

## STUDI PEMISAHAN BEBAN PENYULANG BARU SKTM GIS PANTAI INDAH KAPUK

Juara Mangapul Tambunan<sup>1</sup>, Nurmiati Pasra, ST, MT<sup>2</sup>, Rico Sumander<sup>3</sup>

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik - PLN

<sup>1</sup>juaramangapult\_stmsi@yahoo.com

<sup>2</sup>nurmi.pasra@gmail.com

<sup>3</sup>rider\_ngl@yahoo.com

**Abstract :** *With increasing energy needs of electricity for industry and new customers in the crowded settlements, especially along the coastal areas of Beautiful Kapok, readiness and availability of resources to increase the burden of customers need efforts and appropriate measures. One of the most easy and safe to transmit electrical energy is by Splitting the load. The aim in this study is to determine the way and site selection as well as calculate the imposition of new penyulang. The distribution of electric energy from the parent booths toward the consumers can do with the distribution of direct or indirect distribution. Via Penyulang 20 kV distribution with the selected cable channels-free cable is a requirement of the disorder, in an effort to increase the quality of the distribution. In the system of electric power supply, voltage general conditions let it send penyulang allowed (5%-10%) according to the standard PLN. While according to ANSI standard C 84, paragraph 1 is (4% and-10%) under normal conditions. The current that flows through the penyulang must not exceed the limit of the ability distribution against the denseness of the load. So that the required voltage quality is better. As for who should be taken into account in determining the location of the new building of the penyulang is based on the Division of the burden, then choose the type of cable that well that is kind of XLPE cable 240 mm<sup>2</sup> aluminum as a necessary investment.*

**Keywords:** *Splitting the load, New Penyulang, Underground Cable Ducts, XLPE cable*

**Abstrak :** *Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik bagi industri dan pelanggan baru pada pemukiman padat penduduk, khususnya di sepanjang wilayah Pantai Indah Kapuk, kesiapan dan ketersediaan daya untuk pertambahan beban pelanggan perlu dilakukan upaya dan langkah yang tepat. Salah satu cara yang paling mudah dan aman untuk mengirimkan energi listrik adalah dengan Pemisahan Beban. Tujuan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu untuk menentukan cara dan pemilihan lokasi serta menghitung pembebanan penyulang baru. Penyaluran energi listrik dari gardu induk menuju konsumen dapat dilakukan dengan pendistribusian langsung maupun pendistribusian tidak langsung. Melalui Penyulang distribusi 20 kV dengan saluran kabel yang dipilih merupakan syarat bebasnya kabel dari gangguan, sebagai upaya peningkatan kualitas pendistribusian. Dalam sistem penyediaan tenaga listrik, syarat umum tegangan listrik diujung kirim penyulang yang diijinkan (+5% dan -10%) sesuai standar PLN.. Sedangkan menurut standar ANSI C 84 ayat 1, adalah (+4% dan -10%) dalam kondisi normal. Arus yang mengalir melalui penyulang tidak boleh melebihi batas kemampuan penyaluran terhadap padatnya beban. Sehingga diperlukan kualitas tegangan yang lebih baik. Adapun yang harus diperhitungkan dalam menentukan lokasi dibangunnya penyulang baru adalah berdasarkan pembagian beban, setelah itu memilih jenis kabel yang baik yaitu jenis kabel XLPE berpenghantar aluminium 240 mm<sup>2</sup> sebagai investasi yang diperlukan.*

**Kata Kunci :** *Pemisahan Beban, Penyulang Baru, SKTM, Kabel XLPE*

## 1. PENDAHULUAN

Dengan semakin cepatnya perkembangan arus informasi teknologi, sejalan dengan meningkatnya perkembangan kebutuhan akan listrik bagi kehidupan masyarakat yang menjadi kebutuhan yang sangat penting untuk memudahkan berbagai kegiatan, seperti peningkatan kebutuhan listrik bagi industri dan peningkatan pemasangan baru bagi perumahan/pelanggan. Dengan kondisi ini maka dibutuhkan solusi yang cepat dan akurat untuk mengatasi masalah tersebut. Maka diperlukan penambahan tenaga listrik baru agar kebutuhan listrik di masyarakat dapat terpenuhi.

Pembangunan penyulang baru menjadi bagian yang sangat krusial dalam mengatasi pertumbuhan kebutuhan listrik yang cukup pesat. Penyulang sendiri merupakan bagian dari pendistribusian tenaga listrik dari Gardu Induk untuk sampai menuju konsumen. Perencanaan diperlukan, karena berhubungan dengan tujuan pengembangan sistem distribusi yang harus memenuhi berbagai kriteria teknis dan ekonomis. Perencanaan pembangunan penyulang baru harus dilakukan dengan sangat sistemik dengan pendekatan yang didasarkan pada peramalan beban guna mendapatkan hasil yang optimal. Perencanaan dengan sistemik mampu mengurangi hambatan selama berlangsungnya proses pembangunan.

Potensi dalam perencanaan pembangunan penyulang baru ini semakin diperlukan bila digabungkan dengan investasi terhadap energi, peralatan, dan tenaga kerja.

Pantai Indah Kapuk merupakan salah satu bagian dari wilayah perkotaan yang berkembang dan sangat ramai, banyak industri besar, pasar, mall dan gedung perkantoran. Untuk memenuhi kebutuhan listrik daerah Pantai Indah Kapuk kemungkinan akan semakin berkembang dan membantu pasokan tenaga listrik untuk daerah lain perlu dilakukan penarikan penyulang baru dari tiga unit trafo tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara merencanakan pembangunan penyulang baru, serta

mengetahui perbaikan nilai tegangan setelah dipecah beban di GIS Pantai Indah Kapuk.

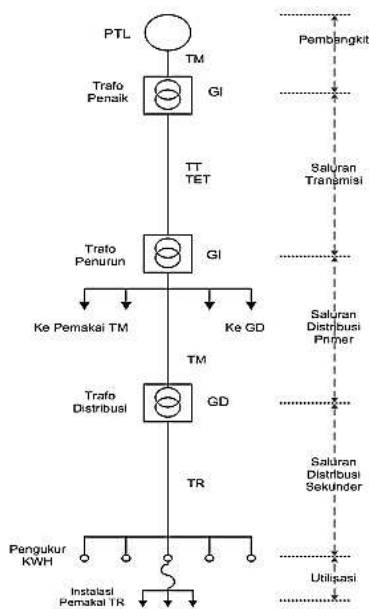
## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Jaringan Tegangan Menengah

Sistem Distribusi berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai menuju konsumen. Di mana fungsi Distribusi listrik yaitu membagi atau menyalurkan tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan). Distribusi listrik merupakan sub system tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan pelanggan. Karena catu daya pada pusat-pusat beban dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

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, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan adalah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir. Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer atau jaringan tegangan menengah. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 380/220 Volt. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.



**Gambar 2.1** Konfigurasi Sistem Tenaga Listrik

## 2.2. Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah

Berdasarkan jenis konstruksi jaringan tegangan menengah terbagi ke dalam tiga jenis, yaitu Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTTM), dan Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM).

- a). Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan jaringan kawat tanpa isolasi yang terentang diudara yang disangga oleh tiang penyangga. Secara Umum SUTM digunakan pada daerah dengan kepadatan beban rendah seperti pedesaan dan kota kota kecil. SUTM memiliki jangkauan pelayanan yang luas, murah, dan mudah dibangun, tetapi tingkat keandalan penyaluran relatif rendah dan tingkat perawatannya tinggi.



**Gambar 2.2** Saluran Udara Tegangan Menengah

- b). Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) merupakan jaringan kabel yang berisolasi yang ditanam didalam tanah sepanjang jaringan. Secara umum, SKTM digunakan pada daerah dengan kepadatan beban tinggi seperti perkotaan. Jaringan penghantar SKTM memiliki tingkat keandalan yang tinggi.



**Gambar 2.3** Saluran Kabel Tegangan Menengah

Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) terbagi atas :

- a). Saluran Udara Tegangan Rendah SUTR merupakan jaringan kawat yang berisolasi maupun tidak berisolasi. Bagian utama dari SUTR kawat tak berisolasi adalah tiang listrik (besi, beton). *Cross Arm*, Isolator dan penghantar Alumunium / Tembaga (Cu).
- b). Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah  
 Pada SKUTR, kabel yang digunakan adalah jenis XLPE yang lebih dikenal dengan LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). Jenis kabel ini direntangkan di antara tiang penyangga. Bagian utama adalah tiang, kabel dan *suspension Clamp Bracket*, yang berfungsi untuk menahan kabel pada tiang. Kabel jenis ini sekarang banyak digunakan dalam pemasangan JTR baru karena dianggap kontruksi jenis ini lebih handal.

## 2.3. Konfigurasi Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan Tegangan Menengah dikelompokkan menjadi menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (*Loop*), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

## 2.4. Jaringan Tegangan Rendah

Pada penyalurannya dilakukan dengan menggunakan sistem tiga fasa

empat kawat yang dilengkapi netral. PLN sendiri menggunakan tegangan rendah 380/220 V dimana tegangan 380 V merupakan besar tegangan antar fasa dan tegangan 220 V merupakan tegangan fasa netral.

Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) terbagi atas :

a). Saluran Udara Tegangan Rendah

SUTR merupakan jaringan kawat yang berisolasi maupun tidak berisolasi. Bagian utama dari SUTR kawat tak berisolasi adalah tiang listrik (besi, beton). *Cross Arm*, Isolator dan penghantar Aluminium / Tembaga (Cu).

b). Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah

Pada SKUTR, kabel yang digunakan adalah jenis XLPE yang lebih dikenal dengan LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). Jenis kabel ini direntangkan di antara tiang penyangga. Bagian utama adalah tiang, kabel dan *suspension Clamp Bracket*, yang berfungsi untuk menahan kabel pada tiang. Kabel jenis ini sekarang banyak digunakan dalam pemasangan JTR baru karena dianggap konstruksi jenis ini lebih handal.

### 2.5. Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*)

Tegangan jatuh pada penghantar semakin besar jika arus di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar semakin besar pula.

Tegangan jatuh merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan.

Sesuai standar tegangan yang ditentukan oleh PLN, perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan diujung diterima 10%. Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Jatuh tegangan fasor  $V_d$  pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi (Z) dan membawa arus (I) dapat dijabarkan dengan rumus :

Jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) adalah selisih antara tegangan kirim ( $V_k$ ) dengan tegangan terima ( $V_T$ ), maka jatuh tegangan sebagai berikut :

$$V_d = I \cdot Z \dots\dots\dots 2.1$$

$$\Delta V = |V_k| - |V_T| \dots\dots\dots 2.2$$

$$\Delta V \cong IR \cos \varphi_t + IX_L \sin \varphi_t \dots\dots\dots 2.3$$

### 2.6. Peramalan Beban

Penjadwalan sistem distribusi memerlukan prakiraan (*forecasting*) beban masa depan. Kualitas dan akurasi penjadwalan sistem tergantung pada kualitas dan akurasi data dan prakiraan beban. Dalam penjadwalan sistem distribusi meliputi penentuan ukuran, lokasi dan perubahan waktu masa depan, seperti sejumlah komponen-komponen sistem (*substation*, saluran, penyulang, dan sebagainya). Lokasi geografis beban-beban dianalisa menggunakan pendekatan area yang kecil (*small area*), yang mana dibagi daerah pelayanan utilitas ke dalam sejumlah area kecil dan prakiraan beban pada setiap salah satunya, oleh sebab itu akan dapat ditentukan dimana dan berapa banyak yang akan dikembangkan.

### 2.7. Pemilihan Letak Gardu

Letak gardu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jarak dari pusat beban, jarak dari jaringan sub-transmisi yang ada dan adanya batasan-batasan seperti tersedianya lahan, investasi yang harus digunakan, dan aturan penggunaan lahan. Lokasi ideal gardu mengikuti pandangan-pandangan sebagai berikut :

- 1). Lokasi gardu tersebut sebanyak mungkin melingkupi sejumlah beban.
- 2). Dapat memberikan level tegangan yang baik.
- 3). Mampu memberikan akses yang baik untuk *incoming* saluran sub-transmisi dan *outgoing* penyulang primer.
- 4). Mempunyai ruang yang cukup untuk pengembangan.
- 5). Tidak bertentangan dengan aturan tata guna lahan.
- 6). Dapat meminimisasi jumlah konsumen yang terpengaruh terhadap adanya gangguan.
- 7). Kemudahan instalasi.

### 2.8. Faktor Penilaian Beban

Faktor-faktor penilaian beban adalah faktor yang dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik beban, baik dari segi kuantitas pembebanannya maupun

dari segi kualitasnya. Faktor-faktor ini sangat berguna dalam meramalkan karakteristik beban masa datang atau dalam menentukan efek pembebanan terhadap kapasitas sistem secara menyeluruh.

- 1) **Beban (*Demand*)**  
 Permintaan beban diartikan sebagai besar pembebanan sesaat dan gardu pada waktu tertentu atau besar beban rata-rata untuk suatu interval waktu tertentu. Interval waktu dimana besarnya beban ingin ditentukan disebut *Demand Interval* (T). *Demand* dapat dinyatakan dalam kW, kVA atau kVAR.
- 2) **Beban Puncak (*Peak Load*)**  
 Beban Puncak adalah nilai terbesar dari pembebanan sesaat pada suatu interval demand tertentu
- 3) **Beban Terpasang (*Connected Load*)**  
 Beban terpasang dari suatu sistem adalah jumlah total daya dari seluruh peralatan sesuai dengan KW atau KVA yang tertulis pada papan nama (*name plat*) peralatan yang akan dilayani oleh sistem tersebut.
- 4) **Faktor Kebutuhan (*Demand Factor*)**  
 Faktor kebutuhan yaitu perbandingan antara beban puncak suatu sistem terhadap beban terpasang yang dilayani oleh sistem. Nilai  $f_d$  pada prinsipnya lebih kecil atau sama dengan satu.

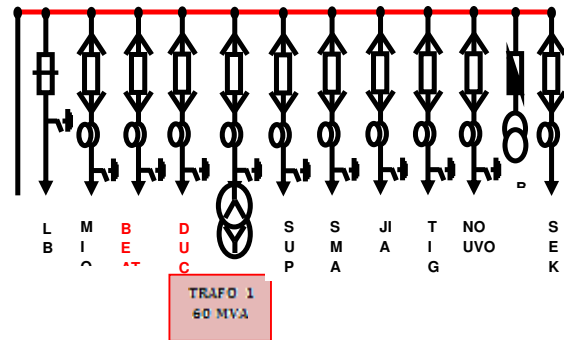
### 3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan cara :

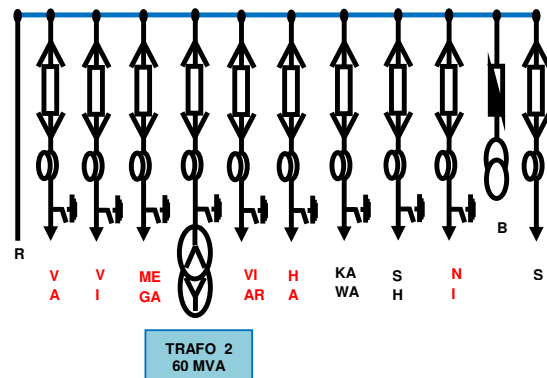
- a). Survei lokasi, untuk mengetahui keadaan lokasi dan status trafo.
- b). Wawancara, untuk mendapat gambaran awal agar dilakukan suatu pembangunan penyulang baru dan dapat diperoleh dari pihak terkait dengan perencanaan pembangunan.

#### 3.1. Perkiraan Penarikan untuk Penyulang Baru

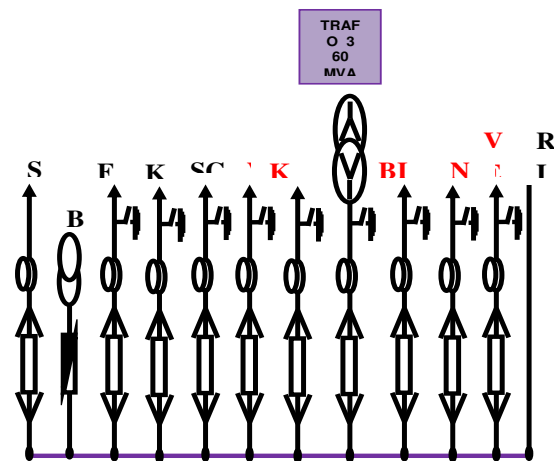
Dengan membuat *single line diagram* di *Gas Insulated* Pantai Indah Kapuk



Gambar 3.1 *Single Line Diagram* Penyulang dari Trafo 1



Gambar 3.2 *Single Line Diagram* Penyulang dari Trafo 2



Gambar 3.3 *Single Line Diagram* Penyulang dari Trafo 3

Pada gambar di atas mengartikan bahwa pada penyulang berwarna merah menunjukkan penyulang yang telah beroperasi, untuk penyulang berwarna hitam menunjukkan penyulang yang masih dalam proses perencanaan.

### 3.2. Pemilihan Pemasangan Penyulang Baru

Penyulang yang segera akan dibangun dari trafo 2 dan trafo 3 yaitu penyulang Kawasaki, Fino, Kaze, dan Scoopy. Dari keempat penyulang ini tugasnya untuk membantu menampung beban dari penyulang-penyulang lain yang berasal dari GI Duri Kosambi yaitu penyulang Hias, Puncak dan dari GI Kembangan yaitu penyulang Gesper. Dengan kapasitas trafo 2 yaitu 60 MVA dan kapasitas dari trafo 3 yaitu 60 MVA.

**Tabel 3.1.** Data Gardu Distribusi Penyulang Puncak

No.	Gardu	Kapasitas (kVA)	kVA Terpakai
1	MK277	400	299
2	MK192	400	252
3	TA108	630	171
4	TA9	400	262
5	TA67	1000	814
6	TA91	1000	638
7	KDR202	400	21
8	MK161	400	162
9	MK206	630	400
10	TA81	630	152
11	TA131P	400	203
12	TA161P	400	355
13	KDR69	630	126
14	KDR76	630	418
15	TA154P	400	32
16	KDR76	400	139
17	TA179	400	27
18	KDR119	400	237
19	KDR189P	400	95
20	KDR184	400	337
21	TA105	630	517
22	KDR66	630	417
23	MK294	1000	712
24	TA76	630	220
25	TA144P	400	376
26	NS15	1400	638
27	TA82K	400	103
28	TA93	400	169

**Tabel 3.2.** Data Gardu Distribusi Penyulang Hias

No.	Gardu	Kapasitas (kVA)	kVA Terpakai
1	BC327	630	471
2	BC294	630	521
3	KDR136	400	135
4	KDR7	400	346
5	BC45A	1400	556
6	BC179	400	241
7	BC284	400	236
8	BC171	630	439
9	BC311	1260	406
10	BC315	630	307
11	BC46AS	400	373

12	KDR69	630	98
13	BC216	800	275
14	BC321	800	302
15	TA145P	400	279
16	KDR44P	400	267
17	KDR56P	400	314
18	KDR32P	400	290
19	KDR231	400	51
20	KDR87	630	107
21	TA65	630	357
22	KDR77P	400	264
23	BC227K	630	538
24	KDR46P	400	138
25	KDR70	630	243
26	BC225	630	407
27	KDR20	630	97
28	KDR135	400	133
29	KDR111	400	252

**Tabel 3.3.** Data Gardu Distribusi Penyulang Gesper

No.	Gardu	Kapasitas (kVA)	kVA Terpakai
1	DK182	1000	855
2	KDR99	630	290
3	BC362	630	229
4	BC53	630	252
5	BC145	630	524
6	KDR57P	315	121
7	BC39	630	215
8	KDR41	630	355
9	KDR107	630	23
10	KDR79	630	36
11	KDR52	400	184
12	KDR259	400	54
13	BC331	1030	648
14	BC192	630	369
15	BC190	1000	387
16	KDR137	400	284
17	BC151	400	75
18	BC248T	630	262
19	BC271	630	352
20	KDR9P	400	245
21	BC139	400	101
22	BC109	630	100
23	KDR3T	630	182
24	KDR110P	400	371
25	KDR86P	400	207
26	KDR132	400	281
27	KDR210	400	33
28	BC262	1630	393
29	KDR97	630	208
30	KDR95	160	57
31	KDR96	1260	356

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

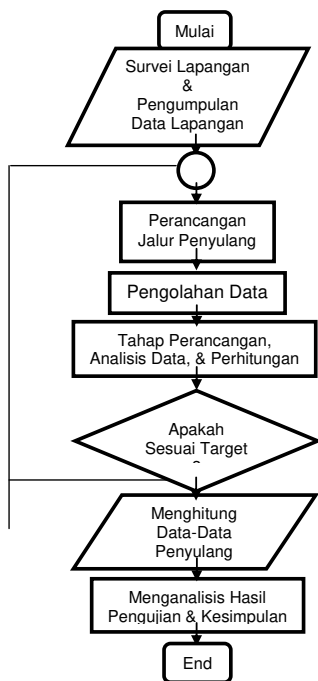
### 4.1. Perhitungan dan Penjadwalan Penyulang Yang Akan Dibangun

#### a). Tahap Survei

Sebelum melakukan pengembangan, pertama dilakukan adalah survei lapangan. Dalam tahap survei ini,

beberapa hal yang harus dilakukan untuk mendapatkan data yang optimal, yaitu : Survei lokasi, dan Kedua, Wawancara, untuk mendapatkan gambaran awal mengapa dilakukan pembangunan penyulang baru. Hal ini dapat diperoleh dari pihak yang terkait dengan perencanaan pengembangan pembangunan.

### b). Tahap Penjadwalan



Gambar 4.1 Diagram Perencanaan

### 4.2. Penentuan Lokasi Penarikan Penyulang Baru

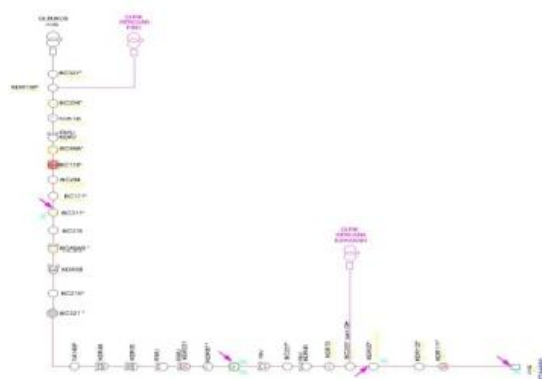
Keempat penyulang baru yang akan dibangun direncanakan untuk membantu menampung beban penyulang lain yang sudah beroperasi.



Gambar 4.2. Single Line Diagram Pecah Beban Penyulang Puncak - Scoopy



Gambar 4.3. Single Line Diagram Pecah Beban Penyulang Gesper – Kaze



Gambar 4.5. Single Line Diagram Pecah Beban Penyulang Hias – Fino – Kawasaki

Diperkirakan dua tahun kedepan penyulang tersebut akan menampung beban hingga tiga kali lipat dari saat ini sehingga disiasatilah dengan melakukan pecah beban pada titik-titik tertentu.

Di penyulang puncak direncanakan akan pecah beban pada Gardu kode TA105 (630 kVA). Penyulang scoopy yang direncanakan akan membantu menampung beban dari Gardu Induk Duri Kosambi. Karena akan dilakukan pemisahan beban dan tidak akan tersambung lagi ke penyulang puncak, sehingga penyulang scoopy akan mengambil alih beban dari Gardu berkode TA105 hingga berakhir ke Gardu Hubung.

Di penyulang Gesper akan direncanakan pecah beban pada Gardu berkode KDR 137 (400kVA). Penyulang kaze yang direncanakan akan membantu menampung beban dari Gardu Induk Kembangan. Karena juga akan dilakukan pemisahan beban dan tidak akan tersambung lagi ke penyulang gesper,



sehingga penyulang kaze akan mengambil alih beban dimulai dari Gardu berkode KDR 137 hingga berakhir ke Gardu Hubung.

Di penyulang Hias akan direncanakan pecah beban pada Gardu berkode BC225 (630 kVA) dan KDR199 (630 kVA). Penyulang Kawasaki dan fino yang direncanakan akan membantu menampung beban dari Gardu Induk Duri Kosambi. Karena akan dilakukan pemisahan beban dan tidak akan tersambung lagi ke penyulang hias sehingga penyulang Kawasaki dan fino akan mengambil alih masing-masing beban dari Gardu yang berkode BC 225 dan KDR 199 hingga berakhir di Gardu Hubung.

Pada jaringan tersebut semua penyulang berakhir di Gardu Hubung. Gardu Hubung sendiri berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk mempertahankan kontinuitas pelayanan.

Alasan dilakukan pecah beban di lokasi yang sudah ditentukan dan mengapa tidak di lokasi lain adalah karena jarak titik penyulang yang sudah ditentukan merupakan lokasi yang terdekat dari posisi penyulang baru yang akan dipasang.

### 4.3. Pemilihan Jenis Penyulang dan Konfigurasinya.

Pemilihan penyulang baru ini direncanakan akan bertipe saluran kabel tegangan menengah (SKTM). Maka daripada itu dibutuhkan juga kabel baru. Kabel yang akan digunakan adalah kabel *X-Cross Linked Poly Ethylene (XLPE)* 3x240 mm<sup>2</sup> yang berpengantar Alumunium (Al).

Beberapa alasan mengapa akan dibangun penyulang Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) antara lain adalah :

- Karena SKTM tidak mudah mengalami gangguan.
- Tidak mengganggu keindahan lingkungan karena berada dibawah tanah.
- Tidak mudah dipengaruhi oleh cuaca (hujan,petir, dll).

- Faktor keselamatan jiwa terjamin karena tidak akan terjangkau masyarakat.

Dibalik itu juga ada beberapa kekurangan jika dibangun SKTM antara lain :

- Biaya untuk membangun SKTM tergolong mahal dibandingkan SUTM.
- Jikalau mengalami gangguan maka itu adalah gangguan permanen.
- Pencarian lokasi gangguan jauh lebih sulit dibandingkan SUTM.

Untuk tipe konstruksi yang akan dirancang adalah tipe jaringan spindle.

### 4.4. Data Saluran Penyulang Lama

Perhitungan dilakukan dengan acuan penyulang lama dengan Cos  $\phi$  setiap beban di asumsikan 0,85. Penghantar pada penyulang Adyaksa dengan jenis kabel XLPE (*Cross-Linked Polyethylene*) dengan penampang 240 mm<sup>2</sup> dan impedansi  $Z = (0,125 + j0,097) \Omega/\text{km}$ . Dengan acuan di atas maka, nilai impedansi saluran penghantar dapat dihitung dengan persamaan :

$$Z = L \times (R + j X_L) \dots\dots\dots(4.1)$$

**Tabel 4.1.** Impedansi Penghantar Penyulang Puncak

No	Identitas	Arah		Jenis Kabel	Penampang (mm <sup>2</sup> )	L Kabel (km)	Impedansi Z = (R + j X) $\Omega$	
		Dari	Ke				R	X
1	Seksi 1	Kios Puncak	MK277	XLPE	240	0.823	0.102	0.079
2	Seksi 2	MK277	MK192	XLPE	240	0.382	0.047	0.037
3	Seksi 3	MK192	TA108	XLPE	240	0.379	0.047	0.036
4	Seksi 4	TA108	TA9	XLPE	240	0.52	0.065	0.050
5	Seksi 5	TA9	TA67	XLPE	240	1.17	0.146	0.113
6	Seksi 6	TA67	TA91	XLPE	240	0.391	0.048	0.037
7	Seksi 7	TA91	KDR202	XLPE	240	0.481	0.060	0.046
8	Seksi 8	KDR202	MK161	XLPE	240	0.276	0.034	0.026
9	Seksi 9	MK161	MK206	XLPE	240	0.549	0.068	0.053
10	Seksi 10	MK206	TA81	XLPE	240	0.377	0.047	0.036
11	Seksi 11	TA81	TA131P	XLPE	240	0.521	0.065	0.050
12	Seksi 12	TA131P	TA161P	XLPE	240	0.383	0.047	0.037
13	Seksi 13	TA161P	KDR69	XLPE	240	0.395	0.049	0.038
14	Seksi 14	KDR69	KDR76	XLPE	240	0.367	0.045	0.035
15	Seksi 15	KDR76	TA154P	XLPE	240	0.469	0.058	0.045
16	Seksi 16	TA154P	KDR76	XLPE	240	0.388	0.048	0.037
17	Seksi 17	KDR76	TA179	XLPE	240	0.371	0.046	0.035
18	Seksi 18	TA179	KDR119	XLPE	240	0.531	0.066	0.051
19	Seksi 19	KDR119	KDR189P	XLPE	240	0.692	0.086	0.067
20	Seksi 20	KDR189P	KDR184	XLPE	240	0.991	0.123	0.096
21	Seksi 21	KDR184	TA105	XLPE	240	0.525	0.065	0.050
22	Seksi 22	TA105	KDR66	XLPE	240	0.724	0.090	0.070
23	Seksi 23	KDR66	MK294	XLPE	240	0.417	0.052	0.040
24	Seksi 24	MK294	TA76	XLPE	240	0.521	0.065	0.050
25	Seksi 25	TA76	TA144P	XLPE	240	0.582	0.072	0.056
26	Seksi 26	TA144P	NS15	XLPE	240	0.499	0.062	0.048
27	Seksi 27	NS15	TA82K	XLPE	240	0.487	0.060	0.047
28	Seksi 28	TA82K	TA93	XLPE	240	0.492	0.061	0.047
29	Seksi 29	TA93	GHI72	XLPE	240	1.2	0.15	0.114



**Tabel 4.2 Impedansi Penghantar Penyalang Hias**

No	Identitas	Arah		Jenis Kabel	Penampang (mm <sup>2</sup> )	L Kabel (km)	Impedansi $Z = (R + jX) \Omega$	
		Dari	Ke				R	X
1	Seksi 1	Kios Hias	BC327	XLPE	240	0.973	0.121	0.094
2	Seksi 2	BC327	BC294	XLPE	240	0.726	0.065	0.050
3	Seksi 3	BC294	KDR136	XLPE	240	0.485	0.060	0.047
4	Seksi 4	KDR136	KDR7	XLPE	240	0.424	0.053	0.041
5	Seksi 5	KDR7	BC45A	XLPE	240	0.757	0.069	0.054
6	Seksi 6	BC45A	BC179	XLPE	240	0.972	0.046	0.036
7	Seksi 7	BC179	BC284	XLPE	240	0.481	0.047	0.036
8	Seksi 8	BC284	BC171	XLPE	240	0.822	0.040	0.031
9	Seksi 9	BC171	BC311	XLPE	240	0.492	0.049	0.038
10	Seksi 10	BC311	BC315	XLPE	240	0.477	0.047	0.036
11	Seksi 11	BC315	BC46AS	XLPE	240	0.412	0.051	0.039
12	Seksi 12	BC46AS	KDR69	XLPE	240	0.773	0.046	0.036
13	Seksi 13	KDR69	BC216	XLPE	240	0.441	0.042	0.033
14	Seksi 14	BC216	BC321	XLPE	240	0.749	0.056	0.043
15	Seksi 15	BC321	TA145P	XLPE	240	0.417	0.052	0.040
16	Seksi 16	TA145P	KDR44P	XLPE	240	1.129	0.141	0.109
17	Seksi 17	KDR44P	KDR56P	XLPE	240	0.734	0.091	0.071
18	Seksi 18	KDR56P	KDR32P	XLPE	240	0.922	0.090	0.070
19	Seksi 19	KDR32P	KDR231	XLPE	240	0.683	0.085	0.066
20	Seksi 20	KDR231	KDR87	XLPE	240	0.671	0.083	0.065
21	Seksi 21	KDR87	TA65	XLPE	240	0.772	0.071	0.055
22	Seksi 22	TA65	KDR77P	XLPE	240	0.948	0.056	0.043
23	Seksi 23	KDR77P	BC227K	XLPE	240	0.712	0.089	0.069
24	Seksi 24	BC227K	KDR46P	XLPE	240	0.833	0.104	0.080
25	Seksi 25	KDR46P	KDR70	XLPE	240	0.972	0.046	0.036
26	Seksi 26	KDR70	BC225	XLPE	240	0.951	0.056	0.043
27	Seksi 27	BC225	KDR20	XLPE	240	0.594	0.061	0.047
28	Seksi 28	KDR20	KDR135	XLPE	240	0.648	0.106	0.082
29	Seksi 29	KDR135	KDR111	XLPE	240	0.867	0.033	0.025
30	Seksi 30	KDR111	GH481	XLPE	240	1.289	0.165	0.128

**Tabel 4.3 Impedansi Penghantar Penyalang Gesper**

No	Identitas	Arah		Jenis Kabel	Penampang (mm <sup>2</sup> )	L Kabel (km)	Impedansi $Z = (R + jX) \Omega$	
		Dari	Ke				R	X
1	Seksi 1	Kios Gesper	DK182	XLPE	240	0.819	0.102	0.079
2	Seksi 2	DK182	KDR99	XLPE	240	0.378	0.047	0.036
3	Seksi 3	KDR99	BC362	XLPE	240	0.361	0.045	0.035
4	Seksi 4	BC362	BC53	XLPE	240	0.264	0.033	0.025
5	Seksi 5	BC53	BC145	XLPE	240	0.393	0.049	0.038
6	Seksi 6	BC145	KDR57P	XLPE	240	0.374	0.046	0.036
7	Seksi 7	KDR57P	BC39	XLPE	240	0.317	0.039	0.030
8	Seksi 8	BC39	KDR41	XLPE	240	0.326	0.040	0.031
9	Seksi 9	KDR41	KDR107	XLPE	240	0.355	0.044	0.034
10	Seksi 10	KDR107	KDR79	XLPE	240	0.368	0.046	0.035
11	Seksi 11	KDR79	KDR52	XLPE	240	0.385	0.048	0.037
12	Seksi 12	KDR52	KDR259	XLPE	240	0.338	0.042	0.032
13	Seksi 13	KDR259	BC331	XLPE	240	0.355	0.044	0.034
14	Seksi 14	BC331	BC192	XLPE	240	0.389	0.048	0.037
15	Seksi 15	BC192	BC190	XLPE	240	0.368	0.046	0.035
16	Seksi 16	BC190	KDR137	XLPE	240	0.348	0.043	0.033
17	Seksi 17	KDR137	BC151	XLPE	240	0.485	0.060	0.047
18	Seksi 18	BC151	BC248T	XLPE	240	0.338	0.042	0.032
19	Seksi 19	BC248T	BC271	XLPE	240	0.354	0.044	0.034
20	Seksi 20	BC271	KDR9P	XLPE	240	0.816	0.102	0.079
21	Seksi 21	KDR9P	BC139	XLPE	240	0.679	0.084	0.065
22	Seksi 22	BC139	BC109	XLPE	240	0.983	0.122	0.095
23	Seksi 23	BC109	KDR3T	XLPE	240	0.694	0.086	0.067
24	Seksi 24	KDR3T	KDR110P	XLPE	240	0.742	0.092	0.071
25	Seksi 25	KDR110P	KDR86P	XLPE	240	0.421	0.052	0.040
26	Seksi 26	KDR86P	KDR132	XLPE	240	0.452	0.056	0.043
27	Seksi 27	KDR132	KDR210	XLPE	240	0.412	0.051	0.039
28	Seksi 28	KDR210	BC262	XLPE	240	0.481	0.060	0.046
29	Seksi 29	BC262	KDR97	XLPE	240	0.439	0.054	0.042
30	Seksi 30	KDR97	KDR95	XLPE	240	0.387	0.048	0.037
31	Seksi 31	KDR95	KDR96	XLPE	240	0.524	0.065	0.050
32	Seksi 32	KDR96	GH481	XLPE	240	1.47	0.183	0.142

**4.5. Perhitungan Tegangan di Setiap Seksi**

**Tabel 4.4 Perhitungan Tegangan Setiap Seksi Penyalang Puncak**

No	Seksi	Impedansi			(VA)	(V)	(ΔV)	In'	In
		R	X	Z					
1	MK277	0,102	0,079	0,060	299000	13236,329	365,220	13,042	6105,689
2	MK192	0,047	0,037	0,059	252000	12875,625	360,703	11,300	6092,647
3	TA108	0,047	0,036	0,082	171000	12376,918	498,708	7,977	6081,348
4	TA9	0,065	0,050	0,185	262000	11255,644	1121,273	13,439	6073,371
5	TA67	0,146	0,113	0,061	814000	10888,381	367,264	43,162	6059,932
6	TA91	0,048	0,037	0,076	638000	10433,487	454,893	35,305	6016,770
7	KDR202	0,060	0,046	0,043	21000	10177,469	256,018	1,191	5981,465
8	MK161	0,034	0,026	0,086	162000	9661,881	515,588	9,680	5980,274
9	MK206	0,068	0,053	0,059	400000	9308,404	353,477	24,810	5970,594
10	TA81	0,047	0,036	0,082	152000	8820,813	487,591	9,949	5945,784
11	TA131P	0,065	0,050	0,060	203000	8465,753	355,060	13,844	5935,835
12	TA161P	0,047	0,037	0,062	355000	8098,542	367,211	25,308	5921,991
13	KDR69	0,049	0,038	0,057	126000	7762,379	336,163	9,372	5896,682
14	KDR76	0,045	0,035	0,073	418000	7330,193	432,186	32,923	5887,311
15	TA154P	0,058	0,045	0,061	32000	6975,386	354,807	2,649	5854,388
16	KDR76	0,048	0,037	0,058	139000	6637,147	338,239	12,091	5851,739
17	TA179	0,046	0,035	0,083	27000	6150,070	487,077	2,535	5839,648
18	KDR119	0,066	0,051	0,109	237000	5513,718	636,352	24,817	5837,113
19	KDR189P	0,086	0,067	0,156	95000	4606,832	906,886	11,906	5812,297
20	KDR184	0,123	0,096	0,082	337000	4131,165	475,667	47,097	5800,391
21	TA105	0,065	0,050	0,114	517000	3475,188	655,976	85,892	5753,293
22	KDR66	0,090	0,070	0,066	417000	3103,379	371,809	77,578	5667,402
23	MK294	0,052	0,040	0,082	712000	2644,980	458,400	155,416	5589,823
24	TA76	0,065	0,050	0,091	220000	2149,285	495,694	59,097	5434,407
25	TA144P	0,072	0,056	0,078	376000	1727,812	421,474	125,641	5375,309
26	NS15	0,062	0,048	0,076	638000	1327,699	400,113	277,435	5249,669
27	TA82K	0,060	0,047	0,077	103000	944,805	382,894	62,941	4972,234
28	TA93	0,061	0,047	0,188	169000	19,875	924,930	4909,293	4909,293

**Tabel 4.5 Perhitungan Tegangan Setiap Seksi Penyalang Hias**

No	Seksi	Impedansi			(VA)	(V)	(ΔV)	In'	In
		R	X	Z					
1	BC327	0,065	0,050	0,082	471000	18314,435	634,404	14,848	7736,059
2	BC294	0,060	0,047	0,076	521000	17725,949	588,486	16,969	7721,211
3	KDR136	0,053	0,041	0,067	135000	17209,707	516,242	4,529	7704,241
4	KDR7	0,069	0,054	0,088	346000	16535,070	674,637	12,081	7699,712
5	BC45A	0,046	0,036	0,058	556000	16086,017	449,052	19,956	7687,631
6	BC179	0,047	0,036	0,059	241000	15632,068	453,950	8,901	7667,675
7	BC284	0,040	0,031	0,051	236000	15244,485	387,582	8,938	7658,774
8	BC171	0,049	0,038	0,062	439000	14770,134	474,352	17,160	7649,836
9	BC311	0,047	0,036	0,059	406000	14318,256	451,878	16,371	7632,676
10	BC315	0,051	0,039	0,064	307000	13829,268	488,988	12,817	7616,305
11	BC46AS	0,046	0,036	0,058	373000	13385,130	444,137	16,089	7603,489
12	KDR69	0,042	0,033	0,053	98000	12979,861	405,269	4,359	7587,400
13	BC216	0,056	0,043	0,071	275000	12444,464	535,397	12,758	7583,041
14	BC321	0,052	0,040	0,066	302000	11947,816	496,647	14,593	7570,282
15	TA145P	0,141	0,109	0,178	279000	10601,249	1346,567	15,195	7555,689
16	KDR44P	0,091	0,071	0,115	267000	9730,918	870,331	15,842	7540,494
17	KDR56P	0,090	0,070	0,114	314000	8872,976	857,942	20,431	7524,653
18	KDR32P	0,085	0,066	0,108	290000	8065,409	807,567	20,759	7504,221
19	KDR231	0,083	0,065	0,105	51000	7276,480	788,929	4,047	7483,462
20	KDR87	0,071	0,055	0,090	107000	6604,747	671,733	9,353	7479,416
21	TA65	0,056	0,043	0,071	357000	6077,327	527,420	39,915	7470,062
22	KDR77P	0,089	0,069	0,113	264000	5239,909	837,417	29,088	7436,147
23	BC227K	0,104	0,080	0,131	538000	4268,031	971,878	72,777	7407,059
24	KDR46P	0,046	0,036	0,058	138000	3839,619	428,412	20,751	7334,282
25	KDR70	0,056	0,043	0,071	243000	3323,250	516,368	42,217	7313,531
26	BC225	0,061	0,047	0,077	407000	2763,312	559,938	85,036	7271,314
27	KDR20	0,106	0,082	0,134	97000	1800,243	963,069	31,109	7186,278
28	KDR135	0,033	0,025	0,041	133000	1504,016	296,227	51,055	7155,170
29	KDR111	0,165	0,128						



**Tabel 4.6** Perhitungan Tegangan Setiap Seksi Penyulang Gesper

No	Seksi	Impedansi			(VA)	(V)	(ΔV)	In'	In
		R	X	Z					
1	DK182	0.047	0.036	0.059	855.000	19699.703	521.671	25.058	8811.553
2	KDR99	0.045	0.035	0.057	290.000	19198.796	500.907	8.721	8786.495
3	BC362	0.033	0.025	0.041	229.000	18835.392	363.404	7.019	8777.774
4	BC53	0.049	0.038	0.062	252.000	18291.534	543.858	7.954	8770.755
5	BC145	0.046	0.036	0.058	524.000	17779.679	511.856	17.016	8762.801
6	KDR57P	0.039	0.030	0.049	121.000	17349.354	430.325	4.027	8745.785
7	BC39	0.040	0.031	0.051	215.000	16906.966	442.388	7.342	8741.759
8	KDR41	0.044	0.034	0.056	355.000	16421.282	485.684	12.481	8734.417
9	KDR107	0.046	0.035	0.058	23.000	15917.142	504.140	0.834	8721.935
10	KDR79	0.048	0.037	0.061	36.000	15388.597	528.545	1.351	8721.101
11	KDR52	0.042	0.032	0.053	184.000	14928.181	460.416	7.116	8719.750
12	KDR259	0.044	0.034	0.056	54.000	14443.709	484.473	2.159	8712.634
13	BC331	0.048	0.037	0.061	648.000	13915.808	527.901	26.885	8710.476
14	BC192	0.046	0.035	0.058	369.000	13413.884	501.924	15.882	8683.591
15	BC190	0.043	0.033	0.054	387.000	12944.066	469.819	17.262	8667.709
16	KDR137	0.060	0.047	0.076	284.000	12284.756	659.309	13.347	8650.447
17	BC151	0.042	0.032	0.053	75.000	11828.704	456.052	3.661	8637.100
18	BC248T	0.044	0.034	0.056	262.000	11348.635	480.069	13.329	8633.439
19	BC271	0.102	0.079	0.129	352.000	10236.507	1112.128	19.853	8620.110
20	KDR9P	0.084	0.065	0.106	245.000	9323.057	913.451	15.172	8600.257
21	BC139	0.122	0.095	0.155	101.000	7995.585	1327.472	7.293	8585.085
22	BC109	0.086	0.067	0.109	100.000	7060.448	935.137	8.177	8577.792
23	KDR3T	0.092	0.071	0.116	182.000	6064.564	995.884	17.327	8569.615
24	KDR110P	0.052	0.040	0.066	371.000	5503.493	561.072	38.920	8552.288
25	KDR86P	0.056	0.043	0.071	207.000	4902.410	601.082	24.378	8513.368
26	KDR132	0.051	0.039	0.064	281.000	4357.393	545.017	37.232	8488.990
27	KDR210	0.060	0.046	0.076	33.000	3718.405	638.989	5.124	8451.758
28	BC262	0.054	0.042	0.068	393.000	3140.566	577.839	72.248	8446.634
29	KDR97	0.048	0.037	0.061	208.000	2633.034	507.532	45.609	8374.386
30	KDR95	0.065	0.050	0.082	57.000	1950.023	683.011	16.876	8328.778
31	KDR96	0.183	0.142	0.232	356.000	24.728	1925.295	8311.901	8311.901

#### 4.6. Perkiraan Perhitungan Tegangan Setiap Seksi Setelah Dilakukan Pemisahan Beban Pada Penyulang Puncak, Hias dan Gesper.

Tabel Perhitungan Tegangan Tiap Seksi Penyulang Hias Setelah Pecah Beban

No	Seksi	Impedansi			(VA)	(V)	(ΔV)
		R	X	Z			
1	BC327	0.065	0.050	0.082	471000	19616.73	383.268
2	BC315	0.051	0.039	0.064	307000	19347.74	268.992
3	BC46AS	0.046	0.036	0.058	373000	19121.77	225.968
4	KDR69	0.042	0.033	0.053	98000	18935.05	186.719
5	BC216	0.056	0.043	0.071	275000	18691.88	243.175
6	BC321	0.052	0.040	0.066	302000	18483.98	207.9
7	TA145P	0.141	0.109	0.178	279000	17977.03	506.944
8	KDR44P	0.091	0.071	0.115	267000	17681.6	295.435
9	KDR56P	0.090	0.070	0.114	314000	17419.17	262.428
10	KDR32P	0.085	0.066	0.108	290000	17204.47	214.704
11	KDR231	0.083	0.065	0.105	51000	17026.18	178.29
12	KDR87	0.071	0.055	0.090	107000	16877.95	148.23
13	TA65	0.056	0.043	0.071	357000	16768.61	109.34
14	KDR77P	0.089	0.069	0.113	264000	16634.93	133.679
15	BC227K	0.104	0.080	0.131	538000	16514.54	120.389
16	KDR46P	0.046	0.036	0.058	138000	16492.44	22.098
17	KDR70	0.056	0.043	0.071	243000	16475.19	17.253

No	Seksi	Impedansi			(VA)	(V)	(ΔV)
		R	X	Z			
1	DK182	0.047	0.036	0.059	855.000	19715.266	284.734
2	KDR99	0.045	0.035	0.057	290.000	19488.919	226.347
3	BC362	0.033	0.025	0.041	229.000	19337.998	150.921
4	BC53	0.049	0.038	0.062	252.000	19123.974	214.024
5	BC145	0.046	0.036	0.058	524.000	18938.374	185.6
6	KDR57P	0.039	0.030	0.049	121.000	18807.25	131.124
7	BC39	0.040	0.031	0.051	215.000	18676.945	130.305
8	KDR41	0.044	0.034	0.056	355.000	18545.905	131.04
9	KDR107	0.046	0.035	0.058	23.000	18430.775	115.13
10	KDR79	0.048	0.037	0.061	36.000	18311.093	119.682
11	KDR52	0.042	0.032	0.053	184.000	18209.015	102.078
12	KDR259	0.044	0.034	0.056	54.000	18111.463	97.552
13	BC331	0.048	0.037	0.061	648.000	18008.495	102.968
14	BC192	0.046	0.035	0.058	369.000	17948.175	60.32
15	BC190	0.043	0.033	0.054	387.000	17911.941	36.234
16	KDR137	0.06	0.047	0.076	284.000	17890.357	21.584

**Tabel 4.7.** Perhitungan Tegangan Setiap Seksi Penyulang Puncak Setelah Pecah Beban

No	Seksi	Impedansi			(VA)	(V)	(ΔV)
		R	X	Z			
1	MK277	0.102	0.079	0.060	299000	19691.6	308.4
2	MK192	0.047	0.037	0.059	252000	19405.98	285.619
3	TA108	0.047	0.036	0.082	171000	19029.68	376.298
4	TA9	0.065	0.050	0.185	262000	18212.35	817.33
5	TA67	0.146	0.113	0.061	814000	17958.84	253.516
6	TA91	0.048	0.037	0.076	638000	17704.85	253.992
7	KDR202	0.060	0.046	0.043	21000	17588.57	116.272
8	MK161	0.034	0.026	0.086	162000	17357.84	230.738
9	MK206	0.068	0.053	0.059	400000	17209.1	148.739
10	TA81	0.047	0.036	0.082	152000	17035.17	173.922
11	TA131P	0.065	0.050	0.060	203000	16917.03	118.14
12	TA161P	0.047	0.037	0.062	355000	16807.54	109.492
13	KDR69	0.049	0.038	0.057	126000	16727.12	80.427
14	KDR76	0.045	0.035	0.073	418000	16633.31	93.805
15	TA154P	0.058	0.045	0.061	32000	16580.42	52.887
16	KDR76	0.048	0.037	0.058	139000	16531.99	48.43
17	TA179	0.046	0.035	0.083	27000	16474.23	57.768
18	KDR119	0.066	0.051	0.109	237000	16401.3	72.921
19	KDR189P	0.086	0.067	0.156	95000	16333.91	67.392
20	KDR184	0.123	0.096	0.082	337000	16306.28	27.634

## 5. KESIMPULAN

1. Dalam pembangunan penyulang baru, syarat utama untuk tegangan ujung penyulang harus sesuai standar PLN +5% dan -10%.
2. Untuk penyulang baru dapat dibangun bila sudah mendapat izin pembangunan dari pihak terkait, seperti (Pemda, PLN, dan Pemilik lahan yang akan dilintasi kabel penyulang).
3. Menggunakan jenis penghantar SKTM kabel XLPE dengan penghantar aluminium 240 mm<sup>2</sup>.
4. Setelah pemisahan beban dilakukan, nilai tegangan pada penyulang yang baru tentunya lebih baik dari sebelumnya.

## 6. REFERENSI

1. Djiteng Marsudi, Ir. (1990). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit ISTN 1990, Jakarta.
2. William D., dan Stevenson, Jr. (1990). *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit Erlangga, Jakarta
3. Standar Konstruksi Jaringan Distribusi PT. PLN Persero Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang. (1994). Buku I, II, III, IV, V, VI, Jakarta
4. Sariadi, Dkk. (1999). *Jaringan Distribusi Listrik*. Penerbit Angkasa, Bandung
5. Sulaso, Ir. (2001). *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang
6. Suswanto, Daman. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Universitas Negeri Padang, Padang