

Peluang Penghematan Energi Pada Penerangan Jalan Umum Kabupaten Padang Pariaman di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) Rayon Pariaman Feeder Kampung Dalam

Asnal Effendi*, Arfita Yuana Dewi, Lusi Elvira

Institut Teknologi Padang, Padang

E-mail: asnal.effendi@gmail.com

ABSTRACT

Most of the street lightings condition in the area has not use electrical measuring instrument yet, so electricity bill calculated for every lamp, although those lamps are dead or malfunctions. Saving energy consumption on street lighting is not only helping government on energy management but also reducing local government budget for the street lighting electricity bill. This paper aims to analyze challenges faced on street lighting management in order to reduce energy consumption with a case study on Padang Pariaman Regency. This study has been done on data especially electricity bills and also the conditions of street lighting based on field observation held in 2015. The main problem found is unmetered street lighting bill scheme and inappropriate tariff. The solution needed is to install power meter on unmetered street lighting that could reduce unmetered street lighting energy bill. The second solution is replacing conventional lamp technology with new-efficient lamp technology, which one LEDs. From the result of this study, using electrical measuring instrument can save about 542.2 kWh and Rp 795,599.22 monthly for G.10 Tigo Jorong, about 383.4 kWh and Rp 562,555.15 monthly for G.23 Kampung Tengah Koto Hilalang. Compared SON 70 Watt lamp, using LEDs 30 Watt can save about 518.4 kWh or 57.14 %. And for the electricity bill, by using LEDs we can save about Rp. 836,936.52,- or 54.47 %.

Keywords: Street lighting, unmetered street lighting, saving energy for street lighting.

ABSTRAK

Kondisi PJU sebagian besar daerah belum menggunakan alat pencatat pembatas listrik dimana tagihan rekeningnya dihitung per titik lampu sesuai dengan jenis lampu yang dipasang walaupun lampu tersebut dalam keadaan mati atau tidak berfungsi sama sekali. Penghematan energi pada penerangan jalan umum tidak hanya membantu pemerintah dalam pengelolaan energi namun juga menghemat anggaran pemerintah daerah untuk tagihan listrik PJU. Tulisan ini bertujuan menganalisis permasalahan dalam pengelolaan penerangan jalan umum dalam menghemat pemakaian energi dengan studi kasus di Kabupaten Padang Pariaman. Studi dilakukan dengan data berupa kondisi PJU yang belum dipasang APP berdasarkan data hasil pendataan pada tahun 2015. Permasalahan utama yang ditemukan adalah sistem tagihan PJU dan penggunaan tarif yang tidak sesuai. Solusi yang perlu dilakukan adalah meterisasi PJU yang berpotensi menurunkan tagihan listrik PJU. Solusi kedua adalah penggantian lampu PJU konvensional dengan lampu efisiensi tinggi, dalam hal ini lampu LED. Dari hasil penelitian ini, melakukan pemasangan APP terdapat penghematan sebesar 542.2 kWh dan Rp 795,599.22 tiap bulannya pada gardu G.10 Tigo Jorong, dan dapat dilakukan penghematan sebesar 383.4 kWh dan Rp 562,555.15 tiap bulannya pada gardu G.23 Kampung Tengah Koto Hilalang. Dibandingkan lampu SON 70 Watt, pemakaian lampu LED 30 W lebih hemat sebesar 518,4 kWh per bulan dengan persentase 57.14 %. Sedangkan dari segi tagihan listrik, pemakaian lampu LED terdapat potensi penghematan biaya sebesar Rp. 836,936.52, - atau 54.47 %.

Kata kunci: PJU, PJU non meterisasi, penghematan energi PJU.

1. PENDAHULUAN

Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan bagian dari pelengkap jalan yang dipasang di kiri jalan atau di tengah jalan, digunakan untuk menerangi jalan. PJU merupakan salah satu infrastruktur yang harus dipenuhi jalan agar bisa dipakai pada malam hari untuk mendukung aktivitas masyarakat. Sehingga pada malam hari pengguna jalan mendapat keselamatan dan kenyamanan dengan adanya lampu jalan, karena jalan yang tidak memakai penerangan, mengakibatkan pengguna jalan merasa kurang nyaman pada malam hari.

Kondisi PJU sebagian besar daerah belum menggunakan alat pencatat pembatas (APP) listrik.

Tagihan rekeningnya merupakan golongan tarif P3/TR ditentukan berdasarkan keputusan direksi PT. PLN nomor 335.K/010/DIR/2003 serta Peraturan Menteri ESDM Tentang tarif listrik Penerangan Jalan Umum No. 30 Tahun 2012 tentang tarif PJU, yang dihitung per titik lampu sesuai dengan jenis lampu yang digunakan dan pengelompokan daya lampu non-APP.

Jelas kondisi ini cukup membebani APBD Pemerintah Daerah khususnya Kabupaten Padang Pariaman, karena sistem tersebut akan menghitung tiap titik lampu yang dipasang walaupun lampu tersebut dalam keadaan mati atau tidak berfungsi sama sekali.

Berdasarkan hal tersebut diatas, dilakukanlah studi penelitian peluang penghematan energi pada PJU Kabupaten Padang Pariaman.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Penerangan Jalan Umum

Berdasarkan SNI 7391 tahun 2008, menyatakan bahwa lampu penerangan jalan umum merupakan salah satu kebutuhan masyarakat, menjadi kewajiban dan tanggung jawab pemerintah Daerah/Kota sebagai bentuk pelayanan kepada masyarakat. Menurut [5] dari jalan propinsi sampai jalan lingkungan menuntut perlengkapan jalan seiring dengan kepadatan aktivitas pemakai jalan. Salah satu perlengkapan jalan yang sangat dibutuhkan adalah Penerangan Jalan Umum (PJU).

Sistem PJU harus mempertimbangkan beberapa aspek. Salah satu aspek adalah harus berdasarkan kuat rata-rata penerangan. Kualitas penerangan harus memperhatikan kendaraan yang melaluinya dengan batas maksimal yang telah diizinkan. Selain itu, pendistribusian cahaya harus baik. Perbandingan cahaya harus 3:1, dimana perbandingan tersebut diambil dari kuat penerangan yang ada di daerah jalan raya antara lintasan tengah dengan lintasan tepi jalan. Agar tidak menyilaukan mata, sangat penting memasang aklirik atau gelas pada daerah armatur yang menjadi filter agar pandangan bisa lebih nyaman sehingga pengendara bisa konsentrasi untuk mengurangi kecelakaan lalu lintas di jalan. Selain itu, pemasangan sumber penerangan di jalan raya harus memperhatikan sudut 50 sampai 150 dari sisi arah pancaran dan arah bayangan.

Sistem pencahayaan di jalan umum tidak hanya berfungsi memberikan penerangan semata, namun juga bagaimana PJU dapat direncanakan sesuai kapasitas jalan yang akan digunakan dengan standar yang berlaku. Beberapa fungsi dan tujuan dibangunnya PJU antara lain adalah sebagai navigasi pengguna jalan, pemberi keamanan dan keselamatan pengguna, memberikan dampak keindahan dan sebagai wadah komersial (Ditjen EBTK, 2014).

Penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi antara lain:

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

2.2 Dasar Perencanaan Penerangan Jalan

Perencanaan penerangan jalan terkait dengan hal-hal berikut ini:

1. Volume lalu - lintas, baik kendaraan aupun lingkungan yang bersinggungan seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda, dan lain-lain.
2. Tipikal potongan melintang jalan, situasi (*layout*) jalan dan persimpangan jalan.
3. Geometri jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal, dan lain- lain.
4. Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan.
5. Pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya/lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik.
6. Tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan, dan lain-lain agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis.
7. Rencana jangka panjang pengembangan jalan dan pengembangan daerah sekitarnya
8. Data kecelakaan dan kerawanan di lokasi.

Beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan penerangan jalan antara lain sebagai berikut:

1. Lebar ruang milik jalan yang bervariasi dalam satu ruas jalan;
2. Tempat-tempat dimana kondisi lengkung horisontal (tikungan) tajam;
3. Tempat yang luas seperti persimpangan, *interchange*, tempat parkir, dll;
4. Jalan-jalan berpohon;
5. Jalan-jalan dengan lebar median yang sempit, terutama untuk pemasangan lampu di bagian median;
6. Jembatan sempit/panjang, jalan layang dan jalan bawah tanah (terowongan);
7. Tempat-tempat lain dimana lingkungan jalan banyak berinterferensi dengan jalannya.

2.3.1 Kriteria Teknik Penerangan

Secara umum ada beberapa kriteria teknik penerangan yang perlu diperhatikan untuk mendapat peneranganyang baik, yaitu:

1. Kuantitas atau jumlah cahaya pada permukaan tertentu (*lighting level*) tingkat kuat penerangan
2. Distribusi kepadatan cahaya (*luminance of glare*)
3. Pembatasan cahaya agar tidak menyilaukan (*limitation of glare*)
4. Arah penerangan dan pembentukan penerangan (*light directionality and shadow*)

2.3.2 Satuan - satuan Teknik Penerangan

- a. Menghitung Besarnya Fluks Cahaya

Fluks cahaya adalah besarnya energi cahaya yang dihasilkan pada setiap satuan waktu. Jika dirumuskan menjadi:

$$\phi = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- ϕ = fluks cahaya dalam lumen (lm)
- Q = energi cahaya dalam lumen jam atau lumen detik
- T = waktu dalam jam atau detik

b. Menghitung Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya adalah arus cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam satu kerucut (“cone”) cahaya, dinyatakan dengan satuan unit Candela (Cd). Intensitas cahaya adalah fluk cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu.

Dirumuskan dengan:

$$i = \frac{\phi}{\omega} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\phi = i \times \omega \dots\dots\dots (2.3)$$

$$i = \frac{\phi}{\omega}, \omega = 4 \pi$$

Dimana:

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

$$\phi = K \times P$$

Sehingga:

$$i = \frac{K P}{\omega} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- i = intensitas cahaya dalam Candela (Cd)
- ϕ = Fluks cahaya dala lumen (lm)
- ω = sudut ruang dalam steririan (sr)
- K = efisiensi cahaya rata – rata lampu

c. Iluminasi (Lux)

Iluminasi atau Lux merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata – rata yang dicapai adalah rata – rata tingkatan lux pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu lux setara denga satu lumen per meter persegi.

Dirumuskan dengan:

$$E = \frac{\phi}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- E = iluminasi dalam Lux = lm/m²
- A = luas bidang dalam m²

Iluminasi pada titik P, dirumuskan sebagai:

$$E = \frac{1}{r^2} \cos \alpha \dots\dots\dots (2.6)$$

r adalah jarak dari lampu ke ujung jalan

d. Luminasi

Luminasi adalah permukaan benda yang mengeluarkan / memantulkan intensitas cahaya yang tampak pada satuan luas permukaan benda tersebut. Dinyatakan dalam Candela per meter persegi (Cd/m²), dirumuskan dengan:

$$L = \frac{\phi}{\omega(A \cos \theta)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Atau

$$L = \frac{1}{(A \cos \theta)} \dots\dots\dots (2.8)$$

e. Efikasi Cahaya

Efikasi cahaya terhitung adalah perbandingan keluaran lumen terhitung dengan pemakaian daya terhitung, dinyatakan dengan lumens per watt.

Dirumuskan dengan:

$$K = \frac{\phi}{P} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

- K = efikasi cahaya dalam lumen /watt (lm/w)
- P = daya listrik dalam watt (W)

f. Jumlah titik lampu yang diperlukan

Jumlah titik lampu jalan yang dibutuhkan dihitung dengan:

$$T = \frac{L}{S} + 1 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

- T = jumlah titik lampu
- L = panjang jalan (m)
- S = jarak tiang ke tiang (m)

2.4 Jenis Lampu Penerangan Jalan

Batasan penempatan lampu penerangan jalan tergantung dari tipe lampu, tinggi lampu, lebar jalan dan tingkat pemerataan pencahayaan dari lampu yang akan digunakan.

2.4.1 Lampu Sodium

Lampu sodium tekanan tinggi (HPS/SON) Dan sodium tekanan rendah (SOX / SOX-E) banyak digunakan untuk penerapan di luar ruangan dan industri.

2.4.2 Lampu Uap Merkuri

Lampu uap merkuri merupakan model tertua lampu HID. Walaupun mereka memiliki umur yang panjang dan biaya awal yang rendah, lampu ini memiliki efikasi yang buruk (30

hingga 65 lumen per watt, tidak termasuk kerugian balas) dan memancarkan warna hijau pucat.

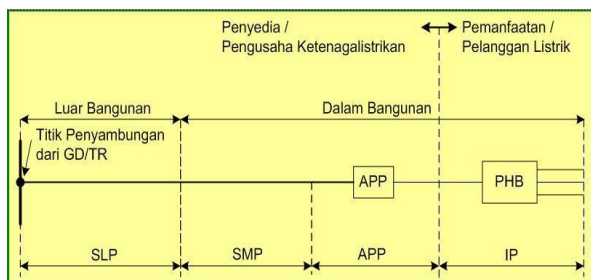
2.4.3 Lampu LED

penerangan LED memiliki potensi hemat energi. Misalnya sebuah lampu LED 30 W bisa menggantikan lampu SON 70 W atau LED 165 W bisa menggantikan lampu SON 400 W. Kelebihan lain penerangan jalan LED adalah bisa bertahan lebih lama karena memiliki umur lampu yang panjang (50.000 jam atau lebih), sehingga tidak terlalu memerlukan biaya pemeliharaan yang besar jika dibandingkan dengan lampu jalan konvensional.

2.5 Alat Pengukur Pembatas

Untuk mengetahui besarnya tenaga listrik yang digunakan oleh pemakai / pelanggan listrik (untuk keperluan rumah tangga, sosial, usaha/bangunan komersial, gedung pemerintah dan instansi), maka perlu dilakukan pengukuran dan pembatasan daya listrik.

APP merupakan bagian dari pekerjaan dan tanggung jawab pengusaha ketenagalistrikan (PT. PLN), sebagai dasar dalam pembuatan rekening listrik. Pada sambungan tenaga listrik tegangan rendah, letak penempatan APP dapat dilihat pada gambar berikut ini :



2.6 Armatur Lampu Penerangan Jalan

Untuk mengontrol distribusi cahayayang dihasilkan lampu perlu sebuah alat, alat ini dinamakan *armature atau luminaire*. Armatur juga berfungsi sebagai pelindung lampu dan tempat penyambungan ke rangkaian sumber. Tetapi pengertian armature disini adalah sumber cahaya yang telah dilengkapi dengan bola lampu ditambah dengan perlengkapan sarang lampunya.

Adapun jenis armatur diluar ruangan antara lain :

- a. Armatur jenis XRC
- b. Armatur jenis HRC dan SRC
- c. Armatur jenis TRC
- d. Armatur jenis HDC
- e. Armatur jenis QVF
- f. Armatur jenis MVF
- g. Armatur jenis HNF/ MNF
- h. Armatur jenis HGC

2.7 Panel Lampu Penerangan Jalan

Panel merupakan bagian sistem penerangan jalan umum yang berfungsi untuk meletakkan komponen – komponen pendukung sehingga lebih aman, rapi, dan teratur.

Berdasarkan tempat meletakkannya, panel dapat dibagi :

- 1. Panel duduk, memerlukan pondasi tersendiri untuk meletakkannya
- 2. Panel gendong, terletak ditiang seolah – olah pada posisi menggendong.

Komponen didalam panel antara lain :

- 1. Meteran listrik (kwh meter)
- 2. MCB
- 3. Time switch atau fotosel
- 4. Kontaktor
- 5. Terminal

Penempatan panel harus sedemikian rupa sehingga terjaga keseimbangan beban dan mudah dijangkau.

2.8 Kabel Lampu Penerangan Jalan

Kabel merupakan penghantar yang terbungkus isolasi, ada yang terbungkus tunggal atau banyak, ada yang dipasang diudara, dalam ruangan, atau dalam tanah, dan masing – masing digunakan sesuai dengan kondisi pemasangannya.

Beberapa jenis kabel yang digunakan dalam penerangan jalan umum :

- a. Kabel twisted
- b. Kabel NYM, adalah kabel yang memiliki penghantar dan memiliki isolasi luar sebagaimpelindung.
- c. Kabel NYY, adalah kabel tanah termoplastik tanpa perisai.
- d. Kabel NYFGbY

Untuk menentukan panjang kabel yang digunakan dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Panjang kabel (L)} = (\text{Jumlah tiang} \times \text{jarak tiang}) \times 110 \%$$

Untuk menentukan luas penampang kabel yang digunakan :

$$A = \frac{L \times I_{\text{rating}} \times \rho \times \cos\phi}{\Delta V} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana toleransi drop sistem tegangan untuk penerangan 5 % yaitu :

$$V = 220 \times 5 \%$$

Dengan tahanan jenis penghantar tembaga = 0,0175 Ω mm² /m

Faktor daya lampu = 0,8

Untuk penghantar 3 fasa dari jaringan PLN ke APP :

$$A = \frac{\sqrt{3} L \times I_{\text{rating}} \times \rho \times \cos\phi}{\Delta V} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.9 Perhitungan Arus Nominal dan Arus Rating

Arus pada masing – masing fasa dapat dihitung dengan rumus persamaan:

$$I_n = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} \dots\dots\dots (2.14)$$

Maka arus rating pengaman :

$$I_{\text{rating}} = K \times I_n \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan nilai K (konstanta) digunakan 125 %.

Arus nominal pada alat pengukur dan pembatas (APP) 3 fasa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$I_n = \frac{P_{\text{total}}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana P_{total} untuk lampu jalan = daya terpasang x jumlah lampu .

Arus rating pada APP dapat diketahui dengan menghitung menggunakan rumus persamaan:

$$I_{\text{rating}} = K \times I_n \dots\dots\dots(2.17)$$

2.10 Perhitungan Energi dan Biaya Listrik PLN Penerangan Jalan Umum

Energi listrik adalah jumlah daya listrik yang digunakan tiap satuan waktu. Besaran energi listrik yang digunakan dapat dihitung dengan :

$$W = \frac{P \times t}{\cos\phi} \dots\dots\dots (2.18)$$

Tarif penerangan jalan umum termasuk tarif Publik Golongan P3. Tarif dasar untuk listrik PJU telah diatur dalam Permen ESDM no.28 tahun 2016, yang mengatakan bahwa untuk tarif PJU adalah:

$$P3/TR = \text{biaya beban} + ((\text{daya dipakai kVAh}) \times \text{Rp. 1.467,28}) \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan biaya beban :

$$RM I = 40 (\text{ jam nyala}) \times \text{daya tersambung (kVA)} \times \text{Rp. 1.467,28} \dots\dots\dots(2.20)$$

Besarnya daya yang terpakai adalah :

$$S = (P / \cos\phi) \dots\dots\dots (2.21)$$

Dan besarnya daya yang terpakai selama selang waktu tertentu adalah :

$$Sh = S \times t \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

S = besarnya daya total yang terpakai dalam kVA

Sh = besarnya daya total yang terpakai selama selang waktu tertentu dalam kVAh

P = besarnya daya aktif yang terpakai pada selang waktu tertentu dalam kW

$\cos\phi$ = faktor daya

t = waktu dalam jam.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Lokasi Penelitian

Studi peluang penghematan energi pada penerangan jalan umum dilakukan di Kabupaten Padang Pariaman pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) Rayon Pariaman feeder Kampung Dalam.

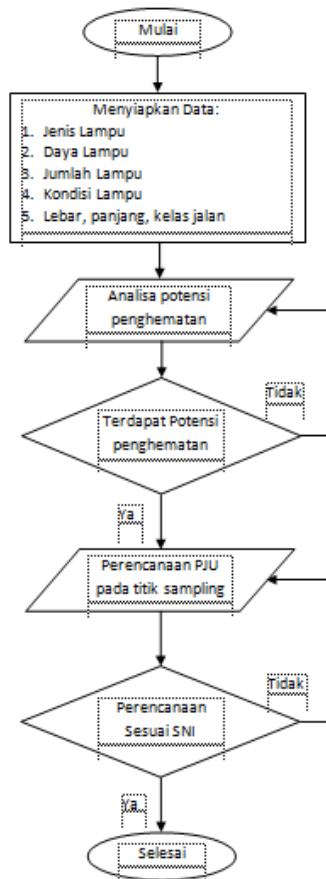
3.2. Metodologi Penelitian

1. Melakukan studi literatur, yaitu melakukan studi pustaka mencari bahan dan perhitungan yang berhubungan dengan penerangan jalan umum serta peluang penghematan energi pada komponen listrik.
2. Melakukan studi lapangan yaitu mengadakan survey untuk melihat kondisi jalan serta keadaan geografis lokasi.
3. Mengumpulkan data – data yang berkaitan dari instansi terkait seperti jumlah dan jenis PJU serta besar tagihannya, dalam hal ini adalah Dinas Koperasi Perindustrian Perdagangan dan Energi Sumber daya Mineral Kabupaten Padang Pariaman sebagai unit pelaksana teknisnya serta PT. PLN (persero) Rayon Pariaman.
4. Melakukan analisa data yang ada sehingga dapat dilakukan analisis berapa penghematan energi yang bisa didapatkan dari berbagai metode penghematan energi.

3.3. Metode Perhitungan

Dalam penelitian ini penulis menekankan perhitungan efisiensi jumlah energi listrik (kWh) terpakai serta biaya tagihan listrik PJU nya, dengan cara membandingkan antara penggunaan sistem meterisasi dengan sistem pembayaran abonemen, serta perbandingan biaya tagihan apabila jenis lampu yang sudah dimeterisasi diganti dengan lampu LED.

3.4. Flow Chart



4. Perhitungan dan Pembahasan
4.1 Kondisi Eksisting PJU Feeder
Kampung Dalam

Jumlah dan besarnya pemakaian daya PJU non meterisasi di wilayah Kabupaten Padang Pariaman yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) Rayon Pariaman sebesar 142.769 kWh, seperti terlihat pada tabel 4.1:

No	Feeder	Jumlah Gardu	Jenis PJU Non Meterisasi												
			Mercury						TL	LHE	Pijar				
			100	125	160	165	250	350	40	45	100	200			
1	Batu Basa	32	11				5							476	3
2	Sungai Geringging	47			17			28			1	477			12
3	Sungai Limau	50		14		5	95	35	763	98					2
4	Kudu Gantang	39		5			11	38	2	570					7
5	Kampung Dalam	40		23			27		67	494					11
	Jumlah	208	11	42	17	10	161	73	833	2115	3	33			

Dari tabel di atas dapat dilihat besarnya jumlah kWh PJU non meterisasi yang ditagih untuk feeder Kampung Dalam sebesar 26.169 kWh setiap bulannya.

4.2 Efisiensi Pada PJU
4.2.1 Meterisasi

Pemasangan kWh meter pada lampu penerangan jalan dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar daya yang dipakai oleh PJU dengan pasti, sehingga besar biaya yang harus dikeluarkan

sama dengan jumlah daya yang dipakai. Untuk dapat membandingkan keuntungan pemakaian APP pada PJU, terlebih dahulu harus menghitung berapa tagihan yang dikenakan terhadap PJU sebelum di meterisasi.

Untuk G.10 Tigo Jorong kondisi sebelum meterisasi :

No Gardu	Alamat	Jenis Pju Non Meterisasi	Watt	Jumlah	Kondisi pju		
					Hidup	Mati	Rusak
G.10 KD	Tigo Jorong	TL	40	3	2	1	
		HE	45	10	7	2	1
		Pijar	200	9	6	1	2
		Mercury	160	2	1	1	

Untuk G.23 Kampung Tengah Koto Hilalang kondisi sebelum meterisasi :

No Gardu	Alamat	Jenis Pju Non Meterisasi	Watt	Jumlah	Kondisi pju		
					Hidup	Mati	Rusak
G.23 KD	Kp. Tengah Koto Hilalang	TL	40	3	2	1	
		HE	45	8	4	2	2
		Pijar	200	12	9	1	2

1. Berdasarkan data rekapitulasi pada tabel 4.2, untuk gardu no.10 Tigo Jorong jumlah daya yang ditagihkan sebesar 1.174 kWh setiap bulannya dengan daya langganan 2200 VA. Bila dihitung menggunakan tarif dasar listrik terbaru Juli – September 2017 yaitu Rp. 1.467,28 untuk tarif P3, besarnya rekening yang harus dibayarkan sebagai berikut :

- Biaya Beban
 $RM I = 40 \text{ (jam nyala) } \times \text{ daya tersambung (kVA) } \times \text{ Rp. 1.467,28}$
 $= \text{ Rp. 129.120,64}$
- Biaya Bulanan
 $P3/TR = \text{ biaya beban } + \text{ (daya dipakai } \times \text{ Rp. 1.467,28)}$
 $= \text{ Rp. 1.851.707,36}$

2. Berdasarkan data rekapitulasi pada tabel 4.2, untuk gardu no. 23 Kp. Tengah Koto Hilalang, jumlah daya yang ditagihkan sebesar 1125 kWh setiap bulannya dengan daya langganan 2200 VA. Bila dihitung menggunakan tarif dasar listrik terbaru Juli – September 2017 yaitu Rp. 1.467,28 untuk tarif P3, besarnya rekening yang harus dibayarkan sebagai berikut:

- Biaya Beban
 $RM I = 40 \text{ (jam nyala) } \times \text{ daya tersambung (kVA) } \times \text{ Rp. 1.467,28}$
 $= \text{ Rp. 129.120,64}$
- Biaya Bulanan
 $P3/TR = \text{ biaya beban } + \text{ (daya dipakai) } \times \text{ Rp. 1.467,28}$
 $= \text{ Rp. 1.779.810,64}$

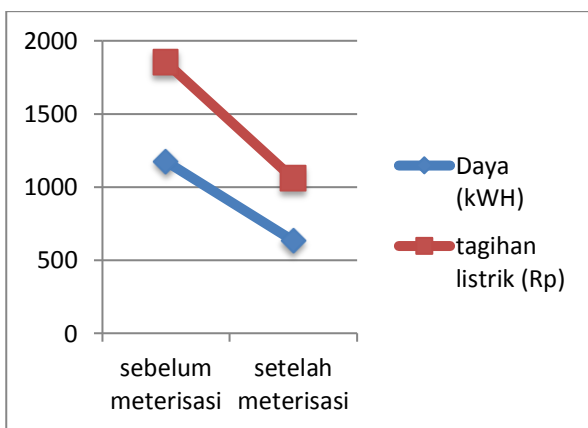
Pemakaian energi dan biaya listrik per bulan sebelum dan sesudah meterisasi, seperti terlihat pada tabel :

No.	Gardu	Alamat	Sebelum meterisasi		Setelah Meterisasi		Potensi Penghematan	
			Daya Terpakai (kWH)	Biaya listrik (Rp)	Daya Terpakai (kWH)	Biaya listrik (Rp)	Daya Terpakai (kWH)	Biaya listrik (Rp)
1.	G.10 KD	Tigo Jorong	1174	1.851.707,36	631,8	1.056.148,14	542,2	795.559,22
2.	G.23 KD	KP Tangah Koto Hilalang	1125	1.779.810,64	741,6	1.217.255,49	383,4	562.555,15

Untuk analisa penghematan menggunakan metode meterisasi, diambil sampel pada daerah Tigo Jorong dan Kampung Tangah Koto Hilalang.

PJU yang berada pada daerah Tigo Jorong, berdasarkan data pada tabel menggambarkan dari 24 unit, hanya 16 unit PJU yang berfungsi, 8 unit diantaranya rusak dan mati, dengan jumlah kwh tertagih sebesar 1174 kWH. Sebelum dilakukan meterisasi dikenai biaya tagihan listrik Rp 1.851.707,36. Tapi apabila dilakukan meterisasi, daya yang akan dikenai tagihan listrik oleh PT. PLN hanya 631,8 kWH dengan biaya listrik Rp 1.056.148,14. Dari data diatas dapat dilakukan penghematan sebesar 542,2 kWH dan Rp 795.599,22 tiap bulannya.

Untuk PJU Kampung Tangah Koto Hilalang, berdasarkan data pada tabel 4.4, terdapat 23 unit PJU, 15 unit berfungsi dan 8 unit lainnya mati atau rusak dengan daya tertagih 1125 kWH dan dikenai biaya listrik Rp. 1.779.810,64 per bulannya. Tapi apabila dilakukan meterisasi, daya yang akan dikenai tagihan listrik oleh PT. PLN hanya 741,6 kWH dengan biaya listrik Rp 1.217.255,49. Dari data diatas dapat dilakukan penghematan sebesar 383,4 kWH dan Rp 562.555,15 tiap bulannya.



Grafik 4.1 Perbandingan tagihan PJU sebelum dan setelah meterisasi.

4.2.2 Penggunaan Lampu LED

Penggunaan Lampu LED memberikan beberapa kelebihan dibandingkan dengan penerangan jalan yang ada saat ini. Selain menampilkan warna yang lebih baik, penggunaan LED memiliki potensi hemat energi. Kelebihan lainnya penerangan LED adalah bisa bertahan lebih lama karena memiliki umur lampu yang panjang dibandingkan penerangan jalan konvensional. Cahaya lampu LED memiliki waktu hidup yang lebih lama daripada lampu jalan konvensional (50.000 jam atau lebih, dibandingkan 15.000 hingga 35.000 jam), sehingga tidak memerlukan penggantian lampu dalam jangka waktu yang lama.

Dalam studi penggunaan lampu LED pada PJU ini, sampel yang dianalisa adalah jalan di Tigo Jorong yang merupakan jalan lingkungan dengan lebar jalan 4 meter dan jarak tiang ke perkerasan jalan adalah 4 meter. Menurut SNI 7391 Tahun 2008 iluminasi jalan lingkungan adalah 2 – 5 Lux. Nilai Iluminasi tersebut apabila menggunakan lampu SON 70 Watt dapat diperoleh dengan tinggi lampu 6 m. Namun apabila menggunakan lampu LED, daya yang digunakan cukup menggunakan lampu dengan daya sebesar 30 Watt.

Maka apabila dibandingkan antara penggunaan lampu SON 70 Watt dengan LED 30 Watt, diperoleh hasil sebagai berikut :

No	Gardu / Alamat	Jumlah Tiang	Jumlah Lampu	P1 (SON 70 W)	P2 (LED 30 W)	Hemat (Watt)	Hemat (%)
1.	G.10 / Tigo Jorong	36	36	2520	1080	1440	57,14

Untuk lampu PJU 30 watt sebanyak 36 unit, maka energi yang terpakai pada PJU ini dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (2.18) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W &= (P \times t) \\
 &= (30 \times 36 \times 12) \\
 &= 12,96 \text{ kWh per hari}
 \end{aligned}$$

Dalam satu bulan energi yang dibutuhkan :
 $W/\text{bulan} = 12,96 \text{ kWh} \times 30 = 388,8 \text{ kWh}$

Maka perkiraan biaya listrik yang harus dibayarkan setiap bulannya adalah :

- **Biaya Beban**
 $RM \text{ I} = 40 \text{ (jam nyala)} \times \text{ daya tersambung (kVA)} \times \text{Rp. 1.467,28}$
 $= 40 \times 2,2 \text{ kVA} \times \text{Rp. 1.467,28}$
 $= \text{Rp. 129.120,64}$
- **Biaya Bulanan**
 $P3/TR = \text{biaya beban} + (\text{daya dipakai kVAh}) \times \text{Rp. 1.467,28}$
 $= \text{Rp. 129.120,64} + (388,8 \text{ kWh} \times \text{Rp. 1.467,28})$
 $= \text{Rp. 699.599,1}$

Sebagai perbandingan, apabila dipakai lampu jenis SON 70 Watt dengan jumlah 36 tiang keseluruhan dengan titik lampu 36 unit, maka energi yang terpakai pada PJU ini adalah :

$$\begin{aligned}
 W &= P \times t \\
 &= 70 \times 36 \times 12 \\
 &= 30,24 \text{ kWh per hari}
 \end{aligned}$$

Dalam satu bulan energi yang dibutuhkan :
 $W/\text{bulan} = 30,24 \text{ kWh} \times 30 = 907,2 \text{ kWh}$

Maka perkiraan biaya listrik yang harus dibayarkan setiap bulannya adalah :

• **Biaya Beban**

$$\begin{aligned}
 \text{RM I} &= 40 \text{ (jam nyala) } \times \text{ daya tersambung (kVA)} \times \text{Rp. 1.467,28} \\
 &= 40 \times 3,5 \text{ kVA} \times \text{Rp. 1.467,28} \\
 &= \text{Rp. 205.419,2}
 \end{aligned}$$

• **Biaya Bulanan**

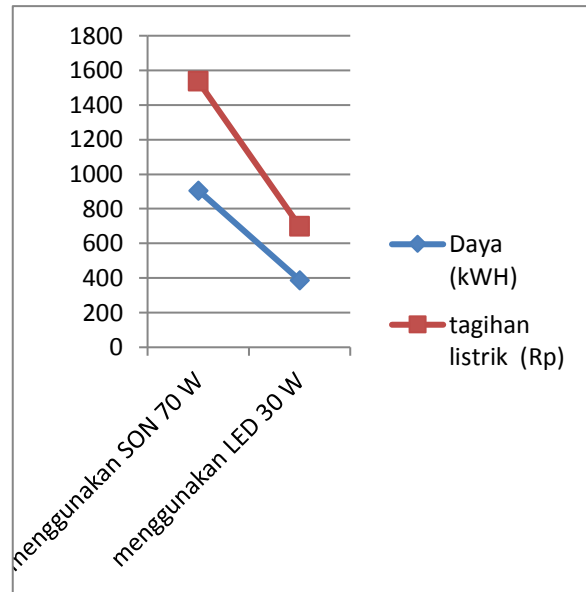
$$\begin{aligned}
 \text{P3/TR} &= \text{biaya beban} + (\text{daya dipakai} \times \text{Rp. 1.467,28}) \\
 &= \text{Rp. 205.419,2} + (907,2 \text{ kWh} \times \text{Rp. 1.467,28}) \\
 &= \text{Rp. 1.536.535,62}
 \end{aligned}$$

Maka perbandingan sebelum dan sesudah penggantian dengan LED dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut :

No	Gardu	Jumlah Lampu	Biaya Listrik (SON 70 W) Rp	Biaya Listrik (LED 30 W) Rp	Hemat (Rp)	Hemat (%)
1.	G.10 / Tigo Jorong	36	1.536.535,62	699.599,1	836.936,52	54,47

No	Gardu	Jumlah Lampu	W1 (SON 70 W) kWh	W2 (LED 30 W) kWh	Hemat (kWh)	Hemat (%)
1.	G.10 / Tigo Jorong	36	907,2	388,8	518,4	57,14

Dari tabel 4.7 dan 4.8 dapat dilihat potensi penghematan yang bisa diperoleh dengan pemakaian lampu LED untuk PJU. Apabila dibandingkan dari segi konsumsi energi listrik, dengan total energi terpakai oleh SON 70 W sebesar 907 kWh per bulan, pemakaian lampu LED 30 W sebesar 388,8 kWh lebih hemat sebesar 518,4 kWh per bulan dengan persentase 57,14 %. Sedangkan dari segi tagihan listrik, pemakaian lampu LED lebih hemat dengan tagihan sebesar Rp 699.599,01 dibandingkan tagihan untuk lampu SON 70 W sebesar Rp. 1.536.535,62. Maka dengan pemakaian LED 30 W terdapat potensi penghematan sebesar Rp. 836.936,52,- atau 54,47 %.



4.3. Perencanaan Penataan PJU

Jalan di Tigo jorong merupakan kelas lingkungan. Dengan panjang jalan 1800 meter memiliki tiang listrik 36 buah dengan jarak antar tiang 50 meter. Lebar jalan 4 meter dengan jarak antara tiang lampu ke tepi perkerasan adalah 4 meter. Panjang stang ornament yang akan digunakan 3 meter.

4.3.1. Menentukan Efisiensi Lampu

Dalam menentukan efisiensi lampu jalan yang digunakan perlu diperhatikan hal – hal sebagai berikut :

1. Efisiensi lampu
2. Perawatan lampu ekonomis
3. Umur lampu
4. Warna cahaya yang dihasilkan

Lampu yang digunakan adalah lampu LED 30 watt dengan warna lampu warm light. Efisiensi lampu LED rata – rata 95 lumen /watt tergantung dari besarnya daya lampu dan merk.

4.3.2. Menghitung sudut Stang Ornament

Stang ornament digunakan stang tunggal yang menempel pada tiang listrik dan panjang 3 meter. Untuk menentukan sudut kemiringan stang ornament dihitung dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t &= \sqrt{h^2 + c^2} \\
 t &= \sqrt{6^2 + 3^2} \\
 t &= 6,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} = \frac{6}{6,7} = 0,895$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0,895 = 26,4^\circ$$

Jadi didapat kemiringan stang ornament sebesar $26,4^\circ$.

4.3.3. Menentukan intensitas cahaya (i dalam Candela /cd)

Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.4 maka dapat dihitung intensitas cahaya untuk lampu sebesar SON 70 Watt serta LED 30 watt.

Untuk LED 30 Watt :

$$i = \frac{\phi}{\omega}, \omega = 4\pi$$

Dimana :

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

$$\phi = K \times P$$

$$\text{Sehingga : } i = \frac{K \times P}{\omega}$$

Besarnya K (efikasi cahaya) rata – rata lampu LED sebesar 95 lumen /watt, dengan daya 30 watt, dan besarnya sudut ruang $\omega = 4\pi$, maka :

$$i = \frac{K \times P}{\omega}$$

$$i = \frac{95 \times 30}{4 \times 3,14}$$

$$i = 226,910 \text{ cd}$$

Untuk SON 70 Watt :

Besarnya K (efikasi cahaya) rata – rata lampu SON sebesar 80 lumen /watt, dengan daya 70 Watt, dan besarnya sudut ruang $\omega = 4\pi$, maka :

$$i = \frac{K \times P}{\omega}$$

$$i = \frac{80 \times 70}{4 \times 3,14}$$

$$i = 445,86 \text{ cd}$$

4.3.4. Menghitung Iluminasi Pada Titik Ujung Jalan

Iluminasi pada titik diujung jalan dapat dihitung sebagai berikut :

$$r = \sqrt{6^2 + 5^2}$$

$$r = 7,81 \text{ m}$$

Untuk lampu LED 30 Watt :

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \beta = \frac{226,910}{7,81^2} \times \frac{6}{7,81} = 2,86 \text{ Lux}$$

Untuk lampu SON 70 Watt :

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \beta = \frac{445,86}{7,81^2} \times \frac{6}{7,81} = 5,61 \text{ Lux}$$

Berdasarkan SNI 7391 tahun 2008, iluminasi untuk jalan lingkungan adalah 2 – 5 Lux. PJU menggunakan LED 30 W dengan tinggi 6 meter dan sudut kemiringan stang ornament $26,4^\circ$, didapatkan iluminasi di ujung jalannya sebesar 2,86 Lux. Dengan demikian perencanaan PJU Tigo Jorong telah memenuhi standar.

4.3.5. Perhitungan Daya Listrik Yang Dibutuhkan

Dengan menggunakan lampu penerangan jalan daya 30 watt dengan jumlah tiang 36 buah dan 36 buah lampu, maka beban dapat dibagi menjadi dua group, 18 kiri dan 18 kanan panel. Jumlah daya listrik yang mengalir pada tiap – tiap group adalah sebagai berikut :

$$P = 30 \text{ watt} \times 18 = 540 \text{ watt}$$

Arus pada masing – masing fasa dapat dihitung dengan rumus persamaan (2.4) :

$$I_n = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

$$I_n = \frac{540}{220 \cdot 0,95}$$

$$I_n = 2,58 \text{ A}$$

Maka arus rating pengaman dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan (2.15) :

$$I_{\text{rating}} = K \times I_n$$

$$I_{\text{rating}} = 125\% \times I_n = 125\% \times 2,58 \text{ A} = 3,225 \text{ A}$$

Arus nominal pada alat pengukur dan pembatas (APP) 3 fasa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu :

$$I_n = \frac{P_{\text{total}}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$I_n = \frac{540 \times 2}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95}$$

$$I_n = 1,73 \text{ A}$$

Arus rating pada APP dapat diketahui dengan menghitung menggunakan rumus persamaan (2.17) yaitu :

$$I_{\text{rating}} = K \times I_n = 125\% \times I_n = 125\% \times 1,73 \text{ A} = 2,16 \text{ A}$$

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian peluang penghematan energi pada PJU Padang Pariaman di wilayah kerja PT. PLN (Persero) Rayon Pariaman feeder Kampung Dalam, dapat disimpulkan:

1. Besar potensi penghematan energi yang didapatkan adalah sebagai berikut
 - a. Memasang Alat Pembatas Pengukur (APP) / meterisasi pada PJU dapat menghemat sebesar 542,2 kWh pada G.10 Tigo Jorong dan sebesar 383,4 kWh pada G.23 Kampung Tengah Koto Hilalang setiap bulannya.
 - b. Pemakaian daya pada lampu SON 70 Watt untuk 36 unit PJU di G.10 Tigo Jorong sebesar 907,2 kWh apabila dibandingkan dengan lampu LED 30 Watt yang memakai sebesar 388,8 kWh, dapat menghemat sebesar 518,4 kWh per bulan, atau 57,14 %.
2. Besarnya pengurangan tagihan listrik yang didapatkan setelah dilakukan langkah – langkah penghematan adalah sebagai berikut :
 - a. Setelah dilakukan pemasangan APP/ Pada Gardu G.10 Tigo Jorong, menyebabkan hemat terhadap tagihan listrik Rp. 795.599,22,- per bulan, dan pada Gardu G.23 Kp. Tengah Koto Hilalang, terdapat potensi hemat Rp. 562.555,15,- per bulan.
 - b. Pemakaian lampu LED lebih hemat dengan tagihan sebesar Rp 699.599,01 dibandingkan tagihan untuk lampu SON 70 W sebesar Rp. 1.536.535,62. Maka dengan pemakaian LED 30 W terdapat potensi penghematan sebesar Rp. 836.936,52,- atau 54,47 %.
2. Perencanaan PJU Tigo Jorong memakai LED 30 Watt, dengan tinggi lampu 6 meter, panjang stang 3 meter, dan sudut stang ornament 26,4° menghasilkan iluminasi pada titik di ujung jalan sebesar 2,86 Lux. Hal ini sudah memenuhi SNI 7391 tahun 2008, dimana untuk jalan lingkungan iluminasi yang dibutuhkan adalah 2 – 5 Lux.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2008. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7391:2008 tentang Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan. Jakarta.
- [2] Berlian Akbar, M. Indra Al Irsyad, Sarimin Emo, Pungut Widyanto, Tweeda Augusta. dan Muhammad Aman . 2014. Analisis Potensi Penghematan Energi Penerangan Jalan Umum Kota Surakarta dan Kota Bandung. 13(1): 1–14. ISSN 1978-2365.
- [3] Irawan, Ahmad Fadly. 2014 . Analisis

Peningkatan Efisiensi Penerangan Jalan Umum (PJU) di Kabupaten Jember.

- [4] Mansur. 2015. Analisis Kelistrikan Lampu Penerangan Jalan Umum “Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Kawasan Perkantoran Kabupaten Konawe Selatan.” 7(1): 33–40.
- [5] A Effendi, N Razonta. 2015. Penataan Dan Meterisasi Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Desa Apar Kecamatan Pariaman Utara. Jurnal Teknik Elektro-ITP Volume 4 No.1 Januari 2015 hal. 199-203