

**PERANCANGAN PENATAAN LAMPU PENERANGAN
JALAN UMUM SEBAGAI UPAYA PENGHEMATAN
BIAYA ENERGI LISTRIK**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian prasyarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

TRI WAHYUDI YUSTIONO
NIM. 0001060395-63

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2007**



**PERANCANGAN PENATAAN LAMPU PENERANGAN
JALAN UMUM SEBAGAI UPAYA PENGHEMATAN
BIAYA ENERGI LISTRIK**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian prasyarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

TRI WAHYUDI YUSTIONO
NIM : 0001060395-63

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Harry Soekotjo Dachlan, M.Sc.
NIP. 131 586 562

Ir. Soemarwanto
NIP. 130 873 485



**PERANCANGAN PENATAAN LAMPU PENERANGAN
JALAN UMUM SEBAGAI UPAYA PENGHEMATAN
BIAYA ENERGI LISTRIK**

Disusun oleh :

TRI WAHYUDI YUSTIONO

NIM. 0001060395 - 63

**Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 9 Agustus 2007**

DOSEN PENGUJI

**Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.
NIP. 131 699 002**

**Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.
NIP. 132 143 040**

**Ir. Choiri
NIP. 130 703 042**

**Ir. Hery Purnomo
NIP. 131 131 027**

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Ir. Heru Nurwasito, M.Kom.
NIP. 131 879 033**

PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **"Perancangan Penataan Lampu Penerangan Jalan Umum Sebagai Upaya Penghematan Biaya Energi Listrik"** dengan baik.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Sistem Tenaga Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

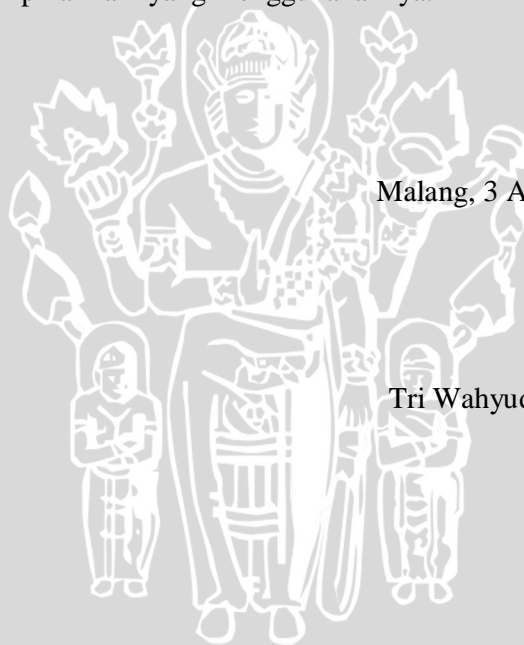
Tak banyak yang bisa penyusun sampaikan kecuali ungkapan terima kasih, syukur, dan doa kepada berbagai pihak yang telah dengan tulus ikhlas memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan hingga penulisan Skripsi ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan kali ini, dengan segala kesungguhan dan rasa rendah hati, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu yang selalu mencurahkan kasih, mendoakan, serta mendukung Ananda dalam menyelesaikan studi dan tugas akhir ini;
2. Bapak Harry Soekotjo Dachlan, Dr, Ir, Msc, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan masukan dan koreksi dalam penyusunan Skripsi ini.
3. Bapak Soemarwanto, Ir, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan terhadap penyusunan Skripsi ini.
4. Bapak Heru Nurwasito, Ir, Mkom, dan Bapak Rudy Yuwono, ST, MSc, selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro dan segenap Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Mbak Titin, Mbak Dedek, Ocky, Istriku Ayik dan Anakku tercinta Iza yang telah banyak memberikan dukungan dan doa bagi penyusun.
6. Rekan-rekan di TPTIFT (Tim Pengembangan Teknologi Informasi Fakultas Teknik) yang telah memberikan banyak bantuan moril dan materiil sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi ini.
7. Teman-temanku di SCS (Student Computer Service) dan UPPTI Brawijaya yang telah banyak memberikan bantuan, saran, dan arahan kepada penyusun.

8. Rekan-rekan seluruh mahasiswa Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya khususnya rekan-rekan angkatan 2000 (WEB2000) yang ikut membantu kelancaran penyusunan Skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu di sini, sehingga dapat terselesaikannya Skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan kebahagiaan dan kesuksesan atas segala budi baik dan bantuannya yang telah diberikan kepada penyusun.

Penyusun menyadari bahwa Skripsi ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari sempurna, untuk itu tegur sapa, saran, dan kritik yang membangun sangat penyusun harapkan. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi penyusun maupun pihak lain yang menggunakannya.



Malang, 3 Agustus 2007

Tri Wahyudi Yustiono

ABSTRAK

Tri Wahyudi Yustiono. 2007. **Perancangan Penataan Lampu Penerangan Jalan Umum sebagai Upaya Penghematan Biaya Energi Listrik**. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Harry Soekotjo Dachlan, MSc. dan Ir. Soemarwanto

Penerangan yang baik sangat memegang peranan penting di dalam kehidupan manusia. Energi listrik merupakan pilihan bagi manusia untuk dirubah menjadi energi cahaya. Salah satu unsur terpenting dalam sistem penerangan adalah lampu. Dengan semakin berkembangnya sarana dan prasarana di Indonesia khususnya pada pemerintah kabupaten dan kota mengakibatkan banyaknya tuntutan dari masyarakat masalah perlengkapan jalan. Salah satu perlengkapan jalan yang sangat dibutuhkan pada saat ini adalah Penerangan Jalan Umum (PJU). Permasalahan 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 dan lampu penerangan jalan liar yang dipasang sendiri oleh masyarakat.

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 yang prosentasenya pajaknya ditetapkan oleh masing-masing pemerintah Kabupaten atau Kota. Beban pembayaran rekening listrik PJU pada masing-masing kabupaten dan kota semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah lampu PJU yang terpasang. Kondisi seperti ini yang memberatkan pemerintah kabupaten dan kota untuk menutupi kekurangan biaya listrik untuk PJU.

Salah satu solusi untuk mengurangi beban tagihan rekening listrik PJU pada pemkot atau pemda yaitu dengan cara mengganti lampu jalan jenis merkuri yang banyak dipakai saat ini dengan lampu jenis metal halida. Berdasarkan hasil perhitungan daya pada lampu metal halida diperoleh penghematan sebesar 1.275 kWh. Dengan pemakaian lampu jenis metal halida juga diperoleh penghematan biaya total yang terdiri dari biaya investasi dan biaya pemakaian energi sebesar Rp. 7.649.441,64 tiap km dibandingkan dengan pemakaian lampu jenis merkuri selama pemakaian 1 tahun.

kata kunci : penerangan jalan umum (PJU), metal halida, merkuri, luminer.

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
ABSTRAKSI	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Pembahasan	2
II DASAR TEORI	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Jalan	4
2.2.1 Desain Penerangan Jalan	4
2.2.2 Kelas Jalan	5
2.3 Sistem Penerangan Jalan	6
2.3.1 Pengertian	6
2.3.2 Fungsi	7
2.3.3 Spesifikasi teknis Lampu Penerangan Jalan	7
2.3.3.1 Jenis Lampu	7
2.3.3.2 Umur Lampu	8
2.3.3.3 Tipe luminer	9
2.3.3.4 Koefisien Pemakaian	10
2.3.3.5 Faktor Pemeliharaan	10
2.3.3.6 Gambaran Perencanaan dan penempatan Lampu	12
2.3.3.7 Besaran-besaran Kriteria Penempatan	13
2.4 Istilah dan Persamaan pada Sistem Penerangan Jalan	13
2.4.1 Istilah Sistem Penerangan	13
2.4.2 Persamaan Sistem Penerangan	14
2.5 Sistem Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jalan	17
2.5.1 Kriteria Perencanaan	17
2.5.2 Kriteria Penempatan	18
III METODE PENELITIAN	22
3.1 Studi literatur	22
3.2 Pengumpulan Data	22
3.3 Analisis Masalah	22
3.3.1 Menentukan Besar Daya Lampu	22
3.3.2 Penentuan Jenis Lampu	23
3.3.3 Perbandingan Biaya	23
3.4 Diagram Alir Penelitian	23

3.5	Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	24
IV	PERANCANGAN PENATAAN PENERANGAN JALAN UMUM	25
4.1	Data Perencanaan Penerangan Jalan umum	25
4.1.1	Klasifikasi Jalan	25
4.1.2	Jenis dan Umur Lampu	26
4.1.3	Tipe Luminer	27
4.1.4	Koefisien Pemakaian	27
4.1.5	Faktor Pemeliharaan	29
4.1.6	Sistem Penempatan Lampu	29
4.1.7	Harga Lampu dan biaya Energi Listrik	30
4.1.8	Jumlah Lampu	31
4.2	Perhitungan Daya dan Energi Lampu	32
4.2.1	Perhitungan Daya dan Energi Lampu Merkuri	33
4.2.2	Perhitungan Daya dan Energi Lampu Metal Halida	34
4.3	Perhitungan Biaya Energi Listrik dan Biaya Investasi	35
4.3.1	Perhitungan Biaya Lampu Merkuri	35
4.3.2	Perhitungan Biaya Lampu Metal Halida	37
4.4	Perbandingan Total Biaya Energi Listrik dan Biaya Investasi	38
4.4.1	Total Daya dan Energi Lampu Merkuri dan Metal Halida	38
4.4.2	Total Biaya Lampu Merkuri dan Metal Halida	39
4.4.3	Perbandingan Biaya Total	39
V	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	42

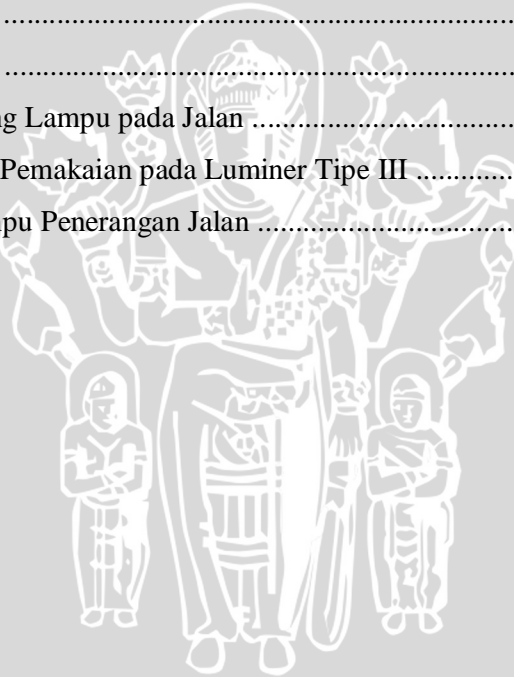
DAFTAR TABEL

2.1	Kualitas Penerangan menurut Klasifikasi Jalan	5
2.2	Perbandingan Spesifikasi Jenis Lampu	8
2.3	Besaran Kriteria Penempatan Lampu Penerangan Jalan	13
2.4	Sistem Penempatan Lampu Penerangan Jalan	18
2.5	Penataan Penempatan Lampu Penerangan Jalan	19
4.1	Harga Lampu dalam Rupiah	30
4.2	Tarif Dasar Listrik untuk Penerangan Jalan Umum	31
4.3	Total Daya dan Energi pada Lampu Merkuri	38
4.4	Total Daya dan Energi pada Lampu Metal Halida	39
4.5	Total Biaya pada Lampu Merkuri dalam Rupiah	39
4.6	Total Biaya pada Lampu Metal Halida dalam Rupiah	39
4.7	Perbandingan Biaya Total berdasarkan Jenis Lampu dalam Rupiah	39



DAFTAR GAMBAR

2.1	Contoh Tipe Luminer yang berbeda	9
2.2	Contoh Kurva Koefisien Pemakaian pada Luminer Tipe III	10
2.3	Kurva Penurunan Lumen Lampu	11
2.4	Kurva Penurunan Pengotoran Luminer	11
2.5	Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jalan	12
2.6	Tipikal Lampu Penerangan Secara Umum	20
2.7	Tipikal Lampu Penerangan pada Jalan Satu Arah	21
2.8	Tipikal Lampu Penerangan pada Jalan Dua Arah	21
3.1	Diagram Alir Proses Penelitian	23
4.1	Rancangan Jalan	25
4.2	Luminer Tipe III	27
4.3	Penempatan Tiang Lampu pada Jalan	28
4.4	Kurva Koefisien Pemakaian pada Luminer Tipe III	28
4.5	Penempatan Lampu Penerangan Jalan	30



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Tabel Suku Bunga 10 %	42
Lampiran B	Spesifikasi Luminer tipe <i>Cobra Head</i>	43



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 tinggi tetapi lux rendah), dan juga semakin banyaknya lampu penerangan jalan liar yang dipasang sendiri oleh masyarakat. Masih banyak juga pemasangan lampu PJU yang belum sesuai dengan standarisasi dari pemerintah, jadi pemasangannya tidak sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.

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 seiring dengan bertambahnya lampu PJU yang terpasang di jalan. Kondisi ini sangat memberatkan Pemerintah Kabupaten dan Kota 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 skripsi ini akan dibuat suatu analisis untuk mengetahui seberapa besar sebenarnya kebutuhan energi listrik untuk PJU pada kelas jalan yang telah ditentukan, sehingga diharapkan dapat diketahui berapa besar biaya yang perlu dikeluarkan pemerintah dalam membayar

rekening PJU serta dapat dipergunakan sebagai acuan Pemerintah Daerah dan investor untuk mengadakan perencanaan penataan PJU dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang ada, terdapat beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini yaitu:

1. Lampu jalan jenis apa yang lebih efisien untuk suatu PJU ditinjau dari segi teknis dan ekonomisnya.
2. Berapa besar pemakaian energi listrik yang bisa dihemat pada suatu PJU dari jenis lampu jalan yang berbeda.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi terdapat batasan masalah, yaitu :

1. Jenis jalan yang digunakan sebagai acuan adalah jalan kolektor dengan area klasifikasi komersial.
2. Jenis lampu yang akan digunakan untuk penghematan biaya energi listrik yang dipakai adalah lampu jenis merkuri dan metal halida.
3. Analisis ekonomis yang dilakukan pada skripsi ini hanya pada besar daya lampu dan biaya investasi lampu.
4. Jaringan listrik yang digunakan berupa jaringan listrik 3 fasa, 4 kawat, 220 V, 50 Hz.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembahasan dalam skripsi ini adalah merancang penataan lampu jalan pada penerangan jalan umum untuk mendapatkan besar daya yang dibutuhkan dan jenis lampu jalan yang paling efisien untuk menghemat pemakaian energi listrik ditinjau dari aspek teknis dan ekonomis.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam skripsi ini akan diberikan uraian singkat dengan susunan sebagai berikut :

BAB I : Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.

BAB II : Menjelaskan teori-teori dasar dalam perancangan penataan lampu jalan pada penerangan jalan umum.

BAB III : Berisi tentang metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini yaitu studi literatur, pengambilan data, diagram alir perhitungan, analisis masalah, dan penarikan kesimpulan.

BAB IV : Membahas tentang perhitungan dan perencanaan penataan PJU yang hemat energi dari segi teknis maupun ekonomis.

BAB V : Memuat kesimpulan dan saran dari hasil analisis dalam skripsi ini.



BAB II DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan

Dasar perencanaan sebuah Penerangan Jalan Umum (PJU) yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut : (Subagya Sastrosoegito, 1991 : 4)

- Volume lalu lintas baik kendaraan maupun lingkungan yang berinterferensi seperti pejalan kaki, sepeda, dll.
- Tipikal potongan melintang jalan, situasi/layout jalan dan persimpangan jalan.
- Geometrik jalan seperti alinemen horizontal dan vertikal, dll.
- Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan.
- Pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya/lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik.
- Tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan, dll. agar perencanaan lampu penerangan efektif dan ekonomis.
- Rencana jangka panjang pengembangan jalan dan pengembangan daerah sekitarnya.
- Data kecelakaan dan kerawanan di lokasi.

2.2 Jalan

2.2.1 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 antar lampu yang akan dipakai. Yang akhirnya juga bergantung pada lebar jalan yang ada.

2.2.2 Kelas Jalan

Untuk merancang suatu Penerangan Jalan Umum terdapat beberapa jenis kelas jalan, yaitu : (Department of Transportation Minnesota, 2003 : 5-5)

a. Jalan Bebas Hambatan (Tol)

Merupakan jalur jalan arteri untuk lalu lintas cepat dengan akses kontrol penuh atau sebagian dan umumnya dengan belokan pada jalan simpangan besar.

b. Jalan Arteri

Merupakan jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional, lalu-lintas sangat padat pada jalan ini, sehingga perlu penerangan jalan yang optimal.

c. Jalan Kolektor

Merupakan jalur pengumpul dari jalan-jalan lingkungan di sekitarnya yang akan bermuara pada jalan arteri dan sebagai jalur penghubung antara jalan arteri dan jalan lokal.

d. Jalan Lokal

Merupakan jalur jalan utama yang mempunyai akses langsung dengan lingkungan perumahan, pedesaan dan industri.

Tabel 2.1 berikut ini memperlihatkan kualitas penerangan menurut klasifikasi jalan.

Tabel 2.1 Kualitas penerangan menurut klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Klasifikasi Area	Klasifikasi Aspal			Kemerataan Cahaya
		R1 lux	R2 & R3 lux	R4 lux	
Bebas Hambatan (Tol)	Komersial	10	14	13	3 : 1
	Menengah	8	12	10	
	Pemukiman	6	9	8	
Arteri	Komersial	12	17	15	3 : 1
	Menengah	9	13	11	
	Pemukiman	6	9	8	
Kolektor	Komersial	8	12	10	4 : 1
	Menengah	6	9	8	
	Pemukiman	4	6	5	
Lokal	Komersial	6	9	8	6 : 1
	Menengah	5	7	6	
	Pemukiman	3	4	4	

Sumber : Department Transportation of Minnesota, 2003 : 5-5

Keterangan tabel 2.1 :

R1 = Semen/Beton, R2 = Aspal/Kerikil, R3 = Aspal/Tekstur Kasar

R4 = Aspal/Tekstur Halus

Pembagian klasifikasi area terdiri dari : (Department of Transportation Minnesota, 2003 : 5-6)

a. Komersial

Bagian kota yang dalam perkembangan bisnis di mana banyak pejalan kaki dan banyak dibutuhkan tempat parkir selama waktu lalu lintas penuh. Klasifikasi ini diterapkan pada daerah kerja padat yang berkembang pada bagian pusat kota.

b. Menengah

Bagian kota yang berada di luar daerah yang ramai tapi umumnya dalam zona pengaruh perkembangan industri, dikategorikan dengan lalu lintas pejalan kaki pada malam hari yang cukup ramai dan pergantian parkir yang agak jarang dibanding daerah komersial. Klasifikasi ini menyangkut daerah apartemen yang berkembang padat, rumah sakit, perpustakaan umum, dan pusat rekreasi.

c. Pemukiman

Pemukiman yang berkembang, percampuran antara perkembangan pemukiman dan komersial, dikategorikan dengan sedikit pejalan kaki dan permintaan parkir yang rendah dan pergantian pada malam hari. Definisi ini termasuk daerah dengan rumah perkotaan, ataupun apartemen kecil. Taman dalam kota, makam dan tanah kosong termasuk di dalamnya.

2.3 Lampu Penerangan Jalan

2.3.1 Pengertian

Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat dipasang di kiri atau kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan (*intersection*), jalan layang (*interchange, overpass, fly over*), jembatan dan jalan di bawah tanah (*underpass, terowongan*).

Lampu penerangan yang dimaksud adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (lampu/luminer), elemen-elemen optik (pemantul/*reflector*, pembias/*refractor*, penyebar/*diffuser*), elemen-elemen elektrik (konektor ke sumber tenaga dll.), struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang, tiang penopang vertikal dan pondasi tiang lampu. (Subagya Sastrosoegito, 1991 : 2)

2.3.2 Fungsi

Beberapa fungsi dari Lampu Penerangan Jalan antara lain : (Subagya Sastrosoegito, 1991 : 1)

- untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengendara, khususnya untuk mengantisipasi situasi perjalanan pada malam hari.
- memberi penerangan sebaik-baiknya menyerupai kondisi di siang hari.
- untuk keamanan lingkungan atau mencegah kriminalitas.
- untuk memberikan kenyamanan dan keindahan lingkungan jalan.

2.3.3 Spesifikasi Teknis Lampu Penerangan Jalan

2.3.3.1 Jenis lampu

Lampu jalan umumnya menggunakan lampu dari golongan gas bebas. Cahaya dari lampu jenis ini dihasilkan saat arus listrik melewati kontainer gas, menyebabkan gas yang bertekanan menghasilkan karakteristik berkas cahaya. Lampu ini terdiri atas sodium bertekanan tinggi, sodium bertekanan rendah, metal halida, dan merkuri. Masa operasi, efikasi lumen, pembawaan warna, kontrol optik, dan biaya operasi dan perawatan adalah pertimbangan saat memilih jenis apa yang akan digunakan. (Eric R. Green dkk, 2003 : 10)

a. Lampu sodium bertekanan tinggi merupakan sumber cahaya yang paling banyak digunakan untuk lampu jalan raya. Ini karena mereka memiliki masa operasi yang panjang (rata-rata 24.000 jam), efikasi lampu yang tinggi, dan relatif berukuran kecil. Ukuran yang kecil memungkinkan penggunaan output sinar yang dapat diatur ketika digunakan dengan pemantul efisien, pembias dan lensa. Kekurangannya adalah pembawaan warna merah muda atau oranye dan waktu pemutusan panjang saat interupsi daya sesaat.

b. Lampu sodium bertekanan rendah juga mempunyai efikasi lampu tinggi, meskipun tidak mempunyai masa operasi yang lama seperti lampu sodium bertekanan tinggi atau merkuri. Ia memiliki waktu pemutusan relatif pendek saat

interupsi daya sesaat. Biaya instalasi dan perawatan dapat menjadi pertimbangan besar dalam pemilihan produk. Lampu ini mempunyai pipa busar yang sangat besar, yang membuatnya sulit untuk mengendalikan output sinar lampu secara efisien. Pencahayaan sodium bertekanan rendah menghasilkan warna kuning monokromatik.

c. Lampu metal halida ditemukan hanya untuk penggunaan tertentu karena masa operasi yang pendek. Tetapi, lampu ini mempunyai pembawaan warna yang sangat baik, mempunyai efisiensi cukup sampai tinggi untuk lampu jalan, kontrol cahaya yang baik karena ukurannya yang kecil, dan menghasilkan cahaya berwarna putih kebiru-biruan.

d. Lampu merkuri menawarkan pengecualian masa operasi panjang, tetapi memiliki efisiensi lumen hanya kira-kira setengah dari lampu sodium bertekanan-tinggi. Lampu merkuri menghasilkan cahaya berwarna putih kebiru-biruan.

Perbandingan lampu penerangan jalan ditinjau dari jenisnya dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Perbandingan Spesifikasi Jenis Lampu

TIPE LAMPU	BATASAN EFIKASI	UMUR LAMPU RATA ²	WARNA	KONTROL OPTIK	BIAYA AWAL LAMPU	BIAYA OPERASIONAL
Merkuri	25-60	24000	Sedang	Baik	Sedang	Sedang
Metal Halida	45-100	7500-15000	Baik	Baik	Tinggi	Rendah
Sodium Bertekanan Tinggi	65-125	20000-24000	Sedang	Sedang	Tinggi	Rendah
Sodium Bertekanan Rendah	100-180	18000	Jelek	Jelek	Tinggi	Rendah

Sumber : Eric R. Green dkk, 2003 : 11

2.3.3.2 Umur Lampu

Umur lampu dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

a. Umur Lampu Ekonomis

Umur lampu ekonomis adalah batas pemakaian dalam jangka waktu / jam dimana lumen output, color rendering, dan color temperature dalam keadaan stabil, umur ekonomis lampu 85% dari umur teknis.

b. Umur Lampu Teknis

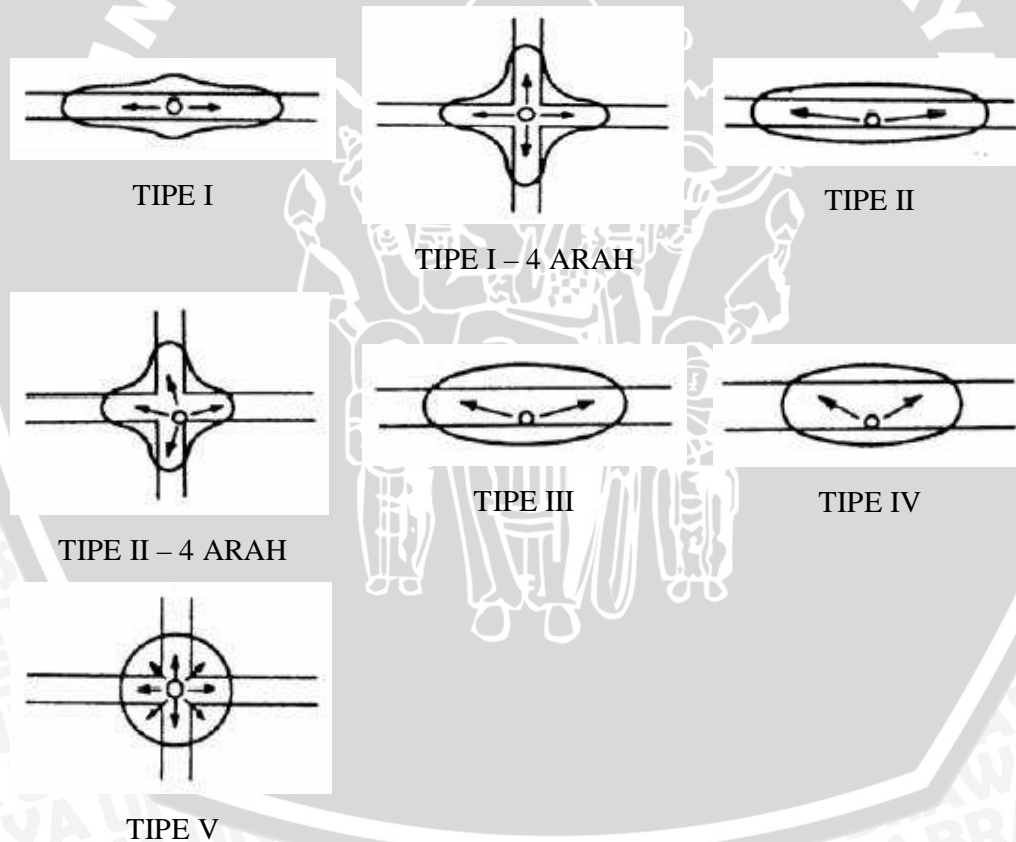
Umur lampu teknis adalah batas pemakaian dalam jangka waktu / jam dimana lumen output, color rendering, dan color temperature dalam keadaan tidak stabil, umur lampu secara teknis panjang (24.000 jam nyala untuk lampu PJU).

c. Umur Lampu Rata-rata

Umur lampu rata-rata adalah jangka waktu (jam) yang dikeluarkan oleh laboratorium pabrik lampu pembuatnya dengan dasar bahwa lampu tersebut telah diuji dalam kondisi ideal, dimana jangka waktu tersebut diambil pada saat 50% dari populasi lampu yang diuji tersebut mati dengan tingkat pensaklaran normal.

2.3.3.3 Tipe Luminer

Beberapa tipe luminer dapat kita lihat pada gambar 2.1 berikut ini :



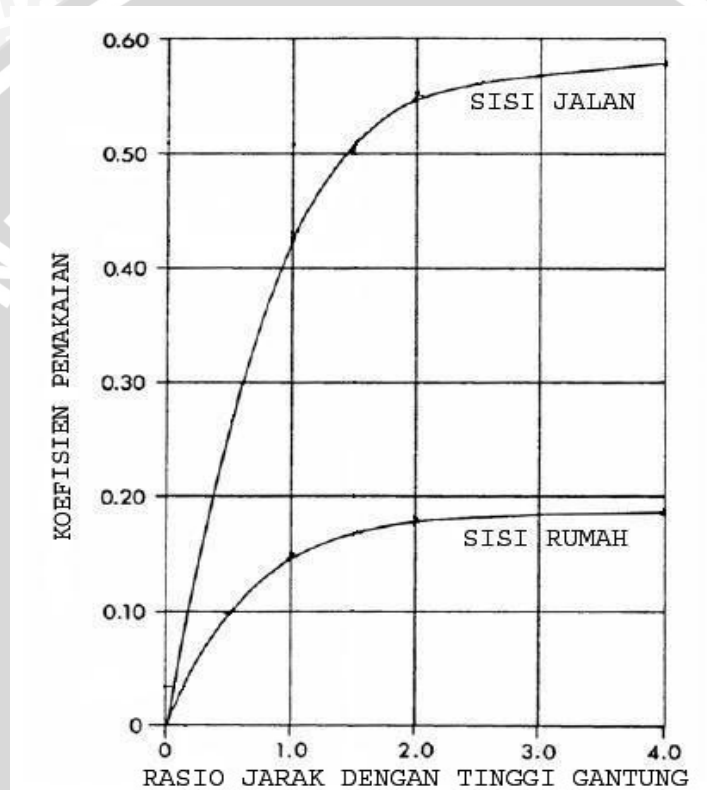
Gambar 2.1 Contoh tipe luminer yang berbeda

Sumber : Anonymous, 2006 : 11

2.3.3.4 Koefisien Pemakaian

Koefisien pemakaian diukur dalam persen dari total lumen lampu yang sebenarnya diberikan ke permukaan jalan. Pemakaian menurut jenis tipe pencahayaan, dan tergantung ukuran ketinggian, lebar jalan dan bahu jalan. (Urban Design Standards Manual, 2006 : 18)

Gambar 2.2 berikut ini memperlihatkan kurva koefisien pemakaian pada lumener tipe III.



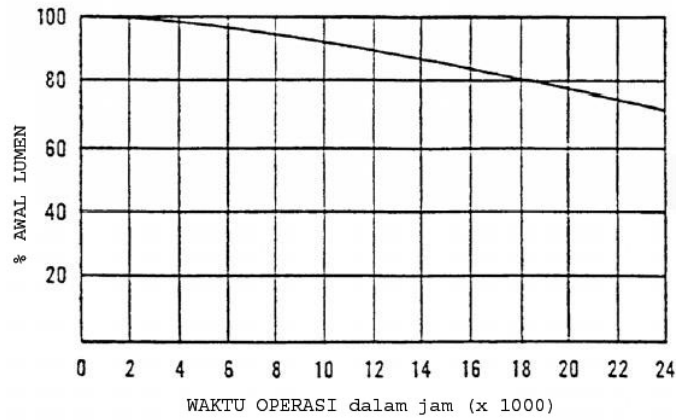
Gambar 2.2 Contoh Kurva Koefisien Pemakaian pada Lumener tipe III

Sumber : Anonymous, 2006 : 19

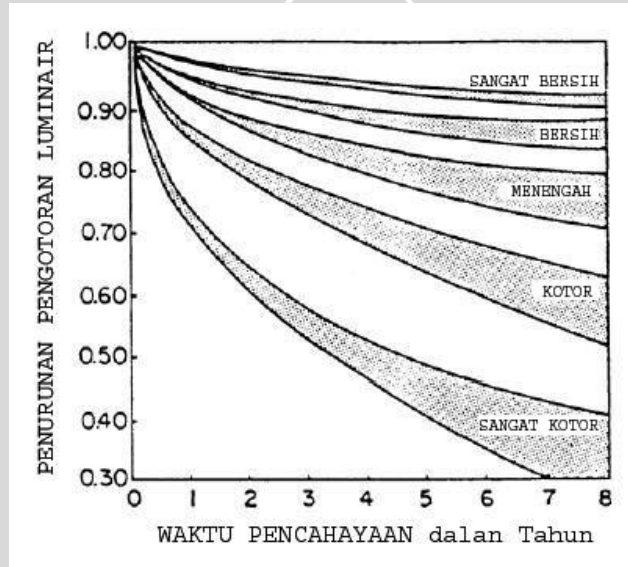
2.3.3.5 Faktor Pemeliharaan

Faktor utama pada kerugian cahaya adalah penurunan lumen lampu (*Lamp Lumen Depreciation*) dan penurunan pengotoran lumener (*Luminaire Dirt Depreciation*). Batasan khusus untuk LLD adalah dari 0,9 sampai 0,78. Batasan khusus untuk LDD adalah dari 0,95 sampai 0,78. Hasil kali dari dua faktor tadi kemudian disebut faktor pemeliharaan (Maintenance Factor). (Urban Design Standards Manual, 2006 : 17)

Gambar 2.3 dan 2.4 menunjukkan kurva penurunan lumen lampu dan pengotoran luminer.



Gambar 2.3 Kurva Penurunan Lumen Lampu



Gambar 2.4 Kurva Penurunan Pengotoran Luminer

Sumber : Department Transportation of Minnestota, 2003 : 4-6

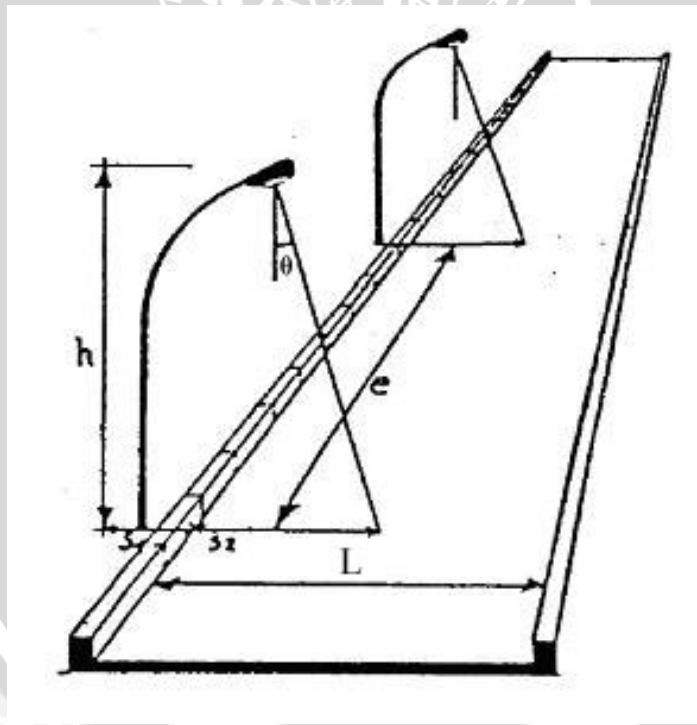
Penjelasan dari berbagai tipe pengotoran pada gambar 2.4 yaitu : (Department Transportation of Minnestota, 2003 : 4-6)

- a. SANGAT BERSIH – Tidak ada aktivitas peningkatan asap atau debu yang mendekati dan level pengotoran yang rendah. Umumnya terbatas untuk pedesaan atau tempat tinggal penduduk. Level pengotoran terkecil tidak lebih dari 150 mikrogram per meter kubik.

- b. BERSIH – Tidak ada aktivitas peningkatan asap atau debu yang mendekati. Layak untuk lalu lintas padat. Level pengotoran terkecil tidak lebih dari 300 mikrogram per meter kubik.
- c. MENENGAH – Aktivitas peningkatan asap atau debu yang mendekati sedang. Level pengotoran terkecil tidak lebih dari 600 mikrogram per meter kubik.
- d. KOTOR – Asap atau debu meningkat oleh aktivitas di dekatnya, kadang-kadang dapat menutupi luminer.
- e. SANGAT KOTOR – Seperti disebutkan di atas tetapi sebagian besar luminer tertutup oleh asap atau debu.

2.3.3.6 Gambaran umum perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan.

Gambaran umum perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5 Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jalan

Sumber : Subagya Sastrosoegito, 1991 : 9

Keterangan gambar 2.5 :

h : tinggi tiang lampu

- L : lebar jalan, termasuk median jika ada
- e : jarak interval antar tiang lampu
- $s_1 + s_2$: proyeksi kerucut cahaya lampu
- s_1 : jarak tiang lampu ke tepi perkerasan
- s_2 : jarak dari tepi perkerasan ke titik penyinaran terjauh
- θ : sudut inklinasi pencahayaan/penerangan

2.3.3.7 Besaran-besaran Kriteria Penempatan

Besaran-besaran Kriteria Penempatan dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini

Tabel 2.3 Besaran Kriteria Penempatan Lampu Penerangan Jalan

URAIAN		BESARAN - BESARAN
1.	Tinggi Tiang Lampu (h) - Lampu Standar Tinggi Tiang rata-rata digunakan - Lampu Menara Tinggi Tiang rata-rata digunakan	7 – 15 m 9 m 20 – 50 m 30 m
2.	Jarak Interval Tiang Lampu (e) - Minimum jarak interval tiang	30 m
3.	Jarak Tiang Lampu ke Tepi Perkerasan (s_1)	Minimum 0,7 m
4.	Jarak dari Tepi Perkerasan ke Titik Penerangan Terjauh (s_2)	Minimum $\frac{1}{2} L$
5.	Sudut Inklinasi (i)	$20^0 - 30^0$

Sumber : Subagya Sastrosoegito, 1991 : 10

Keterangan :

L = lebar jalan (meter)

2.4 Istilah dan Persamaan pada Sistem Penerangan Jalan

2.4.1 Istilah-istilah Sistem Penerangan

Besaran-besaran pencahayaan yang digunakan dalam skripsi ini yaitu :
(Department of Transportation Minnesota, 2003 : 2-1)

Luminer : Unit lengkap yang terdiri dari satu lampu atau lebih bersama dengan bagian-bagian lain dirancang untuk mendistribusikan cahaya, memposisikan dan melindungi lampu serta menghubungkan lampu ke sumber tegangan.

Illuminasi (E) : Kepadatan fluks pencahayaan pada permukaan ; hasil dari fluks dibagi dengan luas permukaan, saat permukaan diberi sinar secara serempak.

Lumen (lm) : Satuan ukuran dari jumlah cahaya.

Lumen Awal Lampu(ϕ) : Lumen awal lampu yang dikeluarkan dari sumber cahaya.

Koefisien Pemakaian (KP) : Faktor desain yang menyatakan prosentase lumen lampu yang digunakan untuk menyinari permukaan jalan. Faktor ini berdasarkan posisi relatif luminer pada daerah yang diberi sinar.

Faktor Penurunan Lumen Lampu (PLL) : Faktor desain yang digunakan untuk menurunkan keluaran lampu menurut pengurangan keluaran siklus usia.

Faktor Penurunan Pengotoran Luminer (PPL) : Faktor desain yang digunakan untuk menurunkan keluaran lampu menurut pengaruh kotoran interior dan eksterior luminer.

Faktor Pemeliharaan (FP) : Hasil kali dari PLL dengan PPL.

2.4.2 Persamaan-persamaan Sistem Penerangan

Berikut ini adalah beberapa persamaan-persamaan yang dipakai dalam pembahasan skripsi ini, yaitu :

- **Illuminasi** (Department Transportation of Minnestota, 2003 : 5-7)

$$E = \frac{\phi \times KP \times FP}{e \times L} \quad (2.1)$$

dengan :

E : Illuminasi dalam lux (lx) = lm/m²

ϕ : Fluks cahaya (lumen)

KP : Koefisien Pemakaian

FP : Faktor Pemeliharaan

e : Jarak antar lampu (m)

L : Lebar Jalan (m)

- **Faktor Pemeliharaan**

$$FP = PLL \times PPL \quad (2.2)$$

dengan :

FP : Faktor Pemeliharaan

PLL : Penurunan Lumen Lampu

PPL : Penurunan Pengotoran Luminer

- **Efikasi Cahaya**

$$K = \frac{\phi}{P} \quad (2.3)$$

dengan :

K : Efikasi cahaya (lm/watt)

P : Daya lampu (W)

ϕ : Fluks cahaya (lumen)

- **Jumlah Lampu** (Muhaimain, 2001 : 186)

$$n = \frac{x}{e} + 1 \quad (2.4)$$

dengan :

n : Jumlah lampu

x : Panjang Jalan (m)

e : Jarak antar lampu (m)

- **Daya Lampu Total**

$$P_{total} = P \times n \quad (2.5)$$

dengan :

P_{total} : Daya lampu total (W)

P : Daya lampu (W)

n : Jumlah lampu

- **Daya Lampu Tiap Bulan**

$$P_{bulan} = P_{total} \times t \quad (2.6)$$

dengan :

P_{bulan} : Daya Lampu total tiap bulan (kWh/bulan)

P_{total} : Daya lampu total (W)

t : waktu nyala (jam/bulan)

- **Biaya Beban**

$$K = S \times P_{total} \quad (2.7)$$

dengan :

K : Biaya Beban tiap bulan (Rp./bulan)

S : Tarif biaya beban tiap bulan (Rp./kVA/bulan)

P_{total} : Daya lampu total (kVA)

- **Biaya Pemakaian**

$$M = U \times P_{bulan} \quad (2.8)$$

dengan :

M : Biaya Pemakaian tiap bulan (Rp./bulan)

U : Tarif biaya pemakaian tiap bulan (Rp./kWh)

P_{bulan} : Daya lampu tiap bulan (kWh/bulan)

- **Biaya Total Tiap Bulan**

$$D = K + M \quad (2.9)$$

dengan :

D : Biaya Total tiap bulan (Rp./bulan)

K : Biaya Beban tiap bulan (Rp./bulan)

M : Biaya Pemakaian tiap bulan (Rp./bulan)

- **Nilai Tahunan Biaya** (Unggul Wibawa, 2002 : 98)

$$NTB = NS \text{ Biaya (A/P,i,n)} \quad (2.10)$$

dengan :

NTB : Nilai Tahunan Biaya

NS : Nilai Sekarang

A : Pembayaran setiap periode dengan jumlah yang sama.

P : Awal Penyimpanan uang

i : Tingkat suku bunga

n : Lama periode

2.5 Sistem Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jalan

Sistem penempatan lampu penerangan adalah susunan penempatan atau penataan lampu yang satu terhadap lampu yang lain. Sistem penempatan ada 2 (dua) sistem, yaitu : (Subagya Sastrosoegito, 1991 : 3)

b. Sistem Penempatan Menerus

Sistem penempatan menerus adalah sistem penempatan lampu penerangan jalan yang menerus/kontinyu di sepanjang jalan atau jembatan.

c. Sistem Penempatan Parsial

Sistem penempatan parsial adalah sistem penempatan lampu penerangan jalan pada suatu daerah-daerah tertentu atau pada suatu panjang jarak tertentu sesuai dengan keperluannya.

2.5.1 Kriteria Perencanaan

Dalam sistem Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jalan terdapat beberapa kriteria perencanaan, yaitu : (Subagya Sastrosoegito, 1991 : 7)

a. Penempatan lampu penerangan jalan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan :

- penerangan yang merata.
- keamanan dan kenyamanan bagi pengendara.
- arah dan petunjuk yang jelas.

Pada sistem penempatan parsial. lampu penerangan jalan harus memberikan adaptasi yang baik bagi penglihatan pengendara sehingga efek kesilauan dan ketidaknyamanan penglihatan dapat dikurangi.

b. Pemilihan jenis dan kualitas lampu penerangan jalan didasarkan efektifitas dan nilai ekonomi lampu. yaitu nilai efektifitas (lumen/watt) lampu yang tinggi umur rencana yang panjang.

c. Perbandingan Kemerataan Pencahayaan (*Uniformity Ratio*)

Uniformity Ratio adalah perbandingan harga antara nilai minimum dengan nilai rata-rata atau nilai maksimumnya dari suatu besaran kuat penerangan atau luminasi pada suatu permukaan jalan.

Uniformity Ratio 3 : 1 berarti rata-rata nilai kuat penerangan/luminasi adalah 3 (tiga) kali nilai kuat penerangan/luminasi pada suatu titik dari penerangan minimum pada permukaan/perkerasan jalan.

d. Pandangan Silau dan Pandangan Silhouette

Pandangan Silau adalah pandangan yang terjadi ketika suatu cahaya/sinar terang masuk di dalam area pandangan/penglihatan pengemudi yang dapat mengakibatkan ketidaknyamanan pandangan bahkan ketidakmampuan pandangan jika cahaya tersebut datang secara tiba-tiba.

Pandangan Silhouette adalah pandangan yang terjadi pada suatu kondisi dimana obyek yang gelap berada di latar belakang yang sangat terang, seperti pada kondisi lengkung alinemen vertikal yang cembung, persimpangan yang luas, pantulan dari perkerasan yang basah, dll.

2.5.2 Kriteria Penempatan

Dalam sistem Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jalan terdapat beberapa kriteria perencanaan, yaitu : (Subagya Sastrosoegito, 1991 : 9)

- a. Sistem penempatan lampu penerangan jalan yang disarankan adalah sebagai berikut seperti terlihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sistem Penempatan Lampu Penerangan Jalan

JENIS JALAN / JEMBATAN	SISTEM PENERAPAN LAMPU YANG DIGUNAKAN
- Jalan Bebas Hambatan / Tol	sistem menerus
- Jalan Arteri	sistem menerus dan parsial
- Jalan Kolektor	sistem menerus dan parsial
- Jalan Lokal	sistem menerus dan parsial
- Persimpangan, Interchange	sistem menerus
- Jembatan	sistem menerus
- Terowongan	sistem menerus bergradasi

Sumber : Subagya Sastrosoegito, 1991 : 9

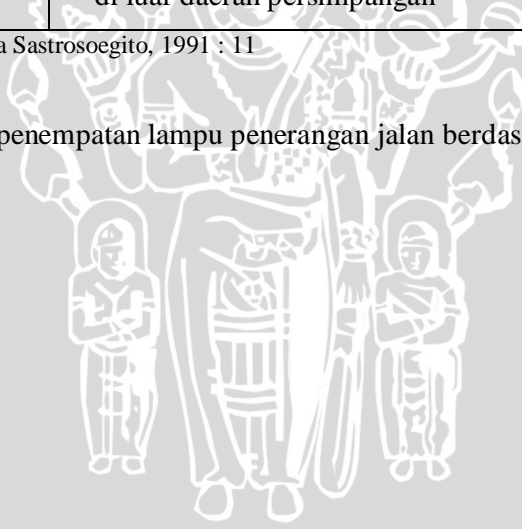
- b. Penataan Penempatan Lampu Penerangan Jalan diatur pada tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.5 Penataan Penempatan Lampu Penerangan Jalan

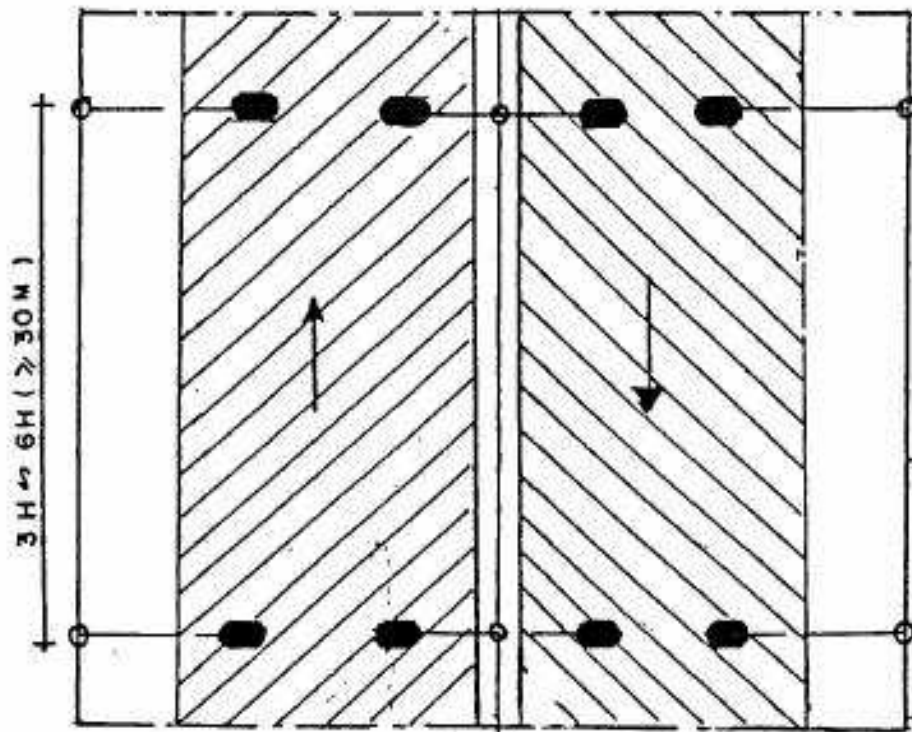
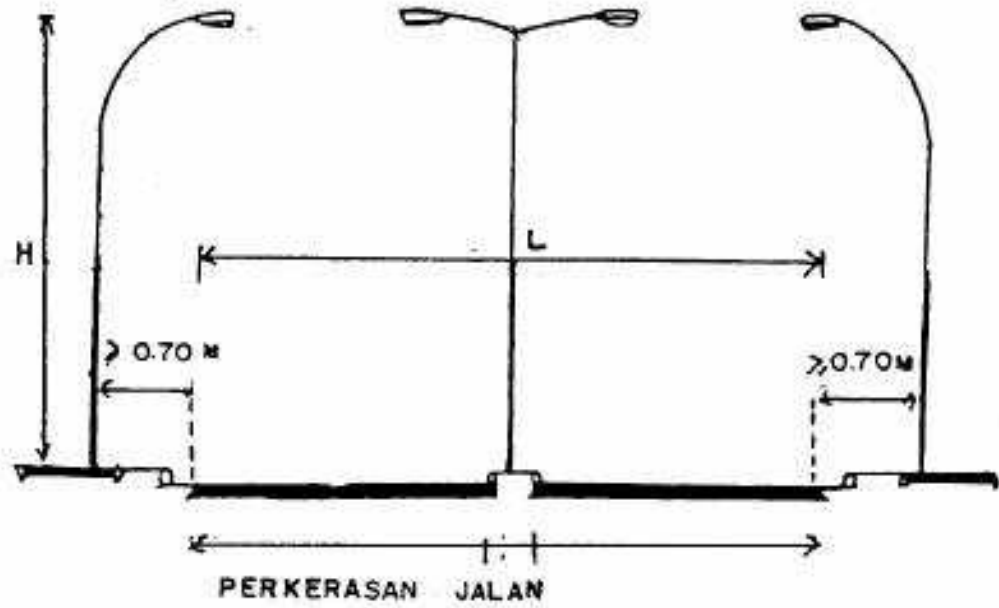
TEMPAT	PENATAAN LETAK
Jalan Satu Arah	<ul style="list-style-type: none"> - di Kiri atau Kanan jalan - di Kiri atau Kanan jalan berselang-seling - di Kiri atau Kanan jalan berhadapan - di bagian tengah / Median jalan
Jalan Dua Arah	<ul style="list-style-type: none"> - di bagian tengah / Median jalan - kombinasi antara di Kiri dan Kanan berhadapan dengan di bagian tengah jalan
Persimpangan	<ul style="list-style-type: none"> - dapat dilakukan dengan menggunakan lampu Menara dengan beberapa lampu, umumnya ditempatkan di pulau-pulau, di median jalan, di luar daerah persimpangan

Sumber : Subagya Sastrosoegito, 1991 : 11

- c. Gambaran umum penempatan lampu penerangan jalan berdasarkan pemilihan letaknya.



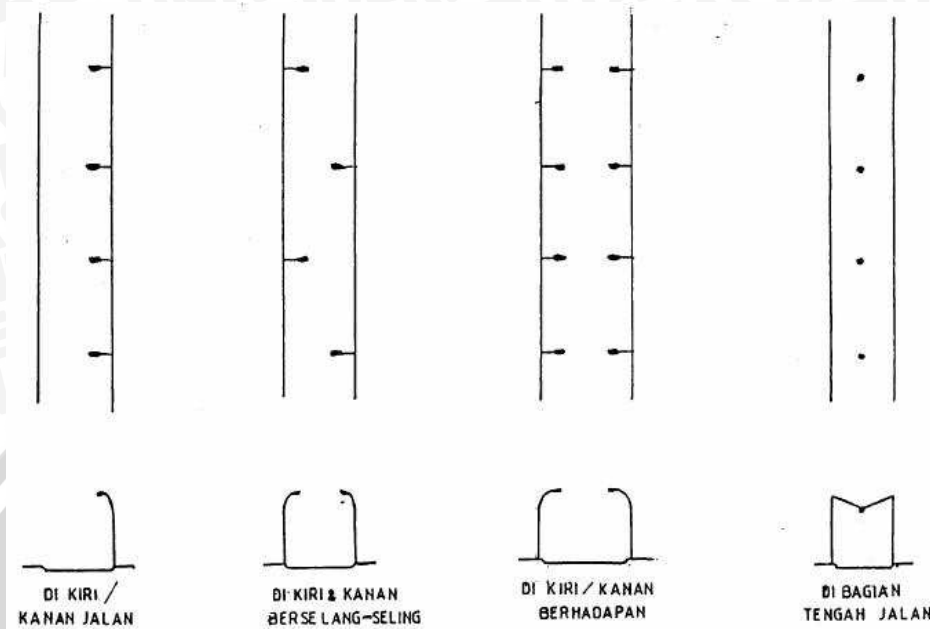
1. Tipikal lampu penerangan secara umum



Gambar 2. 6 Tipikal lampu penerangan secara umum

Sumber : Subagya Sastrosoegito, 1991 : 24

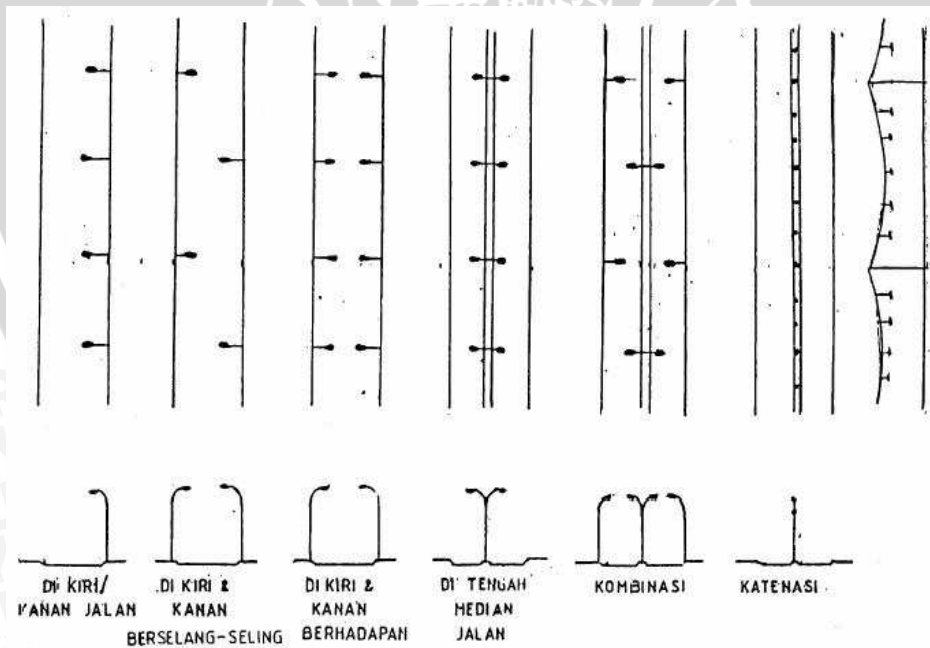
3. Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah



Gambar 2.7 Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah

Sumber : Subagya Sastrosogito, 1991 : 25

3. Tipikal lampu penerangan pada jalan dua arah



Gambar 2.8 Tipikal lampu penerangan pada jalan dua arah

Sumber : Subagya Sastrosogito, 1991 : 26

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

3.1 Studi Literatur

Studi pustaka ini dilakukan dengan mencari bahan-bahan yang terkait dengan permasalahan yang dibahas melalui buku-buku referensi, dan metode yang digunakan dalam analisis. Studi pustaka ini juga bertujuan untuk mempelajari teori-teori yang diperlukan dalam pembahasan mengenai perancangan penataan penerangan jalan umum serta membantu memberikan gambaran umum tentang permasalahan yang dibahas, dasar teori, dan data-data serta keterangan lain yang diperlukan dalam analisis. Untuk dapat memahami permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan tipe jalan dan perancangan penataan lampu penerangan jalan umum.

3.2 Pengambilan Data

Untuk dapat melakukan perencanaan penataan PJU dibutuhkan data-data yang berhubungan dengan jenis jalan dan jenis lampu jalan yang hemat energi. Data-data yang diperlukan dalam analisis didapatkan dari Dinas Pertamanan Kota Malang, internet dan toko pemasok lampu-lampu jalan di kota Malang.

3.3 Analisis Masalah

Penelitian tentang perancangan penataan lampu penerangan jalan umum dilakukan melalui tiga tahap berikut.

3.3.1 Menentukan Besar Daya Lampu

Penentuan besar daya lampu yang akan digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan cara menentukan terlebih dahulu kelas jalan yang digunakan, dalam hal ini digunakan kelas jalan tipe jalan kolektor dengan klasifikasi area Komersial. Setelah tipe jalan ditentukan maka selanjutnya dibuat perhitungan

berdasarkan rumus-rumus yang ada pada dasar teori untuk mendapatkan besar daya lampu yang akan digunakan atau dibutuhkan oleh kelas jalan tersebut.

3.3.2 Penentuan Jenis Lampu

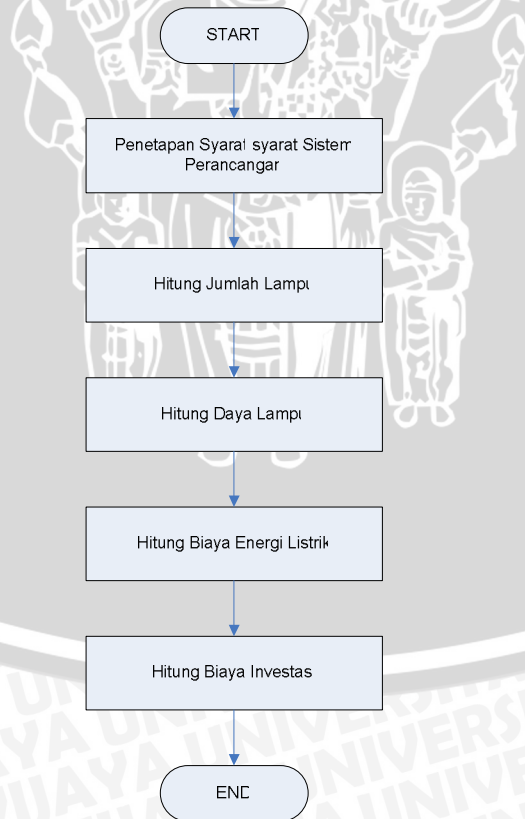
Setelah didapatkan besar daya lampu yang akan dibutuhkan maka ditentukan jenis lampu yang akan digunakan. Pada penelitian ini akan digunakan dua jenis lampu yaitu lampu jenis merkuri yang telah banyak digunakan pada penerangan jalan umum dan lampu metal halida.

3.3.3 Perbandingan Biaya

Dari kedua jenis lampu tersebut diatas kemudian dicari biaya investasi dan biaya energi listrik masing-masing lampu yang kemudian akan dibandingkan mana yang lebih efisien ditinjau dari segi teknis dan ekonomisnya.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah pada proses pembahasan dalam skripsi ini terlihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram alir proses penelitian

3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan didapat dari hasil perhitungan efisiensi kedua lampu tersebut diatas dalam perencanaan penataan PJU untuk mendapatkan penghematan biaya energi listrik yang dikeluarkan sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV PERANCANGAN PENATAAN PENERANGAN JALAN UMUM

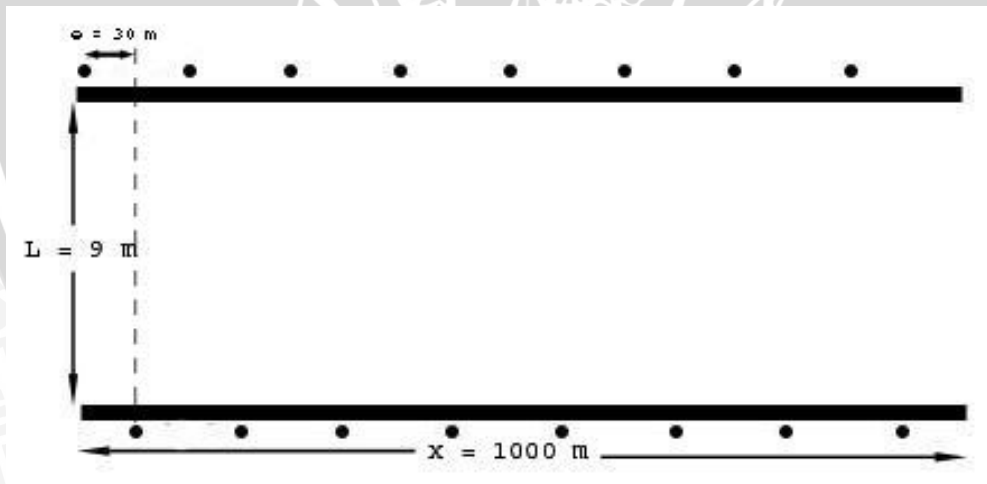
4.1 Data Perancangan Penerangan Jalan Umum

Dalam perancangan penataan penerangan jalan umum diperlukan beberapa data perancangan berikut ini.

4.1.1 Klasifikasi Jalan

Dalam skripsi ini untuk desain penerangan jalan berupa data jalan yang terdiri dari kelas jalan, panjang jalan dan lebar badan jalan semuanya ditentukan terlebih dahulu hanya sebagai bahan acuan untuk jenis data jalan yang lain.

Kelas jalan yang digunakan pada skripsi ini berupa kelas jalan tipe Kolektor dengan klasifikasi area yaitu komersial yang merupakan salah satu target pemasangan penerangan jalan disebabkan karena kebutuhan penerangan jalan pada tipe jalan ini sangat penting. Selain sebagai jalur pengumpul dari jalan-jalan lokal di sekitarnya jalur ini juga berfungsi sangat penting yaitu sebagai jalur penghubung dari jalan lokal ke jalan arteri. Gambar 4.1 berikut ini memperlihatkan rancangan jalan yang akan dijadikan acuan pada skripsi ini.



Gambar 4.1 Rancangan jalan

Panjang jalan yang digunakan pada skripsi ini juga hanya sebagai acuan, maka panjang jalan ditentukan terlebih dahulu. Panjang jalan yang digunakan sepanjang $x = 1000$ meter. Panjang jalan digunakan untuk perhitungan jumlah lampu yang akan digunakan sepanjang jalan tersebut, yang juga akan berpengaruh pada biaya investasi nantinya.

Lebar jalan juga sangat berpengaruh pada perhitungan daya lampu yang akan digunakan. Pada skripsi ini digunakan lebar jalan rata-rata yaitu $L = 9$ m. Jalan yang digunakan sebagai acuan ini termasuk pada tipikal jalan dua arah. Klasifikasi aspal yang digunakan adalah kondisi aspal jenis aspal dengan tekstur kasar.

Setelah ditentukan jenis jalan yang akan digunakan maka akan kita dapatkan data lain yang bersangkutan dengan pemilihan jenis jalan. Data tersebut adalah besarnya iluminasi dari tipe jalan yang ditentukan tersebut. Dari Tabel 2.1 dapat dilihat pada kelas jalan tipe kolektor dengan klasifikasi area komersial dan klasifikasi aspal dengan tekstur kasar maka kita dapatkan besarnya iluminasi $E = 12$ lux.

4.1.2 Jenis dan Umur Lampu

Jenis lampu sangat berpengaruh pada perencanaan penataan penerangan jalan karena dari berbagai jenis lampu yang ada mempunyai spesifikasi masing-masing yang dapat menjadi bahan pertimbangan pemilihan lampu tersebut. Pada skripsi ini hanya digunakan dua jenis lampu yang mempunyai kualitas warna cukup baik. Kedua lampu yang digunakan adalah jenis lampu merkuri dan metal halida. Pemilihan lampu tersebut dikarenakan kedua jenis lampu tersebut mempunyai kualitas warna yang cukup baik tetapi mempunyai beberapa perbedaan pada spesifikasi lainnya.

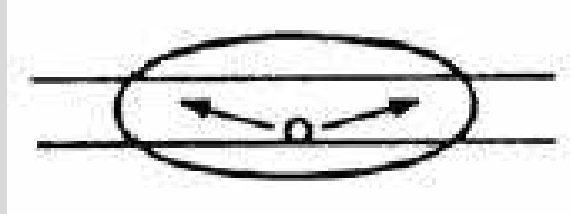
Pada jenis lampu merkuri mempunyai usia kerja yang relatif lama yaitu rata-rata 24000 jam lebih dan mempunyai biaya investasi yang relatif rendah. Tetapi pada jenis lampu ini mempunyai efisiensi lumen dan efikasi lampu yang sangat kecil dibanding dengan jenis lampu yang lain. Lampu jenis merkuri mempunyai efikasi lampu rata-rata $K = 50$. Pada jenis lampu ini juga mempunyai biaya operasional yang relatif lebih tinggi dari jenis lampu yang lain. Tetapi lampu jenis ini masih banyak bisa kita lihat pemakaiannya pada penerangan jalan-jalan umum.

Pada jenis lampu metal halida mempunyai usia kerja yang lebih kecil dibandingkan dengan lampu jenis merkuri. Lampu metal halida ini mempunyai usia kerja rata-rata 15000 jam. Jenis lampu ini mempunyai efisiensi lumen dan

efikasi lampu yang cukup tinggi yaitu rata-rata $K = 80$. Lampu jenis ini juga mempunyai biaya operasional yang rendah dibandingkan dengan lampu jenis merkuri, tetapi sangat tinggi untuk masalah biaya investasi. Lampu jenis ini masih jarang digunakan pada penerangan jalan umum.

4.1.3 Tipe Luminer

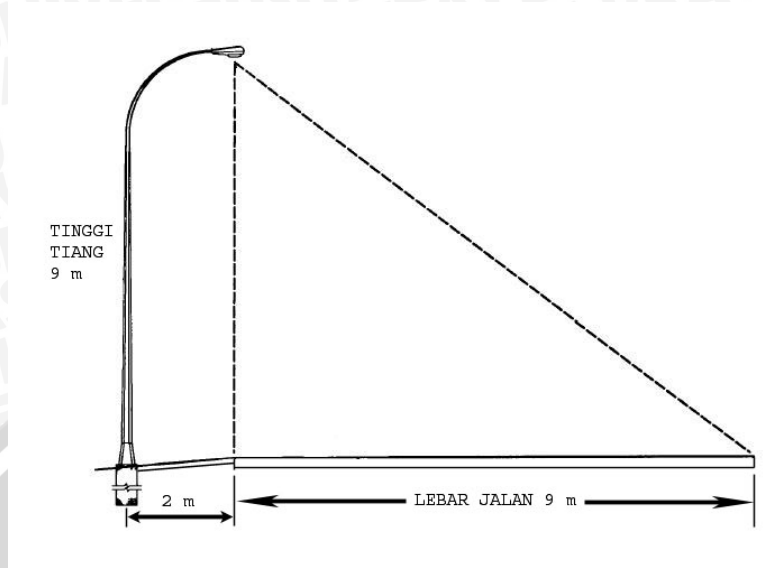
Pemilihan tipe luminer juga sangat berpengaruh pada perencanaan penataan penerangan lampu jalan. Terdapat beberapa tipe luminer pada Gambar 2.1 yang dapat kita gunakan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan pada jenis dan kondisi jalan. Pada skripsi ini hanya menggunakan jenis jalan lurus dua arah, maka jenis luminer yang digunakan yaitu tipe III seperti terlihat pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Luminer Tipe III

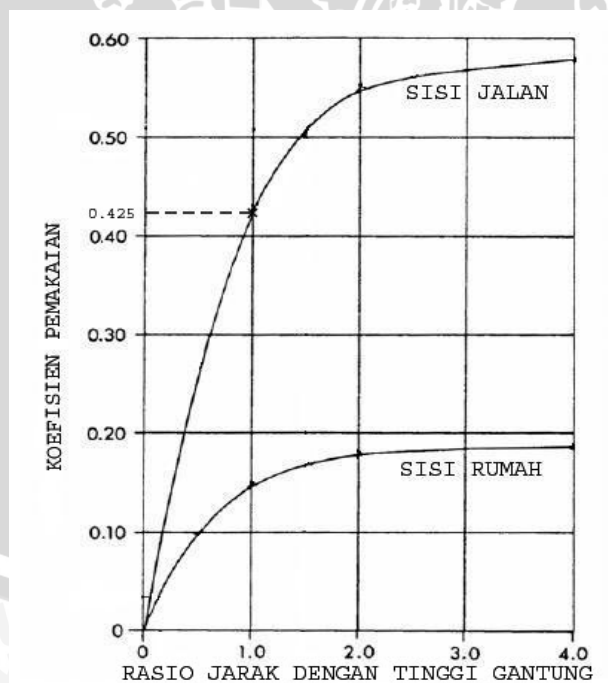
4.1.4 Koefisien Pemakaian

Koefisien pemakaian sangat berpengaruh pada penentuan daya lampu yang akan digunakan. Besarnya koefisien pemakaian sangat dipengaruhi oleh jenis tipe luminer yang kita gunakan karena setiap jenis tipe luminer mempunyai kurva koefisien pemakaian yang berbeda-beda sesuai dengan jenisnya. Koefisien pemakaian juga dipengaruhi oleh lebar badan jalan dan tinggi tiang lampu. Karena untuk mendapatkan koefisien pemakaian kita harus membandingkan lebar jalan dengan tinggi tiang untuk mendapatkan nilai rasio jarak dengan tinggi gantung. Dengan nilai rasio tersebut yang dimasukkan ke kurva koefisien pemakaian akan kita dapatkan nilai koefisien pemakaian yang sebenarnya.



Gambar 4.3 Penempatan tiang lampu pada jalan

Dapat kita lihat pada gambar 4.3 lebar jalan yang digunakan adalah 9 m dan pada skripsi ini digunakan tiang lampu setinggi 9 m. Untuk mendapatkan nilai koefisien pemakaian kita harus mendapatkan nilai rasio jarak dengan tinggi gantung. Pada kasus di atas rasionya adalah 9/9 atau 1,0.



Gambar 4.4 Kurva koefisien pemakaian pada lumener tipe III.

Setelah didapatkan nilai rasio jarak dengan tinggi gantung tinggal kita masukkan ke kurva pada gambar 4.4. Setelah dimasukkan maka kita dapatkan nilai koefisien pemakaian pada skripsi ini adalah $KP = 0,425$.

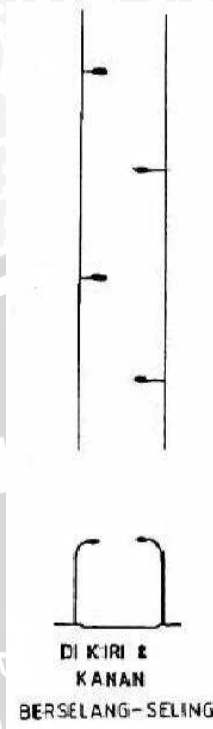
4.1.5 Faktor Pemeliharaan

Faktor pemeliharaan terbagi menjadi dua yaitu penurunan lumen lampu (PLL) dan penurunan pengotoran lumener (PPL). Faktor pemeliharaan juga sangat berpengaruh untuk penentuan daya lampu yang akan digunakan. Nilai penurunan lumen lampu rata-rata yang akan digunakan pada skripsi ini adalah $PLL = 0,85$. Sedangkan untuk nilai penurunan pengotoran lumener pada skripsi ini digunakan jenis pengotoran menengah yang dapat kita lihat pada gambar 2.4 rata-rata nilainya adalah $PPL = 0,8$.

4.1.6 Sistem Penempatan Lampu

Pada tabel 2.3 dapat kita lihat untuk jenis jalan kolektor sistem pemasangan lampu menggunakan sistem penempatan menerus dan parsial. Karena pada skripsi ini hanya menggunakan jenis jalan yang sebagai acuan maka dipakai sistem penempatan menerus saja.

Penataan penempatan lampu penerangan jalan pada skripsi ini digunakan tipikal untuk jalan dua arah yaitu dipasang pada kiri dan kanan jalan secara berselang-seling seperti terlihat pada gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Penempatan lampu penerangan jalan

4.1.7 Harga Lampu dan Biaya Energi Listrik

Pada skripsi ini diperlukan daftar harga dari kedua jenis lampu tersebut di atas untuk mengetahui biaya investasi pada masing-masing lampu. Daftar harga lampu dan rumah lampu menurut jenis dan dayanya dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel. 4.1 Harga Lampu dalam Rupiah

SPESIFIKASI HARGA		JENIS LAMPU	
		MERKURI	METAL HALIDA
Rumah Lampu		325.000	539.800
Daya Lampu	70 W	-	127.000
	100 W	26.000	-
	150 W	-	136.500
	250 W	48.000	-

Sumber : Toko Asia Teknik Malang, 2007

Tarif Dasar Listrik untuk Penerangan Jalan pada skripsi ini menggunakan tarif dasar listrik yang diatur dalam Keputusan Presiden Republik

Indonesia nomor 104 tahun 2003. Tarif dasar listrik tersebut digunakan untuk perhitungan besar biaya energi listrik yang digunakan sebagai bahan perbandingan dari kedua jenis lampu. Tarif dasar listrik untuk penerangan jalan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Tarif Dasar Listrik untuk Penerangan Jalan Umum

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	BIAYA BEBAN Rp./kVA/bulan	BIAYA PEMAKAIAN Rp./kWh
1	P-1/TR	s.d. 450 VA	20.000	575
2	P-1/TR	900 VA	24.600	600
3	P-1/TR	1.300 VA	24.600	600
4	P-1/TR	2.200 VA	24.600	600
5	P-1/TR	2.200 VA – 200 kVA	24.600	600
6	P-2/TM	> 200 kVA	23.800	WBP = $K \times 379$ LWBP = 379

Sumber : Keputusan Presiden RI nomor 104 tahun 2003

Keterangan :

K = Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$).

WBP = Waktu Beban Puncak

LWBP = Luar Waktu Beban Puncak

Waktu nyala dari lampu penerangan jalan pada skripsi ini digunakan $t = 375$ jam/bulan sesuai dengan Edaran Direksi PT. PLN (Persero) nomor 025.E/0012/DIR/2002. Waktu nyala lampu diperlukan dalam perhitungan biaya energi listrik yang digunakan oleh kedua lampu.

4.1.8 Jumlah Lampu

Jumlah lampu yang akan digunakan pada skripsi ini dapat dihitung dengan persamaan (2.4) seperti berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Lampu yang diperlukan} &= \frac{x}{e} + 1 \\ x &= 1000 \text{ m} \\ e &= 30 \text{ m} \\ \text{Lampu yang diperlukan} &= \frac{1000\text{m}}{30\text{m}} + 1 \\ &= 34 \text{ lampu} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka kita dapatkan jumlah lampu yang akan digunakan sepanjang jalan yang telah ditentukan adalah sebanyak 34 buah lampu. Faktor daya yang digunakan pada masing-masing lampu dalam skripsi ini menggunakan faktor daya sebesar $\cos \phi = 0,76$.

Dengan jumlah lampu yang telah diketahui maka bisa kita dapatkan jumlah daya total dari masing-masing lampu tersebut untuk digunakan pada perhitungan biaya energi listrik yang dipakai oleh kedua lampu tersebut.

4.2 Perhitungan Daya dan Energi Lampu

Dari data-data yang ada pada data perancangan penataan lampu pada penerangan jalan diatas maka tinggal kita masukkan pada persamaan (2.1) untuk mendapatkan besar lumen awal lampu yang akan digunakan pada skripsi ini. Hasil perhitungan dapat dilihat berikut ini.

$$\begin{aligned} E &= \frac{\phi \times KP \times FP}{e \times L} \\ FP &= PLL \times PPL \\ \phi &= \frac{E \times e \times L}{KP \times PLL \times PPL} \end{aligned}$$

$$E = 12 \text{ lux}$$

$$e = 30 \text{ m}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

$$KP = 0,425$$

$$PLL = 0,8$$

$$PPL = 0,85$$

$$\phi = \frac{12 \times 30 \times 9}{0,425 \times 0,85 \times 0,8}$$

$$\phi = 11.211,073 \text{ lumen}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan besar lumen awal lampu yang akan kita pakai adalah sebesar 11.211,073 lumen.

4.2.1 Perhitungan Daya dan Energi Lampu Merkuri

Daya Lampu pada penggunaan lampu jenis merkuri dapat kita lihat pada perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.3) seperti berikut ini.

$$K = \frac{\phi}{P}$$

$$P = \frac{\phi}{K}$$

$$\phi = 11.211,073 \text{ lumen}$$

$$K = 50 \text{ lumen/W}$$

$$P = \frac{11.211,073}{50}$$

$$P = 224,222 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan daya lampu dari jenis merkuri yang akan digunakan minimal mempunyai daya sebesar 224,222 W. Dari tabel 4.1 maka bisa kita lihat bahwa besar daya lampu jenis merkuri yang bisa digunakan adalah sebesar 250 W.

Besarnya daya lampu total dari pemakaian lampu jenis merkuri dapat kita lihat pada perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.5) seperti berikut ini

$$P_{total} = 250 \times 34 = 8500 \text{ W} = \frac{8500}{0,76} \text{ VA} = 10 \text{ kVA}$$

Besar daya lampu total dari jenis lampu merkuri adalah 8.500 W.

Daya lampu tiap bulan oleh jenis lampu merkuri dapat dilihat pada perhitungan menggunakan persamaan (2.6) seperti berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Energi lampu tiap bulan} &= 8500 \times 375 \\ &= 3.187,5 \text{ kWh/bulan}\end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Daya dan Energi Lampu Metal Halida

Daya Lampu pada penggunaan lampu jenis metal halida dapat kita lihat pada perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.3) seperti berikut ini.

$$\phi = 11.211,073 \text{ lumen}$$

$$K = 80 \text{ lumen/W}$$

$$P = \frac{11.211,073}{80}$$

$$P = 140,138 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan daya lampu dari jenis metal halida yang akan digunakan minimal mempunyai daya sebesar 140,138 W. Dari tabel 4.1 maka bisa kita lihat bahwa besar daya lampu jenis merkuri yang bisa digunakan adalah sebesar 150 W.

Besarnya daya lampu total dari pemakai lampu jenis metal halida dapat kita lihat pada perhitungan berikut ini

$$P_{total} = 150 \times 34 = 5100 \text{ W} = \frac{5100}{0,76} \text{ VA} = 6 \text{ kVA}$$

Besar daya lampu total dari jenis lampu metal halida adalah 5100 W.

Daya lampu tiap bulan oleh jenis lampu metal halida dapat dilihat pada perhitungan menggunakan persamaan (2.6) seperti berikut ini

$$\begin{aligned}\text{Energi lampu tiap bulan} &= 5100 \times 375 \\ &= 1.912,5 \text{ kWh}\end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Biaya Energi Listrik dan Biaya Investasi

Dari hasil perhitungan besar daya lampu total diatas maka bisa kita dapatkan biaya energi listrik total yang digunakan oleh kedua lampu. Perhitungan biaya energi listrik total yang terpakai dan biaya investasi yang dibutuhkan oleh masing-masing jenis lampu dapat dilihat berikut ini.

4.3.1 Perhitungan Biaya Lampu Merkuri

a. Biaya energi listrik

Dengan daya tiap bulan sebesar 10 kVA, maka dapat kita lihat pada tabel 4.2 bahwa termasuk golongan tarif nomor 5 dengan biaya beban Rp.24.600,00/kVA/bulan dan biaya pemakaian Rp.600,00/kWh.

Untuk menghitung biaya beban dapat menggunakan persamaan (2.7) seperti berikut ini.

$$\text{Biaya Beban tiap bulan} = S \times P_{total}$$

$$S = \text{Rp. } 24.600,00/\text{kVA/bulan}$$

$$P_{total} = 10 \text{ kVA}$$

$$\text{Biaya Beban tiap bulan} = \text{Rp. } 24.600,00 \times 10$$

$$= \text{Rp. } 246.000,00$$

Untuk menghitung biaya pemakaian dapat menggunakan persamaan (2.8) seperti berikut ini.

$$\text{Biaya Pemakaian tiap bulan} = U \times P_{bulan}$$

$$U = \text{Rp. } 600,00/\text{kWh}$$

$$P_{bulan} = 3.187,5 \text{ kWh/bulan}$$

$$\text{Biaya Pemakaiann tiap bulan} = \text{Rp. } 600,00 \times 3.187,5$$

$$= \text{Rp. } 1.912.500,00$$

Dari hasil perhitungan dan data yang ada maka didapat biaya energi listrik yang terpakai tiap bulannya yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9) pada perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Biaya total tiap bulan} &= \text{Biaya Beban} + \text{Biaya Pemakaian} \\ &= \text{Rp. } 246.000,00 + \text{Rp. } 1.912.500,00 \\ &= \text{Rp. } 2.158.500,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya total 1 tahun} &= \text{Rp. } 2.158.500,00 \times 12 \\ &= \text{Rp. } 25.902.000,00\end{aligned}$$

b. Biaya investasi

Untuk biaya investasi akan dihitung dari jumlah lampu yang digunakan dengan menggunakan harga yang terdapat pada tabel 4.1 di atas. Perhitungan biaya investasi dapat kita lihat berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Biaya satu lampu dan rumah lampu} &= \text{Rp. } 325.000,00 + \text{Rp. } 48.000,00 \\ &= \text{Rp. } 373.000,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya total investasi} &= \text{Rp. } 373.000,00 \times 34 \\ &= \text{Rp. } 12.682.000,00\end{aligned}$$

Jika diasumsikan bahwa tingkat suku bunga adalah 10% per tahun dan masa kerja lampu merkuri selama 5 tahun. Dengan demikian, maka analisis maka untuk mencari nilai total investasi tahunannya menggunakan persamaan (2.10) seperti berikut ini

$$\begin{aligned}\text{Nilai total investasi tahunan} &= \text{Rp. } 12.682.000,00 (A/P,10\%,5) \\ &= (\text{Rp. } 12.682.000,00 \times 0,2638) \\ &= \text{Rp. } 3.345.511,60\end{aligned}$$

Nilai (A/P,10%,5) dapat dilihat pada lampiran A.

4.3.2 Perhitungan Biaya Lampu Metal Halida

a. Biaya energi listrik

Dengan daya tiap bulan sebesar 6 kVA, maka dapat kita lihat pada tabel 4.2 bahwa termasuk golongan tarif nomor 5 dengan biaya beban Rp.24.600,00/kVA/bulan dan biaya pemakaian Rp.600,00/kWh.

Untuk menghitung biaya beban dapat menggunakan persamaan (2.7) seperti berikut ini.

$$\text{Biaya Beban tiap bulan} = S \times P_{total}$$

$$S = \text{Rp. 24.600,00/kVA/bulan}$$

$$P_{total} = 6 \text{ kVA}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Beban tiap bulan} &= \text{Rp.24.600,00} \times 6 \\ &= \text{Rp. 147.600,00} \end{aligned}$$

Untuk menghitung biaya pemakaian dapat menggunakan persamaan (2.8) seperti berikut ini.

$$\text{Biaya Pemakaian tiap bulan} = U \times P_{bulan}$$

$$U = \text{Rp. 600,00/hWh}$$

$$P_{bulan} = 1.912,5 \text{ kWh/bulan}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pemakaian tiap bulan} &= \text{Rp.600,00} \times 1.912,5 \\ &= \text{Rp. 1.147.500,00} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dan data yang ada maka didapat biaya energi listrik yang terpakai tiap bulannya yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9) pada perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Biaya total tiap bulan} &= \text{Biaya Beban} + \text{Biaya Pemakaian} \\ &= \text{Rp. 147.600,00} + \text{Rp. 1.147.500,00} \\ &= \text{Rp. 1.295.100,00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total selama 1 tahun} &= \text{Rp. } 1.295.100,00 \times 12 \\ &= \text{Rp. } 15.541.200,00 \end{aligned}$$

b. Biaya investasi

Untuk biaya investasi akan dihitung dari jumlah lampu yang digunakan dengan menggunakan harga yang terdapat pada tabel 4.1 di atas. Perhitungan biaya investasi dapat kita lihat berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Biaya satu lampu dan rumah lampu} &= \text{Rp. } 539.800,00 + \text{Rp. } 136.500,00 \\ &= \text{Rp. } 676.300,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total lampu} &= \text{Rp } 676.300,00 \times 34 \\ &= \text{Rp. } 22.994.200,00 \end{aligned}$$

Jika diasumsikan bahwa tingkat suku bunga adalah 10% per tahun dan masa kerja lampu selama 5 tahun, maka untuk mencari nilai total investasi tahunannya menggunakan persamaan (2.10) seperti berikut ini

$$\begin{aligned} \text{Nilai total investasi tahunan} &= \text{Rp. } 22.994.200,00 (A/P,10\%,5) \\ &= (\text{Rp. } 22.994.200,00 \times 0,2638) \\ &= \text{Rp. } 6.065.869,96 \end{aligned}$$

Nilai (A/P,10%,5) dapat dilihat pada lampiran A.

4.4 Perbandingan Total Biaya Investasi dan Biaya Energi Listrik

4.4.1 Total Daya dan Energi Lampu Merkuri dan Metal Halida

Total daya dan energi pada lampu merkuri dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Total daya dan energi pada lampu merkuri

Daya lampu yang digunakan	Daya total lampu	Energi lampu tiap bulan
250 W	8.500 W	3.187,5 kWh

Sumber : Perhitungan

Total daya dan energi pada lampu metal halida dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Total daya dan energi pada lampu metal halida

Daya lampu yang digunakan	Daya total lampu	Energi lampu tiap bulan
150 W	5.100 W	1.912,5 kWh

Sumber : Perhitungan

4.4.2 Total Biaya Lampu Merkuri dan Metal Halida

Total biaya pada lampu merkuri dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini :

Tabel 4.5 Total biaya pada lampu merkuri dalam rupiah

BIAYA ENERGI LISTRIK				BIAYA INVESTASI		
Biaya Beban	Biaya Pemakaian	Biaya tiap Bulan	Biaya total 1 tahun	Biaya lampu	Biaya total lampu	Biaya Total Investasi
246.000,00	1.912.500,00	2.158.500,00	25.902.000,00	373.000,00	12.682.000,00	3.345.511,60

Sumber : Perhitungan

Total biaya pada lampu metal halida dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini

Tabel 4.6 Total biaya pada lampu metal halida dalam rupiah

BIAYA ENERGI LISTRIK				BIAYA INVESTASI		
Biaya Beban	Biaya Pemakaian	Biaya tiap Bulan	Biaya total 1 tahun	Biaya lampu	Biaya total lampu	Biaya Total Investasi
147.600,00	1.147.500,00	1.295.100,00	15.541.200,00	676.300,00	22.994.200,00	6.065.869,96

Sumber : Perhitungan

4.4.3 Perbandingan Biaya Total

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan hasil total biaya investasi dan biaya energi listrik pada kedua lampu selama 1 tahun . Hasil perbandingannya dapat kita lihat pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Perbandingan biaya total berdasarkan jenis lampu dalam rupiah

JENIS BIAYA	JENIS LAMPU	
	MERKURI	METAL HALIDA
Energi Listrik	25.902.000,00	15.541.200,00
Investasi	3.345.511,60	6.065.869,96
Total	29.247.511,60	21.598.069,96

Sumber : Perhitungan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dalam skripsi ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari segi penghematan energi (kWh) dapat diperoleh penghematan energi sebesar 1.275 kWh selama sebulan jika menggunakan lampu metal halida dibandingkan dengan lampu merkuri.
2. Dari perhitungan pada pembahasan, biaya total pada lampu metal halida dapat diperoleh penghematan sebesar Rp 7.649.441,64 tiap km dibandingkan dengan lampu merkuri selama pemakaian 1 tahun.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan pembahasan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Memperbanyak dan mengganti penggunaan lampu merkuri dengan lampu metal halida pada penerangan jalan umum.
2. Perlunya dilakukan pengujian dengan lebih banyak jenis lampu agar didapatkan jenis lampu yang benar-benar bisa melakukan penghematan biaya energi listrik terbesar.

DAFTAR PUSTAKA

- Muhaimin, Drs., MT., 2001, "*Teknologi Pencahayaan*", Bandung : PT. Refika Aditama.
- Wibawa, Unggul. 2002. "*Ekonomi Perekayasaan*". Malang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Subagya Sastrosoegito, 1991, "*Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan Perkotaan*", diakses dari http://www.pu.go.id/ditjen_prasarana%20wil/referensi/nspm/spesifikasi458.pdf
- Department of Transportation Minnesota. 2003. "*Roadway Lighting Design Manual*", diakses dari <http://www.dot.state.mn.us/trafficeng/lighting/2006%20Roadway%20Lighting%20Design%20Manual.pdf>
- Green, Eric R. dkk., 2003, "*Roadway Lighting and Driver Safety*", diakses dari http://www.lfucg.com/trafficinfo/documents/KTC_03_12_Roadway_Lighting.pdf
- Anonymous, 2006, "*Urban design Standards Manual*", diakses dari <http://www.iowasudas.org/documents/Ch11Sect2-06.pdf>
- Keputusan Presiden Republik Indonesia nomor 104 tahun 2003, diakses dari <http://www.kotabekasi.go.id/admin/gallery/dokumen/1015.pdf>



LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Tabel Suku Bunga 10 %

SUKU BUNGA 10%

n	(F/P,10,n)	(P/F,10,n)	(A/P,10,n)	(P/A,10,n)	(A/F,10,n)	(F/A,10,n)	(A/G,10,n)	n
0	1,00000	1,00000	-	-	-	-	-	0
1	1,10000	0,90909	1,10000	0,90909	1,00000	1,00000	0,00000	1
2	1,21000	0,82645	0,57619	1,73554	0,47619	2,10000	0,47619	2
3	1,33100	0,75131	0,40211	2,48685	0,30211	3,31000	0,93656	3
4	1,46410	0,68301	0,31547	3,16987	0,21547	4,64100	1,38117	4
5	1,61051	0,62092	0,26380	3,79079	0,16380	6,10510	1,81013	5
6	1,77156	0,56447	0,22961	4,35526	0,12961	7,71561	2,22356	6
7	1,94872	0,51316	0,20541	4,86842	0,10541	9,48717	2,62162	7
8	2,14359	0,46651	0,18744	5,33493	0,08744	11,43589	3,00448	8
9	2,35795	0,42410	0,17364	5,75902	0,07364	13,57948	3,37235	9
10	2,59374	0,38554	0,16275	6,14457	0,06275	15,93742	3,72546	10
11	2,85312	0,35049	0,15396	6,49506	0,05396	18,53117	4,06405	11
12	3,13843	0,31863	0,14676	6,81369	0,04676	21,38428	4,38840	12
13	3,45227	0,28966	0,14078	7,10336	0,04078	24,52271	4,69879	13
14	3,79750	0,26333	0,13575	7,36669	0,03575	27,97498	4,99553	14
15	4,17725	0,23939	0,13147	7,60608	0,03147	31,77248	5,27893	15
16	4,59497	0,21763	0,12782	7,82371	0,02782	35,94973	5,54934	16
17	5,05447	0,19784	0,12466	8,02155	0,02466	40,54470	5,80710	17
18	5,55992	0,17986	0,12193	8,20141	0,02193	45,59917	6,05256	18
19	6,11591	0,16351	0,11955	8,36492	0,01955	51,15909	6,28610	19
20	6,72750	0,14864	0,11746	8,51356	0,01746	57,27500	6,50808	20
21	7,40025	0,13513	0,11562	8,64869	0,01562	64,00250	6,71888	21
22	8,14027	0,12285	0,11401	8,77154	0,01401	71,40275	6,91889	22
23	8,95430	0,11168	0,11257	8,88322	0,01257	79,54302	7,10848	23
24	9,84973	0,10153	0,11130	8,98474	0,01130	88,49733	7,28805	24
25	10,83471	0,09230	0,11017	9,07704	0,01017	98,34706	7,45798	25
26	11,91818	0,08391	0,10916	9,16095	0,00916	109,18177	7,61865	26
27	13,10999	0,07628	0,10826	9,23722	0,00826	121,09994	7,77044	27
28	14,42099	0,06934	0,10745	9,30657	0,00745	134,20994	7,91372	28
29	15,86309	0,06304	0,10673	9,36961	0,00673	148,63093	8,04886	29
30	17,44940	0,05731	0,10608	9,42691	0,00608	164,49402	8,17623	30
35	28,10244	0,03558	0,10369	9,64416	0,00369	271,02437	8,70860	35
40	45,25926	0,02209	0,10226	9,77905	0,00226	442,59256	9,00623	40
45	72,89048	0,01372	0,10139	9,86281	0,00139	718,90484	9,37405	45
50	117,39085	0,00852	0,10086	9,91481	0,00086	1163,90853	9,57041	50
55	189,05914	0,00529	0,10053	9,94711	0,00053	1880,59142	9,70754	55
60	304,48164	0,00328	0,10033	9,96716	0,00033	3034,81640	9,80229	60
65	490,37073	0,00204	0,10020	9,97961	0,00020	4893,70725	9,86718	65
70	789,74696	0,00127	0,10013	9,98734	0,00013	7887,46957	9,91125	70
75	1271,89537	0,00079	0,10008	9,99214	0,00008	12708,95371	9,94099	75
80	2048,40021	0,00049	0,10005	9,99512	0,00005	20474,00215	9,96093	80
85	3298,96903	0,00030	0,10003	9,99697	0,00003	32979,69030	9,97423	85
90	5313,02261	0,00019	0,10002	9,99812	0,00002	53120,22612	9,98306	90

