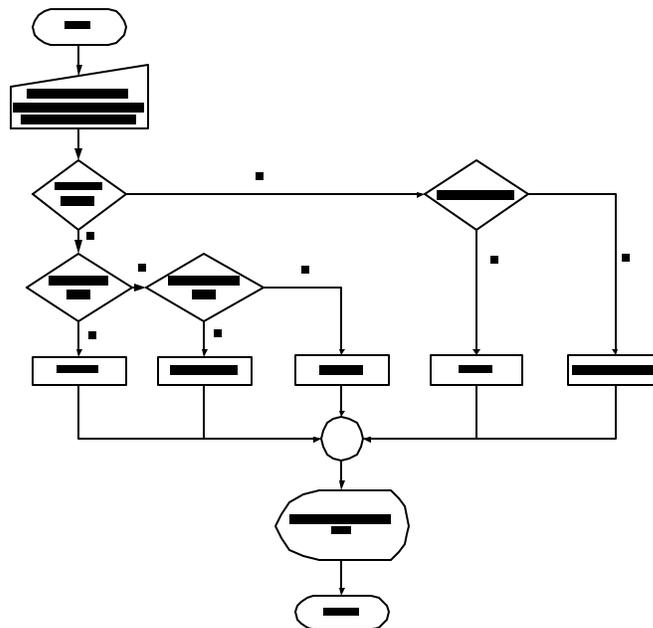
Tarif Penerangan Jalan Umum

Berdasarkan pada keputusan presiden romor 104 tahun 2003 tentang harga jual tenaga listrik tahun 2004 yang disediakan oleh perusahaan perseroan PT. Perusahaan Listrik Negara maka besarnya tarif untuk penerangan adalah sebesar Rp. 635,00 per kWh. Sedangkan untuk penerangan jalan yang tidak memiliki kwh maka dasar perhitungan tarif menggunakan metode abonemen berdasarkan keputusan direksi PT. PLN nomor 335.K/010/DIR/2003.

3. Metodologi

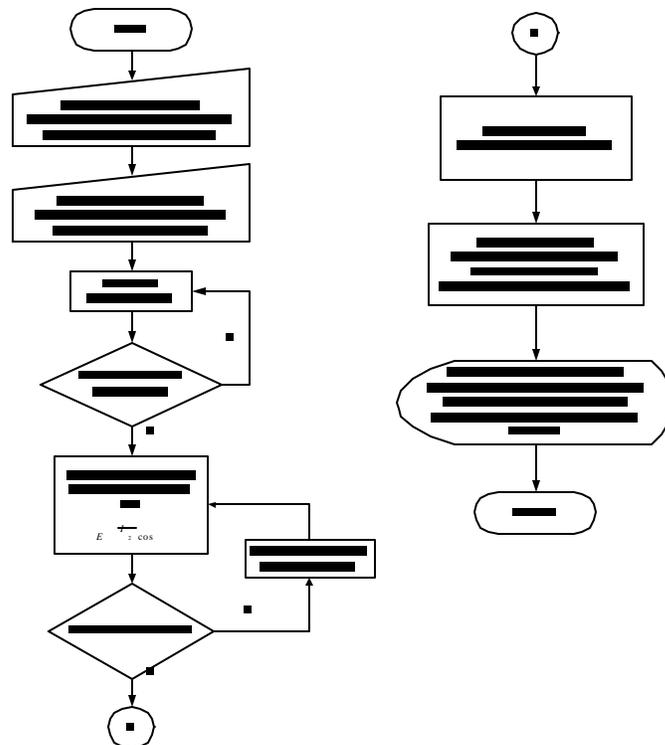
Penelitian yang dilaksanakan meliputi:

1. Studi Literatur
Untuk dapat memahami permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang berhubungan pengembangan software aplikasi , type jalan dan penataan lampu PJU.
2. Survey Data
Data yang digunakan dalam penelitian ada dua macam, yaitu data primer dan data sekunder Kabupaten/Kota di Jawa Tengah
3. Pembuatan Flow chart
Diagram alir untuk menentukan metode penataan PJU dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4 diagram alir penataan PJU

Program utama Penataan dapat dilihat pada gambar 5 berikut



Gambar 5 Diagram alir program utama

4. Pembuatan software aplikasi penataan lampu PJU.

Pada pembuatan perangkat lunak (*software*) bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman *Microsoft Visual Basic 6 (VB6) Enterprise Edition*, dan dirancang maupun dikompilasi sepenuhnya dalam lingkungan sistem operasi *Microsoft Windows XP*. Program yang dibuat ini memiliki tiga form utama, yaitu form Menu

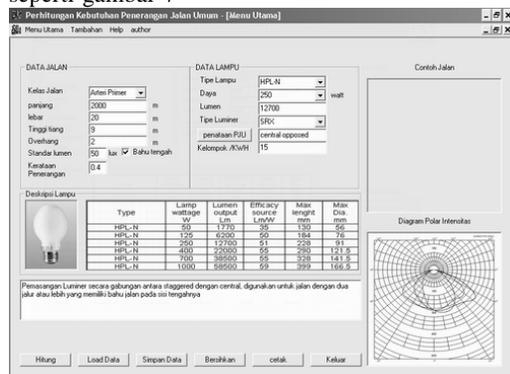
Utama, form Pengaturan PJU, dan form Hasil Perhitungan.

4. Pengujian software aplikasi

Pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi, dimana terdapat suatu daerah dengan beberapa kelas jalan dan kebenaran software ini dibandingkan dengan hasil perhitungan secara manual.

4. Hasil dan Pembahasan

Semua input yang berupa informasi atau data tentang jalan, Data lampu serta spesifikasi lampu yang terdapat dalam program akan dimasukkan. Metode pengaturan PJU serta deskripsi singkatnya juga dimasukkan pada form ini. Tampilan dari form menu utama yang dapat dipilih untuk form satu kelas jalan terlihat pada gambar 6 dan form untuk satu wilayah seperti gambar 7

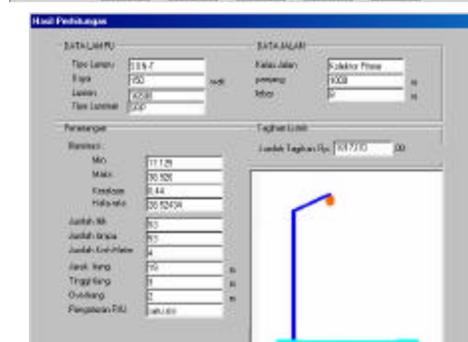


Gambar 6 Menu Utama satu kelas jalan

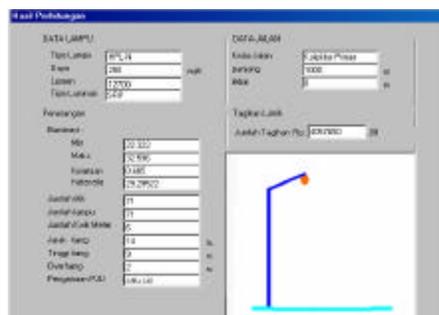
Gambar 7. Menu Utama satu wilayah

Metode penataan satu sisi digunakan untuk lampu dengan tinggi gantung (*mounting height, MH*) kurang dari atau sama dengan lebar jalan. Sedangkan metode *staggered* digunakan untuk lampu dengan tinggi gantungkurang dari satu setengah lebar jalan , dan lebih dari lebar jalan ($L < MH < 1.5L$), sedangkan penataan lampu metode *opposed* digunakan untuk jalan yang lebarnya lebih dari satu setengah tinggi gantung lampu, penggunaan metode-metode ini didasarkan pada kebutuhan kerataan akan intensitas penerangan.

Untuk jalan yang memiliki bahu tengah, maka pengaturan PJU-nya sama dengan jalan tanpa bahu tengah, dengan menganggap tiap jalan merupakan jalan yang berbeda. Setelah mengisi form pengaturan PJU, maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui jarak paling optimal.



Gambar 8 Hasil optimasi lampu SONT 150 Watt



Gambar 9 Hasil optimasi lampu HPLN 250 Watt

Dengan menggunakan data wilayah seperti Kabupaten /kota yang dengan memberi masukan data kelas jalan yang dimiliki oleh wlayah tersebut ditunjukkan pada gambar 10 dan hasil tagihan pembayaran listrik gambar 11



Gambar 10 Hasil Penataan PJU

Jumlah Tagihan	
Arteri Primer	Rp. 742950,00
arteri Sekunder	Rp. 3429000,00
Kolektor Primer	Rp. 3337560,00
Kolektor Sekunder	Rp. 944118,00
Jalan Lingkungan	Rp. 571500,00
Total Tagihan	Rp. 9025128,00

Gambar 11 Tagihan pembayaran PJU

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian, data, gambar dan hasil perhitungan yang telah diberikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan software penataan lampu PJU yang dapat dipergunakan untuk mengevaluasi PJU yang terpasang di Kabupaten dan kota sehingga dapat diketahui analisa teknik dan ekonomi pemasangan PJU tersebut.
2. Dengan penataan PJU dengan berbagai kelas jalan, model penataan lampu yang berbeda maka biaya listrik setiap bulan untuk PJU yang dipasang KWH meter dengan lebih kecil dibanding biaya listrik PJU tanpa KWH meter. Biaya pembayaran listrik setiap bulanya akan semakin kecil apabila pemilihan lampu tepat

(lampu hemat energi) yaitu jenis SONT

6. Daftar Pustaka

- Christian D., Lestari P. 1991. Teknik Pencahayaan dan Tata Letak Lampu. Artolite-Grasindo.
- Fischer, D. 1975. Lighting Manual. 2nd Ed. N.V. Gloeilampenfabriek. Netherlands.
- Kusumo, A.S. 2002. Buku Latihan Pemrograman dengan Visual Basic 6. Gramedia, Jakarta.
- McGuinness, William J. 1981. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 6th Ed. John Wiley and Sons.
- NN. 1976. IEEE Recommended practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (std 144-1976)
- NN. 1983. Desain Kriteria Jaringan Distribusi Jawa Tengah. PLN Distribusi Jawa Tengah
- NN. 2003. Efficient Street Lighting Design Guide. Connecticut Light and Power Company. Connecticut, North America.
- P. Van Harten. 1991. Instalasi Arus Kuat 1,2,3. Bina Cipta, Bandung.
- Turan T. 1986. Electrical on Power Distribution System Engineering. Mc Graw Hill Book Company, New York.