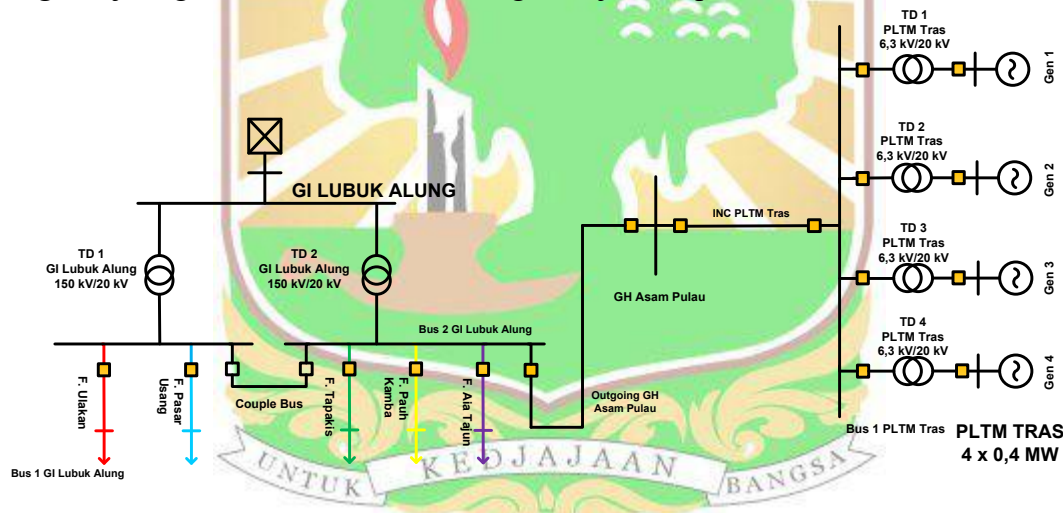


BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini menguraikan hasil analisis dan pengolahan data pada jaringan distribusi Lubuk Alung pasca integrasi PLTM Tras ke dalam sistem. Uraian mencakup penentuan titik penempatan relai, pemilihan tipe relai yang sesuai, serta prosedur penetapan parameter setting untuk relai arus lebih dan relai arus lebih berarah. Selain itu, dilakukan serangkaian pengujian dan evaluasi terhadap kinerja koordinasi proteksi dari 48 skenario pengujian. Seluruh proses simulasi dalam penelitian ini dilaksanakan dengan bantuan software DIgSILENT PowerFactory.

4.1 Data Penelitian

Data sistem distribusi 20 kV yang digunakan dalam penelitian ini adalah jaringan distribusi Lubuk Alung setelah penambahan PLTM Tras 4 x 0,4 MW. *Single line diagram* jaringan distribusi Lubuk Alung ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 *Single Line Diagram* Jaringan Distribusi Lubuk Alung

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

4.1.1 Data *External Grid*

Data suplai dari *external grid* GI Lubuk Alung ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Suplai *External Grid*

Gardu Induk	Parameter	Nilai
GI Lubuk Alung	MVA Hubung Singkat	3160,3 MVA
	Arus Hubung Singkat	12,164 kA
	Tegangan Nominal	150 kV

4.1.2 Data Generator

Data masing-masing generator pada jaringan distribusi Lubuk Alung setelah penambahan PLTM Tras ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Generator pada Jaringan Distribusi Lubuk Alung

Parameter	PLTM Tras
Jumlah Unit	4
Daya Semu	0,47 MVA
Daya Aktif	0,4 MW
Tegangan Nominal	6,3 kV
Limit Daya Reaktif	0,051 p.u. s/d 0,510 p.u.
Faktor Daya	0,85
Xd	1 p.u.
Xq	0,6 p.u.
X0	0,062 p.u.
X2	0,31 p.u.
Xd'	0,32 p.u.
Xd''	0,31 p.u.

4.1.3 Data Transformator

Data masing-masing transformator pada jaringan distribusi Lubuk Alung setelah penambahan PLTM Tras ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Transformator pada Jaringan Distribusi Lubuk Alung

Parameter	TD 1 GI Lubuk Alung	TD 2 GI Lubuk Alung	TD PLTM Tras
Jumlah Unit	1	1	4
Daya (MVA)	60	30	0,47
Rasio (kV)	150/20	150/20	6,3/20
Koneksi	YNyn0	YNyn0	Ynd11
X1 (pu)	0,03923	0,03923	0,01
R1 (pu)	0,00678	0,00678	-

X0 (pu)	0,03471	0,03471	0,01
R0 (pu)	0,00545	0,00545	-

4.1.4 Data Saluran Distribusi

Jaringan distribusi 20 kV pada wilayah Lubuk Alung menggunakan saluran udara dengan konduktor berbahan aluminium. Tipe penghantar yang diterapkan adalah AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*). Data teknis saluran distribusi 20 kV di daerah Lubuk Alung disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Data Saluran Distribusi 20 kV Lubuk Alung

Nama Saluran	Panjang (km)	Luas Penampang (mm ²)
Inc Tras	0.8	150
Outgoing GH Asam Pulau	10	150
F. Ulakan	65.7	150
F. Pasar Usang	40.1	150
F. Tapakis	49.3	150
F. Pauh Kamba	35.4	240
F. Aia Tajun	57.3	150
Couple Bus	0.05	240

Tabel 4.5 di bawah ini menunjukkan data impedansi saluran distribusi beserta nilai kuat hantar arus (KHA) saluran distribusi.

Tabel 4.5 Data Impedansi Saluran Distribusi

Jenis Saluran	Luas Penampang	Impedansi Urutan Positif (Ω/km)	Impedansi Urutan Nol (Ω/km)	KHA (di udara)	KHA (dalam tanah)
Udara (Aluminium)	70 mm ²	0,4608 + j0,3572	0,6088 + j1,6447	255 A	-
	150 mm ²	0,2162 + j0,3305	0,3631 + j1,6180	425 A	-
	240 mm ²	0,1344 + j0,3158	0,2824 + j1,6034	585 A	-
Kabel Bawah Tanah (Aluminium)	240 mm ²	0,125 + j0,097	0,275 + j0,029	425 A	358 A

4.1.5 Data Beban

Data beban jaringan distribusi Lubuk Alung ditunjukkan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Data Beban Jaringan Distribusi Lubuk Alung

<i>Feeder</i>	Arus Beban (A)	Faktor Daya	Daya Beban (MVA)
F. Ulakan	57	0,95	1,974538
F. Pasar Usang	62	0,95	2,147743
F. Tapakis	109	0,95	3,775871
F. Pauh Kamba	89	0,95	3,08305
F. Aia Tajun	72	0,95	2,494153

4.1.6 Data CT dan VT

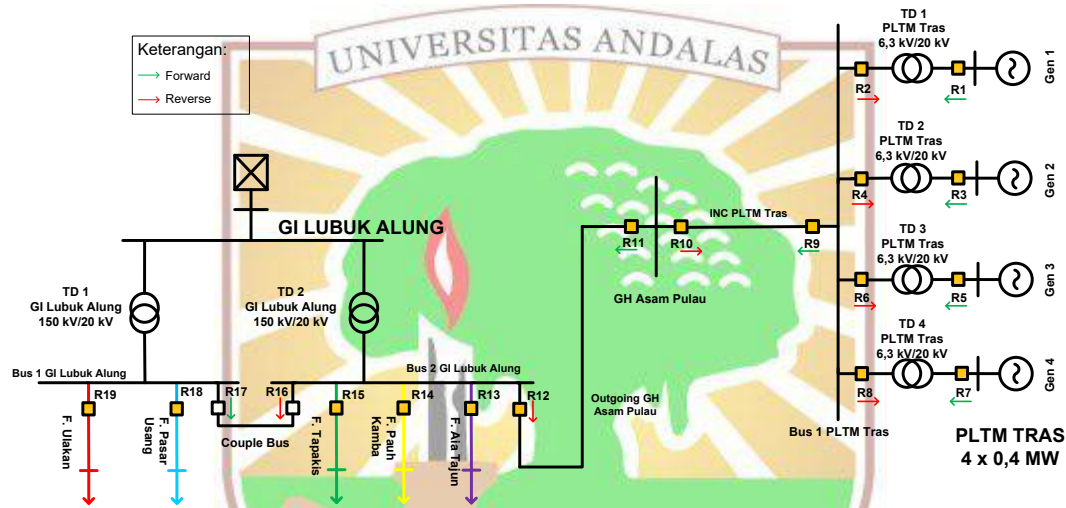
Tabel 4.7 menunjukkan data rasio CT dan VT jaringan distribusi Lubuk Alung.

Tabel 4.7 Data Rasio CT dan VT Jaringan Lubuk Alung

Posisi	Nama Relai	Rasio CT	Rasio VT
Sisi HV Trafo 1 PLTM Tras	R1 DOCR	600:5	20000/110
Sisi LV Trafo 1 PLTM Tras	R2 DOCR	600:5	6300/110
Sisi HV Trafo 2 PLTM Tras	R3 DOCR	600:5	20000/110
Sisi LV Trafo 2 PLTM Tras	R4 DOCR	600:5	6300/110
Sisi HV Trafo 3 PLTM Tras	R5 DOCR	600:5	20000/110
Sisi LV Trafo 3 PLTM Tras	R6 DOCR	600:5	6300/110
Sisi HV Trafo 4 PLTM Tras	R7 DOCR	600:5	20000/110
Sisi LV Trafo 4 PLTM Tras	R8 DOCR	600:5	6300/110
Pangkal <i>Inc</i> PLTM Tras	R9 DOCR	600:5	20000/110
Ujung <i>Inc</i> PLTM Tras	R10 DOCR	600:5	20000/110
Pangkal <i>Outgoing</i> GH Asam Pulau	R11 DOCR	600:5	20000/110
Ujung <i>Outgoing</i> GH Asam Pulau	R12 DOCR	2000:5	20000/110
Pangkal F. Aia Tajun	R13 OCR	2000:5	-
Pangkal F. Pauh Kamba	R14 OCR	2000:5	-
Pangkal F. Tapakis	R15 OCR	2000:5	-
Ujung <i>Couple</i> Bus GI Lubuk Alung	R16 DOCR	2000:5	20000/110
Pangkal <i>Couple</i> Bus GI Lubuk Alung	R17 DOCR	2000:5	20000/110
Pangkal F. Pasar Usang	R18 OCR	2000:5	-
Pangkal F. Ulakan	R19 OCR	2000:5	-

4.2 Lokasi Penempatan Relai Arus Lebih dan Relai Arus Lebih Berarah

Penentuan lokasi pemasangan relai proteksi pada jaringan distribusi Lubuk Alung dilakukan dengan mempertimbangkan konfigurasi jaringan serta arah aliran daya untuk memastikan kinerja sistem proteksi yang optimal. Relai arus lebih (OCR) ditempatkan pada pangkal penyulang yang hanya menerima aliran daya dari satu sumber atau pada saluran yang langsung terhubung ke beban. Di sisi lain, relai arus lebih berarah (DOCR) dipasang pada bagian pangkal dan ujung saluran yang memiliki lebih dari satu sumber suplai, serta pada sisi *Low Voltage* (LV) dan *High Voltage* (HV) transformator daya. Posisi pemasangan dan arah koordinasi masing-masing relai ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lokasi Penempatan Relai Arus Lebih dan Relai Arus Lebih Berarah

4.3 Simulasi Aliran Daya

Simulasi aliran daya (*Load Flow*) dilakukan untuk memperoleh nilai arus normal maksimum yang mengalir pada masing-masing relai. Nilai arus maksimum yang dihasilkan dari berbagai skenario kemudian dianalisis dan dijadikan sebagai dasar dalam penentuan parameter setting relai. Tabel 4.8 menyajikan besaran arus normal maksimum pada setiap relai yang diperoleh melalui simulasi aliran daya menggunakan perangkat lunak DiGSILENT PowerFactory.

Tabel 4.8 Nilai Arus Normal Maksimum Setiap Relai

Relai yang Merasakan	I_{nmax} (A)
R1 DOCR	42
R2 DOCR	3
R3 DOCR	42
R4 DOCR	3

R5 DOCR	42
R6 DOCR	3
R7 DOCR	42
R8 DOCR	3
R9 DOCR	45
R10 DOCR	10
R11 DOCR	45
R12 DOCR	10
R13 OCR	79
R14 OCR	91
R15 OCR	113
R16 DOCR	125
R17 DOCR	282
R18 OCR	64
R19 OCR	61

4.4 Simulasi Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat dilakukan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak DIGSILENT PowerFactory untuk mendapatkan besaran arus gangguan yang mengalir pada tiap relai. Nilai arus gangguan maksimum yang dihasilkan menjadi acuan utama dalam penentuan setting relai arus lebih, dengan tujuan memastikan relai mampu bekerja secara cepat tanpa melebihi batas kemampuan peralatan seperti CT dan PMT. Selain itu, nilai tersebut juga dimanfaatkan dalam penentuan karakteristik waktu melalui pengaturan Time Multiplier Setting (TMS) agar koordinasi antar relai tetap terjaga secara selektif. Nilai arus gangguan diperoleh saat seluruh suplai aktif dengan *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam kondisi *open*, serta saat salah satu dari trafo daya GI Lubuk Alung tidak aktif dengan *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam kondisi *close*. Tabel 4.9 menyajikan besarnya arus hubung singkat tiga fasa pada titik gangguan terdekat terhadap relai saat saat seluruh suplai aktif dengan *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam kondisi *open*.

Tabel 4. 9 Hasil Simulasi Gangguan 3 Fasa Saat Seluruh Suplai Aktif dan *Couple* Bus GI Lubuk Alung dalam Keadaan *Open*

Lokasi Gangguan	Relai yang Merasakan	$I_{\text{relai}} \text{ (A)}$
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM	R1 DOCR	237
	R2 DOCR	999
	R3 DOCR	81
	R5 DOCR	81
	R7 DOCR	81
	R10 DOCR	930

Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM TRAS	R12 DOCR	930
	R3 DOCR	237
	R4 DOCR	999
	R1 DOCR	81
	R5 DOCR	81
	R7 DOCR	81
	R10 DOCR	930
	R12 DOCR	930
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM TRAS	R5 DOCR	237
	R6 DOCR	999
	R7 DOCR	81
	R3 DOCR	81
	R1 DOCR	81
	R10 DOCR	930
	R12 DOCR	930
	R7 DOCR	237
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM TRAS	R8 DOCR	999
	R5 DOCR	81
	R3 DOCR	81
	R1 DOCR	81
	R10 DOCR	930
	R12 DOCR	930
	R7 DOCR	237
	R8 DOCR	999

Tabel 4.10 menyajikan besarnya arus hubung singkat tiga fasa pada titik gangguan terdekat terhadap relai saat saat trafo daya 1 (60 MVA) GI Lubuk Alung aktif dan trafo daya 2 (30 MVA) GI Lubuk Alung tidak aktif dengan *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam kondisi *close*.

Tabel 4. 10 Hasil Simulasi Gangguan 3 Fasa Saat Kondisi Trafo Daya 1 GI Lubuk Alung Aktif, Trafo Daya 2 GI Lubuk Alung Tidak Aktif, Seluruh Generator PLTM Aktif, serta Couple Bus GI Lubuk Alung dalam Keadaan Close

Lokasi Gangguan	Relai yang Merasakan	$I_{\text{relai}} \text{ (A)}$
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM TRAS	R2 DOCR	2924
	R1 DOCR	226
	R3 DOCR	226
	R5 DOCR	226
	R7 DOCR	226
	R10 DOCR	2733
	R12 DOCR	2733
	R17 DOCR	2733
	R4 DOCR	2924
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM TRAS	R3 DOCR	226
	R1 DOCR	226
	R5 DOCR	226
	R4 DOCR	2924

	R7 DOCR	226
	R10 DOCR	2733
	R12 DOCR	2733
	R17 DOCR	2733
	R6 DOCR	2924
	R5 DOCR	226
	R7 DOCR	226
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM	R3 DOCR	226
TRAS	R1 DOCR	226
	R10 DOCR	2733
	R12 DOCR	2733
	R17 DOCR	2733
	R8 DOCR	2924
	R7 DOCR	226
	R5 DOCR	226
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM	R3 DOCR	226
TRAS	R1 DOCR	226
	R10 DOCR	2733
	R12 DOCR	2733
	R17 DOCR	2733
	R9 DOCR	285
	R10 DOCR	2733
	R3 DOCR	226
INC PLTM TRAS (0 km	R5 DOCR	226
dari BUS 1 TRAS)	R1 DOCR	226
	R7 DOCR	226
	R12 DOCR	2733
	R17 DOCR	2733
	R10 DOCR	2932
	R9 DOCR	283
	R12 DOCR	2932
INC PLTM TRAS (0 km	R3 DOCR	225
dari GH Asam Pulau)	R5 DOCR	225
	R1 DOCR	225
	R7 DOCR	225
	R17 DOCR	2932
	R11 DOCR	283
	R12 DOCR	2932
	R9 DOCR	283
Outgoing GH Asam Pulau (0	R3 DOCR	225
km dari GH Asam Pulau)	R5 DOCR	225
	R1 DOCR	225
	R7 DOCR	225
	R17 DOCR	2932
	R12 DOCR	30554
Outgoing GH Asam Pulau (0	R11 DOCR	263
km dari BUS 2 GI Lubuk	R9 DOCR	263
Alung)	R3 DOCR	209

	R5 DOCR	209
	R1 DOCR	209
	R7 DOCR	209
	R17 DOCR	30554
F. Aia Tajun (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR	30816
	R11 DOCR	263
	R9 DOCR	263
	R3 DOCR	209
	R5 DOCR	209
	R1 DOCR	209
	R7 DOCR	209
	R17 DOCR	30554
F. Pauh Kamba (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR	30816
	R11 DOCR	263
	R9 DOCR	263
	R3 DOCR	209
	R5 DOCR	209
	R1 DOCR	209
	R7 DOCR	209
	R17 DOCR	30554
F. Tapakis (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR	30816
	R11 DOCR	263
	R9 DOCR	263
	R3 DOCR	209
	R5 DOCR	209
	R1 DOCR	209
	R7 DOCR	209
	R17 DOCR	30554
Couple Bus (0 km dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR	30982
	R16 DOCR	263
	R11 DOCR	263
	R9 DOCR	263
	R3 DOCR	209
	R5 DOCR	209
	R1 DOCR	209
	R7 DOCR	209
F. Pasar Usang (0 km dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR	31245
	R16 DOCR	263
	R11 DOCR	263
	R9 DOCR	263
	R3 DOCR	209
	R5 DOCR	209
	R1 DOCR	209
	R7 DOCR	209
F. Ulakan (0 km dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR	31245
	R16 DOCR	263
	R11 DOCR	263
	R9 DOCR	263

R3 DOCR	209
R5 DOCR	209
R1 DOCR	209
R7 DOCR	209

Tabel 4.11 menyajikan besarnya arus hubung singkat tiga fasa pada titik gangguan terdekat terhadap relai saat saat trafo daya 1 (60 MVA) GI Lubuk Alung tidak aktif dan trafo daya 2 (30 MVA) GI Lubuk Alung aktif dengan *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam kondisi *close*.

Tabel 4. 11 Hasil Simulasi Gangguan 3 Fasa Saat Kondisi Trafo Daya 1 GI Lubuk Alung Tidak Aktif, Trafo Daya 2 GI Lubuk Alung Aktif, Seluruh Generator PLTM Aktif, serta Couple Bus GI Lubuk Alung dalam Keadaan Close

Lokasi Gangguan	Relai yang Merasakan	I _{relai} (A)
Couple Bus (0 km dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR	18917
	R11 DOCR	263
	R9 DOCR	263
	R3 DOCR	209
	R5 DOCR	209
	R1 DOCR	209
	R7 DOCR	209

Hasil yang disajikan pada Tabel 4.9 hingga 4.11 diatas merupakan nilai arus gangguan tiga fasa maksimum pada berbagai lokasi gangguan untuk setiap relai yang akan menjadi acuan dalam melakukan perhitungan nilai *setting* serta koordinasi waktu operasi bagi masing-masing relai.

4.5 Perhitungan *Setting* Relai Arus Lebih dan Relai Arus Lebih Berarah

Penentuan nilai *setting* pada relai proteksi merupakan tahapan penting dalam merancang sistem koordinasi proteksi yang selektif pada jaringan distribusi Lubuk Alung. Proses ini meliputi evaluasi dan perhitungan parameter arus serta waktu operasi relai yang mengacu pada kondisi pembebanan sistem dan besarnya arus gangguan yang terjadi.

4.5.1 *Setting* Arus Relai Arus Lebih dan Relai Arus Lebih Berarah

Bagian ini memuat uraian perhitungan parameter *setting* arus untuk setiap relai, yang disusun berdasarkan posisi pemasangan serta peran proteksi masing-masing relai di dalam jaringan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2.

1. R1 DOCR

$$I_{\text{pick up primer}} = 1,1 \times I_{\text{nmax}} = 1,1 \times 42 = 46,2 \text{ A}$$

$$\text{Cek arus gangguan maksimum sisi sekunder} = \frac{\text{Arus maksimum yang dilihat relai}}{\text{Rasio CT}}$$

$$\text{Cek arus gangguan maksimum sisi sekunder} = \frac{237}{100:5} = 11,85 \text{ (sesuai, karena kurang dari 100 A). Maka rasio CT yang digunakan adalah 100:5.}$$

$$I_{\text{pick up sekunder}} = \frac{I_{\text{pick up primer}}}{R_{\text{CT}}} = \frac{46,2}{100:5} = 2,31 \text{ A}$$

$$\text{PS} = \frac{I_{\text{pick up sekunder}}}{I_{\text{sekunder CT}}} \times 100\% = \frac{2,31}{5} \times 100\% = 46,2 \%$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, perhitungan setting arus untuk R2 DOCR hingga R19 OCR disajikan dalam tabel 4.12 dibawah.

Tabel 4. 12 Nilai Arus Normal Maksimum dan Arus Pick Up Masing-Masing Relai

Relai	I_{nmax} (A)	$I_{\text{pick up primer}}$	CT Ratio	Plug Setting (%)
R1 DOCR	42	46,2	100/5	46,2
R2 DOCR	3	3,3	300/5	1,1
R3 DOCR	42	46,2	100/5	46,2
R4 DOCR	3	3,3	300/5	1,1
R5 DOCR	42	46,2	100/5	46,2
R6 DOCR	3	3,3	300/5	1,1
R7 DOCR	42	46,2	100/5	46,2
R8 DOCR	3	3,3	300/5	1,1
R9 DOCR	45	49,5	100/5	49,5
R10 DOCR	10	11	300/5	3,67
R11 DOCR	45	49,5	100/5	49,5
R12 DOCR	10	11	2000/5	0,55
R13 OCR	79	86,9	2000/5	4,345
R14 OCR	91	100,1	2000/5	5,005
R15 OCR	113	124,3	2000/5	6,215
R16 DOCR	125	137,5	2000/5	6,875
R17 DOCR	282	310,2	2000/5	15,51
R18 OCR	64	70,4	2000/5	3,52
R19 OCR	61	67,1	2000/5	3,355

4.5.2 Setting Waktu Relai Arus Lebih dan Relai Arus Lebih Berarah

Setting nilai TMS untuk semua relai diperoleh pada saat salah satu trafo daya GI Lubuk Alung aktif dan satu yang lainnya tidak aktif dengan *couple* Bus dalam keadaan *close*.

Setting waktu DOCR dan OCR ketika trafo daya 1 GI aktif, trafo daya 2 GI tidak aktif dan semua generator PLTM aktif dengan *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam keadaan *close*:

1. Lokasi gangguan 3 fasa pada F. Pasar Usang (0 km dari BUS 1 GI Lubuk Alung)

- R18 OCR (*Main Protection*)

TMS R18 OCR = 0,05 (Nilai TMS ini merupakan nilai yang sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi relai yang akan digunakan)

$$PSM_{R18\ OCR} = \frac{I_{relai}}{I_{pick\ up\ primer}} = \frac{31245}{70,4} = 443,8210227$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \times TMS}{PSM^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \times 0,05}{443,8210227^{0,02} - 1} = 0,0539912 \text{ detik}$$

- R16 DOCR (*Back-Up Protection*)

2. Lokasi gangguan 3 fasa pada F. Ulakan (0 km dari BUS 1 GI Lubuk Alung)

- R19 OCR (*Main Protection*)

TMS R19 OCR = 0,05 (Nilai TMS ini merupakan nilai yang sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi relai yang akan digunakan)

$$PSM_{R19\ OCR} = \frac{I_{relai}}{I_{pick\ up\ primer}} = \frac{31245}{67,1} = 465,64829$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \times TMS}{PSM^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \times 0,05}{465,64829^{0,02} - 1} = 0,0535431 \text{ detik}$$

- R16 DOCR (*Back-Up Protection*)

3. Lokasi gangguan 3 fasa pada F. Aia Tajun (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)

- R13 OCR (*Main Protection*)

TMS R13 OCR = 0,05 (Nilai TMS ini merupakan nilai yang sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi relai yang akan digunakan)

$$PSM_{R13\ OCR} = \frac{I_{relai}}{I_{pick\ up\ primer}} = \frac{30816}{86,9} = 354,6145$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \times TMS}{PSM^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \times 0,05}{354,6145^{0,02} - 1} = 0,0561832 \text{ detik}$$

- R11 DOCR (*Back-Up Protection*)
- R17 DOCR (*Back-Up Protection*)

4. Lokasi gangguan 3 fasa pada F. Pauh Kamba (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)

- R14 OCR (*Main Protection*)

TMS R14 OCR = 0,05 (Nilai TMS ini merupakan nilai yang sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi relai yang akan digunakan)

$$PSM \text{ R14 OCR} = \frac{I_{relai}}{I_{pick up primer}} = \frac{30816}{100,1} = 307,852147$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \times TMS}{PSM^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \times 0,05}{307,852147^{0,02} - 1} = 0,0576529 \text{ detik}$$

- R11 DOCR (*Back-Up Protection*)
- R17 DOCR (*Back-Up Protection*)

5. Lokasi gangguan 3 fasa pada F. Tapakis (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)

- R15 OCR (*Main Protection*)

TMS R15 OCR = 0,05 (Nilai TMS ini merupakan nilai yang sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi relai yang akan digunakan)

$$PSM \text{ R15 OCR} = \frac{I_{relai}}{I_{pick up primer}} = \frac{30816}{124,3} = 247,91633$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \times TMS}{PSM^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \times 0,05}{247,91633^{0,02} - 1} = 0,0600496 \text{ detik}$$

- R11 DOCR (*Back-Up Protection*)
- R17 DOCR (*Back-Up Protection*)

6. Untuk lokasi gangguan 3 fasa pada sisi HV Trafo Daya 1 PLTM TRAS

- R2 DOCR (*Main Protection*)

TMS R2 DOCR = TMS R4 DOCR = TMS R6 DOCR = TMS R8 DOCR = 0,1 (Nilai TMS ini merupakan nilai yang sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi relai yang akan digunakan)

$$PSM \text{ R2 DOCR} = \frac{I_{relai}}{I_{pick up primer}} = \frac{2924}{3,3} = 886,06$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \times TMS}{PSM^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \times 0,1}{886,06^{0,02} - 1} = 0,0962999 \text{ detik}$$

- R3/R5/R7 DOCR (*Back-Up Protection*)
- R10 DOCR (*Back-Up Protection*)

7. Lokasi gangguan 3 fasa pada INC PLTM TRAS (0 km dari GH Asam Pulau)

- R10 DOCR (*Main Protection*)

Pada saat R10 DOCR menjadi *back-up*, nilai t_{op} terbesar adalah saat lokasi gangguan berada pada sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras, dimana secara otomatis nilai TMS terbesar R10 DOCR diperoleh pada saat gangguan dilokasi tersebut

$$\text{Nilai } t_{op} \text{ R2 DOCR} = 0,0962999$$

$$\text{Maka } t_{op} \text{ R10 DOCR} = 0,0962999 + 0,5 = 0,5962999$$

$$PSM \text{ R10 DOCR} = \frac{I_{\text{relai}}}{I_{\text{pick up primer}}} = \frac{2932}{11} = 266,5454545$$

$$\begin{aligned} TMS \text{ R10 DOCR} &= \frac{(PSM^{0,02} - 1) \times t_{op}}{0,14} \\ &= \frac{(266,5454545^{0,02} - 1) \times 0,5962999}{0,14} = 0,503403 \\ &\approx 0,51 \end{aligned}$$

- R12 DOCR (*Back-Up Protection*)

8. Lokasi gangguan 3 fasa pada Outgoing GH Asam Pulau (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)

- R12 DOCR (*Main Protection*)

Pada saat R12 DOCR menjadi *back-up*, nilai t_{op} terbesar adalah saat lokasi gangguan berada pada Inc PLTM Tras (0 km dari GH Asam Pulau), yaitu ketika menjadi *back-up* R10 DOCR, dimana secara otomatis nilai TMS terbesar R12 DOCR diperoleh pada saat gangguan dilokasi tersebut

$$\text{Nilai } t_{op} \text{ R10 DOCR} = 0,5962999$$

$$\text{Maka } t_{op} \text{ R12 DOCR} = 0,5962999 + 0,5 = 1,0962999$$

$$PSM \text{ R12 DOCR} = \frac{I_{\text{relai}}}{I_{\text{pick up primer}}} = \frac{2932}{11} = 266,5454545$$

$$\begin{aligned} TMS \text{ R12 DOCR} &= \frac{(PSM^{0,02} - 1) \times t_{op}}{0,14} = \frac{(266,5454545^{0,02} - 1) \times 1,0962999}{0,14} = \\ &0,925508 \approx 0,93 \end{aligned}$$

- R17 DOCR (*Back-Up Protection*)

$$t_{op} = 1,0962999 + 0,5 = 1,5962999 \text{ detik}$$

$$\text{PSM R17 DOCR} = \frac{I_{\text{relai}}}{I_{\text{pick up primer}}} = \frac{30554}{310,2} = 98,49774$$

$$\begin{aligned} \text{TMS R17 DOCR} &= \frac{(\text{PSM}^{0,02} - 1) \times t_{op}}{0,14} = \frac{(98,49774^{0,02} - 1) \times 1,5962999}{0,14} \\ &= 1,09627 \end{aligned}$$

Pada lokasi gangguan ini, TMS R17 adalah nilai terbesar dibandingkan nilai TMS R17 pada lokasi gangguan yang lain. Besar nilai TMS R17 yaitu:

$$\text{TMS R17} = 1,09627 \approx 1,1$$

Setting waktu DOCR dan OCR ketika trafo daya 1 GI tidak aktif, trafo daya 2 GI aktif dan semua generator PLTM aktif dengan couple Bus GI Lubuk Alung dalam keadaan close:

1. Untuk lokasi gangguan 3 fasa pada Couple Bus (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung)

- R16 DOCR (*Main Protection*)

Pada saat R16 DOCR menjadi *back-up*, nilai t_{op} terbesar adalah saat lokasi gangguan berada di F. Pasar Usang (0 km dari BUS 1 GI Lubuk Alung), yaitu ketika menjadi *back-up* R18 OCR, dimana secara otomatis nilai TMS terbesar R16 DOCR diperoleh pada saat gangguan dilokasi tersebut.

$$\text{Nilai } t_{op} \text{ R18 DOCR} = 0,0539912$$

$$\text{Maka } t_{op} \text{ R16 DOCR} = 0,0539912 + 0,5 = 0,5539912$$

$$\text{PSM R16 DOCR} = \frac{I_{\text{relai}}}{I_{\text{pick up primer}}} = \frac{263}{137,5} = 1,9127$$

$$\begin{aligned} \text{TMS R16 DOCR} &= \frac{(\text{PSM}^{0,02} - 1) \times t_{op}}{0,14} = \frac{(1,9127^{0,02} - 1) \times 0,5539912}{0,14} \\ &= 0,0516589 \approx 0,06 \end{aligned}$$

- R11 DOCR (*Back-Up Protection*)

2. Lokasi gangguan 3 fasa pada Outgoing GH Asam Pulau (0 km dari Bus 2 GH Asam Pulau)

- R11 DOCR (*Main Protection*)

Pada saat R11 DOCR menjadi *back-up*, nilai t_{op} terbesar adalah saat lokasi gangguan berada di Couple Bus (0 km dari BUS 2 GI Lubuk Alung), yaitu ketika menjadi *back-up* R16 DOCR, dimana secara otomatis nilai TMS terbesar R11 DOCR diperoleh pada saat gangguan dilokasi tersebut.

$$\text{Nilai } t_{op} \text{ R16 DOCR} = 0,5539912$$

$$\text{Maka } t_{op} \text{ R11 DOCR} = 0,5539912 + 0,5 = 1,0539912$$

$$\text{PSM R11 DOCR} = \frac{I_{\text{relai}}}{I_{\text{pick up primer}}} = \frac{263}{49,5} = 5,313131313$$

$$\text{TMS R11 DOCR} = \frac{(\text{PSM}^{0,02} - 1) \times t_{op}}{0,14} = \frac{(5,313131313^{0,02} - 1) \times 1,0539912}{0,14} = 0,255727 \approx 0,26$$

- R9 DOCR (*Back-Up Protection*)
3. Lokasi gangguan 3 fasa pada INC PLTM TRAS (0 km dari BUS 1 TRAS)
- R9 DOCR (*Main Protection*)

Pada saat R9 DOCR menjadi relai utama, nilai TMS yang digunakan yaitu nilai TMS R9 DOCR saat lokasi gangguan berada pada. Pada saat R9 DOCR menjadi *back-up*, nilai t_{op} terbesar adalah saat lokasi gangguan berada di Outgoing GH Asam Pulau (0 km dari GH Asam Pulau), yaitu ketika menjadi *back-up* R11 DOCR, dimana secara otomatis nilai TMS terbesar R9 DOCR diperoleh pada saat gangguan dilokasi tersebut.

$$\text{Nilai } t_{op} \text{ R11 DOCR} = 1,0539912$$

$$\text{Maka } t_{op} \text{ R9 DOCR} = 1,0539912 + 0,5 = 1,5539912$$

$$\text{PSM R9 DOCR} = \frac{I_{\text{relai}}}{I_{\text{pick up primer}}} = \frac{283}{49,5} = 5,717171717$$

$$\text{TMS R9 DOCR} = \frac{(\text{PSM}^{0,02} - 1) \times t_{op}}{0,14} = \frac{(5,717171717^{0,02} - 1) \times 1,5539912}{0,14} = 0,393876 \approx 0,40$$

- R1/R3/R5/R7 DOCR (*Back-Up Protection*)

$$t_{op} \text{ R1} = \text{R3} = \text{R5} = \text{R7} = 1,5539912 + 0,5 = 2,0539912 \text{ detik}$$

$$\text{PSM R1 DOCR} = \text{R3} = \text{R5} = \text{R7} = \frac{I_{\text{relai}}}{I_{\text{pick up primer}}} = \frac{226}{46,2} = 4,891775$$

$$\begin{aligned} \text{TMS R1 DOCR} = \text{R3} = \text{R5} = \text{R7} &= \frac{(\text{PSM}^{0,02} - 1) \times t_{\text{op}}}{0,14} \\ &= \frac{(4,891775^{0,02} - 1) \times 2,0539912}{0,14} = 0,473306 \end{aligned}$$

Pada saat gangguan di INC PLTM TRAS (0 km dari BUS 1 TRAS), R1/R3/R5/R7 memiliki nilai TMS yang lebih besar dibandingkan saat menjadi relai *back-up* ketika gangguan di sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras. TMS terbesar yaitu $0,473306 = 0,48$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai TMS masing-masing relai yang digunakan adalah nilai TMS terbesar. Oleh karena itu, hasil setting relai DOCR dan OCR disajikan pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Setting Relai

Relai	Plug Setting (%)	I _{pick up} sekunder (A)	TMS	CT Ratio	VT Ratio	Arah Relai
R1 DOCR	46,2	2,31	0,48	100/5	6300/110	Forward
R2 DOCR	1,1	0,055	0,1	300/5	20000/110	Reverse
R3 DOCR	46,2	2,31	0,48	100/5	6300/110	Forward
R4 DOCR	1,1	0,055	0,1	300/5	20000/110	Reverse
R5 DOCR	46,2	2,31	0,48	100/5	6300/110	Forward
R6 DOCR	1,1	0,055	0,1	300/5	20000/110	Reverse
R7 DOCR	46,2	2,31	0,48	100/5	6300/110	Forward
R8 DOCR	1,1	0,055	0,1	300/5	20000/110	Reverse
R9 DOCR	49,5	2,475	0,40	100/5	20000/110	Forward
R10 DOCR	3,67	0,183	0,51	300/5	20000/110	Reverse
R11 DOCR	49,5	2,475	0,26	100/5	20000/110	Forward
R12 DOCR	0,55	0,0275	0,93	2000/5	20000/110	Reverse
R13 OCR	4,345	0,21725	0,05	2000/5	-	-
R14 OCR	5,005	0,25025	0,05	2000/5	-	-
R15 OCR	6,215	0,31075	0,05	2000/5	-	-
R16 DOCR	6,875	0,34375	0,06	2000/5	20000/110	Forward
R17 DOCR	15,51	0,7755	1,1	2000/5	20000/110	Forward
R18 OCR	3,52	0,176	0,05	2000/5	-	-
R19 OCR	3,355	0,16775	0,05	2000/5	-	-

4.6 Pengujian Kondisi 1 Koordinasi Relai

Setelah ditetapkan parameter *setting* untuk masing-masing relai, dilakukan uji koordinasi pada masing-masing relai untuk menganalisis responnya terhadap gangguan yang diberikan, serta dilakukan perbaikan atau evaluasi kinerja relai yang bertujuan untuk memvalidasi dan menyesuaikan relai agar bekerja dengan baik untuk setiap kondisi pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi pertama, yaitu saat semua suplai

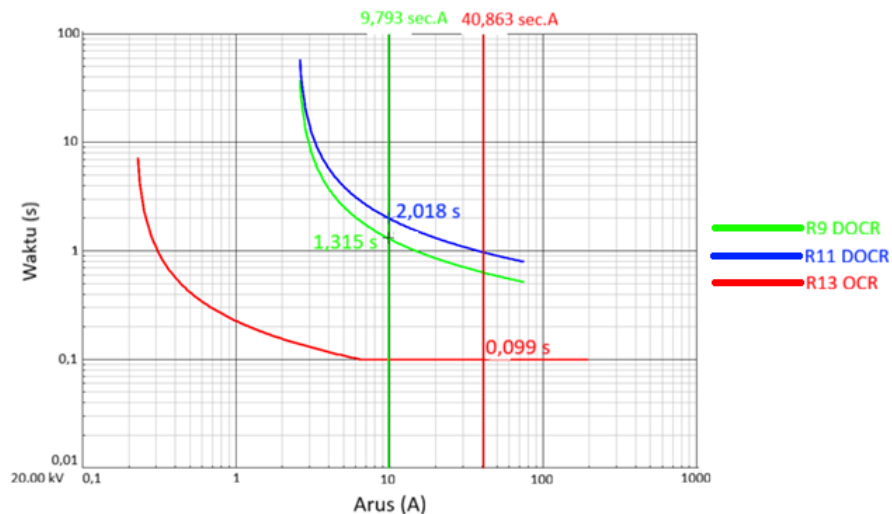
aktif, serta couple Bus GI Lubuk Alung dalam kondisi *open*, dilakukan simulasi gangguan pada beberapa titik lokasi.

4.6.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

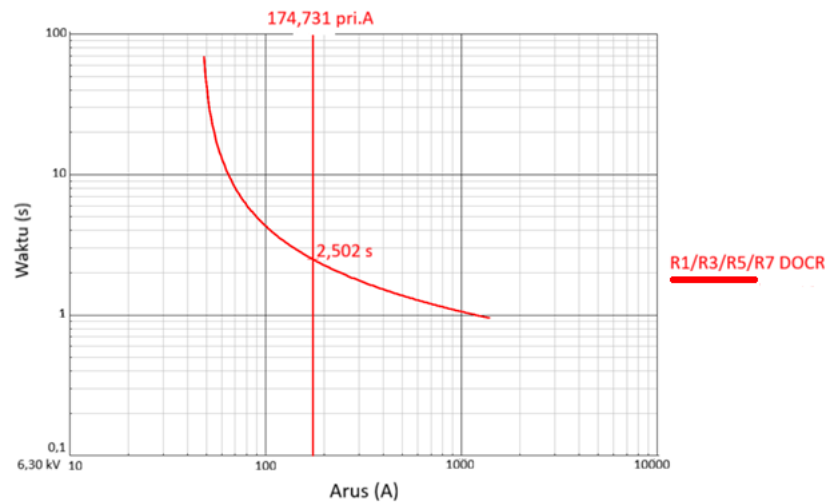
Berikut merupakan hasil uji koordinasi relai saat diberi gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi.

4.6.1.1 Lokasi Gangguan pada F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)

Saat gangguan 2 fasa disimulasikan pada F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung), R13 OCR berperan sebagai relai utama untuk mengisolasi arus gangguan yang berasal dari GI Lubuk Alung dan PLTM Tras. Ketika R13 OCR sebagai relai utama gagal beroperasi, terdapat beberapa relai sebagai *back-up*, yaitu R11 DOCR (*back-up* 1), R9 DOCR (*back-up* 2), dan R1/R3/R5/R7 DOCR (*back-up* 3) untuk mengisolasi arus gangguan yang berasal dari PLTM Tras. Setelah simulasi gangguan diberikan, diperoleh kurva karakteristik dari masing-masing relai yang menunjukkan besar arus gangguan yang dirasakan dan waktu operasi dari relai tersebut seperti yang ditunjukkan Gambar 4.3 dibawah.



Gambar 4. 3 Kurva Karakteristik R13 OCR, R11 DOCR, R9 DOCR Saat Gangguan 2 Fasa pada F. Aia Tajun (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)



Gambar 4. 4 Kurva Karakteristik R1/R3/R5/R7 DOCR Saat Gangguan 2 Fasa pada F. Aia Tajun (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)

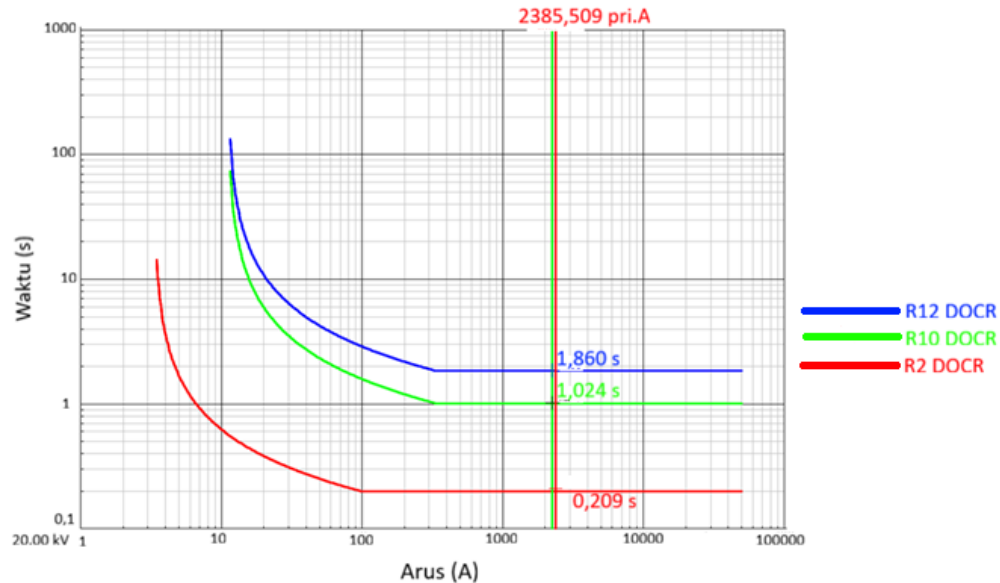
Gambar 4.3 dan gambar 4.4 menunjukkan kurva karakteristik *time* untuk R13 OCR, R11 DOCR, R9 DOCR, dan R1/R3/R5/R7 DOCR saat diberi gangguan 2 fasa pada F. Aia Tajun (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung). R13 OCR sebagai relai utama bekerja pada waktu 0,099 detik untuk memutus arus gangguan yang berasal dari GI Lubuk Alung dan PLTM Tras. Jika R13 OCR gagal beroperasi, maka R11 DOCR (relai *back-up* 1) akan bekerja pada waktu 1,315 detik untuk memutus arus gangguan yang juga berasal dari PLTM Tras. Jika R11 DOCR gagal beroperasi, maka R9 DOCR (*back-up* 2) akan bekerja pada waktu 2,018 detik. Jika R9 DOCR gagal beroperasi, maka R1/R3/R5/R7 DOCR (relai *back-up* 3) akan bekerja pada waktu 2,502 detik untuk memutus arus gangguan yang juga berasal dari PLTM Tras.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja sistem proteksi belum memenuhi kriteria yang ditetapkan. Hal ini dikarenakan selisih waktu operasi antara R9 DOCR dan R1/R3/R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik. Koordinasi waktu antara relai *back-up* seharusnya menunjukkan *margin* sebesar $\geq 0,5$ detik, dimana selisih waktu operasional ($\geq 0,5$ detik) tersebut adalah standar koordinasi yang sesuai untuk menjamin selektivitas proteksi.

4.6.1.2 Lokasi Gangguan pada Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras

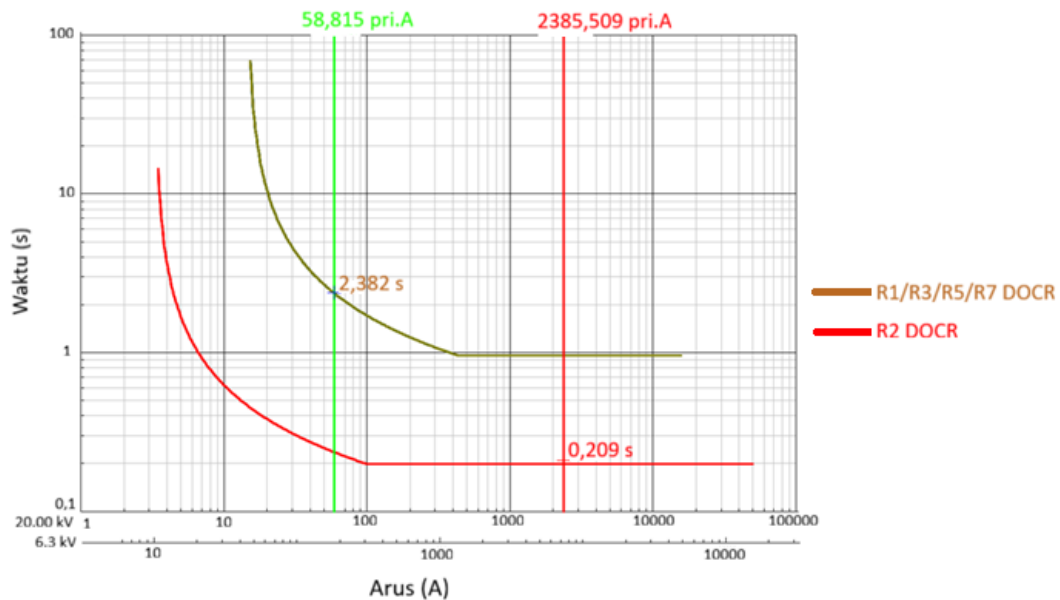
Saat gangguan 2 fasa disimulasikan pada Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras, R2 DOCR berperan sebagai relai utama untuk mengisolasi arus gangguan yang berasal dari PLTM Tras. Ketika R2 DOCR sebagai relai utama gagal beroperasi, terdapat beberapa relai yang bertindak sebagai *back-up*, yaitu R10 DOCR, R12 DOCR untuk mengisolasi arus gangguan yang berasal dari GI Lubuk Alung, serta R3/R5/R7 DOCR untuk mengisolasi arus gangguan yang berasal dari Generator 2,3 dan 4 dari PLTM

Tras. Setelah simulasi gangguan diberikan, diperoleh kurva karakteristik dari masing-masing relai yang menunjukkan besar arus gangguan yang dirasakan dan waktu operasi dari relai tersebut seperti yang ditunjukkan Gambar 4.4 dibawah.



Gambar 4. 5 Kurva Karakteristik R2 DOCR, R10 DOCR, dan R12 DOCR Saat Gangguan 2 Fasa pada Sisi HV TD1 PLTM Tras

Gambar 4.4 menunjukkan kurva karakteristik *time* untuk R2 DOCR, R10 DOCR, dan R12 DOCR saat diberi gangguan 2 fasa pada sisi HV TD1 PLTM Tras. R2 DOCR sebagai relai utama bekerja pada waktu 0,209 detik untuk memutus arus gangguan yang berasal dari GI Lubuk Alung. Jika R2 DOCR gagal beroperasi, maka R10 DOCR (relai *back-up* 1) akan bekerja pada waktu 1,024 detik untuk memutus arus gangguan yang berasal dari GI Lubuk Alung. Jika R10 DOCR gagal beroperasi, maka R12 DOCR (relai *back-up* 2) akan bekerja pada waktu 1,860 detik untuk memutus arus gangguan yang berasal dari GI Lubuk Alung.



Gambar 4. 6 Kurva Karakteristik R2 DOCR, dan R3, R5 dan R7 DOCR Saat Gangguan 2 Fasa pada Sisi HV TD1 PLTM Tras

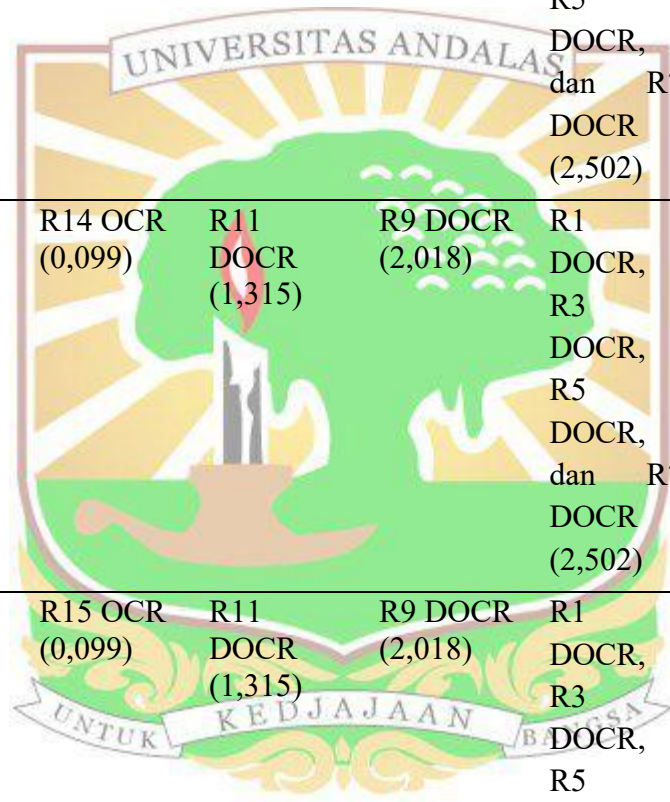
Dari sisi lain, Gambar 4.5 menunjukkan kurva karakteristik *time* untuk R2 DOCR, dan R3, R5 dan R7 DOCR saat gangguan 2 fasa pada sisi HV TD1 PLTM Tras. R2 DOCR sebagai relai utama bekerja pada waktu 0,209 detik untuk memutus arus gangguan yang berasal dari trafo daya 1 PLTM Tras. Jika R2 DOCR gagal beroperasi, maka R3, R5 dan R7 DOCR (relai *back-up* 1) akan bekerja pada waktu 2,382 detik untuk memutus arus gangguan yang berasal dari TD 2, 3 dan 4 dari PLTM Tras.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja sistem proteksi telah sesuai kriteria yang ditetapkan, dimana koordinasi waktu antara relai utama dan relai cadangan menunjukkan *margin* sebesar $\geq 0,5$ detik. Selisih waktu operasional tersebut telah sesuai dengan standar koordinasi yang diharapkan untuk menjamin selektivitas proteksi.

Berdasarkan hasil simulasi gangguan dua fasa pada skenario kondisi 1 menunjukkan bahwa koordinasi antara relai arus lebih dan relai arus lebih berarah masih ada yang belum optimal karena adanya relai yang bekerja dengan tidak memenuhi standar *grading margin* yang ada. Ketidaksesuaian koordinasi waktu kerja relai pada beberapa titik lokasi gangguan ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa pada Kondisi 1

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)				Keterangan
	Relai Utama (detik)	Relai Backup 1 (detik)	Relai Backup 2 (detik)	Relai Backup 3 (detik)	
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,315)	R9 DOCR (2,018)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,502)	Nilai grading margin antara R9 DOCR dan R1/R3/R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,315)	R9 DOCR (2,018)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,502)	Nilai grading margin antara R9 DOCR dan R1/R3/R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,315)	R9 DOCR (2,018)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,502)	Nilai grading margin antara R9 DOCR dan R1/R3/R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik



Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,259)	R9 DOCR (1,931)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,391)	Nilai grading margin antara R9 DOCR dan R1/R3/ R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (1,315)	R9 DOCR (2,018)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,502)	Nilai grading margin antara R9 DOCR dan R1/R3/ R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik
Inc PLTM Tras (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (1,924)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,382)		Nilai grading margin antara R9 DOCR dan R1/R3/ R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
Inc PLTM Tras (0% dari	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai

GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,931)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,391)	Nilai grading margin antara R9 DOCR dan R1/R3/ R5/R7 DOCR kurang dari 0,5 detik
-------------------	--------------------	---	--

Berdasarkan Tabel 4.14 tersebut, ditemukan bahwa *grading margin* antara R9 DOCR dengan R1/R3/R5/R7 DOCR tidak memenuhi kriteria minimum sebesar 0,5 detik, sehingga diperlukan penyesuaian berupa peningkatan nilai TMS pada R1/R3/R5/R7 DOCR seperti yang dibahas pada subbab 4.9. Setelah peningkatan nilai TMS tersebut, maka dilakukan pengujian kembali pada kondisi 1 hingga kondisi 48.

4.6.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa ke Tanah

Berikut merupakan hasil uji koordinasi relai saat diberi gangguan 2 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi. Tabel 4.15 menunjukkan koordinasi waktu kerja relai pada beberapa titik lokasi gangguan saat diberi gangguan 2 fasa ke tanah.

Tabel 4. 15 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa ke Tanah Kondisi 1

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)				Keterangan
	Relai Utama (detik)	Relai <i>Backup</i> 1 (detik)	Relai <i>Backup</i> 2 (detik)	Relai <i>Backup</i> 3 (detik)	
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (0,924)	R9 DOCR (1,416)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,380)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik

F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (0,924)	R9 DOCR (1,416)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,380)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (0,924)	R9 DOCR (1,416)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,380)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,571)	R9 DOCR (0,873)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,248)		Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
	R12 DOCR (1,860)				Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau	R12 DOCR (1,860)				Sesuai

(0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (0,924)	R9 DOCR (1,416)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,380)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
---------------------------------------	------------------------	--------------------	---	---

Dikarenakan *grading margin* antara R11 DOCR dengan R9 DOCR tidak memenuhi kriteria minimum $\geq 0,5$ detik, maka diperlukan penyesuaian berupa peningkatan nilai TMS pada R9 DOCR seperti yang dibahas pada subbab 4.9. Setelah peningkatan nilai TMS tersebut, maka dilakukan pengujian kembali pada kondisi 1 hingga kondisi 48.

4.6.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Berikut merupakan hasil uji koordinasi relai saat diberi gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi. Tabel 4.16 menunjukkan koordinasi waktu kerja relai pada beberapa titik lokasi gangguan saat diberi gangguan 1 fasa ke tanah.

Tabel 4. 16 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 1

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)				Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Backup</i> 1	Relai <i>Backup</i> 2	Relai <i>Backup</i> 3	
	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)	
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (0,927)	R9 DOCR (1,421)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,934)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik

F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (0,927)	R9 DOCR (1,421)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,934)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (0,927)	R9 DOCR (1,421)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,934)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,577)	R9 DOCR (0,883)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,342)		Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
	R12 DOCR (1,860)				Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau	R12 DOCR (1,860)				Sesuai

(0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (0,927)	R9 DOCR (1,421)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,934)	Nilai grading margin antara R11 DOCR dan R9 DOCR kurang dari 0,5 detik
---------------------------------------	------------------------	--------------------	---	---

Dikarenakan *grading margin* antara R11 DOCR dengan R9 DOCR tidak memenuhi kriteria minimum $\geq 0,5$ detik, maka diperlukan penyesuaian berupa peningkatan nilai TMS pada R9 DOCR seperti yang dibahas pada subbab 4.9. Setelah peningkatan nilai TMS tersebut, maka dilakukan pengujian kembali pada kondisi 1 hingga kondisi 48.

4.7 Pengujian Kondisi 17 Koordinasi Relai

Pengujian koordinasi kondisi ini, yaitu saat TD 1 GI Lubuk Alung aktif, sedangkan TD 2 GI Lubuk Alung tidak aktif dan seluruh generator PLTM Tras aktif serta *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam keadaan *close*. Dilakukan simulasi gangguan pada beberapa titik lokasi.

4.7.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.17 menunjukkan koordinasi waktu kerja relai pada beberapa titik lokasi gangguan saat diberi gangguan 3 fasa.

Tabel 4. 17 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 17

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)				Keterangan
	Relai Utama (detik)	Relai <i>Backup</i> 1 (detik)	Relai <i>Backup</i> 2 (detik)	Relai <i>Backup</i> 3 (detik)	

Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,198)	Nilai grading margin antara R12 DOCR dengan R17 DOCR kurang dari 0,5 detik
	R11 DOCR (1,082)	R9 DOCR (1,659) R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,206)	Sesuai

Dikarenakan *grading margin* antara R12 DOCR dengan R17 DOCR tidak memenuhi kriteria, maka diperlukan penyesuaian berupa peningkatan nilai TMS pada R17 DOCR seperti yang dibahas pada subbab 4.9. Setelah peningkatan nilai TMS tersebut, maka dilakukan pengujian kembali pada kondisi 1 hingga kondisi 48.

4.8 Pengujian Kondisi 33 Koordinasi Relai

Pengujian koordinasi kondisi 33, yaitu saat TD 1 GI Lubuk Alung tidak aktif, sedangkan TD 2 GI Lubuk Alung aktif dan seluruh generator PLTM Tras aktif serta *couple* Bus GI Lubuk Alung dalam keadaan *close*. Dilakukan simulasi gangguan pada beberapa titik lokasi.

4.8.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.18 menunjukkan koordinasi waktu kerja relai pada beberapa titik lokasi gangguan saat diberi Gangguan 3 fasa.

Tabel 4.18 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 33

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)					Keterangan
	Relai Utama (detik)	Relai <i>Backup</i> 1 (detik)	Relai <i>Backup</i> 2 (detik)	Relai <i>Backup</i> 3 (detik)	Relai <i>Backup</i> 4 (detik)	

F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,129)	R11 DOCR (1,088)	R9 DOCR (1,668)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,218)	Nilai grading margin antara R18 OCR dengan R16 DOCR kurang dari 0,5 detik
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,129)	R11 DOCR (1,088)	R9 DOCR (1,668)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,218)	Nilai grading margin antara R19 OCR dengan R16 DOCR kurang dari 0,5 detik

Pada saat simulasi gangguan 3 fasa di lokasi tersebut, *grading margin* antara R18 DOCR dengan R16 DOCR, serta antara R19 DOCR dengan R16 DOCR, tidak memenuhi kriteria, maka diperlukan penyesuaian berupa peningkatan nilai TMS pada R16 DOCR seperti yang dibahas pada subbab 4.9. Setelah peningkatan nilai TMS tersebut, maka dilakukan pengujian kembali pada kondisi 1 hingga kondisi 48.

Kondisi 1, 17, dan 33 adalah kondisi dimana seluruh PLTM beroperasi, yang divariasikan hanya trafo daya pada GI Lubuk Alung. Pada kondisi inilah arus yang dirasakan masing-masing relai bernilai maksimum dibandingkan jika terdapat PLTM yang tidak beroperasi. Kondisi ini dibutuhkan untuk meninjau waktu operasi antara relai utama dan relai *back-up* lainnya, pada kondisi ini dapat diperoleh apakah *grading margin* dari seluruh relai sudah cukup dan beroperasi dengan baik atau belum. Jika waktu operasi antara relai utama dan relai backup lainnya belum mencukupi, maka diperlukan perbaikan TMS pada masing-masing relai tersebut.

4.9 Perbaikan *Setting* TMS Relai Arus Lebih dan Relai Arus Lebih Berarah

Hasil pengujian koordinasi pada berbagai skenario gangguan di beberapa titik menunjukkan bahwa masih terdapat ketidaksesuaian koordinasi pada sejumlah relai

proteksi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan evaluasi dan penyesuaian parameter *setting* pada beberapa relai arus lebih berarah dengan meningkatkan nilai TMS secara bertahap pada R16 DOCR, R11 DOCR, R9 DOCR, R1/R3/R5/R7 DOCR, dan R17 DOCR. Penyesuaian ini dilakukan agar nilai *grading margin* minimal sebesar 0,5 detik dapat terpenuhi. Hasil perbaikan *setting* TMS relai arus lebih berarah setelah pengujian disajikan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perbaikan *Setting* TMS Relai Arus Lebih Berarah Setelah Pengujian

Relai yang Merasakan	Perbaikan <i>Setting</i> TMS
R16 DOCR	0,30
R11 DOCR	0,32
R9 DOCR	0,56
R1, R3, R5 dan R7 DOCR	0,65
R17 DOCR	1,19

4.10 Pengujian Kondisi 1 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi pertama, seluruh sumber suplai beroperasi untuk melayani beban, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *open*.

4.10.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

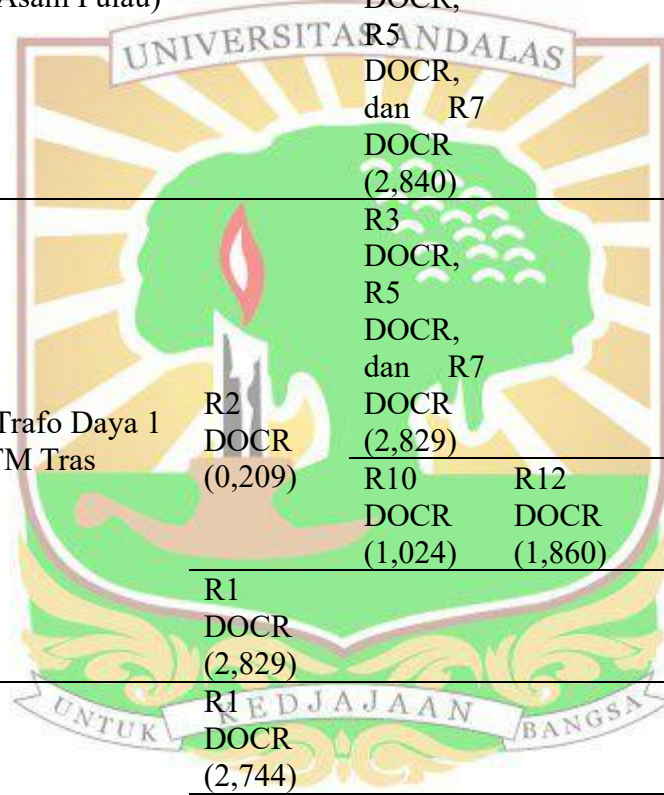
Tabel 4.20 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 20 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 1

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai

F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,272)	R9 DOCR (2,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,840)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,983)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (2,210)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai

		DOCR (2,829)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R9 DOCR (2,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,840)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (8,061)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai



Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (2,829)		Sesuai
		R3 DOCR (2,744)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (8,061)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
		R5 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (2,829)		Sesuai
		R5 DOCR (2,744)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras		R1 DOCR,		Sesuai

	R6 DOCR (0,209)	R3 DOCR, dan R7 DOCR (8,061)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5			
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	DOCR (2,829)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		
	R7 DOCR (2,829)				
	R7 DOCR (2,744)				
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5			
	R8 DOCR (0,209)	DOCR (8,061)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		

4.10.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.21 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 21 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 1

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,547)	R9 DOCR (2,699)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,234)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,385)	Sesuai

INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (2,690)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,223)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R9 DOCR (2,699)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,234)	Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,223)	Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (3,223)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (3,408)	R3 DOCR, R5 DOCR,	Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	dan R7 DOCR (17,522)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	DOCR (3,223)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R3 DOCR (3,223)			Sesuai
	R3 DOCR (3,408)			Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	DOCR (17,522)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	DOCR (3,223)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR			Sesuai

	(3,223)			
	R5			Sesuai
	DOCR			
	(3,408)			
		R1		Sesuai
		DOCR,		
		R3		
		DOCR,		
		dan R7		
	R6	DOCR		
	DOCR	(17,522)		
	(0,209)	R10	R12	Sesuai
		DOCR	DOCR	
		(1,024)	(1,860)	
		R1		Sesuai
		DOCR,		
		R3		
		DOCR,		
		dan R5		
	R8	DOCR		
	DOCR	(3,223)		
	(0,209)	R10	R12	Sesuai
		DOCR	DOCR	
		(1,024)	(1,860)	
	R7			Sesuai
	DOCR			
	(3,223)			
	R7			Sesuai
	DOCR			
	(3,408)			
		R1		Sesuai
		DOCR,		
		R3		
		DOCR,		
		dan R5		
	R8	DOCR		
	DOCR	(17,522)		
	(0,209)	R10	R12	Sesuai
		DOCR	DOCR	
		(1,024)	(1,860)	

4.10.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.22 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut

menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 22 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 1

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,708)	R9 DOCR (1,232)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,522)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR,	Sesuai

				dan R7 DOCR (5,324)	
	R9 DOCR (1,188)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,086)			Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)					
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,232)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,522)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	DOCR (4,086)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (4,086)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (1,752)				Sesuai

		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)			Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,109)	R12 DOCR (2,013)		Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,086)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
		R3 DOCR (4,086)			Sesuai
		R3 DOCR (1,752)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)			Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,109)	R12 DOCR (2,013)		Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (4,086)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai

	R5 DOCR (4,086)		Sesuai
	R5 DOCR (1,752)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (-) R10 DOCR (1,109)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
		R12 DOCR (2,013)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (4,086) R10 DOCR (1,024)	Sesuai
		R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R7 DOCR (4,086)		Sesuai
	R7 DOCR (1,752)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (-) R10 DOCR (1,109)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
		R12 DOCR (2,013)	Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi

LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (grounded). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.11 Pengujian Kondisi 2, 3, 5 dan 9 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, seluruh TD GI Lubuk Alung aktif, 1 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *open*.

4.11.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.23 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 23 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 2, 3, 5 dan 9

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,524)	R9 DOCR (2,659)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5	Sesuai*

			DOCR, atau R7 DOCR (2,837)	
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,944)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (2,651)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		Sesuai*
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (2,659)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,837)		Sesuai*

Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7	Sesuai	
		DOCR (2,829)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR (2,829)	Sesuai	
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R1 DOCR (2,744)	Sesuai	
		R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7	Sesuai	
		DOCR (7,828)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, atau R7	Sesuai	
		DOCR (2,829)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (2,829)	Sesuai	
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R3 DOCR (2,744)	Sesuai	
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7	Sesuai	

	R4 DOCR (0,209)	DOCR (7,828)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	DOCR (2,829)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (2,829)		Sesuai
		R5 DOCR (2,744)		Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	DOCR (7,828)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.11.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

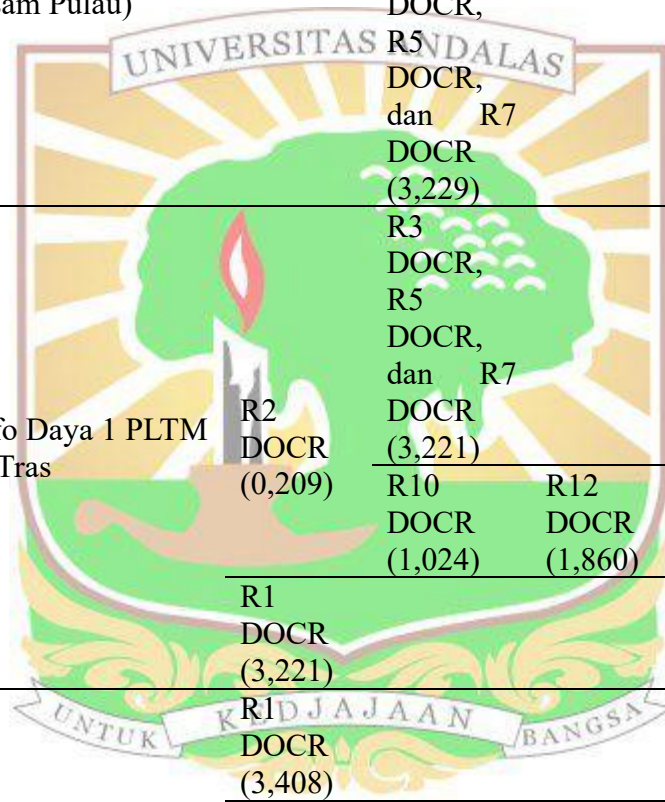
Tabel 4.24 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 24 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 2, 3, 5 dan 9

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai

F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,934)	R9 DOCR (3,377)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,229)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,342)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (3,366)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7		Sesuai*

		DOCR (3,221)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R9 DOCR (3,377)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,229)		Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)		Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (3,221)			Sesuai
	R1 DOCR (3,408)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (16,609)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai



Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,221)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (3,221)		Sesuai
		R3 DOCR (3,408)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (16,609)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)		Sesuai
		R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R5 DOCR (3,221)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (3,221)		Sesuai
		R5 DOCR (3,408)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras		R1 DOCR,		Sesuai

R6 DOCR (0,209)	R3 DOCR, dan R7 DOCR (16,609)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
-----------------------	---	------------------------	------------------------	--------

4.11.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.25 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 25 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 2, 3, 5 dan 9

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,210)	R9 DOCR (2,109)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,210)	R9 DOCR (2,109)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,210)	R9 DOCR (2,109)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,720)	R9 DOCR (1,253)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,498)	Sesuai

	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,210)	R9 DOCR (2,109)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (5,216)
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (1,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,076)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,253)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,498)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7	Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	DOCR (4,076)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (4,076)			Sesuai
	R1 DOCR (1,753)			Sesuai
		R3 DOCR,		Tidak Mendeteksi
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		
		R10 DOCR (1,102)	R12 DOCR (2,002)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,076)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (4,076)		Sesuai
		R3 DOCR (1,753)		Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Tidak Mendeteksi
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR	R12 DOCR	Sesuai

		(1,102)	(2,002)	
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (4,076)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (4,076)			Sesuai
	R5 DOCR (1,753)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (-) (0,209)			Tidak Mendeteksi
		R10 DOCR (1,102)	R12 DOCR (2,002)	Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.12 Pengujian Kondisi 4, 6, 7, 11 dan 13 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, seluruh TD GI Lubuk Alung aktif, 2 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *open*.

4.12.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.26 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 26 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 4, 6, 7, 11 dan 13

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (2,112)	R9 DOCR (3,689)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,835)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	R1 DOCR, R3	Sesuai*

				DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,905)	
	R9 DOCR (3,678)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)			Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (3,689)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,835)			Sesuai*
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R1 DOCR (2,829)				Sesuai

Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (7,604)		
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (2,829)		
		R3 DOCR (2,744)		
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (7,604)		
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		
		R3 DOCR (2,829)		
		R3 DOCR (2,744)		

4.12.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.27 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 27 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 4, 6, 7, 11 dan 13

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (2,986)	R9 DOCR (5,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,224)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR,	Sesuai*

			atau R7 DOCR (3,299)	
	R9 DOCR (5,201)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,219)		Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (5,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,224)		Sesuai*
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	DOCR (3,219)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)
	R1 DOCR (3,219)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (3,408)			Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (15,776)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, atau R7			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R3 DOCR (3,219)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (3,219)			Sesuai
		R3 DOCR (3,408)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (15,776)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.12.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.28 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 28 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 4, 6, 7, 11 dan 13

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,304)	R9 DOCR (2,274)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,304)	R9 DOCR (2,274)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,304)	R9 DOCR (2,274)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,733)	R9 DOCR (1,276)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,473)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (1,304)	R9 DOCR (2,274)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7	Sesuai

				DOCR (5,110)	
	R9 DOCR (1,231)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,066)			Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,276)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,473)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,066)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R1 DOCR (4,066)			Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R1 DOCR (4,066)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (1,754)				Sesuai

		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)			Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,096)	R12 DOCR (1,991)		Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,066)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R3 DOCR (4,066)				Sesuai
	R3 DOCR (1,754)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)			Back-up 1 Tidak Mendeteksi
		R10 DOCR (1,096)	R12 DOCR (1,991)		Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.13 Pengujian Kondisi 8, 12, 14 dan 15 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada

seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, seluruh TD GI Lubuk Alung aktif, 3 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *open*.

4.13.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.29 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 29 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 8, 12, 14 dan 15

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (6,162)	R9 DOCR (10,776)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,832)	Sesuai*
	R12 DOCR			Sesuai

	(1,860)			
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,867)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (10,731)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		Sesuai*
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (10,776)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,832)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (2,829)			Sesuai

Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1	Sesuai		
	DOCR			
	(2,744)			
	R2	R10	R12	Sesuai
	DOCR	DOCR	DOCR	
	(0,209)	(1,024)	(1,860)	

4.13.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.30 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 30 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 8, 12, 14 dan 15

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (40,265)	R9 DOCR (70,457)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,219)	Sesuai*
	R12 DOCR			Sesuai

	(1,860)			
	R12			Sesuai
	DOCR			
	(1,860)			
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11	R9	R1	Sesuai*
	DOCR	DOCR	DOCR,	
	(-)	(-)	R3	
			DOCR,	
			R5	
			DOCR,	
			atau R7	
			DOCR	
			(3,256)	
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9	R1		Sesuai*
	DOCR	DOCR,		
	(68,897)	R3		
		DOCR,		
		R5		
		DOCR,		
		atau R7		
		DOCR		
		(3,216)		
	R10	R12		Sesuai
	DOCR	DOCR		
	(1,024)	(1,860)		
	R10	R12		Sesuai
	DOCR	DOCR		
	(1,024)	(1,860)		
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9	R1		Sesuai*
	DOCR	DOCR,		
	(70,457)	R3		
		DOCR,		
		R5		
		DOCR,		
		dan R7		
		DOCR		
		(3,219)		
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2	R10	R12	Sesuai
	DOCR	DOCR	DOCR	
	(0,209)	(1,024)	(1,860)	
	R1			Sesuai
	DOCR			
	(3,216)			

Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1	Sesuai		
	DOCR			
	(3,409)			
	R2	R10	R12	Sesuai
	DOCR	DOCR	DOCR	
	(0,209)	(1,024)	(1,860)	

4.13.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.31 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 31 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 8, 12, 14 dan 15

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,437)	R9 DOCR (2,506)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,437)	R9 DOCR (2,506)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,437)	R9 DOCR (2,506)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,748)	R9 DOCR (1,301)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,449)	Sesuai
	R12 DOCR			Sesuai

	(1,860)			
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,437)	R9 DOCR (2,506)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (5,007)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (1,256)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,056)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,301)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,494)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,086)		Sesuai

	(0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (4,056)			Sesuai
	R1 DOCR (1,754)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, R2 DOCR (0,209)	R7 DOCR (-) R10 DOCR (1,090)	<i>Back-up</i> 1 Tidak Mendeteksi
			R12 DOCR (1,979)	Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.14 Pengujian Kondisi 16 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, seluruh TD GI Lubuk Alung aktif, seluruh generator PLTM Tras tidak beroperasi, sehingga hanya TD 1 dan TD 2 dari GI Lubuk Alung yang beroperasi menyuplai daerah Lubuk Alung, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *open*.

4.14.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.32 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 32 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 16

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)	Keterangan
-----------------	-----------------------------	------------

	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)			Sesuai

4.14.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.33 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 33 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 16

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)			Sesuai

F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	Sesuai
---	-----------------------	--------

4.14.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.34 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 34 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 16

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)			Sesuai

4.15 Pengujian Kondisi 17 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung aktif, TD 2 GI Lubuk Alung tidak aktif dan seluruh generator PLTM Tras beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.15.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.35 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 35 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 17

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (3,231)	R11 DOCR (1,329)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (3,231)	R11 DOCR (1,329)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (3,230)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (3,231)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai

	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R11 DOCR (1,272)	R9 DOCR (2,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,840)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)		Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,983)	Sesuai
	R9 DOCR (2,210)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,756)	Sesuai

	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (2,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,840)		Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras				

	R4 DOCR (0,209)	DOCR (2,829)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R3 DOCR (2,829)				Sesuai
	R3 DOCR (2,744)				Sesuai
		R1 DOCR			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R5 DOCR, dan R7 DOCR (8,505)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R5 DOCR (2,829)				Sesuai
	R5 DOCR (2,744)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (8,505)			Sesuai

	(0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R7 DOCR (2,829)		Sesuai
		R7 DOCR (2,744)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (8,505)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.15.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.36 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 36 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 17

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	

F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (6,727)	R11 DOCR (1,616)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (6,727)	R11 DOCR (1,616)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (6,725)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,820)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (6,727)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,820)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,820)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,820)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,546)	R9 DOCR (2,699)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7	Sesuai

			DOCR (3,234)	
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,884)		Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,884)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,820)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,385)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (2,689)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,222)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (4,021)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,884)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (2,699)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,234)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5		Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	DOCR, dan R7 DOCR (3,222)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (3,222)				Sesuai
	R1 DOCR (3,408)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (19,753)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,222)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
		R3 DOCR (3,222)			Sesuai
		R3 DOCR (3,408)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7			Sesuai

	R4 DOCR (0,209)	DOCR (19,753)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (3,222)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (3,222)			Sesuai
	R5 DOCR (3,408)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (19,753)			Sesuai
	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (3,222)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R7 DOCR (3,222)			Sesuai

Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R7 DOCR (3,408)	Sesuai		
	R8 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (19,753)	Sesuai	
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.15.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.37 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 37 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 17

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (2,248)	R11 DOCR (1,136)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (2,248)	R11 DOCR (1,136)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (2,249)	R11 DOCR (1,136)	R9 DOCR (1,981)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (2,248)	R11 DOCR (1,136)	R9 DOCR (1,980)	Sesuai*

F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,136)	R9 DOCR (1,981)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,136)	R9 DOCR (1,981)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,136)	R9 DOCR (1,981)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,701)	R9 DOCR (1,220)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,569)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (4,000)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
	R11 DOCR (1,136)	R9 DOCR (1,981)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (5,358)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR	R1 DOCR,		Sesuai

	(1,176)	R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,108)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,995)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (4,000)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,220)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,569)		Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,108)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (4,108)			Sesuai
	R1 DOCR (1,750)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi

	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,108)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (4,108)		Sesuai
		R3 DOCR (1,750)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (4,108)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (4,108)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras		R5 DOCR (1,750)		Sesuai

	R6	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (-)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R7 DOCR (4,108)			Sesuai
	R7 DOCR (1,750)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R8 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.16 Pengujian Kondisi 18, 19, 21 dan 25 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung aktif, TD 2 GI Lubuk Alung tidak aktif dan 1 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.16.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.38 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 38 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 18, 19, 21 dan 25

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (5,516)	R11 DOCR (1,586)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (5,516)	R11 DOCR (1,586)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (5,515)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (5,516)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai*

F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,524)	R9 DOCR (2,659)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,837)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,944)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR	R1 DOCR,		Sesuai*

	(2,651)	R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,756)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (2,659)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,837)		Sesuai*
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	DOCR (8,254)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	DOCR (2,829)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (2,829)		Sesuai
		R3 DOCR (2,744)		Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	DOCR (8,254)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	DOCR (2,829)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (2,829)		Sesuai

Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R5 DOCR (2,744)	Sesuai		
	R6 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (8,254)	Sesuai	
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.16.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.39 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 39 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 18, 19, 21 dan 25

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (25,296)	R11 DOCR (2,016)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (25,296)	R11 DOCR (2,016)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (25,275)	R11 DOCR (2,015)	R9 DOCR (3,519)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (25,296)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai*

F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,015)	R9 DOCR (3,519)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,015)	R9 DOCR (3,519)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,015)	R9 DOCR (3,519)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,934)	R9 DOCR (3,377)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,229)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,886)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
	R11 DOCR (2,015)	R9 DOCR (3,519)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,341)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR	R1 DOCR,		Sesuai*

	(3,366)	R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,220)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (4,022)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,886)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (3,377)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,229)		Sesuai*
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,220)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (3,220)			Sesuai
	R1 DOCR (3,408)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	DOCR (18,642)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	DOCR (3,220)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (3,220)			Sesuai
	R3 DOCR (3,408)			Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	DOCR (18,642)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	DOCR (3,220)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (3,220)			Sesuai

Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R5 DOCR (3,408)	Sesuai		
	R6 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (18,642)	Sesuai	
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.16.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.40 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 40 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 18, 19, 21 dan 25

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (2,552)	R11 DOCR (1,205)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (2,552)	R11 DOCR (1,205)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (2,555)	R11 DOCR (1,205)	R9 DOCR (2,101)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (2,555)	R11 DOCR (1,205)	R9 DOCR (2,100)	Sesuai*

F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,205)	R9 DOCR (2,101)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,205)	R9 DOCR (2,101)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,205)	R9 DOCR (2,101)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,713)	R9 DOCR (1,239)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,545)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,995)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
	R11 DOCR (1,205)	R9 DOCR (2,101)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (5,250)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR	R1 DOCR,		Sesuai

	(1,195)	R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,099)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,992)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,995)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,239)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,545)		Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,099)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (4,099)			Sesuai
	R1 DOCR (1,750)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR		Back-up 1 Tidak Mendeteksi

	(0,209)	(-)		
		R10 DOCR (1,099)	R12 DOCR (1,996)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,099)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (4,099)		Sesuai
		R3 DOCR (1,750)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,099)	R12 DOCR (1,996)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (4,099)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (4,099)		Sesuai

Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R5 DOCR (1,750)	Sesuai	
	R6 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (-)	<i>Back-up</i> 1 Tidak Mendeteksi
		R10 DOCR (1,099)	R12 DOCR (1,996)
		Sesuai	

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.17 Pengujian Kondisi 20, 22, 23, 26, 27 dan 29 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung aktif, TD 2 GI Lubuk Alung tidak aktif dan 2 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.17.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.41 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 41 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 20, 22, 23, 26, 27 dan 29

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	

F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (2,192)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (2,192)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (2,112)	R9 DOCR (3,689)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7	Sesuai*

			DOCR (2,835)	
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)		Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,905)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (3,678)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		Sesuai*
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,756)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (3,689)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,835)		Sesuai*
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5		Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	DOCR, dan R7 DOCR (2,829)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (2,829)				Sesuai
	R1 DOCR (2,744)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (8,014)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (2,829)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R3 DOCR (2,744)		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai

R4 DOCR (0,209)	DOCR (8,014)			
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	

4.17.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

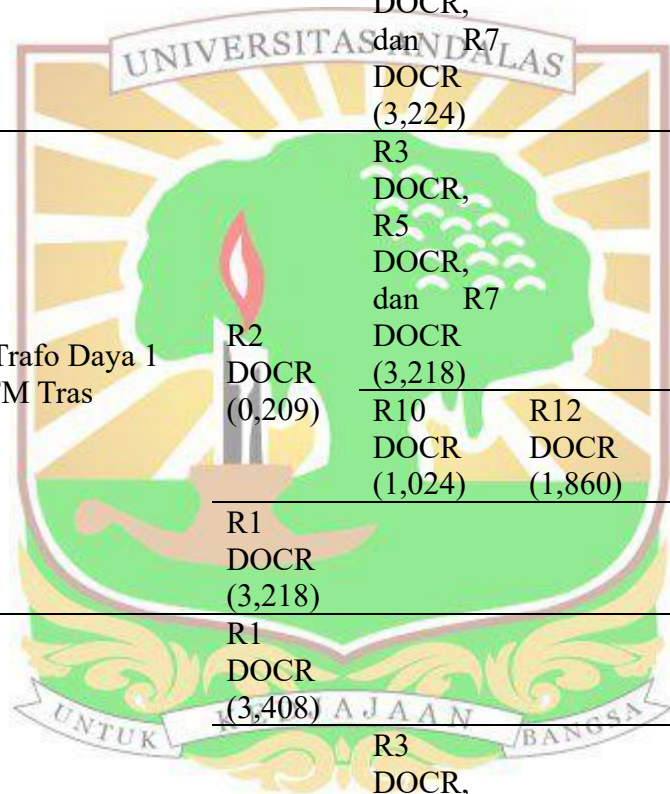
Tabel 4.42 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 42 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 20, 22, 23, 26, 27 dan 29

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (-) (3,116)	R11 DOCR (3,116)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (-) (3,116)	R11 DOCR (3,116)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,445)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,445)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,445)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,445)	Sesuai

	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,445)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (2,986)	R9 DOCR (5,217)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,224)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,887)		Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,445)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,298)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (5,200)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,218)		Sesuai*

	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (4,023)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,887)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (5,217)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,224)		Sesuai*
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,218)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (3,218)			Sesuai
	R1 DOCR (3,408)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (17,639)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5		Sesuai



Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	DOCR, dan R7 DOCR (3,218)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (3,218)				Sesuai
	R3 DOCR (3,408)				Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (17,639)			Sesuai
	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai

4.17.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.43 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 43 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah
Kondisi 20, 22, 23, 26, 27 dan 29

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai <i>Back-Up</i> 1	Relai <i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (3,029)	R11 DOCR (1,296)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (3,029)	R11 DOCR (1,296)	Sesuai*

Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (3,034)	R11 DOCR (1,297)	R9 DOCR (2,262)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (3,029)	R11 DOCR (1,296)	R9 DOCR (2,260)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,297)	R9 DOCR (2,262)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,297)	R9 DOCR (2,262)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,297)	R9 DOCR (2,262)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,725)	R9 DOCR (1,261)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,521)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,990)		Sesuai

	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,297)	R9 DOCR (2,262)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (5,145)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (1,216)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,090)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,989)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,990)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,261)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,521)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,090)		Sesuai

	(0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (4,090)			Sesuai
	R1 DOCR (1,751)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,094)	R12 DOCR (1,985)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,090)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R4 DOCR (0,209)			Sesuai
		R5 DOCR (4,090)		Sesuai
	R3 DOCR (1,751)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR	R12 DOCR	Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.18 Pengujian Kondisi 24, 28, 30 dan 31 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung aktif, TD 2 GI Lubuk Alung tidak aktif dan 3 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.18.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.44 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 44 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 24, 28, 30, dan 31

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (6,507)	<i>Back-up</i> 1 Tidak Mendeteksi
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (6,507)	<i>Back-up</i> 1 Tidak Mendeteksi
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai

Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,380)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (6,162)	R9 DOCR (10,776)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,832)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5	Sesuai*

			DOCR, atau R7 DOCR (2,867)	
	R9 DOCR (10,731)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,756)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,636)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (10,776)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,832)		Sesuai*
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.18.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.45 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 45 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 24, 28, 30, dan 31

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (-)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (-)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Tidak Mendeteksi
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (3,172)			Sesuai
	R16 DOCR (-)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Tidak Mendeteksi
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai

	R11 DOCR (40,213)	R9 DOCR (70,366)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,219)	Sesuai*
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,888)		Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,256)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1-TRAS)	R9 DOCR (68,810)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,216)		Sesuai*
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (4,025)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,888)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (70,366)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5		Sesuai*

		DOCR, dan R7 DOCR (3,219)		
	R2	R10	R12	Sesuai
	DOCR	DOCR	DOCR	
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM	(0,209)	(1,024)	(1,860)	
Tras	R1			Sesuai
	DOCR			
	(3,216)			
	R1			Sesuai
	DOCR			
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM	(3,409)			
Tras	R2	R10	R12	Sesuai
	DOCR	DOCR	DOCR	
	(0,209)	(1,024)	(1,860)	

4.18.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.46 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 46 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 24, 28, 30, dan 31

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (3,893)	R11 DOCR (1,424)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (3,893)	R11 DOCR (1,424)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (3,906)	R11 DOCR (1,426)	R9 DOCR (2,488)	Sesuai*
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai

	R16 DOCR (3,893)	R11 DOCR (1,424)	R9 DOCR (2,485)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,426)	R9 DOCR (2,488)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,426)	R9 DOCR (2,488)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,426)	R9 DOCR (2,488)	Sesuai
	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,738)	R9 DOCR (1,284)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,497)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,984)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
	R11 DOCR (1,426)	R9 DOCR (2,488)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7	Sesuai

			DOCR (5,043)	
	R9 DOCR (1,239)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,080)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)				
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,986)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	R17 DOCR (3,984)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,284)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,497)		Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (4,080)			Sesuai
	R1 DOCR (1,751)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,088)	R12 DOCR (1,975)	Sesuai

4.19 Pengujian Kondisi 32 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua

skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung aktif, TD 2 GI Lubuk Alung tidak aktif dan seluruh generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.19.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.47 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 47 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 32

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai	Relai	
		<i>Back-Up</i> 1	<i>Back-Up</i> 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 1 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai

4.19.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.48 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 48 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 32

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 1 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai

4.19.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.48 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 49 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 32

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)			Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)			Sesuai

Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 1 GI Lubuk Alung)	R17 DOCR (2,377)		Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R17 DOCR (2,377)	Sesuai

4.20 Pengujian Kondisi 33 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung tidak aktif, TD 2 GI Lubuk Alung aktif dan seluruh generator PLTM Tras beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.20.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

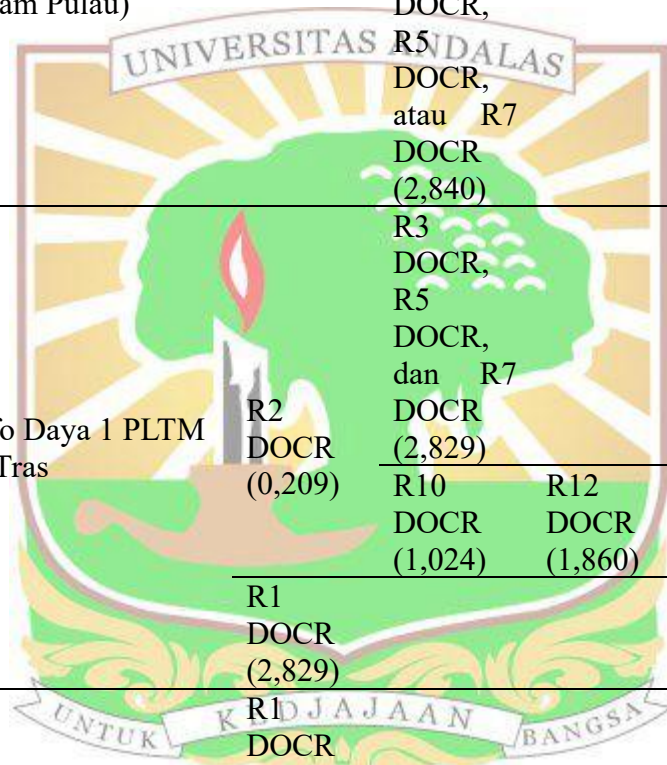
Tabel 4.50 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 50 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 33

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,336)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,336)	Sesuai

Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R12 DOCR (1,272)	R9 DOCR (2,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,840)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,329)	R9 DOCR (2,319)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,983)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (2,210)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7		Sesuai

		DOCR (2,829)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (2,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,840)		Sesuai
	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (8,061)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai



Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (2,829)		Sesuai
		R3 DOCR (2,744)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (8,061)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
		R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R5 DOCR (2,829)		Sesuai
		R5 DOCR (2,744)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R5 DOCR (2,744)	R1 DOCR,		Sesuai

	R6 DOCR (0,209)	R3 DOCR, dan R7 DOCR (8,061)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5		Sesuai	
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	DOCR (2,829)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	
	R7 DOCR (2,829)			Sesuai	
	R7 DOCR (2,744)			Sesuai	
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5		Sesuai	
	R8 DOCR (0,209)	DOCR (8,061)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	

4.20.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.51 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 51 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 33

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,626)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,626)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,547)	R9 DOCR (2,699)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,234)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (1,616)	R9 DOCR (2,821)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5	Sesuai

			DOCR, atau R7 DOCR (3,385)	
	R9 DOCR (2,690)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,223)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)				
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (2,699)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,234)		Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	DOCR (3,223)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (3,223)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (3,408)			Sesuai

		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (17,522)		Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,223)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (3,223)		Sesuai
		R3 DOCR (3,408)		Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (17,522)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (3,223)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR			

	(0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (3,223)			Sesuai
	R5 DOCR (3,408)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (17,522)		Sesuai
	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (3,223)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R7 DOCR (3,223)			Sesuai
	R7 DOCR (3,408)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (17,522)		Sesuai
	R8 DOCR (0,209)	R10 DOCR	R12 DOCR	Sesuai

(1,024) (1,860)

4.20.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.52 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 52 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 33

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,144)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,144)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,708)	R9 DOCR (1,232)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,522)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai

	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,139)	R9 DOCR (1,986)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (5,327)
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (1,188)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,086)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,232)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,522)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,086)	Sesuai

	(0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (4,086)			Sesuai
	R1 DOCR (1,752)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,109)	R12 DOCR (2,013)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,086)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R3 DOCR (4,086)			Sesuai
	R3 DOCR (1,752)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR	R12 DOCR	Sesuai

		(1,109)	(2,013)	
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (4,086)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (4,086)			Sesuai
	R5 DOCR (1,752)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
		R10 DOCR (1,109)	R12 DOCR (2,013)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R8 DOCR (0,209)	DOCR (4,086)		
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R7 DOCR (4,086)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 4 PLTM Tras	R7 DOCR (1,752)			Sesuai

R8 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R5 DOCR (-)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi	
	R10 DOCR (1,109)	R12 DOCR (2,013)	Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.21 Pengujian Kondisi 34, 35, 37 dan 41 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung tidak aktif, TD 2 GI Lubuk Alung aktif dan 1 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.21.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.53 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

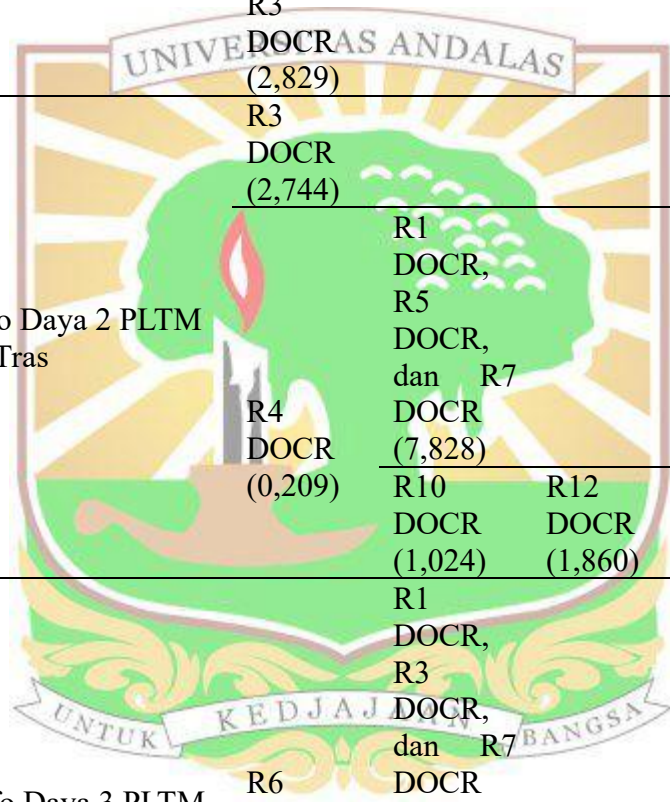
Tabel 4. 53 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 33, 35, 37 dan 41

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,596)	Sesuai

F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,596)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,524)	R9 DOCR (2,659)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,837)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,586)	R9 DOCR (2,768)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,944)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (2,651)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5		Sesuai*

		DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R9 DOCR (2,659)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,837)		Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (7,828)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR	R12 DOCR	Sesuai

		(1,024)	(1,860)	
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R3 DOCR (2,829)			Sesuai
	R3 DOCR (2,744)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (7,828)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (2,829)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R5 DOCR (2,744)			Sesuai



	R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (7,828)		Sesuai
R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.21.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.54 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 54 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 33, 35, 37 dan 41

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (2,032)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (2,032)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (1,934)	R9 DOCR (3,377)	R1 DOCR, R3 DOCR,	Sesuai*

			R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,229)	
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (2,016)	R9 DOCR (3,520)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,342)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (3,366)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,221)		Sesuai*
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (3,377)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,229)		Sesuai*

Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	
		R1 DOCR (3,221)		
		R1 DOCR (3,408)		
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (16,609)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)		
		R3 DOCR (3,221)		
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)		Sesuai
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	
		R3 DOCR (3,221)		
		R3 DOCR (3,408)		
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)	R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)		Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,221)		

	R4 DOCR (0,209)	R5 DOCR, dan R7 DOCR (16,609)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	
		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7		Sesuai	
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR (0,209)	R6 DOCR (3,221)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	
	R5 DOCR (3,221)			Sesuai	
	R5 DOCR (3,408)			Sesuai	
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7		Sesuai	
	R6 DOCR (0,209)	R6 DOCR (16,609)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai	

4.21.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.55 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 55 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 33, 35, 37 dan 41

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,214)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,214)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,209)	R9 DOCR (2,109)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,209)	R9 DOCR (2,109)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,209)	R9 DOCR (2,109)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,209)	R9 DOCR (2,109)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,720)	R9 DOCR (1,253)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,498)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (1,209)	R9 DOCR (2,109)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5	Sesuai

				DOCR, atau R7 DOCR (5,218)	
	R9 DOCR (1,209)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,076)			Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)					
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (1,253)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,498)			Sesuai
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	DOCR (4,076)			
		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R1 DOCR (4,076)				Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (1,753)				Sesuai

	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)	R10 DOCR (1,102)	R12 DOCR (2,002)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
					Sesuai
					Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,076)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (4,076)			Sesuai
		R3 DOCR (1,753)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)			Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R4 DOCR (0,209)		R10 DOCR (1,102)	R12 DOCR (2,002)	Sesuai
					Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 3 PLTM Tras	R6 DOCR	R3 DOCR, dan R7 DOCR (4,076)			

	(0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R5 DOCR (4,076)			Sesuai
	R5 DOCR (1,753)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 3 PLTM Tras		R1 DOCR, R3 DOCR, dan R7 DOCR (-)		Back-up 1 Tidak Mendeteksi
	R6 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,102)	R12 DOCR (2,002)	Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.22 Pengujian Kondisi 36, 38, 39, 42, 43 dan 45 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung tidak aktif, TD 2 GI Lubuk Alung aktif dan 2 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.22.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.56 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 56 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 36, 38, 39, 42, 43 dan 45

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (2,210)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (2,210)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (2,112)	R9 DOCR (3,689)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,835)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (2,192)	R9 DOCR (3,828)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5	Sesuai*

				DOCR, atau R7 DOCR (2,905)
	R9 DOCR (3,678)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (3,689)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,835)		Sesuai*
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	DOCR (2,829)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)
	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (2,744)			Sesuai

		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (7,604)		Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (2,829)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R3 DOCR (2,829)		Sesuai
		R3 DOCR (2,744)		Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (7,604)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.22.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.57 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 57 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 36, 38, 39, 42, 43 dan 45

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (3,154)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (3,154)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (2,986)	R9 DOCR (5,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,224)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (3,116)	R9 DOCR (5,446)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5	Sesuai*

				DOCR, atau R7 DOCR (3,299)
	R9 DOCR (5,201)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,219)		Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (5,218)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,224)		Sesuai*
		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	DOCR (3,219)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)
	R1 DOCR (3,219)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (3,408)			Sesuai

		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (15,776)		Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (3,219)		Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R3 DOCR (3,219)			Sesuai
	R3 DOCR (3,408)			Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (15,776)		Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.22.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.58 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 58 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 36, 38, 39, 42, 43 dan 45

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,309)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,309)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,303)	R9 DOCR (2,273)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,303)	R9 DOCR (2,273)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,303)	R9 DOCR (2,273)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,303)	R9 DOCR (2,273)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,733)	R9 DOCR (1,276)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,474)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R11 DOCR (1,303)	R9 DOCR (2,273)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5	Sesuai

			DOCR, atau R7 DOCR (5,112)	
	R9 DOCR (1,231)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,066)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)		R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R9 DOCR (1,276)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,474)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)		R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,066)		Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras		R1 DOCR (4,066)		Sesuai
	R1 DOCR (1,754)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras				

	R2 DOCR (0,209)	R3 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)	R10 DOCR (1,096)	R12 DOCR (1,991)	Back-up 1 Tidak Mendeteksi
					Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (4,066)			Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R3 DOCR (4,066)				Sesuai
	R3 DOCR (1,754)				Sesuai
		R1 DOCR, R5 DOCR, dan R7 DOCR (-)			Back-up 1 Tidak Mendeteksi
Sisi LV Trafo Daya 2 PLTM Tras	R4 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,096)	R12 DOCR (1,991)		Sesuai

Pada hasil pengujian koordinasi relai saat gangguan 1 fasa ke tanah, relai sisi LV trafo PLTM tidak merasakan arus gangguan, arus gangguan yang dirasakan relai sisi LV trafo PLTM sangat kecil bahkan tidak ada. Hal ini dikarenakan belitan yang digunakan trafo PLTM adalah delta-wye (*grounded*). Sebagaimana yang dibahas pada subbab 2.3 tentang pengaruh belitan trafo terhadap gangguan fasa ke tanah.

4.23 Pengujian Kondisi 40, 44, 46 dan 47 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung tidak aktif, TD 2 GI Lubuk Alung aktif dan 3 unit generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.23.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.59 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 59 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 40, 44, 46 dan 47

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (6,672)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (6,672)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	Sesuai

	R11 DOCR (6,162)	R9 DOCR (10,776)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,832)	Sesuai*
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (6,507)	R9 DOCR (11,379)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,867)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (10,731)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (2,829)		Sesuai*
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R9 DOCR (10,776)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5		Sesuai*

		DOCR, atau R7 DOCR (2,832)		
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (2,829)			Sesuai
	R1 DOCR (2,744)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.23.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.60 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 60 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 40, 44, 46 dan 47

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (-)	Sesuai*
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (-)	Sesuai*
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*

F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	Sesuai*
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (40,265)	R9 DOCR (70,457)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,219)	Sesuai*
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (-)	R9 DOCR (-)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,256)	Sesuai*
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (68,897)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,216)		Sesuai*
	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari GH Asam Pulau)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)		Sesuai

	R9 DOCR (70,457)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (3,219)		Sesuai*
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai
	R1 DOCR (3,216)			Sesuai
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM Tras	R1 DOCR (3,409)			Sesuai
	R2 DOCR (0,209)	R10 DOCR (1,024)	R12 DOCR (1,860)	Sesuai

4.23.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.61 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 61 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 40, 44, 46 dan 47

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,443)	Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,443)	Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	R11 DOCR (1,436)	R9 DOCR (2,505)	Sesuai

F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,436)	R9 DOCR (2,505)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,436)	R9 DOCR (2,505)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	R11 DOCR (1,436)	R9 DOCR (2,505)	Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari GH Asam Pulau)	R11 DOCR (0,748)	R9 DOCR (1,301)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,449)	Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
	R12 DOCR (1,860)			Sesuai
Outgoing GH Asam Pulau (0 % dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R11 DOCR (1,436)	R9 DOCR (2,505)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (5,009)	Sesuai
INC PLTM TRAS (0% dari BUS 1 TRAS)	R9 DOCR (1,256)	R1 DOCR, R3 DOCR, R5 DOCR, atau R7 DOCR (4,057)		Sesuai
	R10 DOCR	R12 DOCR		Sesuai

	(1,024)	(1,860)		
	R10	R12		Sesuai
	DOCR	DOCR		
	(1,024)	(1,860)		
	R9	R1		Sesuai
	DOCR	DOCR,		
INC PLTM TRAS (0% dari GH	(1,301)	R3		
Asam Pulau)		DOCR,		
		R5		
		DOCR,		
		atau R7		
		DOCR		
		(4,449)		
	R2	R10	R12	Sesuai
	DOCR	DOCR	DOCR	
Sisi HV Trafo Daya 1 PLTM	(0,209)	(1,024)	(1,860)	
Tras	R1			Sesuai
	DOCR			
	(4,057)			
	R1			Sesuai
	DOCR			
Sisi LV Trafo Daya 1 PLTM	(1,754)			
Tras	R2	R10	R12	Sesuai
	DOCR	DOCR	DOCR	
	(0,209)	(1,090)	(1,979)	

4.24 Pengujian Kondisi 48 Koordinasi Relai Setelah Perbaikan TMS

Setelah dilakukan penyesuaian nilai TMS pada beberapa relai, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi melalui pengujian ulang koordinasi sistem proteksi pada seluruh kondisi operasi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap relai mampu bekerja secara tepat sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan pada semua skenario pengujian. Pada pengujian koordinasi kondisi ini, TD 1 GI Lubuk Alung tidak aktif, TD 2 GI Lubuk Alung aktif dan seluruh generator PLTM Tras tidak beroperasi, sementara *couple* Bus di GI Lubuk Alung berada dalam kondisi *close*.

4.24.1 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.62 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 3 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 62 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 3 Fasa Kondisi 48

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)		Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)		Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)			Sesuai

4.24.2 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.63 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 2 fasa pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 63 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 2 Fasa Kondisi 48

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)		Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)		Sesuai

Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)	Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)	Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)	Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)	Sesuai

4.24.3 Hasil Koordinasi Relai Saat Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Tabel 4.64 menyajikan hasil pengujian koordinasi relai melalui simulasi Gangguan 1 fasa ke tanah pada beberapa titik lokasi pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa relai arus lebih maupun relai arus lebih berarah mampu beroperasi dan berkoordinasi dengan baik.

Tabel 4. 64 Hasil Koordinasi Relai pada Gangguan 1 Fasa ke Tanah Kondisi 48

Lokasi Gangguan	Waktu Operasi Relai (detik)			Keterangan
	Relai Utama	Relai Back-Up 1	Relai Back-Up 2	
F. Pasar Usang (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R18 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)		Sesuai
F. Ulakan (0% dari BUS 1 GI Lubuk Alung)	R19 OCR (0,099)	R16 DOCR (0,607)		Sesuai
Couple Bus GI Lubuk Alung (0% dari Bus 2 GI Lubuk Alung)	R16 DOCR (0,607)			Sesuai
F. Aia Tajun (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R13 OCR (0,099)			Sesuai
F. Pauh Kamba (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R14 OCR (0,099)			Sesuai
F. Tapakis (0% dari BUS 2 GI Lubuk Alung)	R15 OCR (0,099)			Sesuai

Pada seluruh hasil *setting* relai, terdapat pengecualian terhadap nilai *grading margin* antara R11 DOCR dengan R9 DOCR, serta antara R9 DOCR dengan R1, R3, R5, dan R7 DOCR yang berfungsi sebagai relai cadangan, yang ditandai dengan keterangan “Sesuai*”. Kondisi ini terjadi karena dalam perhitungan arus normal maksimum untuk R9 DOCR dan R11 DOCR menggunakan nilai maksimum saat keempat generator PLTM Tras beroperasi. Namun, ketika gangguan terjadi dalam kondisi satu, dua, atau tiga generator tidak beroperasi, arus gangguan yang terdeteksi oleh R9 DOCR dan R11 DOCR menjadi lebih kecil dan mendekati arus normal maksimum. Akibatnya, pada beberapa titik gangguan, waktu operasi R9 DOCR dan R11 DOCR menjadi lebih lambat dibandingkan R1, R3, R5, atau R7 DOCR. Hal ini menyebabkan selisih waktu kerja (*grading margin*) antara relai-relai tersebut tidak dapat mencapai 0,5 detik.

Pada kondisi lain, juga ditemukan bahwa R1, R3, R5, atau R7 DOCR bekerja jauh lebih cepat dibandingkan R9 DOCR dan R11 DOCR. Hal ini disebabkan karena ketika satu, dua, atau tiga generator tidak beroperasi, seluruh arus hubung singkat hanya disuplai oleh generator yang masih aktif. Akibatnya, arus gangguan yang terdeteksi oleh relai di sisi tegangan rendah (LV) transformator menjadi lebih besar.

Sebaliknya, ketika seluruh generator beroperasi secara paralel, impedansi sumber akan tersusun paralel sehingga kontribusi arus dari masing-masing generator terbagi sesuai dengan nilai impedansinya. Kondisi ini menyebabkan arus gangguan yang dirasakan oleh relai di sisi LV transformator yang berada dekat dengan generator menjadi lebih kecil dibandingkan saat hanya satu, dua, atau tiga generator yang beroperasi.

Berdasarkan analisis tersebut, dalam beberapa kondisi ditemukan bahwa R9 DOCR dan R11 DOCR yang seharusnya berfungsi sebagai relai cadangan utama (*back-up 1*) justru bekerja lebih lambat dibandingkan R1, R3, R5, dan R7, atau pada kondisi lain R1, R3, R5, dan R7 dapat bekerja secara bersamaan akibat nilai *grading margin* yang kurang dari 0,5 detik.

Meskipun demikian, kondisi ini masih dapat diterima secara teknis dengan mempertimbangkan aspek selektivitas sistem. Secara operasional, R9 DOCR dan R11 DOCR berperan sebagai pengaman pada sisi *incoming* dan *outgoing* PLTM Tras. Apabila R9 DOCR dan R11 DOCR bekerja lebih awal atau bersamaan dengan relai pada sisi generator PLTM Tras, yaitu R1, R3, R5, atau R7, maka dampak pemadaman yang terjadi tetap sama, yaitu seluruh unit generator PLTM Tras akan terlepas dari sistem distribusi.

Dengan demikian, tidak terjadi perluasan area pemadaman pada sisi beban akibat perbedaan waktu operasi antara relai-relai tersebut. Oleh karena itu, koordinasi proteksi ini masih dianggap memenuhi kriteria keandalan sistem tanpa menambah dampak gangguan, sehingga hasil *setting* dinyatakan sesuai.

Hasil *setting* dan pengujian koordinasi menunjukkan seluruh relai telah mampu berkoordinasi dalam mengisolasi gangguan pada 48 skenario kondisi pengujian seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.20 hingga tabel 4.64 dengan relai utama bekerja lebih cepat dari relai cadangan dengan perbedaan waktu yang cukup pada seluruh skenario gangguan.

