

LAPORAN PENELITIAN

**STUDI PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA
PADA PENYULANG KULIM DAN JELUTUNG DENGAN MENGGUNAKAN
APLIKASI ETAP 12.6**



OLEH :

R.M. EDY SUHERMAN

NIDN. 0230096701

MARLIYUS SUNARHATI

NIDN. 0224076201

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PALEMBANG
TAHUN 2019**

LAPORAN PENELITIAN

Judul : Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Kulim Dan Jelutung Dengan Menggunakan Aplikasi Etap 12.6

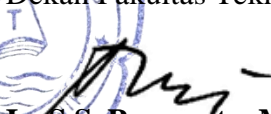
Nama Ketua Peneliti : R.M. Edy Suherman, ST., MT.
NIDN : 0230096701
Pangkat / Gol. / Jabatan : Penata Muda/ III.b /Asisten Ahli
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Telepon/HP/Faksimili : - / 081367555160
e-mail : Redisuherman67@gmail.com

Nama Anggota Peneliti : Marliyus Sunarhati, ST., MT
NIDN : 0224076201
Pangkat / Gol. / Jabatan : Penata muda/ III.a /Asisten Ahli
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Telepon/HP/Faksimili : - / 081271189222
e-mail :


Tempat Penelitian :
Waktu Penelitian : Agustus – Oktober 2019
Biaya Penelitian : Rp. 7.500.000,-
Sumber Dana : Universitas Palembang

Palembang, November 2019

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik,


Ir. S.S. Purwanto, MT.
NIDN. 0022115001

Peneliti,


R.M. Edy Suherman, ST., MT.
NIDN. 0230096701

Menyetujui,
Ketua LPPM DNPAL

Dr. Ir. Asmawati, M.Si.
NIDN. 0223056101



DAFTAR ISI

	Halaman
Daftar Isi	<i>iii</i>
Kata Pengantar	<i>iv</i>
Daftar Gambar	<i>v</i>
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1. Fungsi Pentanahan	3
2.2. Macam-macam pentanahan.....	6
2.3. Elektroda Pentanahan	10
2.4. Tahanan Jenis Tanah	10
Bab 3. Metode Penelitian	12
3.1. Sistem pentanahan gardu distribusi 20 KV dari penyulang Air saleh.....	12
3.2. Sistem jaringan distribusi	13
Bab 4. Pembahasan	14
4.1. Perhitungan tahanan pentanahan satu batang elektroda batang	14
4.2. Perbandingan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran tahanan pentanahan.....	15
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	20
5.1. Kesimpulan	20
	20
Daftar Pustaka	21

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pentanahan tanpa impedansi/langsung.....	6
Gambar 2. Pentanahan melalui tahanan	7
Gambar 3. Pentanahan titik netral dengan pentahanan coil.....	7

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena Berkat Rahmat dan Karunianya penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian yang berjudul ***“Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Kulim Dan Jelutung Dengan Menggunakan Aplikasi Etap 12.6”***

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada LPPM Universitas Palembang yang telah memberikan saran, petunjuk, motivasi dan membimbing dalam menyelesaikan penulisan Laporan Penelitian ini, serta semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Laporan Penelitian ini.

Akhirnya tidak ada yang sempurna kecuali Allah SWT. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun dalam rangka penyempurnaan Laporan Penelitian ini. Kiranya Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, November 2019

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memiliki nilai tegangan yang tidak melebihi batas toleransi serta rugi-rugi daya yang kecil. Batas toleransi yang diperbolehkan untuk suatu nilai tegangan $\pm 5\%$ dari nilai nominalnya. Nilai tegangan yang konstan akan mengoptimalkan unjuk kerja dari peralatan listrik yang digunakan oleh konsumen. Sedangkan rugi-rugi daya yang kecil akan menjaga pasokan daya listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen, serta dapat mengurangi kerugian financial yang terjadi selama proses transmisi dan distribusi.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi terbaik dalam proses perbaikan tegangan dan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi. Sehingga dengan melakukan proses perbaikan tersebut akan dapat menjaga tegangan tetap bernilai konstan serta dapat mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi..

1.3. Manfaat Penelitian

Perbaikan kualitas tegangan pada jaringan distribusi dilakukan dengan melakukan penggantian kabel penyulang pada jaringan distribusi

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Proses perbaikan tegangan hanya dilakukan pada sisi tegangan menengah dan rendah jaringan distribusi penyulang Kulim dan Jelutong.
2. Proses perbaikan disimulasikan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6

BAB II

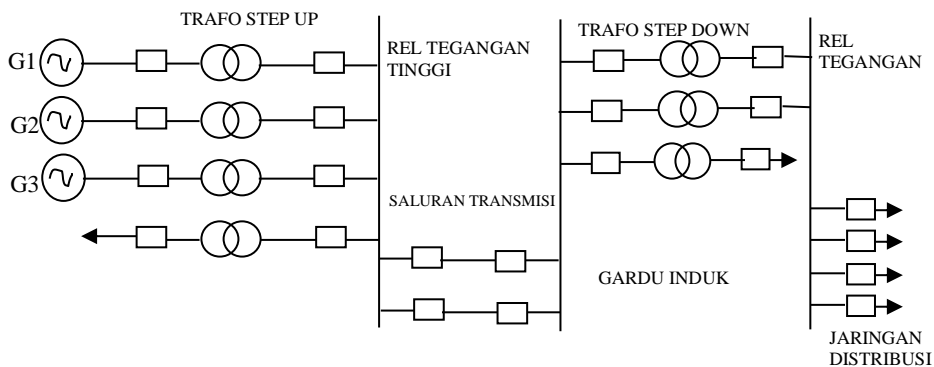
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem tenaga listrik

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga komponen utama, yaitu pembangkitan tenaga listrik, transmisi dan distribusi. Pada pusat listrik dilakukan pembangkitan tenaga listrik dengan cara memanfaatkan generator.

Tenaga listrik yang telah dihasilkan pada pusat listrik akan ditransmisikan ke beban melalui saluran transmisi. Sebelum ditransmisikan, tegangan dinaikan dengan menggunakan transformator penaik tegangan (*step-up*) pada pusat listrik. Tegangan tersebut dinaikan ke level tegangan tinggi (antara 70 KV sampai 150 KV) atau tegangan ekstra tinggi (diatas 150 KV). Tegangan menengah yang digunakan oleh PLN sebesar 20 KV. Pada level tegangan menengah ini, tenaga listrik dapat langsung digunakan oleh konsumen yang mempunyai daya tersambung besar seperti industri besar.

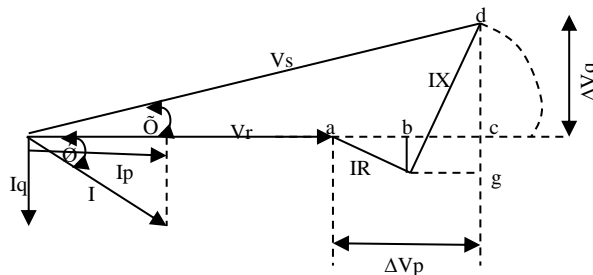
Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, kemudian tegangan diturunkan pada gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah 380/220 V yang kemudian disalurkan ke rumah-rumah pelanggan dengan menggunakan jaringan tegangan rendah, Gambar 2.1 menunjukkan diagram satu garis sistem tenaga listrik.



Gambar 1. Diagram satu garis sistem tenaga listrik

2.2. Jatuh tegangan

Penurunan persamaan jatuh tegangan dapat ditentukan dari gambar diagram fasor transmisi daya pada gambar 2.5



Gambar 2. Diagram fasor transmisi daya ke beban seri

Umumnya beban yang terdapat pada sistem tenaga listrik bersifat resistif-induktif. Beban tersebut akan menyerap daya aktif dan daya reaktif yang dihasilkan oleh generator. Penyerapan daya reaktif yang diakibatkan oleh beban induktif akan menyebabkan timbulnya jatuh tegangan pada

tegangan yang disuplai generator. Akibatnya nilai tegangan di sisi penerima akan berbeda dengan nilai tegangan di sisi pengirim. Persamaan jatuh tegangan dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$V_s^2 = (V_r + \Delta V_p)^2 + (\Delta V_q)^2 \quad (2.1)$$

Keterangan : V_s = tegangan di sisi pengirim

V_r = tegangan di sisi penerima

ΔV_p = jatuh tegangan

Dimana:

$$\Delta V_p = IR \cos \theta + IX \sin \theta \quad (2.2)$$

Dan

$$\Delta V_q = IX \cos \theta - IR \sin \theta \quad (2.3)$$

Sehingga persamaan tegangan di sisi pengirim (V_s) menjadi :

$$V_s^2 = (V_r + IR \cos \theta + IX \sin \theta)^2 + (IX \cos \theta - IR \sin \theta)^2 \quad (2.4)$$

Karena nilai $\Delta V_q = IX \cos \theta - IR \sin \theta$ sangat kecil, maka nilai tersebut dapat diabaikan. Sehingga persamaan V_s^2 menjadi :

$$V_s^2 = (V_r + \Delta V_p)^2 \quad (2.5)$$

$$\Delta V_q = IR \cos \theta + IX \sin \theta \quad (2.6)$$

$$\Delta V_q = R \frac{P}{V_r} + X \frac{Q}{V_r} \quad (2.7)$$

Keterangan : R = Resistansi saluran

X = Reaktansi saluran

P = Daya aktif yang dikirim ke beban

Q = Daya reaktif yang dikirim ke beban

Dari persamaan (2.7) terlihat, nilai jauh tegangan ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu daya aktif (P), resistansi dan reaktansi saluran (R dan X) serta daya reaktif (Q). Pengaturan daya aktif erat kaitannya dengan pengaturan frekuensi sistem. Sedangkan pengaturan daya reaktif akan mempengaruhi nilai tegangan. Oleh karena itu dengan melakukan pengaturan nilai daya reaktif kita dapat mengatur nilai tegangan.

2.3. Rugi-rugi saluran

Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan pada jaringan distribusi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan dari suatu sistem tenaga listrik. Jenis kabel dengan nilai resistansi yang kecil akan dapat memperkecil rugi-rugi daya. Besar rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$\text{Loss} = 3 \times I^2 R \quad (2.8)$$

Dimana: Loss = rugi-rugi pada saluran (Watt)

R = resistansi saluran per fasa (Ohm)

I = arus yang mengalir per fasa (Ampere)

Nilai resistansi dari suatu penghantar merupakan penyebab utama rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi. Nilai resistansi dari suatu penghantar dipengaruhi oleh beberapa parameter. Berikut adalah persamaan resistansi penghantar :

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (2.9)$$

Dimana: R = Resistansi saluran (Ohm)

ρ = resistivitas bahan penghantar (Ohm-meter)

l = panjang penghantar

A = luas penampang (m^2)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Data jaringan

Jaringan yang digunakan pada penelitian ini merupakan jaringan distribusi 20 kV pada gardu induk (GI) Auduri Telanaipura Cabang Jambi. Dimana penyulang yang disimulasikan adalah Penyulang Kulim dan Penyulang Jelutung. Beban trafo pada masing-masing gardu distribusi (GD) diasumsikan sebesar 65% dari kapasitas trafo.

Tabel 3.1 Kapasitas dan beban pada penyulang Kulim

P. Kulim

No	Gardu	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Trafo	Load kVA
1	JA 600	100	65%	65
2	JA 818	160	65%	104
3	JA 343	160	65%	104
4	JAX 073	200	65%	130
5	JAX 170	200	65%	130
6	JAX 074	200	65%	130
7	JA 165	200	65%	130
8	JA 785	50	65%	32,5
9	JA 543	50	65%	32,5
10	JA 846	100	65%	65
11	JA 743	100	65%	65
12	JA 590	100	65%	65
13	JA 542	100	65%	65
14	JA 786	100	65%	65
15	JA 735	50	65%	32,5
16	JAX 139	25	65%	16,25
17	JA 184	50	65%	32,5
18	JA 672	160	65%	104
19	JA 125	160	65%	104
20	JA 172	100	65%	65
21	JA 548	160	65%	104
22	JA 140	50	65%	32,5
23	JA 132	160	65%	104
24	JA 141	200	65%	130
25	JA 178	100	65%	65
26	JA 551	160	65%	104
27	JA 321	200	65%	130
28	JA 653	100	65%	65
29	JA 169	200	65%	130
30	JA 540	100	65%	65
31	JA 183	100	65%	65
32	JA 139	160	65%	104
33	JA 844	100	65%	65

Tabel 3.2 Kapasitas dan beban pada penyulang Jelutung

P. Jelutung

No	Gardu	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Trafo	Load kVA
1	JA 803	200	65%	130
2	JA 223	100	65%	65
3	JA 234	100	65%	65
4	JA 245	200	65%	130
5	JAX 143	200	65%	130
6	JAX 142	160	65%	104
7	JA 929	200	65%	130
8	JA 932	50	65%	32,5
9	JA 467	160	65%	104
10	JA 233	100	65%	65
11	JA 210	100	65%	65
12	JA 636	100	65%	65
13	JA 557	100	65%	65
14	JA 040	100	65%	65

15	JA 859	100	65%	65
16	JA 847	100	65%	65
17	JA 733	160	65%	104
18	JA 438	100	65%	65
19	JA 623	100	65%	65
20	JA 729	200	65%	130
21	JA 684	100	65%	65
22	JA 726	160	65%	104
23	JA 123	200	65%	130
24	JA 404	100	65%	65
25	JA 845	100	65%	65
26	JA 116	160	65%	104
27	JA 654	160	65%	104

Total panjang penyulang Kulim sebesar 40.010 m, sedangkan Penyulang Jelutung sebesar 9.142 m.

3.2. Perbaikan dengan penggantian kabel penyulang 20 kv

Pada metode ini perbaikan kualitas tegangan dilakukan dengan mengganti kabel penyulang yang telah ada dengan kabel penyulang baru. Kabel penyulang yang akan digunakan untuk menggantikan kabel lama merupakan kabel penyulang yang nilai impedansinya lebih kecil. Kabel yang akan digunakan sebagai kabel pengganti merupakan kabel tipe XLPE (N2XSZYBY/NA2SEBY) dengan luas penampang 300 mm².

3.2.1. Langkah-langkah perbaikan dengan penggantian kabel 20 kV

Proses perbaikan akan dilakukan dengan dua langkah pengantian kabel, yaitu: Pada percobaan yang pertama, penggantian kabel hanya dilakukan pada satu penyulang saja. Dimana kabel yang telah ada dingganti dengan kabel tipe XLPE 300 mm². Setelah dilakukan penggantian kabel sepanjang satu penyulang, barulah dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Dari hasil simulasi tersebut akan didapatkan data berupa nilai tegangan pada masing-masing bus dan rugi-rugi daya yang terjadi pada system.

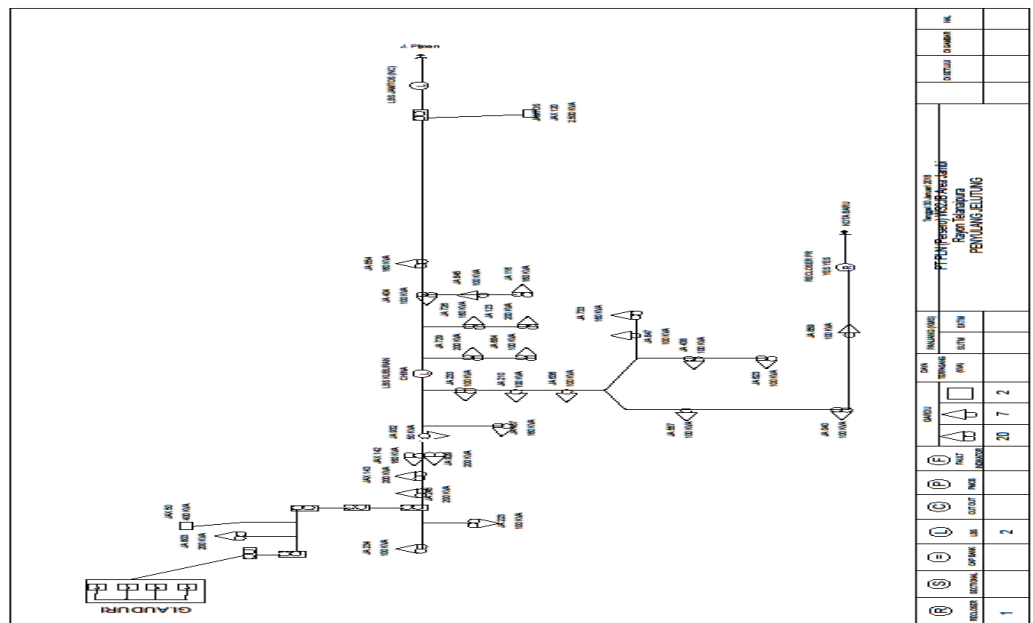
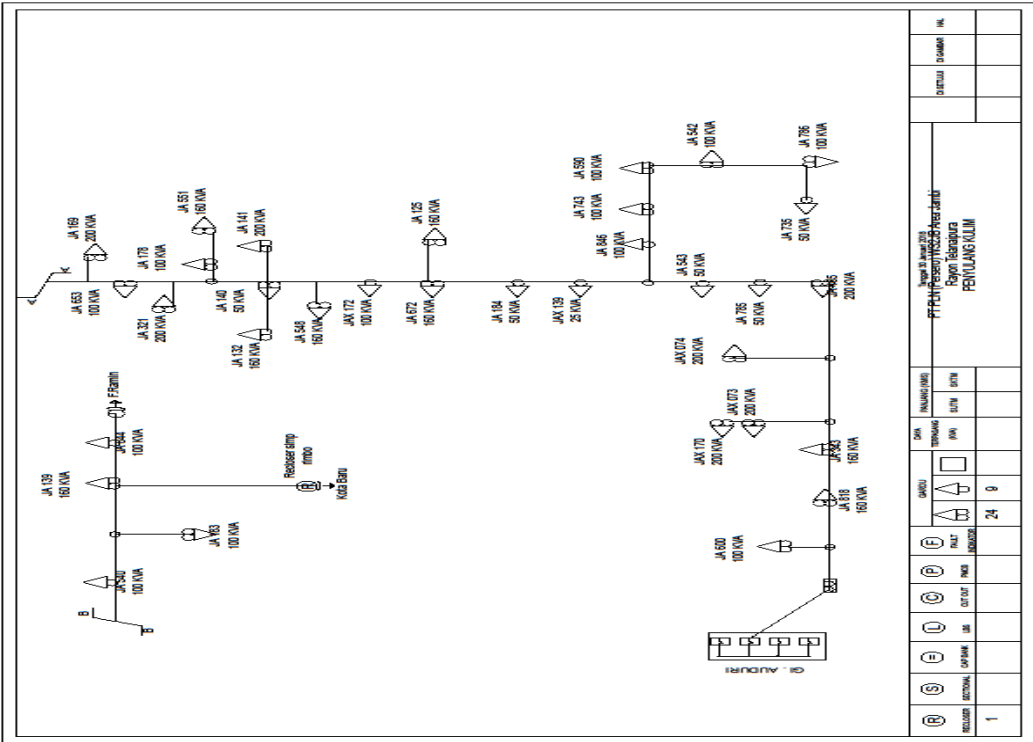
Untuk percobaan yang kedua, penggantian kabel dilakukan pada dua buah penyulang. Dimana kabel yang telah ada pada kedua penyulang tersebut diganti dengan kabel tipe EXLPE 300 mm². Setelah dilakukan penggantian kabel pada kedua buah penyulang tersebut, kemudian dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Dari hasil simulasi inipun akan didapatkan data berupa nilai tegangan pada masing-masing bus dan juga rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi.

Dengan membandingkan data hasil simulasi dari kedua metode tersebut, akan diketahui metode yang paling optimal dalam memperbaiki kualitas tegangan pada jaringan distribusi. Metode yang paling optimal yang dapat memperbaiki nilai tegangan pada masing-masing bus semaksimal mungkin, serta dapat meminimalkan rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi.

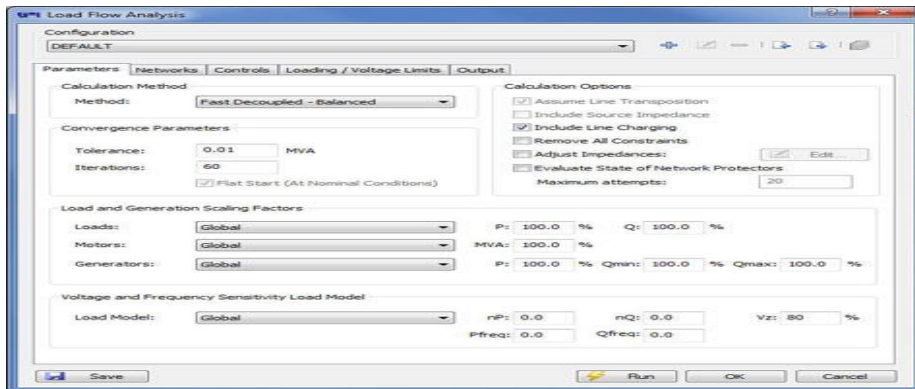
3.2.2. Uji keandalan penggantian kabel penyulang 20 kV

Metode perbaikan yang paling optimal harus diuji keandalannya pada berbagai tingkat pembebanan. Tingkat pembebanan yang akan diberikan pada metode tersebut nilainya bervariasi, 65% dan 100% dari beban puncak, sebelum dilakukan simulasi dalam perangkat lunak ETAP 12.6, masing-masing beban pada jaringan distribusi harus diatur terlebih dahulu sesuai dengan tingkat pembebanan yang diinginkan.

Dari hasil simulasi tersebut akan didapatkan data berupa nilai tegangan pada masing-masing bus pada berbagai tingkat pembebanan. Metode perbaikan yang tidak mengalami tegangan berlebih pada saat kondisi beban ringan (65%) serta memberikan perbaikan tegangan yang optimal pada saat beban tinggi (100%) merupakan metode perbaikan yang akan dipilih.



Gambar 3. Diagram Satu Garis Penulang Jelutung



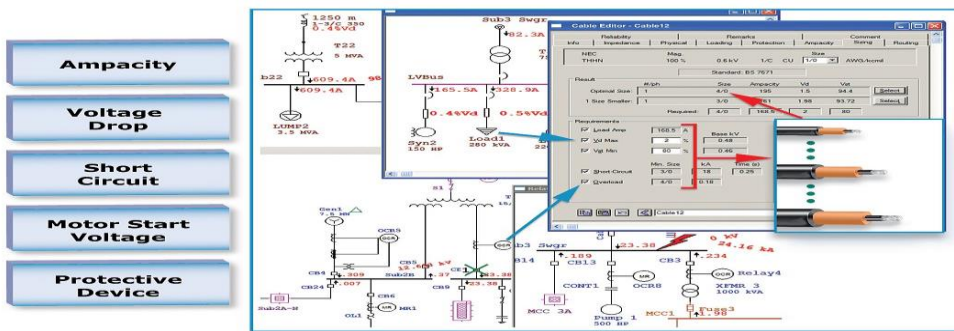
Load Flow Analysis Alert View - Output Report: LF-Report

Study Case: LF Report
Configuration: Normal
Data Revision: Base
Date: 11-09-2015

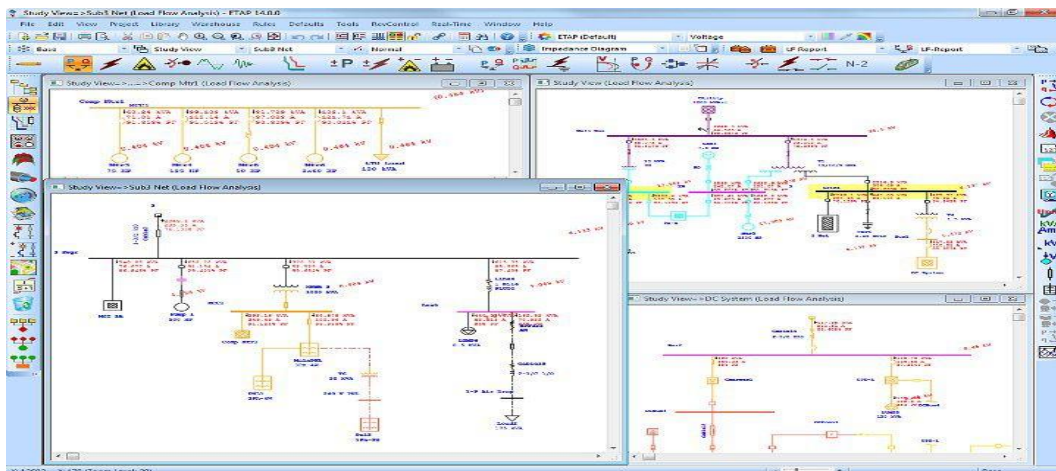
Zone Filter: 1
Area Filter: 1
Region Filter: 1

Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operat	Phase 1
Cable20	Cable	Overload	78.4 Amp		

Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase 1
Sub28	Bus	Over Voltage	13.8 kV	13.9328	101	3-Ph
Sub22	Bus	Under Voltage	3.45 kV	3.324	96.4	3-Ph
LVBus	Bus	Under Voltage	0.48 kV	0.466	97.1	3-Ph
CON11	Contactor	Overload	100 Amp	91.194	91.2	3-Ph
Bus9	Bus	Under Voltage	4.16 kV	4.049	97.3	
Bus5	Bus	Under Voltage	0.48 kV	0.466	97.1	
Bus2	Bus	Under Voltage	0.48 kV	0.46	95.8	



- Ampacity**
- Voltage Drop**
- Short Circuit**
- Motor Start Voltage**
- Protective Device**



Gambar 4. Program ETAP 12.6 untuk simulasi pada perhitungan pengantian kabel XLPE 300 mm²
Program ETAP 12.6

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa perbaikan dengan penggantian kabel XLPE 300 mm²

Pada tabel tersebut diatas dapat dilihat, perbaikan menggunakan kabel ELPE 300 mm² pada penyulang Kulim dan Jelutung menghasilkan pengurangan rugi-rugi daya dan rata-rata jatuh tegangan yang paling besar. Dimana rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan adalah 207,5 kW (5,51 % lebih kecil dibandingkan kondisi awal jaringan). Rata-rata jatuh tegangan disisi tegangan menengah dan rendah penyulang Kulim adalah 0,129 % dan 3,408 %. Dan pada sisi tegangan menengah dan rendah pada penyulang Jelutung adalah 0,013 % dan 3,53 %.

Tegangan terendah di sisi tegangan menengah dan rendah dari penyulang Kulim setelah perbaikan adalah 0% dan 2,7% dari tegangan nominal. Sedangkan tegangan terendah di sisi tegangan menengah dan rendah dari penyulang Jelutung adalah 0% dan 0,01% dari tegangan nominal.

Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Perbaikan

Metode perbaikan	Rugi-rugi daya P. Kulim (kW)	Rata-rata V Jatuh di TM P. Kulim (%)	Rata-rata V Jatuh di TR P. Kulim (%)	Rugi-rugi daya P. Jelutung (kW)	Rata-rata V Jatuh di TM P. Jelutung (%)	Rata-rata V Jatuh di TR P. Jelutung (%)
Nominal						
XLPE 240 mm ² Beban 65 %	63,4	0,086	2,28	33,4	0,008	2,32
XLPE 300 mm ² Beban 65 %	57,4	0,083	2,25	33,1	0,008	2,32
XLPE 240 mm ² Beban 100 %	142,2	0,133	3,43	77,4	0,014	3,53
XLPE 300 mm ² Beban 100 %	130,9	0,129	3,4	76,6	0,013	3,53

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbaikan penggantian kabel XLPE 300 mm² pada penyulang Kulim dan Jelutung merupakan metode perbaikan optimal dan handal dalam memperbaiki jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang terjadi pada kedua penyulang tersebut.
2. Perbaikan dengan penggantian kabel pada penyulang Kulim dan Jelutung menghasilkan pengurangan rugi-rugi daya paling besar yaitu sebesar 0,133% dan 0,014
3. Metode penggantian kabel tersebut juga memperbaiki tegangan pada kedua penyulang. Dimana tegangan terendah di sisi tegangan menengah dan rendah dari penyulang Kulim setelah penggantian kabel adalah 0,83% dan 0,008% dari tegangan nominal. Sedangkan tegangan terendah di sisi tegangan menengah dan rendah dari penyulang Jelutung adalah 0,1333% dan 3,43% dari tegangan nominal.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) JR, William D. Stevenson, "Elements of Power System Analysis, 4TH Edition", McGraw-Hill, 1982
- 2) Weedy, B. M., Cory, B. J., "Electric Power system, 4th Edition, John Wiley & Sons, 1967.
- 3) Marsudi, Djiteng, "Operasi sistem Tenaga Listrik", Edisi kedua, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.
- 4) Chapman, Stephen J., "Electric Machinery and Power system Fundamental", McGraw-Hill, New York, 2002.
- 5) Murty, P. S. R., "Power system Operation and control", TATA McGraw-Hill, New Delhi, 1984.
- 6) Kundur, Prabha, "Power system Stability and Control", McGraw-Hill, California, 1993.
- 7) Taylor, Carson W., "Power system Voltage Stability", McGraw-Hill, Singapore, 1994.