

Analisis Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Listrik dan Perkembangan Beban Pada Perumahan *The Grand Kenjeran* Surabaya

Epiwardi ^{*a)}, Ruwah Joto ^{a)}, Muhammad Urfan Barran Rusyda Marzuq

(Artikel diterima: Agustus 2022, direvisi: Oktober 2022)

Abstrak: The electric power system is a system consisting of several parts, namely generating units, transmission units, distribution units, and load units that are interconnected and work together to serve the electricity needs of customers according to their needs. In the process itself, electrical energy is distributed from the generator through the transmission network until it is received by consumers or customers so that in this case a related plan is needed. Planning here aims to get an optimal service flexibility so that it is able to quickly anticipate the growth of electrical energy and how dense the load that must be served. So that the planning of the electricity distribution network system must pay attention to the load conditions in the field, this is intended so that the planned distribution network system can still work well for the next few years. The data collection method used is in the form of field observations which aim to determine field conditions and obtain load data that will be planned. The results of research conducted at The Grand Kenjeran Surabaya housing show that there are 76 housing units to be built in this housing. The 76 housing units will be divided into 4 blocks D, E, F, G and are planned with an initial power of 5500 VA for each housing unit along with Public Road Planning in residential areas. Taking into account field conditions, ground cables are used as a distribution network system which includes SKTM and SKTR. The total power obtained is 435,107.5 VA and is served by 3 units of distribution transformer using Pole Transformer Substation, 3 PHB-TR, 12 Main PHB, and 3 Branch PHB. The magnitude of the possible voltage drop is around 0.97% for medium voltage, 0.3% - 0.92% for Main PHB group, 0.7% - 1.54% for Branch PHB group.

Keywords: *Distribution System, Underground Cable*

1. Pendahuluan

Perumahan The Grand Kenjeran Surabaya merupakan perumahan baru yang akan dibangun. Karena merupakan perumahan baru maka kesediaan sumber daya listrik untuk memenuhi kebutuhan beban di perumahan The Grand Kenjeran belum tersedia sehingga dibutuhkan perencanaan sistem jaringan distribusi listrik untuk memenuhi hal tersebut. Selain itu kecenderungan pada saat ini, peningkatan energi listrik tidak seiring dengan peningkatan penyediaan energi listrik, dimana kapasitas daya terpasang masih tetap, sementara kebutuhan masyarakat terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan penduduk. Ketidakseimbangan permintaan dan ketersediaan sumber energi listrik memunculkan seringnya terjadi pemadaman aliran listrik, khususnya pada jam-jam beban puncak, yaitu akibat beban pemakaian melebihi daya yang tersedia. Kondisi ini mengharuskan dilakukannya pengembangan penyediaan tenaga listrik pada tahun-tahun yang mendatang. Maka dari itu dibutuhkannya perencanaan yang bertujuan mendapatkan fleksibilitas pertumbuhan energi listrik dan seberapa padatnyanya beban yang harus dilayani.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem jaringan tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit tenaga listrik (*power station*) hingga sampai kepada konsumen (pemakai) pada tingkat tegangan yang diperlukan. Sistem tenaga listrik ini terdiri dari unit pembangkit, unit

transmisi dan unit distribusi.

2.2 Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau membagikan / mendistribusikan tenaga listrik pada beban (konsumen tegangan menengah dan konsumen tegangan rendah) baik itu yang melalui saluran udara maupun saluran bawah tanah. Transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan distribusi tegangan tinggi menjadi tegangan terpakai pada jaringan distribusi tegangan rendah.

2.3 Transformator

Transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan distribusi tegangan tinggi menjadi tegangan terpakai pada jaringan distribusi tegangan rendah (step down transformator); misalkan tegangan 20 KV menjadi tegangan 380 volt atau 220 volt. Sedang transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan listrik (step up transformator), hanya digunakan pada pusat pembangkit tenaga listrik agar tegangan yang didistribusikan pada suatu jaringan panjang (long line) tidak mengalami penurunan tegangan (voltage drop) yang berarti; yaitu tidak melebihi ketentuan voltage drop yang diperkenankan 5% dari tegangan semula.

Untuk menentukan kapasitas trafo maka harus menentukan jumlah total daya terpasang serta memperhatikan faktor pembangkitan serta supaya trafo dapat dibebani 100% dari beban maksimum. Maka daya total dikalikan dengan 120% dimana 20% merupakan daya cadangan yang bertujuan untuk menangani apabila adanya pengembangan beban sehingga tidak perlu mengganti trafo yang baru.

* Korespondensi: epiwardi@gmail.com

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

$$\text{Kapasitas daya terpasang} = S_{\text{Total}} \times 120\% \dots\dots\dots(2.0)$$

Dengan :

S_{Total} = Daya beban total yang terpasang

120% = Presentase daya cadangan

2.4 Panel Hubung Bagi (PHB)

Suatu perlengkapan untuk membagi tenaga listrik dan /atau mengendalikan dan melindungi sirkit dan pemanfaat listrik mencakup sakelar pemutus sirkit, papan hubung bagi tegangan rendah dan sejenisnya. Dimana keseluruhannya dirakit lengkap dengan sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya.

2.5 Saluran Kabel Bawah Tanah

Kabel Tanah adalah salah satu / beberapa kawat yang diisolasi, sehingga tahan terhadap tegangan tertentu antara penghantar yang satu dengan penghantar yang lain ataupun penghantar dengan tanah dibungkus dengan pelindung, sehingga terhindar dari pengaruh – pengaruh kimia lain yang ada dalam tanah, maka komponen termasuk kabel harus mampu beroperasi dalam tanah, maka komponen termasuk kabel harus mampu beroperasi secara terus menerus karena memiliki persyaratan isolasi yang khusus untuk melindunginya dari segala bentuk kelembapan serta pengaruh pengaruh lain yang terdapat didalam tanah.

Untuk menentukan penghantar yaitu dengan cara mengetahui arus nominal terlebih dahulu dengan cara :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots(2.1)$$

Setelah mengetahui arus nominal maka menentukan I KHA yaitu dengan cara :

$$I_{KHA} = I_n \times 125\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

I_n = Arus Nominal

S = Daya Terpasang

V = Tegangan

I_{KHA} = Kemampuan Hantar Arus

2.6 Drop Voltage

Drop voltage atau jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran Volt.

2.7 Penerangan Jalan Umum

Lampu penerangan jalan adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan di malam hari sehingga mempermudah pejalan kaki, pesepeda dan pengendara kendaraan dapat melihat dengan lebih jelas jalan atau medan yang akan dilalui pada malam hari, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas, kenyamanan pengguna jalan dan memberikan keamanan dari aksi kriminalitas. Lampu penerangan jalan yang baik adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (lampu), elemen-elemen optik (pemantul), penyebar, elemenelemen elektrik, struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang vertikal dan pondasi tiang lampu (Goetama, 2017).

2.8 Penentuan Kualitas Penerangan Jalan Umum

1. Kuat rata-rata penerangan, pada tiap jenis jalan memiliki kuat rata-rata penerangan yang berbeda.
 - a. Jenis jalan trotoar : 1-4 lux
 - b. Jenis jalan lokal : 2-5 lux
 - c. Jenis jalan kolektor : 3-7 lux
 - d. Jenis jalan arteri : 15-20 lux
 - e. Persimpangan : 20-25 lux
2. Distribusi Cahaya, kerataan cahaya pada jalan merupakan hal yang penting, untuk itu harus ditentukan factor cahaya yang merupakan perbandingan kuat penerangan pada bagian tengah lintasan dengan tepi jalan.
3. Cahaya yang menyilaukan dapat menyebabkan perasaan tidak nyaman dan kemungkinan kecelakaan, maka dari itu digunakan gelas pada armature yang berfungsi sebagai filter cahaya.
4. Arah pancaran cahaya dan pembentukan bayangan.
5. Warna dan perubahan warna. Warna cahaya lampu pelepasan gas tekanan tinggi berpengaruh terhadap warna tertentu.
6. Lingkungan berkabut maupun berdebu mempunyai faktor absorsi terhadap cahaya yang dipantulkan oleh lampu.

2.9 Tiang 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, tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

1. Tiang lampu dengan lengan tunggal

Tiang lampu ini pada umumnya diletakkan pada sisi kiri atau kanan jalan. Tipikal bentuk tiang lampu dengan lengan tunggal.

2. Tiang lampu dengan lengan ganda

Tiang lampu ini khusus diletakkan dibagian tengah atau median jalan, dengan syarat jika kondisi jalan yang akan diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang.

3. Tiang lampu tegak tanpa lengan

Tiang lampu ini terutama diperlukan untuk menopang lampu menara, yang pada umumnya ditempatkan dipersimpangan jalan ataupun tempat yang luas seperti tempat parkir.

2.10 Penempatan Penerangan Lampu Jalan

Dalam merencanakan penempatan lampu penerangan jalan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

1. Kemerataan pencahayaan yang sesuai dengan ketentuan.
2. Keselamatan dan keamanan bagi pengguna jalan.
3. Pencahayaan yang lebih tinggi di area tikungan atau persimpangan dibandingkan pada bagian jalan yang lurus.
4. Arah dan petunjuk yang jelas bagi pengguna jalan dan pejalan kaki.

Tabel 2.1 Sistem penempatan Lampu Penerangan Jalan

Jenis jalan/jembatan	Sistem Penempatan lampu yang digunakan
-Jalan Arteri	Sistem menerus dan parsial
-Jalan Kolektor	Sistem menerus dan parsial
-Jalan Lokal	Sistem menerus dan parsial
-Persimpangan, Simping Susun, ramp	Sistem menerus, sistem menerus
-Jembatan	Sistem menerus bergradasi pada ujung-ujung terowongan
-Terowongan	

2.11 Peramalan Beban Listrik

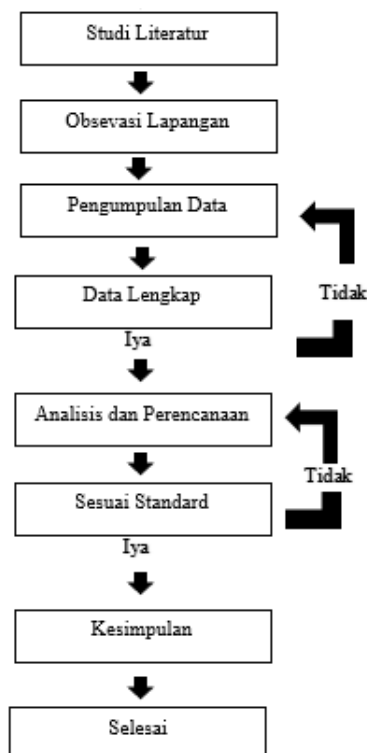
Kebutuhan tenaga listrik suatu daerah tergantung dari letak daerah, jumlah penduduk, standar kehidupan, rencana pembangunan atau pengembangan daerah di masa yang akan datang. Peramalan kebutuhan tenaga listrik yang kurang tepat dapat menyebabkan kapasitas yang disediakan tidak mencukupi untuk melayani konsumen dan sebaliknya, apabila peramalan terlalu besar dari permintaan maka akan mengalami kelebihan kapasitas daya yang merupakan pemborosan. Oleh karena itu kesalahan dalam peramalan harus seminim mungkin.

3. Metodologi

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di area perumahan The Grand Kenjeran Surabaya dengan keadaan masih tahap proses pembangunan sehingga belum tersedianya distribusi listrik pada area perumahan tersebut. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Februari 2021

3.2 Flow Chart Sistem Dust Collector



Gambar 3. 1 Flow Chart Pengerjaan Perencanaan

1. Studi literatur
Proses ini berkaitan dengan mengumpulkan tinjauan pustaka, membaca dan mencatat serta mengolah bahan penelitian
2. Obervasi Lapangan
Observasi lapangan yaitu melakukan pengamatan bertujuan untuk mendapatkan atau menghasilkan data mengenai pembebanan serta dapat menentukan derating faktor yang sesuai milik penghantar. .
3. Pengumpulan Data
Mencari data yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian, pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi lapangan atau melakukan survei langsung ke tempat penelitian.
4. Kelengkapan Data
Dari kelengkapan data yang didapat berupa denah perumahan, total daya pada perumahan.
5. Analisis dan Perencanaan
Pada bagian ini merupakan proses dimana melakukan analisis serta perencanaan pada perumahan The Grand Kenjeran Surabaya. Dengan adanya kelengkapan daya maka dapat menentukan kapasitas trafo yang akan dipasang, penentuan kabel yang sesuai, menentukan breaking capacity serta merencanakan PHB pada perumahan.
6. Kesimpulan

3.3 Pengumpulan Data

Untuk merancang jaringan distribusi yang menggunakan kabel tanah ini perlu dilakukan pengumpulan data yang didapat dengan cara melakukan observasi ke tempat diadakannya proyek. Data yang didapat berupa denah yang dimana luas pada perumaha tersebut yaitu sebesar 22868,8492 m² dan akan direncanakan sebanyak 79 unit rumah dengan type yang berbeda yang berbeda pada setiap rumah. Setiap rumah akan direncanakan dengan daya awal sebesar 5500 VA sehingga total daya yang direncanakan sebesar 434.500 VA.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Gambaran Umum

Lokasi penelitian terletak di perumahan The Grand Kenjeran Surabaya. Daerah The Grand Kenjeran sendiri terdiri dari beberapa cluster dan penelitian ini mengambil data pada cluster Pinewood. Cluster pinewood mempunyai luas area sebesar 22868,8492 m² dan akan direncanakan lampu penerangan pada daerah perumahan beserta 79 unit rumah. Selain itu dari total 79 unit rumah ini akan dibagi menjadi beberapa blok yaitu dimulai dari blok D hingga blok G. Daya setiap unit rumah direncanakan menggunakan daya sebesar 5500 VA. Untuk sistem kelistrikan pada perumahan ini, direncanakan menggunakan saluran kabel tanah dengan Gardu Trafo Tiang (GTT).

4.2 Perencanaan Lampu Penerangan

4.2.1 Menentukan Jenis Tiang dan Penempatan Tiang

Jalan perumahan merupakan tipikal dua arah, dalam perencanaan ini jenis tiang lampu yang akan digunakan adalah tiang lampu lengan tunggal dengan rumah lampu tipe b dan penempatan posisi tiang lampu akan diletakkan di media jalan.

4.2.2 Menentukan Jarak Antar Tiang Lampu

Tipe jalan yang terdapat pada perumahan The Grand Kenjeran Surabaya merupakan tipe jalan lokal sekunder sehingga tingkat pencahayaan yang disarankan yaitu sebesar 2-5 Lux. Sehingga jarak antar tiang yaitu sebesar 40m dikarenakan pemilihan lampu LED dengan daya lampu sebesar 18 Watt.

4.2.3 Menentukan Sudut Stang Ornamen

Untuk menentukan sudut kemiringan stang ornamen, agar titik penerangan mengarah ke tengah jalan, maka terlebih dahulu harus mengetahui jarak lampu ke tengah-tengah jalan. Dari data yang sudah didapat maka dapat ditentukan jarak horizontal lampu yang mempunyai panjang stang ornamen 1,5 m ke tengah jalan adalah 0,5 meter dan lebar median 2 meter.

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \dots\dots\dots(4.0)$$

$$t = \sqrt{6^2 + 0,5^2}$$

$$t = \sqrt{36 + 0,25}$$

$$t = \sqrt{36 + 0,25}$$

$$t = 6,020$$

maka :

$$\cos \theta = \frac{t}{h} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$\cos \theta = \frac{6}{6,020}$$

$$\cos \theta = 0,96$$

$$\cos \theta^{-1} = 16,26^\circ$$

4.2.4 Menentukan Intensitas Penerangan

Untuk menentukan intensitas penerangan yang jatuh tepat di tengah jalan maka dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$I = \frac{2400}{4 \times 3,14} = \frac{2400}{12,56} = 191,082 \text{ cd}$$

$$E = \frac{I}{d^2} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$E = \frac{191,082}{6^2} = \frac{191,082}{36} = 5,3 \text{ LUX}$$

4.2.5 Menentukan Titik Lampu

Dalam menentukan jumlah titik lampu dapat menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$T = \frac{L}{S} + 1 \dots\dots\dots(4.4)$$

Tabel 4.1 Jumlah Titik Lampu

Median	Panjang Median (m)	Lebar Median (m)	Hasil	Jumlah Titik Lampu
A	165	4	5,125	5
A1	40	4	2	2
A2	165	4	5,125	5
A3	50	4	2,25	2
B	80	3	3	3
B1	50	4	2,25	2
C1	40	3	2	2
C2	5	3	1,125	1
C3	90	3	3,25	3
C4	35	3	1,875	2
Total	720			27

4.2.6 Pembagian Fasa

Tabel 4.2 Pembagian Fasa

Median	Grup	Jumlah Titik Lampu	Daya Lampu (Watt)	Total Daya (Watt)
A	R	5	18	180
A2		5	18	
A1	S	2	18	162
A3		2	18	
B		3	18	
B1		2	18	
C1	T	2	18	144
C2		2	18	
C3		3	18	
C4		2	18	

4.3 Total Beban pada Perumahan

Tabel 4.3 Total Daya pada Perumahan

No	Beban	Total Daya (VA)
1	Perumahan Blok D	198.000
2	Perumahan Blok E	93.500
3	Perumahan Blok F	55.000
4	Perumahan Blok G	88.000
5	Penerangan Jalan	607,5
	Total Daya	435.107,5

4.4 Pemilihan Trafo pada Perumahan

Kapasitas daya terpasang = Daya total (Stotal) + Cadangan 20%

$$\text{Kapasitas daya terpasang} = S_{\text{Max}} \times 120\% \dots\dots\dots(4.5)$$

Kapasitas daya terpasang pada GTT 1 :

$$= 198.000 \text{ VA} \times 120\%$$

$$= 237.600 \text{ VA}$$

Kapasitas daya terpasang pada GTT 2 :

$$= 121.000 \text{ VA} \times 120\%$$

$$= 145.200 \text{ VA}$$

Kapasitas daya terpasang pada GTT 3 :
 = 116.107,5 VA x 120%
 = 139.329 VA

Setelah didapatkan total daya terpasang, maka pemilihan transformator bisa dipilih :

1. GTT 1
Total beban yang akan disuplai yaitu sebesar 237.600 VA maka dipilih trafo dengan kapasitas sebesar 250 kVA.
2. GTT 2
Total beban yang akan disuplai yaitu sebesar 145.200 VA maka dipilih trafo dengan kapasitas sebesar 200 kVA.
3. GTT 3
Total beban yang akan disuplai yaitu sebesar 139.329 VA maka dipilih trafo dengan kapasitas sebesar 200 kVA.

4.5 Pemilihan Penghantar pada Trafo

Diketahui :

$S = 250.000 \text{ VA}$

$V = 20.000 \text{ V}$

$I_n = \frac{|S|}{\sqrt{3} \cdot |V|} \dots\dots\dots(4.6)$

$I_n = \frac{250.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000} = 12,54 \text{ A}$

$I_{KHA} = I_n \times 1,25 \dots\dots\dots(4.7)$

$I_{KHA} = 12,54 \times 1,25$

$I_{KHA} = 15,67 \text{ A}$

Ground Temperature = 50°

Derating Factor = 0,82

$KHA \text{ kabel} = \frac{15,67}{0,82} = 19,12 \text{ A}$

Pemilihan penghantar juga tidak melebihi standar drop voltage yang ditentukan dan bisa dilihat pada perhitungan dibawah ini :

$V_{drop} = V_{r1} + V_{r2} + V_{r3}$

$V_{drop} = (I_{123} \times R_1 \text{ kabel}) + (I_{23} \times R_2 \text{ kabel}) + (I_3 \times R_3 \text{ Kabel}) \dots\dots(4.8)$

$V_{drop} = (374,8 \times 0,524) + (51,98 \times 0,524) + (7,21 \times 0,524)$

$V_{drop} = (196,39) + (27,23) + (3,77)$

$V_{drop} = 227,39 \text{ V}$

$V_{drop} = \frac{227,39}{20000} \times 100\% = 1,136\%$

Dari perhitungan maka kabel yang digunakan adalah NA2XSEYBY dengan ukuran luas penampang sebesar 3 x 35 mm². Drop voltage yang diperoleh apabila dipilih kabel ini yaitu sebesar 1,136% dari tegangan nominal.

4.6 Pemilihan Penghantar pada PHB-TR

Penentuan penghantar PHB-TR yang terletak di GTT 1 :

Diketahui :

$S_{3\phi} = 250.000 \text{ VA}$

$V = 400 \text{ V}$

$I_n = \frac{|S|}{\sqrt{3} \cdot |V|} \dots\dots\dots(4.9)$

$I_n = \frac{|250.000|}{\sqrt{3} \cdot |380|}$

$I_n = 360,84 \text{ A}$

$I_{KHA} = 360,84 \times 1,25$

$I_{KHA} = 451,054 \text{ A}$

Dari perhitungan maka dipilih kabel dengan tipe NYY dengan luas penampang sebesar 4 x 300 mm².

Tabel 4.4 Ukuran Penghantar pada PHB-TR tiap GTT

No.	Unit	Daya (VA)	Ukuran Kabel (mm ²)	Tipe Kabel
1	PHB-TR GTT 1	250.000	4 x 300	NYN
2	PHB-TR GTT 2	200.000	4 x 240	NYN
3	PHB-TR GTT 3	200.000	4 x 240	NYN

4.7 Pemilihan Penghantar dari PHB-TR menuju PHB

- Pada blok D

Penentuan penghantar dari PHB-TR GTT 1 menuju PHB Utama-D1, total panjang kebutuhan kabel yang dibutuhkan dari PHB-TR menuju PHB Utama-D1 yaitu sebesar 78 m dan ada 6 unit rumah yang akan disuplai, pemilihan penghantar bisa dilihat pada perhitungan di bawah ini :

Diketahui :

$S = 33.000 \text{ VA}$

$V = 400 \text{ V}$

$I_n = \frac{|S|}{\sqrt{3} \cdot |V|} \dots\dots\dots(4.10)$

$I_n = \frac{|33.000|}{\sqrt{3} \cdot |400|}$

$I_n = 47,63 \text{ A}$

$I_{KHA} = I_n \times 125\% \dots\dots\dots(4.11)$

$I_{KHA} = 47,63 \text{ A} \times 125\%$

$I_{KHA} = 59,53 \text{ A}$

$KHA \text{ Kabel} = \frac{59,53 \text{ A}}{0,82} = 72,6 \text{ A}$

Perhitungan yang didapat sebesar 72,6 A, maka dipilih tipe kabel NYFGBY merk supreme dengan luas penampang sebesar 4 x 50 mm².

$V_{drop} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos \phi}{q \cdot \lambda} \dots\dots\dots(4.12)$

$V_{drop} = \frac{\sqrt{3} \cdot (47,63 + 47,63) \cdot (76 + 43) \cdot 0,8}{56 \cdot 50}$

$V_{drop} = 5,61 \text{ V}$

$V_{drop}\% = \frac{5,61}{400} \times 100\%$

$V_{drop}\% = 1,402\%$

Tabel 4.5 Ukuran Kabel dari PHB-TR menuju Group PHB pada Blok D

BLOK D						
No	Unit	Jumlah Rumah	Total Daya (VA)	Ukuran Kabel (mm ²)	Tipe Kabel	Drop Voltage
1	PHB Utama-D1	6	33.000	4 x 50	NYFGBY	-
2	PHB-Cabang-D1	6	33.000	4 x 50	NYFGBY	1,402 %

3	PHB Utama-D2	6	33.000	4 x 50	NYFGBY	-
4	PHB Cabang-D2	6	33.000	4 x 50	NYFGBY	1,367 %
5	PHB Utama-D3	6	33.000	4 x 50	NYFGBY	0,942 %
6	PHB Utama-D4	6	33.000	4 x 50	NYFGBY	0,883 %

	Utama-G1					
2	PHB Utama-G2	5	27.500	4 x 50	NYFGBY	-
3	PHB Cabang-G2	5	27.500	4 x 50	NYFGBY	0,7%
4	Panel PJU	-	670,5	4 x 15	NYFGBY	0,125%

4.8 Pemilihan Penghantar dari PHB menuju beban

Tabel 4.9 Ukuran Kabel dari Panel Utama PJU menuju Panel PJU

Panel PJU				
No	Unit	Total Daya (VA)	Ukuran Kabel (mm ²)	Tipe Kabel
1	PJU Panel R	225	2 x 1,5	NYF
2	PJU Panel S	202,5	2 x 1,5	NYF
3	PJU Panel T	190	2 x 1,5	NYF

• Blok E

Tabel 4.6 Ukuran Kabel dari PHB-TR menuju Group PHB pada Blok E

BLOK E						
No	Unit	Jumlah Rumah	Total Daya (VA)	Ukuran Kabel (mm ²)	Tipe Kabel	Drop Voltage
1	PHB Utama-E1	5	27.500	4 x 50	NYFGBY	0,53%
2	PHB Utama-E2	5	27.500	4 x 50	NYFGBY	0,4%
3	PHB Utama-E3	7	38.500	4 x 50	NYFGBY	0,5%

• Blok F

Tabel 4.7 Ukuran Kabel dari PHB-TR menuju Group PHB pada Blok E

BLOK F						
No	Unit	Jumlah Rumah	Total Daya (VA)	Ukuran Kabel (mm ²)	Tipe Kabel	Drop Voltage
1	PHB Utama-F1	5	27.500	4 x 50	NYFGBY	0,5%
2	PHB Utama-F2	5	27.500	4 x 50	NYFGBY	0,3%

• Blok G

Tabel 4.8 Ukuran Kabel dari PHB-TR menuju Group PHB pada blok G

BLOK G						
No	Unit	Jumlah Rumah	Total Daya (VA)	Ukuran Kabel (mm ²)	Tipe Kabel	Drop Voltage
1	PHB	6	33.000	4 x 50	NYFGBY	0,2%

4.9 Pemilihan Pengaman pada PHB-TR

• Menentukan MCCB PHB-TR GTT 1

Dikehatui :

S = 250.000 VA

V = 400 V

$$I = \frac{S}{V \times \sqrt{3}} \dots\dots\dots(4.13)$$

$$I = \frac{250.000}{400 \times \sqrt{3}}$$

I = 360,84 A

Rating MCCB = Inominal x 125%.....(4.14)

Rating MCCB = 360,84 x 1,25

Rating MCCB = 451,054 A

Perhitungan pada rating MCCB yang didapat yaitu sebesar 451,054 A, maka rating MCCB yang digunakan yaitu MCCB dengan rating arus sebesar 500 A

Tabel 4.10 Ukuran Pengaman pada Tiap PHB-TR

No.	Unit	Arus Nominal (A)	Rating MCCB (A)	Pengaman yang digunakan
1	PHB-TR GTT 1	360,84	451,054	MCCB 500 A
2	PHB-TR GTT 2	288,67	360,83	MCCB 400 A
3	PHB-TR GTT 3	288,67	360,83	MCCB 400 A

• Menentukan NH Fuse PHB-TR GTT 1

I_{nominal} = 360,84 A

Arus tiap jurusan = $\frac{In(ampere)}{Total\ Juruan\ di\ PHB-TR} \dots\dots\dots(4.15)$

Arus tiap jurusan = $\frac{360,84\ A}{4}$

Arus tiap jurusan = 90,21 A
 KHA Fuse = Arus tiap jurusan x 0,9.....(4.16)
 KHA Fuse = 90,21 x 0,9
 KHA Fuse = 81,19 A

Perhitungan didapatkan KHA fuse sebesar 81,19 A sehingga dipilih NH Fuse dengan raing sebesar 100 A.

Tabel 4.11 Ukuran NH Fuse pada Tiap PHB-TR

No.	Unit	Arus Nominal (A)	KHA Fuse (A)	NH Fuse yang digunakan
1	PHB-TR GTT 1	360,84	81,19	100 A
2	PHB-TR GTT 2	288,67	64,95	100 A
3	PHB-TR GTT 3	288,67	64,95	100 A

- Menentukan busbar PHB-TR GTT 1

$I_{nominal} = 360,84 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 125\% \times I_{nominal} \dots\dots\dots(4.17)$
 $I_{busbar} = 1,25 \times 360,84 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 451,04 \text{ A}$

Hasil I busbar didapat sebesar 451,04 A, maka dipilih busbar ukuran 40 x 3 mm dengan pembebanan konitnu sebesar 460 A

- Menentukan busbar PHB-TR GTT 2

$I_{nominal} = 360,84 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 125\% \times I_{nominal} \dots\dots\dots(4.18)$
 $I_{busbar} = 1,25 \times 360,84 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 451,04 \text{ A}$

Hasil I busbar didapat sebesar 360,83 A, maka dipilih busbar ukuran 40 x 3 mm dengan pembebanan konitnu sebesar 460 A

- Menentukan PHB-TR GTT 3

$I_{nominal} = 360,84 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 125\% \times I_{nominal} \dots\dots\dots(4.19)$
 $I_{busbar} = 1,25 \times 360,84 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 451,04 \text{ A}$

Hasil I busbar didapat sebesar 360,83 A, maka dipilih busbar ukuran 40 x 3 mm dengan pembebanan konitnu sebesar 460 A

4.10 Pemilihan Pengaman pada PHB Utama dan PHB Cabang

- Pada blok D

- Pemilihan pengaman utama pada PHB Utama-D1

$S = 33.000 \text{ VA}$
 $V = 400 \text{ V}$
 $I_{nominal} = \frac{|S|}{V \times \sqrt{3}} \dots\dots\dots(4.20)$
 $I_{nominal} = \frac{33.000}{400 \times \sqrt{3}}$
 $I_{nominal} = 47,68 \text{ A}$

Hasil perhitungan arus nominal didapat sebesar 47,68 A, maka pengaman yang dipilih yaitu MCCB dengan rating sebesar 50 A.

- Pemilihan busbar PHB Utama-D1

$I_{nominal} = 47,68 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 125\% \times I_{nominal} \dots\dots\dots(4.21)$
 $I_{busbar} = 1,25 \times 47,68 \text{ A}$
 $I_{busbar} = 59,6 \text{ A}$

Hasil I busbar didapat sebesar 59,6 A, maka dipilih busbar dengan ukuran sebesar 12 x 2 mm.

Tabel 4.12 Pemilihan Busbar dan Pengaman PHB di blok D

No	Unit	Arus Nominal (A)	I _{Busbar} (A)	Ukuran Busbar (mm)	Pengaman yang digunakan
1	PHB Utama-D1	47,68	59,6	12 x 2	MCCB 50 A
2	PHB Cabang-D1	47,68	59,6	12 x 2	MCCB 50 A
3	PHB Utama-D2	47,68	59,6	12 x 2	MCCB 50 A
4	PHB Cabang-D2	47,68	59,6	12 x 2	MCCB 50 A
5	PHB Utama-D3	47,68	59,6	12 x 2	MCCB 50 A
6	PHB Utama-D4	47,68	59,6	12 x 2	MCCB 50 A

- Pada blok E

- Pemilihan pengaman utama pada PHB Utama-E1

Tabel 4.13 Pemilihan Busbar dan Pengaman PHB di blok E

No	Unit	Arus Nominal (A)	I _{Busbar} (A)	Ukuran Busbar (mm)	Pengaman yang digunakan
1	PHB Utama-E1	39,69	49,6	12 x 2	MCCB 40 A
2	PHB Utama-E2	39,69	49,6	12 x 2	MCCB 40 A
3	PHB Utama-E3	55,6	69,5	12 x 2	MCCB 63 A

- Pada blok F

Tabel 4.14 Pemilihan Busbar dan Pengaman PHB di blok F

No	Unit	Arus Nominal (A)	I _{Busbar} (A)	Ukuran Busbar (mm)	Pengaman yang digunakan
1	PHB Utama-F1	39,69	49,6	12 x 2	MCCB 40 A
2	PHB Utama-F2	39,69	49,6	12 x 2	MCCB 40 A

4. Pada blok G

Tabel 4.15 Pemilihan Busbar dan Pengaman PHB di blok G

No	Unit	Arus Nominal (A)	I _{Busbar} (A)	Ukuran Busbar (mm)	Pengaman yang digunakan
1	PHB Utama-G1	47,68	59,6	12 x 2	MCCB 50 A
2	PHB Utama-G2	39,69	49,6	12 x 2	MCCB 40 A
3	PHB Cabang-G2	39,69	49,6	12 x 2	MCCB 40 A
4	Panel PJU	0,9	1,125	12 x 2	MCB 2 A

4.11 Pemilihan Pengaman pada Beban

1. Pemilihan pengaman untuk unit rumah

S = 5500 VA

V = 220 V

$$I_{\text{nominal}} = \frac{S}{V} \dots\dots\dots(4.22)$$

$$I_{\text{nominal}} = \frac{5500}{220}$$

I_{nominal} = 25 A

Dari hasil perhitungan didapat I nominal sebesar 25 A. Maka pengaman yang digunakan untuk setiap unit rumah yaitu merupakan MCB dengan rating sebesar 25 A.

2. Pemilihan pengaman untuk panel PJU

Tabel 4.16 Pemilihan Pengaman pada Panel PJU

Grup	Jumlah Titik Lampu	Total Daya (Watt)	I Nominal (A)	Pengaman yang digunakan
R	5	180	0,86	MCB 2 A
	5			
S	2	162	0,77	MCB 2 A
	2			
	3			
	2			
T	2	144	0,68	MCB 2 A
	2			
	3			

Grup	Jumlah Titik Lampu	Total Daya (Watt)	I Nominal (A)	Pengaman yang digunakan
	2			

3. Pemilihan pengaman untuk median jalan pada PJU

Tabel 4.17 Pemilihan Pengaman pada setiap Median Jalan

Median	Grup	Jumlah Titik Lampu	I nominal (A)	Pengaman yang digunakan
A	R	5	0,53	MCB 2 A
A2		5	0,53	MCB 2 A
A1	S	2	0,215	MCB 2 A
A3		2	0,215	MCB 2 A
B		3	0,32	MCB 2 A
B1	T	2	0,215	MCB 2 A
C1		2	0,215	MCB 2 A
C2		2	0,215	MCB 2 A
C3		3	0,32	MCB 2 A
C4		2	0,107	MCB 2 A

4.12 Mengatasi Perkembangan Beban pada Perumahan

Terdapat beberapa kondisi setelah dilakukannya perencanaan supaya distribusi listrik yang direncanakan bisa mensuplai perumahan dengan baik hingga beberapa tahun ke depan. Perlu diketahui juga bahwa perencanaan perumahan ini merupakan perencanaan tahap ke 2 yang dimana pembangunan meliputi 79 unit rumah yang dibagi dari blok D hingga blok G beserta lampu penerangan pada perumahan dan merupakan tahap akhir dari pembangunan di area tersebut.

Maka dari itu hampir dipastikan tidak akan ada penambahan beban atau unit rumah lagi pada area tersebut. Perumahan ini direncanakan memakai 3 GTT dan bukan gardu beton karena luas area yang tersedia di perumahan ini tidak mencukupi apabila harus menyisihkan sebagian area hanya untuk gardu beton.

Berdasarkan acuan bagian perencanaan khususnya di PLN area Surabaya utara, estimasi daya maksimal per rumah yang digunakan sebagai tolak ukur perencanaan awal adalah sebesar 5500 VA. Maka daya per rumah untuk perumahan The Grand Kenjeran Surabaya ini masing-masing menggunakan 5500 VA. Digunakannya daya 5500 VA juga bertujuan supaya daya yang disediakan pada setiap unit rumah bisa memenuhi kebutuhan beban untuk kedepannya.

Karena merupakan pembangunan tahap ke 2 atau tahap akhir pembangunan yang hampir dipastikan tidak adanya penambahan unit rumah lagi, maka direncanakan Trafo dengan menambahkan cadangan sebesar 20% untuk perkiraan sekitar 5 tahun kedepan yang bertujuan dapat mengatasi perkembangan beban yang terjadi di perumahan ini atau dengan kata lain sebagai bentuk antisipasi apabila adanya pengembangan beban pada perumahan tersebut, distribusi listrik yang direncanakan dapat mensuplai daya listrik dengan baik.

Dengan adanya cadangan sebesar 20% maka total daya terpasang didapat sebesar 237.600 VA untuk GTT 1, 145.200 VA untuk GTT 2, dan 139.329 VA untuk GTT3. Sehingga transformator yang dipilih dengan kapasitas daya sebesar 250 kVA untuk GTT 1,

200 kVA untuk GTT 2 dan GTT 3.

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil studi dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan data yang didapat, beban rumah yang direncanakan pada perumahan The Grand Kenjeran Surabaya menggunakan daya awal sebesar 5500 VA pada setiap unit rumah yang dimana total unit yang akan dibangun sebanyak 79 unit rumah.
2. Dengan metode dari analisa pada perencanaan ini, jaringan distribusi yang digunakan menggunakan kabel tanah yang meliputi SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah) dan SKTR (Saluran Kabel Tegangan Rendah). Gardu yang digunakan berupa gardu trafo tiang dan trafo yang akan digunakan sebanyak 3 buah dengan daya 1x250 kVA dan 2x200 kVA. Selain itu, perhitungan drop voltage atau tegangan jatuh yang didapat pada perencanaan ini tidak melebihi 4%.
3. Berdasarkan hasil dari pembahasan, pada perencanaan ini tidak ada penambahan beban atau unit rumah lagi pada area tersebut karena tahap akhir dari pembangunan perumahan sehingga untuk mengatasi perkembangan pada perumahan yaitu dengan menentukan transformator dengan tambahan 20% yang berguna untuk daya cadangan sebagai bentuk antisipasi apabila adanya pengembangan beban pada perumahan tersebut supaya distribusi listrik yang direncanakan dapat mensuplai daya listrik dengan baik dalam beberapa tahun kedepannya.

5.2 Saran

Dalam skripsi ini dapat diambil saran sehingga dapat dikembangkan lagi diantaranya sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk meneliti kualitas daya pada perumahan tersebut supaya komponen-komponen yang digunakan dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi dari peralatan tersebut secara kontinyu.
2. Penambahan literatur mengenai kualitas daya.

Daftar Pustaka

- [1] Ardianto, Feby. (2013).Studi Penentuan Penggantian Transformator Gardu Induk Dengan Memperbaiki Beban Konsumen. *Berkala Teknik Vol.3 No.2*, 528-529.
- [2] Effendu, Asnal, & Niko Razonta. (2015).Penataan dan Materisasi Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Desa Apar Kecamatan Pariaman Utara. *Jurnal Teknik Elektro Volume 4*.
- [3] Mussadik. (2018). *Perencanaan Pembangunan Sistem Distribusi Listrik di Dusun 3 Desa Ulak Bedil Kecamatan Indralaya Kabupaten Ogan Ilir Sumatera Barat*. Palembang : Universitas Negeri Sriwijaya.
- [4] Rohman, Sa'ad Ali Abdul. (2019).*Analisis Perencanaan Underground Distribution Cluster Golf Residence (Town House) Kawasan Perumahan Graha Candi Golf Semarang*. Semarang : Universitas Semarang
- [5] Salim, Agus, dkk. (2016). Analisis Perbandingan Sistem Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) dan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). *Elektrika No.II*.
- [6] Suswanto, Daman. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang : Universitas Negeri Padang.