

EVALUASI *DROP VOLTAGE* DAN *SETTING RELAY OCR, GFR* DAN *RECLOSER* PADA PENYULANG KALISARI 1, 6 DAN 11 MENGGUNAKAN ETAP 7.5.0

Donny Fisca Efisiyanto ^{*}), Juningtyastuti, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
Email : *Donny_fisca@ymail.com*

Abstrak

Kebutuhan masyarakat terhadap listrik semakin meningkat mengakibatkan kualitas distribusi listrik menurun. Permasalahan lain dalam penyaluran daya listrik adalah besarnya tegangan jatuh di jaringan listrik yang diakibatkan oleh terlalu banyaknya beban. Pada tahun 2013 PT. PLN (Persero) Rayon Semarang barat melakukan penambahan penyulang Kalisari 11 untuk membagi beban dengan penyulang Kalisari 1 dan Kalisari 6. Tugas akhir ini dibahas *drop voltage*, *setting relay OCR*, *GFR* dan *Recloser* pada Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 menggunakan perangkat lunak ETAP 7.5.0. Penyulang Kalisari 1, Kalisari 6 dan Kalisari 11 memiliki selisih tegangan bus sebelum dan setelah penambahan *feeder* sebesar 0,014 kV, 0,020 kV dan 0,290 kV. Hasil dari *setting relay* pada Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 adalah *relay Incoming OCR* didapat nilai TMS = 0.259 menjadi TMS= 0.254 s dengan Iset = 2078 A, *Incoming GFR* didapat nilai TMS = 0.424 s menjadi TMS = 0.418 s dengan Iset = 692 A dan waktu kerja t(s) = 1 detik. *Relay Outgoing OCR* didapat nilai TMS = 0.23 menjadi TMS = 0.237 s dengan Iset = 480 A, *Outgoing GFR* didapat nilai TMS = 0.290 s menjadi TMS = 0.290 s dengan Iset = 240 A dan waktu kerja t(s) = 0.6 detik.

Kata kunci : Drop Tegangan, ETAP 7.5.0, Relay, Kalisari 1, Kalisari 6, Kalisari 11

Abstract

Social demand for electricity is increasing resulting in decreased quality of electrical distribution. Problem in the distribution of electrical power is the amount of voltage drop in the electrical network caused by too much load. In 2013 PT.PLN (Persero) Semarang Rayon western adding Kalisari feeders 11 to share the load with Kalisari 1 and 6. This final assigned discussed the voltage drop before and after the addition of Kalisari feeder 11, and evaluated the setting relay OCR, GFR and Recloser on Kalisari feeders 1, 6 and 11 by using software ETAP 7.5.0. Feeder Kalisari 1, Kalisari Kalisari 6 and 11 has a difference of bus voltage before and after the addition of feeder for 0.014 kV, 0.020 kV and 0.290 kV. Results of setting relay on Kalisari feeder 1, 6 and 11 are relay Incoming OCR value TMS = 0,259 into TMS = 0,254 with Iset = 2078A, Incoming GFR values TMS= 0,424 into TMS= 0,418 with Iset = 692A and working time t(s) = 1 second. Outgoing Relay OCR value TMS= 0.23 into TMS= 0.237 with Iset = 480A, Outgoing GFR values TMS = 0,290 into TMS=0,290 with Iset = 240A and the working time t(s)= 0.6 seconds.

Keywords: Voltage Drop, ETAP 7.5.0, Relay, Kalisari 1, Kalisari 6, Kalisari 11

1. Pendahuluan

Dewasa ini kebutuhan masyarakat terhadap listrik sangat tinggi. Selain itu permasalahan lain dalam penyaluran energi listrik adalah besarnya jatuh tegangan (*drop voltage*) di jaringan distribusi listrik. Hal ini dikarenakan oleh jarak pembangkit ke titik beban yang sangat jauh. Sistem distribusi listrik di Rayon Semarang Barat, Area Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah pada penyulang Kalisari 1 dan Kalisari 6 yang memiliki jaringan radial dengan jarak distribusi mencapai 8,156 km dan 12,133 km^[1]. Berdasarkan data existing, pada tahun 2013 penyulang Kalisari 1 dan Kalisari 6 di Rayon Semarang barat telah mensuplai beban sebesar 65,6% dan

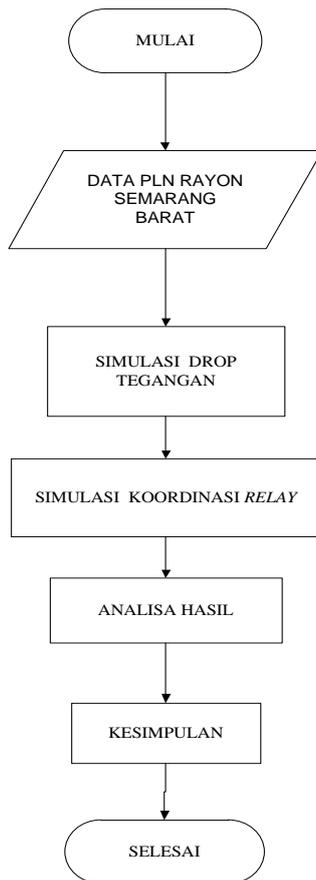
57,29% dari kapasitas maksimal yang dapat disuplai^[2]. Pada tahun 2013 PT. PLN (Persero) Rayon Semarang barat memiliki rencana melakukan penambahan penyulang Kalisari 11 untuk membagi beban dengan penyulang Kalisari 1 dan Kalisari 6. Dan pada tahun 2014 penyulang Kalisari 11 dioperasikan. Pada tahun 2015 penyulang Kalisari 1 mensuplai beban sebesar 82% dari kapasitas maksimal, penyulang Kalisari 11 mensuplai beban sebesar 19% dari kapasitas maksimal, dan Kalisari 6 mensuplai beban sebesar 64% dari kapasitas maksimal^[3]. Batas toleransi yang diperbolehkan untuk suatu nilai tegangan -10% sampai dengan +5%^[4] dari nilai nominalnya berdasarkan standart SPLN. Semakin bertambahnya jumlah penggunaan energi listrik dan penambahan pelanggan mengakibatkan meningkatnya

gangguan di jaringan distribusi, sehingga perlu dilakukan evaluasi sistem proteksi terhadap gangguan di jaringan. Hal ini berwujud dengan melakukan evaluasi *setting relay* pada jaringan distribusi.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

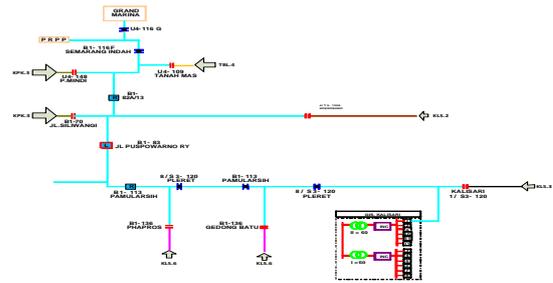
Pada tugas akhir ini terdapat beberapa metode yang diterapkan sebagai dasar metodologi penelitian dalam melakukan penelitian tugas akhir. Metodologi penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1



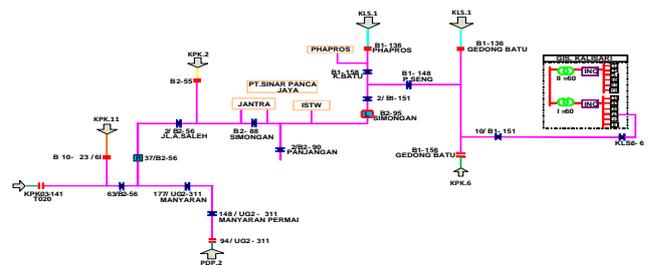
Gambar 1. Langkah penelitian

2.2. Data Sistem

Data Topologi jaringan Kalisari 1 dan 6 Sebelum penambahan penyulang Kalisari 11 dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3

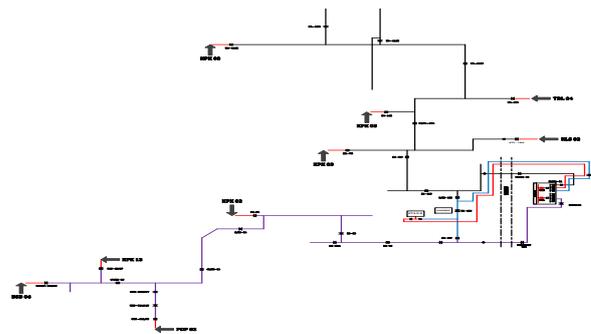


Gambar 2. Diagram Satu Garis Penyulang Kalisari 1



Gambar 3. Diagram Satu Garis Penyulang Kalisari 6

Data Topologi jaringan Kalisari 1, 6 dan 11 setelah penambahan *feeder* dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Diagram Satu Garis Penyulang KLS 1, 6 dan 11

Data *setting* koordinasi *relay* OCR , GFR dan Recloser pada Penyulang Kalisari 1 sebelum penambahan *feeder* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data *setting relay* penyulang Kalisari 1 sebelum penambahan *feeder*.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1		Recloser 2	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1		1000/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2000	800	500	200	380	170	rusak	rusak
TMS	0,325	0,42	0,27	0,3	0,15	0,16	rusak	rusak

Selanjutnya koordinasi *Relay* OCR, GFR dan Recloser pada Penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan *feeder* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data setting relay penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan feeder.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		600/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2000	800	480	240	250	150
TMS	0,325	0,425	0,27	0,3	0,21	0,18

Data setting koordinasi Relay OCR, GFR dan Recloser pada Penyulang Kalisari 1 setelah penambahan feeder dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data setting relay penyulang Kalisari 1 setelah penambahan feeder.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1		Recloser 2	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1		1000/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	693	480	240	450	180	rusak	rusak
TMS	0,23	0,42	0,25	0,32	0,11	0,15	rusak	rusak

Data setting koordinasi Relay OCR, GFR dan Recloser pada Penyulang Kalisari 6 setelah penambahan feeder dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data setting relay penyulang Kalisari 6 setelah penambahan feeder.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	693	480	240	350	150
TMS	0,23	0,42	0,27	0,32	0,15	0,20

Data setting koordinasi Relay OCR, GFR dan Recloser pada Penyulang Kalisari 11 sebagai penyulang baru dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data koordinasi setting relay penyulang Kalisari 11.

Data	Incoming		Outgoing	
	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	693	480	240
TMS	0,23	0,42	0,25	0,32

Adapun data MVAsc pada bus 150 kV sebelum dan setelah penambahan feeder dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data MVAsc pada bus 150 kV

Sebelum Penambahan Feeder	Setelah Penambahan Feeder
9235,88 MVA	5087,03 MVA

Data spesifikasi trafo tenaga pada Gardu Induk Kalisari dapat dilihat pada Tabel 7.

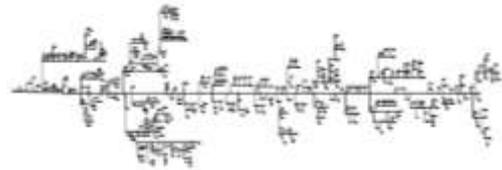
Tabel 7. Data Trafo GI Kalisari.

Data	Trafo 1	Trafo 2
Merk	Xian	Xian
Tipe	SFZ 60.000/150	SFZ 60.000/150
Daya	60 MVA	60 MVA
Arus HS (150 KV)	19,58 KA	19,58 KA
Tegangan	150 / 20 kV	150/20 kV
Impedansi (Z %)	13,32 %	13,32 %
Vektor Grup	Ynyn0	YNyn0

2.3 Simulasi

2.3.1 Drop Voltage

Berdasarkan pada data eksisting jaringan yang diperoleh maka dapat dibuat pemodelan *drop voltage* diagram satu garis Penyulang Kalisari 1 sebelum penambahan feeder menggunakan program ETAP 7.5.0 seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan drop tegangan diagram satu garis Penyulang Kalisari 1 sebelum penambahan feeder pada ETAP

Pemodelan *drop voltage* diagram satu garis Penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan feeder menggunakan program ETAP 7.5.0 seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemodelan drop tegangan diagram satu garis Penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan feeder pada ETAP

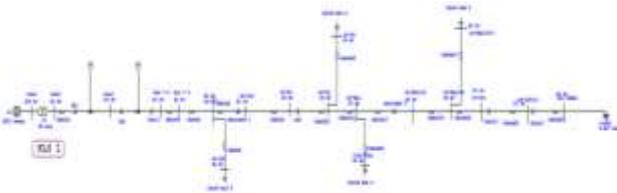
Pemodelan *drop voltage* diagram satu garis Penyulang Kalisari 1 setelah penambahan feeder menggunakan program ETAP 7.5.0 seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemodelan drop tegangan diagram satu garis Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 setelah penambahan feeder pada ETAP

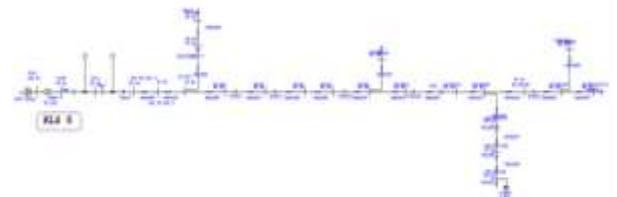
2.3.2 Setting Relay

Selanjutnya merupakan pemodelan *setting relay* pada Penyulang Kalisari 1 sebelum penambahan feeder dapat dilihat pada Gambar 8.



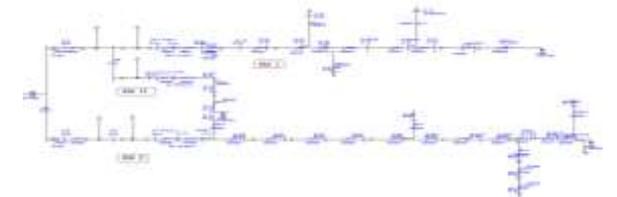
Gambar 8. Pemodelan *setting relay* diagram satu garis Penyulang Kalisari 1 sebelum penambahan feeder pada ETAP

Pemodelan *setting relay* pada Penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan feeder dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemodelan *setting relay* diagram satu garis Penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan feeder pada ETAP

Pemodelan *setting relay* pada Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 sebelum penambahan feeder dapat dilihat pada Gambar 10.

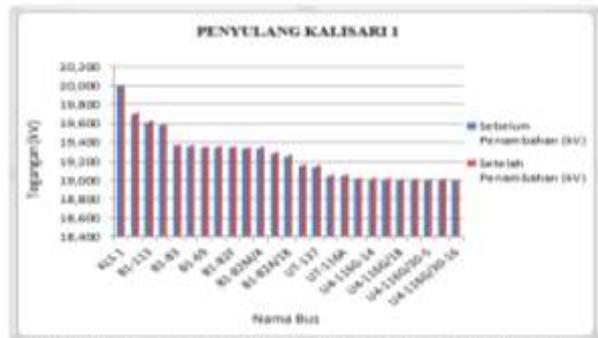


Gambar 10. Pemodelan *setting relay* diagram satu garis Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 setelah penambahan feeder pada ETAP

3. Hasil dan Analisa

3.1 Rekapitulasi Drop Voltage

Simulasi *drop* tegangan dilakukan dengan menggunakan simulasi jaringan seperti Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 dengan memilih "*load flow analysis*" pada program ETAP 7.5.0. Selanjutnya memilih menu "*run load flow*". Hasil dari simulasi sebelum dan setelah adanya penambahan feeder pada Kalisari 1 dapat dilihat pada Gambar 11.

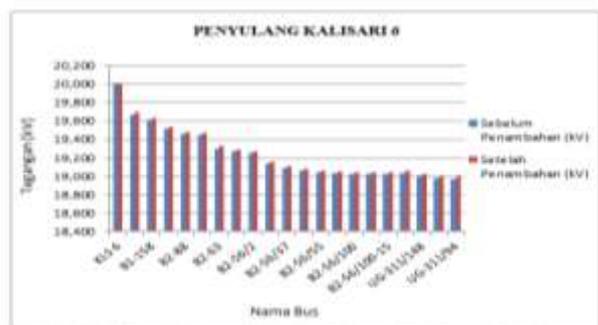


Gambar 11. Grafik perbandingan sebelum dan setelah penambahan feeder di Penyulang Kalisari 1

Drop tegangan KLS 1 sebelum penambahan feeder:
 $DROP\ TEGANGAN = \%Tegangan\ Pangkal\ GI - \%Tegangan\ Paling\ Ujung$
 $= 100\% (20\ kV) - 94,965\% (18,993\ kV)$
 $= 5,035\% (1,007\ kV)$

Drop tegangan KLS 1 setelah penambahan feeder:
 $DROP\ TEGANGAN = \%Tegangan\ Pangkal\ GI - \%Tegangan\ Paling\ Ujung$
 $= 100\% (20\ kV) - 95,04\% (19,008\ kV)$
 $= 4,96\% (0,992\ kV)$

Hasil dari simulasi sebelum dan setelah adanya penambahan feeder pada Kalisari 6 dapat dilihat pada Gambar 12.



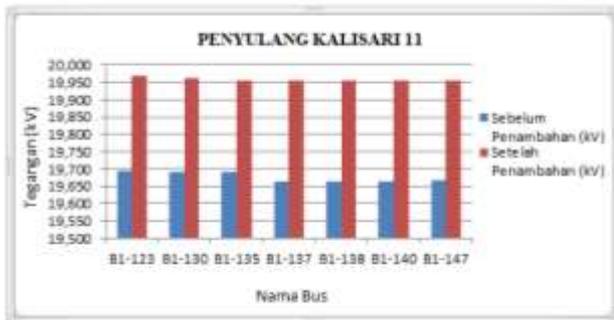
Drop tegangan Penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan *feeder*:

$$\begin{aligned} DROP \text{ TEGANGAN} &= \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung} \\ &= 100 \% (20\text{kV}) - 94,855 \% (18,971 \text{ kV}) \\ &= 5,145 \% (1,029 \text{ kV}) \end{aligned}$$

Drop tegangan Penyulang Kalisari 6 setelah penambahan *feeder*:

$$\begin{aligned} DROP \text{ TEGANGAN} &= \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung} \\ &= 100 \% (20\text{kV}) - 94,955 \% (18,991 \text{ kV}) \\ &= 5,045 \% (1,009 \text{ kV}) \end{aligned}$$

Hasil dari simulasi sebelum dan setelah adanya penambahan *feeder* pada Kalisari 11 dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik perbandingan sebelum dan setelah penambahan *feeder* di Penyulang Kalisari 11

Drop tegangan Penyulang Kalisari 11 sebelum penambahan *feeder*:

$$\begin{aligned} DROP \text{ TEGANGAN} &= \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung} \\ &= 100 \% (20\text{kV}) - 98,34 \% (19,668 \text{ kV}) \\ &= 1,66 \% (0,332 \text{ kV}) \end{aligned}$$

Drop tegangan Penyulang Kalisari 11 setelah penambahan *feeder*:

$$\begin{aligned} DROP \text{ TEGANGAN} &= \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung} \\ &= 100 \% (20\text{kV}) - 99,77 \% (19,954 \text{ kV}) \\ &= 0,23 \% (0,046 \text{ kV}) \end{aligned}$$

Hasil yang diperoleh dengan adanya penambahan *feeder* adalah *drop* tegangan pada Penyulang Kalisari 1 dan 6 semakin kecil. Hal ini dikarenakan beban yang di tampung oleh penyulang berkurang. Dari tabel selisih tegangan bus di penyulang Kalisari 1 dan Kalisari 6 sebelum dan setelah penambahan *feeder* didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda yaitu kenaikan tegangan sebesar $\pm 0,009$ kV. Tetapi pada Penyulang Kalisari 11 terlihat pengurangan *drop* tegangan sampai dengan $\pm 0,174$ kV.

3.2. Rekapitulasi Hubung Singkat

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis hubung singkat dengan 2 metode yaitu melalui simulasi menggunakan program bantu ETAP 7.5.0 dan juga dengan perhitungan secara manual.

Berikut merupakan hasil arus gangguan hubung singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* pada pangkal sampai ujung Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8 hingga Tabel 10.

Tabel 8. Perbandingan Arus Hubung Singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* pada Penyulang Kalisari 1.

Nama Bus	3 fasa		2 fasa		2 fasa tanah		1 fasa tanah	
	Sebelum (kA)	Setelah (kA)						
Jarak 0%	12,39	11,94	10,73	10,34	12,39	11,94	12,39	11,94
Jarak 1%	12,06	11,63	10,44	10,07	11,23	10,83	11,63	11,23
B1-121	8,85	8,62	7,67	7,47	4,98	4,91	6,38	6,26
B1-113	8,05	7,86	6,97	6,80	4,13	4,08	5,46	5,37
B1-83	6,57	6,44	5,69	5,58	2,91	2,88	4,03	3,98
B1-82	6,52	6,40	5,65	5,54	2,87	2,85	3,99	3,94
B1-89	5,94	5,84	5,15	5,06	2,49	2,47	3,51	3,47
B1-82A	6,47	6,35	5,60	5,50	2,84	2,81	3,94	3,90
4/T2-132A	5,56	5,47	4,82	4,74	2,25	2,24	3,21	3,18
B1-82A/13	5,87	5,77	5,09	5,00	2,44	2,42	3,43	3,42
B1-82A/18	5,54	5,45	4,80	4,72	2,24	2,22	3,19	3,16
B1-82A/18-1	5,51	5,42	4,77	4,69	2,22	2,20	3,16	3,13
UT-116	4,13	4,08	3,57	3,53	1,49	1,49	2,19	2,18
UT-116/11	3,72	3,68	3,22	3,18	1,31	1,30	1,94	1,92
Beban	3,14	3,11	2,72	2,69	1,06	1,06	1,59	1,58

Tabel 9. Perbandingan Arus Hubung Singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* pada Penyulang Kalisari 11.

Nama Bus	3 fasa		2 fasa		2 fasa tanah		1 fasa tanah	
	Sebelum (kA)	Setelah (kA)						
B1-123	8,85	8,43	7,67	7,30	4,98	4,69	6,38	6,03
B1-136	7,33	7,16	6,33	6,20	3,40	3,44	4,73	4,65
B1-148	7,31	6,36	6,33	5,51	3,47	2,82	4,71	3,91

Berdasarkan Tabel 8 dan Tabel 10 selisih arus hubung singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* pada Penyulang Kalisari 1 dan 6 semakin kecil ketika semakin jauh dari sumber. Perbedaan antara sebelum dan setelah penambahan *feeder* dikarenakan MVAsc pada sisi 150 kV berbeda. Selisih nilai arus hubung singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* adalah paling rendah ± 0 kA sampai dengan yang tertinggi sekitar $\pm 0,45$ kA.

Berdasarkan Tabel 9 selisih arus hubung singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* pada Penyulang Kalisari 11 semakin kecil ketika semakin jauh dari sumber. Tetapi pada bus B1-148 terjadi kenaikan yang besar, hal ini

disebabkan oleh perbedaan MVAsc pada sisi 150 kV dan jarak titik bus B1-148 dari sumber sebelum dan setelah penambahan *feeder*. Selisih nilai arus hubung singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* adalah terendah $\pm 0,05$ kA sampai dengan yang tertinggi sekitar $\pm 0,95$ kA.

Tabel 10. Perbandingan Arus Hubung Singkat sebelum dan setelah penambahan *feeder* pada Penyulang Kalisari 6.

Nama Bus	3 fasa		2 fasa		2 fasa tanah		1 fasa tanah	
	Sebelum (kA)	Setelah (kA)						
Jarak 0%	12,39	11,94	10,73	10,34	12,39	11,94	12,39	11,94
Jarak 1%	11,90	11,48	10,31	9,94	10,73	10,39	11,29	10,91
B1-151	7,55	7,38	6,54	6,39	3,67	3,63	4,94	4,87
B1-158	6,80	6,67	5,89	5,77	3,08	3,05	4,24	4,18
B2-95	6,23	6,12	5,40	5,30	2,67	2,65	3,74	3,70
B2-90	5,78	5,68	5,01	4,92	2,38	2,37	3,38	3,34
B2-88	5,66	5,57	4,90	4,82	2,31	2,29	3,28	3,25
B2-58	4,34	4,28	3,75	3,71	1,59	1,59	2,33	2,32
B2-58A	4,31	4,25	3,73	3,68	1,58	1,57	2,31	2,30
B2-56/2	4,28	4,23	3,71	3,66	1,57	1,56	2,30	2,28
B2-56/37	3,50	3,47	3,03	3,00	1,21	1,21	1,80	1,79
B2-56/55	3,20	3,17	2,77	2,75	1,09	1,08	1,62	1,62
B2-56/63	3,19	3,16	2,76	2,74	1,08	1,08	1,62	1,61
B2-56/100	2,83	2,80	2,45	2,43	0,94	0,93	1,41	1,40
B2-56/121	2,60	2,58	2,25	2,23	0,85	0,84	1,28	1,27
B2-56/100-15	2,66	2,64	2,30	2,29	0,87	0,87	1,31	1,31
UG2-311/177	3,19	3,16	2,76	2,74	1,08	1,08	1,62	1,61
UG2-311/148	2,80	2,78	2,43	2,41	0,93	0,92	1,39	1,39
UG2-311/94	2,29	2,27	1,98	1,97	0,73	0,73	1,11	1,11

3.3 Evaluasi *Setting Relay*

Setelah melakukan simulasi dan perhitungan arus hubung singkat. Selanjutnya adalah melakukan simulasi waktu kerja *relay*. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis waktu kerja *relay* dengan 2 *setting* TMS yaitu *setting* TMS *existing* dan juga dengan *setting* TMS perhitungan secara manual.

3.3.1 Sebelum Penambahan *Feeder*

Perhitungan *setting* TMS OCR *Incoming* sebagai berikut:

$$I_{setting} = 1,2 \times I_{base} = 1,2 \times 1732,05 = 2078,46 \text{ A}$$

$$TMS \text{ Inc} = \frac{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right)^{0,02-1}}{0,14} \times t = \frac{\left(\frac{12390}{2078,46}\right)^{0,02-1}}{0,14} \times 1 = 0,259 \text{ s}$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan *setting* TMS yang baru pada Penyulang Kalisari 1 dan 6 sebelum penambahan *feeder* seperti pada Tabel 11 dan Tabel 12.

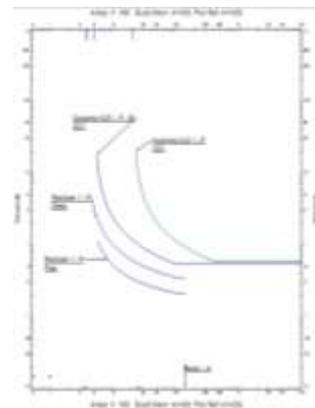
Tabel 11. Data *setting relay* baru penyulang Kalisari 1 sebelum penambahan *feeder*.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1		Recloser 2	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1		1000/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	692	500	250	380	152	rusak	rusak
TMS	0,259	0,42	0,23	0,29	0,12	0,14	rusak	rusak

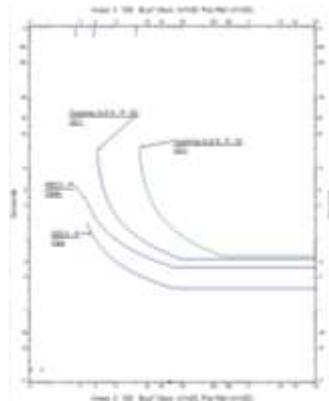
Tabel 12. Data *setting relay* baru penyulang Kalisari 6 sebelum penambahan *feeder*.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		600/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	692	480	240	250	100
TMS	0,259	0,424	0,239	0,293	0,204	0,224

Kita dapat mengetahui koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* menggunakan *setting* Hitung sebelum penambahan *feeder* seperti pada Gambar 14 dan 15.

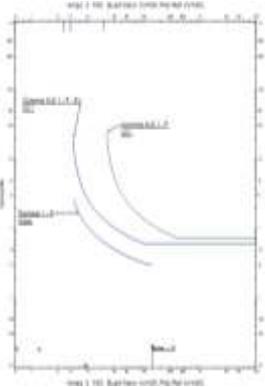


Gambar 14. Koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* pada Penyulang Kalisari 1 *setting* hitung

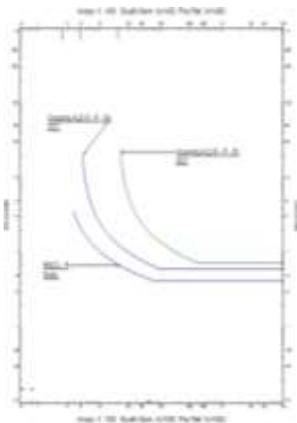


Gambar 15. Koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* pada Penyulang Kalisari 6 *setting* hitung

Berdasarkan Gambar 14 dan Gambar 15 terlihat grafik koordinasi kerja *relay* dengan *setting* Hitung pada Penyulang Kalisari 1 dan 6 sebelum penambahan *Feeder* sudah sesuai dengan teori. Untuk Gambar koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* menggunakan *setting* PLN sebelum penambahan *feeder* seperti pada Gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* pada Penyulang Kalisari 1 *setting* PLN



Gambar 17. Koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* pada Penyulang Kalisari 6 *setting* PLN

Berdasarkan Gambar 16 dan Gambar 17 terlihat grafik koordinasi kerja *relay* dengan *setting* PLN pada Penyulang Kalisari 1 dan 6 sebelum penambahan *Feeder* sudah sesuai dengan teori.

3.3.2 Setelah Penambahan *Feeder*

Perhitungan *setting* TMS OCR *Incoming* sebagai berikut:
 $I_{setting} = 1,2 \times I_{base} = 1,2 \times 1732,05 = 2078,46 \text{ A}$

$$TMS \text{ Inc} = \frac{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times t = \frac{\left(\frac{11945,6}{2078,46}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 1 = 0,2542 \text{ s}$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan *setting* TMS yang baru pada Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 setelah penambahan *feeder* seperti pada Tabel 13 sampai Tabel 15.

Tabel 13. Data *setting relay* baru penyulang Kalisari 1 setelah penambahan *feeder*.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1		Recloser 2	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1		1000/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	692	480	240	450	180	250	100
TMS	0,25	0,41	0,23	0,29	0,11	0,13	0,051	0,058

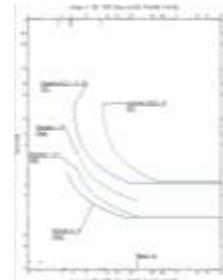
Tabel 14. Data *setting relay* baru penyulang Kalisari 6 setelah penambahan *feeder*.

Data	Incoming		Outgoing		Recloser 1	
	OCR	GFR	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1		1000/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	692	480	240	350	140
TMS	0,254	0,41	0,237	0,29	0,175	0,19

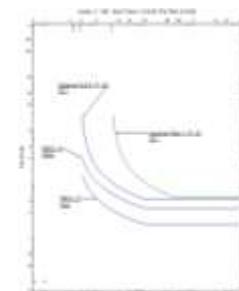
Tabel 15. Data koordinasi baru *setting relay* penyulang Kalisari 11.

Data	Incoming		Outgoing	
	OCR	GFR	OCR	GFR
CT	2000/1		400/1	
Standard	IEC-SI		IEC-SI	
Iset	2078	692	480	240
TMS	0,254	0,41	0,237	0,29

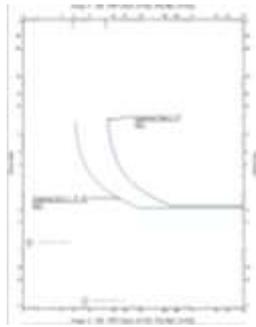
Kita dapat mengetahui koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* menggunakan *setting* Hitung sebelum penambahan *feeder* seperti pada Gambar 18 sampai 20.



Gambar 18. Koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* pada Penyulang Kalisari 1 *setting* hitung

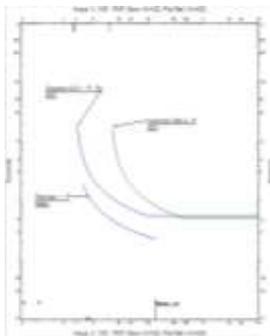


Gambar 19. Koordinasi *Relay Incoming*, *Outgoing* dan *Recloser* pada Penyulang Kalisari 6 *setting* hitung

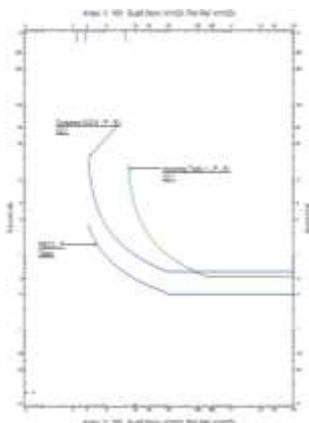


Gambar 20. Koordinasi Relay Incoming, Outgoing dan Recloser pada Penyulang Kalisari 11 setting hitung

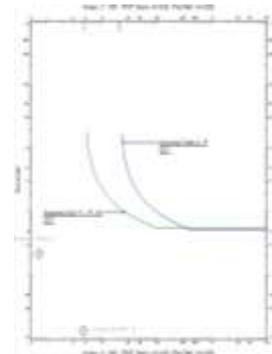
Berdasarkan Gambar 14 dan Gambar 15 terlihat grafik koordinasi kerja relay dengan setting Hitung pada Penyulang Kalisari 1 dan 6 sebelum penambahan Feeder sudah sesuai dengan teori. Untuk Gambar koordinasi Relay Incoming, Outgoing dan Recloser menggunakan setting PLN sebelum penambahan feeder seperti pada Gambar 16 dan 17.



Gambar 21. Koordinasi Relay Incoming, Outgoing dan Recloser pada Penyulang Kalisari 1 setting PLN



Gambar 22. Koordinasi Relay Incoming, Outgoing dan Recloser pada Penyulang Kalisari 1 setting PLN



Gambar 23. Koordinasi Relay Incoming, Outgoing dan Recloser pada Penyulang Kalisari 11 setting PLN

Berdasarkan Gambar 16 dan Gambar 17 terlihat grafik koordinasi kerja relay dengan setting PLN pada Penyulang Kalisari 1 dan 6 sebelum penambahan Feeder sudah sesuai dengan teori.

4. Kesimpulan

1. Pada simulasi drop tegangan sebelum dan setelah penambahan feeder pada Kalisari 1 nilai drop tegangan turun sebesar 1,007 kV menjadi sebesar 0,992 kV. Kalisari 6 nilai drop tegangan turun sebesar 1,029 kV menjadi sebesar 1,009 kV. Kalisari 11 nilai drop tegangan turun sebesar 0,332 kV menjadi sebesar 0,046 kV.
2. Perhitungan setting relay OCR dan GFR, pada Penyulang Kalisari 1 sebelum dan setelah penambahan feeder pada relay Incoming OCR didapat nilai TMS = 0.259 s dan Iset = 2078 A menjadi TMS = 0.254 s dan Iset = 2078 A, Incoming GFR didapat nilai TMS = 0.424 s dan Iset = 692 A menjadi TMS = 0.418 s dan Iset = 692 A, dengan waktu kerja t(s) = 1 detik. Relay Outgoing OCR didapat nilai TMS = 0.23 s dan Iset = 500 A menjadi TMS = 0.237 s dan Iset = 480 A, Outgoing GFR didapat nilai TMS = 0.290 s dan Iset = 250 A menjadi TMS = 0.290 s dan Iset = 240 A, dengan waktu kerja t(s) = 0.6 detik. Recloser 1 OCR didapat nilai TMS = 0.126 s dan Iset = 380 A menjadi TMS = 0.116 s dan Iset = 450 A, Recloser 1 GFR didapat nilai TMS = 0.148 s dan Iset = 152 A menjadi TMS = 0.139 s dan Iset = 180 A dengan waktu kerja t(s) = 0.279 detik. Recloser 2 OCR didapat nilai TMS = 0 s dan Iset = 0 A menjadi TMS = 0.051 s dan Iset = 250 A, Recloser 2 GFR didapat nilai TMS = 0 s dan Iset = 0 A menjadi TMS = 0,058 s dan Iset = 100 A dengan waktu kerja t(s) = 0.11 detik.
3. Perhitungan setting relay OCR dan GFR, pada Penyulang Kalisari 6 sebelum dan setelah penambahan feeder pada relay Incoming OCR didapat nilai TMS = 0.259 s dan Iset = 2078 A menjadi TMS = 0.254 s dan Iset = 2078 A, Incoming GFR didapat nilai TMS = 0.424 s dan Iset = 692 A menjadi TMS =

0.418 s dan Iset = 692 A, dengan waktu kerja $t(s) = 1$ detik. *Relay Outgoing* OCR didapat nilai TMS = 0.239 s dan Iset = 480 A menjadi TMS = 0.237 s dan Iset = 480 A, *Outgoing* GFR didapat nilai TMS = 0.293 s dan Iset = 240 A menjadi TMS = 0.290 s dan Iset = 240 A, dengan waktu kerja $t(s) = 0.6$ detik. *Recloser* OCR didapat nilai TMS = 0,204 s dan Iset = 250 A menjadi TMS = 0.175 s dan Iset = 350 A, *Recloser* GFR didapat nilai TMS = 0.224 s dan Iset = 100 A menjadi TMS = 0.195 s dan Iset = 140 A, dengan waktu kerja $t(s) = 0.52$ detik.

4. Perhitungan *setting relay* OCR dan GFR di Penyulang Kalisari 11 pada *relay Incoming* OCR didapat nilai TMS= 0.2542 s dan Iset = 2078 A, *Incoming* GFR didapat nilai TMS = 0.418 s dan Iset = 692 A, dengan waktu kerja $t(s) = 1$ detik. *Relay Outgoing* OCR didapat nilai TMS = 0.237 s dan Iset = 480 A, *Outgoing* GFR didapat nilai TMS = 0.290 s dan Iset = 240 A, dengan waktu kerja $t(s) = 0.6$ detik.

Referensi

- [1]. Marsudi, Djiteng., “Operasi Sistem Tenaga Listrik”, Edisi kedua, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.
- [2]. Suparman, “Levels Keandalan Sistem Tenaga Listrik”, Universitas Brawijaya, Malang, 2013.
- [3]. Octavianto, A.K., “Analisis Perbaikan Drop Voltage Dengan Penggantian Kabel Penampang dan Evaluasi Koordinasi OCR-RECLOSER Studi Kasus Pada Penyulang Kalisari 1 dan 2 GI Kalisari”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [4]. Setiaji, Prayoga, “Evaluasi Setting Relay Arus Lebih dan Setting Relay Gangguan Tanah Pada Gardu Induk Sronдол”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.
- [5]. Gross, Prof. C.A., “Symmetrical Component”, Electrical & Computer Engineering, September, 2003.
- [6]. Kimbark, E.W., “Power System Stability Volume II : Power Circuit Breakers and Protective Relays”. IEEE Press, 1995.
- [7]. Sarimun N, Wahyudi., “Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik” . Garamond, 2012.
- [8]. Affandi, Irfan., “Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di Gi Cawang” Universitas Indonesia, 2009.
- [9]. Darmanto dkk., “Analisis Koordinasi OCR – Recloser Penyulang Kaliwungu 03”, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik., Universitas Diponegoro, Indonesia, 2006.
- [10]. Priyono, Sugeng., “Koordinasi Sistem Proteksi Trafo 30 MVA di Gardu Induk 150 kV Krapyak”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [11]. IEC 60255, *Electrical Relays*.
- [12]. Putra, A.R., “Koordinasi Relay Arus Lebih dan Recloser Pada Jaringan Tegangan Menengah Gardu Induk Sronдол”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.