

## ANALISIS GANGGUAN SISTEM KOORDINASI PROTEKSI NON-CASCADE PENYULANG 20KV DI GARDU INDUK CENGKARENG

Nurhabibah Naibaho<sup>1</sup>, Fakhri Mubarak Pratama<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana

*nurhabibahnaibaho@unkris.ac.id<sup>1</sup>, fkr.fakhri@gmail.com<sup>2</sup>.*

**Abstrak** - Salah satu fungsi utama sistem proteksi, yaitu mengisolasi area gangguan yang terdampak dengan secepat mungkin, agar area lain yang tidak terdampak tetap bisa beroperasi menyalurkan energi listrik secara normal. Koordinasi Proteksi Pola *Non-cascade* OCR (*Over Current Relay*) di *incoming* dan penyulang 20 kV harus memenuhi unsur selektif dan cepat dalam mengisolasi gangguan agar trafo tidak terlalu lama merasakan gangguan. Pada tanggal 08 Februari 2023 pukul 12:50 WIB terdapat gangguan pada *incoming* 20kV trafo 3 di GI Cengkareng. Gangguan tersebut terjadi pada penyulang Kosmetik, PMT penyulang Kosmetik *trip* dengan arus gangguan 11kA indikasi relay *Moment OC clear* dengan waktu 170ms, namun PMT (Pemutus Tenaga) *incoming* 20kV trafo 3 juga *trip* dengan waktu 169ms dan indikasi relay OC dan *Busbar Protection Operate*. Beban yang dipikul *incoming* trafo 3 sebelum gangguan sebesar 26,05 MW. Hasil dari investigasi menunjukkan bahwa *Logic Busbar Protection* pada rele penyulang belum aktif, maka diperlukan tindak lanjut perbaikan *ReSetting* pada rele penyulang. Hasil uji fungsi waktu rele penyulang kosmetik sesudah *ReSetting*, arus *setting* dan waktu *trip* sudah sesuai dengan standar, dimana arus yang di *setting* yaitu I>: 2A diuji dengan arus uji 4A didapat waktu 1,422s, arus uji 6A didapat waktu 0,967s, arus uji 10A didapat waktu 0,689s, *setting* I>>: 27,5A didapat waktu 0,277s, dan I>>>: 55A didapat waktu 0,175s. Dan hasil uji fungsi *Busbar Protection* rele penyulang, *Logic Output Relay Busbar Protection* berhasil *blocking* sinyal tegangan 110 VDC ke arah rele *incoming* saat uji arus lebih pada rele kosmetik. Gangguan ini mengakibatkan beberapa konsumen perumahan, perusahaan dan pergudangan daerah Daan Mogot padam selama 4 menit.

Kata kunci: *Over Current Relay*, Pola *Non-cascade*, *incoming*, penyulang, *Busbar Protection*

**Abstract** - One of the main functions of the protection system is to isolate the affected fault area as quickly as possible, so that other unaffected areas can still operate to distribute electrical energy normally. Coordination of Non-cascade OCR (*Over Current Relay*) Pattern Protection on *incoming* and 20 kV feeders must fulfill selective and fast elements in isolating faults so that the transformer does not experience disturbances for too long. On February 8, 2023 at 12:50 WIB there was a disturbance in the *incoming* 20kV transformer 3 at GI Cengkareng. This disturbance occurs in the Cosmetic feeder, the PMT for the Cosmetic feeder trips with a fault current of 11kA, indicating the relay *Moment OC* is clear with a time of 170ms, but the PMT (Power Switch) *incoming* 20kV transformer 3 also trips with a time of 169ms and indicates the relay OC and *Busbar Protection Operate*. The load borne by *incoming* transformer 3 before the disturbance was 26.05 MW. The results of the investigation show that the *Logic Busbar Protection* on the feeder relay is not active, so a follow-up action is needed to improve *ReSetting* on the feeder relay. The results of the time function test of the cosmetic feeder relay after *ReSetting*, the setting current and trip time are in accordance with the standard, where the current setting is I>: 2A tested with a test current of 4A obtained a time of 1.422s, a test current of 6A obtained a time of 0.967s, a test current 10A is obtained in 0.689s, setting I>>: 27.5A is obtained in 0.277s, and I>>>: 55A is obtained in 0.175s. And the results of the *Busbar Protection* function test for the feeder relay, *Logic Output Relay Busbar Protection* succeeded in blocking a 110 VDC voltage signal towards the *incoming* relay during the overcurrent test on the cosmetic relay. This disturbance caused several residential consumers, companies and warehouses in the Daan Mogot area to go out for 4 minutes.

Keywords: *Over Current Relay*, *Non-cascade* pattern, *incoming*, feeder, *Busbar Protection*

## 1. Pendahuluan

Salah satu fungsi utama sistem proteksi yaitu mengisolasi area gangguan yang terdampak dengan secepat mungkin, agar area lain yang tidak terdampak tetap bisa beroperasi menyalurkan energi listrik secara normal. Rele proteksi merupakan komponen utama yang harus di *setting* dengan benar sesuai standar yang sudah ditetapkan, agar saat gangguan terjadi rele dapat bekerja dengan baik. Oleh karena itu, rele proteksi harus bisa mendeteksi adanya gangguan tersebut lalu mengintruksikan PMT (Pemutus Tenaga) dengan cepat untuk mengisolasi peralatan yang terdampak gangguan.

Koordinasi Proteksi OCR (*Over Current Relay*) di *incoming* dan penyulang 20 kV harus memenuhi unsur selektif dan cepat dalam mengisolasi gangguan. OCR *incoming* 20kV harus berkerja dengan cepat agar trafo tidak terlalu lama merasakan gangguan namun tetap selektif agar tidak mendahului OCR penyulang 20kV. Koordinasi Pola *Non-Cascade* menggunakan koordinasi sederhana antara OCR *incoming* dan penyulang 20kV agar bisa mendeteksi posisi gangguan sehingga saat terjadi gangguan di Busbar 20kV bisa diisolasi secara instan. Saat terjadi gangguan di penyulang, OCR *incoming* akan memberi jeda waktu agar tidak mendahului OCR penyulang bekerja sebelum memberi perintah *trip* kepada PMT (Pemutus Tenaga) *incoming*.

Pada tanggal 08 Februari 2023 pukul 12:50 WIB terdapat gangguan pada *incoming* 20kV trafo 3 di GI Cengkareng, gangguan tersebut terjadi pada penyulang Kosmetik, PMT (Pemutus Tenaga) penyulang Kosmetik *trip* dengan arus gangguan 11kA indikasi relay Moment OC *clear* dengan waktu 170ms, namun PMT

*incoming* 20kV trafo 3 juga *trip* dengan indikasi relay OCR dan Buspro. Ketika terjadi gangguan penyulang Kosmetik memiliki beban 5 A dan *incoming* trafo berbeban 885 A atau 26,05 MW. Dan Pola Koordinasi *Non-Cascade* di Trafo 3 GI Cengkareng sudah diaktifkan pada tanggal 19 Januari 2023. Dari gangguan penyulang Kosmetik yang tidak berhasil terproteksi dan mengakibatkan *trip* pada sisi *incoming* trafo 3 tersebut, mengakibatkan beberapa penyulang yang mendapat *supply* listrik dari *incoming* trafo 3 juga ikut padam.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan yaitu:

### 1. Studi Literatur

Merupakan tahapan yang dilakukan sebagai landasan teori atau teori dasar dalam menghimpun data serta penyelesaian masalah. Studi Literatur ini dapat diperoleh dari berbagai sumber dan referensi seperti buku dan jurnal Studi Lapangan

Studi Lapangan merupakan tahapan untuk pengumpulan data-data langsung dari tempat objek yang akan dilakukan penelitian, dengan cara menguji menggunakan peralatan uji yang sesuai dan menanyakan langsung dari beberapa narasumber seperti kepada pegawai yang berkompeten dibidangnya.

### 2. Pengolahan data dan Diskusi

Setelah mendapatkan data-data dan rekaman gangguan, selanjutnya melakukan konsultasi dan diskusi kepada pegawai yang berkompeten dalam bidang proteksi di Gardu Induk.

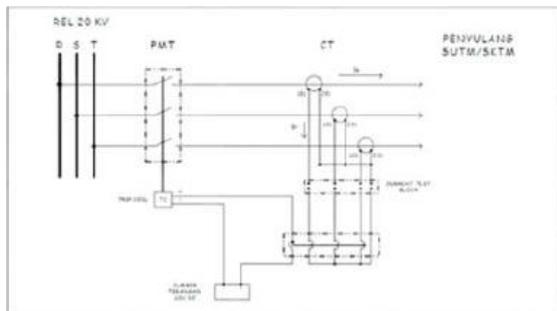
Dalam penelitian ini ada beberapa alat yang berupa alat uji dan software yang digunakan untuk menunjang analisis ini supaya mendapatkan hasil yang baik dan

akurat, diantaranya adalah Alat Uji Proteksi / *Current Injector* dan Software Easrgy Studio.

### 3. Pembahasan

#### 3.1 Over Current Relay

*Over Current Relay* atau disebut dengan rele arus lebih bekerja saat adanya hubung singkat pada salah satu fasa-fasa yang berdampak pada kenaikan arus dalam jangka waktu tertentu atau terjadinya *overload* pada beban yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan sistem tenaga yang diproteksinya dan memerintah PMT untuk *trip* saat gangguan terjadi. *Over Current Relay* merupakan proteksi yang digunakan untuk mengamankan penghantar dari gangguan fasa-fasa.



Gambar 3.1 Rangkaian Pengawatan Over Current Relay (OCR)

#### 1. Setting Arus Lebih pada Rele OCR

Untuk arus *settingan* rele OCR baik pada sisi primer ataupun pada sisi sekunder transformator tenaga ialah:

$$I_{set}(\text{primer}) = 1,05 \times I_{nom} \text{ trafo}$$

Nilai tersebut adalah nilai arus primer, untuk mendapatkan nilai *settingan* arus sekunder yang dapat di *setting* pada rele OCR, maka harus dihitung menggunakan ratio trafo (CT) yang terpasang pada sisi

primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{set}(\text{sekunder}) = I_{set}(\text{primer}) \times \frac{\text{Ratio CT}_{\text{Sekunder}}}{\text{Ratio CT}_{\text{Primer}}}$$

#### 2. Setting Waktu (TMS) pada Rele OCR

Hasil dari perhitungan arus gangguan hubung singkat ini selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai waktu (TMS). Rumus untuk menentukan nilai dari *settingan* waktu bermacam-macam sesuai dari desain pabrik pembuat rele. Dalam hal ini rumus TMS ini di ambil dengan Berdasarkan {IEC 60255}, standar untuk kurva IDMT ditetapkan sebagai berikut:

$$t = TMS \times \frac{\beta}{\left[\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha\right] - 1}$$

Dengan:

t : Waktu beroperasinya Rele (detik)

TMS : Time Multiple *Setting*, nilai yang di *setting* ke rele

$I_f$  : Arus Gangguan Hubung singkat, atau setelan rele arus lebih

$I_{set}$  : Arus *setting* yang dimasukkan ke rele (Ampere)

Tabel 3.1 Koefisien Time Dial

Jenis Kurva	$\beta$	$\alpha$
Standar Invers (SI)	0,14	0,02
Very Invers (VI)	13,5	1
Extremelly Invers (EI)	120	1
Definite Time (DT)	80	2

#### 3.2 Sistem Koordinasi Proteksi Pola Non-Cascade

Tujuan perlindungan dengan menerapkan sistem pola *non-cascade* adalah untuk melindungi atau memproteksi komponen penting sekaligus untuk menjaga stabilitas busbar. Sistem pola *non-cascade* ini sejenis

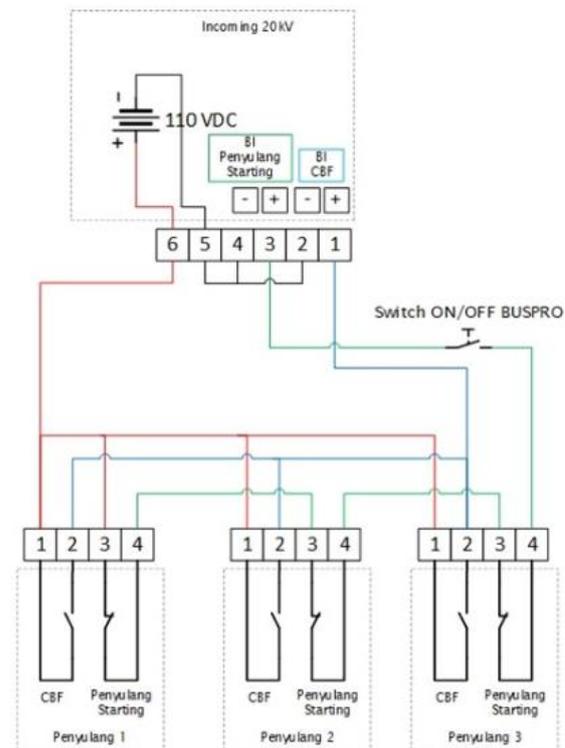
pengaman cadangan, sistem pola *non-cascade* bertujuan untuk mendapatkan selektivitas dan stabilitas, jika terjadi kegagalan pada pengaman utama. Pola koordinasi *non-cascade* memanfaatkan kemampuan relay modern untuk bertukar informasi. Terdapat dua prinsip utama dalam penerapan pola koordinasi *non-cascade* di *Incoming* dan penyulang. Pertama, saat terjadi gangguan di busbar 20 kV bisa disebut Busbar Protection (BUSPRO) dan kedua saat terjadi kegagalan PMT *trip* di penyulang bisa disebut Circuit Breaker Failure (CBF).

### 1. Rangkaian Wiring Koordinasi Proteksi Pola *Non-Cascade*

Desain *wiring* pola koordinasi *non-cascade* menggunakan dua kontak *output* dari OCR penyulang yang akan mengirim informasi ke *input* OCR *Incoming*.

Pertama adalah kontak *Normally Closed* (NC) dari fungsi *Istart* masing-masing penyulang diseri dan masuk ke input OCR *Incoming* sebagai sinyal blok untuk OCR *Incoming*. Ketika terdapat gangguan di penyulang, maka fungsi *Istart* OCR penyulang ter-*trigger* dan membuka kontak dari *close* menjadi *open* sehingga tegangan di *input* OCR *Incoming* hilang dan OCR *Incoming* menerima sinyal blok.

Kedua adalah kontak *Normally Open* (NO) dari fungsi CBF OCR masing-masing penyulang di paralel dan masuk ke *input* OCR *Incoming*. Ketika terjadi gagal *trip* PMT penyulang, maka fungsi CBF OCR penyulang akan ter-*trigger* dan mengubah kontak dari *open* ke *closed* sehingga *input* OCR *Incoming* akan mendapatkan tegangan. Saat OCR *Incoming* mendapat sinyal CBF, maka akan langsung memerintah PMT *Incoming* untuk *trip*.



Gambar 3.2 Rangkaian Koordinasi Proteksi Pola *Non-cascade*

### 2. Desain *setting* dan Logika *Trip* Pola *Non-cascade* di OCR *Incoming*

*Setting* GFR dan OCR *eksisting* tidak terpengaruh oleh pola *non-cascade*, koordinasi berdasarkan arus dan waktu yang sebelumnya diterapkan masih digunakan untuk mengisolasi gangguan-gangguan dengan besar arus gangguan dibawah *setting high set*. *Setting* GFR ( $I_N > 1$ ) menggunakan standard *invers* dengan *settingan* arus gangguan 340 A dan *setting* tms 0.145 dan *setting* OCR ( $I > 1$ ) menggunakan standard *invers* dengan *settingan* arus gangguan 2080 A dengan *setting* tms 0.25.

*Setting high set* atau momen OCR *Incoming* trafo adalah 7 kA ( $4 \times I_N$  Trafo). Untuk *settingan* ini digunakan dua buah *setting high set* dengan nilai *setting* yang sama namun dengan waktu operasi yang berbeda. *Setting high set* 1 ( $I > 2$ ) sebesar 7 kA dengan waktu operasi *definite* 100ms

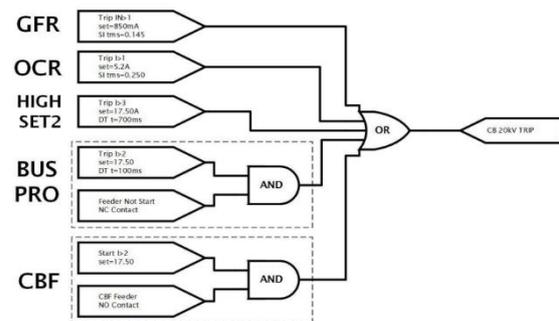
dan terakhir adalah *setting high set 2* ( $I > 3$ ) sebesar 7 kA dengan waktu operasi 700ms.

Pada saat terjadi gangguan di busbar 20 kV, maka logika *trip* BUSPRO akan aktif, logika *tripping* ini adalah fungsi *trip high set 2* ( $I > 2$ ) di AND dengan sinyal *feeder not start* (kontak NC) penyulang. Jadi Ketika terjadi gangguan di busbar 20 kV, maka fungsi  $I > 2$  akan aktif dan bernilai 1, sinyal *feeder not start* juga akan bernilai 1, karena tidak ada perintah blok dari OCR penyulang, sehingga PMT *Incoming* dapat *trip* dengan cepat.

Pada logika *trip* CBF, digunakan *setting high set 2 start* (*start*  $I > 2$ ) yang di AND dengan sinyal CBF penyulang. Jadi Ketika OCR *Incoming* merasakan gangguan diatas nilai *setting high set 2* dan penyulang mengirim sinyal CBF, maka OCR *Incoming* akan langsung meng*trip*kan PMT *Incoming*.

Logika *trip* high set 2 merupakan logika *trip* cadangan yang berfungsi Ketika logika

*trip* BUSPRO tidak aktif, yaitu saat terjadi kerusakan *wiring* dan pola *non-cascade* tidak aktif (*switch* posisi off). Saat pola *non-cascade* tidak aktif, maka saat terjadi gangguan di busbar 20 kV, OCR *Incoming* akan memberikan perintah *trip* dengan waktu operasi 700ms.



Gambar 3.3 Logika Trip Koordinasi Proteksi Pola Non-Cascade

### 3. Settingan Rele Pola Non-Cascade

Berikut adalah *settingan* rele pada rele *Incoming* dan rele penyulang berserta waktu tundanya:

Tabel 3.2 *Settingan* Rele sebelum pola non cascade diaktifkan

Setting	OC		MOC-1		MOC-2		GF		MGF	
	Arus (A)	TMS (s)	Arus (A)	Td (s)	Arus (A)	Td (s)	Arus (A)	TMS (s)	Arus (A)	Td (s)
<b>Incoming</b>	2080	0.25	7000	0.5	11200	0.3	340	0.15	Blocked	
<b>Penyulang</b>	320	0.15	4400	0.2	8800	0.1	120	0.12	880	0.2

Tabel 3.3 *Settingan* rele sesudah pola non cascade diaktifkan

Setting	OC		MOC-1		MOC-2		GF		MGF	
	Arus (A)	TMS (s)	Arus (A)	Td (s)	Arus (A)	Td (s)	Arus (A)	TMS (s)	Arus (A)	Td (s)
<b>Incoming</b>	2080	0.25	7000	0.1	7000	0.7	340	0.15	Blocked	
<b>Penyulang</b>	320	0.15	4400	0.3	8800	0.1	120	0.12	880	0.3

Dari Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 menunjukkan, dimana perbedaan antara *settingan* pola *non cascade* dengan *settingan* sebelumnya berada di waktu tunda MOC-1 dan MOC-2 dari penyulang

dan *Incoming*. *Settingan* rele ini sudah disepakati antara pihak distribusi yaitu PLN UP2D dan pihak transmisi yaitu PLN TJBB.



Maka didapat arus sekunder sebagai berikut:

Dimana *setting* OCR:

$$I > = 320 \times \frac{5}{800} = 2A$$

$$I >> = 4400 \times \frac{5}{800} = 27,5A$$

$$I >>> = 8800 \times \frac{5}{800} = 55A$$

Untuk perhitungan standar waktu waktu trip menggunakan rumus:

$$t = TMS \times \frac{\beta}{\left[\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha\right]^{-1}}$$

Karena jenis kurva OC adalah Standart Invers (SI), maka didapat standar waktu:

$$tI \times 2 = 0,15 \times \frac{0,14}{\left[\left(\frac{640 A}{320 A}\right)^{0,02}\right]^{-1}} = 1,504s$$

$$tI \times 3 = 0,15 \times \frac{0,14}{\left[\left(\frac{960 A}{320 A}\right)^{0,02}\right]^{-1}} = 0,945s$$

$$tI \times 5 = 0,15 \times \frac{0,14}{\left[\left(\frac{1600 A}{320 A}\right)^{0,02}\right]^{-1}} = 0,641s$$

Karena jenis kurva MOC 1 dan MOC 2 adalah instan, maka standar waktu:

$$tI \text{ Moment 1} = 0,300s$$

$$tI \text{ Moment 2} = 0,100s$$

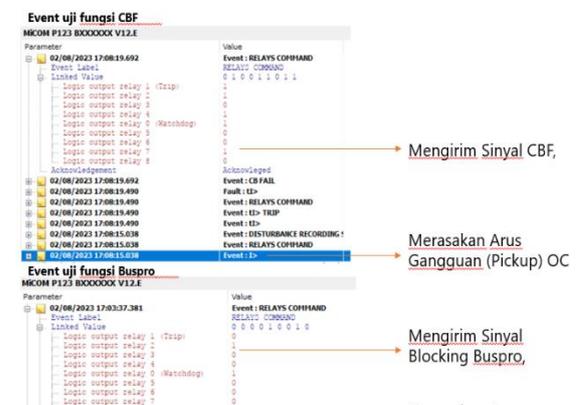
Dari hasil perhitungan standar arus sekunder dan waktu *trip* tersebut maka dilakukan pengujian pada rele dan didapatkan hasil uji yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Uji Fungsi Waktu Kerja Rele

Iset	I × 2	t	I × 3	t	I × 5	t	IM1	t	IM2	t	
Standar	4A	1,504s	6A	0,945s	10A	0,641	27,5A	0,300s	55A	0,100s	
R	2A	4A	1,422s	6A	0,967s	10A	0,689s	27,5A	0,277s	55A	0.175s
S	2A	4A	1,422s	6A	0,967s	10A	0,689s	27,5A	0,277s	55A	0.175s
T	2A	4A	1,422s	6A	0,967s	10A	0,689s	27,5A	0,277s	55A	0.175s

Dilihat dari Hasil uji fungsi waktu rele Penyulang Kosmetik pada Tabel 4.1 dengan menguji rele sesuai arus sekunder yang telah ditentukan, didapat waktu *trip* yang sudah sesuai dengan standar, yaitu tidak kurang atau lebih 100ms dari standar waktu yang telah ditentukan. Bisa disimpulkan bahwa rele Penyulang Kosmetik masih dalam keadaan baik dan laik operasi.

## 2. Hasil Uji Fungsi CBF dan BUSPRO



Gambar 4.3 Hasil Uji Fungsi CBF dan BUSPRO

Tabel 4. 2 Hasil Uji Fungsi Logic BUSPRO (Busbar Protection)

NO.	ARUS	INDIKASI RELE	RELE TRIP	LOGIC CBF	LOGIC BUSPRO	PMT
1	4A	OC	1	0	1	1
2	6A	OC	1	0	1	1
3	10A	OC	1	0	1	1
4	27,5A	MOC1	1	0	1	1
5	55A	MOC2	1	0	1	1

Tabel 4.3 Hasil Uji Fungsi Logic CBF (Circuit Breaker Failure)

NO.	ARUS	INDIKASI RELE	RELE TRIP	LOGIC CBF	LOGIC BUSPRO	PMT
1	4A	OC	1	1	1	0
2	6A	OC	1	1	1	0
3	10A	OC	1	1	1	0
4	27,5A	MOC1	1	1	1	0
5	55A	MOC2	1	1	1	0

Hasil uji fungsi CBF dan BUSPRO rele Penyulang Kosmetik pada Gambar 4.3 merupakan hasil pengujian sesudah dilakukannya *ReSetting* pada rele penyulang, dengan pengujian menggunakan arus lebih seperti pada pengujian fungsi waktu rele. Saat uji fungsi CBF rele penyulang merasakan arus gangguan (*Pickup*) dan *Logic Output Relay* 7 berhasil mengirim sinyal CBF dengan tegangan 110 VDC ke arah rele *Incoming* Ketika terjadi kegagalan *trip* pada PMT Penyulang Kosmetik. Dan saat uji fungsi BUSPRO rele penyulang merasakan arus gangguan (*Pickup*) dan *Logic Output Relay* 2 berhasil mengirim *blocking* sinyal tegangan 110 VDC BUSPRO ke arah rele *Incoming*. Dari hasil ini Penyulang Kosmetik baik dan laik operasi.

### 4.3 Dampak Yang Terjadi

Dampak yang terjadi akibat gangguan yaitu *trip* pada sisi *Incoming* trafo 3 sehingga 14 penyulang yang dipikul oleh *Incoming* trafo 3 tersebut kehilangan tegangan yang membuat listrik padam selama 4 menit. Beban yang dipikul *Incoming* trafo 3 sebelum terjadinya gangguan adalah 885 A atau 26,05 MW.

Area yang termasuk dalam Penyulang Kosmetik seperti Perum Angkasa Pura, PT. Karunda Abdi Sejati Plasindo, SPBU Jl. Garuda, PT. Ciquita Telon, PT. Sarimi, PT Asean Makmur, PT. Yuli Sofi, Komp. Pergudangan Multi Guna, Kws Pergudangan dan Jl. Daan Mogot diantara semua itu merupakan daerah yang menjadi penggerak perekonomian masyarakat sekitar dan industri.

### 5. Kesimpulan

Dalam analisa gangguan sistem koordinasi proteksi Pola *Non-Cascade* ini dapat disimpulkan:

1. Gangguan pada Penyulang Kosmetik terjadi dikarenakan PMT Penyulang dan PMT *Incoming* trafo 3 *trip* bersamaan dengan arus gangguan 11 kA dengan indikasi BUSPRO Operate, dan waktu *trip* penyulang 170 ms dan waktu *trip Incoming* 169 ms. Ini dikarenakan Fungsi Logic BUSPRO pada rele Penyulang Kosmetik belum aktif, dilakukan *ReSetting* pada rele Penyulang Kosmetik dengan mengaktifkan Logic BUSPRO dengan *settingan* I >, I >>, I >>> diaktifkan ke

- Output RL2 yang berfungsi sebagai Blocking sinyal BUSPRO.
2. Hasil uji fungsi rele Penyulang Kosmetik dimana arus yang di *setting*, yaitu I>: 2A diuji dengan arus uji 4A didapat waktu 1,422s, arus uji 6A didapat waktu 0,967s, arus uji 10A didapat waktu 0,689s, *setting* I >>: 27,5A didapat waktu 0,277s, dan I >>>: 55A didapat waktu 0,175s. hasil ini sudah sesuai standar dimana waktu *trip* tidak lebih atau kurang 0,100s dari standar waktu *trip* yang sudah ditentukan. Dan hasil uji fungsi BUSPRO, setelah dilakukannya *ReSetting* pada Logic rele Penyulang Kosmetik, Logic Output Relay BUSPRO berhasil membloking sinyal tegangan 110 VDC ke arah rele *Incoming* saat uji arus lebih pada rele kosmetik.
  3. Akibat hilangnya tegangan pada trafo 3 ini selama 4 menit telah merugikan konsumen dan pihak PLN. Yang dimana rata-rata konsumen yang dipikul *Incoming* trafo 3 dan Penyulang Kosmetik adalah perusahaan-perusahaan dan Kawasan pergudangan daerah Daan Mogot. Beban yang dipikul *Incoming* trafo 3 sebesar 26,05 MW sebelum terjadinya gangguan 11kA pada Penyulang Kosmetik.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] D. R. Syarif, Buku Panduan Penggunaan Software Sistem Proteksi For Publishing, Jakarta: PT PLN (PERSERO) UP2D Jakarta, 2020.
- [2] H. Prasetijo, H. Widhiatmoko and E. Triwijaya, "Simulasi Koordinasi Relay Arus Lebih Pola Non-Kaskade," *Dinamika Rekayasa*, p. 10, 2020.
- [3] I. Kamil, L. W. Pratama and A. Anugrah, "Setting Overcurrent Relay dan Ground Fault Relay Pada Kubikel 20 kV di PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jakarta Raya," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. III, pp. 214-220, 2018.
- [4] N. P. Putra, "Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Pada *Incoming* dan Penyulang 20 kV Gardu Induk Sengkaling Menggunakan Pola Non Kaskade," *Doctoral Dissertation*, 2015.
- [5] F. J. Tasiyam, Proteksi Sistem Tenaga Listrik, Yogyakarta: Teknosain, 2017.
- [6] M. L. Romadhoni, M. F. Nasution and R. M. Utami, "Penerapan Pola Koordinasi Proteksi *Non-Cascade* Pada *Ocr Incoming* dan *Ocr Penyulang Trafo*," *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, pp. 119-128, 2022.
- [7] PT PLN (PERSERO), Buku Pedoman Pemeliharaan Kubikel Tegangan Menengah, Jakarta: PDM/PGI/24:2014, 2014.
- [8] PT PLN (PERSERO), Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga, Jakarta: PDM/PGI/07:2014, 2014.
- [9] E. Dermawan and D. Nugroho, "Analisa Koordinasi *Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay* di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka," *Jurnal Elektum*, vol. XIV, pp. 43-48, 2017.