

SKRIPSI

**ANALISIS PENGHEMATAN PENGGUNAAN ENERGI PADA
PENERANGAN JALAN UMUM DI MALINO GOWA**

Disusun dan diajukan oleh:

AHMAD ARI SYAHPUTRA PULUNGAN

D411 16 525



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGHEMATAN PENGGUNAAN ENERGI PADA
PENERANGAN JALAN UMUM DI MALINO GOWA**

Disusun dan diajukan oleh

**AHMAD ARI SYAHPUTRA PULUNGAN
D411 16 525**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi Program Sarjana Departemen
Teknik Elektro Universitas Hasanuddin pada tanggal 27 Oktober 2021 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

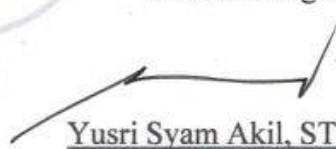
Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Ir. Yustinus Upa Sombolayuk, MT.
NIP. 19590708 198802 1 001

Pembimbing II



Yusri Syam Akil, ST. MT. Ph.D
NIP. 19770322 200501 1 001

Kepala Departemen Teknik Elektro




Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Ahmad Ari Syahputra Pulungan
NIM : D41116525
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Penghematan Penggunaan Energi pada Penerangan Jalan Umum di Malino Gowa

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 27 Oktober 2021

Yang Menyatakan



Ahmad Ari Syahputra Pulungan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Karena rahmat dan karunia-Nya lah sehingga penulisan laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada Pendidikan Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah “Analisis Penghematan Penggunaan Energi pada Penerangan Jalan Umum di Malino Gowa”

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi masih terdapat kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa yang tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis menerima saran dan kritik, segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT, selaku Kepala Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dr. Ir. Yustinus Upa Sombolayuk, MT selaku Pembimbing I dan Bapak Yusri Syam Akil, ST, MT, Ph.D selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan laporan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nadjamuddin Harun, MS, dan Bapak Ir. H. Gassing, MT selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik yang membangun serta saran yang baik kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
4. Kedua Orang Tua dan Keluarga, terima kasih atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
5. Rahma, Aidil, Reyhan, Riang, Adul, Wira, Piud, Restu, Adnan, Arya, Fadli, Amri, Kak Iqra, Ibu Tati karena telah menemani saya dalam mengerjakan dan memperjuangkan skripsi saya serta menyemangati saya selama ini.
6. Bapak maupun Ibu Philips Philips Makassar dan di unit kerja Dinas Perhubungan Penerangan Jalan Pemerintah Kabupaten Gowa yang telah saya susahi dalam mengambil data.

7. Segenap Dosen Departemen Teknik Elektro, atas segala ilmu yang bermanfaat, wawasan dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis.
8. Segenap Staf pegawai Departemen Teknik Elektro, yang telah banyak membantu dalam hal administrasi,.
9. Seluruh teman-teman EXCITER16, yang telah menjadi teman seperjuangan penulis selama perkuliahan.
10. Nandemonai yang menjadi teman skripsi saya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Makassar, 27 Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	II
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	III
KATA PENGANTAR.....	IV
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR TABEL	XI
ABSTRAK	XIII
ABSTRACT.....	XIV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang masalah	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Batasan masalah.....	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teori pencahayaan	4
2.1.1 Satuan-satuan	5
2.1.2 Persamaan-persamaan.....	9
2.1.3 Spesifikasi pencahayaan jalan	13
2.2 Lampu listrik sebagai sumber pencahayaan	23
2.2.1 Lampu sodium tekanan tinggi.....	23
2.2.2 Perkembangan teknologi lampu LED	24
2.2.3 Kelebihan dari lampu LED	25
2.2.4 Kekurangan lampu LED	25
2.3 Miniature circuit breaker (MCB)	25
2.3.1 Pengertian MCB	25

2.3.2 Prinsip kerja MCB	26
2.3.3 Jenis-jenis MCB.....	28
2.3.4 Kontaktor magnetik	28
2.4 Menentukan penggunaan daya listrik	30
2.5 Tarif dasar listrik dan pajak PJU.....	32
2.5.1 Tarif dasar listrik.....	32
2.5.2 Pajak penerangan jalan	32
2.6 Penelitian penghematan penggunaan listrik	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Jenis data, waktu dan lokasi penelitian.....	35
3.2 Metode pengambilan data	35
3.3 Alur penelitian	36
3.4 Alat penelitian.....	37
3.5 Wilayah Studi	38
3.6 Survei pengumpulan data.....	38
3.6.1 Data statistik jalan.....	38
3.6.2 Data pengukuran intensitas penerangan lampu SON-T.....	39
3.6.3 Data penggunaan energi listrik PJU.....	40
3.6.4 Data pengukuran intensitas penerangan lampu LED.....	41
3.6.5 Data pengukuran energi listrik pada lampu SON-T	42
3.6.6 Data pengukuran penggunaan pada lampu LED	44
3.7 Metode analisis data.....	44
3.8 Analisis finansial.....	45
3.9 Rancangan Penelitian.....	47
3.9.1 Hubungan antar variabel akibat dan variabel sebab	47
3.9.2 Metode penelitian	48
3.9.3 Metode zigzag.....	50
3.10 Model penerangan jalan ekstrem	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Jenis lampu LED yang akan dipakai.....	54
4.2 Penggunaan daya dan energi listrik pada lampu PJU	54
4.2.1 Lampu SON-T	54

4.2.2 Lampu LED	56
4.3.3 Hasil perhitungan biaya penggunaan listrik SON-T dan LED	57
4.2.3 Susunan hasil penghitungan penggunaan daya dan energi listrik SON-T dan LED	58
4.3 Biaya penggunaan listrik pada lampu PJU	59
4.3.1 Tagihan listrik lampu SON-T	59
4.3.2 Tagihan listrik lampu LED	60
4.3.4 Persentase penghematan biaya penggunaan listrik metode zigzag.....	61
4.4 Perhitungan iluminasi / intensitas penerangan lampu.....	62
4.4.1 Menghitung sudut lampu (α)	62
4.4.2 Iluminasi SON-T.....	63
4.4.3 Iluminasi LED.....	63
4.5 Penggantian lampu penerangan jalan	63
4.5.1 Biaya penggantian awal	63
4.5.2 Persentase penghematan manajemen waktu	66
4.6 Penghematan pada penggunaan energi listrik sesudah penggantian lampu.	66
4.7 Perbandingan masa pakai lampu SON-T dan lampu LED	67
4.8 Analisis finansial.....	69
4.8.1 Biaya awal penggantian SON-T	69
4.8.2 Penghematan tagihan listrik antara lampu SON-T dan LED.....	69
4.8.3 Selisih tagihan listrik SON-T dan LED skala tahunan	70
4.8.4 Menganalisis BEP (break event point) dan keuntungan penggantian ..	71
4.8.5 Menganalisis kelayakan dengan NPV (net present value).....	74
4.8.6 Menghitung total keuntungan finansial keseluruhan (TKK)	75
4.9 Pengujian iluminasi lampu SON-T.....	78
4.10 Pengujian iluminasi lampu LED.....	80
4.11 Pengujian kWh lampu LED	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA.....	92
LAMPIRAN	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komposisi spektrum cahaya. (biro efisiensi energi, 2005) [3]	5
Gambar 2. 2 Radian [4].....	5
Gambar 2. 3 Steradian [20].....	6
Gambar 2. 4 Metode titik.....	9
Gambar 2. 5 Penempatan lampu penerangan [9].....	18
Gambar 2. 6 Tipikal lampu penerangan pada jalan dua arah [9].....	19
Gambar 2. 7 Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah [9]	20
Gambar 2. 8 Lampu philips SON-T 250W E E40 SL/12	20
Gambar 2. 9 Timerswitch	22
Gambar 2. 10 kWh meter tiga fasa	22
Gambar 2. 11 Panel lampu PJU	23
Gambar 2. 12 Lampu SON	23
Gambar 2. 13 Thermal tripping	27
Gambar 2. 14 Magnetic tripping.....	27
Gambar 2. 15 Jenis pengoperasian elektromagnet pada kontaktor.....	29
Gambar 2. 16 Kontaktor magnet.....	30
Gambar 3. 1 Flowchart	36
Gambar 3. 2 Lokasi penelitian jalan malino	38
Gambar 3. 3 Skema pengukuran iluminasi lampu SON-T	39
Gambar 3. 4 Skema pengukuran iluminasi lampu LED	41
Gambar 3. 5 PDCA	48
Gambar 3. 6 Desain penyalaaan lampu	49
Gambar 3. 7 Desain penyalaaan lampu zigzag.....	50
Gambar 3. 8 Cermin tikungan lingkaran penuh.....	51
Gambar 3. 9 Patok lalu lintas pipa besi	52
Gambar 3. 10 Paku jalan berbentuk empat persegi dan bujur sangkar.....	52
Gambar 3. 11 Angkur tipe pasca pasang	53
Gambar 3. 12 Angkur tipe cor di tempat	53
Gambar 4. 1 Ilustrasi lampu jalan	62

Gambar 4. 2 Hasil pengukuran lux lampu SON-T 250w	79
Gambar 4. 3 Hasil pengukuran lux lampu LED 120w	81
Gambar 4. 4 Rangkaian percobaan pengukuran besar daya serap lampu.....	83
Gambar 4. 5 Hasil pengukuran arus lampu LED 120w	86
Gambar 4. 6 Kalibrasi digital multi meter ZT109	86
Gambar 4. 7 Hasil pengukuran tegangan lampu LED 120w	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 persentase discount factor.....	12
Tabel 2. 2 Jenis dan karakteristik lampu pada pencahayaan jalan secara umum [9].	13
Tabel 2. 3 Standarisasi kualitas pencahayaan normal [9].....	16
Tabel 2. 4 Penataan letak lampu penerangan jalan.....	18
Tabel 2. 5 Datasheet lampu SON-T 250W E E40 SL/12	21
Tabel 2. 6 Karakteristik lampu sodium tekanan tinggi.....	24
Tabel 2. 7 Tarif dasar listrik.....	32
Tabel 3. 1 Data statistik jalan tiap panel	38
Tabel 3. 2 Hasil pengukuran iluminasi lampu SON-T di jalan malino	39
Tabel 3. 3 Tagihan listrik PJU kabupaten gowa unit layanan pelanggan Malino 2021	40
Tabel 3. 4 Hasil pengukuran iluminasi lampu LED di jalan gunung latimojong	41
Tabel 3. 5 Data pengukuran pada lampu SON-T 250W	42
Tabel 3. 6 Data pengukuran pada lampu LED 120W.....	44
Tabel 3. 7 Variabel penelitian.....	47
Tabel 4. 1 Spesifikasi lampu LED 120w	54
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan penggunaan daya dan energi listrik SON-T dan LED	58
Tabel 4. 3 Tagihan listrik lampu SON-T dan LED.....	57
Tabel 4. 4 Biaya pembelian lampu PJU LED	63
Tabel 4. 5 Biaya pemasangan lampu PJU LED.....	64
Tabel 4. 6 Biaya penggantian 1 unit lampu SON-T menjadi LED.....	64
Tabel 4. 7 Biaya penggantian seluruh lampu SON-T menjadi LED	65
Tabel 4. 8 Penghematan penggunaan daya tiap lampu SON-T dan LED.....	67
Tabel 4. 9 Penghematan penggunaan daya seluruh lampu SON-T dan LED.....	67
Tabel 4. 10 Perbandingan masa pakai lampu SON-T dan LED	68
Tabel 4. 11 Biaya penggantian komponen lampu SON-T	69
Tabel 4. 12 Penghematan tagihan listrik tiap lampu SON-T dan LED	70
Tabel 4. 13 Penghematan tagihan listrik seluruh lampu SON-T dan LED tiap panel PJU.....	70
Tabel 4. 14 Selisih tagihan listrik seluruh SON-T dan LED per tahun tiap panel.....	71

Tabel 4. 15 Selisih tagihan listrik tiap 1 SON-T dan LED per tahun.....	71
Tabel 4. 16 Penghitungan BEP dan keuntungan finansial seluruh lampu tiap panel PJU	72
Tabel 4. 17 Penghitungan BEP dan keuntungan finansial 1 lampu SON-T dan LED	73
Tabel 4. 18 Perhitungan nilai NPV $r = 10\%$	74
Tabel 4. 19 Keuntungan total penggantian seluruh lampu pada tiap panel PJU	77
Tabel 4. 20 Keuntungan total penggantian 1 lampu PJU	78
Tabel 4. 21 Hasil pengujian iluminasi lampu SON-T 250w.....	79
Tabel 4. 22 Hasil pengujian iluminasi lampu LED 120w.....	81
Tabel 4. 23 Hasil perhitungan penggunaan daya LED 120w	83
Tabel 4. 24 Hasil perhitungan penggunaan energi LED 120w.....	84
Tabel 4. 25 Hasil pengujian kWh lampu LED 120w.....	87

ABSTRAK

Ahmad Ari Syahputra Pulungan, Analisis Penghematan Penggunaan Energi pada Penerangan Jalan Umum di Malino Gowa (dibimbing oleh Yustinus Upa Sombolayuk dan Yusri Syam Akil)

Energi listrik saat ini di Gowa sebagian digunakan untuk menyuplai lampu-lampu penerangan jalan umum (PJU) Kabupaten Gowa yang berjumlah ± 4.000 titik lampu yang tersebar di seluruh Kabupaten Gowa. Dibutuhkan suplai energi yang cukup besar dari pihak penyedia listrik yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dikarenakan mayoritas lampu PJU di Kabupaten Gowa antaranya berdaya 250W sehingga diperlukan energi listrik yang cukup besar tiap bulannya untuk menyuplai seluruh lampu jalan tersebut. Besarnya energi listrik yang dibutuhkan pada PJU Kabupaten Gowa sehingga biaya operasional yang mesti dibayarkan pemerintah Kabupaten Gowa untuk seluruh penggunaan daya listrik yang digunakan pada PJU kepada pihak PLN juga besar yaitu > 1.6 milyar per bulannya. Diharapkan untuk menekan biaya pada tagihan listrik agar lebih efisien dilakukan strategi pengoperasian lampu penerangan jalan di Malino Kabupaten Gowa untuk mencapai penghematan penggunaan energi listrik tanpa mengurangi kualitas pencahayaan berdasarkan standar yang berlaku serta menganalisis perubahan penambahan atau pengurangan baik perangkat lunak maupun perangkat keras pada sistem penerangan jalan umum di Malino yang dapat menghasilkan penghematan penggunaan energi listrik. Oleh karena itu, dilakukan analisis finansial pada lampu PJU yang akan menunjukkan perbandingan yang paling menguntungkan dan layak pada lampu PJU serta analisis berdasarkan hubungan antar variabel akibat dan variabel sebab pada penghematan penggunaan energi dalam hal ini kWh karena energi listrik dijual dalam satuan kWh. Berdasarkan hubungan variabel tersebut maka dapat dilakukan penelitian ini dengan menerapkan metode TQM (total quality management) dengan cara PDCA (plan, do, check, action). Hasil persentase penghematan biaya penggunaan listrik menggunakan metode zigzag sebesar 24,99%, pada analisis penghematan penggunaan energi pada lampu PJU diperoleh penghematan energi listrik sebesar $\pm 51.99\%$ per bulan, hasil analisis BEP dapat kembali dalam waktu 9,8 tahun dan hasil analisis kelayakan berdasarkan NPV pada discount factor 10% diperoleh NPV > 0 sehingga proyek layak dijalankan. Hasil pengujian iluminasi sebesar 28 lux yang memenuhi standar untuk jalan arteri yaitu 11-20 lux dan pengujian kWh pada lampu LED mendapatkan nilai kWh yang hampir sesuai dengan perhitungan kWh lampu LED 120w secara teori sehingga lampu LED 120w dapat digunakan sebagai pengganti pada lampu SON-T 250w.

Kata kunci : PJU, Led, Lux, Zigzag, Penghematan, NPV

ABSTRACT

Ahmad Ari Syahputra Pulungan, Energy Saving Analysis on Public Road Lighting in Malino Gowa.. (guided by Yustinus Upa Sombolayuk dan Yusri Syam Akil)

The current electrical energy in Gowa is partly used to supply public road lighting (PRL) of Gowa Regency, amounting to $\pm 4,000$ light points spread throughout Gowa Regency. It takes a large enough energy supply from the electricity provider, namely the State Electricity Company (SEC) because the majority of PRL lamps in Gowa Regency are 250W in power, so a large amount of electrical energy is needed every month to supply all the street lights. The amount of electrical energy needed at PRL Gowa Regency so that the operational costs that must be paid by the Gowa Regency government for all use of electrical power used in PRL to SEC are also large, namely > 1.6 billion per month. It is expected to reduce costs on electricity bills to make it more efficient to carry out a strategy for operating street lighting in Malino, Gowa Regency to achieve savings in the use of electrical energy without reducing lighting quality based on applicable standards as well as analyzing changes in the addition or subtraction of both software and hardware in the street lighting system. common in Malino which can result in savings in the use of electrical energy. Therefore, a financial analysis is carried out on PRL lamps which will show the most profitable and feasible comparison on PRL lamps and an analysis based on the relationship between effect and cause variables on energy use savings in this case kWh because electrical energy is sold in kWh units. Based on the relationship between these variables, this research can be carried out by applying the TQM (total quality management) method by means of PDCA (plan, do, check, action). The result of the proportion of electricity usage costs using the zigzag method is 24.99%, in the analysis of energy use savings in PRL lamps, the savings in electrical energy of $\pm 51.99\%$ per month, the results of the BEP analysis can be returned within 9.8 years and the results of the feasibility analysis based on the NPV at a discount factor of 10% obtained $NPV > 0$ so that the project is feasible to run. The results of the illumination test of 28 lux that meet the standards for arterial roads are 11-20 lux and the kWh test on LED lamps gets a kWh value that is almost in accordance with the theoretical calculation of kWh of 120w LED lamps so that 120w LED lamps can be used as a substitute for SON-T lamps 250w.

Keyword : PRL, Led, Lux, Zigzag, Saving, NPV

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Lampu pencahayaan jalan menjadi salah satu penentu keamanan dan kenyamanan kehidupan masyarakat pada suatu wilayah pemukiman. Dengan pencahayaan jalan yang memadai terutama pada malam hari akan mengurangi rasa takut sehingga memberikan rasa aman dan nyaman untuk beraktifitas bagi setiap orang. Jika semua jalan pada suatu wilayah pemukiman mempunyai lampu pencahayaan yang memadai dan berfungsi baik maka aktifitas masyarakatnya akan berjalan secara maksimal yang dapat memberikan manfaat yang sebaik-baiknya, misalkan dalam melakukan suatu kegiatan usaha maka waktu usaha lebih panjang dengan ruang gerak yang lebih luas.

Kabupaten Gowa berpenduduk sebanyak ± 760.607 jiwa. Dengan jumlah penduduk sebanyak ini memungkinkan bahwasanya banyak penduduk yang pastinya menggunakan lampu-lampu PJU (Penerangan Jalan Umum) dalam beraktivitas misalnya menggunakan kendaraan pada malam hari, menggunakan angkutan umum, ataupun sebagai pencahayaan pada saat menunggu di halte pada malam hari yang tentunya dapat meminimalisasi tindak kejahatan di jalan khususnya di jalan Malino (Badan Pusat Statistik Kabupaten Gowa, 2018).

Energi listrik saat ini di Gowa, sebagian digunakan untuk menyuplai lampu-lampu PJU Kabupaten Gowa yang berjumlah ± 4.000 titik lampu yang tersebar di seluruh Kabupaten Gowa. Lampu yang digunakan pada PJU Kabupaten Gowa pada umumnya menggunakan lampu jenis sodium bertekanan tinggi (*High Pressure Sodium*) tipe SON-T dengan masa pakai yang cukup singkat maksimum 15.000 jam dan penggunaan daya listrik yang digunakan cukup besar, yaitu sekitar $\pm 100W - 250W$ untuk per tiap lampunya.

Dibutuhkan suplai energi listrik yang cukup besar dari pihak penyedia listrik yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dikarenakan mayoritas lampu PJU di Kabupaten Gowa antaranya berdaya 250W sehingga diperlukan energi listrik yang cukup besar tiap bulannya untuk menyuplai seluruh lampu jalan tersebut.

Besarnya energi listrik yang dibutuhkan pada PJU Kabupaten Gowa, sehingga biaya operasional yang mesti dibayarkan pemerintah Kabupaten Gowa untuk seluruh penggunaan daya listrik yang digunakan pada PJU kepada pihak penyedia listrik yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) juga besar yaitu >1.6 milyar per bulannya.

Diharapkan untuk menekan biaya pada tagihan listrik agar lebih efisien dilakukan perencanaan penggantian lampu konvensional menjadi lampu LED (*Light Emitting Diode*) untuk menggantikan listrik yang dihasilkan oleh PLN pada PJU wilayah Kabupaten Gowa. PJU adalah lampu penerangan yang bersifat publik (untuk kepentingan bersama) dan biasanya dipasang pada ruas jalan maupun tempat-tempat tertentu seperti perumahan, taman dan tempat umum lainnya. PJU adalah sumber cahaya yang dipasang disamping jalan yang dinyalakan pada setiap malam.

Dengan semakin berkembangnya teknologi, saat ini telah ditemukan lampu hemat energi yang menggunakan LED. Lampu jenis ini memiliki masa hidup yang sangat lama yaitu sekitar 50.000 – 100.000 jam dan menggunakan daya listrik yang rendah yaitu sekitar 20W-140W. Namun cahaya yang dihasilkan sangat terang, dilihat dari nilai efikasinya dan juga lumennya yang tergolong tinggi.

Jalan yang diteliti mulai dari jalan perbatasan Sungguminasa ke jalan Malino sejauh ± 60 km, sehubungan dengan hal yang telah diuraikan di atas penulis akan meneliti tentang “Analisis Penghematan Penggunaan Energi Pada Penerangan Jalan Umum di Malino Gowa”. Dengan adanya pergantian lampu LED diharapkan dapat melakukan penghematan secara finansial di Kabupaten Gowa, dimana penghematan yang di dapatkan dapat digunakan untuk perawatan dan perbaikan pada lampu jalan bahkan dapat melakukan pemasangan lampu PJU pada lokasi yang membutuhkan PJU.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana strategi pengoperasian lampu penerangan jalan di Malino Kabupaten Gowa untuk mencapai penghematan penggunaan energi listrik tanpa mengurangi kualitas pencahayaan berdasarkan standar yang berlaku?
2. Adakah kemungkinan melakukan perubahan penambahan atau pengurangan baik perangkat lunak maupun perangkat keras pada sistem penerangan jalan di Malino yang dapat menghasilkan penghematan penggunaan energi listrik?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menemukan strategi pengoperasian lampu penerangan jalan di Malino Kabupaten Gowa untuk mencapai penghematan penggunaan energi listrik tanpa mengurangi kualitas pencahayaan berdasarkan standar yang berlaku.
2. Menganalisis perubahan penambahan atau pengurangan baik perangkat lunak maupun perangkat keras pada sistem penerangan jalan di Malino yang dapat menghasilkan penghematan penggunaan energi listrik.

1.4 Batasan masalah

Penelitian ini diberi batasan sebagai berikut :

1. Pemilihan jenis lampu LED yang digunakan
2. Penentuan jumlah energi listrik yang digunakan pada lampu SON-T dan LED.
3. Penentuan besar biaya pada penggunaan lampu SON-T dan LED.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat pada penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi tentang analisis finansial terhadap perbandingan lampu sodium SON-T dan lampu LED.
2. Memberikan informasi tentang penghematan lampu LED sebagai alternatif pengganti lampu sodium SON-T.

BAB II

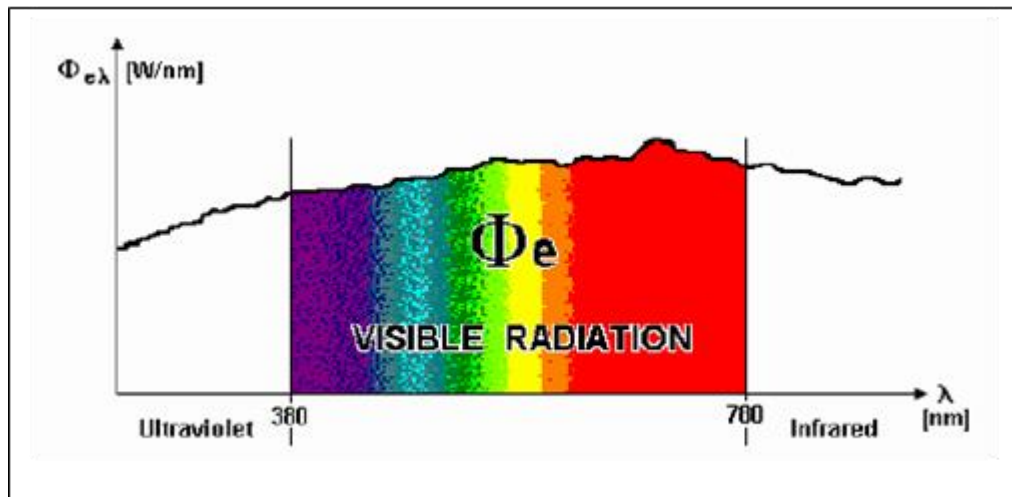
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori pencahayaan

Cahaya merupakan satu bagian berbagai jenis gelombang elektromagnetik yang memancar ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetiknya. Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut (Bambang, 2008) :

1. Pijar, benda padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu 1000K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
2. Muatan Listrik : Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
3. *Electro luminescence* : Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
4. *Photoluminescence* : Radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan, dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat maka radiasi tersebut disebut *fluorescence* atau *phosphorescence*.

Untuk dapat melihat suatu cahaya, maka radiasi elektromagnetik yang ada harus berada pada spektrum gelombang yang sempit diantara cahaya ultraviolet (UV) dan energi inframerah (panas) yaitu memiliki panjang gelombang antara 380nm – 780nm. Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, sehingga menghasilkan sensasi penglihatan oleh mata. Gelombang yang terlihat inilah merupakan cahaya yang dihasilkan oleh lampu.



Gambar 2. 1 Komposisi spektrum cahaya. (biro efisiensi energi, 2005) (*Energi, 2005*)

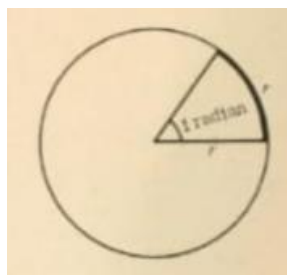
2.1.1 Satuan-satuan

a. Radian dan Steradian

Radian dapat didefinisikan sebagai ukuran sudut pada titik tengah lingkaran antara dua jari-jari dan jari-jari tersebut jaraknya sama dengan kedua ujung busurnya (Frank Ayres, 1954).

Karena keliling lingkaran = $2 \pi r$ dan menghasilkan sudut 360° . Kemudian $2 \pi \text{ rad} = 360^\circ$. Maka :

$$1 \text{ radian} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57,3^\circ \quad (2.1)$$

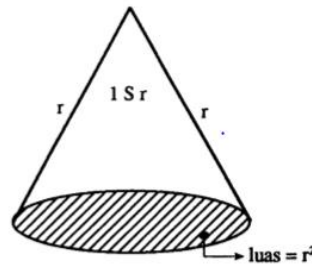


Gambar 2. 2 Radian (*Frank Ayres, 1954*)

Steradian dapat didefinisikan sebagai sudut ruang pada titik tengah bola antara jari-jari terhadap batas luar permukaan bola sebesar kuadrat jari-jari.

Karena luas permukaan bola = $4 \pi r^2$, dan di sekitar titik tengah bola terdapat 4π sudut ruang yang masing-masing = 1 steradian. Jumlah steradian suatu sudut ruang dinyatakan dalam lambang ω (omega). Maka :

$$\omega = \frac{A}{r^2} = \text{steradian} \quad (2.2)$$



Gambar 2. 3 Steradian (Umar, 1996)

b. Intensitas Cahaya

Intensitas Cahaya (*luminous intensity*) dapat didefinisikan sebagai kuat cahaya yang berasal dari sebuah sumber cahaya ke arah tertentu, dan diukur dengan Candela. lambang dari intensitas cahaya (*luminous intensity*) adalah I (Satwiko, 2009).

Secara matematis ditulis :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- I = Intensitas cahaya (candela)
- ϕ = Fluks cahaya (lumen)
- ω = Sudut ruang (steradian)

c. Lumen

Lumen dapat didefinisikan sebagai jumlah banyak cahaya per satuan waktu. arus cahaya pada 1 meter kuadrat bidang bola berjari-jari 1 meter yang bertitik pusat sumber pada sumber berkekuatan cahaya sebesar 1 cd (Satwiko, 2009).

d. Arus Cahaya

Arus Cahaya (*luminous flux*) dapat didefinisikan sebagai banyak cahaya yang dipancarkan ke segala arah yang berasal dari sebuah sumber cahaya per satuan waktu, diukur dengan lumen (Satwiko, 2009).

Secara matematis ditulis :

$$\Phi = I \cdot \omega \text{ (lumen)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

- Φ = Fluks cahaya (lumen)
- I = Intensitas cahaya (candela)
- ω = Sudut ruang (steradian) = 4π

e. Iluminan

Iluminan (*Illuminance*) dapat didefinisikan sebagai banyak arus cahaya yang datang pada satu unit bidang, dan diukur dengan lumen/m² atau lux. Sedangkan prosesnya disebut iluminasi (*Illumination*) yaitu datangnya cahaya ke suatu objek (Satwiko, 2009).

Iluminasi dapat didefinisikan juga kepadatan dari suatu berkas cahaya yang mengenai satu permukaan. Iluminasi sering juga disebut sebagai tingkat pencahayaan, kekuatan penerangan, atau intensitas penerangan pada suatu bidang adalah fluks cahaya yang menyinari permukaan suatu bidang. Lambang iluminasi adalah E, dengan satuan lux (lx) (Cahyono, 2017).

Secara matematis ditulis :

$$E = \frac{\Phi}{A} \text{ (lux)} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- E = Iluminasi / tingkat pencahayaan dalam lux / kekuatan penerangan / intensitas penerangan (lx) = $\frac{lm}{m^2}$
- A = Luas bidang (m²)
- Φ = Fluks cahaya (lumen)

Karena

$$\Phi = I \cdot \omega \text{ dan } A = \omega \cdot r^2$$

Maka,

$$E = \frac{I \cdot \omega}{\omega \cdot r^2} \rightarrow E = \frac{I}{r^2} \text{ dimana } r^2 = \frac{h^2}{\cos \alpha}$$

Jadi,

$$E = \frac{I}{h^2} \cos \alpha \quad (2.6)$$

f. Luminan

Luminan (*luminance*) dapat didefinisikan sebagai intensitas cahaya yang dipantulkan, dipancarkan, dan diteruskan oleh satu unit bidang yang diterangi. Diukur dengan candela/m². Sedangkan prosesnya disebut luminasi (*Lumination*) yaitu perginya cahaya dari suatu objek (Satwiko, 2009).

Luminasi yang terlalu besar akan menyilaukan mata. Luminasi suatu sumber cahaya dan suatu permukaan yang memantulkan cahayanya adalah intensitasnya dibagi dengan luas semua permukaan. sedangkan luas semua permukaan adalah luas proyeksi sumber cahaya pada suatu bidang rata yang tegak lurus pada arah pandang, jadi bukan permukaan seluruhnya (Cahyono, 2017).

Secara matematis ditulis :

$$L = \frac{I}{A} (cd/m^2) \quad (2.7)$$

Keterangan :

- L = Luminan (cd/m²)
- I = Intensitas cahaya (candela)
- A = Luas semua permukaan (m²)

g. Efikasi

Efikasi dapat didefinisikan sebagai rentang angka pada perbandingan antara fluks cahaya (lumen) dengan daya listrik suatu sumber cahaya (watt), dalam satuan lumen/watt. Efikasi dapat didefinisikan juga sebagai fluks cahaya spesifik (Cahyono, 2017).

Secara matematis ditulis :

$$K = \frac{\phi}{P} \left(\frac{lumen}{watt} \right) \quad (2.8)$$

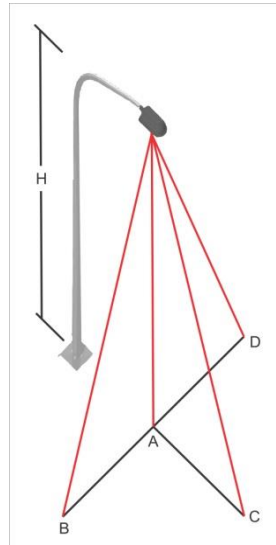
Keterangan :

- K = Efikasi cahaya (lumen/watt)
- ϕ = Fluks cahaya (lumen)
- P = Daya listrik (watt)

h. Metode Titik

Metode titik dapat digunakan sebagai metode untuk pengukuran intensitas penerangan lampu PJU yang dilakukan dengan mengambil beberapa titik pengukuran

yang berguna untuk mengetahui nilai intensitas penerangan atau iluminasi (Masarrang & Sufryanche, 2012).



Gambar 2. 4 Metode titik

2.1.2 Persamaan-persamaan

2.1.2.1 Daya dan energi listrik

Pada perhitungan penggunaan daya dan energi listrik digunakan persamaan sebagai berikut :

1. Menghitung penggunaan daya listrik pada PJU

Untuk menghitung penggunaan daya lampu PJU pada setiap panel dilakukan dengan mengalikan jumlah lampu pada setiap panel PJU dengan jumlah daya pada setiap lampu PJU yang digunakan. Daya dapat disimbolkan dengan huruf P dan satuannya adalah Watt, sehingga persamaannya sebagai berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$P(\text{watt}) = \text{Jumlah lampu} \times \text{daya tiap lampu}(\text{watt}) \quad (2.9)$$

2. Menghitung penggunaan energi listrik pada PJU

Untuk menghitung penggunaan energi listrik PJU dilakukan dengan mengalikan daya yang digunakan dengan lama waktu penyalaan lampu pada PJU. Dinyatakan dalam satuan kWh (kilo Watt *hour*), sehingga persamaannya sebagai berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$KWh = \frac{\text{Jumlah lampu} \times \text{daya tiap lampu} \times 12 \text{ jam nyala} \times 30 \text{ hari}}{1000} \quad (2.10)$$

3. Persentase penghematan lampu SON-T dan LED

Persentase penghematan lampu SON-T dan LED digunakan untuk mengetahui besar persentase pada penghematan yang dapat diperoleh dengan melakukan penggantian terhadap lampu SON-T menjadi lampu LED. Penghematan dapat berupa penghematan pada biaya tagihan listrik maupun penghematan pada daya listrik. Persentase diperoleh dengan persamaan sebagai berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$\%hemat = \frac{\text{Selisih } P \text{ atau Rp SONT\&LED per bulan}}{P \text{ atau RP SONT per bulan}} \times 100\% \quad (2.11)$$

2.1.2.2 Masa pakai lampu (*life time*)

Masa pakai lampu pada SON-T dan LED berbeda-beda. Lampu SON-T memiliki masa pakai yang lebih sedikit yaitu hanya berumur 12.000 jam, sedangkan pada lampu LED memiliki masa pakai yang lebih banyak yaitu berumur 50.000 jam. Sehingga untuk mengetahui lama waktu pemakaian (tahun) dimana dalam 1 tahun terdapat 365 hari maka kedua lampu ini digunakan persamaan (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$life\ time\ (Tahun) = \frac{umur\ lampu\ (jam)}{12\ jam\ nyala\ x\ 365\ hari} \quad (2.12)$$

2.1.2.3 Analisis finansial

Analisis finansial digunakan untuk menganalisis perhitungan yang terkait dengan tagihan listrik, waktu titik impas, dan keuntungan yang dapat diperoleh. Analisis finansial diperoleh dengan persamaan sebagai berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

1. Biaya tagihan listrik lampu SON-T dan LED

Digunakan untuk menghitung biaya tagihan listrik kedua jenis lampu dalam 1 bulan sesuai dengan tarif yang ditetapkan oleh PLN. Diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$Rp\ tagih\ per\ bulan = (gol.\ tarif\ x\ KWh) + Rp\ materai \quad (2.13)$$

2. Break event point (titik impas)

Pencarian lama waktu BEP (titik impas) dari penggantian lampu SON-T menjadi lampu LED dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$BEP = \frac{BPP\ LED}{STL\ SONT\ \&\ LED} \quad (2.14)$$

Keterangan :

BEP = Break event point (Tahun)

BPP LED = Biaya pembelian + pemasangan LED

STL SONT&LED = Selisih tagihan listrik SON-T + LED per tahun

3. *Net present value* (NPV)

Net present value atau NPV adalah teknik yang digunakan untuk mengetahui keuntungan dari sebuah investasi atau proyek. NPV bergantung pada perubahan nilai suatu barang atau mata uang. Nilai NPV dapat digunakan untuk membandingkan pendapatan yang diterima pada masa sekarang dan masa mendatang dengan menggunakan variabel inflasi dan laju pengembalian (S.K.Rajput, 2017).

NPV merupakan perbandingan antara nilai investasi dan biaya. Jika nilai NPV bernilai positif maka investasi atau proyek tersebut layak untuk dilaksanakan. Sebaliknya, jika nilai NPV bernilai negatif maka investasi proyek tersebut tidak layak untuk dilakukan. Dan apabila nilai NPV sama dengan nol, maka investasi tersebut tidak berarti atau dapat dikatakan tidak memiliki keuntungan maupun kerugian. Berikut adalah rumus untuk menentukan nilai dari NPV (S.K.Rajput, 2017).

$$NPV = -S + \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \quad (2.15)$$

Keterangan :

NPV = Net present value

S = Investasi awal

n = Usia atau masa kerja dari lampu (tahun)

t = Tahun yang akan dihitung (tahun)

i = Tingkat bunga bank

NCF = Pendapatan bersih hingga tahun ke-n

Berikut adalah tabel *discount factor* berdasarkan persentase dari tahun ke tahun :

Tabel 2. 1 persentase discount factor

Period	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%
1	0.9901	0.9804	0.9709	0.9615	0.9524	0.9434	0.9346	0.9259	0.9174	0.9091	0.9009	0.8929	0.8850	0.8772	0.8696
2	0.9803	0.9612	0.9426	0.9246	0.9070	0.8900	0.8734	0.8573	0.8417	0.8264	0.8116	0.7972	0.7831	0.7695	0.7561
3	0.9706	0.9423	0.9151	0.8890	0.8638	0.8396	0.8163	0.7938	0.7722	0.7513	0.7312	0.7118	0.6931	0.6750	0.6575
4	0.9610	0.9238	0.8885	0.8548	0.8227	0.7921	0.7629	0.7350	0.7084	0.6830	0.6587	0.6355	0.6133	0.5921	0.5718
5	0.9515	0.9028	0.8626	0.8219	0.7835	0.7473	0.7130	0.6806	0.6499	0.6209	0.5935	0.5674	0.5428	0.5194	0.4972
6	0.9421	0.8876	0.8435	0.7993	0.7562	0.7141	0.6730	0.6329	0.5938	0.5556	0.5184	0.4831	0.4487	0.4152	0.3827
7	0.9327	0.8730	0.8249	0.7799	0.7359	0.6929	0.6509	0.6098	0.5697	0.5306	0.4924	0.4561	0.4207	0.3862	0.3527
8	0.9235	0.8587	0.8066	0.7607	0.7168	0.6739	0.6320	0.5910	0.5509	0.5117	0.4735	0.4362	0.4000	0.3647	0.3303
9	0.9143	0.8445	0.7884	0.7405	0.6946	0.6507	0.6078	0.5659	0.5250	0.4850	0.4459	0.4077	0.3705	0.3342	0.2989
10	0.9053	0.8304	0.7703	0.7193	0.6714	0.6255	0.5806	0.5367	0.4938	0.4519	0.4109	0.3709	0.3318	0.2937	0.2566
11	0.8963	0.8173	0.7532	0.6983	0.6504	0.6045	0.5596	0.5157	0.4728	0.4309	0.3899	0.3499	0.3108	0.2727	0.2356
12	0.8874	0.7943	0.7262	0.6673	0.6174	0.5715	0.5266	0.4827	0.4398	0.3979	0.3569	0.3169	0.2778	0.2397	0.2026
13	0.8787	0.7715	0.7004	0.6385	0.5856	0.5397	0.4948	0.4509	0.4080	0.3661	0.3251	0.2851	0.2460	0.2079	0.1708
14	0.8700	0.7577	0.6826	0.6177	0.5618	0.5139	0.4680	0.4241	0.3812	0.3393	0.2983	0.2583	0.2192	0.1811	0.1440
15	0.8613	0.7430	0.6649	0.5970	0.5391	0.4892	0.4413	0.3954	0.3515	0.3086	0.2667	0.2267	0.1876	0.1495	0.1124
16	0.8528	0.7284	0.6473	0.5774	0.5175	0.4646	0.4137	0.3648	0.3179	0.2730	0.2291	0.1872	0.1472	0.1081	0.0710
17	0.8444	0.7142	0.6301	0.5572	0.4933	0.4374	0.3835	0.3316	0.2817	0.2338	0.1879	0.1440	0.1021	0.0621	0.0250
18	0.8360	0.7002	0.5874	0.4936	0.4155	0.3503	0.2959	0.2502	0.2120	0.1719	0.1328	0.0947	0.0576	0.0215	0.0000
19	0.8277	0.6864	0.5703	0.4746	0.3957	0.3305	0.2765	0.2317	0.1945	0.1635	0.1377	0.1111	0.0845	0.0489	0.0133
20	0.8195	0.6730	0.5537	0.4564	0.3769	0.3118	0.2584	0.2145	0.1784	0.1486	0.1240	0.1037	0.0868	0.0728	0.0611
21	0.8114	0.6598	0.5375	0.4388	0.3589	0.2942	0.2415	0.1987	0.1637	0.1351	0.1117	0.0926	0.0768	0.0638	0.0531
22	0.8034	0.6468	0.5219	0.4220	0.3418	0.2775	0.2257	0.1839	0.1502	0.1228	0.1007	0.0826	0.0680	0.0560	0.0462
23	0.7954	0.6342	0.5067	0.4057	0.3256	0.2618	0.2109	0.1703	0.1378	0.1117	0.0907	0.0738	0.0601	0.0491	0.0402
24	0.7876	0.6217	0.4919	0.3901	0.3101	0.2470	0.1971	0.1577	0.1264	0.1015	0.0817	0.0659	0.0532	0.0431	0.0349
25	0.7798	0.6095	0.4776	0.3751	0.2953	0.2330	0.1842	0.1460	0.1160	0.0923	0.0736	0.0588	0.0471	0.0378	0.0304
26	0.7720	0.5976	0.4637	0.3607	0.2812	0.2198	0.1722	0.1352	0.1064	0.0839	0.0663	0.0525	0.0417	0.0331	0.0264
27	0.7644	0.5859	0.4502	0.3468	0.2678	0.2074	0.1609	0.1252	0.0976	0.0763	0.0597	0.0469	0.0369	0.0291	0.0230
28	0.7568	0.5744	0.4371	0.3335	0.2551	0.1956	0.1504	0.1159	0.0895	0.0693	0.0538	0.0419	0.0326	0.0255	0.0200
29	0.7493	0.5631	0.4243	0.3207	0.2429	0.1846	0.1406	0.1073	0.0822	0.0630	0.0485	0.0374	0.0289	0.0224	0.0174
30	0.7419	0.5521	0.4120	0.3083	0.2314	0.1741	0.1314	0.0994	0.0754	0.0573	0.0437	0.0334	0.0256	0.0196	0.0151

4. Tahun keuntungan setelah pemasangan LED (TK)

Tahun keuntungan adalah waktu setelah BEP atau titik impas dimana pada tahun tersebut, penggantian telah memberikan keuntungan secara finansial. Tahun keuntungan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$Tahun\ keuntungan\ (TK) = umur\ LED - BEP \quad (2.16)$$

5. Besar keuntungan awal (K)

Besar keuntungan awal merupakan besar keuntungan yang didapatkan setelah penggantian lampu PJU SON-T menjadi lampu LED. Keuntungan ini belum memperhitungkan besarnya biaya penggantian dari lampu SON-T selama penggunaan lampu LED yang diperkirakan dapat bertahan selama 50.000 jam atau 11 tahun dan biaya perawatan. Besar keuntungan awal dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$keuntungan\ (K) = TK \times Rp\ LED\ \&\ SONT\ per\ tahun \quad (2.17)$$

6. Total keuntungan keseluruhan (TKK)

Total keuntungan keseluruhan merupakan total keuntungan yang telah memperhitungkan besar biaya penggantian lampu SON-T selama penggunaan lampu LED selama 50.000 jam dan biaya perawatan. Total keuntungan keseluruhan dapat diperoleh dengan menjumlahkan besarnya keuntungan awal dengan besar biaya perawatan dan penggantian lampu SON-T pada tiap panelnya. Total keuntungan keseluruhan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (Masarrang & Sufryanche, 2012) :

$$TKK = K + BP \text{ SONT} \quad (2.18)$$

Keterangan :

TKK = Total keuntungan keseluruhan

K = Keuntungan awal

BP SONT = Biaya perawatan dan penggantian SON-T

2.1.3 Spesifikasi pencahayaan jalan

2.1.3.1 Jenis lampu pencahayaan jalan

Jenis lampu pada pencahayaan jalan dapat ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 2 Jenis dan karakteristik lampu pada pencahayaan jalan secara umum
(Nasional, 2008)

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lm/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh terhadap warna obyek	Keterangan
Lampu tabung fluorescent tekanan rendah	60 – 70	8.000 – 10.000	18 – 20; 36 – 40	Sedang	- Untuk jalan kolektor dan lokal; - Efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek;

					<ul style="list-style-type: none"> - Jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	50 – 55	16.000 – 24.000	125; 250; 400; 700	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan; - Efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil; - Jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 – 200	8.000 – 10.000	90; 180	Sangat buruk	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, terowongan, tempat peristirahatan (rest area); - Efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran

					<p>lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000 – 20.000	150; 250; 400;	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i>; - Efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya;

					- Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan
--	--	--	--	--	---

2.1.3.2 Kualitas pencahayaan

Kualitas pencahayaan pada suatu jalan menurut klasifikasi fungsi jalan ditentukan seperti tabel di bawah ini:

Tabel 2. 3 Standarisasi kualitas pencahayaan normal (*Nasional, 2008*)

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Iluminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E ratarata (<i>lux</i>)	Kemerataan (<i>Uniformity</i>)	L rata- rata (<i>cd/m2</i>)	Kemerataan (<i>uniformity</i>)		G	TJ (%)
		g1		VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal :							
- Primer	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
- Sekunder	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan kolektor :							
- Primer	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
- Sekunder	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
Jalan arteri :							
- Primer	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
- Sekunder	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40			

bebas hambatan					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

2.1.3.3 Klasifikasi jalan

Berdasarkan pada SNI 7391 : 2008 tentang Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan, ada beberapa jenis klasifikasi jalan seperti :

1. Jalan arteri

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna. [Undang-Undang RI No. 38 Tahun 2004]

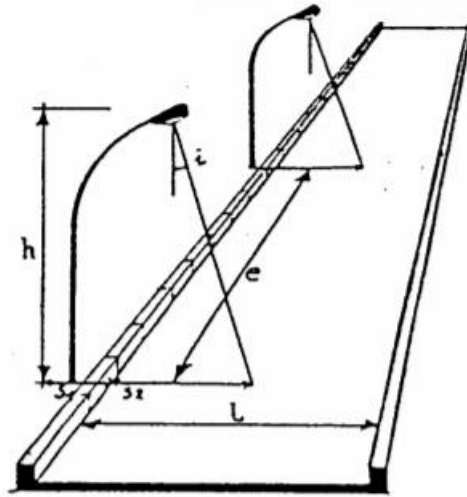
2. Jalan kolektor

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi. [Undang-Undang RI No. 38 Tahun 2004]

3. Jalan lokal

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi. [Undang-Undang RI No. 38 Tahun 2004]

2.1.3.4 Kriteria penempatan



Gambar 2. 5 Penempatan lampu penerangan (*Nasional, 2008*)

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 jalan
- S2 = Jarak dari tepi jalan ke titik penyinaran terjauh
- I = Sudut inklinasi pencahayaan

2.1.3.5 Kriteria penataan

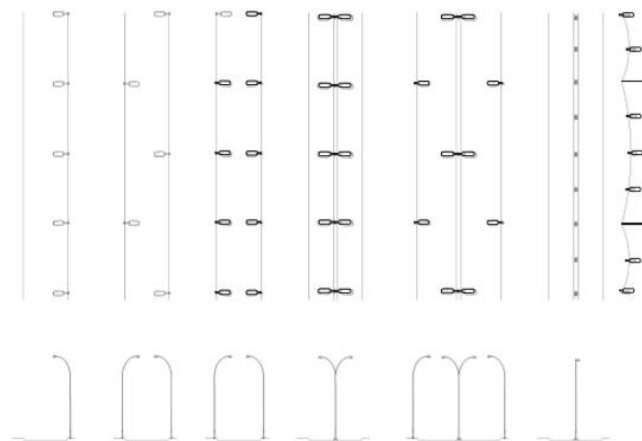
Penataan letak lampu penerangan jalan diatur seperti pada tabel dibawah ini (*Nasional, 2008*) :

Tabel 2. 4 Penataan letak lampu penerangan jalan

Tempat	Penataan / pengaturan letak
Jalan satu arah	<ul style="list-style-type: none"> - Di kiri atau kanan jalan; - Di kiri dan kanan jalan berselang-seling; - Di kiri dan kanan jalan berhadapan;

	<ul style="list-style-type: none"> - Di bagian tengah / separator jalan.
Jalan dua arah	<ul style="list-style-type: none"> - Di bagian tengah / median jalan; - Kombinasi antara di kiri dan kanan berhadapan dengan bagian tengah / median jalan; - Katenasi (di bagian tengah jalan dengan sistem digantung)
Persimpangan	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat dilakukan dengan menggunakan lampu menara dengan beberapa lampu, umumnya ditempatkan di pulau-pulau , di median jalan, diluar daerah persimpangan (dalam RUMIJA ataupun dalam RUWASJA)

2.1.3.6 Tipikal lampu penerangan jalan berdasarkan pemilihan letak

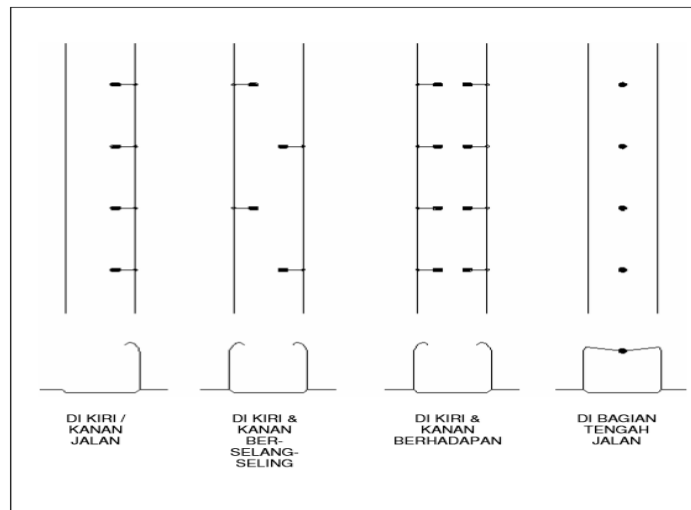


Gambar 2. 6 Tipikal lampu penerangan pada jalan dua arah (*Nasional, 2008*)

Keterangan :

- Di kiri/kanan jalan
- Di kiri dan kanan berselang-seling

- c. Di kiri dan kanan berhadapan
- d. Di tengah median jalan
- e. Kombinasi
- f. Katenasi



Gambar 2. 7 Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah (Nasional, 2008)

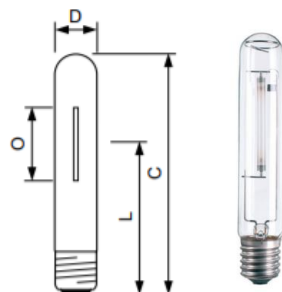
2.1.3.7 Komponen umum penerangan jalan umum

1. Sumber energi listrik

Sumber energi listrik yang menyuplai seluruh lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) pada umumnya adalah menggunakan sumber listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN).

2. Lampu penerangan

Lampu merupakan komponen yang sangat penting dari suatu sistem Penerangan Jalan Umum (PJU), komponen inilah yang dapat menghasilkan suatu cahaya agar dapat menerangi jalan. Pemilihan suatu lampu jalan di dasarkan pada



Gambar 2. 8 Lampu philips SON-T 250W E E40 SL/12

tingkat lumen, efikasi, serta faktor perawatan harus sangat dipertimbangkan dan diperhatikan. Jenis lampu yang digunakan pada umumnya untuk sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah jenis lampu SON-T 250 W E E40 SL/12.

Tabel 2. 5 Datasheet lampu SON-T 250W E E40 SL/12

Informasi Umum		Waktu Pengapian Ulang (Min) (Maks)	
Tutup-Dasar	E40 [E40]	Waktu Pengapian (Maks)	120 s
Posisi Pengoperasian	UNIVERSAL [Apa pun atau Universal (U)]	Tegangan (Maks)	5 s
Masa Pakai Hingga 5 % Kegagalan (Nom)	12000 h	Tegangan (Min)	115 V
Masa Pakai Hingga 20% Kegagalan (Nom)	20000 h	Tegangan (Nom)	85 V
Masa Pakai Hingga 50 % Kegagalan (Nom)	28000 h		100 V
Deskripsi Sistem	External Ignitor (E)	Kontrol dan Peredupan	
		Dapat Diredupkan	YA
		Waktu Run-Up 90% (Maks)	5 min
Teknis Lampu		Mekanis dan Housing	
Kode Warna	220 [CCT 2000K]	Lapisan bohlam	CLEAR [Kaca bening (CL)]
Fluks Cahaya (Terukur) (Min)	25200 lm	Informasi Dasar Tutup	na [-]
Fluks Cahaya (Terukur) (Nom)	28000 lm	Penyetujuan dan Aplikasi	
Perawatan Lumen 2000 jam (Min)	95 %	Label Efisiensi Energi (EEL)	A+
Perawatan Lumen 2000 jam (Nom)	98 %	Kandungan Merkuri (Hg) (Nom)	20,4 mg
Perawatan Lumen 5000 jam (Min)	92 %	Penggunaan Energi kWh/1000 h	275 kWh
Perawatan Lumen 5000 jam (Nom)	96 %	Persyaratan Desain Luminer	
Suhu Warna Terkorelasi (Nom)	2000 K	Suhu Bohlam (Maks)	450 °C
Daya Penerangan (terukur) (Nom)	110 lm/W	Suhu Tutup-Dasar (Maks)	250 °C
Indeks Renderasi Warna (Maks)	25	Data Produk	
Indeks Renderasi Warna (Nom)	-	Kode produk lengkap	871829121288100
		Nama produk pesanan	SON-T 250W E E40 SL/12
Pengoperasian dan Kelistrikan			
Power (Rated) (Nom)	250,0 W		
Arus Lampu (EM) (Nom)	3 A		
Tegangan Suplai Pengapian (Maks)	198 V		
Puncak Tegangan Ignitor (Maks)	2800 V		

3. Tiang galvanis

Merupakan tiang baja berbentuk octagonal atau lebih dikenal sebagai tiang baja segi delapan yang banyak digunakan sebagai anak tiang pada lampu penerangan jalan umum khususnya untuk daerah perkotaan. Tiang-tiang galvanis umumnya memiliki tinggi 9 meter dengan jarak antar tiang PJU adalah 40-50 meter.

4. Rumah lampu penerangan (*lantern*)

Salah satu bagian yang sangat penting yaitu rumah lampu yang digunakan untuk mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang didalamnya.

Rumah lampu diklasifikasikan menurut tingkat perlindungan terhadap debu/benda dan air dengan istilah (*index of protection*) yang memiliki dua angka, angka pertama menyatakan indek terhadap debu/benda, dan angka kedua menyatakan indek perlindungan terhadap air. Digunakan agar kualitas penerangan jalan tetap terjaga.

5. *Timerswitch*

Digunakan sebagai saklar otomatis yang akan menyalakan dan mematikan lampu pada penerangan jalan umum sesuai dengan waktu settingnya. Umumnya *timer* disetting selama 12 jam, yaitu menyala pada pukul 18.00 dan padam pada pukul 06.00 pagi hari dan tidak tergantung pada cuaca cerah maupun mendung.



Gambar 2. 9 Timerswitch

6. kWh meter

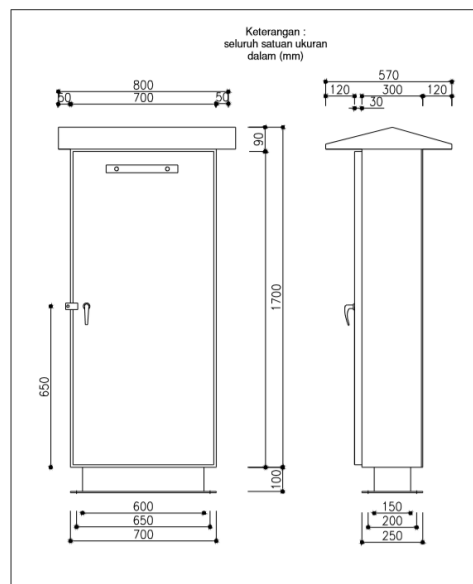
Berfungsi untuk mengukur besarnya penggunaan energi listrik PLN pada lampu penerangan jalan umum. Dengan menggunakan kWh meter maka penggunaan listrik PLN selama sebulan dapat diketahui.



Gambar 2. 10 kWh meter tiga fasa

7. Kotak panel

Berfungsi sebagai tempat meletakkan komponen pengukur dan pembatas penggunaan energi listrik PLN seperti MCB, *timer*, kWh meter, dan lain sebagainya. Selain berguna sebagai tempat meletakkan komponen PJU, kotak panel juga berfungsi sebagai pendistribusian beban dari lampu penerangan jalan umum.



Gambar 2. 11 Panel lampu PJU

2.2 Lampu listrik sebagai sumber pencahayaan

2.2.1 Lampu sodium tekanan tinggi

Tabung gelas lampu sodium ini berbentuk seperti huruf U, lampu ini dilengkapi dengan dua elektroda yang masing-masing mempunyai emiter. Di dalam tabung diisi dengan cairan natrium ditambah dengan gas *neon* dan 1% *argon* sebagai gas bantu (Sumardjati, 2008).



Gambar 2. 12 Lampu SON

Efikasi lampu sodium tekanan tinggi sebesar 100 sampai 120 lumen/watt dan usia pemakaian hingga 4.000 jam. Lampu natrium banyak di gunakan untuk penerangan ruang terbuka dan penerangan jalan raya. Karakteristik dan penggunaan lampu sodium tekanan tinggi dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Sumardjati, 2008) :

Tabel 2. 6 Karakteristik lampu sodium tekanan tinggi

Jenis Lampu	Data Lampu (watt)	Fluks Cahaya Lampu (lumen)
SON	250	19.500
	400	36.000
SON/T	250	21.000
	400	38.000

2.2.2 Perkembangan teknologi lampu LED

LED sangat banyak dipakai pada berbagai perangkat elektronik seperti laptop, telepon seluler, dan peralatan elektronik lainnya. Perkembangan dari LED mulai dikembangkan sejak awal abad 20. Perkembangannya terus maju dengan ditemukannya LED warna hijau dan merah tepatnya pada tahun 1961. Perkembangan selanjutnya pada tahun 1970-an yaitu muncul LED warna kuning dan teknologi LED semakin berkembang pesat pada tahun 1996 dengan ditemukannya LED warna biru oleh Nakamura dari Nichiya Kagaku. Dan pada tahun 1996 pula LED biru dikombinasikan dengan LED kuning sehingga berhasil memunculkan LED putih (Lia, 2008).

LED semakin berkembang hingga saat ini, mulai dari LED putih dan RGB LED yang mencapai *efficacy* hingga 40-150 lm/W (*efficacy* sangat bergantung pada *Color Rendering* dan *Color Temperature*) dan mulai digunakan pada pencahayaan umum. Karakteristik dan penggunaan lampu LED dibagi menjadi 2 tipe, yaitu (Lia, 2008) :

1. LED berkekuatan rendah (*low-power*)

Memiliki kekuatan sekitar 0,1 W dengan ukuran 5mm, dan memiliki *luminous flux* sekitar 2 lumen. Biasanya digunakan untuk lampu indikator pada komputer, telpon seluler, dan lain.

2. LED berkekuatan tinggi (*high-power*)

Memiliki kekuatan sekitar 1 W dan 3 W, dengan *luminous flux* tipikal sebesar 25 lumen untuk 1 W diode putih dan meningkat hingga 50 lumen untuk diode merah dan kuning.

2.2.3 Kelebihan dari lampu LED

- LED memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana LED lebih hemat energi 80% sampai 90% dibandingkan lampu lain.
- LED memiliki waktu hidup (*life time*) yang lebih lama yaitu dapat mencapai hingga 100.000 jam. Lebih unggul bila dibandingkan dengan jenis lampu lainnya yang masa pakainya paling lama 15.000 jam.
- LED memiliki tegangan operasi DC yang rendah.
- Cahaya keluaran dari LED bersifat dingin atau cool (tidak ada sinar UV atau energi panas).

2.2.4 Kekurangan lampu LED

- Harga LED saat ini masih sangat mahal dibandingkan lampu biasa seperti *fluorescent*, halogen, dsb. Juga pembelian dan pemasangan instalasinya menjadi lebih mahal.
- Performa LED sangat bergantung pada suhu lingkungan. Suhu lingkungan yang ekstrim (terlalu panas/dingin/cepat berubah) dapat merusak LED.
- LED dengan warna hangat memiliki *efficacy* yang lebih rendah dibandingkan dengan warna dingin.

2.3 Miniature circuit breaker (MCB)

2.3.1 Pengertian MCB

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau Miniatur Pemutus Sirkuit adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang

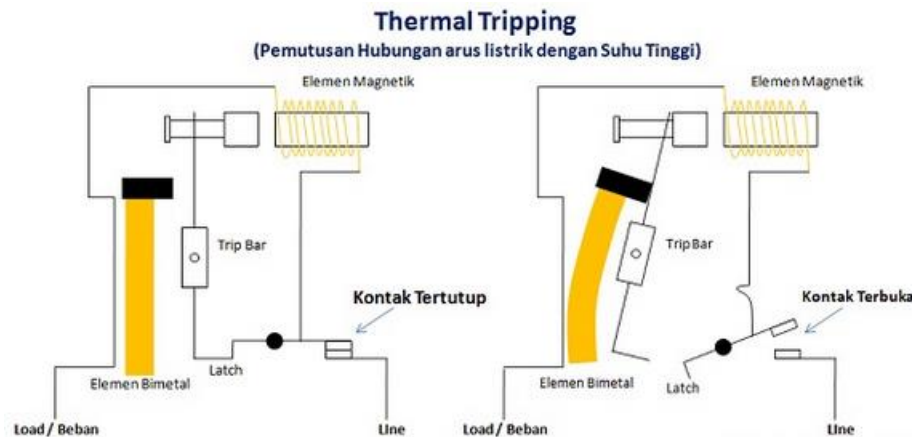
ditentukan, namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual.

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan sekering (*fuse*) yaitu memutuskan aliran arus listrik rangkaian ketika terjadi gangguan kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini dapat dikarenakan adanya hubung singkat (*Short Circuit*) ataupun adanya beban lebih (*Overload*). Namun MCB dapat di-ON-kan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan *Fuse*/Sekering yang terputus akibat gangguan kelebihan arus tersebut tidak dapat digunakan lagi.

2.3.2 Prinsip kerja MCB

Pada kondisi Normal, MCB berfungsi sebagai saklar manual yang dapat menghubungkan (*ON*) dan memutuskan (*OFF*) arus listrik. Pada saat terjadi Kelebihan Beban (*Overload*) ataupun Hubung Singkat Rangkaian (*Short Circuit*), MCB akan beroperasi secara otomatis dengan memutuskan arus listrik yang melewatinya. Secara visual, kita dapat melihat perpindahan Knob atau tombol dari kondisi *ON* menjadi kondisi *OFF*. Pengoperasian otomatis ini dilakukan dengan dua cara seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini yaitu dengan cara *Magnetic Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik) dan *Thermal Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara *Thermal*/Suhu).

a. Thermal Tripping



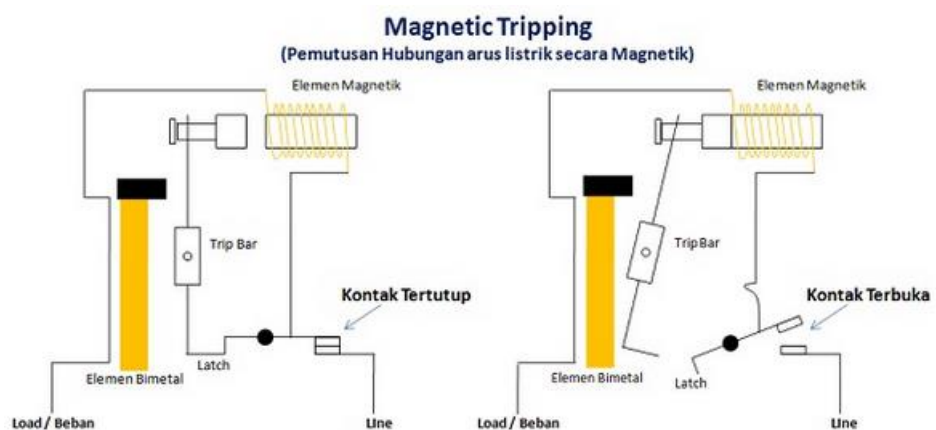
Gambar 2. 13 Thermal tripping

Pada saat kondisi *Overload* (Kelebihan Beban), Arus yang mengalir melalui Bimetal menyebabkan suhu Bimetal itu sendiri menjadi tinggi. Suhu panas tersebut mengakibatkan Bimetal melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*).

b. *Magnetic Tripping*

Ketika terjadi Hubung Singkat Rangkaian (*Short Circuit*) secara mendadak ataupun Kelebihan Beban yang sangat tinggi (*Heavy Overload*), *Magnetic Tripping* atau pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik akan diberlakukan. Pada saat terjadi hubungan singkat ataupun kelebihan beban berat, Medan magnet pada Solenoid MCB akan menarik *Latch* (palang) sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*).

Sebagian besar MCB (*Miniature Circuit Breaker*) yang digunakan saat ini



Gambar 2. 14 Magnetic tripping

menggunakan dua mekanisme pemutusan hubungan arus listrik ini (*Thermal Tripping* dan *Magnetizing Tripping*).

2.3.3 Jenis-jenis MCB

MCB atau Miniatur Pemutus Sirkuit ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama berdasarkan karakteristik pemutusan sirkuitnya. Tiga jenis utama tersebut adalah MCB Tipe B, MCB Tipe C dan MCB Tipe D.

1. MCB Tipe B

MCB Tipe B adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe B ini umumnya digunakan pada instalasi listrik di perumahan ataupun di industri ringan.

2. MCB Tipe C

MCB Tipe C adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe C ini biasanya digunakan pada industri yang memerlukan arus yang lebih tinggi seperti pada lampu penerangan gedung dan motor-motor kecil.

3. MCB Tipe D

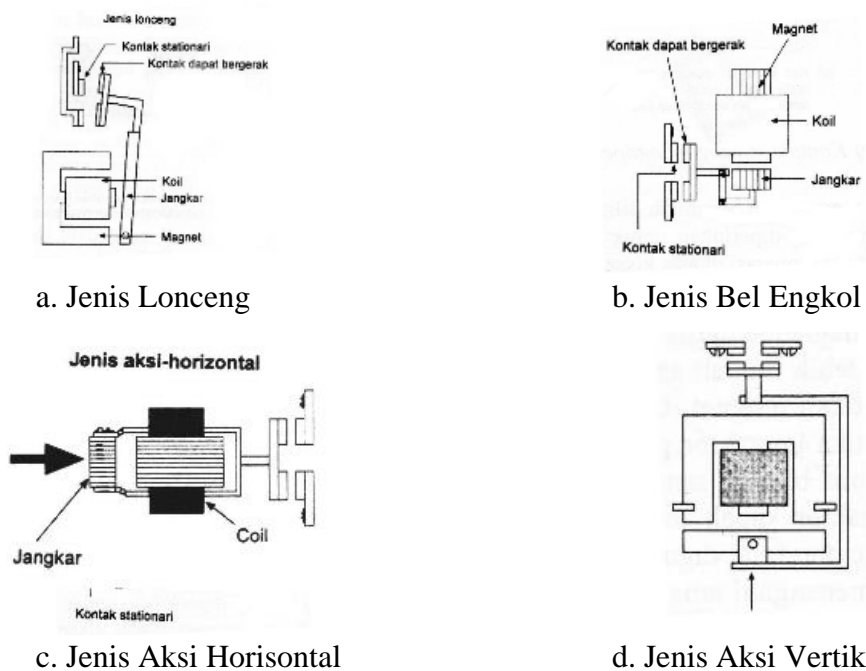
MCB Tipe D adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar dari 10 hingga 25 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe D ini biasanya digunakan pada peralatan listrik yang menghasilkan lonjakan arus tinggi seperti Mesin Sinar X (X-Ray), Mesin Las, Motor-motor Besar dan Mesin-mesin produksi lainnya.

Arus Nominal MCB yang umum adalah 6A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, 100A dan 125A.

2.3.4 Kontaktor magnetik

Kontaktor magnet adalah gawai elektromekanik yang dapat berfungsi sebagai pemutus dan penyambung sebuah rangkaian, yang dapat dikendalikan dari jarak jauh (Joko laras, 2019:12). Pergerakan dari kontak-kontaknya terjadi karena adanya gaya elektromagnet. Kontaktor magnet merupakan saklar yang bekerja berdasarkan prinsip kemagnetan, artinya alat ini bekerja apabila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Kumputan atau belitan magnet (*coil*) suatu kontaktor magnet dirancang untuk arus bolak-balik saja (AC) saja atau arus searah (DC) saja (Hadi, 2016).

Kontaktor arus searah (DC) kumparannya tidak menggunakan kumparan hubung singkat, sedang kontaktor arus bolak-balik (AC), pada inti magnetnya dipasang kumparan hubung singkat. Bila kontaktor untuk arus searah digunakan pada arus bolak-balik, maka kemagnetannya akan timbul dan hilang setiap saat mengikuti bentuk gelombang arus bolak-balik. Sebaliknya jika kontaktor yang dirancang untuk arus bolak-balik digunakan pada arus searah, maka pada kumparan itu tidak timbul induksi listrik, sehingga kumparan menjadi panas. Jadi kontaktor yang dirancang untuk arus searah, digunakan untuk arus searah saja, begitu juga untuk arus bolak-balik. Umumnya kontaktor magnet akan bekerja normal bila tegangannya mencapai 85% tegangan kerjanya, bila tegangan turun kontaktor akan bergetar. Ukuran dari kontaktor magnet ditentukan oleh batas kemampuan arusnya (Hadi, 2016).



Gambar 2. 15 Jenis pengoperasian elektromagnet pada kontaktor

Prinsip dari kontaktor magnetis pada gambar diatas menunjukkan empat jenis pengoperasian elektromagnetis yaitu : jenis lonceng, bel engkol, aksi horisontal, dan aksi-vertikal. Rangkaian magnetis terdiri dari baja ringan dengan permeabilitas tinggi dan magnet sisa rendah. Tarikan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan harus cukup kuat dan cepat untuk menutup jangkar terhadap gaya gravitasi dan kontak.

Menurut (Subardjono, 1990:15) bahwa piranti magnet kontaktor mengalami dua kondisi yaitu (Hadi, 2016) :

- a. Jika kumparan magnet dialiri arus AC maupun DC, maka akan timbul medan magnet disekitar penghantar yang berarus. Hal ini dapat menyebabkan tertariknya bilah-bilah kontaktor yang bergerak. Pada kondisi ini magnet kontaktor dalam kondisi bekerja.
- b. Jika arus sudah tidak mengalir ke kumparan pemagnet maka armature dan bilah-bilah kontak gerak akan melepaskan diri karena terdorong oleh pegas-pegas penunjang. Pada kondisi ini magnet kontaktor dalam kondisi tidak bekerja.



Gambar 2. 16 Kontaktor magnet

Kontak-kontak magnet kontaktor terdiri atas kontak utama dan kontak pembantu. Kontak utama merupakan kontak *normally open* yang bertindak sebagai saklar yaitu membuka dan menutup rangkaian sumber terhadap beban. Kontaktor magnetis umumnya mempunyai tiga buah kontak utama. Kontak pembantu bisa berupa kontak *normally open* maupun *normally close*. Kontak ini mempunyai arus kerja yang lebih rendah dari pada kontak utama dan digunakan seperti relai untuk pengunci atau *interlock* pada dua buah sistem kontaktor (Hadi, 2016).

2.4 Menentukan penggunaan daya listrik

Menentukan penggunaan daya listrik maupun besar pengaman yang akan digunakan maka harus diketahui arus beban, adapun rumus yang digunakan untuk menentukan arus yaitu untuk beban satu fasa dan tiga fasa yaitu (Kresna Alvintara, 2018) :

Untuk beban satu fasa :

$$I_n = \frac{P}{V_{L-N} \times \cos\varphi} \quad (2.19)$$

Atau

$$P = I_n \times V_{L-N} \times \cos\varphi$$

Untuk beban tiga fasa :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\varphi} \quad (2.20)$$

Atau

$$P = I_n \times \sqrt{3} \times V_{L-L} \times \cos\varphi$$

Keterangan :

P = Daya aktif (watt)

I_n = Arus nominal (ampere)

Cosφ = Faktor daya

V_{L-N} = Tegangan fasa – netral (volt)

V_{L-L} = Tegangan fasa – fasa (volt)

2.5 Tarif dasar listrik dan pajak PJU

2.5.1 Tarif dasar listrik

Tarif Dasar Listrik PLN untuk Keperluan Kantor Pemerintah dan Penerangan Jalan Umum sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2020 yaitu :

Tabel 2. 7 Tarif dasar listrik

 PENETAPAN PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT) BULAN OKTOBER - DESEMBER 2020					
NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVAh (Rp/kVAh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*	1.444,70	1.444,70
5.	R-3/TR	6.600 VA kg. abs.	*	1.444,70	1.444,70
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVAh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVAh = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVAh = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.444,70	1.444,70
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVAh = 1.114,74 ****)	-
12.	P-3/TR		*	1.444,70	1.444,70
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian}$.

**) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP}$.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP}$.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.


****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVAh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Jakarta, 15 September 2020

DIREKTUR UTAMA,



Untuk tarif pada Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) menggunakan golongan tarif P-3/TR dengan biaya tarif listrik per-kWh yaitu sebesar Rp. 1444,70/kWh (Indonesia, 2020).

2.5.2 Pajak penerangan jalan

Pada pembayaran tagihan listrik untuk penerangan jalan umum memiliki sumber tersendiri. Setiap pelanggan yang membeli voucher listrik atau membayar tagihan rekening listrik selalu disertai dengan pelunasan Pajak Penerangan Jalan

Umum (PPJU). Salah satu sumber Pendapatan Asli Daerah (PAD) yaitu sejenis pungutan berupa pajak yang dikenakan pada seluruh pelanggan PLN, sesuai dengan Peraturan Pemerintah (PP) No.65 tahun 2001 tentang Pajak Daerah sebagai Dasar Hukum dari PAD (Indonesia, 2001).

Besarnya PPJU ditetapkan berdasarkan PERDA yang merupakan kewenangan DPRD dan Pemda setempat. PPJU menjadi sumber pendapatan bagi Pemda setempat yang digunakan untuk pembiayaan pembangunan daerah.

Untuk mengumpulkan dan memungut PPJU yang akan dibayarkan bersamaan dengan pembelian listrik voucher atau pembayaran rekening listrik untuk disetorkan ke kas daerah didasarkan pada Surat Keputusan Bersama (SKB) Menteri Dalam Negeri dan Menteri Pertambangan dan Energi No. 71 A tahun 1993 dan No. 2862 K/841/M.PE/1993 tanggal 31 Agustus 1993 (Indonesia, 2001).

2.6 Penelitian penghematan penggunaan listrik

Tresna Umar Syamsuri, 2015, “Kontrol Lampu Jalan Untuk Menghemat Energi”, Pada penelitian membatasi pemakaian energi listrik Penerangan Jalan Umum menggunakan lampu LED dengan mengatur jumlah lampu (LED) yang menyala. Metode yang diterapkan dengan mengontrol keadaan lampu LED dengan dua sensor yaitu sensor terang gelap dan sensor kendaraan, keadaan lampu yang pertama lampu dinyalakan sepanjang malam dan intensitas cahayanya kecil, sedangkan keadaan lampu yang kedua akan menyala apabila ada kendaraan atau manusia yang melewati lampu jalan tersebut. Sensor terang gelap digunakan untuk menyalakan lampu saat pagi dan sore hari. Sedangkan sensor kendaraan digunakan untuk menyalakan lampu apabila ada kendaraan yang lewat. Sensor terang gelap dipasang di tiang yang posisinya lebih tinggi dari lampu, sedangkan pada sensor kendaraan dipasang beberapa meter di kiri atau di kanan lampu yang diharap lampu akan menyala sebelum kendaraan atau orang melintasi tiang lampu tersebut dan lampu akan mati setelah beberapa saat apabila kendaraan atau orang telah melewati tiang lampu. Rangkaian yang digunakan untuk membuat lampu LED terang dan redup adalah *dimmer*, apabila jalan keadaan sepi maka lampu penerangan akan redup dan apabila ada kendaraan mau lewat maka lampu otomatis menjadi terang. Dengan menggunakan rangkaian *dimmer* cahaya pada lampu LED dapat diatur mulai dari mati sampai terang

maksimum dan dalam penelitian diambil cahaya redup dengan arus setengah dari arus maksimum. Pada penelitian menghasilkan penghematan sekitar 68,4% dengan mengganti lampu dari lampu tekanan tinggi menjadi LED.

Ahmad Fadly Irawan, 2014, “Analisis Peningkatan Efisiensi Penerangan Jalan Umum (PJU) di Kabupaten Jember”, Metode yang digunakan dalam penghematan PJU terdiri dari tiga metode yaitu metode diskriminasi tingkat penerangan berdasarkan jam operasi dua lampu dengan daya berbeda, metode diskriminasi beban berdasarkan jam operasi, dan metode penggantian lampu dengan menggunakan lampu hemat energi jenis LED dengan tingkat penerangan yang setara. Teknis pengoperasian dari metode diskriminasi tingkat penerangan berdasarkan jam operasi dua lampu dengan daya berbeda adalah dengan mengatur nyala lampu utama pada pukul 17.30 sampai 23.00 dengan menggunakan saklar atau kontaktor 1 yang terhubung dengan *realtime clock* atau timer 1. Dan mengatur nyala lampu kedua pada pukul 23.00 sampai 05.00 dengan menggunakan saklar atau kontaktor 2 yang terhubung dengan *realtime clock* atau timer 2. Teknis pengoperasian dari metode diskriminasi beban berdasarkan jam operasi adalah dengan merubah pengkabelan dari lampu yaitu memisahkan pengkabelan antara lampu yang bernomor ganjil dan bernomor genap kemudian mengatur keadaan nyala lampu pada pukul 17.30 sampai 05.00 dengan menggunakan saklar atau kontaktor 1 yang terhubung dengan *realtime clock* atau timer 1. Dan mengatur keadaan nyala lampu genap pada pukul 17.30 sampai 23.00 dengan menggunakan saklar atau kontaktor 2 yang terhubung dengan *realtime clock* atau timer 2. Teknis pengoperasian dari metode penggantian lampu dengan menggunakan lampu hemat energi adalah dengan mengganti lampu TL maupun lampu SON-T dengan lampu LED dengan tingkat penerangan yang setara. Pada penelitian menghasilkan potensi penghematan energi listrik sebesar 43,8% untuk metode diskriminasi tingkat penerangan berdasarkan jam operasi 2 lampu dengan daya berbeda, 25,53% untuk metode diskriminasi beban berdasarkan jam operasi, dan 50,55% untuk metode penggantian lampu.