

STUDI SUSUT ENERGI PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK MELALUI ANALISIS PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN

Sugianto¹; Puspa Untara²
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jln. Moh. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta, Indonesia
E-mail : sugiantoistn13@gmail.com

Abstrak

Pada Saluran Sistem Tenaga Listrik terdapat faktor rugi rugi atau penyusutan dari energi. Penyusutan ini dapat ditemui di berbagai tempat pada saluran tenaga listrik, mulai dari pembangkitan, transmisi, sampai dengan distribusi kepada konsumen. Ada dua jenis penyusutan pada sistem tenaga listrik, yaitu penyusutan teknis dan non-teknis. Penyusutan teknis adalah penyusutan yang terjadi sebagai akibat adanya impedansi pada peralatan pembangkitan maupun peralatan penyaluran dalam transmisi dan distribusi sehingga terdapat daya yang hilang. Penyusutan secara non teknis adalah susut yang disebabkan oleh kesalahan dalam pembacaan alat ukur, kesalahan kalibrasi di alat ukur, dan kesalahan akibat pemakaian yang tidak sah (pencurian) atau kesalahan kesalahan yang bersifat administratif lainnya.

Kata kunci : *Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik*

Abstract

On power system there is a factor known as losses factor of energy. These losses could be found in several places all over power network, from the power plant, transmission system, until the network end in distribution system. Actually, there are two kinds of losses on power system network, which are technical losses and non-technical losses. Technical losses is losses that happen not only as an effect of impedance on power plant utilities, but also as an effect impedance on equipment that used in transmission and distribution. In other side, thenon-technical losses is a losses that caused by the mistake the occurred when reading the measurement equipment, the mistake of equipment calibration, and a mistake that caused by illegal user or other administrative mistakes.

Keywords: Energy Losses On Power Distribution System

1. PENDAHULUAN

Di dalam suatu sistem tenaga listrik terdapat suatu faktor yang dinamakan faktor rugi rugi atau penyusutan dari daya. Penyusutan ini dapat ditemui di berbagai tempat pada jaringan tenaga listrik, mulai dari pembangkitan, transmisi, sampai dengan kepada distribusi kepada konsumen. Penyusutan menjadi pembahasan penting pada saat ini karena terkait dengan kualitas daya yang akan dihantarkan kepada konsumen serta membuka potensi pendapatan bagi Perusahaan Listrik Negara (PLN) karena rugi rugi yang terjadi di jaringan akan mengurangi potensi penjualan daya oleh PLN. Secara umum penyusutan daya dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Susut teknis

Penyusutan teknis adalah penyusutan yang terjadi sebagai akibat adanya impedansi pada peralatan pembangkitan maupun peralatan penyaluran dalam transmisi dan distribusi sehingga terdapat daya yang hilang berupa panas.

2. Susut non teknis

Penyusutan secara non teknis adalah susut yang disebabkan oleh kesalahan dalam pembacaan alat ukur, kesalahan kalibrasi di alat ukur, dan kesalahan akibat pemakaian yang tidak sah (pencurian) atau kesalahan kesalahan yang bersifat administratif lainnya.

Akan tetapi perlu diketahui bahwa penyusutan daya tidak mungkin dihindari karena pada peralatan tidak mungkin memiliki tingkat efisiensi 100%, namun yang perlu mendapatkan perhatian adalah apakah penyusutan yang terjadi di dalam batas kewajaran. Sebagian besar penyusutan yang ada di duga berada pada jaringan distribusi.

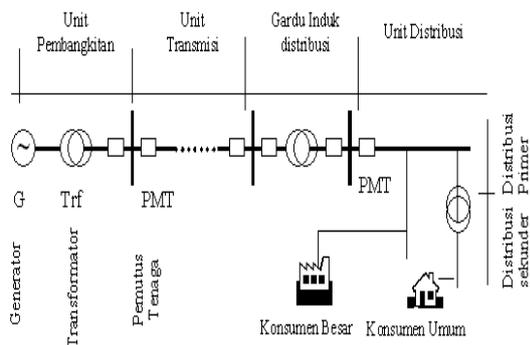
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya susut energi yang terjadi pada jaringan distribusi tenaga listrik serta melakukan analisa terhadap nilai susut energy tersebut, melalui metode pengukuran serta perhitungan.

2. SISTEM TENAGA LISTRIK

2.1 Gambaran Umum Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik dikatakan sebagai kumpulan/gabungan yang terdiri dari peralatan – peralatan atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem.

Blok diagram sistem tenaga listrik dapat digambarkan sebagai pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1. Instalasi Sistem Tenaga listrik

Keterangan dari gambar di atas adalah :

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV ,154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi,

2.2. Sistem Distribusi Tegangan Menengah

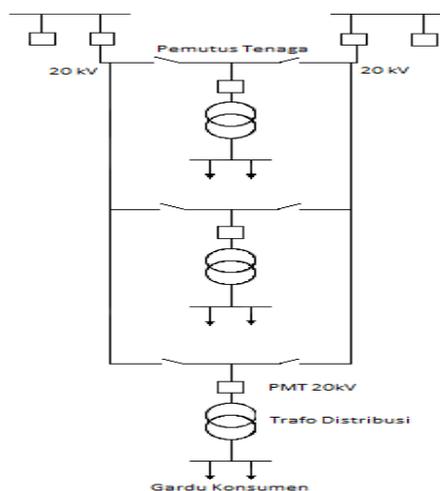
Pada umumnya struktur jaringan distribusi dapat dibagi menjadi empat jenis, antara lain:

- Jaringan radial
- Jaringan lingkaran
- Jaringan anyaman
- Jaringan busbar

2.2.1 Struktur Jaringan Radial Ganda

Struktur jaringan distribusi radial adalah struktur jaringan yang paling sederhana, baik ditinjau dari perencanaannya maupun dari pengusahaannya. Penyaluran tenaga listrik dari penyulang berada pada kondisi satu arah. Akibatnya apabila terjadi gangguan

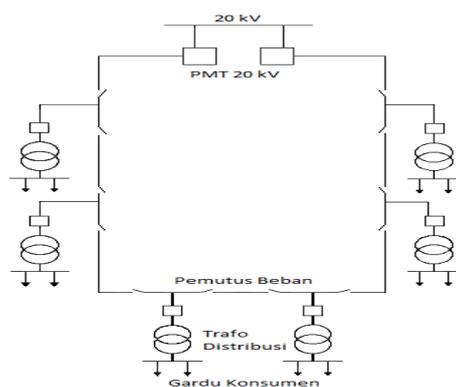
pada salah satu titik pada rangkaian akan menyebabkan keseluruhan jaringan akan terkena dampaknya.



Gambar 2.3. Gambar Struktur Jaringan Radial Ganda

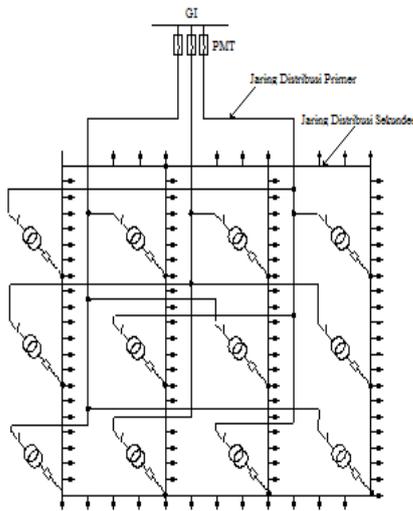
2.2.2 Struktur Jaringan Lingkaran

Struktur jaringan distribusi lingkaran merupakan struktur jaringan distribusi tertutup yang dimulai dari sumber daya besar (GI) kemudian melewati beberapa gardu gardu distribusi kemudian kembali lagi menuju sumber semula sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Gambar Struktur Jaringan Lingkaran/Loop

2.2.4 Struktur Jaringan Anyaman



Gambar 2.5. Gambar Struktur Jaringan Anyaman

Struktur jaringan distribusi anyaman merupakan bentuk jaringan yang paling rumit apabila dibandingkan dengan struktur jaringan distribusi lainnya. Untuk setiap gardu distribusi akan mendapat suplai tenaga listrik dari dua atau lebih penyulang, sehingga kontinuitas penyaluran tenaga listriknya jauh lebih baik dibandingkan struktur jaringan distribusi yang lain. Namun struktur jaringan distribusi jenis ini memiliki biaya investasi yang lebih mahal dibandingkan dengan struktur jaringan distribusi lainnya. Struktur ini biasanya dipakai untuk daerah yang memerlukan tingkat kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang tinggi seperti pada daerah industri yang memerlukan suplai yang konstan.

2.3. Distribusi Tenaga Listrik

Terdapat dua cara dalam distribusi tenaga listrik ke daerah pemukiman, antara lain melalui gardu distribusi atau melalui penyaluran setempat.

2.3.1 Gardu Distribusi

Penyaluran daya dengan menggunakan gardu distribusi menggunakan sistem tiga fasa untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR) dengan transformator tiga fasa dengan kapasitas yang cukup besar. Jaringan tegangan rendah ditarik dari sisi sekunder transformator untuk kemudian disalurkan kepada konsumen.

Gardu Transformator Untuk konsumen umum dan khusus

- a. Gardu Tembok Untuk SKTM
- b. Gardu Tembok Untuk SUTM
- c. Gardu Kiosk
- d. Gardu Tiang: Portal, Cantol

2.3.2 Penyaluran Setempat

Penyaluran daya dengan menggunakan penyaluran setempat umumnya digunakan pada daerah dengan kondisi beban perumahan tidak terlalu besar, atau pada suatu daerah dengan tingkat pertumbuhan beban yang tinggi. Untuk jaringan tegangan menengahnya menggunakan sistem tiga fasa dengan percabangan satu fasa. Sementara untuk jaringan tegangan menengahnya menggunakan sistem satu fasa.

2.4. Tegangan Distribusi

Tegangan untuk jaringan distribusi dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

2.4.1 Sistem Distribusi Primer

Tegangan menengah adalah tegangan dengan rentang nilai 1 kV sampai dengan 30 kV. Untuk di Indonesia menggunakan tegangan menengah sebesar 20 kV. Tegangan menengah dipakai untuk penyaluran tenaga listrik dari GI menuju gardu gerdu distribusi atau langsung menuju pelanggan tegangan menengah.

Penghantar jaringan tegangan menengah

- a. Penghantar terbuka diatas tanah
- b. Kabel aluminium type XLPE
- c. Kabel pilin udara sesuai SPLN 43-5:1986

2.4.2 Sistem Distribusi Sekunder

Pada saat ini SUTR yang menggunakan kabel telah banyak digunakan oleh PLN untuk mengurangi gangguan yang disebabkan oleh gangguan pohon dan gangguan lain yang disebabkan oleh perbuatan manusia. Untuk kabel sambungan rumah (SR) ke pelanggan saat ini telah digunakan *twisted* kabel dengan inti penghantar ada dari material aluminium dan tembaga.

2.4.3. Tegangan Pelayanan

Tegangan pelayanan merupakan ketetapan dari penyedia tenaga listrik untuk pelanggan. Di Indonesia

besarnya tegangan pelayanan pada umumnya antara lain :

- a. 380/220 V tiga fasa empat kawat
- b. 220 V satu fasa dua kawat
- c. 20 kV fasa tiga kawat
- d. 12 kV fasa tiga kawat
- e. 6 kV tiga fasa tiga kawat

2.5. Kualitas Daya

- Puncak Kebutuhan Daya (Peak Demand Load)

Daya puncak merupakan besar operasi beban maksimum, besarnya beban puncak menjadi referensi untuk menentukan besar langganan kapasitas kVA kepada produsen Listrik PLN. Penentu kapasitas kVA harus di sesuaikan dengan besarnya beban puncak agar tercapai optimum antara usaha memenuhi kapasitas beban puncak dengan usaha untuk meminimumkan besar langganan Kva.

- Faktor Daya (Power Faktor)

Faktor daya merupakan pergeseran fasa antara tegangan dan arus, didapat dari hasil perkalian bilangan kompleksnya. Faktor daya dapat bersifat leading dan lagging PF lead umumnya disebabkan oleh beban-beban yang bersifat kapasitif, sedangkan faktor daya bersifat lagging disebabkan oleh beban-beban yang bersifat induktif.

2.6. Penyusutan Energi Pada Jaringan Distribusi

Rugi - rugi atau biasa dikatakan sebagai susut energi merupakan fenomena umum terjadi dimana suatu sistem tidak mungkin memiliki efisiensi sebesar 100%. Penyusutan energi pada jaringan distribusi ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Penyusutan energi pada penyulang
2. Penyusutan energi pada transformator distribusi
3. Penyusutan energi pada persambungan (jointing)

3. PEMILIHAN OBJEK DAN METODE

PENGAMBILAN DATA

3.1. Susut Tegangan Menengah (JTM)

Susut penyulang jaringan tegangan menengah dapat ditentukan berdasarkan pengukuran

AMR yaitu selisih energi (kWh) yang dikirimkan penyulang dan jumlah energi yang terukur pada masing-masing gardu distribusi. Untuk mencari susut tegangan dengan menggunakan rumus di bawah ini

$$\Delta V = V_k - V_t \quad (3.1)$$

Dimana :

V_k = nilai mutlak tegangan ujung kirim

V_t = nilai mutlak tegangan ujung terima

Untuk menghitung besarnya susut energi menggunakan persamaan berikut ini

$$kWh_{SET} = kWh_I - kWh_O \quad (3.2)$$

Dimana :

S_{ET} = Susut Energi Total

kWh_I = kWh Input

kWh_O = kWh Output

Untuk mencari susut penghantar berdasarkan rumus dasar susut daya sebagai berikut :

$$P = 3 \times I^2 \times \frac{R}{3} \quad (3.3)$$

Dimana :

P = susut daya pada penghantar (Watt)

R = resisitansi total penghantar (Ω)

I = arus beban rata - rata (A)

3.1.2. Penyulang Cinere

Penyulang Cinere merupakan penyulang tegangan menengah dengan tegangan operasi 20 kV. Penyulang ini mendapat pasokan dari trafo 4 GI Gandul. Penyulang Cinere terdiri dari 21 Gardu Distribusi (GD) dengan panjang kabel penyulang dari GI sampai ke GD terakhir adalah 48 km. Pelanggan yang dilayani oleh penyulang ini terdiri dari pelanggan tegangan rendah (TR) dan tegangan menengah (TM). Dari gambar 4.1, diketahui bahwa penyulang Cinere juga terhubung dengan penyulang Cucu dari Trafo 1 Gandul pada GD RG10 dalam kondisi operasi normal

3.2. SUSUT JARINGAN TEGANGAN RENDAH (JTR)

Susut jaringan tegangan rendah dapat ditentukan berdasarkan pengukuran energi pada outgoing rak TR menggunakan Power Quality Analyzer (PQA) dan energi yang tercatat pada kWh Meter pelanggan. Susut jaringan tegangan rendah yaitu selisih energi (kWh) yang dikirimkan dari gardu

distribusi dan jumlah energi yang tercatat di semua kWh Meter pada jurusan yang terkait.

$$W_{JTR1} = W_{ITR} - W_{OTR} \quad (3.10)$$

$$W_{JTR3} = W_{IJTR} \times \frac{W_3}{(W_3 + W_1)} \quad (kWh)$$

$$\% \Delta_{JTR} = \frac{W_{IJTR} - W_{OJTR}}{W_{IJTR}} \times 100\% \quad (3.11)$$

Dimana :

W_{JTR1} = Energi JTR satu fasa

W_{JTR3} = Energi JTR 3 fasa

W_{IJTR} = Energi Incoming JTR

W_{OJTR} = Energi Outgoing JTR

3.3. SUSUT GARDU DISTRIBUSI

Susut gardu distribusi terdiri dari dua bagian yaitu susut rak TR dan susut transformator. Susut total gardu distribusi adalah jumlah susut pada rak TR dan susut transformator. Susut rak TR dapat ditentukan berdasarkan hasil pengukuran menggunakan Power Quality Analyzer (PQA) yang dipasang pada incoming rak TR dan semua outgoing rak TR. Besarnya susut rak TR adalah selisih energi yang terukur pada incoming rak TR dengan energi total yang terukur pada semua outgoing rak TR.

Ketidakseimbangan Beban pada Transformator Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (3.14)$$

Dimana :

S : daya transformator (kVA)

V: tegangan sisi primer trafo (kV)

I : arus jala-jala (A)

$$\% \Delta_{TR} = \frac{W_{PTR} - W_{STR}}{W_{PTR}} \times 100\% \quad (3.15)$$

$$W_L = I^2 R \quad (3.16)$$

$$R = \frac{W_L}{I^2}$$

Dimana :

W_{TR} = Energi rak, tegangan rendah

W_{PTR} = Energi primer tegangan rendah

W_{STR} = Energi sekunder tegangan rendah

Untuk mencari rugi-rugi (losses) trafo secara sederhana ditulis dengan persamaan sebagai berikut

$$P(\text{Losses}) = P_o + A^2 \cdot P_b \quad (3.17)$$

Dimana :

P_o = rugi-rugi beban nol

P_b = rugi-rugi akibat adanya transfer energi dari sisi primer ke sekunder (Impedance loss) yang besarnya tergantung pada pembebanan trafo.

A = faktor pembebanan = beban / beban nominal

Untuk mencari arus bolak balik trafo 3 fasa adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_K \cdot \cos \phi} \quad (3.18)$$

Dimana :

I = arus beban [Amp]

P = daya yang diperlukan [Watt]

$\cos \phi$ = faktor daya

V_K = tegangan kerja maksimum [Volt]

Untuk menghitung arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (3.19)$$

Dimana :

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya Transformator (KVA)

V = Tegangan sisi sekunder transformator

Sebagai akibat dari ketidak seimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalir arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan losses (rugi-rugi). Losses pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \times R_N \quad (3.20)$$

Dimana :

P_N = Losses penghantar netral transformator (Watt)

I_N^2 = Arus netral pada transformator (A)

R_N = Tahanan penghantar netral transformator (Ω)

Sedangkan losses yang di akibatkan karena arus netral yang mengalir ketanah (ground) dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \times R_G \quad (3.21)$$

Dimana :

P_G = Losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah (Watt)
 I_G = Arus netral yang mengalir ke tanah
 R_G = Tahanan pembumian netral transformator (Ω)

4. PERHITUNGAN DAN ANALISIS SUSUT ENERGI

4.1.1. Susut Energi Total Perbulan

1. Bulan Januari 2017

Untuk menghitung besarnya susut energi dengan persamaan (3.2) sebagai berikut
 $kWh_{SET} = kWh_I - kWh_O$
 $= 2.345.294,4 - 2.213.586,3$
 $= 131.708 \text{ kWh}$

Jadi besar total susut energi pada penyulang Cinere dibulan Januari 2017 adalah 131.708 kWh

4.1.2. Susut Energi Pada Penghantar

Besarnya Resistansi tipe kabel XLPE pada penyulang Cinere l = 48.000 m) ini adalah sebagai berikut :

$$R = 0,125 \Omega/\text{Km}$$

Maka besar R keseluruhan adalah :

$$R = 0,125 \Omega \times 48 \text{ Km}$$

$$= 6 \Omega$$

Besarnya susut penghantar pada bulan Januari 2017 menggunakan rumus (3.3) sebagai berikut :

$$P = 3 \times I^2 \times \frac{R}{3}$$

$$= (234)^2 \times 6$$

$$= 328.536 \text{ Watt}$$

$$L_f = \frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}}$$

$$L_f = \frac{234}{270}$$

$$= 0,86$$

$$L_s = 0,3_f + 0,7(L_f)^2$$

$$= 0,76$$

$$P_{kWh} = P_{susut\ total} \times L_{Ls} \times 30$$

$$= 328.536 \times 0,76 \times 30$$

$$= 749.062,80 \text{ kWh}$$

Jadi besar total susut energi penghantar dibulan Januari 2017 adalah 749.062,80 kWh
 Perhitungan rata-rata dari data-data bulan Januari 2017 sampai dengan Februari 2017 adalah :

1. Arus puncak rata-rata :

$$I_{paverage} = \frac{270 \times 21}{21} = 270 \text{ A}$$

2. Arus rata-rata :

$$I_{average} = \frac{234 \times 21}{21} = 234 \text{ A}$$

3. Faktor Beban :

$$= \frac{0,86 \times 21}{21} = 0,86$$

4. Faktor Losses :

$$L_s = \frac{78 \times 21}{21} = 0,78$$

5. kWh Input

$$kWh_{In} = \frac{2.345.294,4 \times 21}{21}$$

$$= 2.345.294,4 \text{ kWh}$$

6. kWh Output

$$KWh_{Out} = \frac{2.213.586,3 \times 21}{21} =$$

$$2.213.586,3\% \Delta kWh_{SET} = \frac{131.708}{2.345.294,4} \times 100\%$$

$$= 5,6\%$$

Persentase nilai susut jaringan tegangan menengah dalam rentang satu bulan Nilainya cenderung stabil, nilai diatas adalah sama bulan januari 2017. Nilai Arus puncak rata-rata pada bulan januari 2017 pada penyulang Cinere ini adalah bernilai stabil seharga 270 A. Nilai kestabilannya disebabkan karena jenis pembebanan. penyulang Cinere ini adalah umum padat penduduk yang fluktuasi bebannya tinggi. Sedangkan nilai arus rata-rata tiap bulannya adalah seharga 234 A

4.2. HASIL SUSUT JARINGAN TEGANGAN RENDAH

4.2.1. Arus Maksimum Transformator Distribusi

Parameter ini menunjukkan arus yang mampu dikeluarkan oleh transformator distribusi RG 10 pada nilai maksimal, dicari dengan persamaan (3.10), sehingga nilai yang didapatkan untuk transformator dengan kapasitas 630 kVA adalah: Perhitungan arus transformator distribusi dengan beban 80%

$$S = 380,23 \text{ A} \times 0,8$$

$$= 304,23 \text{ A}$$

4.2.2 Resistansi Saluran

Penghantar yang digunakan pada jaringan tegangan rendah menggunakan kabel dengan ukuran 70mm² digunakan sebagai saluran dari trafo ke titik-titik beban. Kemudian menurut Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 juga resistansi dalam kabel penghantar ukuran 70mm² memiliki nilai 0,435 Ω/km .

maka dapat diketahui besar resistansi saluran antar tiang.

$$R_{saluran} = R_{kabel} \times \text{panjang saluran}$$

$$R_{saluran} = 0,435 \frac{\Omega}{km} \times 850 \text{ m}$$

$$R_{saluran} = 0,370 \Omega$$

Kemudian dapat diketahui besar resistansi saluran antar tiang:

$$R_{rang} \text{ tiang} = \frac{R_{saluran}}{\text{Jumlah tiang}}$$

$$R_{rang} \text{ tiang} = \frac{0,370 \Omega}{17}$$

$$R_{rang} \text{ tiang} = 0,0217 \Omega$$

4.2.3 Persen Pembebanan

Parameter ini menunjukkan berapa besar pembebanan yang terjadi di PLN APJ Lenteng Agung,

Tabel 4.2. Pelanggan Daerah Cipedak

PePelanggan	Daya (Watt)	Jumlah Pelanggan	Persentase Pelanggan %
R1 (450-900 VA)	22828	170	85,42%
R1(1300-2200VA)	4379	29	14,58%

Dilihat dari tabel 4.2 di atas terlihat pelanggan yang paling banyak antara memakai daya 22828 watt pelanggan yang menggunakan 450-900 VA sebanyak 170 pelanggan dan persentase cukup besar yaitu 85,42 % sedangkan yang memakai daya 4379 watt pelanggan yang menggunakan 1300-2200 VA sebanyak 29 pelanggan dan persentase sangat jauh di dibandingkan dengan daya pelanggan 450-900 VA yaitu cuma 14,58 % dan selisih antara kedua daya pelanggan adalah 18.449 watt

4.2.4. Arus Pada Masing-Masing Titik Beban

Arus ini merupakan arus yang mengalir pada titik beban, diperoleh dari hubungan antara arus pembebanan dengan jumlah tiang., berikut akan diambil sampel besar arus pada titik beban pada pelanggan R1 (450-900 VA).

$$I_{\text{tiang}} = \frac{I_{\text{pembebanan}}}{\text{Jumlah tiang}}$$

$$I_{\text{tiang}} 80\% = \frac{304,23 \text{ A}}{17}$$

$$I_{\text{tiang}} = 17,89 \text{ A}$$

Sehingga arus yang masuk ke titik beban sebesar 17,89 A.

4.2.5. Susut Pada Jaringan Tegangan Rendah

$$\text{Susut} = I^2 \times R = (380,23)^2 \times 0,0217 = 3.137,48 \text{ kWh}$$

4.2.6. Susut Energi JTR RG 10

Susut energi adalah jumlah energi kwh yang hilang atau menyusut terjadi karena sebab-sebab teknik maupun nonteknis pada waktu penyediaan dan penyaluran energi.

$$\text{Susut energi} = p \times t$$

$$= 4.432,03 \times 30 = 132960,9 \text{ kWh}$$

Tabel 4.4. Susut Energi JTR RG 10

Susut	Beban	Daya (Watt)	Susut Energi (kWh)	Susut Energi (1 Bulan kWh)
Susut Teknis	80%	4.432,03	106,36872	132.960,9

Berdasarkan tabel 4.4. diatas dapat diketahui bahwa susut energi selama 1 bulan dengan, beban 80% sebesar 132960,9 kWh dan persentase susut dalam sebulan adalah

$$\% \Delta kWh_{SET} = \frac{4.432,03}{132.960} \times 100\% = 3,3\%$$

4.3 HASIL SUSUT ENERGI PADA GARDU DISTRIBUSI

Rak tegangan rendah di GD RG10 terbagi menjadi 8 jurusan. Semua jurusan pada rak TR tersebut menggunakan pemutus lebur (fuse) sebagai pembatas arus dan isolating switch tipe 3 pole pada sisi incomingnya.

Tabel 4.6. Perhitungan Arus Rata-rata Per Fasa

No	Jam	Arus Rata-rata Per Fasa		
		R	S	T
1	09.15	313	229	360
2	10.15	325	314	365
3	11.15	391	334	419
4	12.15	403	340	441
5	13.15	413	350	436
6	14.15	405	351	448
7	15.15	374	339	393

Dari tabel 4.6 di atas di dapat arus rata-rata beban yang terukur selama kurang lebih satu pekan bulan januari.

Dari table diatas menunjukkan rata-rata beban tertinggi pada pukul 14.15 adalah:

$$\text{Fasa R} = 405 \text{ A}$$

$$\text{Fasa S} = 351 \text{ A}$$

$$\text{Fasa T} = 448 \text{ A}$$

Arus beban penuh dari kapasitas transformator menggunakan rumus (3.19) adalah :

$$I_{\text{rata}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{630.000}{\sqrt{3} \times 630} = 577,35 \text{ A}$$

Persentase pembebanan transformator menggunakan rumus (3.15) adalah :

$$\frac{I_{rata}}{I_{FL}} \times 100\% = \frac{630}{577,35} \times 100\% = 70\%$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa pada Waktu Beban Puncak (WBP) persentase pembebanan pada trafo selatan adalah 70 %.

Analisa beban penuh berdasarkan Daya Tersambung PLN menggunakan rumus (3.19):

Tarif / Daya = S3 / 345.000 VA

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{345.000}{\sqrt{3} \times 630} = 316,22 \text{ A}$$

Persentase pembebanan menggunakan rumus (3.15):

$$\frac{I_{rata}}{I_{FL}} \times 100\% = \frac{630}{316,22} \times 100\% = 80\%$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa pada WBP persentase pembebanan berdasarkan daya tersambung dari PLN adalah 80 %.

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Arus rata-rata beban yang terukur selama kurang lebih satu pekan pada bulan januari menunjukkan rata-rata beban tertinggi pada pukul 14.15 adalah: Fasa R = 405 A, Fasa S = 351 A, Fasa T = 448 A.
2. Persentase Waktu Beban Puncak (WBP) pembebanan pada trafo selatan adalah 70 %.
3. Persentase WBP pembebanan berdasarkan daya tersambung dari PLN adalah 80 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Endansari S, Dona, "Studi Perhitungan Susut Teknis Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Jurusan Elektro FTUI, Jakarta
- [2] Purba, Bayu Pradana Putra dan Warman, Edhi "Analisa Perhitungan Susut Teknis Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Medan Kota, "Jurnal Singuda Ensikom Vol 6 No 2 : 2014
- [3] Hakim H Ir. MT., 2012, "Studi Susut Energi Pada Saluran Distribusi Dengan Variasi Beban Pelanggan Bisnis" Jakarta
- [4] Handoyo, A., 2005. "Analisa Perhitungan Susut Teknik Pada PT. PLN (Persero)" Semarang.
- [5] Waluyo. Soenarjo. Akbar, AA. 2007. Perhitungan susut daya pada sistem SUTR.

PERENCANAAN PENERANGAN JALAN UMUM (PJU) DI LINGKUNGAN PERUMAHAN.

Nizar Rosyidi AS dan Iqbal Subali
Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional

ABSTRAK :

Lampu jalan atau dikenal juga sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan dimalam hari sehingga mempermudah pejalan kaki, pesepeda dan pengendara kendaraan dapat melihat dengan lebih jelas jalan/medan yang akan dilalui pada malam hari, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas, keamanan para pengguna jalan dari kegiatan/aksi kriminal dan menambah unsur estetika yang dapat memberikan nilai tambah ekonomi bagi suatu daerah/perumahan.

Perumahan serpong lakeville mempunyai dua jalan yaitu jalan utama perumahan dengan panjang ± 600 meter serta lebar jalan 7 meter dan jalan masuk perumahan dengan panjang ± 1.600 meter serta lebar jalan 6 meter, merupakan kelas jalan lingkungan. Dari hasil analisa dan perhitungan, maka tiang lampu yang digunakan adalah tiang lengan tunggal dengan tinggi 8 meter, untuk jenis lampu yang digunakan lampu SON-T 150 watt dengan efisiensi 110 lm/w dan total titik lampu sebanyak 48 titik dengan daya listrik tersambung ke PLN sebesar 10.600 VA dengan arus pengaman 16 A/3 fasa serta kabel feeder yang digunakan jenis kabel bawah tanah yaitu NYFGbY.

Kata Kunci : Penerangan Jalan Umum (PJU), Kelas Jalan, Lampu SON-T

ABSTRACT

Street lights or also known as Public Street Lighting (PJU) are lights used for street lighting at night making it easier for pedestrians, cyclists and vehicle riders to see more clearly the road / terrain that will be traversed at night, so as to increase traffic safety, security of road users from criminal activities / actions and adding aesthetic elements that can provide economic added value to an area / housing.

Lakeville serpong housing has two roads, namely the main residential road with a length of ± 600 meters and a width of 7 meters and a residential entrance with a length of $\pm 1,600$ meters and a width of 6 meters, is a class of environmental roads. From the results of the analysis and calculation, the lamp post used is a single arm pole with a height of 8 meters, for the type of lamp used a 150 watt SON-T lamp with an efficiency of 110 lm / w and a total of 48 light points with electrical power connected to PLN of 10,600 VA with 16 A / 3 phase safety current and feeder cable used by the underground cable type, NYFGbY.

Keywords: Public Street Lighting (PJU), Road Class, SON-T Lamp

1. PENDAHULUAN

Perumahan adalah kelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau hunian yang dilengkapi dengan prasarana lingkungan yaitu kelengkapan dasar fisik lingkungan. Perkembangan dunia usaha khususnya bidang property yaitu perumahan di Indonesia semakin luas. Perkembangan ini tidak hanya dipengaruhi oleh membaiknya perekonomian tetapi juga minat dan kebutuhan para konsumen, peningkatan jumlah konsumen dari tahun ke tahun semakin bertambah. Para developer berlomba – lomba untuk menawarkan perumahan dengan berbagai alternatif dari mulai harga, lokasi, fasilitas, dan Penerangan Lampu Jalan yang di buat sebagus mungkin untuk membuat minat konsumen.

Suatu perumahan/kota tanpa lampu penerangan jalan akan seperti kota mati, dan kemungkinan akan terjadi banyak kasus kejahatan, kecelakaan lalu lintas, dan akan berdampak buruk pada kehidupan sosial kota pada malam hari. Suatu perumahan/kota dengan

penerangan lampu jalan yang baik, akan menjadikan wajah kota/perumahan menjadi lebih baik, cantik, dan indah. Selain itu akan menambah unsur estetika yang dapat memberikan nilai tambah ekonomi bagi suatu daerah.

Salah satu pembangunan infrastruktur perumahan atau perkotaan adalah pembangunan dan pemasangan lampu penerangan jalan umum. Dalam pelaksanaan pembangunan lampu penerangan jalan umum diperlukan perencanaan yang baik, sehingga penempatan dan pemasangan lampu penerangan jalan umum tersebut mempunyai efisiensi yang tinggi, mempunyai kuat penerangan yang cukup dan biaya operasional yang murah. Salah satu cara memperoleh tujuan tersebut adalah dengan memilih jenis lampu yang tepat, yang akan digunakan sebagai lampu penerangan jalan umum. Dan intensitas lampu penerangan jalan umum harus sesuai dengan ketentuan agar lampu penerangan jalan umum dapat beroperasi dengan baik. Oleh karena itu penulis merasa perlu mengangkat masalah ini.

2. DASAR TEORI

2.1 Pengertian Lampu Penerangan Jalan

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

2.2 Fungsi Lampu Penerangan Jalan

Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a) Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari;
- b) Menghasilkan kontras antara obyek dan permukaan jalan yang menyerupai kondisi pada siang hari;
- c) Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan;
- d) Mendukung keamanan lingkungan dan mencegah kriminalitas;
- e) Memberi keindahan lingkungan jalan.

2.3 Kelas Jalan

Menurut peraturan dari SNI 2000, penggunaan Lampu penerangan jalan dalam satuan lux dibedakan menurut kelas jalan, yaitu:

- a) Arteri Primer merupakan jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional, lalu-lintas dijalan sangat padat, sehingga perlu penerangan jalan yang optimal. Adapun lux penerangan kelas jalan ini menurut SNI 2000 adalah 50 lux.
- b) Arteri Sekunder Merupakan arteri penampung kegiatan lokal dan regional sebagai pendukung jalan arteri primer. Dimana kondisi lalu lintas pada jalur ini cukup padat, sehingga memerlukan jenis lampu yang sama dengan arteri primer. Adapun lux penerangan jalan ini menurut SNI 2000 adalah 30 lux.
- c) Kolektor Primer Merupakan jalur pengumpul dari jalan lingkungan di sekitarnya yang akan bermuara pada jalan arteri primer maupun arteri sekunder. Lux penerangan kelas jalan ini menurut SNI 2000 adalah 30 lux
- d) Kolektor Sekunder Merupakan jalur pengumpul dari jalan lingkungan di

sekitarnya yang akan bermuara pada jalur jalan kolektor primer, jalan arteri primer maupun sekunder. Pada jalur jalan ini diperlukan lampu setingkat dibawah lampu untuk kolektor primer, dimana Lux penerangan yang dibutuhkan menurut SNI 2000 adalah 30 lux.

- e) Jalan Lingkungan Merupakan jalur jalan di lingkungan perumahan, pedesaan atau perkampungan. Pada Jalur jalan ini menurut SNI 2000 membutuhkan lux penerangan sebesar 15 lux

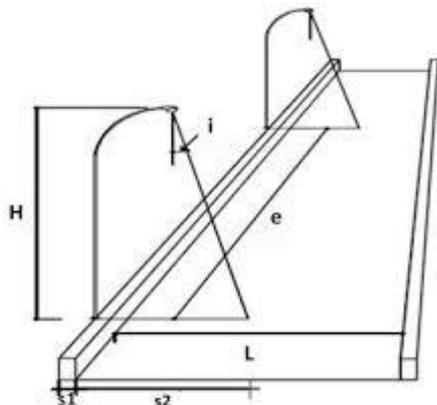
2.4 Penempatan Lampu Penerangan Jalan

- 1) Penempatan lampu penerangan jalan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan :
 - a. Kemerataan pencahayaan;
 - b. Keselamatan dan keamanan bagi pengguna jalan;
 - c. Pencahayaan yang lebih tinggi di area tikungan atau persimpangan, dibanding pada bagian jalan yang lurus;
 - d. Arah dan petunjuk (*guide*) yang jelas bagi pengguna jalan dan pejalan kaki.
- 2) Sistem penempatan lampu penerangan adalah susunan penempatan/penataan lampu yang satu terhadap lampu yang lain. Sistem penempatan ada 2 (dua) sistem, yaitu :
 - **Sistem Penempatan Menerus**
Sistem penempatan menerus adalah sistem penempatan lampu penerangan jalan yang menerus/kontinyu di sepanjang jalan/jembatan.
 - **Sistem Penempatan Parsial (setempat)**
Sistem penempatan parsial adalah sistem penempatan lampu penerangan jalan pada suatu daerah-daerah tertentu atau pada suatu panjang jarak tertentu sesuai dengan keperluannya.

Tabel 2.1 Sistem Penempatan Lampu Penerangan Jalan

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

(Sumber : SNI 7391,2008)



Gambar 2.1 Gambaran Umum Perencanaan dan Penempatan Lampu Penerangan Jalan
(Sumber : SNI 7391,2008)

Keterangan gambar :

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 perkerasan

s2 = jarak dari tepi perkerasan ke titik penyinaran terjauh

i = sudut inklinasi pencahayaan/penerangan

2.5 Metode Perhitungan Pencahayaan

1) Menghitung besarnya fluks cahaya

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

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

Dengan :

Φ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

Q = energi cahaya dalam lumen jam atau lumen detik

t = waktu dalam jam atau detik

2) Intensitas cahaya

Intensitas cahaya adalah arus cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam satu kerucut (" cone ") cahaya, dinyatakan dengan satuan unit Candela (cd).

Dirumuskan dengan :

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

atau :

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

$$i = \frac{\Phi}{\omega} \text{ dan } \omega = 4\pi$$

dimana :

$$K = \frac{\Phi}{P} \text{ dan } \Phi = K \times P$$

sehingga :

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

dengan :

i = Intensitas Cahaya dalam Candela (cd)

K = Efikasi Cahaya dalam lumen per watt (lm/W)

ω = sudut ruang dalam steredian (sr)

P = Daya Listrik dalam watt (W)

Φ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

3) Iluminasi (lux)

Iluminasi atau lux merupakan satuan metric ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu lux setara dengan satu lumen per meter persegi.

Dirumuskan dengan :

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

dengan :

E = illuminasi dalam lux (lx) = lm/m²

A = luas bidang dalam m²

Iluminasi pada titik P, dirumuskan sebagai :

$$E = \frac{i}{r^2} \cos \varphi \dots \dots \dots (2.6)$$

r adalah jarak dari lampu ke ujung jalan.

4) 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 :

$$L = \frac{\Phi}{\omega (A \cos \varphi)} \dots \dots \dots (2.7)$$

atau :

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

5) Efikasi cahaya

Efikasi cahaya terhitung adalah perbandingan keluaran lumen terhitung dengan pemakaian daya terhitung dinyatakan dalam lumens per watt (lm/W), Dirumuskan dengan :

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

dengan :

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

Φ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

P = daya listrik dalam watt (W)

6) Jumlah titik lampu yang diperlukan

Jumlah titik lampu yang dibutuhkan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

dengan :

- T = Jumlah Titik Lampu Jalan
- L = Panjang Jalan dalam meter (m)
- S = Jarak Tiang ke Tiang dalam meter (m)

Sedangkan jarak antar titik tiang lampu jalan dapat dilihat pada tabel 2.2 jarak antar tiang lampu penerangan berdasar tipikal distribusi pencahayaan yang telah ditetapkan Badan Standardisasi Nasional (BSN) SNI 7391 : 2008.

Tabel 2.2 Jarak Antar Tiang Lampu Penerangan Berdasarkan Tipikal Distribusi Pencahayaan dan Klasifikasi Lampu

Jenis lampu	Tinggi lampu (m)	Lebar jalan (m)									Tingkat pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11		
35W SOX	4	32	32	32	-	-	-	-	-	-	3,5 LUX
	5	35	35	35	35	35	34	32	-	-	
	6	42	40	38	36	33	31	30	29	-	
55W SOX	6	42	40	38	36	33	32	30	28	-	6,0 LUX
90W SOX	8	60	60	58	55	52	50	48	46	-	6,0 LUX
90W SOX	8	36	35	35	33	31	30	29	28	-	10,0 LUX
135W SOX	10	46	45	45	44	43	41	40	39	-	10,0 LUX
135W SOX	10	-	-	25	24	23	22	21	20	-	20,0 LUX
180W SOX	10	-	-	37	36	35	33	32	31	-	20,0 LUX
180W SOX	10	-	-	-	-	22	21	20	20	-	30,0 LUX
50W SON atau 80W MBF/U	4	31	30	29	28	26	-	-	-	-	3,5 LUX
	5	33	32	32	31	30	29	28	27	-	
70W SON atau 125W MBF/U	6	48	47	46	44	43	41	39	37	-	6,0 LUX
70W SON atau 125W MBF/U	6	34	33	32	31	30	28	26	24	-	6,0 LUX
100W SON	6	48	47	45	42	40	38	36	34	-	10,0 LUX
150W SON atau 250W MBF/U	8	-	-	48	47	45	43	41	39	-	10,0 LUX
100W SON	6	-	-	28	26	23	-	-	-	-	10,0 LUX
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	-	-	55	53	50	47	-	20,0 LUX
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	36	35	33	32	30	28	-	20,0 LUX
400W SON	12	-	-	-	-	39	38	37	36	-	30,0 LUX

(Sumber : SNI 7391,2008)

2.6 Jenis Lampu Penerangan Jalan

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

Tabel 2.3 Jenis lampu penerangan jalan umum berdasarkan karakteristik dan penggunaannya

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd 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; - 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	- 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	- untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, perempatan, terowongan, tempat peristirahatan (rest area); - efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning; - Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensi yang sangat tinggi.
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000 - 20.000	150; 250; 400	Buruk	- Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan interchange; - efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya; - Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.

(Sumber : SNI 7391,2008)

2.7 Jenis Tiang Lampu Penerangan Jalan

Tiang merupakan komponen yang digunakan untuk menopang lampu. Beberapa jenis tiang yang digunakan untuk lampu jalan adalah tiang besi dan tiang octagonal.

Berdasarkan bentuk lengannya (*stang ornament*), tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Tiang lampu dengan lengan tunggal
2. Tiang lampu dengan lengan ganda
3. Tiang lampu tegak (tanpa lengan)

Untuk menentukan sudut kemiringan stang ornamen, agar titik penerangan mengarah ketengah-tengah jalan, maka dirumuskan :

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \dots \dots \dots (2.11)$$

sehingga :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} \dots \dots \dots (2.12)$$

dengan :

- h = tinggi tiang
- t = jarak lampu ke tengah-tengah jalan
- c = jarak horizontal lampu dengan tengah-tengah jalan
- w1 = jarak tiang ke ujung lampu
- w2 = jarak horizontal lampu ke ujung jalan

2.8 Metode Perhitungan Beban Listrik dan Arus Pengaman

1) Perhitungan Beban Listrik Tersambung

$$S = \frac{P_{total}}{\cos \varphi} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan :

S = Daya tersambung (VA)

P_{total} = Daya total lampu jalan yang digunakan (W)

$\cos \varphi$ = faktor daya

2) Perhitungan Arus Nominal dan Arus Rating
Arus nominal pada masing-masing fasa dapat dihitung dengan :

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi} \dots\dots\dots(2.14)$$

Maka arus rating pengaman :

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

Nilai K (konstanta) biasanya digunakan 125%

Arus nominal pada APP 3 fasa yaitu :

$$I_n = \frac{P_{total}}{(\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi)} \dots\dots\dots(2.16)$$

P_{total} untuk lampu jalan = daya terpasang \times jumlah lampu jalan

Arus rating pada APP 3 fasa yaitu :

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

dengan :

I_n = Arus nominal (A)

I_{rating} = Arus rating pengaman

P_{total} = Daya total lampu jalan yang digunakan (W)

$\cos \varphi$ = faktor daya

2.9 Penghantar

Setiap penghantar mempunyai warna instalasi berbeda. Dimana perbedaan warna ini dimaksudkan agar mempermudah dalam penginstalasian serta mencegah terjadinya kesalahan dalam penyambungan penghantar yang berbeda.

Adapun warna isolasi pada setiap penghantar (PUIL 2011) adalah :

- a) Warna isolasi merah untuk fasa L1/R, Warna isolasi kuning untuk fasa L2/S, Warna isolasi hitam untuk fasa L3/T, Warna isolasi biru untuk netral dan Warna isolasi loreng hijau kuning untuk pembumian

Cara penggunaan kode pengenalan untuk salah satu jenis kabel yaitu :

Arti huruf-huruf kode yang digunakan adalah :

- N : Kabel jenis standar dengan penghantar tembaga, NA : Kabel jenis standar dengan penghantar aluminium, Y : Isolasi atau selubung PVC, F : Perisai kawat baja pipih, R : Perisai kawat baja bulat, Gb : Spiral pita baja, Re : Penghantar padat bulat

- Rm : Penghantar bulat kawat banyak
- se : Penghantar padat bentuk sector dan sm : Penghantar kawat banyak bentuk sector

Jenis penghantar yang banyak digunakan untuk isolasi gedung adalah :

- 1) Kabel NYA, (thermoplastic insulated single core cable)
- 2) Kabel NYM, (thermoplastic insulated and sheated cable)
Sedangkan kabel NYM adalah kabel yang memiliki beberapa penghantar dan memiliki isolasi luar sebagai pelindung.
- 3) Kabel NYY, (low tension insulated and PVC sheated power cable)
Kabel tanah thermoplastik tanpa perisai seperti NYY,
- 4) Kabel NYFGbY
Kabel tanah thermoplastik berperisai seperti NYFGbY, biasanya digunakan apabila ada kemungkinan terjadi gangguan kabel secara mekanis, kabel NYFGbY intinya terdiri dari penghantar tembaga, dengan isolasi PVC,
- 5) Kawat BC. kawat ini dipilin/stranded, disatukan. Ukuran/tegangan maks = 6 -500 mm²/500V. Pemakaian saluran diatas tanah dan penghantar pentanahan.

3. PERENCANAAN PENERANGAN JALAN UMUM (PJU)

3.1 Lokasi Perancangan

Lokasi perencanaan penerangan jalan umum ini di proyek perumahan serpong lakeville yang berlokasi di Jl. Raya Cisauk – Lapan, Serpong, Tangerang Selatan. Perumahan serpong lakeville ini mempunyai lahan seluas 5,2 hektar yang direncanakan akan di bangun rumah sebanyak 290 unit dan ruko sebanyak 27 unit.

Berikut ini gambaran general layout (master plan) proyek perumahan serpong lakeville.



Gambar 3.1 Master Plan Perumahan Serpong Lakeville

3.2 Data-data yang Dibutuhkan

Data-data yang dibutuhkan merupakan data yang diambil dari survey langsung ke lapangan dan data dari Pemilik (Owner) proyek Perumahan Serpong Lakeville, seperti berikut ini :

- a) gambar dan kondisi lokasi Jalan (Lebar jalan, kelas jalan, dan panjang jalan)
- b) jenis lampu penerangan jalan
- c) jenis dan bentuk tiang
- d) kabel yang digunakan

3.3 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yang digunakan yaitu studi pustaka dan studi lapangan, yaitu :

1. Studi Pustaka
Studi pustaka dilakukan upaya mempelajari dan mengumpulkan data sekunder untuk menunjang penelitian. Data yang dikumpulkan berasal dari buku referensi, jurnal, prosiding, dokumen-dokumen dan artikel dari internet, serta bahan kuliah yang mendukung dan berkaitan dengan topik tugas akhir ini.
2. Studi Lapangan
Pengumpulan data melalui studi lapangan adalah untuk mendapatkan data primer, dilakukan dengan cara :
 - a) Peninjau Lapangan (Observasi), yaitu dengan mengamati secara langsung lokasi yang diteliti, yakni untuk penempatan dan pemasangan penerangan jalan umum di proyek perumahan serpong lakeville Tangerang.
 - b) Wawancara, dalam penelitian lapangan dilakukan wawancara terhadap beberapa responden untuk mengumpulkan data-data mengenai perencanaan penerangan jalan umum di perumahan serpong lakeville Tangerang.

3.4 Langkah Perancangan

Skema pelaksanaan perencanaan penerangan jalan umum perumahan serpong lakeville Tangerang antara lain sebagai berikut :

1. Studi Pustaka
Sebelum merancang desain lampu penerangan jalan umum pada suatu proyek yaitu mempelajari buku-buku, artikel, makalah, standar-standar perencanaan penerangan jalan umum yang mendukung untuk perancangan sistem penerangan jalan dan penempatan lampu jalan pada suatu jalan.
2. Menyiapkan Data yang diperlukan

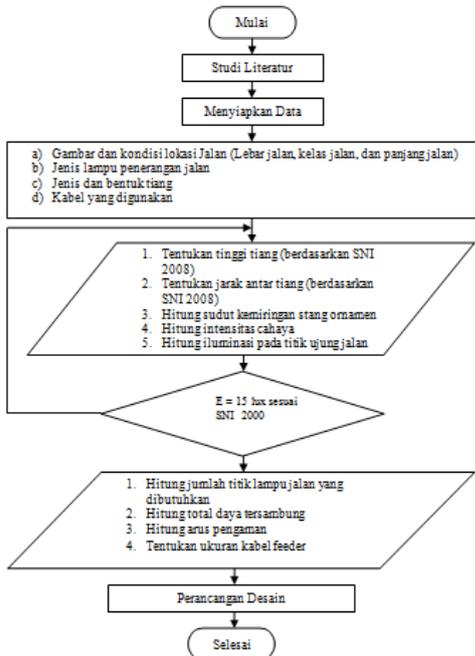
Sebelum merencanakan pekerjaan penerangan jalan umum di perumahan serpong lakeville, ada baiknya mempersiapkan data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan disini seperti :Gambar dan kondisi lokasi Jalan (Lebar jalan, kelas jalan, dan panjang jalan).Jenis lampu penerangan jalan.Jenis dan bentuk tiang danKabel yang digunakan.

3. Analisis Data dan Perhitungan

Setelah menyiapkan data-data yang diperlukan selanjutnya menganalisa data dan dilakukan perhitung seperti : Menentukan tinggi tiang lampu jalan (sesuai standar SNI),Menentukan jarak antar tiang lampu jalan (sesuai standar SNI).Menghitung sudut kemiringan stang ornamen lampu jalan.Menghitung intensitas cahaya lampu jalan.Menghitung iluminasi lampu jalan.Menghitung jumlah titik lampu jalan yang dibutuhkan.Menghitung total beban listrik yang tersambung.Menghitung arus nominal pengaman danMenentukan ukuran kabel feeder

- a) Perancangan Desain Penerangan Jalan Umum.Setelah dilakukan analisa data dan dilakukan perhitungan langkah selanjutnya dilakukan perancangan desain penerangan jalan umum perumahan serpong lakeville seperti :Menggambar sistem kelistrikan (gambar single diagram panel dan gambar wiring panel lampu jalan),Menggambar penempatan titik lampu dan titik panel lampu jalan,Menggambar instalasi lampu jalan,Menggambar instalasi kabel feederdan Menggambar detail tiang lampu jalan.

3.5 Diagram Perencanaan Penerangan Jalan Umum (PJU)



Gambar 3.2 Diagram Perencanaan PJU perumahan Serpong Lakeville

4. HASIL PERANCANGAN

4.1 PEMBAHASAN

Jalan perumahan serpong lakeville termasuk kelas jalan lingkungan yang mempunyai standar tingkat iluminasi rata-rata 15 lux sesuai dengan standar SNI 2000. Jalan perumahan serpong lakeville dibagi menjadi dua jalan yaitu jalan utama perumahan yang mempunyai panjang jalan ±600 meter dengan lebar jalan 7 meter dan jalan masuk perumahan yang mempunyai panjang jalan ±1.600 meter dengan lebar jalan 6 meter.

4.1.1 Menentukan Tiang dan Lampu Penerangan Jalan yang Digunakan

- 1) Tiang lampu yang akan digunakan untuk jalan utama perumahan adalah tiang lengan tunggal dengan tinggi 8 meter untuk lampu jenis SON 150 watt dengan jarak antar tiang 47 meter sesuai dengan standar SNI-7391 : 2008 karena untuk jalan masuk perumahan mempunyai lebar jalan 7 meter.
- 2) Tiang lampu yang akan digunakan untuk jalan masuk perumahan adalah tiang lengan tunggal dengan tinggi 8 meter untuk lampu jenis SON 150 watt dengan jarak antar tiang 48 meter sesuai dengan standar SNI-7391 : 2008 karena untuk jalan masuk perumahan mempunyai lebar jalan 6 meter.

4.1.2 Perhitungan Dasar Pencahayaan Penerangan Jalan

- 1) Jalan utama perumahan

- a. Menghitung sudut kemiringan stang ornamen

$$t = \sqrt{h^2 + c^2}$$

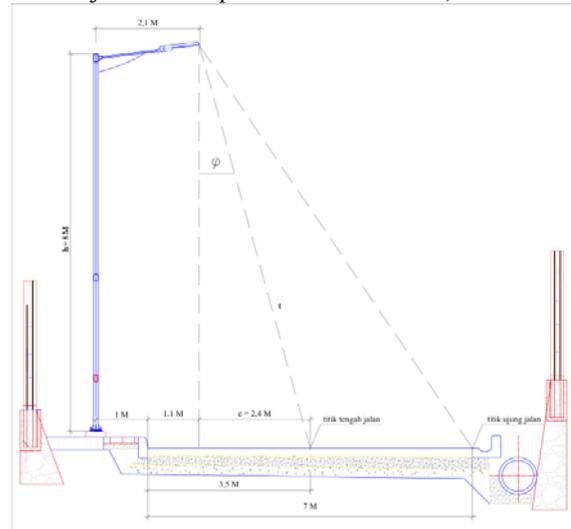
$$t = \sqrt{8^2 + 2,4^2} = 8,35 \text{ meter}$$

maka :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} = \frac{8}{8,35} = 0,95$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0,95 = 18,19^\circ$$

Jadi didapat sudut kemiringan stang ornamen untuk jalan utama perumahan sebesar 18,19°.

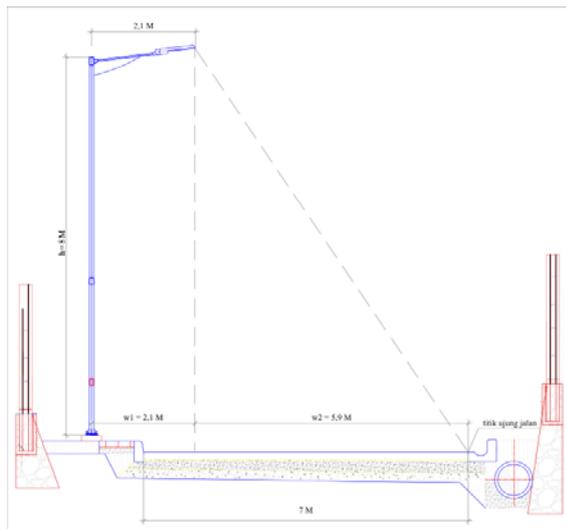


Gambar 4.1 Perencanaan PJU di Jalan Utama Perumahan Serpong Lakeville

- b. Menentukan efisiensi lampu

Sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan jenis lampu jalan yang akan digunakan, maka dipakai standar SNI-7391 : 2008 sebagai acuannya, dan dapat dilihat pada tabel 2.3 didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

- Lampu yang digunakan jenis SON (P) : 150 watt
 - Efisiensi (K) : 110 lumen/watt
 - Fluks cahaya (ϕ) : $K \times P = 110 \times 150 = 16500$ lumen
 - Intensitas cahaya (i) : $\frac{\phi}{\omega} = \frac{16500}{4 \times 3,14} = 1313,69 \text{ candela}$
 - Iluminasi (E) : $\frac{\phi}{A} = \frac{16500}{7 \times 47} = 50,15 \text{ lux}$
 - Iluminasi ditepi jalan (lebar jalan 7 meter)
- $$r = \sqrt{h^2 + w^2}$$
- $$r = \sqrt{8^2 + 5,9^2} = 9,94 \text{ meter}$$
- $$E_p = \frac{i}{r^2} \cos \beta = \frac{1313,69}{9,94^2} \times \frac{8}{9,94} = 10,7 \text{ lux}$$



Gambar 4.2 Iluminasi ditepi Jalan Utama Perumahan Serpong Lakeville

- Jumlah titik lampu yang diperlukan (panjang jalan 600 meter)

$$T = \frac{L}{S} + 1$$

$$T = \frac{600}{47} + 1 = 13,7 \text{ titik}$$

Jadi didapat jumlah titik lampu jalan yang dibutuhkan untuk jalan utama perumahan serpong lakeville sebanyak 13,7 titik lampu jalan dan dibulatkan menjadi 14 titik lampu jalan.

- Jalan masuk perumahan
 - Menghitung sudut kemiringan stang ornamen

$$t = \sqrt{h^2 + c^2}$$

$$t = \sqrt{8^2 + 1,9^2} = 8,22 \text{ meter}$$

maka :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} = \frac{8}{8,22} = 0,97$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0,97 = 14,06^\circ$$

Jadi didapat sudut kemiringan stang ornamen untuk jalan utama perumahan sebesar 14,06°.

- Menentukan efisiensi lampu

Sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan jenis lampu jalan yang akan digunakan, maka dipakai standar SNI-7391 : 2008 sebagai acuannya, dan dapat dilihat pada tabel 2.3 didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

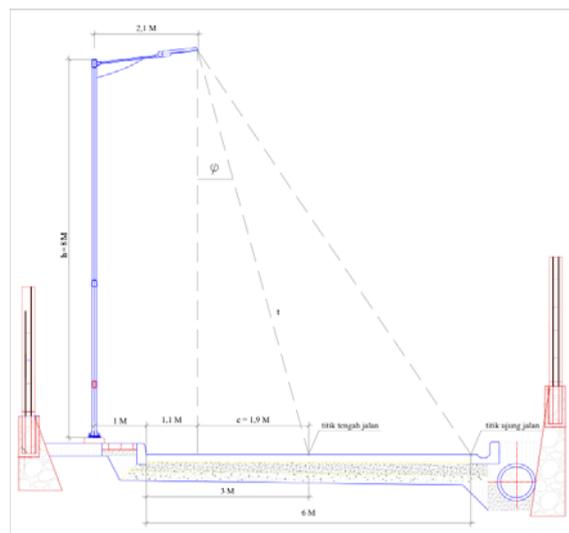
- Lampu yang digunakan jenis SON (P) : 150 watt
- Efisiensi (K) : 110 lumen/watt
- Fluks cahaya (ϕ) : $K \times P = 110 \times 150 = 16500$ lumen
- Intensitas cahaya (i) : $\frac{\phi}{\omega} = \frac{16500}{4 \times 3,14} = 1313,69 \text{ candela}$

- Iluminasi (E) : $\frac{\phi}{A} = \frac{16500}{6 \times 48} = 57,29 \text{ lux}$
- Iluminasi ditepi jalan (lebar jalan 6 meter)

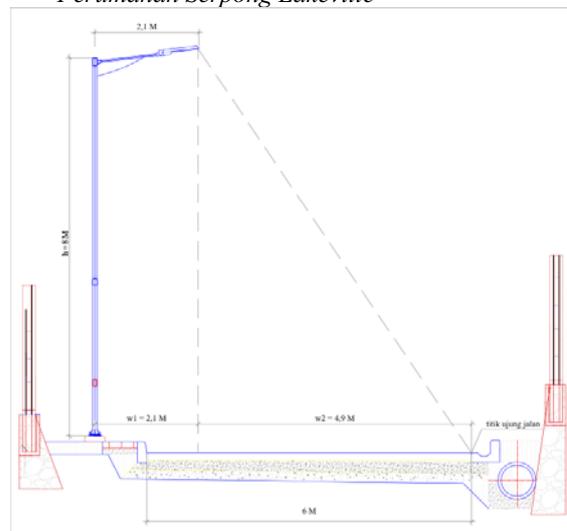
$$r = \sqrt{h^2 + w^2}$$

$$r = \sqrt{8^2 + 4,9^2} = 9,38 \text{ meter}$$

$$E_p = \frac{i}{r^2} \cos \beta = \frac{1313,69}{9,38^2} \times \frac{8}{9,38} = 12,73 \text{ lux}$$



Gambar 4.3 Perencanaan PJU di Jalan Masuk Perumahan Serpong Lakeville



Gambar 4.4 Iluminasi ditepi Jalan Masuk Perumahan Serpong Lakeville

- Jumlah titik lampu yang diperlukan (panjang jalan 1600 meter)

$$T = \frac{L}{S} + 1$$

$$T = \frac{1600}{48} + 1 = 33,4 \text{ titik}$$

Jadi didapat jumlah titik lampu jalan yang dibutuhkan untuk jalan masuk perumahan serpong

lakeville sebanyak 33,4 titik lampu jalan dan dibulatkan menjadi 34 titik lampu jalan.

4.1.3 Perhitungan Daya Listrik yang Dibutuhkan

Berdasarkan jumlah lampu yang didapat adalah 48 titik lampu jalan, maka grup beban dapat dibagi menjadi 6 grup R, S, dan T. Jumlah daya yang mengalir pada tiap-tiap group adalah :

$$P = 150 \text{ watt} \times 8 \text{ lampu} = 1200 \text{ watt}$$

Arus nominal pada masing-masing fasa dapat dihitung dengan :

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \phi}$$

$$I_n = \frac{1200}{220 \times 0,8} = 6,82 \text{ A}$$

Maka arus rating pengamanan :

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

$$I_{rating} = 125\% \times 6,82 \text{ A} = 8,5 \text{ A}$$

Arus nominal pada APP 3 fasa yaitu :

$$I_n = \frac{P_{total}}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi}$$

$$I_n = \frac{1200 \times 6}{1,73 \times 380 \times 0,8}$$

$$I_n = \frac{7200}{525,92} = 13,69 \text{ A}$$

Arus rating pada APP 3 fasa yaitu :

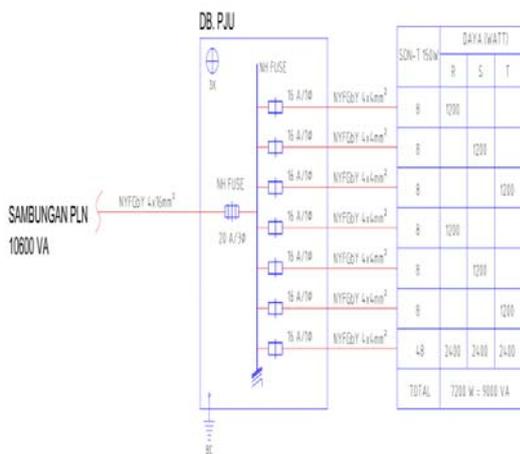
$$I_{rating} = K \times I_n$$

$$I_{rating} = 125\% \times 13,69 \text{ A} = 17,11 \text{ A}$$

tersedia oleh pihak PT PLN (Persero) untuk daya tersambung PLN sebesar 10600 VA.

Tabel 4.1 Daya Listrik Sambungan PLN

BESARAN DAYA YG TERSEDIA		Watt	GOL	MCB / MCCB	V	Type Kabel Toefoer	Besar Kabel by AKLI	
VA	rounded (VA)	kVA	@ PF = 0,8	A	Fasa			
400	0,46	360	TR	2	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 2,5 mm ²	
900	0,9	720	TR	4	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 2,5 mm ²	
1.300	1,3	1.040	TR	6	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 4 mm ²	
2.200	2,2	1.760	TR	10	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 4 mm ²	
3.500	3,5	2.800	TR	16	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 4 mm ²	
4.400	4,4	3.520	TR	20	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 4 mm ²	
5.500	5,5	4.400	TR	25	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 4 mm ²	
7.700	7,7	6.160	TR	35	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 6 mm ²	
11.000	11	8.800	TR	50	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 6 mm ²	
13.900	13,9	11.120	TR	63	1 φ	220 V	NY / NYM 3 x 10 mm ²	
3.949	3,900	3,9	3.159	TR	6	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 4 mm ²
6.582	6.600	6,6	5.265	TR	10	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 4 mm ²
10.531	10.600	10,6	8.425	TR	16	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 6 mm ²
13.164	13.200	13,2	10.531	TR	20	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 10 mm ²
16.454	16.500	16,5	13.164	TR	25	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 10 mm ²
23.036	23.000	23	18.429	TR	35	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 16 mm ²
32.909	33.000	33	26.327	TR	50	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 16 mm ²
41.465	41.500	41,5	33.172	TR	63	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 25 mm ²
52.654	53.000	53	42.123	TR	80	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 35 mm ²
65.818	66.000	66	52.654	TR	100	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 50 mm ²
82.272	82.500	82,5	65.818	TR	125	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 50 mm ²
105.309	105.000	105	84.247	TR	160	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 70 mm ²
131.636	131.000	131	105.309	TR	200	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 95 mm ²
148.090	147.000	147	118.472	TR	225	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 95 mm ²
164.545	164.000	164	131.636	TR	250	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 120 mm ²
197.454	197.000	197	157.963	TR	300	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 150 mm ²
233.654	233.000	233	186.923	TM	355	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 150 mm ²
279.726	279.000	279	223.781	TM	425	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 240 mm ²
329.090	329.000	329	263.272	TM	500	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 240 mm ²
414.653	414.000	414	331.722	TM	630	3 φ	300 V	NY / NYFGbY 4 x 300 mm ²



Gambar 4.5 Wiring Diagram Panel Distribusi PJU

Daya listrik tersambung ke PLN yaitu :

$$S = \frac{P_{total}}{\cos \phi}$$

$$S = \frac{7200}{0,8} = 9000 \text{ VA}$$

Jadi didapat total beban listrik tersambung untuk penerangan jalan umum perumahan serpong lakeville sebesar 9000 VA. Berdasarkan table 4.1 sesuai yang

4.1.4 Menentukan Jenis Kabel Feeder yang Digunakan

Kabel yang digunakan jenis kabel tanah yaitu NYFGbY. Berdasarkan tabel 4.1 didapat ukuran kaber feeder untuk instalasi kabel feeder dari sambungan PLN (KWH Meter PLN) ke panel distribus PJU (DB. PJU) menggunakan kabel NYFGbY 4 × 6mm². Sedangkan untuk kabel instalasi dari tiang ke tiang menggunakan kabel NYFGbY 4 × 4mm² dan kabel di dalam tiang ke lampu menggunakan kabel NYM 3 × 2,5mm²

5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan perhitungan yang dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Jalan utama perumahan dengan panjang jalan 600 meter menggunakan tiang lengan tunggal dengan tinggi 8 meter serta jarak antar tiang 47 meter dengan sudut kemiringan stang ornamen yang didapat sebesar 18,19°. Lampu yang digunakan jenis SON-T 150 watt dengan efisiensi 110 lm/w dengan intensitas cahaya 1313,69 cd dan iluminasi ditepi jalan dengan lebar jalan 7 meter didapat sebesar 10,7 lux, serta jumlah

- titik lampu yang didapat sebanyak 14 titik lampu jalan.
2. Jalan masuk perumahan dengan panjang jalan 1.600 meter menggunakan tiang lengan tunggal dengan tinggi 8 meter serta jarak antar tiang 48 meter dengan sudut kemiringan stang ornamen yang didapat sebesar $14,06^\circ$. Lampu yang digunakan jenis SON-T 150 watt dengan efisiensi 110 lm/w dengan intensitas cahaya 1313,69 cd dan iluminasi ditepi jalan dengan lebar jalan 6 meter didapat sebesar 12,73 lux, serta jumlah titik lampu yang didapat sebanyak 34 titik lampu jalan.
 3. Jumlah total titik lampu jalan yang diperlukan pada penerangan jalan umum perumahan serpong lakeville sebanyak 48 titik dengan group beban dibagi menjadi 6 group R, S, dan T dengan total daya sebesar 7200 watt dan daya listrik yang tersambung ke PLN sebesar 10.600 VA dengan arus nominal pengaman sebesar 16 A/3 fasa dan kabel feeder dari KWH meter PLN ke panel DB.PJU menggunakan kabel NYFGbY $4 \times 6\text{mm}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Abdillah, Margiono. 2017. Desain dan Instalasi Penerangan Jalan Raya. Pontianak ; Yayasan Surya Teknik.*
2. *SNI 7391:2008: Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan, Badan Standardisasi Nasional, ICS 93.080.4.*
3. *Panitia Reverensi PUIL.2011.SNI-0225-2011,Persyaratan Umum InstalasiListrik (PUIL 2011). Jakarta ; Yayasan PUIL.*
4. *Effendi, Asnal. 2012. Perencanaan Penerangan Jalan Umum Jalan Lingkar Utara Kota Solok. <http://www.e-jurnal.com/2015/11/perencanaan-penerangan-jalan-umum-jalan.html>. Diakses 9 Juli 2018.*
5. *Effendi, Asnal. 2013. Evaluasi Sistem Pencahayaan Lampu Jalan di Kecamatan Sungai Bahar. https://www.academia.edu/11346642/EVALUASI_SISTEM_PENCAHAYAAN_LAMPU_JALAN_DI_KECAMATAN_SUNGAI_BAHAR . Diakses 9 Juli 2018.*
6. *Gambar Perencanaan Penerangan Jalan Umum Perumahan Serpong Lakeville, PT Intiswiss Consulindo.*