

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

R.M. Edy Suherman¹, Marliyus Sunarhati²

Redisuherman67@gmail.com

^{1&2}Dosen Tetap Yayasan pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Palembang

ABSTRAK

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. Perbaikan dengan penggantian kabel pada penyulang Kulim dan Jelutung menghasilkan pengurangan rugi-rugi daya paling besar yaitu sebesar 0,133% dan 0,014%. 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.

Kata Kunci : Program ETAP, Kabel, Daya, Tegangan

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 Jelutung.
2. Proses perbaikan disimulasikan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6

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 :

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

Keterangan : VS = 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 (VS) menjadi :

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

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

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

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

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

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:

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

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)

3. METODOLOGI 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 (N2XSYBY/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.

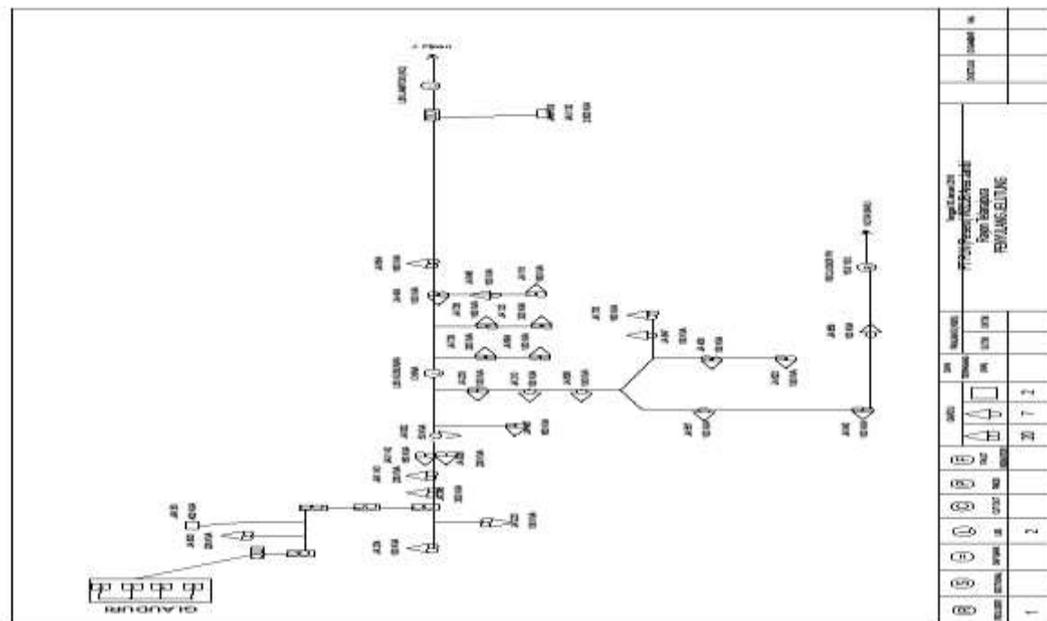
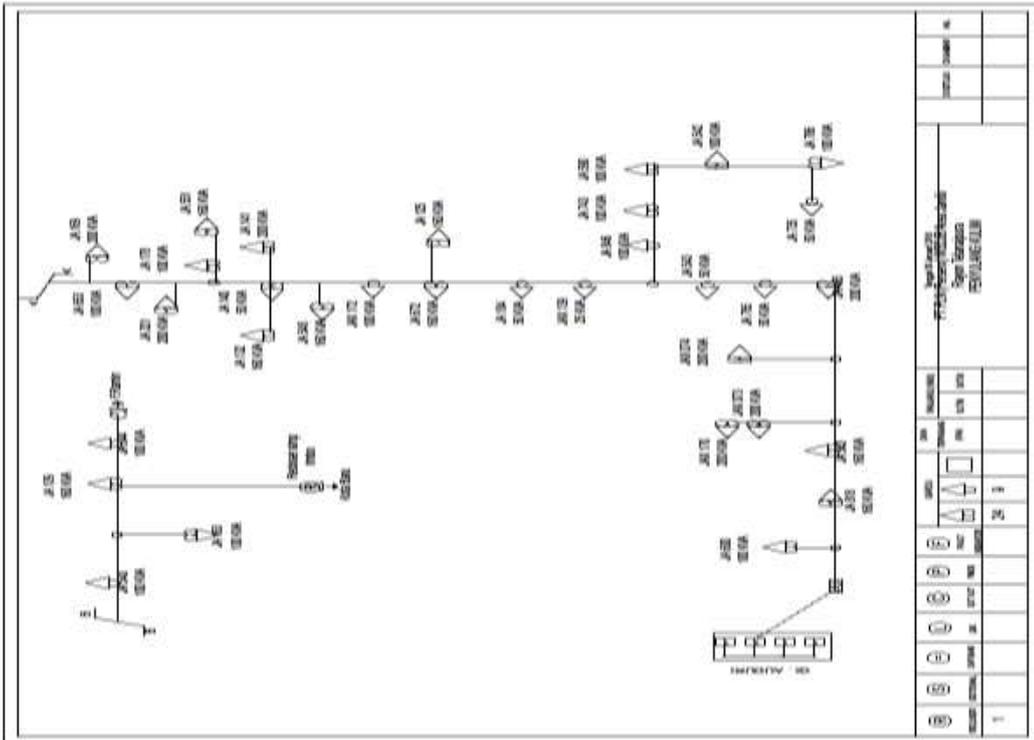
Untuk percobaan yang kedua, penggantian kabel dilakukan pada dua buah penyulang. Dimana kabel yang telah ada pada kedua penyulang tersebut diganti dengan kabel tipe EXLPE 300 mm². Setelah dilakukan penggantian kabel pada kedua buah penyulang tersebut, kemudian dilakukan simulasi menggunakan perangkat 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.

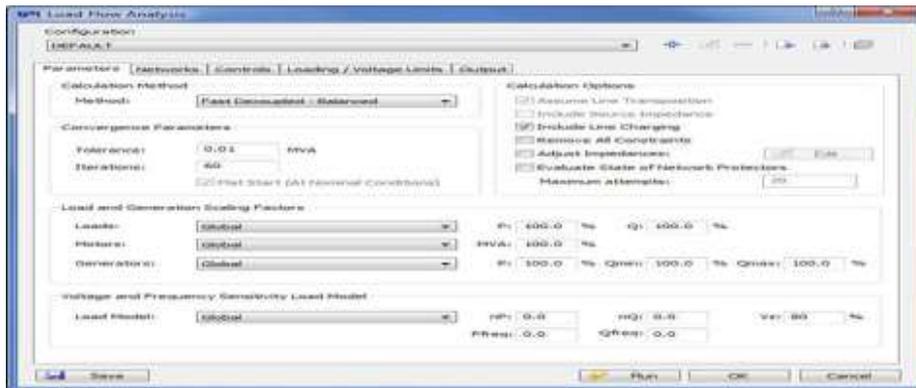
3.2.2. Uji keandalan penggantian kabel penyulang 20 kV

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.

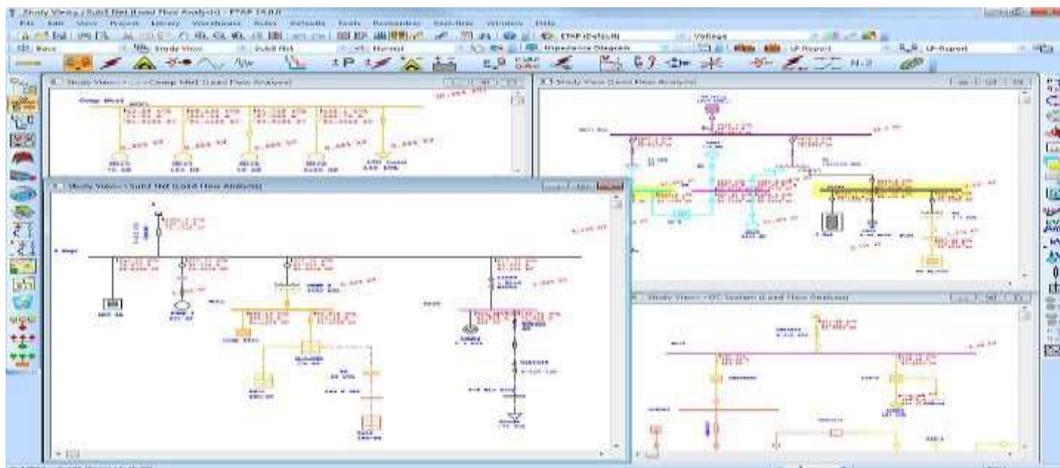
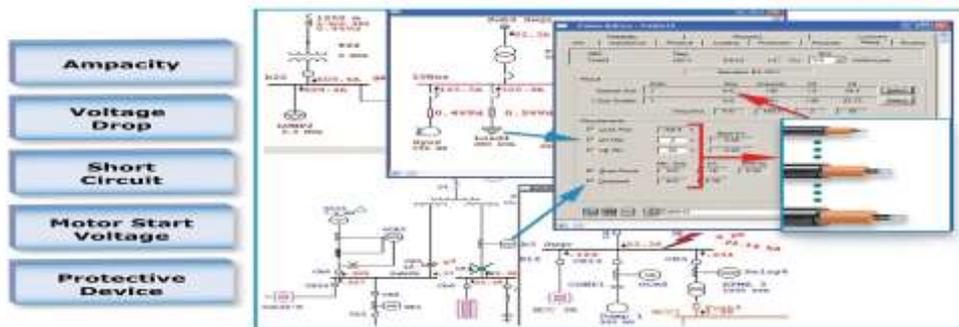
Dari hasil simulasi tersebut akan didapatkan data berupa nilai tegangan pada masing-masing bus pada berbagai tingkat pembebanan. Metode perbaikan yang tidak mengalami tegangan berlebih pada saat kondisi beban ringan (65%) serta memberikan perbaikan tegangan yang optimal pada saat beban tinggi (100%)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



Gambar Diagram Satu Garis Penyulang Jelutung



Device ID	Type	Condition	Rating/Load	Oper	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Cable20	Cable	Overload	75.4 Amp				
Marginal							
			Rating/Load	Operating	% Operating	Phase 1	
			13.0 kV	3.050	101	3-Ph	
			2.45 kV	3.324	98.4	2-Ph	
			0.48 kV	0.465	97.1	3-Ph	
			100 Amp	91.154	91.2		
			4.16 kV	4.043	97.3		
			7.6 kV	0.465	97.1		
				0.46	95.0		



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

Studi Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Kulim dan Jelutong Dengan Menggunakan Aplikasi Etap 12.6
(R.M. Eddy Suherman, Marliyus Sunarhati)

IV. ANALISA DAN PERHITUNGAN

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 P. Kulim (%)	Rata-rata V Jatuh di TR P. Kulim (%)	Rugi-rugi daya P. Jelutung (kW)	Rata-rata V Jatuh di 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

V. PENUTUP

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.