

Analisis Perbandingan Susut Daya dan Jatuh Tegangan pada Saluran Distribusi Udara dan Kabel Tegangan Menengah 20 kV

Dicky Yusuf Nurzaman, Waluyo

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: dickyyusufn@gmail.com

Received 30 November 201x | Revised 30 Desember 201x | Accepted 30 Januari 201x

ABSTRAK

Jaringan distribusi merupakan bagian sistem tenaga listrik yang berfungsi mendistribusikan energi listrik dari gardu induk menuju lokasi konsumen. Kondisi jaringan distribusi yang tidak optimal akan menyebabkan pelayanan yang kurang efektif, seperti kondisi yang terjadi adalah adanya susut daya dan jatuh tegangan. Oleh karena itu penulis akan mengevaluasi nilai susut daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada saluran distribusi SUTM dan SKTM. Penelitian yang dilakukan pada jaringan tegangan menengah 20 kV pada penyulang CMC dengan saluran ACR, GIBB, NWT, PAJA, HDT dengan nilai susut daya pada SUTM sebesar 0,76%, 0,75%, 0,08%, 0,55%, 0,091% dan SKTM sebesar 0,69%, 0,68%, 0,07%, 0,28%, 0,03% sedangkan untuk jatuh tegangan pada SUTM sebesar 0,18%, 0,27%, 0,03%, 0,29%, 0,08% dan SKTM sebesar 0,07%, 0,1%, 0,01%, 0,11%, 0,03%. Hal ini menunjukkan nilai susut daya dan jatuh tegangan SKTM lebih kecil dari SUTM yang terjadi akibat pengaruh dari panjang saluran, besar beban, jenis dan luas dari penghantar jaringan.

Kata kunci: jaringan distribusi, SUTM, SKTM, susut daya, jatuh tegangan

ABSTRACT

The electric power distribution is part of the electric power system that functions to distribute electrical energy from substations to consumer locations. The distribution network conditions that are not optimal, will cause less effective services, such as the condition that occurs is the presence of power losses and voltage drops. Therefore, the author will evaluate the value of power loss and voltage drop that occurs in the overhead and medium voltage lines. The study was conducted on a medium voltage network of 20 kV on a CMC feeder with ACR, GIBB, NWT, PAJA, HDT channels with power losses at medium voltage overhead lines of 0.76%, 0.75%, 0.08%, 0.55%, 0.091% and medium voltage cable lines of 0.69%, 0.68%, 0.07%, 0.28%, 0.03% while for the voltage drop on medium voltage overhead lines it is 0.18%, 0.27%, 0.03%, 0.29%, 0.08% and medium voltage cable lines of 0.07%, 0.1%, 0.01%, 0.11%, 0.03%. This case shows that the power loss on the cable distribution line is lower than that on the overhead distribution line, due to line length, loading, type and cross section conductors

Keywords: electric power, customer, medium voltage overhead line, medium voltage cable lines, power losses, drop voltage

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tenaga listrik selalu bertambah, tenaga listrik dibutuhkan untuk menunjang pembangunan dan mendorong kemajuan masyarakat. Dimana kita bangsa Indonesia telah memasuki dan menuju era industrialisasi. Listrik merupakan faktor penting guna mewujudkan masyarakat adil dan makmur untuk disegala bidang baik itu bidang sektor pembangunan perekonomian, pendidikan, dan bidang teknologi (Dewi R & Fauzan, 2012).

Sistem sarana penyampaian tenaga listrik dari titik sumber/pembangkit ke titik pusat beban/konsumen dapat diartikan secara sederhana sebagai "Sistem Distribusi Tenaga Listrik". Oleh karena *supply* tenaga untuk konsumen (beban) mempunyai kondisi-kondisi dan persyaratan-persyaratan tertentu. Jaringan distribusi secara umum terdiri dari tiga buah bagian, yaitu gardu induk distribusi, jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder (Hadisantoso, 2016).

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk mendistribusikan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah; 1) pembagian atau pendistribusian tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan 2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi (Marniati & Hanifatulah, 2018).

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh Gardu Induk (GI) dengan transformator penaiktegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. 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. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt (Salim, Sultan, & Akmal, 2016).

Berdasarkan pemasangannya saluran distribusi dibagi menjadi dua kategori, yaitu Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kawat penghantar yang ditopang pada tiang listrik. Sedangkan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanam di dalam tanah (Salim, Sultan, & Akmal, 2016).

Pembangunan sistem distribusi tenaga listrik haruslah sesuai dengan standar seperti yang telah direncanakan PT. PLN (Persero) karena kualitas tenaga listrik yang diterima oleh pelanggan sangat dipengaruhi oleh kondisi jaringan distribusi. Tantangan terbesar yang dihadapi PT. PLN adalah bagaimana cara untuk menjaga keseimbangan antara ketersediaan listrik dengan kebutuhan listrik yang terus menerus dan menuntut peningkatan. Sehingga dibutuhkan pemikiran bagaimana menyediakan energi listrik untuk masa mendatang bagi konsumen (Dewi R & Fauzan, 2012).

Untuk pendistribusian energi listrik yang baik dan efisien, maka semua hal yang dapat menimbulkan kerugian, baik berupa teknis maupun non teknis haruslah dikaji dengan baik. Kondisi jaringan distribusi yang tidak optimal akan mengakibatkan pelayanan yang

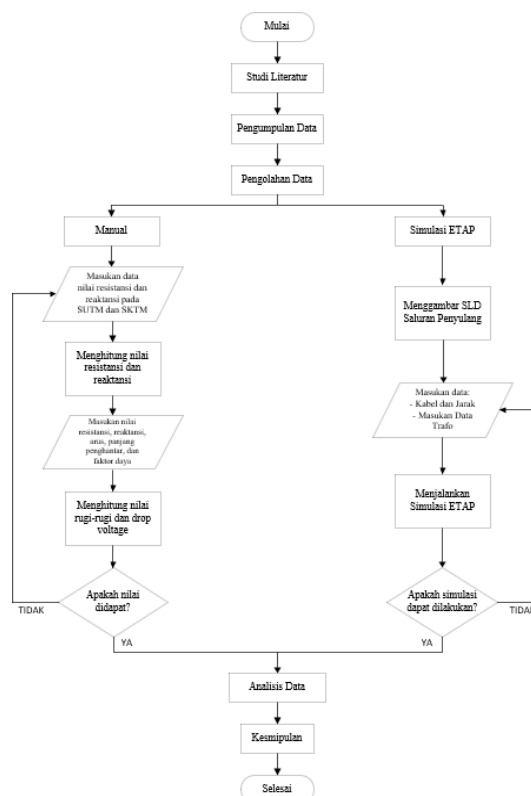
kurang efektif, salah satunya karena akibat adanya susut daya. Susut daya atau rugi daya listrik adalah berkurangnya daya listrik dalam proses pendistribusian dari unit pembangkit menuju beban (konsumen), yang disebabkan oleh adanya tahanan jenis penghantar yang dipengaruhi oleh arus dan tegangan saat penyaluran energi listrik dilakukan (Marniati & Hanifatulah, 2018).

Akan tetapi perlu diketahui bahwa penyusutan energi listrik tidak mungkin dapat dihindari karena peralatan pada sistem jaringan listrik tidak mungkin memiliki tingkat efisiensi 100%, namun yang perlu dapat diperhatikan yaitu apakah penyusutan energi listrik yang terjadi masih dalam batas yang wajar. Sebagian besar penyusutan energi terjadi pada jaringan distribusi hal ini disebabkan karena pada jaringan distribusi tegangan yang dipakai yaitu tegangan menengah dan rendah. Dimana pada tegangan menengah dan rendah arus yang mengalir pada jaringan nilainya besar, sehingga penyusutan daya juga besar. (Binilang, Tumaliang, & Lisi, 2017)

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir

Penelitian dan pengolahan data dilakukan dengan data sekunder dikarenakan pandemi yang membuat semua orang diharuskan menjaga kesehatan dan diutamakan untuk berdiam dirumah. Kemudian data yang sudah didapat akan disimulasikan menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Oleh karena itu penulis melakukan beberapa tahapan yang dilakukan yaitu; Studi Literatur, Pengumpulan Data, Pengolahan Data, dan langkah-langkah sistematis yang disusun menjadi suatu metodologi penelitian. Berikut metodologi penelitian yang dijelaskan dalam sebuah diagram alir pada Gambar 1. Diagram Alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Langkah-Langkah Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

2.2.1 Mulai

Tahap mulai ini merupakan tahap dimana penulis memahami tujuan diadakannya penelitian ini. Pemahaman ini meliputi tujuan dan materi dasar yang perlu dikumpulkan dan diketahui pada saat pelaksanaan penelitian.

2.2.2 Studi Literatur

Tahap studi literatur ini merupakan tahap persiapan materi dan teori yang mendasari hal-hal yang akan dibahas pada laporan penelitian. Pada tahap ini penulis mempelajari materi-materi berupa jurnal, peraturan, arsip, catatan, maupun buku yang membahas mengenai judul dan tema yang telah diambil.

2.2.3 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap seluruh data dikumpulkan, yaitu berupa data sekunder. Data sekunder yang dikumpulkan sesuai dengan data yang tertera pada Gambar 1.

2.2.4 Pengolahan Data

Pada tahap ini, setelah diperoleh data-data yang dibutuhkan yaitu melakukan pengolahan data untuk mencari aliran daya dan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Berikut nilai-nilai yang akan dicari:

1. Mencari nilai daya keluaran dengan persamaan (Cekdin, 2013):

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_{L-L} \times I \times \cos \varphi \quad (1)$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \sin \theta \quad (2)$$

2. Mencari rugi-rugi daya per *phasa* dengan persamaan (A. Kuwahara & Arismunandar, 1993):

$$P_{losses} = 3 \times I^2 \times R_2 \times l \quad (3)$$

3. Mencari *drop voltage* dengan persamaan (Jivanly, 2019):

$$Voltage Drop = \sqrt{3} \cdot I \cdot l (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (4)$$

2.2.5 Nilai dan Simulasi

Pada tahap ini, dilakukan pengecekan apakah data yang telah dikumpulkan sudah cukup untuk dapat diolah atau belum. Apabila dianggap sudah maka dilanjutkan pada tahap analisis data, apabila belum maka kembali pada tahap pengumpulan data.

2.2.6 Analisis Data

Pada tahap ini, dilakukan pengolahan data yang bertujuan untuk menggabungkan data-data yang sudah didapat dan studi literatur. Data yang telah digabungkan kemudian di analisis.

2.2.7 Kesimpulan

Pada tahap ini diharapkan menghasilkan suatu saran dan hasil yang membangun agar dapat berjalan menjadi lebih baik lagi.

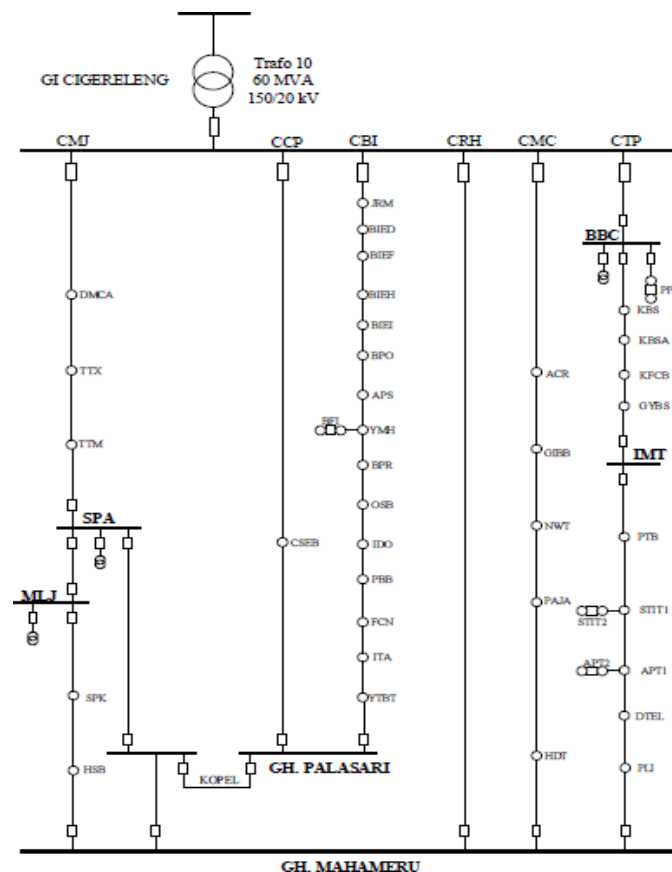
2.2.8 Selesai

Pada tahap ini, laporan mengenai penelitian Syang dilakukan sudah selesai dikerjakan dan kemudian diserahkan kepada dosen pembimbing dan dosen penguji untuk dapat dinilai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Singel Line Diagram Penyulang

Penyulang GH Mahameru adalah Jaringan Tegangan Menengah (JTM) yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari GI Cigerelengke setiap gardu distribusi atau pemakaian tegangan menengah 20 kV. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. *Singel Line Diagram* Penyulang GH. Mahameru.



Gambar 2. *Singel Line Diagram* Penyulang GH. Mahameru

(Indrajaya, 2018)

Jaringan penyulang ini memperoleh suplai dari GI Cigereleng melalui sebuah trafo penurun tegangan dari 150kV menjadi 20kV yang mana akan menyuplai listrik ke 6 penyulang, diantaranya penyulang CMJ, penyulang CCP, penyulang CBI, penyulang CRH, penyulang CMC, dan penyulang CTP.

Pada pembahasan penulis hanya akan membahas susut daya dan *drop voltage* pada penyulang CMC yang terdiri dari 5 gardu distribusi. Pada keadaan operasi normal, semua saklar pada Gardu Hubung Palasari dan Mahameru dalam keadaan terbuka, sehingga

struktur jaringannya adalah radial. Dengan panjang saluran penyulang CMC 14,466 KMS (*kilometer-sirkuit*) (Indrajaya, 2018).

3.2 Data Kabel

Jenis penghantar yang digunakan untuk perbandingan pada saluran penyulang CMC ini ditunjukkan pada Tabel 1. Dengan nilai resistansi maupun reaktansi yang ditunjukkan dari penghantar yang digunakan berdasarkan SPLN dan IEC.

Tabel 1. Jenis Penghantar Yang Digunakan

(Indrajaya, 2018)

No	Jenis Penghantar	R (Ω/km)	X (Ω/km)
1	AAAC 300mm ²	0,111	0,4503
2	NA2XSEYBY 300mm ²	0,100	0,094

Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik, penghantar memiliki fungsi yang sangat krusial karena menentukan jumlah dan kualitas dari tenaga listrik yang disalurkan tersebut. Terdapat bermacam-macam bahan yang biasa digunakan sebagai bahan penghantar, seperti aluminium dan tembaga. Namun, dalam aplikasinya, penghantar yang terbuat dari aluminium lebih sering digunakan karena lebih murah dan lebih ringan daripada tembaga dengan besar resistansi yang tidak jauh berbeda (Hutahuruk, 1996).

3.3 Data Transformator Distribusi

Data transformator distribusi ini diambil dari data yang digunakan oleh pihak PLN dan power faktor yang biasa digunakan oleh pihak PLN antara 80%-85%. Dengan power faktor sebesar 80% (Indrajaya, 2018). Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kapasitas Transformator Distribusi

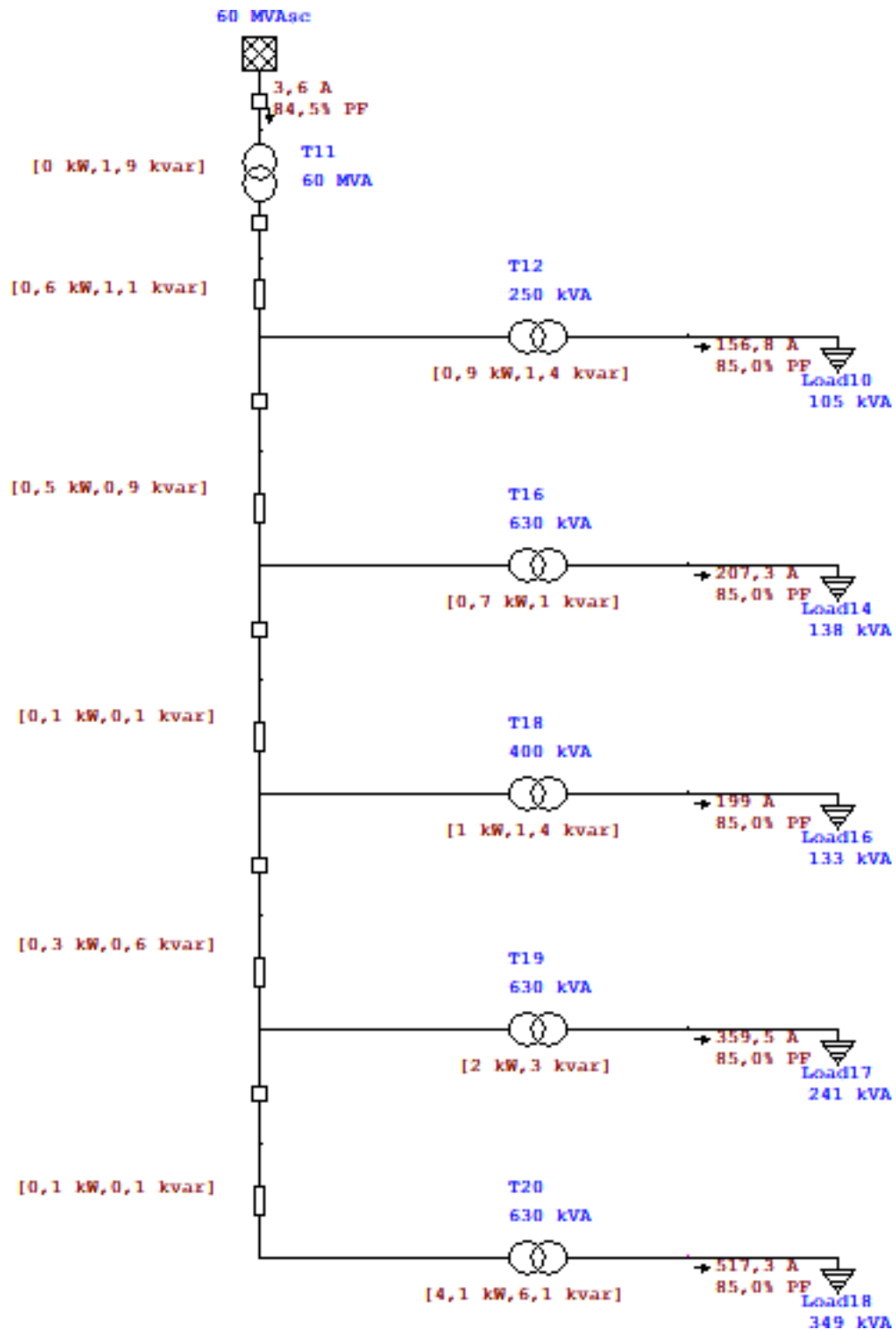
(Indrajaya, 2018)

No	Kode Gardu	Data Trafo		%pf
		Kapasitas (KVA)	Beban Puncak (KVA)	
1.	ACR	250	105	80
2.	GIBB	630	138	80
3.	NWT	400	133	80
4.	PAJA	630	241	80
5.	HDT	630	349	80

3.4 Hasil Simulasi

3.4.1 Simulasi Dengan Penghantar SUTM AAAC 300mm²

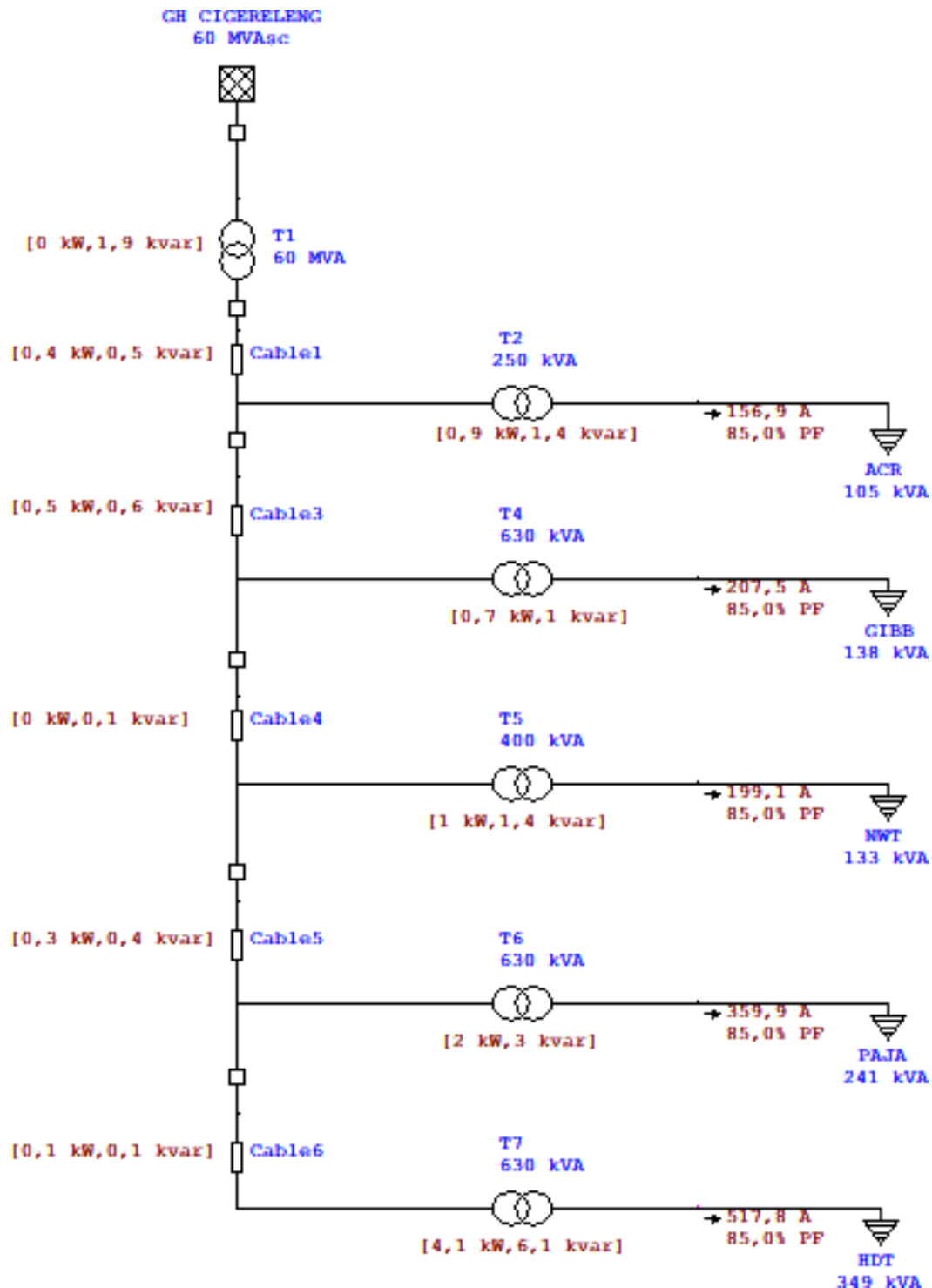
Hasil simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan penghantar SUTM AAAC 300mm² ditunjukkan pada Gambar 3. Simulasi Dengan Penghantar AAAC 300mm².



Gambar 3. Simulasi dengan Penghantar AAAC 300mm²

3.4.2 Simulasi Dengan Penghantar SKTM NA2XESYBY 300mm²

Hasil simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan penghantar SKTM NA2XESYBY 300mm² ditunjukkan pada Gambar 4. Simulasi dengan Penghantar NA2XESYBY 300mm².



Gambar 4. Simulasi dengan Penghantar NA2XESYBY 300mm²

3.5 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan yang menggunakan contoh pada gardu ACR adalah sebagai berikut: Arus dan Kapasitas Saluran:

$$S_{3\phi} = V_{L-L} \times I \times \sqrt{3}$$

$$I = \frac{S_{3\phi}}{V_{L-L} \times \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{105 \text{ k}}{380 \times \sqrt{3}} = 159,53 \text{ A}$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times 380 \times 159,53 \times 0,8 = 83999,47 \text{ W} = 83,99 \text{ kW}$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \sin \theta$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times 380 \times 159,53 \times 0,6 = 62999,6 \text{ VAR} = 62,99 \text{ kVAR}$$

Susut Daya Saluran:

$$\Delta P_{loss} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot l$$

$$\Delta P_{loss} = 3 \cdot (27,4)^2 \cdot 0,1316 \cdot 2,178$$

$$\Delta P_{loss} = 645,56 \text{ W}$$

$$\Delta P_{loss} = 0,64 \text{ kW}$$

$$\%P = \frac{0,64 \text{ k}}{83,99 \text{ k}} \times 100\% = 0,76\%$$

Drop Voltage Saluran:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot l (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 27,4 \cdot 2,178 (0,111 \times 0,8 + 0,4503 \times 0,6)$$

$$\Delta V = 37,1 \text{ V}$$

$$\%V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\%$$

$$\%V = \frac{37,1}{20000} \times 100\%$$

$$\%V = 0,18\%$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil perbandingan antara SUTM dan SKTM seperti ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Perbandingan Hasil Perhitungan SUTM dan SKTM

Saluran	Rugi-Rugi				Drop Voltage				Keterangan
	SUTM		SKTM		SUTM		SKTM		
	kW	%	kW	%	V	%	V	%	
ACR	0,64	0,76	0,58	0,69	37,1	0,18	14,09	0,07	Rugi-rugi pada SUTM lebih besar 0,07%, Drop Voltage SUTM lebih besar 0,11%
GIBB	0,83	0,75	0,75	0,68	53,63	0,27	20,37	0,1	Rugi-rugi pada SUTM lebih besar 0,07%, Drop Voltage SUTM lebih besar 0,17%
NWT	0,09	0,08	0,08	0,07	6,87	0,03	2,61	0,01	Rugi-rugi pada SUTM lebih besar 0,01%, Drop Voltage SUTM lebih besar 0,02%
PAJA	0,61	0,32	0,55	0,28	57,46	0,29	21,83	0,11	Rugi-rugi pada SUTM lebih besar 0,04%, Drop Voltage SUTM lebih besar 0,18%
HDT	0,101	0,04	0,091	0,03	16,31	0,08	6,19	0,03	Rugi-rugi pada SUTM lebih besar 0,01%, Drop Voltage SUTM lebih besar 0,05%

Dari Tabel 3. didapat bahwa selisih nilai rugi-rugi dan *drop voltage* pada SUTM lebih besar dibandingkan dengan SKTM. Hal ini diakibatkan nilai impedansi SKTM lebih kecil sehingga rugi-rugi dan *drop voltage* pada SKTM lebih kecil, sedangkan untuk SUTM rugi-rugi dan *drop voltage* lebih besar akibat adanya nilai impedansi yang besar sepanjang jaringan. Sehingga berdasarkan hasil analisis diatas SKTM lebih baik digunakan dari pada SUTM.

Dengan merujuk pada SPLN 1:1978 bahwa rugi-rugi yang diizinkan hanya sebesar 2% dan SPLN 72:1978 bahwa *drop voltage* yang diizinkan yaitu sebesar 5%, maka saluran SUTM dan SKTM pada penyulang CMC masih memenuhi standar yang diizinkan. Sehingga penyulang CMC ini masih dapat dilakukan penambahan beban atau pengembangan di masa yang akan datang.

4. KESIMPULAN

Perbandingan evaluasi nilai perhitungan susut daya dan jatuh tegangan pada jaringan tegangan menengah 20 kV pada penyulang CMC dengan saluran ACR, GIBB, NWT, PAJA, HDT dengan nilai susut daya untuk SUTM masing-masing 0,76%, 0,75%, 0,08%, 0,55%, 0,091% dan SKTM masing-masing 0,69%, 0,68%, 0,07%, 0,28%, 0,03% sedangkan untuk jatuh tegangan pada SUTM masing-masing 0,18%, 0,27%, 0,03%, 0,29%, 0,08% dan SKTM masing-masing 0,07%, 0,1%, 0,01%, 0,11%, 0,03%. Hasil evaluasi tersebut memiliki selisih nilai susut daya masing-masing 0,07%, 0,07%, 0,01%, 0,04%, 0,01% sedangkan untuk jatuh tegangan dengan memiliki selisih nilai masing-masing 0,11%, 0,17%, 0,02%, 0,18%, 0,05%. Hal ini didapat bahwa selisih nilai rugi-rugi dan jatuh tegangan pada SUTM lebih besar dibandingkan dengan SKTM.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kuwahara, & Arismunandar. (1993). *Teknik Tenaga Listrik Jilid III*. Jakarta: PT.Prayana.
- Binilang, R. B., Tumaliang, H., & Lisi, F. (2017). Studi Analisa Rugi Daya pada Saluran Distribusi Primer 20 kV di Kota Tahuna. *Teknik Elektro dan Komputer*, 69-78.
- Cekdin, C. (2013). *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Dewi R, A. Y., & Fauzan. (2012). Perencanaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV pada Komplek Perkebunan AMP (Agra Masang Perkasa) Bawan Lubuk Basung. *Teknik Elektro ITP*, 34-43.
- Hadisantoso, F. S. (2016). Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan. *ELEKTRA*, 42-53.
- Hutahuruk, T. (1996). *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Indrajaya, A. (2018). Studi Aliran Daya pada Saluran Distribusi 20 kV di Kota Bandung.

Analisis Perbandingan Susut Daya dan Jatuh Tegangan pada
Saluran Distribusi dan Kabel Tegangan Menengah 20 kV

TELKA, 121-131.

Jivanly. (2019). *Evaluasi Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Feeder Bojo PT. PLN (PERSERO) Rayon Mattirotasi*. Manado: Politeknik Negeri Manado.

Marniati, Y., & Hanifatulah, Q. A. (2018). Evaluasi Susut Daya Penyulang Cendana 20 kV pada Gardu Induk Bungaran dengan ETAP 12.6. *Teknik Elektro ITP*, 79-93

Salim, A., Sultan, A. R., & Akmal, A. (2016). Analisis Perbandingan Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) dan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM). *ELEKTRIKA*, 195-212.