



PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK BAWAH TANAH PADA CLUSTER XYZ

Ikbal Tawakal¹, Ahmad Rofiil, Ridho Alpha Kusuma²

^{1,2} Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, 14350, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Received: April 11, 2023 Revised: August 15, 2023 Available online: August 25, 2023</p>	<p>Perencanaan sistem distribusi energi listrik adalah bagian yang sangat esensial dalam menindak lanjuti pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat. Perencanaan sangat diperlukan karena berkaitan dengan tujuan pengembangan, yang harus memenuhi beberapa kriteria dari sisi teknis dan ekonomis baik dalam pelaksanaan maupun dalam perawatan. Perencanaan yang sistemik akan memberikan sejumlah proposal alternatif yang nantinya dapat dikaji akibatnya secara langsung karena akan berdampak pada aspek keandalan dan ekonomis suatu perencanaan sehingga dapat ditentukan dengan baik letak dan kapasitas Daya suplai distribusi yang akan melayani areal beban tersebut dengan mempertimbangkan minimisasi susut energi dan investasi konstruksi, tanpa mengurangi kriteria, teknis dan estetika pada kawasan itu sendiri, yang dimana kawan yang sangat mengutamakan estetika biasanya menggunakan jaringan distribusi bawah tanah untuk menghindari bayaknya kabel semrawut terjadi padam listrik akibat kabel putus akibat bayak gangguan dan dimana jenis penghantar menggunakan penghantar jenis Tembaga (CU) NYYGbY 4 x 6 mm² dengan Panjang total 13.655 Meter untuk kabel ke saluran rumah, sedakan untuk kabel dari Panel PHB TR ke PHB Beban menggunakan NYYGbY 4 x 95 mm² dengan Panjang total 5.470 Meter dengan biayah Rp 5,263,175,000. dengan biaya yang cukup tinggi. Sehingga dengan demikian penulis berencana membuat Perencanaan Jaringan Distribusi Bawah Tanah menggunakan penghantar jenis Alumunium (AL) NA2XGbY 4 x 10 mm² untuk kabel ke saluran rumah, sedakan untuk kabel dari Panel PHB TR ke PHB Beban menggunakan NA2XGbY 4 x 185 mm² dengan total biaya penggunaan kabel Alumunium sebesar Rp 1,436,612,500. Sedangkan untuk analisa perhitungan jatuh tegangan (<i>drop Voltage</i>) di dapatkan hasil di bawah 4% sesuai dengan peraturan PUIL dan hasil perhitungan lalu di bandingan dengan menggunakan <i>Software Etap 19</i>, Selisih perbandingan masih di bawah 1 % untuk jatuh tegangan.</p> <p>Kata Kunci : <i>Jaringan, Listrik, Distribusi</i></p>
CORRESPONDENCE	ABSTRACT
<p>E-mail: Phone: 08888329026 ¹ ikbal.tawakal126@gmail.com</p>	<p>Electrical energy distribution system planning is a very essential part in following up the rapid growth in electricity demand. Planning is very necessary because it relates to development goals, which must meet several criteria from a technical and economic standpoint both in implementation and in maintenance. Systematic planning will provide a number of alternative proposals which can later be studied as a result directly because it will have an impact on the reliability and economic aspects of a plan so that the location and capacity of the distribution supply power that will serve the load area can be determined properly by considering minimization of energy losses and construction investment. , without reducing the criteria, technical and aesthetic in the area itself, where friends who really prioritize aesthetics usually use underground distribution networks to avoid lots of chaotic cables from occurring power outages due to broken cables due to lots of disturbances and where the type of conductor uses a Copper (CU) type conductor). at a fairly high cost. So that the author plans to make an Underground Distribution Network Planning using NA2XGbY 4 x 10 mm² Aluminum (AL) conductors for cables to house lines, while for cables from PHB TR Panels to PHB Loads using NA2XGbY 4 x 185 mm² with a total cost of using the cable Aluminum of IDR 1,436,612,500. Meanwhile, for the analysis of the calculation of the voltage drop, the results are below 4% in accordance with PUIL regulations and the results of the calculations are then compared using Etap 19 software, the difference in comparison is still below 1% for the voltage drop.</p> <p>Keywords: Network, Electricity, Distribution</p>

I. PENDAHULUAN

Perencanaan sistem distribusi energi listrik merupakan bagian yang esensial dalam mengatasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat. Perencanaan diperlukan sebab berkaitan dengan tujuan pengembangan sistem distribusi yang harus memenuhi beberapa kriteria teknis dan ekonomis. Perencanaan sistem distribusi ini harus dilakukan secara sistemik dengan pendekatan yang didasarkan pada peramalan beban untuk memperoleh suatu pola pelayanan yang optimal. Perencanaan yang sistemik tersebut akan memberikan sejumlah proposal alternatif yang dapat mengkaji akibatnya yang secara langsung berhubungan dengan aspek keandalan dan ekonomis (Suswanto, 2007).

Dimana kawasan perumahan perkotaan, desain mengutamakan estetika yang dimana jaringannya distribusi listrik yang terpasang menggunakan jaringannya bawah tanah, dimana untuk jaringan bawah tanah biaya yang agak cukup lebih tinggi di banding jaringannya udara.

Tujuan umum perencanaan sistem distribusi ini adalah untuk mendapatkan suatu fleksibilitas pelayanan optimum yang mampu dengan cepat mengantisipasi pertumbuhan kebutuhan energi elektrik dan kerapatan beban yang harus dilayani. Adapun faktor-faktor lain yang dapat menjadi input terkait dalam perencanaan sistem distribusi ini antara lain adalah: pola penggunaan lahan pada regional tertentu, faktor ekologi dan faktor geografi. Perencanaan sistem distribusi ini harus mampu memberikan gambaran besarnya beban pada lokasi geografis tertentu, sehingga dapat ditentukan dengan baik letak dan kapasitas gardu-gardu distribusi yang akan melayani areal beban tersebut dengan mempertimbangkan minimisasi susut energi dan investasi konstruksi, tanpa mengurangi kriteria, teknis yang diperlukan (Suswanto, 2007).

Perencanaan sistem distribusi ini dapat dilakukan dalam periode jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Perencanaan jangka panjang harus selalu diaktualisasi dan dikoordinasikan dengan perencanaan jangka menengah dan dikoreksi oleh perkembangan

jaringan distribusi kondisi eksisting. Efektivitas perencanaan sistem distribusi ini makin diperlukan bila dikaitkan dengan makin tingginya investasi terhadap energi, peralatan dan tenaga kerja. Di samping itu perencanaan yang baik akan memberikan kontribusi besar terhadap pengembangan sistem distribusi. Kondisi ini disebabkan pada kenyataan sistem distribusi merupakan ujung tombak dari pelayanan energi listrik karena langsung berhubungan dengan konsumen sehingga adanya gangguan pada sisi distribusi akan berakibat langsung pada konsumen. Sedangkan adanya gangguan pada sisi transmisi ataupun sisi pembangkit belum tentu menyebabkan terjadinya proses interupsi disisi konsumen.

Perencanaan sistem distribusi dimulai dari sisi konsumen. Pola kebutuhan, tipe dan faktor beban dan karakteristik beban yang dilayani akan menentukan tipe sistem distribusi yang akan dipakai. Kelompok-kelompok beban tersebut akan dilayani oleh jaringan sekunder. Sekelompok jaringan sekunder ini akan dilayani oleh trafo-trafo distribusi yang selanjutnya sejumlah trafo ini akan memberikan gambaran pembebanan pada jaringan primer. Jaringan distribusi ini akan mendapat masukan energi dari trafo- trafo gardu induk. Sistem beban pada jaringan distribusi ini akan menentukan pula lintasan dan kapasitas saluran distribusi.

II. STUDI LITERATUR

Penelitian yang dilakukan oleh Rohman, Abdal Sa'ad (2019) dengan judul Analisis Perencanaan *Underground Distribution Cluster Golf Residence 3 (Town House)* Kawasan Perumahan Graha Candi Golf Semarang Hasil Penelitian Total kebutuhan daya Cluster Golf Residence .3 didapat sebesar 518000 VA, dengan menggunakan daya terencana 7700VA dan 3500 yang dibagi dalam 4 kavling. Perhitungan manual Arus KHA pada daya terencana 7700 VA didapatkan ILN 33,4 A dan IKHA 41,8 A dan didapatkan kabel dengan diameter 3x6 mm², dan pada daya terencana 3500 VA VA didapatkan ILN 15,2 A dan IKHA 19 A dan didapatkan kabel dengan diameter 3x4 mm². Perhitungan manual nilai tertinggi drop tegangan dari SDP-A-1 unit 17 didapatkan hasil 4,2% dan nilai terendahnya 1,2%, untuk SDP-A-2 unit 1 didapatkan hasil 4,24%, unit 3 sebesar 4,2% dan unit 27 sebesar 4,61% dan nilai terendahnya 1,7, untuk SDP-B-1 unit 22 didapatkan hasil 4,89%, unit 26 sebesar 5,21 dan nilai terendahnya 1,51%, pada SDP-B-2 unit 19 didapatkan hasil 5,07%, unit 23 sebesar 5,12% dan nilai terendahnya 1,7%, untuk SDP-C

dan SDP-D tidak didapatkan drop voltage yang melebihi 4%.

Penelitian yang dilakukan oleh Pratama, Arry Riski, (2020) dengan judul Perencanaan Pemasangan Jaringan Tegangan Rendah 380/220 Pada Perumahan Griya Astana Siak di Area Pekanbaru, Riau Hasil Penelitian Total daya sebesar $72.800VA = 72,8kVA$ dan faktor beban maksimum sebesar $75\% = 0,75$ yang di dapatkan dari Nilai Pembebanan Trafo dan di dapatkan hasil $97,06kVA$ maka trafo yang dipakai adalah trafo dengan kapasitas $100kVA$. Terdapat juga nilai Drop Tegangan pada Tiang Blok A sebesar 219 Volt pada Tiang B,C,D sebesar 4,38 Volt, pada Tiang D ujung sebesar 6,58 Volt. Menggunakan Gardu Distribusi Portal sistem 2 jurusan, kabel TIC NFA2X-T $3x70+50\text{ mm}^2$ dengan KHA sebesar 270 Ampere sebagai penghantarnya, dan tiang Besi TR 9mm dengan konstruksi TR-1=2 batang, TR-6=2 batang, TR-3=4batang.

Penelitian yang dilakukan oleh Rere, Andre, (2021) dengan judul Perencanaan Jaringan Tegangan Rendah 380/220 V di Perumahan Griya Harmoni Mekarwangi Hasil Penelitian Beban listrik yang dibutuhkan untuk perumahan Griya Harmoni Mekarwangi dihitung jumlah rumah dan kapasitas daya yang dipasang tiap rumahannya dihasilkan data 90 rumah dengan $2200VA$ maka digunakan trafo kapasitas 315 kVA , kabel penghantar yang digunakan kabel TIC $3x70+50\text{ mm}^2$ dengan KHA sebesar 154 Ampere dan penentuan jalur SUTR.

A. LANDASAN TEORI

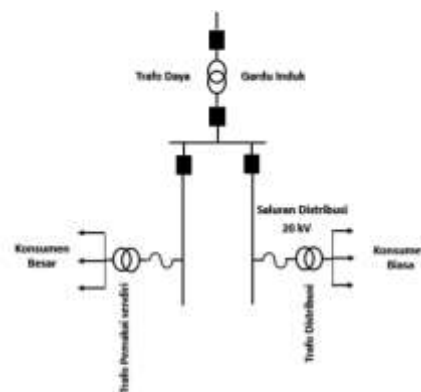
a. Konsef Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi listrik meliputi Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke pusat beban (meter pelanggan). untuk pendistribusian tersebut di gunakan penghantar (kabel) udara ataupun tanah dari gardu sampai ke pusat beban. pada sistem daerah perkotaan biasanya menggunakan jaringan kabel bawah tanah, sedakan untuk daerah-daerah tertentu tetap menggunakan kabel penghantar udara 3 fasa 3 kawat karena lokasi yang tidak mendukung untuk menggunakan kabel bawah tanah

Pada jaringan distribusi dilengkapi trafo distribusi yang beroperasi pada tegangan 20 kV lalu di turunkan menjadi tegangan rendah 380/220 Volt. Dari trafo distribusi tersebut pelanggan akan mendapatkan mendapatkan layanan listrik melalui jaringan penghantar (kabel) tegangan rendah ke pusat pemukiman, baik komersial dan idustrial yang ada disini.

Dalam kehidupan sehari-hari tenaga listrik yang di gunakan untuk mengoprasikan peralatan adalah listrik dengan tegangan rendah (380/220 Volt), untuk listrik tegangan menengah beroperasi pada (sistem 20 kv) sedakan untuk sistem distribusi dan transmisi atau sering di sebut tegangan tinggi beroperasi pada (sistem 150 kV). Hal ini bertujuan untuk kehandalan sistem karena dapat memperkecil rugi-rugi daya dan memliki tingkat kehandalan penyaluran yang tinggi, disalurkan melalui saluran transmisi ke berbagai wilayah

menuju pusat-pusat pelanggan..(Syufrijal & Monantun, 2014)



Gambar I Diagram Satu Garis Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Keterangan gambar Pada **Gambar I** sebagai berikut:

1. Saluran distribusi yaitu berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari gardu distribusi ke trafo distribusi dan trafo pemakaian khusus untuk konsumen besar.
2. Trafo distribusi (step down) yang fungsinya untuk menurunkan tegangan 20 KV Tegangan Menengah (TM) menjadi tegangan rendah 380/220 Volt. Tegangan rendah (TR) kemudian di distriibusikan ke pelanggan kecil melalui jaringan tegangan rendah (JTR).
3. Konsumen besar yaitu konsumen yang menggunakan konsumsi energi yang besar, sedakan untuk pasokan listri itu sendiri bisanya di ambil dari lokasi gardu terdekat lalu di salurkan ke Gardu pemaikan sendiri.
4. Konsumen biasa yaitu konsumen yang menggunakan energi listrik yang lebih sedikit yang memiliki tegangan kerja (380/220 Volt) seperti rumah tangga, perkantoran, industri kecil, pertokoan dan lain-lain.

b. Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

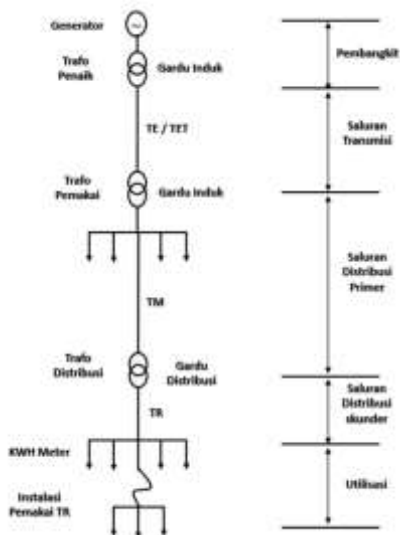
Pengelompokan Jaringan distribusi adalah gabungan

dari bagian rangkaian listrik dari Trafo Daya pada Gardu Induk yang besar hingga saklar-saklar pembagi pelanggan. Untuk pembahasan lebih lanjut dalam perencanaan Jaringan Distribusi yang dimulai dari Jaringan Tegangan Menengah (TM) 20kV, Trafo Distribusi (TD) 20/0,38 kV dan Jaringan Tegangan Rendah 0,38 kV. Secara umum jaringan distribusi dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Distribusi Primer
Distribusi primer yaitu jaringan yang mendistribusikan daya listrik yang memiliki tegangan menengah (20 KV). Yang bersumber dari sisi skunder trafo daya yang terdapat pada gardu induk hingga kesisi primer trafo distribusi dan sering juga disebut jaringan penyalang.

2. Distribusi Sekunder

Distribusi skunder yaitu termasuk kategori jaringan listrik yang memiliki tegangan rendah (sistem 380/220 Volt), yang dimana tegangannya sama dengan yang akan dilayani. Bersumber dari skunder trafo distribusi dan berakhir ke alat ukur pelanggan (meter). Untuk jaringan distribusi ini disalurkan ke pelanggan melalui penghantar kawat berisolasi.



Gambar II Diagram Umum Distribusi Tenaga Listrik

Saluran distribusi bawah yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang ditanam didalam tanah. Saluran distribusi seperti ini adalah yang favorite untuk pemasangan di dalam kota maupun di kawasan perumahan. Karena berada didalam tanah, maka tidak mengganggu keindahan dan tidak mudah terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam. Namun akan memiliki kekurangan, biaya yang mahal untuk investasi dan juga sulit untuk mendeteksi titik gangguan untuk melakukan perbaikan.

c. Kabel Saluran Bawah Tanah

Sistem saluran distribusi kabel bawah tanah, memiliki beberapa jenis ragam kabel. Kabel bawah tanah yaitu bagian penghantar yang berisolasi atau berpelindung mekanis dan berselubung baik di bagian luar ataupun di bagian dalam dan penggunaannya sendiri ditanam atau dipasang di dalam tanah (PLN Operasi & Pemeliharaan Jaringan distribusi, 1995:01).

Mesin besar lain yang sesuai dengan permukaan dan jenis-jenis tanah yang akan memudahkan instalasi Kabel tanah yaitu satu atau beberapa kawat yang di satukan dan diisolasi, agar tahan terhadap tegangan kerja tertentu dari penghantar satu dengan penghantar yang lain dan juga penghantar dengan tanah karena dibungkus dengan

pelindung, untuk menghindari pengaruh kimia yang ada dalam tanah, komponen kabel harus mampu beroperasi saat berada di dalam tanah (Suswanto, 2009), komponen kabel pun harus mampu beroperasi secara terus menerus dengan waktu yang panjang kabel juga memiliki persyaratan untuk isolasi khusus untuk melindungi dari segala bentuk masalah baik kelembapan ataupun pengaruh lain yang terdapat didalam tanah.

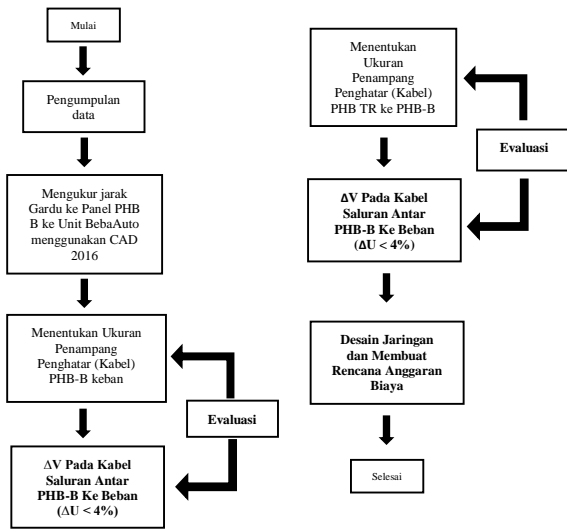
Untuk pemasangan Instalasi kabel tanah dapat dilakukan penanaman langsung atau diberikan pelindung saluran. Instalasi kabel tanah dengan penanaman langsung, yaitu kabel secara langsung, tanpa menggunakan saluran pelindung (*sheath*) / pelindung (*shield*), jarak antar kabel, kedalaman penanaman, dan kondisi tanah. Pada penyaluran listrik dibawah tanah menggunakan kabel tenaga (*power cable*). Untuk klasifikasikan Jenis kabel tenaga dapat di bagi menjadi beberapa kelompok berikut :

1. Kelompok menurut kulit pelindungnya (*armor*) misalnya, kabel berselubung timah hitam (*lead sheathed*), kabel berkulit pita baja (*steeltape armored*).
2. Kelompok menurut konstruksinya misalnya : plastik dan karet (jenis BN, EN, CV) kabel padat (jenis belt, H, SL, SA), kabel jenis datar (*flattype*), kabel minyak (*oil-filled*).
3. Kelompok menurut penggunaan, misalnya, kabel saluran (*duct drawin*), kabel taruh (*direct-laying*), kabel laut (*submarine*), kabel corong utama (*main shaft*), kabel udara (*overhead*).

Sebagai penghantar, konstruksi kabel ada dua bagian yaitu, Bagian utama yaitu meliputi , Selubung (*sheath*), Isolasi (*Insulation*), Penghantar (*konduktor*), Tabir (*screen*). Bagian pelengkap yang yang dipergunakan hanya untuk memperkuat (memperbaiki) tau juga melindungi sifat pada kabel tenaga antara lain, Sarung Bantalan (*bedding*), kabel (*serving*), Perisai (*armor*), Bahan pengisi (*filler*). Untuk jumlah dan susunan penghantar, kabel tanah meliputi, jenis kabel penghantaran tunggal (*single – core cable*), Kabel isi tiga penghantaran (*three core-cable*), Kabel sektoral (*sector cable*), Kabel dengan netral konsentris.

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir (flowchart)



Gambar III Diagram alir (flowchart)

B. Pengumpulan Data

Denah Perencanaan Rumah



Gambar IV Denah Perencanaan Rumah

C. Analisis Data Perencanaan Rumah

Dari gambar denah arsitektur menunjukan 3 Type, yang di mana dari 3 Warna tersebut membedakan tipe unit yang memiliki perbedaan luas dan desain ruang. Total unit yang terencana dari gambar denah arsitektur 573 unit dengan masing-masing tipe 1, 2 dan tipe 3. untuk detail ukuran dapat di lihat pada tabel berikut. **Tabel 3.1.**

TABEL I DATA PERENCANAAN RUMAH
WARNA DATA PERENCANAAN RUMAH

	TIPE	LUAS	JUMLAH UNIT	
	Biru	1	5 x 12	360
	Hijau	2	5.5 x 15	118
	Kuning	3	6.5 x 15	95
Total Unit			573	

Dari 573 unit dibagi menjadi 2 kavling yang akan di suplai 2 unit Gardu Distribusi, Gardu Distribusi 1 akan mensuplai PHB TR. 1 dan Gardu Distribusi 2 mensuplai PHB TR. 2 yang dimana masing-masing PHB TR memiliki 8 jurusan pembagi, untuk pembagian dapat di lihat pada Tabel

TABEL II DATA PANEL PHB TR 1

Jurusan	PANEL PHB TR 1		
	No	Suplai Panel	Jumlah Unit
1	1	PHB B1-A1	8
	2	PHB B1-A2	8
	3	PHB B1-A3	8
	4	PHB B1-A4	8
	5	PHB B1-A5	8
	6	PHB B1-A6	6
2	7	PHB B1-B1	8
	8	PHB B1-B2	8
	9	PHB B1-B3	8
	10	PHB B1-B4	8
	11	PHB B1-B5	6
	12	PHB B1-B6	6
3	13	PHB B1-C1	8
	14	PHB B1-C2	8
	15	PHB B1-C3	8
	16	PHB B1-C4	8
	17	PHB B1-C5	7
4	18	PHB B1-D1	8
	19	PHB B1-D2	8
	20	PHB B1-D3	8
	22	PHB B1-D4	8
	23	PHB B1-D5	5
	5	24	PHB B1-E1
25		PHB B1-E2	8
26		PHB B1-E3	8
27		PHB B1-E4	6
28		PHB B1-E5	4
6		29	PHB B1-F1
	30	PHB B1-F2	8
	31	PHB B1-F3	8
	32	PHB B1-F4	8
7	33	PHB B1-G1	8
	34	PHB B1-G2	8
	35	PHB B1-G3	8
	36	PHB B1-G4	5
8	37	PHB B1-H1	8
	38	PHB B1-H2	8
	39	PHB B1-H3	6
	40	PHB B1-H4	6
Total Panel	Total Unit		289

TABEL III DATA PANEL PHB TR 2

Jurusan	PANEL PHB TR 2		
	No	Suplai Panel	Jumlah Unit
1	1	PHB B2-A1	8
	2	PHB B2-A2	8
	3	PHB B2-A3	8
	4	PHB B2-A4	4
	5	PHB B2-A5	8
	6	PHB B2-A6	7
2	7	PHB B2-B1	8
	8	PHB B2-B2	7
	9	PHB B2-B3	7

	10	PHB B2-B4	6	
	13	PHB B2-C1	8	
	14	PHB B2-C2	8	
3	15	PHB B2-C3	8	
	16	PHB B2-C4	8	
	17	PHB B2-C5	8	
	18	PHB B2-D1	8	
	19	PHB B2-D2	8	
4	20	PHB B2-D3	8	
	22	PHB B2-D4	8	
	23	PHB B2-D5	7	
	24	PHB B2-E1	8	
	25	PHB B2-E2	8	
5	26	PHB B2-E3	5	
	27	PHB B2-E4	8	
	28	PHB B2-E5	6	
	29	PHB B2-F1	8	
	30	PHB B2-F2	8	
6	31	PHB B2-F3	8	
	32	PHB B2-F4	8	
	33	PHB B2-G1	8	
	34	PHB B2-G2	8	
7	35	PHB B2-G3	8	
	36	PHB B2-G4	8	
	37	PHB B2-H1	8	
	38	PHB B2-H2	8	
8	39	PHB B2-H3	8	
	40	PHB B2-H4	6	
	41	PHB B2-H5	5	
Total Panel		40	Total Unit	284

D. Kebutuhan Daya Tiap Rumah

Perhitungan daya tiap rumah di hitung berdasarkan data terencana dan analisis tiap rumah berdasarkan type dan luas masing-masing unit yang menacu pada Standar SNI : 03-6197-2000, Sedangkan untuk menghitung panjang penghantar (kabel) dengan menggunakan *Auto CAD 2016* melalui gambar arsitek dengan skala 1-1000.

- Tipe 1 Total 360 unit dengan Daya dengan terencana 2200 Va dengan maksimum kabel terjauh dari PHB B ke Beban
- Tipe 2 Total 118 unit dengan Daya terencana 2200 Va dengan maksimum kabel terjauh dari PHB B ke Beban
- Tipe 3 Total 95 unit dengan Daya terencana 3500 Va dengan maksimum kabel terjauh dari PHB B ke Beban

Dari data jumlah dan masing-masing Tipe di dapat daya keseluruhan

- PHB TR 1 dengan total unit 289 unit terdiri dari Tipe 1 (289 unit), Total Daya keseluruhan 627.000 VA
- PHB TR 2 dengan total unit 284 unit terdiri dari Tipe 1 (40 unit), Tipe 2 (40) Total Daya keseluruhan 760.500 VA

E. Perencanaan unit layanan PHB TR ke PHB Beban

Dari perencanaan PHB TR di bagi menjadi 2 yang dimana PHB TR 1 memiliki 8 jurusan yang terdiri dari:

- Jurusan 1 melayani Panel PHB-B1. A1 sampai A6 dengan total daya 101.200 VA dengan Panjang kabel 243 Meter
- Jurusan 2 melayani Panel PHB-B1. B1 sampai B6 dengan total daya 96.800 VA dengan Panjang kabel 220 Meter
- Jurusan 3 melayani Panel PHB-B1. C1 sampai C6 dengan total daya 96.800 VA dengan Panjang kabel 200 Meter

- Jurusan 4 melayani Panel PHB-B1. D1 sampai D6 dengan total daya 79.200 VA dengan Panjang kabel 116 Meter
- Jurusan 5 melayani Panel PHB-B1. E1 sampai E5 dengan total daya 77.000 VA dengan Panjang kabel 158 Meter
- Jurusan 6 melayani Panel PHB-B1. F1 sampai F4 dengan total daya 70.400 VA dengan Panjang kabel 135 Meter
- Jurusan 7 melayani Panel PHB-B1. G1 sampai G4 dengan total daya 63.800 VA dengan Panjang kabel 127 Meter
- Jurusan 8 melayani Panel PHB-B1. H1 sampai H4 dengan total daya 22.000 VA dengan Panjang kabel 107 Meter

PHB TR 2 memiliki 8 jurusan yang terdiri dari :

- Jurusan 1 melayani Panel PHB-B2. A1 sampai A6 dengan total daya 73.700 VA dengan Panjang kabel 87 Meter
- Jurusan 2 melayani Panel PHB-B2. B1 sampai B5 dengan total daya 88.000 VA dengan Panjang kabel 67 Meter
- Jurusan 3 melayani Panel PHB-B2. C1 sampai C5 dengan total daya 88.000 VA dengan Panjang kabel 67 Meter
- Jurusan 4 melayani Panel PHB-B2. D1 sampai D5 dengan total daya 85.800 VA dengan Panjang kabel 103 Meter
- Jurusan 5 melayani Panel PHB-B2. E1 sampai E5 dengan total daya 98.800 VA dengan Panjang kabel 148 Meter
- Jurusan 6 melayani Panel PHB-B2. F1 sampai F4 dengan total daya 108.500 VA dengan Panjang kabel 182 Meter
- Jurusan 7 melayani Panel PHB-B2. G1 sampai G4 dengan total daya 112.800 VA dengan Panjang kabel 220 Meter
- Jurusan 8 melayani Panel PHB-B2. H1 sampai H5 dengan total daya 98.800 VA dengan Panjang kabel 256 Meter

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jaringan Pelanggan

Pembuatan Denah Gambar penempatan dan pembagian Gardu, Panel PHB TR dan PHB Beban menggunakan Aplikasi Auto CAD 2016.



Gambar V Denah Perencanaan Gardu, Panel PHB TR dan PHB Beban

Cluster XYZ terbagi menjadi beberapa kavling dengan berapa tipe yang memiliki daya listrik (1 fasa / 230 V) dapat dilihat pada table berikut:

TABEL IV DATA DAYA UNIT BERDASARKAN TIPE DATA PERENCANAAN RUMAH

WARNA	TIPE	LUAS	JUMLAH UNIT	DAYA
Biru	1	5 x 12	360	2200 VA
Hijau	2	5.5 x 15	118	2200 VA
Kuning	3	6.5 x 15	95	3500 VA
Total Unit			573	

B. Perencanaan Unit Berdasarkan Jurusan

Dari data total unit dibagi 2 panel PHB TR dan masing-masing jalur melayani beberapa unit rumah, sebagai berikut:

PHB TR 1 terdiri dari:

- a. Jurusan 1 (PHB B 1 A1 melanyi unit 67,63,65,61,59,57,55,53) (PHB B 1 A2 unit 51,39,37,35,33,29,27,25) (PHB B 1 A3 unit 23,21,19,17,15,11,9,7) (PHB B A4 unit 5,3,1,51,39,37,35,33) (PHB B 1 A5 unit 29,27,25,23,21,19,17,15) (PHB-B1 A6 unit 11,9,7,5,3,1). Dengan jumlah 46 unit rumah
- b. Jurusan 2 (PHB B1 B1 unit 76,72,70,68,66,62,60,68) (PHB B B2 unit 56,52,50,38,36,32,30,28) (PHB B B3 unit 26,20,18,16,12,10,8,6) (PHB B B4 unit 2,60,58,56,52,50,38,36) (PHB B B5 unit 32,30,28,26,20,18) (PHB B B6 unit 16,12,10,8,6,2) Dengan jumlah 44 unit rumah
- c. Jurusan 3 (PHB B C1 unit 53,51,39,37,35,33,29,27) (PHB B C2 unit 25,23,21,19,17,15,11,9) (PHB B C3 unit 7,5,3,51,39,37,35) (PHB B C4 unit 33,29,27,25,23,21,19,17) (PHB B C5 unit 15,11,9,7,5,3,1) Dengan jumlah 39 unit rumah

- d. Jurusan 4 (PHB B D1 unit 58,56,52,50,38,36,32,30) (PHB B D2 unit 28,26,20,18,16,12,10,8) (PHB B D3 unit 6,2,60,58,56,52,50,38) (PHB B D4 unit 36,32,30,28,26,20,18,16) (PHB B D5 unit 12,10,8,6,2) Dengan jumlah 37 unit rumah
- e. Jurusan 5 (PHB B E1 unit 29,27,25,23,21,19,17,15) (PHB B E2 unit 11,9,7,5,3,1,53,51) (PHB B E3 unit 39,37,35,33,29,27,25,23) (PHB B E4 unit 21,19,17,15,11,9) (PHB B E5 unit 7,5,3,1) Dengan jumlah 34 unit rumah
- f. Jurusan 6 (PHB B F1 unit 92,90,88,86,82,80,78,76) (PHB B F2 unit 72,70,68,66,62,60,58,56) (PHB B F3 unit 52,50,38,36,32,30,28,26) (PHB B F4 unit 20,18,16,12,10,8,6,2) Dengan jumlah 32 unit rumah
- g. Jurusan 7 (PHB B G1 unit 71,69,67,65,63,61,59,57) (PHB B G2 unit 55,53,51,39,37,35,33,29) (PHB B G3 unit 27,25,23,21,19,17,15,11) (PHB B G4 unit 9,7,5,3,1) Dengan jumlah 29 unit rumah
- h. Jurusan 8 (PHB B H1 unit 82,80,78,76,72,70,68,66) (PHB B H2 unit 62,60,58,56,52,50,38,36) (PHB B H3 unit 32,30,28,26,20,18) (PHB B H4 unit 16,12,10,8,6,2) Dengan jumlah 28 unit rumah

PHB TR 1 terdiri dari:

- a. Jurusan 1 (PHB B2 A1 unit 65,63,61,59,57,55,53,51) (PHB B2 A2 unit 65,63,61,59,57,55,53,51) (PHB B2 A3 unit 21,19,17,15,11,9,7,5) (PHB B2 A4 unit 3,1,2,6) (PHB B2 A5 unit 8,10,12,16,18,20,26,28) (PHB B2 A6 unit 30,32,36,38,50,52,56) Dengan jumlah 43 unit rumah
- b. Jurusan 2 (PHB B2 B1 unit 76,72,70,68,66,62,60,58) (PHB B2 B2 unit 15,11,9,7,5,3,1) (PHB B2 B3 unit 2,6,8,10,12,16,18) (PHB B2 B4 unit 20,26,28,30,32,36) Dengan jumlah 28 unit rumah
- c. Jurusan 3 (PHB B2 C1 unit 53,51,39,37,35,33,29,27) (PHB B2 C2 unit 25,23,21,19,17,15,11,9) (PHB B2 C3 unit 7,5,3,2,1,6,8,10) (PHB B2 C4 unit 12,16,18,20,26,28,30,32) (PHB B2 C5 unit 36,38,50,52,56,58,60,62) Dengan jumlah 40 unit rumah
- d. Jurusan 4 (PHB B2 D1 unit 53,51,39,37,35,33,29,27) (PHB B2 D2 unit 25,23,21,19,17,15,11,9) (PHB B2 D3 unit 7,5,3,1,2,6,8,10) (PHB B2 D4 unit 12,16,18,20,26,28,30,32) (PHB B2 D5 unit

36,38,50,52,56,58,60)

Dengan jumlah 39 unit rumah

- e. Jurusan 5 (PHB B2 E1 unit 51,39,37,35,33,29,27,25) PHB B2 E2 unit 23,21,19,17,15,11,9,7) (PHB B2 E3 unit 5,3,1,2,6) (PHB B2 E4 unit 8,10,12,16,18,20,26,28) (PHB B2 E5 unit 30,32,36,38,50,52)

Dengan jumlah 35 unit rumah

- f. Jurusan 6 (PHB B2 F1 unit 35,33,29,27,25,23,21,19) (PHB B2 F2 unit 17,15,11,9,7,5,3,1) (PHB B F3 unit 2,6,8,10,12,16,18,20) (PHB B2 F4 unit 26,28,30,32,36,38,50,52)

Dengan jumlah 32 unit rumah

- g. Jurusan 7 (PHB B2 G1 unit 35,33,29,27,25,23,21,19) (PHB B2 G2 unit 17,15,11,9,7,5,3,1) (PHB B2 G3 unit 2,6,8,10,12,16,18,20) (PHB B2 G4 unit 26,28,30,32,36,38,50,52)

Dengan jumlah 32 unit rumah

- h. Jurusan 8 (PHB B2 H1 unit 35,33,29,27,25,23,21,19) (PHB B2 H2 unit 17,15,11,9,7,5,3,1) (PHB B2 H3 unit 2,6,8,10,12,16,18,20) (PHB B2 H4 unit 26,28,30,32,36,38)

Dengan jumlah 35 unit rumah

Dengan kebutuhan daya (daya terencana) type 1 dan 2 dengan daya 2200 VA dan type 3 dengan daya 3500 VA, maka dilakukan perhitungan untuk menentukan MCB dan

C. Menentukan Ukuran Luas Penghantar, Jenis Penghantar dan kapasitas MCB Dari Panel PHB B ke Beban (Unit)

Untuk mentukkan ukuran luas penampang dan jenis penghantar (kabel) bawah tanah tegangan rendah pada cluster XYZ berdasarkan tipe dan daya terencana sebagai berikut:

Unit Tipe 1 dan 2

$$|S_{1\phi}| = 2200 \text{ VA}$$

$$|V_{LN}| = 230 \text{ V}$$

Maka :

$$|I_{LN}| = \frac{|S_{1\phi}|}{|V_{LN}|} = \frac{2200}{230} = 9,5 \text{ A}$$

$$|I_{LN}| = |I_{LN}| \cdot 1,25$$

$$= 9,5 \cdot 1,25$$

$$= 11,9 \text{ A}$$

Perhitungan luas penampang penghantar (kabel), sebagai berikut:

$$|I_{KHA}| = \frac{I_{LN} \cdot 1,25}{\text{faktor koreksi} \cdot \text{faktor reduksi}}$$

$$|I_{KHA}| = \frac{9,5 \cdot 1,25}{0,89 \cdot 0,80}$$

$$= 16,87 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, berdasarkan **Tabel 2.3** maka dipilih MCB untuk Type 1 dan 2 : MCB (1 fasa) 10 A dengan luas ukuran penampang penghantar NA2XFGbY 4 x 10 mm, sehingga nilai resistansi kabel

Unit Tipe 3

$$|S_{1\phi}| = 3500 \text{ VA}$$

$$|V_{LN}| = 230 \text{ V}$$

Maka :

$$|I_{LN}| = \frac{|S_{1\phi}|}{|V_{LN}|} = \frac{3500}{230} = 15,2 \text{ A}$$

$$|I_{LN}| = |I_{LN}| \cdot 1,25$$

$$= 15,2 \text{ A} \cdot 1,25$$

$$= 19 \text{ A}$$

Perhitungan luas penampang penghantar (kabel), sebagai berikut:

$$|I_{KHA}| = \frac{I_{LN} \cdot 1,25}{\text{faktor koreksi} \cdot \text{faktor reduksi}}$$

$$|I_{KHA}| = \frac{15,2 \cdot 1,25}{0,89 \cdot 0,80}$$

$$= 26,68 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, berdasarkan **Tabel 2.3** maka dipilih MCB untuk Tipe 3: MCB (1 fasa) 16 A dengan luas ukuran penampang penghantar NA2XFGbY 4 x 10 mm.

D. Menentukan Ukuran Luas Penghantar, Jenis Penghantar dan kapasitas MCCB Dari Panel PHB TR ke PHB B

Perhitungan kapsitas LCB (incoming PHB Beban) adalah sebagai berikut:

$$|S_{3\phi}| = 2800 \text{ VA}$$

$$|V_{LL}| = 400 \text{ V}$$

Maka :

$$|I_{LL}| = \frac{|S_{3\phi}|}{|V_{LL}|} = \frac{28000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 40,41 \text{ A}$$

$$|I_{KHA}| = |I_{LL}| \cdot 1,25$$

$$= 40,41 \text{ A} \cdot 1,25$$

$$= 50,5 \text{ A}$$

Perhitungan kapasitas MCCB (PHB TR) adalah sebagai berikut:

$$|S_{3\phi}| = 112,000 \text{ VA}$$

$$|V_{LL}| = 400 \text{ V}$$

Maka :

$$|I_{LL}| = \frac{|S_{3\phi}|}{|V_{LL}|} = \frac{112,000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 161,6 \text{ A}$$

$$|I_{KHA}| = |I_{LL}| \cdot 1,25$$

$$= 161,6 \text{ A} \cdot 1,25$$

$$= 202 \text{ A}$$

Dari hasil ke seluruha perhitungan tersebut, berdasarkan **Tabel 2.3** maka di pilih MCCB (3 fasa) kapasitas 250 A, kabel jenis NA2XFGbY 4 x 95 mm².

Perhitungan kapasitas MCCB (*incoming* PHB TR) adalah sebagai berikut:

$$|S_{Total\ 3\phi}| = 103,400 + 61,600 + 88,000 + 85,800$$

$$+ 98,800 + 108,500 + 112,000$$

$$+ 102,200\ VA$$

$$|S_{Total\ 3\phi}| = 674,500\ VA$$

$$|V_{LL}| = 400\ A$$

Maka:

$$|I_{LL}| = \frac{|S_{3\phi}|}{|V_{LL}|} = \frac{674,500}{\sqrt{3} \cdot 400} = 973,55\ A$$

$$|I_{KHA}| = |I_{LL}| \cdot 1,25$$

$$= 973,55\ A \cdot 1,25$$

$$= 1,216,943\ A$$

Dari hasil perhitungan di pilih LBS (3 fasa) kapasitas 1200 A

E. Perhitungan Jatuh Tegangan (*Drop voltage*)

Drop voltage, (SPLN 1, 2010) menyatakan bahwa variasi tegangan pelayanan ditetapkan maksimum +5% dan minimum -10%. (PUIL, 2011) menyatakan susut tegangan antar terminal pelanggan dengan titik instalasi tidak melebihi 4% dari tegangan pengenal pada terminal pelanggan bila semua konduktor dialiri arus. Dalam SPLN 72:198 dinyatakan, besarnya penurunan tegangan menengah adalah 2% untuk sistem *spindel* dan gugus, 5% untuk sistem radial dan simpul, dan untuk transformator distribusi sebesar 3%. Pada jaringan tegangan rendah diperbolehkan sampai 4% dan untuk saluran rumah sampai 1%. Berkaitan dengan keandalan dan kualitas pelayanan distribusi. PERMEN ESDM 7:2010 menetapkan bahwa besar nilai faktor daya ($\cos\phi$) rata-rata setiap bulanya $\geq 0,85$ (pasal 5 ayat 1). Adapun persamaan perhitungan penurunan tegangan (*voltage drop*). *Sample* Perhitungan penurunan tegangan pada saluran kabel bawah tanah rendah sebagai berikut :

Dari PHB B1-A1 ke BEBAN Unit No 67 (kwh), panjang penghantar (L) 35 m (0,35 km) sehingga nilai resistansi kabel (0,411 Ω /km) dan nilai reaktansi kabel (0,225 Ω /km)

$$\Delta V_{3\phi} = |I_{LL}| \cdot (R \cdot \cos\phi + X_l \cdot \sin\phi) \cdot L$$

$$\Delta V_{3\phi} = 10 \cdot (3,08\ \Omega \cdot 0,85 + 0,078\ \Omega \cdot 0,527) \cdot 35$$

$$\Delta V_{3\phi} = 930\ Volt$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{AV_{3\phi}}{|V_{LL}|} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{930}{230} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = 4\ \%$$

Dari hasil perhitungan tersebut, berdasarkan **Tabel 2.3** maka untuk kebutuhan penghantar kabel NA2XFGbY 4 x 10 mm² dengan penurunan tegangan sebesar 3,9 % Dari PHB TR 1 ke panel PHB jalur 1, panjang penghantar (L) 243 m sehingga nilai resistansi kabel (0,320 Ω /km) dan nilai reaktansi kabel (0,070 Ω /km)

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot |I_{LL}| \cdot (R \cdot \cos\phi + X_l \cdot \sin\phi) \cdot L$$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot 183 \cdot (0,320\ \Omega \cdot 0,85 + 0,070\ \Omega \cdot 0,527) \cdot 243$$

$$\Delta V_{3\phi} = 2379\ Volt$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{AV_{3\phi}}{|V_{LL}|} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{2379}{400} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = 5,9\ \%$$

Dari hasil perhitungan tersebut, berdasarkan **Tabel 2.3** maka untuk kebutuhan penghantar kabel NA2XFGbY 4 x 95 mm² dengan penurunan tegangan sebesar 5,9 % Dari PHB TR 2 ke panel PHB jalur 8, panjang penghantar (L) 256 m sehingga nilai resistansi kabel (0,320 Ω /km) dan nilai reaktansi kabel (0,070 Ω /km)

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot |I_{LL}| \cdot (R \cdot \cos\phi + X_l \cdot \sin\phi) \cdot L$$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot 178 \cdot (0,320\ \Omega \cdot 0,85 + 0,070\ \Omega \cdot 0,527) \cdot 256$$

$$\Delta V_{3\phi} = 2434\ Volt$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{AV_{3\phi}}{|V_{LL}|} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{2434}{400} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = 6\ \%$$

Dari hasil perhitungan tersebut, berdasarkan **Tabel 2.3** maka untuk kebutuhan penghantar kabel NA2XFGbY 4 x 95 mm² dengan penurunan tegangan sebesar 6 % .

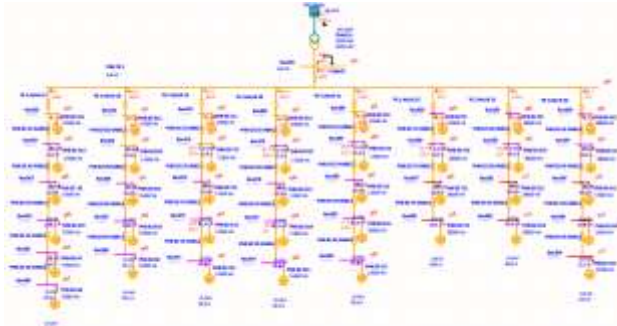
F. Simulasi Menggunakan Software Etap 19.0 Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*)

Untuk melakukan simulasi jatuh tegangan, Data yang akan digunakan data dari hasil perhitungan manual.



Gambar VI Skematik Diagram Simulasi Etap 19.1 PHB TR 1

Kabel 4 x 95 mm²



Gambar VII Skematik Diagram Simulasi Etap 19.1 PHB TR 2 Kabel 4 x 95 mm²



Gambar VIII Skematik Diagram Simulasi Etap 19.1 PHB TR 1 Kabel 4 x 185 mm²



Gambar IX Skematik Diagram Simulasi Etap 19.1 PHB TR 2 Kabel 4 x 185 mm²

Dari hasil simulasi menggunakan *software Etap 19.0*, Dari PHB TR 1 ke panel PHB B menggunakan penghantar (kabel) NA2XFGbY 4 x 95 mm² mengalami penurunan tegangan di atas 6.68 %, sedangkan setelah penghantar (kabel) di ganti dengan menggunakan penghantar kabel NA2XFGbY 4 x 185 mm² mengalami ke penurunan menjadi 3.86 % , yaitu di bawah 4% sesuai standar (PUIL, 2011).

Sedangkan untuk PHB TR 2 ke panel PHB B menggunakan penghantar (kabel) NA2XFGbY 4 x 95 mm² mengalami penurunan tegangan di atas 6.47 %, sedangkan setelah penghantar (kabel) di ganti dengan menggunakan penghantar kabel NA2XFGbY 4 x 185 mm² mengalami ke penurunan menjadi 3.97 % , yaitu di bawa 4% sesuai standar (PUIL, 2011)

G. Evaluasi Perhitungan Manual Penurunan Tegangan

Dari PHB TR 1 ke panel PHB jalur 1, panjang penghantar (L) 234 m sehingga nilai resistansi kabel (0,164 Ω/km) dan nilai reaktansi kabel (0,071 Ω/km) Berdasarkan perhitungan I_{LL} didapat hasil

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot |I_{LL}| \cdot (R \cdot \cos\phi + X_l \cdot \sin\phi) \cdot L$$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot 183 \cdot (0,164 \Omega \cdot 0,85 + 0,071 \Omega \cdot 0,527) \cdot 243$$

$$\Delta V_{3\phi} = 13,61 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{AV_{3\phi}}{|V_{LL}|} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{13,61}{400} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = 3,4 \%$$

Dari hasil perhitungan, berdasarkan **Tabel 2.3** maka untuk kebutuhan penghantar kabel NA2XFGbY 4x185 mm² dengan penurunan tegangan sebesar 3,4 %

Dari PHB TR 2 ke panel PHB jalur 8, panjang penghantar (L) 256 m (0,256 km) sehingga nilai resistansi kabel (0,164 Ω/km) dan nilai reaktansi kabel (0,071Ω/km)

Berdasarkan perhitungan I_{LL} didapat hasil

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot |I_{LL}| \cdot (R \cdot \cos\phi + X_l \cdot \sin\phi) \cdot L$$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot 178 \cdot (0,164 \Omega \cdot 0,85 + 0,071 \Omega \cdot 0,527) \cdot 0,256$$

$$\Delta V_{3\phi} = 13,95 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{AV_{3\phi}}{|V_{LL}|} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{13,95}{400} \cdot 100\%$$

$$\Delta V_{3\phi} = 3,4 \%$$

Dari hasil perhitungan, berdasarkan **Tabel 2.3** maka untuk kebutuhan penghantar kabel NA2XFGbY 4x185 mm² dengan penurunan tegangan sebesar 3,4 %

TABEL V DATA PANEL PHB TR 1 SEBELUM EVALUASI
DATA PHB TR 1 SEBELUM EVALUASI

NO	JALUR KABEL	DAYA (VA) 3 FASA	UKURAN KABEL	AV (V)	ΔV (%)	P KABEL
1	PHB TR 1 - PHB-B-A1-A6	101.200	4 X 95	23.7	5,9	243
2	PHB TR 1 - PHB-B-B1-B6	96.800	4 X 95	20.7	5,1	220
3	PHB TR 1 - PHB-B-C1-C5	79.200	4 X 95	15.4	3,8	200
4	PHB TR 1 - PHB-B-D1-D5	79.200	4 X 95	12.8	3,2	166
5	PHB TR 1 - PHB-B-E1-E5	74.800	4 X 95	11.5	2,8	158
6	PHB TR 1 - PHB-B-F1-F4	70.400	4 X 95	9.2	2,3	135
7	PHB TR 1 - PHB-B-G1-G4	63.800	4 X 95	7.8	1,9	127
8	PHB TR 1 - PHB-B-H1-H4	61.600	4 X 95	6.1	1,5	102

TABEL VI DATA PANEL PHB TR 1 SUDAH EVALUASI

DATA PHB TR 1 SEBELUM EVALUASI						
NO	JALUR KABEL	DAYA (VA) 3 FASA	UKURAN KABEL	AV (V)	ΔV (%)	P KABEL
1	PHB TR 1 - PHB-B-A1-A6	101.200	4 X 185	13,6	3,4	243
2	PHB TR 1 - PHB-B-B1-B6	96.800	4 X 185	11,7	2,9	220
3	PHB TR 1 - PHB-B-C1-C5	79.200	4 X 185	8,7	2,2	200
4	PHB TR 1 - PHB-B-D1-D5	79.200	4 X 185	7,2	1,8	166
5	PHB TR 1 - PHB-B-E1-E5	74.800	4 X 185	6,5	1,6	158
6	PHB TR 1 - PHB-B-F1-F4	70.400	4 X 185	5,2	1,3	135
7	PHB TR 1 - PHB-B-G1-G4	63.800	4 X 185	4,4	1,1	127
8	PHB TR 1 - PHB-B-H1-H4	61.600	4 X 185	3,4	0,8	102

TABEL VII DATA PANEL PHB TR 2 SEBELUM EVALUASI

DATA PHB TR 2 SEBELUM EVALUASI						
NO	JALUR KABEL	DAYA (VA) 3 FASA	UKURAN KABEL	AV (V)	ΔV (%)	P KABEL
1	PHB TR 2 - PHB-B-A1-A6	103.400	4 X 95	8,7	2,1	87
2	PHB TR 2 - PHB-B-B1-B6	61.600	4 X 95	4,0	1	67
3	PHB TR 2 - PHB-B-C1-C5	88.000	4 X 95	5,9	1,4	69
4	PHB TR 2 - PHB-B-D1-D5	85.800	4 X 95	8,6	2,1	103
5	PHB TR 2 - PHB-B-E1-E5	98.800	4 X 95	14,2	3,5	148
6	PHB TR 2 - PHB-B-F1-F4	108.500	4 X 95	19,2	4,8	182
7	PHB TR 2 - PHB-B-G1-G4	112.000	4 X 95	23,9	5,9	220
8	PHB TR 2 - PHB-B-H1-H4	102.000	4 X 95	24,5	6,1	256

TABEL VIII DATA PANEL PHB TR 2 SUDAH EVALUASI

DATA PHB TR 2 SUDAH EVALUASI						
NO	JALUR KABEL	DAYA (VA) 3 FASA	UKURAN KABEL	AV (V)	ΔV (%)	P KABEL
1	PHB TR 2 - PHB-B-A1-A6	103.400	4 X 185	4,9	1,2	87
2	PHB TR 2 - PHB-B-B1-B6	61.600	4 X 185	2,2	0,5	67
3	PHB TR 2 - PHB-B-C1-C5	88.000	4 X 185	3,3	0,8	69
4	PHB TR 2 - PHB-B-D1-D5	85.800	4 X 185	4,8	1,2	103
5	PHB TR 2 - PHB-B-E1-E5	98.800	4 X 185	8	2	148
6	PHB TR 2 - PHB-B-F1-F4	108.500	4 X 185	10,9	2,7	182
7	PHB TR 2 - PHB-B-G1-G4	112.000	4 X 185	13,6	3,4	220
8	PHB TR 2 - PHB-B-H1-H4	102.000	4 X 185	13,9	3,4	256

H. Perbandingan Nilai Efisiensi Biaya Pada Penggunaan Kabel Tembaga (Copper) dan Alumunium (AL)

Perhitungan nilai efisiensi biaya adalah langkah terakhir dalam evaluasi penggunaan jenis kabel Tembaga (Copper) dan kabel Alumunium (AL) pada jalur distribusi Cluster

XYZ, dapat di hitung nilai efisiensi (Yansuri et al., 2021) sebagai berikut :

TABEL IX BIAYA KABEL ALUMUNUM

BIAYA KABEL ALUMUNUM NA2XFGbY				
NO	UKURAN KABEL	HARGA ACUAN	PANJANG KABEL	TOTAL BIAYA
1	4 X 10	Rp. 31.500	13.655	Rp. 430.132.500
2	4 X 185	Rp. 184.000	5.470	Rp. 1.006.480.000
GRAN TOTAL				Rp. 1.436.612.500

TABEL X BIAYA KABEL TEMBAGA

BIAYA KABEL TEMBAGA NYGBy				
NO	UKURAN KABEL	HARGA ACUAN	PANJANG KABEL	TOTAL BIAYA
1	4 X 10	Rp. 85.000	13.655	Rp. 1.160.675.000
2	4 X 185	Rp. 750.000	5.470	Rp. 4.102.500.000
GRAN TOTAL				Rp. 5.263.175.000

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil Desain dan perhitungan Cluster XYZ Memiliki 3 Tipe unit : Tipe 1, Tipe 2 memiliki daya terencana 2200 VA dan Tipe 3 memiliki daya terencana 3500 VA untuk masing-masing unit di layai panel PHB B masing-masing menggunakan Penghantar (kabel) NA2XGBy 4x10^{mm}. Sedangkan kebutuhan keseluruhan daya Cluster Cendana Spark yang terbagi menjadi 2 Suplai PHB TR 1, di mana PHB TR 1 memiliki daya: 627 kVA dan mensuplai 8 jurusan Panel pembagi PHB-B, yang terdiri dari 39 Panel PHB-B1 (A sampai H) PHB TR 2 memiliki daya : 760 kVA dan mensuplai 8 jurusan Panel PHB-B pembagi yang terdiri dari 38 Panel PHB-B2 (A sampai H) untuk penghantar masing-masing jurusan menggunakan penghantar (kabel) NA2XFGbY 4 X185^{mm}
- b. Pada perhitungan manual nilai tertinggi jatuh tegangan (*drop voltage*) dari PHB-B ke Beban Unit di dapat 3,8 % untuk nilai terendah 1,6 %, Dan untuk PHB TR 1 ke PHB B - A sampai H, untuk titik terjauh di dapatkan halis 3,14%, dan nilai terendah 1.02 %, Sedakan untuk PHB TR 2 ke PHB B - A sampai H untuk titik terjauh didapatkan hasil 3,44%, dan untuk nilai terendah 0.8%. Perbandingan selisih % perhitungan manual dan dengan menggunakan *software Etap 191*, Untuk selisih hasil Jatuh tegangan yang di dapatkan dari perhitungan manual dan perbandingan *software Etap* tidak terlalu jauh berbeda, Nilai selisih yang di dapat masih di bawah 1 %.

- c. Hasil perbandingan efisiensi biaya menggunakan penghantar (kabel) Aluminium (AL) dan Tembaga (Cu), untuk penghantar (kabel) Aluminium (AL) jenis NA2XFGbY total biaya : Rp. 1.436.612.500, sedangkan untuk penghantar Tembaga (Cu) jenis NYYGbY total biaya : Rp. 5.263.175.000, dari selisih penggunaan penghantar (kabel) senilai : Rp. 3.826.562.500, Tapi untuk ukuran penampang penghantar Aluminium, untuk diameter lebih besar di banding kabel jenis Tembaga.

B. SARAN

Adanya saran pada penelitian ini sangat dibutuhkan perkembangan jaringan distribusi jaringan listrik selalu meningkat dan dari sisi biaya sangatlah tinggi sehingga dibutuhkan pengembangan perencanaan yang lebih baik dan biaya lebih rendah.

- a. Perencanaan di Kembangan dari perencanaan trafo distribusi dan Panel PHB
- b. Adanya analisis ketahanan terhadap bahan penghantar jenis Aluminium

REFERENSI

- [1] ANDRE RERE. (2021). Perencanaan Jaringan Rendah 380/220 V Di Perumahan Griya Harmoni Mekarwangi. *Perencanaan Jaringan Teg.*
- [2] Di, S., & Pekanbaru, A. (2020). Perencanaan Pemasangan Jaringan Tegangan Rendah 380/220 Volt Pada Perumahan Griya Astana Siak Di area Pekanbaru, Riau. *Perencanaan Pemasangan Jaringan Tegangan Rendah 380/220 Volt Pada Perumahan Griya Astana Siak Di Area Pekanbaru, 1*, 1–81
- [3] PLN Buku 5. (2010). Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. In *PT PLN (Persero)*.
- [4] PT. PLN (Persero) BUKU 4. (2010). Buku 4 Standar konstruksi gardu distribusi dan gardu hubung tenaga listrik. In *PT PLN (Persero)*.
- [5] PUIL. (2011). PUIL 2011. *DirJen Ketenagalistrikan, 2011*(Puil), 1–683
- [6] SA'AD ALI ABDUL ROHMAN. (2019). *Analisis Perencanaan Underground Distribution Cluster Golf Residence 3 (Town House) Kawasan Perumahan Graha Candi Golf Semarang. 3*
- [7] SPLN 1. (2010). Kriteria Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. In *PLN Buku 1* (Vol. 1).
- [8] Suswanto, D. (2007). BAB 3 PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI. *Perencanaan Jaringan Distribusi, 1*(Perencanaan Jaringan Distribusi), 27–37.
- [9] Suswanto, D. (2009). BAB 14 JARINGAN DISTRIBUSI BAWAH TANAH. *JARINGAN DISTRIBUSI BAWAH TANAH*, 273–300.
- [10] Syufrijal, & Monantun, R. (2014). JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. In *Kemendiknas RI*.<https://pdfs.semanticscholar.org/0a1c/0f36298394581d93136e7414f92c2ca6>.
- [11] Rahman BD, Rofii A. RANCANG BANGUN ALAT SINKRON UNTUK MENGGABUNGKAN DUA GENERATOR TIGA FASA. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*. 2018;3(2):92-103.
- [12] VASWANI, Rakesh, et al. ANALISA JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH DENGAN SISTEM SINGLE WIRE EARTH RETURN UNTUK WILAYAH TERTINGGAL, TERDEPAN DAN TERLUAR. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 2022, 7.1: 1-9.