

Jurnal Ilmiah

ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

RANCANG BANGUN PEMROGRAMAN BERBASIS SISTEM CERDAS UNTUK PENGATURAN PENGISIAN BATERE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Dhami Johar Damiri; Supriadi Legino; Hakimul Batih

KARAKTERISTIK PEMAKAIAN TENAGA SURYA PADA MODUL SOLAR SMART SEBAGAI IMPLEMENTASI DARI LISTRIK KERAKYATAN

Muchamad Nur Qosim; Isworo Pujotomo

PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI DAN RASIO PADA TRAFU PS T15 PT INDONESIA POWER UP MRICA

Andi Makkulau; Nurmiati Pasra; Rifaldi Riska Siswanto

ANALISIS DROP TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PROGRAM ETAP

Tri Joko Pramono; Erlina; Soetjipto Soewono; Fatimah

KAJIAN SISTEM KINERJA PLTS OFF-GRID 1 kWp DI STT-PLN

Tony Koerniawan; Aas Wasri Hasanah

PROSES PERAKITAN DAN PENGUJIAN KUBIKEL SM6 VACUUM CIRCUIT BREAKER 20 kV DI PT. GALLEON CAHAYA INVESTAMA

Juara Mangapul Tambunan; Achmad Wiro Munajich

MENYUSUTKAN RUGI – RUGI DAYA PADA PENYULANG MTL DAN PENYULANG BJM DENGAN MEREKONFIGURASI JARINGAN TEGANGAN MENENGAH

Novi Gusti Pahiyanti; Sigit Sukmajati; Tri Sutrisno Rosyadi

ANALISA PERBANDINGAN UNJUK KERJA PEMAKAIAN BAHAN BAKAR MOTOR KONVENSIONAL DENGAN MOTOR LISTRIK ULC PLN AREA CENGKARENG

Tasdik Darmana; Oktaria Handayani; Halim Rusjdi

ANALISA NILAI SAIDI SAIFI SEBAGAI INDEKS KEANDALAN PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK PADA PENYULANG CAHAYA PT. PLN (PERSERO) AREA CIPUTAT

Ibnu Hajar; Muhammad Hasbi Pratama

PEMBAGIAN PEMBANGKITAN SISTEM PEMBANGKIT TERMAL PADA KONDISI BEBAN YANG BERUBAH TERHADAP WAKTU MENGGUNAKAN QUADRATIC PROGRAMMING

Yoakim Simamora; Samsurizal; Zalmahdi

ANALISIS KELAYAKAN TURBIN ANGIN KECEPATAN RENDAH TIPE NT1000W DI WILAYAH TERPENCIL

Zainal Arifin; Heri Suyanto; Hastuti Aziz

ISSN 1979-0783



9 771979 078352

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN

VOL.10

NO. 1

HAL. 1 - 93

JANUARI - JUNI 2018

ISSN 1979-0783

ANALISIS DROP TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PROGRAM ETAP

Tri Joko Pramono¹⁾; Erlina²⁾; Soetjipto Soewono³⁾; Fatimah⁴⁾

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

¹erlina@sttpln.ac.id; ²tri.joko@sttpln.ac.id; ³stsoewono@yahoo.com;

⁴fatimah12776@gmail.com

Abstract : *Distribution system is very important in the distribution of electric power to the load. Therefore, a good and efficient distribution system is needed. The underlying cause of poor electric power distribution system is the amount of voltage drop values in the existing system. In the electric power distribution, 20 kV medium-voltage and 380/220V low voltage networks are used. The distribution system of Gandum Feeder in Angke Substation uses medium-voltage network with Underground Cable channel. They are used because of the towering buildings and the dense population in the area. It is known that the longest the channel and the load current are, the greater the voltage drop. From the result of the voltage drop calculation of Feeder Gandum in Angke Substation, which uses manual calculation and ETAP 12.6.0 program, it showed a slight difference in the result. The result of the voltage drop obtained from manual calculation showed that the percentage value of voltage is 1,94%, while the result obtained from ETAP 12.6.0 program showed that the percentage value is 2,01% These results are still in the PLN standard, because it has not exceeded the specified standard that is -10% of its nominal voltage.*

Keywords : *Voltage Drop, ETAP 12.6, Channel Length, Load Current, Underground Cable*

Abstrak : *Sistem distribusi sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik ke beban, maka sistem distribusi yang baik dan efisien sangat diperlukan. Faktor yang bisa menyebabkan kurang baiknya sistem distribusi tenaga listrik adalah besarnya nilai drop tegangan dalam sistem distribusi yang telah ada. Dalam distribusi tenaga listrik digunakan jaringan tegangan menengah 20 kv dan tegangan rendah 380 /220 V. Sistem distribusi di Gardu Induk Angke Penyulang Gandum menggunakan jaringan tegangan menengah dengan saluran kabel bawah tanah (Underground Cable). Hal ini digunakan karena banyaknya bangunan yang menjulang tinggi serta padatnya penduduk pada daerah tersebut. Dan diketahui bahwa semakin panjang saluran serta arus beban yang digunakan maka akan semakin besar nilai Drop tegangan. Dari hasil perhitungan Drop tegangan pada Penyulang Gandum di Gardu Induk Angke menggunakan perhitungan manual dan perhitungan dengan simulasi program ETAP 12.6.0 menunjukkan perbedaan hasil yang sedikit. Hasil Drop tegangan yang di dapat dari perhitungan manual paling besar dengan nilai prosentase tegangan 1,94%, sedangkan untuk hasil yang di dapat menggunakan program ETAP 12.6.0 paling besar dengan nilai prosentase tegangan 2,01%. Ini masih dalam standar PLN karena belum melebihi standar yang ditentukan yaitu sebesar -10% dari tegangan nominalnya.*

Kata kunci : *Drop Tegangan, ETAP 12.6, Panjang saluran, Arus Beban, kabel bawah tanah*

I. PENDAHULUAN

Pada sistem ketenagalistrikan, susut teknis distribusi dipengaruhi oleh panjang jaringan. Susut teknis distribusi atau *drop*

tegangan merupakan salah satu ukuran efisien atau tidak efisiensinya suatu sistem pendistribusian tenaga listrik. Untuk meningkatkan efisiensi pendistribusian tersebut perlu dilakukan penekanan susut

teknis distribusi. Suatu sistem penyaluran sistem tenaga listrik baik memakai sistem transmisi, sub transmisi maupun distribusi ada kemungkinan besar akan terjadi *drop* tegangan.

Drop tegangan dapat juga terjadi karena penghantar yang digunakan mempunyai tahanan. Oleh karena itu, penyaluran jarak jauh sangat memungkinkan terjadinya drop tegangan, sehingga tegangan dan arus listrik banyak yang hilang. Salah satu persyaratan penting dalam merencanakan suatu jaringan harus diperhatikan masalah kualitas saluran, dan kontinuitas pelayanan yang baik terhadap konsumen.

Susut teknis distribusi atau drop tegangan merupakan salah satu ukuran efisien atau tidak efisiensinya suatu sistem pendistribusian tenaga listrik. Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh terjadi dikarenakan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh V pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika panjang saluran semakin besar pula. Tujuan penelitian yang hendak adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya jatuh tegangan serta pengaruh yang terjadi akibat adanya jatuh tegangan.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Peralatan Sistem Distribusi

Jaringan distribusi yang baik adalah jaringan yang memiliki perlengkapan dan peralatan yang cukup lengkap, baik itu peralatan guna konstruksi maupun peralatan proteksi. Untuk jaringan distribusi sistem saluran udara, peralatan proteksi dipasang di atas tiang-tiang listrik berdekatan dekat letak pemasangan trafo, perlengkapan utama pada sistem distribusi tersebut antara lain:

1. Tiang Berfungsi : Untuk meletakkan penghantar serta perlengkapan sistem seperti *transformator*, *Fuse*, *isolator*, *arrester*, *recloser* dan sebagainya. Tiang dibagi menjadi 3 jenis yaitu tiang kayu, besi dan beton sesuai dengan fungsi bawah tanah.

2. Penghantar : Berfungsi sebagai penyalur arus listrik dari trafo daya pada gardu induk ke konsumen. Kebanyakan penghantar yang digunakan pada sistem distribusi. Begitu juga dengan beberapa kawat jaringan bawah tanah.
3. Kapasitor : Berfungsi untuk memperbesar factor daya pada sistem penyaluran.
4. *Recloser* : Berfungsi untuk memutuskan saluran secara otomatis ketika terjadi gangguan dan akan segera menutup kembali beberapa waktu kemudian sesuai dengan *setting* waktunya. Biasanya alat ini disetting untuk dua kali bekerja, yaitu dua kali pemutusan dan dua kali penyambungan. Apabila hingga kerja *recloser* yang kedua keadaan masih membuka dan menutup, berarti telah terjadi gangguan permanen.
5. Fuse : Berfungsi untuk memutuskan saluran apabila terjadi gangguan beban lebih maupun adanya gangguan hubung singkat.
6. PMT : Berfungsi untuk memutuskan saluran secara keseluruhan pada tiap out put. Pemutusan dapat terjadi karena adanya gangguan sehingga secara otomatis PMT akan membuka ataupun secara manual diputuskan karena adanya pemeliharaan jaringan.
7. Transformator : Berfungsi untuk menurunkan level tegangan sehingga sesuai dengan tegangan kerja yang diinginkan.
8. Arrester : Berfungsi meneruskan arus atau tegangan lebih ke tanah bila terjadi surja yang mengalir pada kawat penghantar dan sebagai isolasi arus atau tegangan tersebut bila pada keadaan operasi manual.
9. Isolator : Berfungsi untuk melindungi kebocoran arus dari penghantar ke tiang maupun ke penghantar lainnya. Perlengkapan-perengkapan di atas sangat penting keberadaannya, terutama untuk peralatan proteksi. Agar dapat bekerja dengan baik dan terjaminnya kontinuitas pelayanan, maka harus dilakukan pemeliharaan secara rutin untuk mengetahui kerusakan dan kehandalan dari masing-masing peralatan tersebut.

2.2 Jatuh Tegangan Menengah

Panjang sebuah jaringan tegangan menengah (JTM) dapat didesain dengan mempertimbangkan *drop* tegangan (*Voltage Drop*). *Drop* tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Jatuh tegangan selalu terjadi pada jaringan, baik pada pelanggan maupun pada perusahaan listrik. Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim (*sending end*) dan tegangan pada sisi terima (*receiving end*).

Dengan semakin besar pula perbedaan nilai tegangan yang ada pada sisi kirim dengan yang ada pada sisi terima. Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah. Di dalam saluran transmisi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan sehingga harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Berdasarkan dari standar SPLN 1 : 1978, dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan, sebagian akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya. Besarnya rugi tegangan pada saluran transmisi tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Analisa Kebutuhan

Pengertian metode penelitian adalah suatu metode ilmiah yang memerlukan sistematika dan prosedur yang harus ditempuh dengan tidak mungkin meninggalkan setiap unsur komponen yang diperlukan dalam suatu penelitian (Mardalis, 2010). Sedangkan menurut (Sulisyo-Basuki, 2006) metode penelitian merupakan cara teknis tentang metode yang digunakan dalam penelitian.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif,

karena jenis data dapat dihitung secara langsung, yang dapat berupa informasi atau penjelasan yang dinyatakan dengan bilangan atau berbentuk angka (Sugiyono, 2012). Penelitian kuantitatif digunakan apabila masalah merupakan penyimpangan antara yang seharusnya dengan yang terjadi, antara aturan dengan pelaksanaan, antara praktek dan teori, antara rencana dengan pelaksanaan. Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disebutkan, penelitian menggunakan jenis metode kuantitatif untuk mengevaluasi nilai drop tegangan / jatuh tegangan menengah pada penyulang gandum dengan menghitung nilai jatuh tegangan secara manual dan dengan menggunakan simulasi program ETAP 12.6.0.

3.2 Teknik Analisis

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif diperlukan beberapa rumus untuk perhitungannya, dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data, mulai dari data panjang saluran, impedansi penghantar, arus beban, kapasitas dan beban trafo pada bulan februari 2017 dan mencari referensi tentang standar yang diatur oleh PT.PLN (Persero) pada SPLN No.72 Tahun 1287.
2. Mengevaluasi jatuh tegangan menengah pada penyulang gandum dengan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan program ETAP 12.6.0.
3. Menghitung jatuh tegangan dengan perhitungan manual:
Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan satu, maka berikut ini akan diuraikan cara perhitungannya. Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan beban-bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor dayanya ($\cos \phi$) antara 0,6 s/d 0,85.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan Hasil Pengamatan

Sebelum melakukan perhitungan dan analisa jatuh tegangan, terlebih dahulu kita perlu mengetahui data yang diperlukan. Untuk kasus ini data yang diperlukan diantaranya adalah, Single line diagram penyulang gandum, arus beban, panjang saluran, jenis kabel impedansi penghantar.

Data transformator Gardu Induk Angke penyulang gandum secara umum adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas Transformator : 60 MVA
2. Primer : 20 kV
3. Sekunder : 0,4 kV
4. $\cos \phi$: 0.85
5. Panjang jaringan : 9745 ms

Tabel 1. Spesifikasi resistansi dan kapasitansi

Ukuran	Resistansi (Ω/Km)	Induktansi (mH/km)	Kapsitansi ($\mu\text{F}/\text{km}$)
NA2XSEYBY 3x300 mm ²	0,0601	0,268	0,344
NA2XSEYBY 3x240 mm ²	0,0754	0,275	0,314

Tabel 2. Data Panjang Saluran

No	Segmen	Panjang Kabel (ms)	Jenis Kabel
1	GI - MK 58	3176	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
2	MK 58 - TA 28	1109	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
3	TA 28 - KPK 47 P	551	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
4	KPK 47 P - TA 10 1	107	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
5	KPK 47 P - TA 10 2	107	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
6	TA 10 2 - TA 2 1	992	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
7	TA 10 2 - TA 2 2	992	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
8	TA 2 2 - MK 125	114	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
9	MK 125 - MK 309	143	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
10	MK 309 - KPK 50 P	380	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
11	KPK 50 P - MK 223	110	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
12	MK 223 - KPK 38 G	606	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
13	KPK 38 G - KPK 44 G	211	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
14	KPK 44 G - TA 32	134	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
15	TA 32 - MK 146	455	NA2XSEYBY 3x240 mm ²
16	MK 146 - MK 100	157	NA2XSEYBY 3x240 mm ²

Tabel 3. Data Arus Beban

No	Gardu Distribusi	Trafo	Arus Beban (A)
1	MK 309	MK309-1	405,3
2	MK 223	MK223-1	337,7
3	MK 58	MK58-1	59,47
4	TA 28	TA28-1	315
5	TA 2	TA2-2	298,8
6	TA 2	TA2-1	303,1
7	TA 10	TA10-2	353,6
8	TA 10	TA10-1	222,3
9	MK 125	MK125-1	96,13
10	TA 32	TA32-1	562,9
11	MK 146	MK146-1	310,3
12	KPK 38 G	KPK38 G-1	243,9
13	KPK 50 P	KPK50P-1	317,5
14	KPK 44 G	KPK44G-1	120,5
15	KPK 47 P	KPK47P-1	40,7
16	MK 100	MK100-1	329,1

4.2 Konsep Simulasi ETAP 12.6.0 Power Station

ETAP merupakan program analisa grafik transient kelistrikan yang dapat dijalankan dengan menggunakan program Microsoft® Windows® 2000, XP, Vista, 7, dan 8. ETAP merupakan alat analisa yang komprehensif untuk desain dan testing power sistem. Program ETAP dibuat oleh perusahaan Operation Technology, Inc (OTI) dari tahun 1983. ETAP versi 12.6.0 merupakan salah satu produk OTI. Tujuan program ETAP 12.6.0 dibuat adalah untuk memperoleh perhitungan dan analisis sistem tenaga pada sistem yang besar menggunakan komputer.

ETAP mempunyai kemampuan untuk menghitung analisa:

- Load Flow Analysis*
- Short Circuil Analysis*
- Harmonic Analysis*
- Transient Stability Analysis*
- Relay Coordination*
- Optimal Power Flow Analysis*
- Reliabilily Analysis*
- DC Load Flow Analysis*
- DC Short Circuit Analysis*
- Battery Sizing*
- Cable Raceways*
- Ground Grid*

ETAP memungkinkan penggunaanya dengan mudah untuk membuat dan mengedit *Single Line Diagram* (SLD), sistem kabel bawah tanah, sistem kabel tiga dimensi, dan grounding grid tiga

dimensi. Program ini didesain dengan tiga konsep utama, yaitu :

1. Operasi Nyata Secara Virtual (*Virtual Reality Operation*)

Pengoperasian program ini menyerupai dan mendekati system kelistrikan yang ada pada kenyataan. Seperti ketika menutup dan atau membuka CB, menempatkan elemen yang rusak, mengganti status operasi motor dan lain sebagainya. ETAP versi. 12.6.0 memasukan konsep-konsep baru untuk menentukan koordinasi peralatan pengaman secara langsung dari *single line diagram*.

2. Data Gabungan Total (*Total Integration Data*)

ETAP menggabungkan pemikiran elektrik, mekanika, dan yang berkaitan dengan listrik dari unsur yang terdapat pada system dalam database yang sama. Sebagai contoh: sebuah kabel, tidak hanya terdiri dari data peralatan listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang mengindikasikan jalur yang dilalui. Gabungan data-data ini menyediakan konsistensi system secara keseluruhan dan menghapus data yang sama untuk elemen yang sama.

3. Kesederhanaan dalam memasukkan data (*Simplicity in Data Entry*)

ETAP membuat alur dari data terperinci untuk setiap peralatan kelistrikan yang kadang hanya membutuhkan satu jenis pemasukan data. Data editor dapat mempercepat proses pemasukan data dengan permintaan data minimum untuk pembelajaran tertentu. Untuk mencapai tujuan ini, ETAP telah

membangun struktur *editor* properti dengan cara yang paling logis untuk memasukkan data untuk berbagai jenis analisis atau desain.

Single line diagram ETAP terdiri dari sejumlah fitur yang membantu dalam membangun jaringan yang kompleks dan banyak. Sebagai contoh : masing– masing elemen dapat memiliki orientasi, ukuran dan simbol yang ditampilkan (IEC atau ANSI) yang berbeda – beda. Pada *single line diagram* juga dapat ditempatkan peralatan proteksi yang jamak antara cabang sirkit dan bus. Hal yang perlu dilakukan selanjutnya adalah memasukkan data – data peralatan seperti *power grid*, trafo, bus, kabel, dan lain – lain. Semakin tepat data sesuai spesifikasi peralatan dan kondisi aktualnya, maka hasil simulasi juga mendekati valid.

Data Power Grid

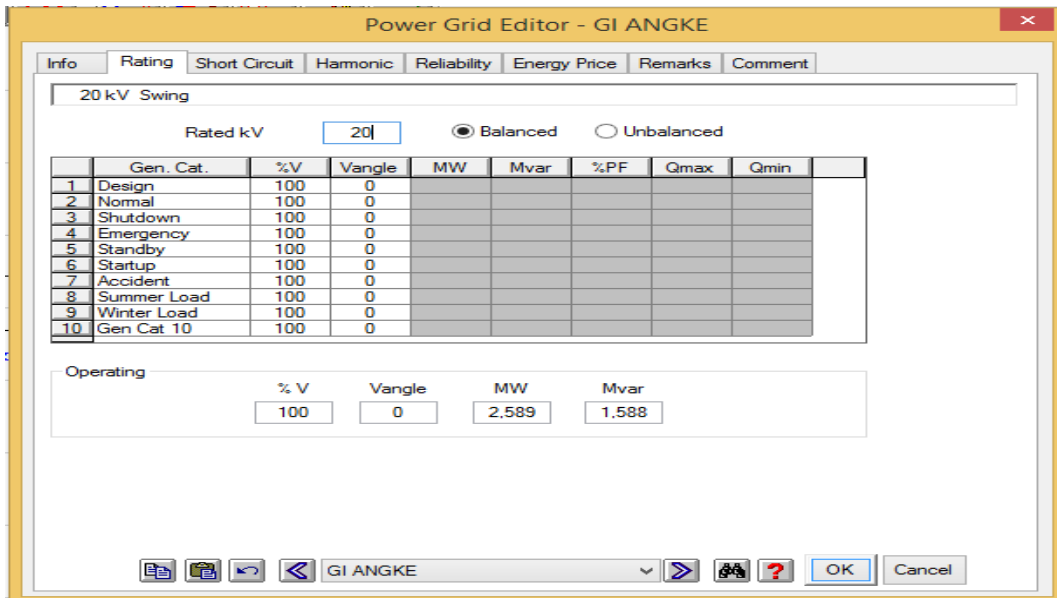
Data power grid yang dibutuhkan untuk analisa aliran daya dan arus hubung singkat adalah :

- ID *Power Grid*
- Mode operasi (swing, kontrol tegangan, kontrol Mvar, atau control PF)
- Nominal Kv
- %V dan sudut untuk mode swing
- 3 fasa MVAsc dan X/R rasio

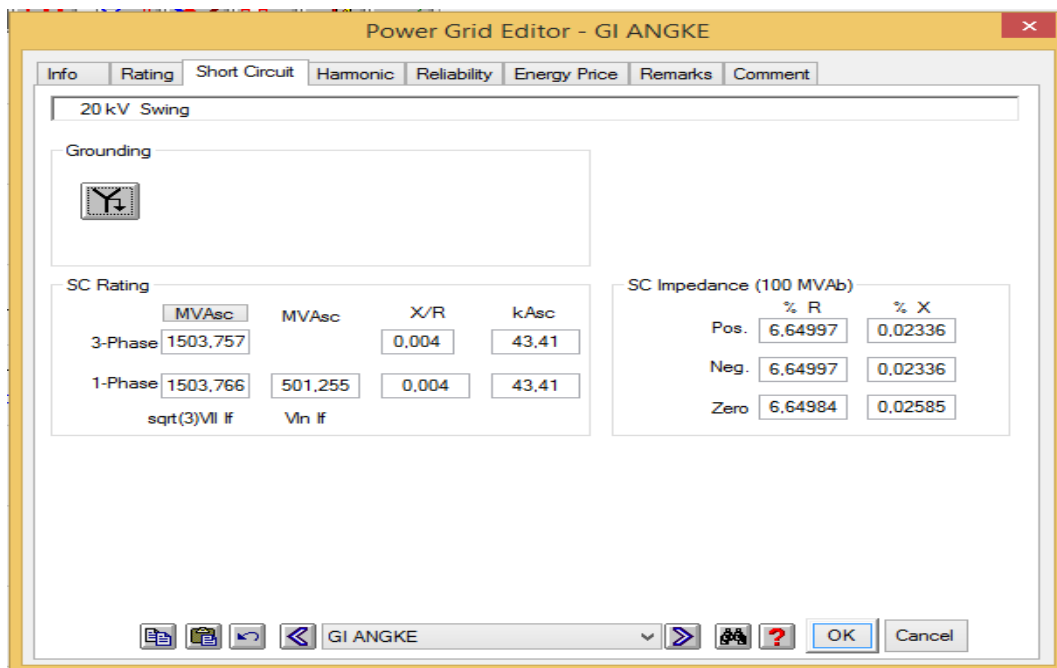
Data yang diterima penulis pada proyek ini adalah :

- Rating kV (U_n) = 20kV
- Fault Level (S_f) = 60 MVA
- X/R rasio = 5

Berikut adalah tampilan memasukkan parameter *power grid* pada ETAP.



Gambar 1. Inputan data rating Power Grid pada ETAP



Gambar 2. Inputan data Short Circuit Power Grid ETAP

Data Transformer

Data transformer yang dibutuhkan untuk analisa aliran daya dengan ETAP 12.6 adalah :

- ID transformer
- Transformer rating kV dan MVA
- Tegangan kV di sisi primer dan sekunder
- Impedansi (%Z dan X/R)
- Fixed tap (%tap)

Data transformer yang diterima penulis pada proyek ini adalah :

- Tegangan primer = 20 kV
- Tegangan sekunder = 0,4 kV
- Impedansi (Z) = 5 %
- X/R rasio = 3,87

Berikut adalah tampilan element editor untuk memasukkan parameter transformer.

630 kVA IEC Liquid-Fill ONAN/ONAF 65 C				20	0,4 kV
Voltage Rating				Z Base	
	kV	FLA	FLA	kVA	
Prim.	20	18,19	18,19	630	
Sec.	0,4	909,3	909,3		
		ONAN 65	ONAF 65		
Power Rating				Alert - Max	
kVA				kVA	
Rated	630	630	<input type="radio"/> Per Standard <input checked="" type="radio"/> User-Defined		
		ONAN 65	ONAF 65	630	
Derated	630	630	<input type="radio"/> Derated kVA <input checked="" type="radio"/> User-Defined		
				Installation	
				Altitude	
				3300 ft	
				Ambient Temp.	
				30 °C	
				MFR	
Type / Class					
Type	Sub Type		Class	Temp. Rise	
Liquid-Fill	Other		ONAN/ONAF	65	

Gambar 3. Inputan data rating Trafo TR-01

630 kVA IEC Liquid-Fill ONAN/ONAF 65 C				20	0,4 kV
Impedance				Z Base	
	%Z	X/R	R/X	kVA	
Positive	4	1,5	0,667	630	
Zero	4	1,5	0,667	ONAF 65	
Z Variation				Z Tolerance	
@	-5 % Tap	%Z	% Z Variation	+	
		4	0	0 %	
@	5 % Tap	%Z	% Z Variation	-	
		4	0	0 %	
No Load Test Data (Used for Unbalanced Load Flow only)					
	% FLA	kW	% G	% B	
Positive	0	0	0	0	
Zero	0	0	0	0	
<input type="checkbox"/> Buried Delta Winding <input type="button" value="Zero Seq. Impedance"/> <input type="button" value="Typical Value"/>					

Gambar 4. Inputan data impedansi Trafo TR-01

Data Bus

Data bus yang dibutuhkan untuk analisa aliran daya dan arus hubung singkat dengan ETAP 12.6 adalah :

- ID bus
- Nominal kV

Gambar 5. Inputan data bus info pada ETAP

Data Beban Statis

Data beban statis yang dibutuhkan untuk analisa aliran daya dengan ETAP 12.6.0 adalah :

- ID beban statis
- Rating kVA/MVA dan kV
- Faktor daya
- %loading untuk kategori beban yang diinginkan

		Motor Load			Static Load	
	Loading Category	% Loading	kW	kvar	kW	kvar
1	Design	100	19,18	11,88	4,79	2,97
2	Normal	100	19,18	11,88	4,79	2,97
3	Brake	0	0	0	0	0
4	Winter Load	0	0	0	0	0
5	Summer Load	0	0	0	0	0
6	FL Reject	0	0	0	0	0
7	Emergency	0	0	0	0	0
8	Shutdown	0	0	0	0	0

Gambar 6. Inputan data loading beban statis pada ETAP

4.2 Pembahasan

4.2.1 Perhitungan Drop Tegangan Pada Penyulang Gandum Menggunakan Rumus

Drop tegangan atau biasa di sebut Voltage Drop merupakan selisih antara tegangan sekunder dari trafo (tegangan kirim) dengan tegangan yang diterima. Perhitungan drop tegangan berdasarkan data pengukuran yang dihitung dari titik sumber sampai ke titik yang dihitung (titik beban) sesuai dengan panjang penyulang dengan menggunakan persamaan.

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos \phi + X \sin \phi) / 1000 \quad (4.1)$$

Besar persentasi drop tegangan pada saluran transmisi dapat dihitung dengan :
 $\% \Delta V = \Delta V / V \times 100\% \quad (4.2)$

Maka dari persamaan diatas perhitungann drop tegangan sebagai berikut :

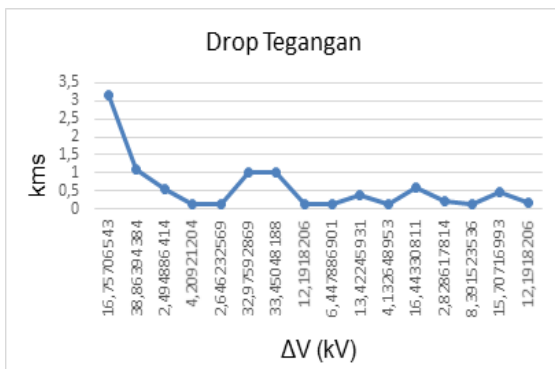
$$\text{Nilai } \cos \phi = 0,85 \text{ dan } \sin \phi = 0,50$$

Hasil perhitungan drop tegangan dengan rumus diatas akan dimasukkan dalam tabel di bawah ini :

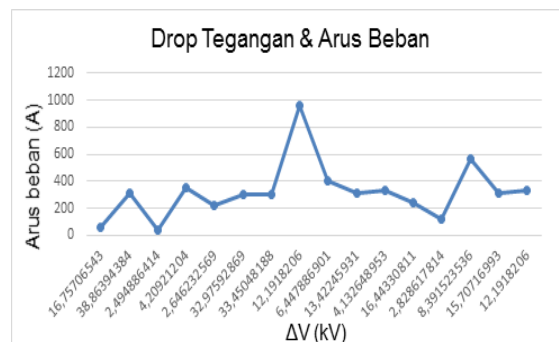
Tabel 4. Hasil perhitungan manual drop tegangan

No	Segmen	Panjang Kabel (ms)	Arus Beban (A)	ΔV (kV)	ΔV %
1	GI - MK 58	3176	59,47	16,75706543	0,83785322
2	MK 58 - TA 28	1109	315	38,86394384	1,94319712
3	TA 28 - KPK 47 P	551	40,7	2,494886414	0,12474431
4	KPK 47 P - TA 10 1	107	353,6	4,20921204	0,21046062
5	KPK 47 P - TA 10 2	107	222,3	2,646232569	0,13231168
6	TA 10 2 - TA 2 1	992	298,8	32,97592869	1,64879644
7	TA 10 2 - TA 2 2	992	303,1	33,45048188	1,67252404
8	TA 2 2 - MK 125	114	96,13	12,1918206	0,6095913
9	MK 125 - MK 309	143	405,3	6,447886901	0,32239435
10	MK 309 - KPK 50 P	380	317,5	13,42245931	0,67112296
11	KPK 50 P - MK 223	110	337,7	4,132648953	0,20663248
12	MK 223 - KPK 38 G	606	243,9	16,44330811	0,82216545
13	KPK 38 G - KPK 44 G	211	120,5	2,828617814	0,14143081
14	KPK 44 G - TA 32	134	562,9	8,391523536	0,41957617
15	TA 32 - MK 146	455	310,3	15,70716993	0,78535846
16	MK 146 - MK 100	157	329,1	12,1918206	0,60959103

Dari tabel 4. hasil perhitungan drop tegangan dapat di buat grafik di bawah ini:



Gambar 7. Grafik perhitungan manual drop tegangan penyulang gandum (KMS/ ΔV (kV))



Gambar 8. Grafik perhitungan manual drop tegangan pada penyulang gandum (Arus (A)/ ΔV (kV))

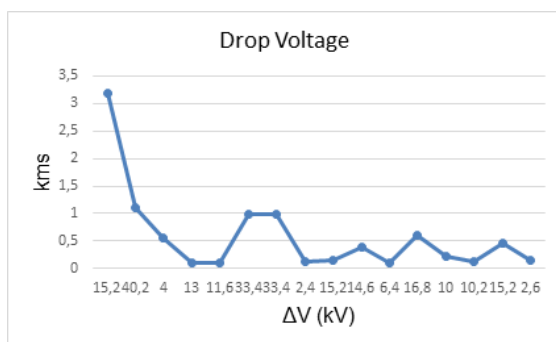
4.2.2 Perhitungan Drop Tegangan Pada Penyulang Pagentenan Menggunakan Program ETAP 12.6.0

Hasil perhitungan drop tegangan dengan program ETAP 12.6.0 diatas akan dimasukkan dalam tabel di bawah ini :

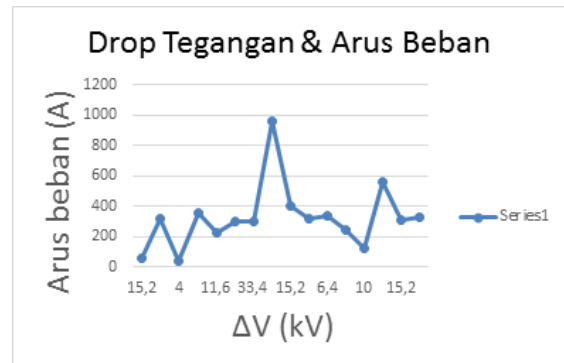
Tabel 5. Hasil drop tegangan menggunakan program ETAP 12.6.0

No	Segmen	Panjang Kabel (ms)	Arus Beban (A)	ΔV (kV)	ΔV %
1	GI - MK 58	3176	59,47	15,2	0,76
2	MK 58 - TA 28	1109	315	40,2	2,01
3	TA 28 - KPK 47 P	551	40,7	4	0,2
4	KPK 47 P - TA 10 1	107	353,6	13	0,65
5	KPK 47 P - TA 10 2	107	222,3	11,6	0,58
6	TA 10 2 - TA 2 1	992	298,8	33,4	1,67
7	TA 10 2 - TA 2 2	992	303,1	33,4	1,67
8	TA 2 2 - MK 125	114	961,3	2,4	0,12
9	MK 125 - MK 309	143	405,3	15,2	0,76
10	MK 309 - KPK 50 P	380	317,5	14,6	0,73
11	KPK 50 P- MK 223	110	337,7	6,4	0,32
12	MK 223 - KPK 38 G	606	243,9	16,8	0,84
13	KPK 38 G - KPK 44 G	211	120,5	10	0,5
14	KPK 44 G - TA 32	134	562,9	10,2	0,51
15	TA 32 - MK 146	455	310,3	15,2	0,76
16	MK 146 - MK 100	157	329,1	2,6	0,13

Dari tabel 5. hasil perhitungan drop tegangan dengan program ETAP 12.6.0 dapat di buat grafik di bawah ini :



Gambar 9. Grafik perhitungan drop tegangan penyulang gandum dengan menggunakan program ETAP 12.6.0 (KMS/ ΔV (kV))



Gambar 10. Grafik perhitungan drop tegangan pada penyulang gandum dengan menggunakan program ETAP 12.6.0 (Arus (A)/ ΔV (kV))

4.2.3 Perbedaan Hasil Perhitungan Manual Dengan Perhitungan Menggunakan Program ETAP 12.6.0

Dari perhitungan manual dan program ETAP 12.6.0 didapatkan hasil drop tegangan sebagai berikut :

Tabel 6. Perbandingan drop tegangan secara perhitungan manual dengan program ETAP 12.6.0

No	Segmen	Panjang Kabel (ms)	Perhitungan Simulasi ETAP 12.6 ΔV %	Perhitungan Manual ΔV %
1	GI - MK 58	3176	0,76	0,83785327
2	MK 58 - TA 28	1109	2,01	1,94319719
3	TA 28 - KPK 47 P	551	0,2	0,12474432
4	KPK 47 P - TA 10 1	107	0,65	0,2104606
5	KPK 47 P - TA 10 2	107	0,58	0,13231162
6	TA 10 2 - TA 2 1	992	1,67	1,64879643
7	TA 10 2 - TA 2 2	992	1,67	1,67252409
8	TA 2 2 - MK 125	114	0,12	0,10070015
9	MK 125 - MK 309	143	0,76	0,32239434
10	MK 309 - KPK 50 P	380	0,73	0,67112296
11	KPK 50 P - MK 223	110	0,32	0,20663244
12	MK 223 - KPK 38 G	606	0,84	0,8221654
13	KPK 38 G - KPK 44 G	211	0,5	0,14143089
14	KPK 44 G - TA 32	134	0,51	0,41957617
15	TA 32 - MK 146	455	0,76	0,78535849
16	MK 146 - MK 100	157	0,13	0,10070015

4.2.4 Hasil Evaluasi Drop Tegangan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dievaluasi bahwa terjadinya *drop* tegangan pada jaringan atau saluran distribusi antara lain adalah dikarenakan pengaruh dari panjang saluran dan arus yang terdapat pada penyulang gandum, maka *drop* tegangan yang terjadi pada penyulang gandum akan semakin besar.

Selain itu nilai impedansi juga mempengaruhi besarnya *drop* tegangan yang terjadi pada penyulang gandum, dimana impedansi dipengaruhi resistansi saluran dan reaktansi saluran. Semakin besar nilai resistansi dan reaktansi dari jaringan maka *drop* tegangan yang terjadi pada penyulang gandum di gardu induk Angke akan semakin besar pula.

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa besar *drop* tegangan perhitungan manual paling besar dengan nilai prosentase tegangan 1,94% Sedangkan untuk hasil yang di dapat menggunakan program ETAP 12.6.0 paling besar dengan nilai prosentase tegangan 2,01%. Ini masih dalam standar PLN karena belum melebihi standar yang

ditentukan yaitu sebesar -10% dari tegangan nominalnya

Besarnya drop tegangan pada penyulang gandum dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan konsumen yang diakibatkan karena besarnya arus. Drop tegangan yang sangat besar di jaringan tegangan menengah juga dapat mengakibatkan trafo menjadi cepat rusak, ini dikarenakan kurangnya tegangan yang diperlukan untuk membangkitkan trafo. Jadi dalam kasus drop tegangan yang sangat dirugikan akibat besarnya jatuh tegangan yaitu PT.PLN (Persero).

V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan melalui perhitungan drop tegangan pada jaringan tegangan menengah 20 kV diambil kesimpulan antara lain, yaitu :

1. Penyebab utama terjadinya drop tegangan pada jaringan atau saluran distribusi antara lain karena adanya pengaruh besar arus yang mengalir pada saluran, panjang saluran, dan impedansi.

2. Dari hasil perhitungan manual *drop* tegangan pada penyulang gandum yang paling besar dengan nilai prosentase tegangan 1,94%, sedangkan untuk hasil yang di dapat menggunakan program ETAP 12.6.0 paling besar dengan nilai prosentase tegangan 2,01% menunjukkan perbedaan hasil yang sedikit.
3. Besar *drop* tegangan yang terjadi pada penyulang gandum masih dalam toleransi yang di berikan PLN yaitu - 10% dari tegangan nominalnya.
4. Drop tegangan yang sangat besar di jaringan tegangan menengah dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan konsumen, ini dikarenakan kurangnya tegangan yang diperlukan oleh peralatan konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djiteng Marsudi, 2006, "*Operasi Sistem Tenaga Listrik*", Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [2] Kadir Abdul, 2000 "*Distribusi Tenaga Listrik*", Universitas Indonesia, Jakarta.
- [3] Stevenson, William D. 1993. *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Turan, Gonen. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. Columbia : McGraw-Hill.
- [5] PT.PLN (Persero). 1987. *SPLN 72: "Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)"*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.