

Over Current Relay (OCR) Berbasis Goose Message Sebagai Pengaman Busbar 70 kV

Tony Koerniawan¹; Aas Wasri Hasanah¹; Ersalia Dewi Nursita^{2*}; Rudi Wahono³; Intan Ratna Sari³; Satrio Yudho⁴

1. Prodi Teknologi Listrik, Sekolah Vokasi
2. Prodi Teknik Tenaga Listrik, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan
3. Prodi Teknik Elektro, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan
4. Prodi Teknik Informatika, Fakultas Telematika dan Energi, Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat, DKI Jakarta, 11750, Indonesia

**Email: ersalia@itpln.ac.id*

Received: 30 Mei 2024 | Accepted: 16 Desember 2024 | Published: 24 Desember 2024

ABSTRACT

The application of busbar protection is only applied to priority substations for efficiency reasons so for other substations that are not a priority when busbar faults occur at the busbar, it will cause widespread blackouts in all bays at the substation. The absence of a protective busbar relay can be solved by modifying the couple protection. Coupling protection such as Over Current Relay (OCR) only accommodates faults as a second safeguard if there is a failure in the transformer or the bay. GOOSE Message-based OCR will maximize busbar security. OCR works faster when senses fault current but is not followed by other forward bay pickup conditions which indicate the fault is in the busbar. Forward pick-up data retrieval method using GOOSE Message. Implementation Over Current Relay (OCR) based on GOOSE message as a 70 kV busbar protection at the Kracak Substation, it can anticipate widespread blackouts at the substation when a busbar fault occurs..

Keywords: *protection, busbar, Over Current Relay, GOOSE Message*

ABSTRAK

Penerapan proteksi busbar hanya diterapkan pada gardu induk prioritas karena alasan efisiensi biaya sehingga untuk gardu induk lain yang bukan prioritas ketika terjadi gangguan di busbar akan menyebabkan pemadaman meluas di seluruh bay di gardu induk tersebut. Gardu Induk yang tidak terpasang relay busbar dapat diselesaikan dengan melakukan penerapan OCR berbasis GOOSE Message. Pengaman kopel busbar 70 kV berupa Over Current Relay (OCR) hanya mengakomodir gangguan sebagai pangaman kedua jika ada kegagalan dari pengaman transformator atau bay penghantar. OCR berbasis GOOSE Message akan membuat pengamanan busbar lebih maksimal. OCR bekerja lebih cepat ketika merasakan arus gangguan tetapi tidak diikuti dengan kondisi pickup forward bay lain yang mengindikasikan gangguan berada di busbar. Metode pengambilan data pickup forward menggunakan GOOSE Message. Implementasi Over Current Relay (OCR) berbasis GOOSE Message sebagai pengaman busbar 70 kV di Gardu Induk Kracak dapat mengantisipasi pemadaman meluas di gardu induk ketika terjadi gangguan di busbar.

Kata kunci: *proteksi, busbar, Over Current Relay, GOOSE Message*

1. PENDAHULUAN

Busbar merupakan bagian utama dalam suatu gardu induk yang berfungsi sebagai tempat terhubungnya semua *bay* yang ada pada gardu induk tersebut, baik *bay line* maupun *bay trafo*. Gardu induk pada umumnya didesain dengan konfigurasi 2 *busbar* (*double busbar*), namun masih terdapat gardu induk yang memiliki satu *busbar* (*single busbar*). Gangguan yang terjadi pada *busbar* adalah gangguan yang bersifat destruktif [1]. Apabila terjadi gangguan pada *busbar*, maka kemungkinan terjadi kerusakan pada peralatan instalasi yang sangat besar. Sesuai dengan Permen ESDM Nomor 20 Tahun 2020 tentang Aturan Jaringan Tenaga Listrik *Grid Code* [2]. Semua *busbar* tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi yang terhubung ke jaringan transmisi harus dilengkapi dengan proteksi *bus differential*.

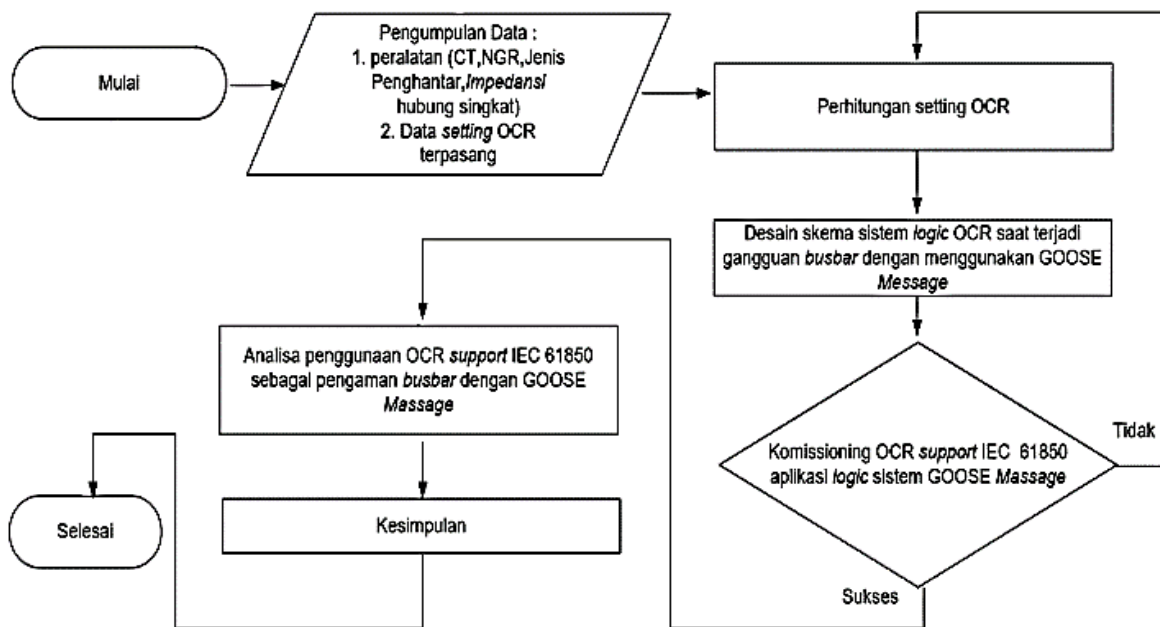
Perkembangan teknologi untuk peralatan proteksi sudah menggunakan standar IEC 61850 untuk desain GI otomatisasi. Peralatan proteksi yang menggunakan standar IEC 61850 merupakan protokol *GOOSE* (*Generic Object Oriented Substation Event*) sebagai komunikasi jenis *publisher/subscriber*. Protokol ini digunakan untuk pertukaran informasi antara *Intelligent Electronic Device* (IED) di *substation* melalui *ethernet*. IEC 61850 *GOOSE Message* dimana pesan yang dikirim melalui mekanisme *multicast* antara IED yang telah dikonfigurasi untuk diteruskan pesan tersebut melalui media *Lokal Area Network* (LAN) dengan *ethernet switch* komunikasi berkecepatan tinggi seperti fiber optik. *Logic* yang digunakan adalah status *binary input* dan *output* (I/O) dari *device* IED *relay* yang digunakan baik itu sebagai IED *sending* maupun IED *receiving*. Pemasangan *busbar* proteksi dengan menggunakan OCR (*Over Current Relay*) dan *GOOSE Message* menunjukkan *clearing time* lebih cepat dibandingkan proteksi eksisting dan selektif di lokasi gangguan yang terjadi sehingga dapat meminimalisir kerusakan peralatan yang terhubung pada *busbar* 20 kV dan meningkatkan umur trafo [4].

Aplikasi dari IEC 61850 dapat membangun kesatuan *single* jaringan komunikasi yang dapat menggabungkan peralatan utama, perangkat proteksi dan otomasi. Jaringan komunikasi ini memberikan kesempatan untuk meningkatkan performa dan fungsi dari perangkat proteksi [5]. Standar IEC 61850 memberikan fasilitas komunikasi keperangkat elektronik terbaru (IED) yang sangat mudah dioperasikan dan diaplikasikan dengan keamanan yang tinggi [6]. Berdasarkan penjelasan di atas dan penelitian sebelumnya yang menggunakan *bus differential* dan support IEC 61850 yang menggunakan dua buah CT sebagai pembanding menunjukkan hasil yang baik. Berdasarkan di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan membahas suatu metode terbaru yang menggunakan OCR support IEC 61850 *GOOSE message* sebagai pengamanan *busbar* 70 kV di GI Kracak. Parameter yang digunakan yaitu gardu induk yang tidak menerapkan pengamanan *busbar*. Penerapan OCR support IEC 61850 sebagai pengamanan *busbar* dapat digunakan jika semua *bay* yang tersambung pada *coupler* menggunakan OCR support IEC 61850.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PLN UPT Bogor Gardu Induk Kracak dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.2. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini untuk metode pengumpulan data melakukan pengambilan data hasil pengujian OCR dengan *individual test* dan melakukan *recommissioning* serta pengambilan data rekaman *relay* setelah terjadi gangguan dengan rincian data:

1. Pengujian karakteristik *relay* secara individu.
2. Pengujian *commissioning relay* setelah penerapan *setting*.
3. Pengujian uji fungsi dari *relay*.
4. Pengambilan data rekaman *relay*.

2.3. Metode Analisa Data

Analisa data peneliti menggunakan data *setting* OCR yang sebelum di-*setting* dan sesudah di-*setting* serta data yang terdapat dalam rekaman *relay* dan akan dibuatkan tabel perbandingan. *Setting* OCR perlu dilakukan perhitungan perbandingan antara nilai arus *drop-off* dan arus *pick-up* dinyatakan dengan “kd” dengan persamaan perbandingan seperti di bawah ini:

$$I_n = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV}$$

$$I_p = \frac{K_f}{K_d} \times I_n \quad (2)$$

Dimana :

I_n = I_{base} = Arus nominal

k_f = (Faktor keamanan) untuk *define relay* = 1,1; *inverse relay* = 1,2

k_d = (Faktor arus kembali) untuk *define relay* = 0,7 – 0,9; *invers relay* = 1,0

2.3.1. Setting Relay Arus Lebih

Relay arus lebih terdapat setting arus *pic-up* atau arus *starting* dan *setting* TMS. *Setting* tersebut harus benar dan harus lebih besar dari arus maksimum nominal agar *relay* tersebut tidak bekerja dalam keadaan beban normal. *Setting* arus pada *relay* dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_{set} = \frac{1.2 \times I_n}{CT_p} \quad (3)$$

Dimana :

I_{set} = *setting* arus

I_n = arus nominal

CT_p = *ratio* dari CT terpasang

Setting I_{set} besarnya arus *setting* dalam satuan *Ampere*. Faktor keamanan yang digunakan besarnya *setting* antara 105% sampai dengan 130% dari arus normal [7].

2.3.2. Time Multiplier Setting (TMS)

Salah satu contoh pabrikan pembuat *relay* akan menentukan nilai *setting* waktu karakteristiknya di bawah ini [8]. TMS dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_{Standar\ Inverse} = \frac{0.14 \times TMS}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \quad (4)$$

$$t_{Very\ Inverse} = \frac{13.5 \times TMS}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1} \quad (5)$$

$$t_{Extremely\ Inverse} = \frac{80 \times TMS}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^2 - 1} \quad (6)$$

$$t_{Long\ Time\ Inverse} = \frac{120 \times TMS}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1} \quad (7)$$

Dimana :

TMS = *Time Mutiplier Setting*

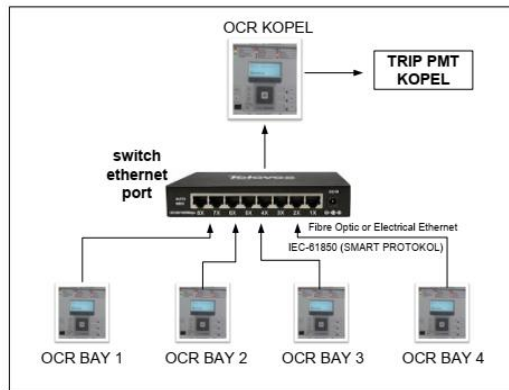
t = waktu kerja *relay*

I_f = besarnya arus gangguan

I_s = arus *setting*

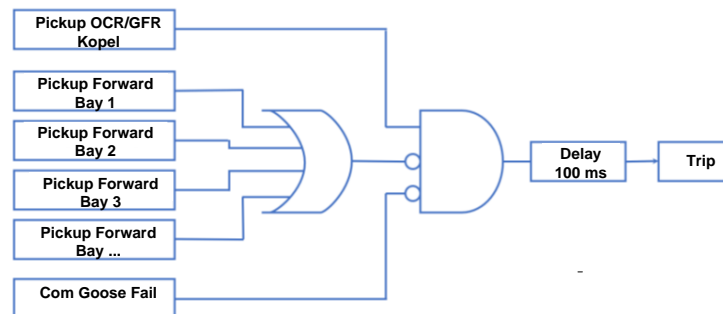
2.4. Topologi dan Setting Logic OCR Berbasis GOOSE Message

Topologi skema penerapan koordinasi OCR kopel dengan OCR pada *bay* lain yang terhubung pada *busbar* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Topologi OCR Kopel GOOSE Message

OCR yang terhubung pada *switch ethernet port*. OCR akan saling berkirir data jika salah salah satu OCR operasi. Data tersebut akan diolah pada *switch ethernet port* dan akan diterukan ke OCR Kopel. OCR Kopel akan bekerja jika mendapat kirriman data dan akan mengirimkan sinyal atau perintah ke PMT untuk membuka jaringan. *Logic OCR* yang digunakan untuk pengaman busbar 70 kV di GI Kracak dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

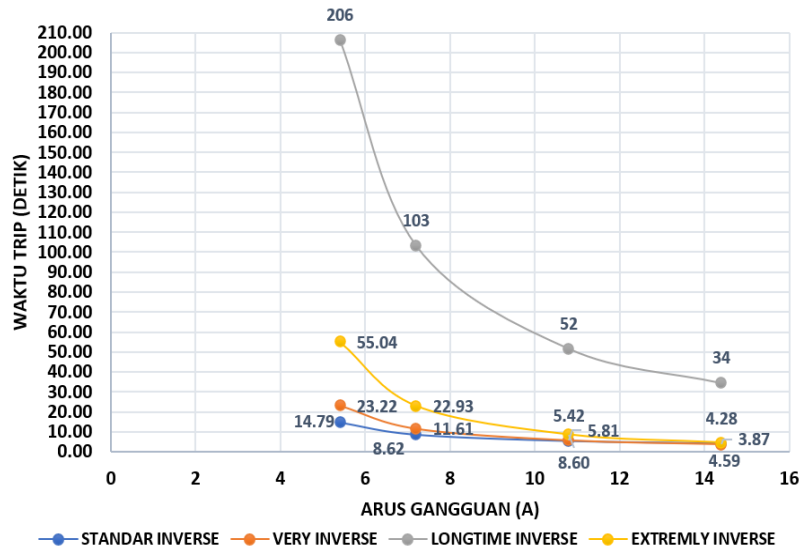


Gambar 3. Sistem Logic Busbar Proteksi GOOSE Message

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian OCR

Pada pengujian OCR ini kita perlu melakukan perhitungan besaran *setting* yang akan kita masukan ke dalam OCR yang akan diuji. *Setting pickup* OCR kopel yaitu 720 A dimana diambil dari 120% dari kemampuan busbar 600 ampere dengan waktu kerja 1.5 s kurva *Standar Inverse* (SI) [9]. Arus hubung singkat yang dipakai menggunakan nilai *breaking capacity* PMT (40 kA) sehingga didapat nilai $TMS = 0.86$. Data yang sudah diterapkan pada OCR kopel yaitu 720 A (ratio CT 1000/5) $I_s = 3,6$ A; dan $TMS = 0,86$ detik. Pengujian karakteristik yang pertama melihat *setting* sebelum dilakukan perubahan dengan besaran arus yang digunakan mulai dari arus *starting* sampai dengan arus *reset*. Dari hasil data *setting* OCR maka dapat dihitung waktu (t) dari OCR sehingga didapat hasil seperti ditunjukkan grafik pada gambar 4.



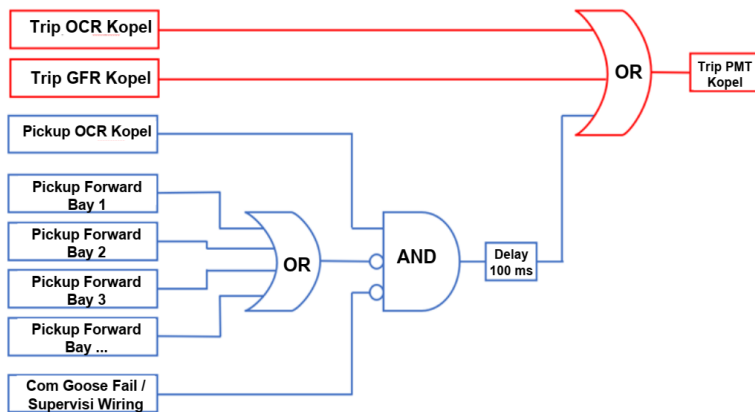
Gambar 4. Kurva Gabungan Empat Karakteristik

3.2. Hasil Perubahan Logi OCR

Hasil perubahan *logi* sesudah mengaktifkan *GOOSE Message* seperti gambar 6.



Gambar 5. Sebelum Diubah *Logic*



Gambar 6. *Logic* OCR Sesudah diaktifkan *GOOSE Message*

Pada gambar *logic* OCR yang berwarna merah merupakan OCR yang bekerja dengan karakteristik SI dan *logic* yang berwarna biru merupakan OCR yang berbasis *GOOSE Message* yang berfungsi sebagai pengaman utama dari gangguan busbar.

3.3. Hasil Perubahan Logi OCR

Pengujian fungsi *GOOSE Message* pada OCR yang telah di-*setting* sebagai pengaman busbar 70 kV di GI krack dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Individual OCR Kopel Setelah Penerapan GOOSE Message

UJI PICKUP - DROP OFF OCR/GFR					
NO	PENGUJIAN	R	S	T	GFR
1	Pickup (Amp)	3.6	3.6	3.6	2
2	Dropoff (Amp)	3.4	3.4	3.4	1.8
3	Rasio Dropoff / Pickup (%)	94%	94%	94%	90%
UJI KARAKTERISTIK WAKTU OCR/GFR					
NO FUNGSI		1.5 x Setting	2.0 x Setting	3.0 x Setting	
4.3	1 OCR Fasa R (s)	14.71	8.44	5.43	
4.29	2 OCR Fasa S (s)	14.71	8.44	5.43	
4.3	3 OCR Fasa T (s)	14.71	8.44	5.43	
	4 GFR (s)	No Trip	No Trip	No Trip	
UJI FUNGSI					
NO	PENGUJIAN	INDIKASI PMT	KETERANGAN		
1	Trip OCR Basic	Com Fail, OCR Trip Trip	-		
2	Trip PMDK GM	PMDK GM Trip Trip	-		

Tabel 2. Hasil Uji Komunikasi GOOSE Message

Uji Kondisi Signaling (Control Input)		
No	Point Uji	Hasil Uji (LED)
1.	Test Distance Kedung Badak 1	OK
2.	Test Distance Kedung Badak 2	OK
3.	Test OCR Trafo 1	OK
4.	Test OCR Trafo 2	OK
5.	Test Distance Bunar 1	OK
6.	Test Distance Bunar 2	OK

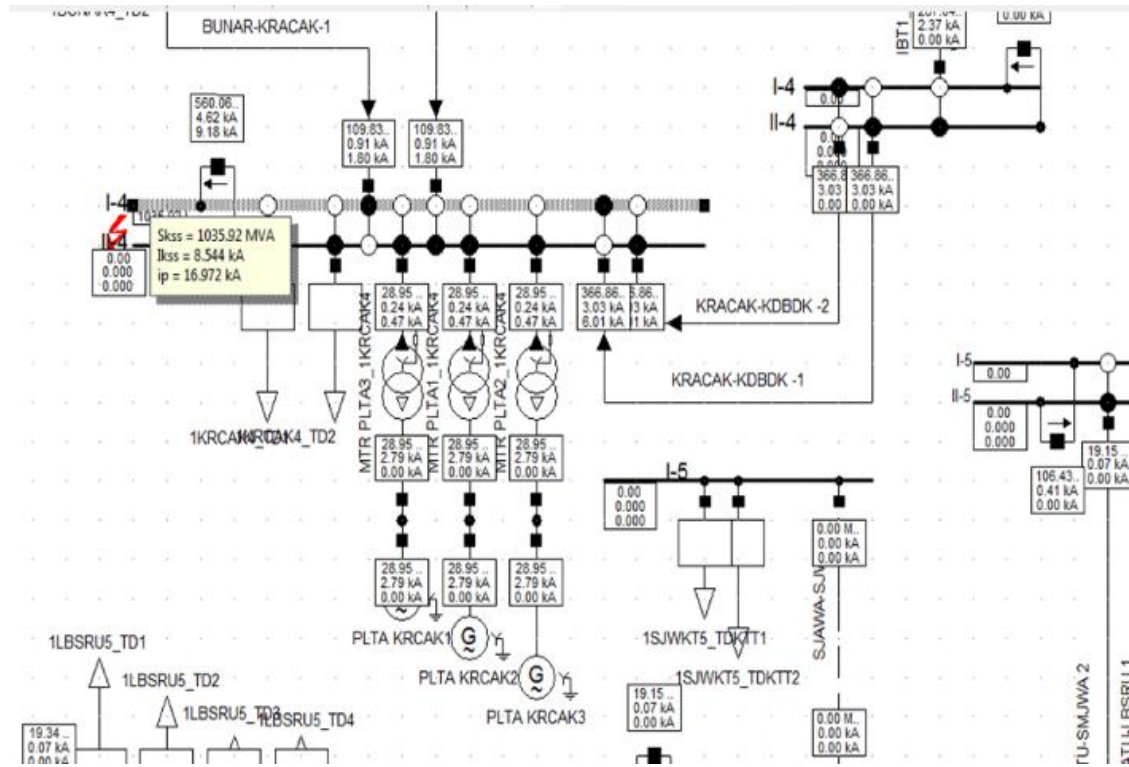
Sedangkan hasil perbandingan perhitungan TMS dengan menggunakan formula dan hasil uji dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan TMS Perhitungan dengan Hasil Uji Alat Injeksi Arus Sekunder

No	Injeksi arus	TMS (detik)		Deviasi % (standar <10%)
		Hasil uji	Hasil Perhitungan	
1.	150% x Is	14,71	14,79	0.54
2.	200% x Is	8,44	8,62	2.1
3.	300% x Is	5,43	5,42	0.1
4.	400% x Is	4,43	4,28	3.3

3.4. Hasil Simulasi Uji Fungsi dan Rekaman OCR

Pelaksanaan uji fungsi hasil setting tersebut sebelum diterapkan dalam sistem perlu disimulasikan uji fungsi menggunakan *dummy circuit breaker* dan juga di masukan dalam aplikasi *Digsilent*. Pada simulasi gangguan terjadi pada busbar 2 seperti tampak pada gambar 7 di bawah ini.



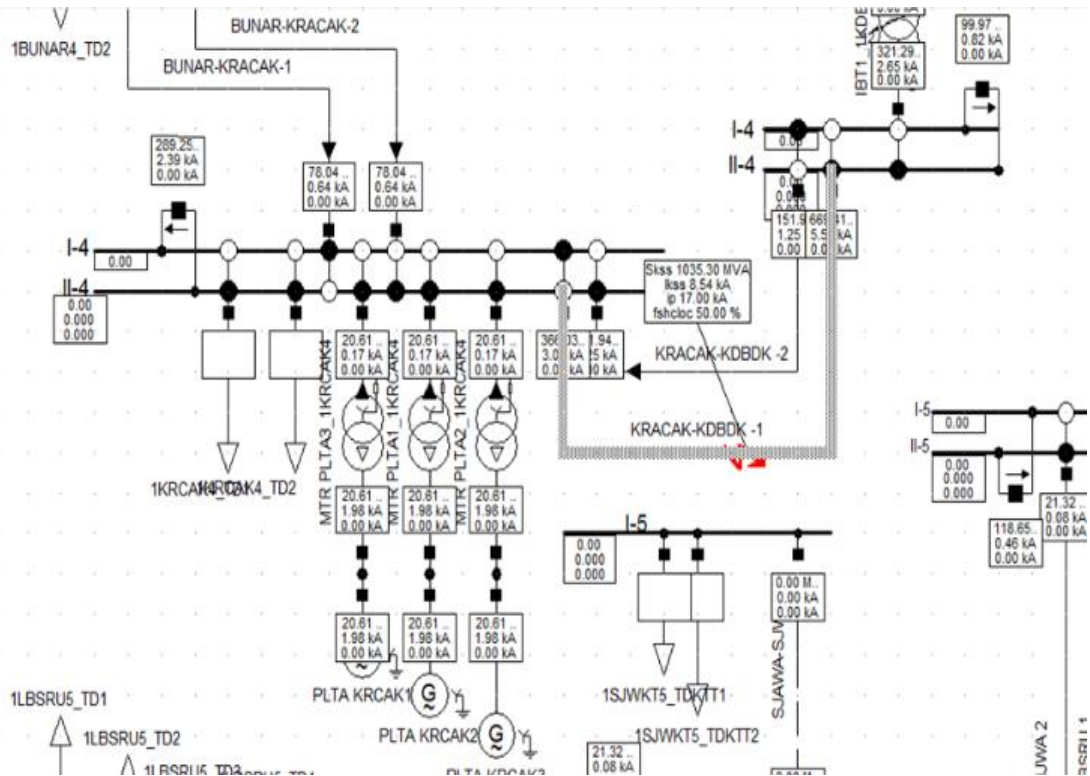
Gambar 7. Simulasi Gangguan pada Busbar 2 dengan Digsilent

Pada gambar 7 dengan dilakukan simulasi menggunakan *Digsilent* dapat diketahui besarnya arus hubung singkat pada busbar 70 kV GI Kracak sebesar 8.544 kA hubung singkat 3 fasa maksimum. Besarnya arus gangguan dan waktu kerja OCR dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Arus dan Gangguan Busbar

KETERANGAN	ARUS GANGGUAN (kA)	WAKTU KERJA OCR (detik)
Karakteristik Bay BUNAR-1	0.91	1.579
Karakteristik Bay BUNAR-2	0.91	2.255
Karakteristik Bay KEDUNG BADAQ-1	3.03	1.277
Karakteristik Bay KEDUNG BADAQ-2	3.03	1.277
Karakteristik Bay TRAFO-1	0	~
Karakteristik Bay TRAFO-2	0	~
Karakteristik Bay KOPEL SI	8.544	3.142
Karakteristik Bay KOPEL GOOSE MESSAGE	8.544	0.120

Tabel 4 menerangkan dimana jika gangguan terjadi pada busbar maka OCR kopel dengan *GOOSE Message* bekerja dengan waktu 0,120 detik. OCR bay yang lain akan bekerja sesuai dengan karakteriktiknya. Uji fungsi dari OCR yang sudah difungsikan sebagai pengaman busbar juga dilakukan simulasi gangguan dengan titik gangguan pada penghantar Kedung Badak 1. Pengujian ini juga bertujuan memastikan *setting* tersebut sudah sesuai dan selektif dalam melokalisir gangguan. Simulasi tersebut dengan menggunakan *Digsilent* seperti gambar 8 di bawah ini.



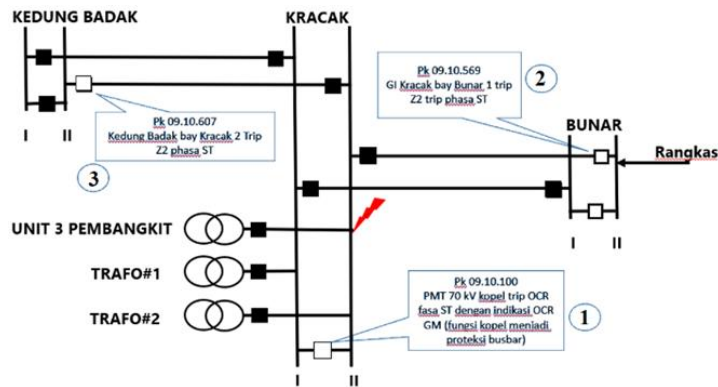
Gambar 8. Simulasi Gangguan pada Penghantar Kedung Badak 1

Pada gambar 8 dengan dilakukan simulasi menggunakan *Digsilent* dapat diketahui besarnya arus hubung singkat pada penghantar Kedung Badak 1 sebesar 8.54 kA hubung singkat 3 fasa maksimum. Besarnya arus gangguan dan waktu kerja OCR dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Arus dan Waktu Gangguan Penghantar Kedung Badak 1

Keterangan	Arus Gangguan (kA)	Waktu Kerja (detik)
Karakteristik Bay BUNAR-1	0.64	2.730
Karakteristik Bay BUNAR-2	0.64	3.593
Karakteristik Bay KEDUNG BADAK-1	8.544	1.279
Karakteristik Bay KEDUNG BADAK-2	3.03	2.53
Karakteristik Bay TRAFO-1	0	~
Karakteristik Bay TRAFO-2	0	~
Karakteristik Bay KOPEL SI	2.93	4.90
Karakteristik Bay KOPEL GOOSE MESSAGE	2.93	~

Dari tabel 5 dapat diketahui jika gangguan terjadi di luar daerah busbar maka OCR kopel dengan GOOSE Message tidak akan bekerja. OCR kopel akan bekerja pada tahap dua dengan kurva karakteristik Standar Inverse dengan waktu kerja 4,90 detik. OCR bay yang lain akan bekerja sesuai dengan karakteristik dan yang tercantum dalam tabel 5 di atas. Hasil simulasi gangguan pada busbar 70 kV didapat rekaman pada OCR dimana PMT yang trip sesuai urutan waktu dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Single Line Simulasi Gangguan pada Busbar GI Kracak

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah menganalisa *Over Current Relay (OCR)* berbasis *GOOSE Message* sebagai pengaman busbar 70 kV di Gardu Induk Kracak sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan OCR berbasis *GOOSE Message* sangat efektif dan selektif jika digunakan sebagai pengaman busbar. Pemutusan gangguan pada busbar akan dapat dengan cepat diamankan sehingga gangguan tidak meluas dan dapat menghemat biaya pemasangan CT dan *relay bus differential*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN (Persero) UPT Bogor Gardu Induk Kracak yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dalam pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Khoiri and M. Muslim, "Analisa Gangguan Rele Differential Busbar di GISTET 500 kV Duri Kosambi Jakarta Barat," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 2, p. 72, 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i2.002.

[2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2020 Tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code)," no. 3, pp. 1–1019, 2020.

[3] D. Mourad and E. H. Shehab-Eldin, "Simple and adaptive busbar protection scheme considering CT saturation effect," 2017 19th International Middle - East Power Systems Conference. MEPCON 2017 - Proceedings. 2018 pp. 71–77, 2018, doi: 10.1109/MEPCON.2017.8301165.

[4] H. Purwanto, H. Prasetya, and I. Firdaus, "Implementation of over Current Relays with Non- Cascade Scheme on Medium Voltage Switchgear as Busbar Protection Study Case in PT PLN (Persero) UIT JBB," *Proceedings of the 2nd International Conference*

- on High Voltage Engineering and Power System Towards Sustainable and Reliable Power Delivery, ICHVEPS 2019, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011089.
- [5] C. Chenfan and S. Xiaozhou, “The New Distributed Busbar Protection IED Based on IEC61850,” 2018 International Conference Power System Technology, POWERCON 2018 - Proceedings, no. 201810080000001, pp. 3076–3079, 2019, doi: 10.1109/POWERCON.2018.8602155.
- [6] S. M. S. Hussain, S. M. Farooq, and T. S. Ustun, “Analysis and implementation of message authentication code (MAC) algorithms for GOOSE message security,” IEEE Access, vol. 7, pp. 80980–80984, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2923728.
- [7] Rachmad Hidayat Mastian Noor, Analisis Koordinasi Over Current Relay Untuk Gangguan Fasa Dan Tanah Di PT. KPC (Kaltim Prima Coal), vol. 53, no. 9. 2017.
- [8] I. D. G. Agung Budhi Udiana, I. G. Dyana Arjana, and T. G. Indra Partha, “Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Recloser Di Saluran Penyulang Penebel,” Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, vol. 16, no. 2, p. 37, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p07.
- [9] Karyana, “A Guide and Instruction of Java-Bali Transmission and Substation Protection System 1st Edition,” September, 2013.