

Studi Analisis *Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay* dengan Metode Simulasi

WINDU WAHYUDI MASOSUSA, SYAHRIAL

Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : Winduwahyudim96@gmail.com

ABSTRAK

Sistem proteksi berfungsi untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan antara peralatan yang berjalan normal dengan peralatan yang terjadi gangguan. Keandalan sistem proteksi dapat dilihat dengan menggunakan simulasi pada software ETAP. Pada software ETAP dilakukan simulasi load flow untuk mengetahui arus yang mengalir pada sistem dan dilakukan simulasi arus hubung singkat untuk menentukan nilai setting relai. Dalam simulasi, relai yang pertama bekerja yaitu relai Outgoing Trafo 7 dengan waktu tripping sebesar 400ms, kemudian relai Coupler 5 dengan waktu tripping sebesar 600ms. Untuk membuat relai berkoordinasi dengan baik maka perlu di tambahkan time delay dengan memperhatikan waktu tripping dari circuit breaker dan di dapat kriteria sebesar 100ms.

Kata kunci: *Sistem Proteksi, Relai, Software ETAP, Simulasi, Waktu Tripping, Gangguan*

ABSTRACT

The protection system functions to identify disturbances and separate equipment that runs normally from equipment that has a disturbance. The reliability of the protection system can be seen by using simulations in ETAP software. In ETAP software, a load flow simulation is carried out to determine the current flowing in the system and a short circuit current simulation is carried out to determine the relay setting value. In the simulation, the first relay to work is the Outgoing Trafo 7 relay with a tripping time of 400ms, then the Coupler 5 relay with a tripping time of 600ms. To make the relay coordinate well, it is necessary to add a time delay by paying attention to the tripping time of the circuit breaker and get a criterion of 100ms.

Keywords: *Protection System, Relays, Software ETAP, Simulation, Tripping Time, Trouble*

1. PENDAHULUAN

Proses pendistribusian daya listrik dari sumber ke beban menjadi prioritas utama yang harus diperhatikan agar kebutuhan arus setiap *equipment* kelistrikan terpenuhi sesuai dengan kemampuannya. Dalam proses ini akan selalu ada ancaman gangguan, baik gangguan dari internal maupun gangguan eksternal **(Musyafak, 2018)**.

Gangguan meluas dapat di cegah dengan adanya proteksi sistem tenaga listrik. Proteksi sistem tenaga listrik adalah pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tersebut. Sistem proteksi berfungsi untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan antara peralatan yang masih berjalan normal dengan peralatan yang terjadi gangguan. Untuk menghasilkan listrik yang handal maka diperlukan sistem proteksi yang mampu mengisolasi gangguan sehingga jaringan yang lain tidak terganggu. Selanjutnya untuk mendapatkan jaringan listrik yang aman dari bahaya kebakaran maka diperlukan sistem proteksi yang mampu mendeteksi dan mengisolasi agar tidak terjadi bahaya kebakaran **(Nugraha, 2015)**.

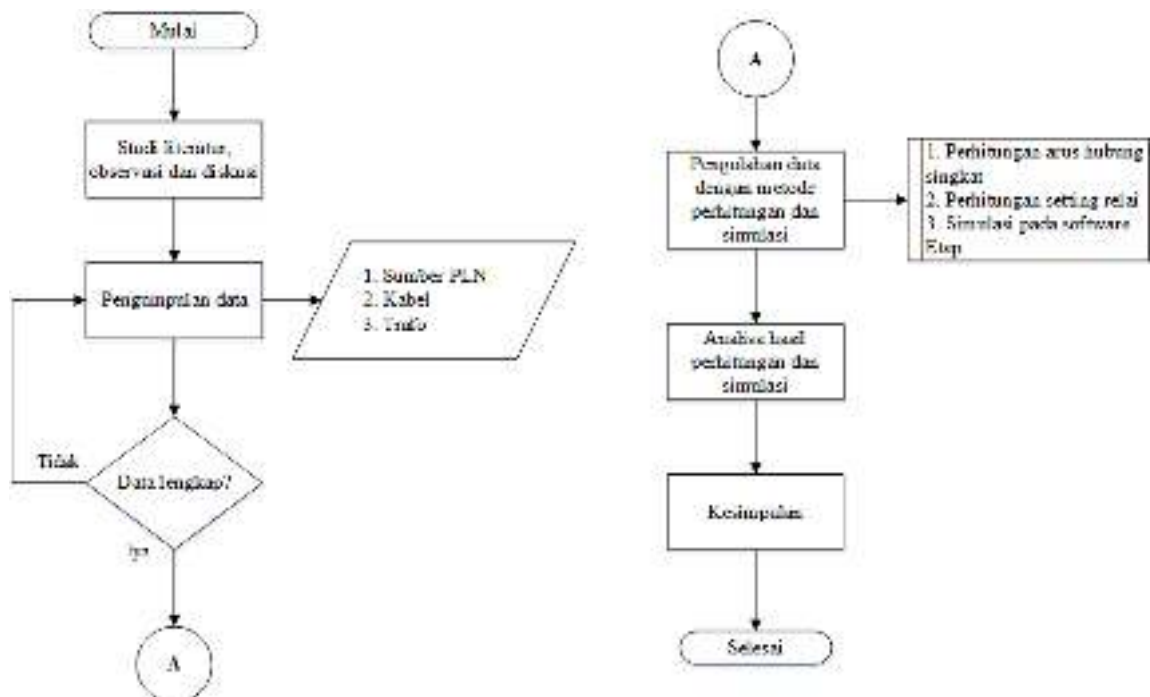
Pada sistem proteksi tegangan 20 KV di Bandar Udara Husein Sastranegara dipasang OCR (*Over Current relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*). Relai OCR merupakan peralatan yang mendeteksi adanya arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat atau *overload* yang dapat merusak peralatan sistem tenaga sedangkan relai GFR merupakan peralatan yang mendeteksi adanya gangguan hubung singkat ke tanah **(Tirza, 2013)**.

Nilai aliran daya diperlukan untuk menentukan informasi awal *setting* relai agar simulasi pada ETAP 20.6 dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Selanjutnya untuk mendapatkan perhitungan *setting* relai sesuai besaran arus dan waktu perlu dilakukan perhitungan secara manual dengan beberapa persamaan antara lain persamaan perhitungan arus hubung singkat $1\emptyset$, arus hubung singkat $2\emptyset$, dan arus hubung singkat $3\emptyset$ dan perhitungan setting relai OCR dan GFR **(Saranga, 2018) (Tirza, 2013)**.

Dalam penelitian ini, perhitungan arus hubung singkat dan *setting* relai didapat dari informasi parameter peralatan distribusi dan *Single Line Diagram* serta penelitian hanya dilakukan pada sistem distribusi tegangan 20 kV. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan nilai aliran daya dan arus hubung singkat sebagai informasi awal *setting* relai, dari nilai tersebut kemudian di olah dengan menggunakan perhitungan *setting* relai OCR dan GFR dengan memperhatikan koordinasi besaran arus dan waktu yang kemudian disimulasikan dalam *software* ETAP untuk melihat waktu koordinasi antar relai.

2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 memperlihatkan alur penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan perumusan masalah dan menjawab tujuan dari penelitian ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.1 Studi Literatur, Observasi dan Diskusi

Pada metode ini penulis melakukan penelitian dilapangan untuk menentukan topik yang akan di bahas pada laporan penelitian. Pemilihan topik juga dilakukan dengan berdiskusi terlebih dahulu dengan dosen pembimbing, apabila telah disetujui maka penulis dapat mencari data yang di butuhkan. Pada pelaksanaan penelitian penulis melakukan pengenalan teori, pemahaman materi, serta pemahaman kondisi lapannngan. Penulis juga melakukan pencarian materi dari jurnal ilmiah, buku, serta referensi dari perusahaan tempat penulis melakukan penelitian.

2.2 Pengumpulan Data

- Sumber PLN

Sumber merupakan pembangkitan atau awal dari listrik sebelum disalurkan ke beban. Tabel 1 merupakan data daya, arus, tegangan, frekuensi, dan jumlah phasa yang bersumber dari PLN.

Tabel 1. Data Sumber PLN

Data sumber PLN	
Daya	1730 kVA
Tegangan	20 kV
Arus	50 A
Frekuensi	50 Hz
Phasa	3Ø

- Kabel

Dalam suatu sistem distribusi kabel merupakan bagian utama dalam penyaluran arus listrik. Di dalam kabel terdapat *resistansi* dan *induktansi*, karena adanya nilai tersebut maka perhitungan impedansi perlu dilakukan sebagai perhitungan awal sebelum menghitung arus

hubung singkat. Tabel 2 merupakan spesifikasi dan panjang kabel yang digunakan dalam perhitungan dan pembuatan simulasi pada penelitian ini.

Tabel 2. Jenis dan Panjang Kabel

Spesifikasi dan panjang kabel							
No	Jenis kabel	Dari	Ke	Ukuran (mm ²)	Panjang (km)	Impedansi urutan positif/negatif (Ω/km)	Impedansi urutan nol (Ω/km)
1	NA2XSEBY	GI	BUS 1	300	2	0,130 + j0,09079	0,2067 + j0,23059
2	N2XSEFGBY	BUS 1	BUS 2	95	0,07	0,247 + j0,109	0,39273 + j0,27686
3	N2XSY	BUS 2	BUS 3	95	0,003	0,247 + j0,11718	0,39273 + j0,27686
4	N2XSY	BUS 2	BUS 4	95	0,003	0,247 + j0,11718	0,39273 + j0,27686
5	N2XSY	BUS 3	BUS 4	95	0,003	0,247 + j0,11718	0,39273 j0+,27686
8	N2XSY	BUS 5	BUS 6	95	0.003	0,247 + j0,11718	0,39273 + j0,27686
9	N2XSY	BUS 5	BUS 7	70	0,003	0,342 + j0,12252	0,54378 + j0,31121
10	N2XSY	BUS 6	BUS 8	70	0,003	0,342 + j0,12252	0,54378 + j0,31121

- **Trafo**

Trafo adalah perangkat statis yang terdiri dari satu atau dua buah lebih belitan yang digabungkan, dengan atau tanpa inti magnetik, untuk menginduksi kopling timbal balik antara sirkuit. Untuk spesifikasi trafo pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 (**Winder, 2002**) (**Putra, 2021**).

Tabel 3. Spesifikasi Trafo

Transformator step-down 1600 kVA		
Phase	3	
Frequency	50 Hz	
Rated Power (AN/AF)	1150 kVA	1600 kVA
Rated High Voltage	20000 V	
Rated Low Voltage	400 V	
Vector group	Dyn5	
Impedance (AN/AF)	5,93 %	8,26%

2.3 Pengolahan data

Pada subbab ini penulis melakukan pengolahan data dengan menggunakan beberapa persamaan yang membantu dalam proses perhitungan, perhitungan tersebut antara lain perhitungan arus hubung singkat dan perhitungan *setting* relai OCR dan GFR.

- **Perhitungan Arus Hubung Singkat**

Langkah pertama yaitu perhitungan arus hubung singkat, untuk persamaan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Perhitungan arus hubung singkat 1 fasa di tunjukkan oleh persamaan (1) (**Saadat, 1999**).

$$I_{hs1\phi} = 3I_a^0 = \frac{3E_a}{Z^1+Z^2+Z^0+3Z_f} \quad (1)$$

Perhitungan arus hubung singkat 2 fasa di tunjukkan oleh persamaan (2) (**Saadat, 1999**)

$$I_{hs2\phi} = \frac{-j\sqrt{3}E_a}{Z^1+Z^2+Z_f} \quad (2)$$

Perhitungan arus hubung singkat 3 fasa di tunjukkan oleh persamaan (3) (**Satamaria, 2011**)

$$I_{hs3\phi} = \frac{E_a}{Z^1 + Z_f} \quad (3)$$

- Perhitungan *Setting* Relai

Relai arus lebih adalah suatu relai dimana bekerjanya berdasarkan adanya kenaikan arus yang melewatinya. Agar peralatan tidak rusak bila dilewati arus yang melebihi kemampuannya, selain peralatan tersebut diamankan terhadap kenaikan arusnya, maka peralatan pengamannya harus dapat bekerja pada jangka waktu yang telah ditentukan (Alwiy, 2006).

Setelah melakukan perhitungan arus hubung singkat langkah terakhir yaitu menghitung *setting* relai, perhitungan waktu *setting* relai arus lebih *Over Current Relay* ditunjukkan oleh persamaan (4) serta *Ground Fault Relay* ditunjukkan oleh persamaan (5) (Tirza, 2013).

$$ts = \frac{k}{\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\phi}}{I_{set\ OCR}}\right)^{\alpha-1}} \times TMS \quad (4)$$

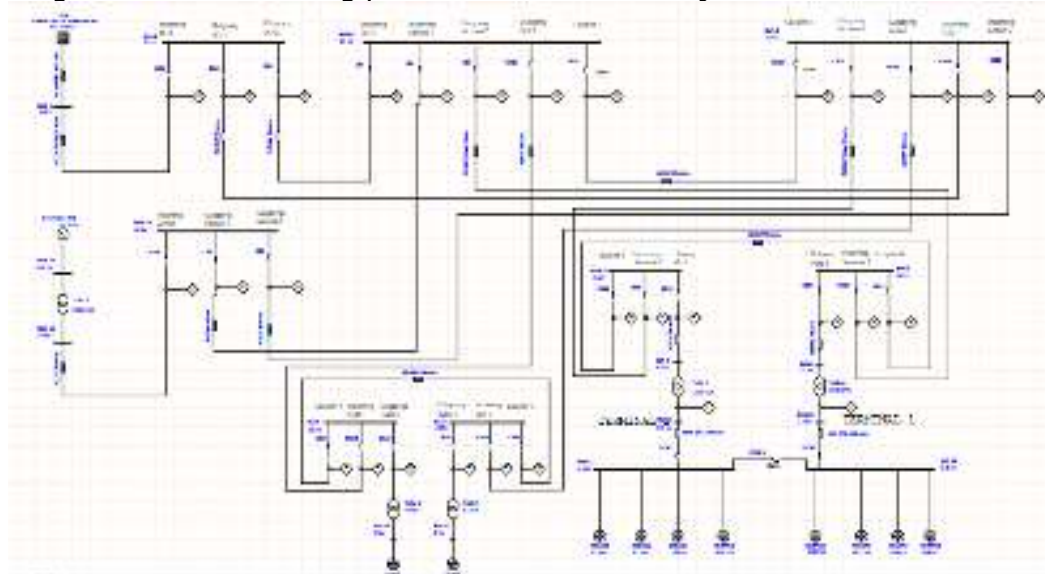
$$ts = \frac{k}{\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\phi}}{I_{set\ GFR}}\right)^{\alpha-1}} \times TMS \quad (5)$$

Untuk menentukan nilai k dan α ditentukan dari Inverse Definite Minimum Time (IDMT) standar inverse yang memakai standar IEC 60255. Tabel 4 merupakan tabel IDMT: (Tirza, 2013) (Shobole, Baysal, Wadi, & Tur, 2018)

Tabel 4. IDMT Standar *Inverse* yang Memakai Standar IEC 60255

Jenis Kurva	Koefisien		
	K	α	β
Standart Inverse	0,14	0,02	2,970

Setelah semua perhitungan selesai dilakukan maka langkah selanjutnya melakukan simulasi, untuk rangkaian skema modeling pada *software* ETAP ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Skema modeling pada *software* ETAP

3. HASIL DAN ANALISA

3.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Setelah perhitungan impedansi, langkah selanjutnya yaitu perhitungan arus hubung singkat. Arus hubung singkat ini digunakan untuk menghitung *setting* dari relai OCR dan GFR.

Tabel 5. Perhitungan Arus Hubung Singkat di Zona A

Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat			
Zona A			
Lokasi	1 fasa (A)	2 fasa (A)	3 fasa (A)
Incoming PLN	826.39	4366.09	8729.92
Outgoing PLN 1	826.39	4366.09	8729.92
Incoming PLN 1	826.33	4365.16	8728.06
Coupler 2	826.33	4365.16	8728.06
Coupler 1	826.27	4364.33	8726.39
Outgoing MVMDP terminal 1	826.27	4364.33	8726.39
Incoming MVMDP CCR 1	813.37	4210.12	8418.06
Coupler 6	813.37	4210.12	8418.06
Coupler 5	813.31	4209.27	8416.35
Outgoing trafo 7	813.31	4209.27	8416.35

Tabel 5 merupakan hasil perhitungan arus hubung singkat, pada Incoming PLN memiliki nilai terbesar dengan nilai arus hubung singkat $1\emptyset$, $2\emptyset$, dan $3\emptyset$ yaitu 826,39 A, 4336,09 A, dan 8729,92 A sedangkan untuk nilai arus hubung singkat terkecil terdapat pada LVMDP terminal 2 dengan nilai Arus hubung singkat $1\emptyset$, $2\emptyset$, dan $3\emptyset$ yaitu 811,71 A, 4186,14A, 8370,1 A. Dari nilai tersebut dapat dianalisa bahwa semakin besar impedansi pada suatu titik maka nilai arusnya akan semakin mengecil hal ini sejalan dengan konsep bahwa semakin besar arus yang mengalir pada suatu sistem maka akan semakin kecil nilai resistansinya begitu pula sebaliknya.

3.2 Perhitungan *Setting* OCR dan GFR

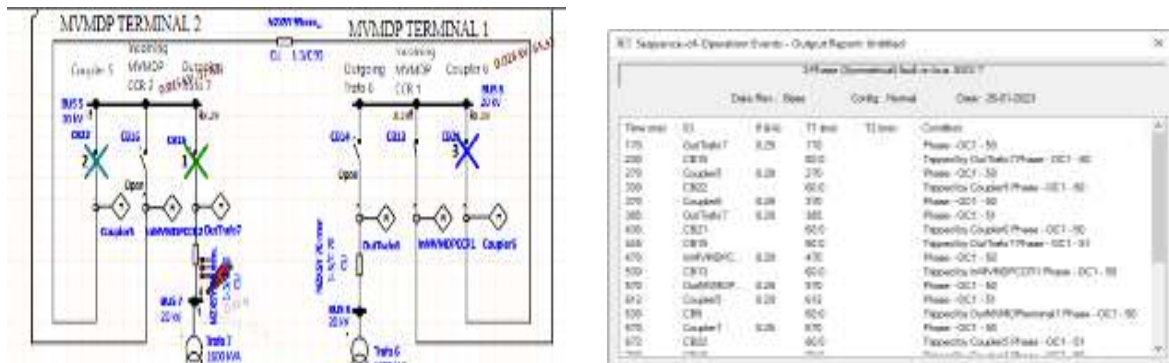
Setelah perhitungan impedansi dan arus hubung singkat selesai, maka perhitungan *setting* relai dapat dilakukan. Pada saat melakukan perhitungan *setting* relai karena nilai arus hubung singkat antar titik mempunyai selisih yang sangat kecil, maka agar relai dapat berkoordinasi dengan baik penulis menambahkan time delay antar titik sebesar 100 ms. Untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan *Setting* OCR dan GFR di Zona A

Zona A		
Lokasi	Waktu <i>setting</i> OCR	Waktu <i>setting</i> GFR
Incoming PLN	1.07	1.30
Outgoing PLN 1	0.97	1.20
Incoming PLN 1	0.87	1.10
Coupler 2	0.77	1.00
Coupler 1	0.67	0.90
Outgoing MVMDP terminal 1	0.57	0.80
Incoming MVMDP CCR 1	0.47	0.70
Coupler 6	0.37	0.60
Coupler 5	0.27	0.50
Outgoing trafo 7	0.17	0.40
LVMDP terminal 2	0.07	0.30

3.3 Simulasi Koordinasi Proteksi Relai OCR di Zona A

Gambar 3 merupakan hasil dari simulasi koordinasi proteksi relai OCR, dimana relai ini akan bekerja apabila ada gangguan 3 fasa atau 2 fasa.

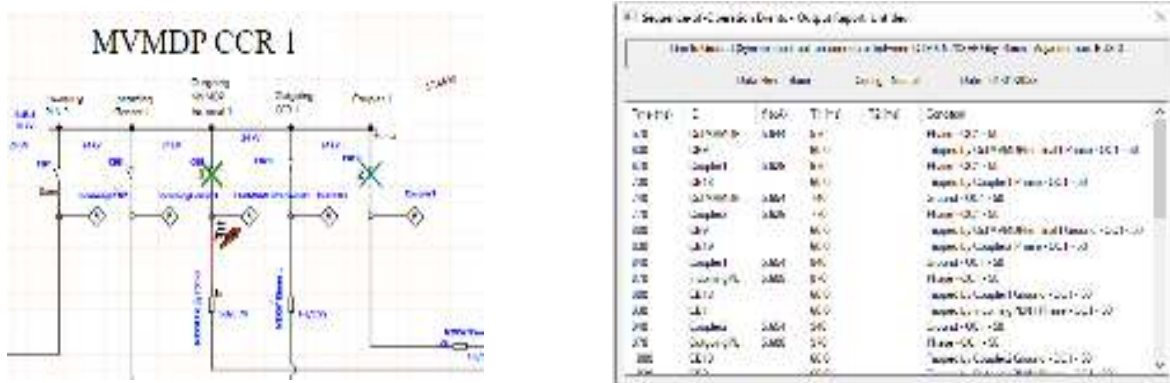


Gambar 3. Simulasi Koordinasi Proteksi OCR pada Tegangan Menengah

Relai yang pertama bekerja adalah relai Outgoing Trafo 7 kemudian apabila relai Outgoing Trafo 7 bermasalah maka akan di back-up oleh relai Coupler 5. Relai Outgoing Trafo 7 mempunyai nilai arus gangguan sebesar 8,29 kA dengan waktu kerja relai + CB selama 400ms, kemudian relai Coupler 5 merasakan arus hubung singkat sebesar 8,29 kA dengan waktu kerja relai + CB selama 600ms. Berdasarkan nilai waktu kerja relai + CB antar relai, maka sudah memenuhi syarat koordinasi relai yang baik dengan minimal selisih 100ms.

3.4 Simulasi Koordinasi Proteksi Relai GFR di Zona A

Gambar 4 merupakan simulasi koordinasi relai GFR pada tegangan menengah. Dimana relai ini berfungsi untuk memutuskan gangguan hubung singkat yang disebabkan oleh gangguan fasa ke tanah.



Gambar 4. Simulasi Koordinasi Proteksi GFR pada Tegangan Menengah

Relai yang pertama bekerja adalah relai Outgoing MVMDP Terminal 1 kemudian apabila relai Outgoing MVMDP Terminal 1 bermasalah maka akan di back-up oleh relai Coupler 1. Relai Outgoing MVMDP Terminal 1 mempunyai nilai arus gangguan sebesar 5,644 kA dengan waktu kerja relai + CB selama 630ms, kemudian relai Coupler 1 merasakan arus hubung singkat sebesar 5,626 kA dengan waktu kerja relai + CB selama 730ms. Berdasarkan nilai waktu kerja relai + CB antar relai, maka sudah memenuhi syarat koordinasi relai yang baik dengan minimal selisih 100ms.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan simulasi yang penulis lakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai aliran daya pada Outgoing MVMDP terminal 1 = 10,3 A, Outgoing MVMDP terminal 2 = 23,1 A, Outgoing CCR 1 = 10,7 A, Outgoing CCR 2 = 10,7 A, dengan total nilai arus yang mengalir pada sistem 54,8 A. Nilai arus hubung singkat terbesar terdapat pada Incoming PLN dengan nilai $I_{hs1\emptyset} = 826,39$ A, $I_{hs2\emptyset} = 4366,09$ A, dan $I_{hs3\emptyset} = 8729,92$ A. Sedangkan nilai arus hubung singkat terkecil terdapat pada LVMDP Terminal 2 dan LVMDP Terminal 1 dengan nilai $I_{hs1\emptyset} = 811,71$ A, $I_{hs2\emptyset} = 4186,14$ A, dan $I_{hs3\emptyset} = 8370,11$ A. Relai OCR dan GFR berkoordinasi dengan baik dengan selisih antar relai sebesar 100ms-200ms. Dengan demikian relai memenuhi kriteria koordinasi dengan minimal selisih 100 ms.

DAFTAR RUJUKAN

- Alawiy, M. T. (2006). *Proteksi Sistem Tenaga Listrik Seri Relay Elektromagnetis*. Malang: Universitas Islam Malang.
- Musyafak, A. E. (2018). *Analisis Sistem Kelistrikan Runway Lighting di Bandar Udara Hasanuddin*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Nugraha, A. S. (2015). *Studi Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dengan Metode Karakteristik Tripping Non-Standar pada Jaringan 150 kV dan 20 kV PT.PLN (PERSERO) APJ GILIMANUK*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Putra, A. A. (2021). *Perancangan System Monitoring Lampu Approach Berbasis Internet of Things Bandar Udara Internasional Husein Sastranegara*. Tangerang: Politeknik Penerbangan Indonesia.
- Saadat, H. (1999). *Power System Analysis*. Amerika Serikat.
- Saranga, F. K. (2018). *Studi Variasi Tegangan Akibat Gangguan Satu Fasa ke Tanah dan Dua Fasa pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV GI Cigereleng Penyulang CDM*. Bandung.
- Satamaria, J. (2011). *Analysis of Power Systems Under Fault Conditions. Departement of Electrical and Electronic Engineer*.
- Shobole, A., Baysal, M., Wadi, M., & Tur, M. R. (2018). Protection Coordination Practices for Industrial Ring Distribution Network Case Study of Organized Industrial Zone (GEBZE, Turkey). *ICRERA*, 1029-1031.
- Tirza, S. (2013). Perhitungan Setting Rele OCR dan GFR pada Sistem Interkoneksi Diesel Generator di Perusahaan X. *Jurnal Reka Elkomika*, 79-84.
- Winder, J. J. (2002). *Power Transformers Principles and Applications*. New York: Madison Avenue.