

## Reliability Analysis of OCR Relay with ETAP 19.0.1 Simulation to Anticipate Disturbances in Bemo Feeders at the Cawang Lama Substation

Lukman Aditya<sup>1\*</sup>, Eriawan<sup>2</sup>, Abdul Kodir Albahar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Bekasi, INDONESIA

\*Corresponding Author, email : [lukmanaditya@unkris.ac.id](mailto:lukmanaditya@unkris.ac.id)

### Abstract

The protection system is an important part in maintaining the continuity of electric power distribution. This research analyzes the performance of the overcurrent relay (OCR) on the Bemo feeder at the Cawang Lama Main Substation using ETAP 19.0.1 simulation software. The resulting disruption could cause outages for thousands of customers. The moment over current (MOC) condition is one of the disturbances that often occurs in Bemo feeders and is an indication of excessive current disturbance. To prevent widespread disturbances, a comprehensively analysis of work coordination and relay working time is crucial. Apart from using the ETAP 19.0.1 simulation, testing was carried out using a current injector and calculations as a comparison of more valid results. The simulation was carried out by creating a single line diagram model of the feeder and the incoming side at the Cawang Lama Main Substation and providing an overcurrent disturbance scenario at the Bemo feeder. Simulations using ETAP show that the relay work coordination on the Bemo feeder is appropriated. However, this research also identified several potential improvements in relay timing to increase system reliability. The relay on the feeder trips first with a time setting of 0.15 s for over current (OC) and 0.2 s for moment over current (MOC), then at incoming 0.24 s for OC and 0.5 s for MOC. The results obtained from the analysis of relay working time on the Bemo feeder up to the power breaker trip (PMT), namely 0.256 s using calculations, 0.275 s using Current Injector, and 0.260 s using ETAP simulation. From the comparison of relay working times, the difference between 0.04 s – 0.019 s is obtained. The results of this analysis can be used as a basis for developing recommendations for more comprehensive protection system improvements.

**Keywords:** Protection system; relay coordination; over current; tripping time; ETAP.

### 1. Introduction

Koordinasi proteksi yang tepat sangat penting untuk menjaga keandalan sistem tenaga listrik. Kegagalan dalam mengkoordinasikan relai lebih arus (OCR) dapat mengakibatkan gangguan yang meluas, pemadaman yang berkepanjangan, dan kerugian ekonomi yang signifikan. Penelitian ini berfokus pada analisis koordinasi proteksi pada penyulang Bemo di Gardu Induk Cawang Lama. Berdasarkan data historis, penyulang Bemo sering mengalami gangguan yang menyebabkan pemadaman pada pelanggan. Hal ini mengindikasikan adanya potensi masalah pada pengaturan dan koordinasi relai proteksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja relai OCR pada penyulang Bemo melalui simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1. Selain itu, penelitian ini juga akan membandingkan hasil simulasi dengan data pengujian lapangan untuk memverifikasi akurasi model simulasi.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan pengaturan relai yang dapat meningkatkan keandalan sistem proteksi pada penyulang Bemo dan sistem

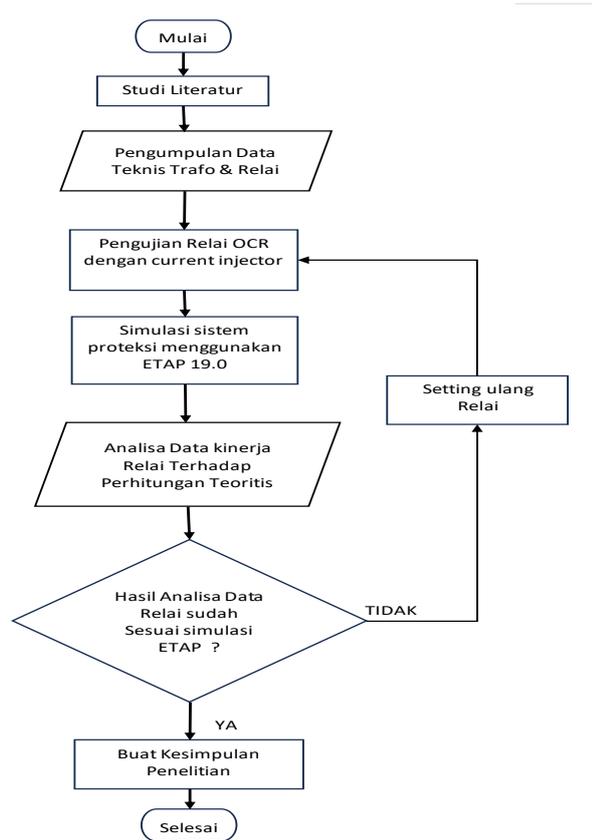
tenaga listrik secara umum. Permasalahan pada koordinasi proteksi diantaranya digunakannya koordinasi waktu tunda trip antara relai over-current (OCR) sisi incoming dan OCR di sisi penyulang dalam upaya mengisolasi gangguan sistem yang terjadi [1]. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan ETAP, dan pengujian relai menggunakan current injector untuk menganalisis keandalan relai OCR dilihat dari setting waktu trip relai pada penyulang Bemo dan sisi incoming apakah sudah tepat dan dapat berkoordinasi dengan baik saat terjadi gangguan. Kemudian simulasi ETAP digunakan untuk memodelkan koneksi busbar penyulang dan incoming pada Gardu Induk Cawang Lama, untuk mendapatkan hasil yang akurat, dengan cara membuat skenario arus gangguan.

Hal itu dapat dibuktikan juga dengan hasil simulasi menggunakan ETAP [2], [3]. Perhitungan *setting* koordinasi relai pengamanan merupakan perhitungan yang kompleks dengan pertimbangan nilai arus gangguan dan waktu operasi relai [3]. Prinsip kerja dari relai OCR untuk mendeteksi adanya arus hubung singkat antar fasa [4]. Ketika terjadi arus gangguan maka relai OCR dapat dilakukan perlambatan dengan membuka PMT saat gangguan [4]. Dalam menjaga keandalan relai proteksi yang digunakan, perlu dilakukan pengujian serta perawatan rutin tahunan, untuk mengetahui apakah hasil uji masih dalam standar PLN. Analisa gangguan arus hubung singkat terhadap keandalan relai proteksi OCR salah satunya dapat dilihat dari pencapaian nilai *system average interruption frequency index* [5], atau metode *algoritma neural network*, dengan kemampuan beradaptasi dari arus masukkan relai OCR [6]. Selain itu analisa *load flow* saat beban penuh juga dapat memperhitungkan arus *pick-up* pada relai OCR [7].

Pola koordinasi proteksi NonCascade digunakan dalam melakukan koordinasi antara relai OCR pada sisi incoming dan semua relai OCR di sisi penyulang dalam menentukan lokasi gangguan. [1]. Dalam menghadapi gangguan Over Current Relai (OCR) atau arus lebih, maka dibutuhkan relai proteksi yang handal. Keandalan relai proteksi dilihat dari setting waktu trip pada masing-masing bagian. Standar koordinasi relai proteksi berdasarkan IEEE 60255 adalah dalam range 0,2 – 0,6 s [8]. Penelitian setting relai OCR umumnya dilakukan pada Gardu Induk (GI) yang terdiri dari trafo incoming dan beberapa penyulang, seperti pada [9], [10], analisa setting waktu relai OCR dengan simulasi ETAP dilakukan pada 3 buah trafo incoming 150 kV terhadap 3 buah trafo outgoing, atau setidaknya pada satu jalur penyulang yang sering mengalami gangguan. Analisis yang dilakukan tidak sebatas simulasi perangkat lunak akan tetapi dilakukan pengujian relai OCR dilokasi penelitian menggunakan current injector. Kemudian data pengujian itu dibandingkan dengan perhitungan secara toritis, sehingga didapat data yang presisi dan akurat. Pada Gardu Induk Cawang Lama, digunakan 4 buah transformator untuk dapat memasok beberapa penyulang. Dengan penelitian ini, diharapkan operator Gardu Induk dapat mengetahui dan mengevaluasi keandalan relai OCR pada kondisi dan batasan nilai setting waktu trip relai OCR yang sesuai, dan mampu mengantisipasi bila terjadi gangguan agar tidak meluas ke trafo incoming. Simulasi menggunakan ETAP ini juga dapat dijadikan referensi untuk menganalisis dan mengevaluasi setting relay OCR pada penyulang lainnya sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik secara umum.

## 2. Material and methods

Analisa keandalan relai OCR dilakukan dengan metode penelitian diantaranya studi literasi, pengujian objek penelitian, simulasi menggunakan ETAP, analisa data pengujian dan simulasi terhadap perhitungan secara toritis. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1, kemudian waktu pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan di Gardu Induk Cawang Lama yang bertempat di Jl. Cililitan Besar, Kec. Kramat jati, Kota Jakarta Timur, kota Jakarta.



**Gambar 1. Bagan alir penelitian**

### Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data dilakukan dengan wawancara kepada pegawai PLN dan mengumpulkan data sekunder di lokasi penelitian yaitu di Gardu Induk Cawang Lama. Data ini diperlukan sebagai karakteristik objek penelitian sehingga dapat dibuat simulasi menggunakan ETAP, seperti data Rasio CT, Setting OCR dan TMS pada Relai pada Incoming dan juga penyulang. Data teknis yang dijadikan dasar penelitian adalah pada trafo 2 GI Cawang Lama seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1. Data Teknis Trafo 2 GI Cawang Lama**

Spesifikasi Trafo	
Merk Trafo	CG PAUWELS
Kapasitas Daya Trafo	60 MVA
Tegangan Trafo	150/20 kV
Rasio CT	300 - 1/5
Nominal Arus	1732 A

**Tabel 2. Data Teknis Setting Relai Incoming dan Penyulang**

Data Relai	Incoming	Penyulang
Merk	Schneider	Schneider
Tipe	Micom P123	Micom P123
Karakteristik Relai	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
I Nominal	2000 A	300 A
Rasio CT	2000/1	800/5
TMS OCR	0,24 s	0,15 s
TMS GFR	0,15 s	0,12 s

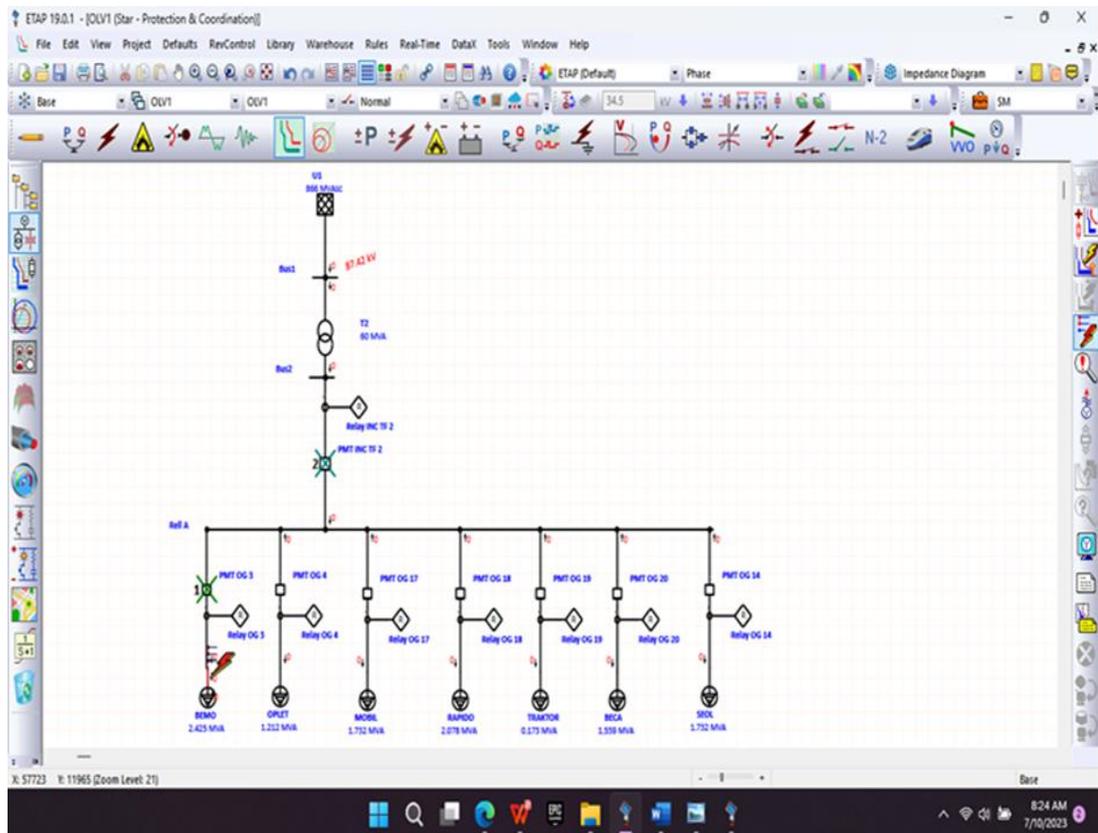
### Peralatan Pendukung

Salah satu metode dalam penelitian ini adalah penggunaan peralatan pendukung dalam pengolahan data seperti simulasi software ETAP 19.0.1 atau penggunaan alat pengujian seperti current injector yang digunakan untuk uji fungsi relai. Dan memastikan setting arus dan waktu yang didapat sesuai dengan perhitungan yang ditetapkan. Dengan cara menginjeksi arus sekunder ke dalam relai, kita dapat mengetahui kinerja relai apakah masih sesuai atau tidak. Gambar 2 menunjukkan alat current injector Sverker 900 yang digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 2. Current Injector yang digunakan untuk pengujian relai**

Penggunaan software ETAP pada penelitian ini adalah untuk membuat simulasi dengan model sigle line diagram (SLD) pada trafo incoming dan penyulang BEMO. Software ini dapat digunakan juga untuk menganalisis sistem tenaga listrik. Pada Gambar 3 dapat dilihat SLD Trafo 2 dengan penyulang yang salah satunya adalah penyulang BEMO yang dijadikan objek penelitian keandalan relai proteksinya



**Gambar 3. SLD Trafo 2 pada GI Cawang Lama Menggunakan ETAP 19.0.1**

Dari Gambar 3, dapat dilihat jika penyulang Bemo di injek arus gangguan, maka Relai Proteksi Bemo akan bekerja membuat Trip PMT 20 kV Bemo, dan karena pada aplikasi ETAP ini menginjek gangguan terus menerus mengakibatkan Relai Proteksi Incoming Trafo 2 bekerja membuat Trip PMT 20 kV Incoming Trafo 2. Dari simulasi ini, diperoleh hasil laporan dari menu Report manager >Summary >Sequence of Operation > lalu klik OK. Karakteristik Relai yang digunakan oleh Gardu Induk Cawang Lama adalah Standard Inverse, dengan karakteristik tingkat kecepatan waktu kerja relai ditentukan oleh semakin besarnya arus gangguan.

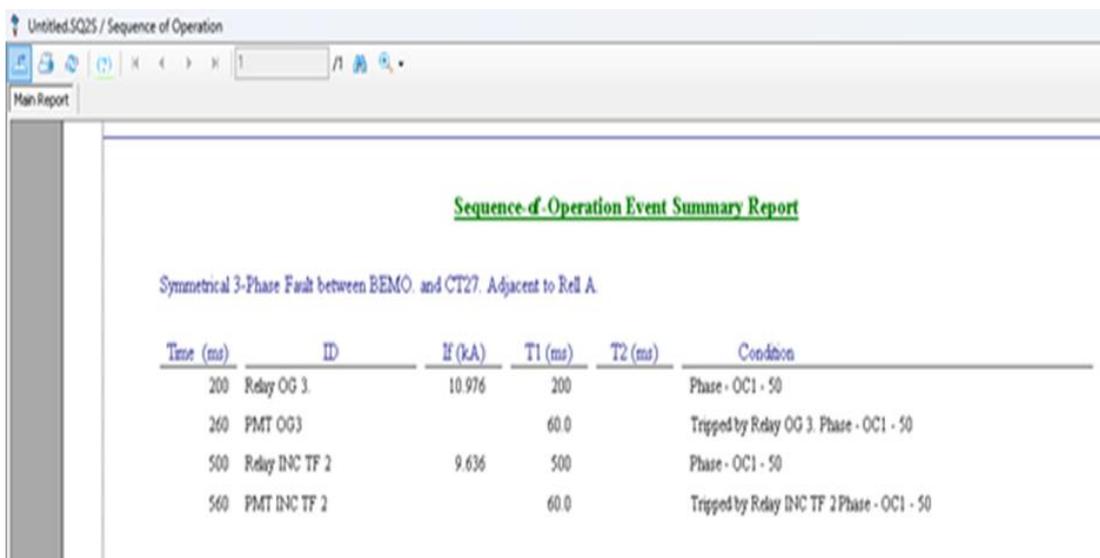
### Perhitungan Waktu Kerja Relai

Tujuan dilakukannya perhitungan waktu kerja relai adalah mengetahui koordinasi antara perlatan sistem proteksi apakah dapat berjalan dengan baik, yaitu dengan memperhitungkan waktu trip [11]. Dikarenakan relai yang digunakan adalah *standar inverse*, maka nilai TMS ditentukan dengan cara diset arus hubung singkat 2 fasa pada relai OCR incoming pada bus 20 kV, dan di sisi 150 kV digunakan arus hubung singkat 2 fasa pada transformator tenaga [12]. Untuk perhitungan waktu kerja relai menggunakan persamaan (1), dengan nilai konstanta  $k = 0,14$ ,  $c = 0$ ,  $\alpha = 0,02$  adalah untuk *standard inverse* [13] Nilai  $I_r$  adalah rasio antara  $I$  yaitu arus yang terukur atau arus pada jaringan, dan  $I_s$  adalah nilai arus settingan sebesar 5,5 A (MOC).

$$t = TMS \times \frac{k}{I_r^{0.02-1}} \quad (1)$$

### 3. Results and discussion

Hasil analisa kinerja relai didapat dengan memakai Current injector dan juga aplikasi ETAP. Hasil yang didapat dari current injector adalah waktu Relai sampai dengan trip, dengan cara kerja current injector ini menginjek atau menyuntik besar arus sampai dengan batas gangguan hingga trip. Lalu untuk aplikasi ETAP difungsikan sebagai simulasi dalam mencari kebenaran dari fungsi Relai sesuai dengan yang ada dilapangan, dari prinsip kerja Relai dan koordinasi proteksi dalam rangkaian listik tegangan menengah dari Gardu Induk Cawang Lama, tepatnya pada penyulang Bemo. Dari hasil simulasi, relai OG 3 yang berada pada jalur penyulang BEMO (lihat Gambar 2), bekerja pada detik 200 ms dengan arus gangguan 10,976 kA mengakibatkan PMT OG3 Trip OC1 pada detik 260 ms. Jika dilihat dari settingan Relai Proteksi 20 kV, arus gangguan tersebut sudah termasuk dalam MOC (Moment Over Current) karena sudah lebih dari 4400 Ampere. Seperti dapat dilihat pada Gambar 4



Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
200	Relay OG 3	10.976	200		Phase - OC1 - 50
260	PMT OG3		60.0		Tripped by Relay OG 3, Phase - OC1 - 50
500	Relay INC TF 2	9.636	500		Phase - OC1 - 50
560	PMT INC TF 2		60.0		Tripped by Relay INC TF 2, Phase - OC1 - 50

Gambar 4. Hasil simulasi ETAP 19.0.1 Terhadap Waktu Kerja Relai

Dari Gambar 4, dapat dilihat setelah Penyulang Bemo trip dilanjut oleh Relai Proteksi pada Incoming Trafo 2 bekerja pada detik 500 ms dengan arus gangguan 9,636 kA dan mengakibatkan PMT Incoming Trafo 2 Trip pada detik 560 ms. Arus gangguan tersebut sudah termasuk dalam MOC karena sudah lebih dari 7000 Ampere. Dari simulasi ini diperoleh data koordinasi Sistem Proteksi OCR pada deret Busbar D. Yaitu bila terjadi gangguan OCR pada penyulang BEMO, maka hanya Relai OG 3 saja yang bekerja pada Sistem listrik satu busbar tersebut, Relai OG yang lain tidak bekerja karena gangguan hanya terjadi pada penyulang BEMO saja, seperti dapat dilihat dalam Tabel 3

**Tabel 3. Hasil Simulasi Koordinasi Relai**

Relai OCR	Status Relai
Relai OG 3	TRIP
Relai OG 4	NORMAL
Relai OG 5	NORMAL
Relai OG 6	NORMAL
Relai OG 7	NORMAL
Relai OG 8	NORMAL
Relai OG 9	NORMAL
Relai Inc. Trafo 2	TRIP

Dari data pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa koordinasi Relai dapat bekerja dengan baik, dengan sistem Relai pada penyulang Trip terlebih dahulu dan jika gangguan terlalu besar atau terdapat anomali pada PMT ataupun Relai penyulang yang menyebabkan penyulang tidak Trip.

Dari pengujian menggunakan alat Current injector untuk mendapatkan hasil waktu pada Relai OCR Penyulang BEMO sampai dengan Trip PMT, dapat dilihat dalam Tabel 4. Pengujian menggunakan Current Injector dilakukan dalam empat tahap diantaranya :

1. 2x OC, yaitu dari hasil perkalian  $2 \times I > \times I_s$
2. 3x OC, yaitu dari hasil perkalian  $3 \times I > \times I_s$
3. 5x OC, yaitu dari hasil perkalian  $5 \times I > \times I_s$
4. MOC, yaitu dari hasil perkalian  $I >> \times I_s$

Dengan keterangan nilai  $I >$  adalah arus yang di setting untuk gangguan OC, yaitu 0,4 A, nilai  $I >>$  adalah arus yang disetting untuk gangguan MOC, yaitu 5,5 A, dan  $I_s$  adalah arus sekunder CT, yaitu 5A. Tampilan hasil uji Moment Over Current (MOC) dapat dilihat dalam Gambar 5.

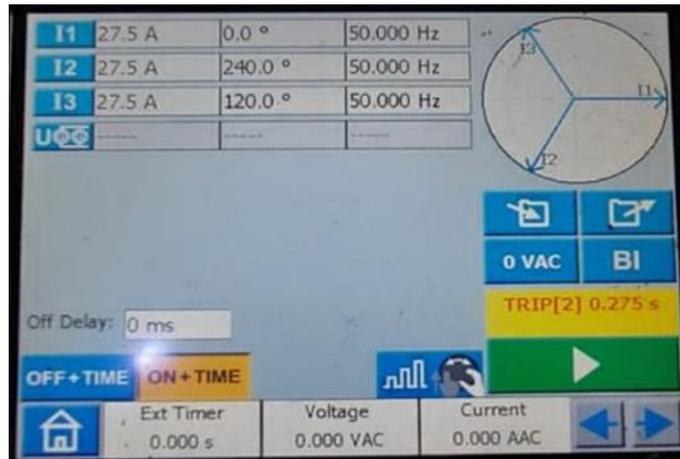
**Tabel 4. Hasil Pengujian Relai OCR Penyulang Bemo Menggunakan Current Injector.**

FASA	2x OC (4A)	3x OC (6A)	5x OC (10A)	Moment OC (27.5A)
<b>R</b>	1,569 s	1,009 s	0,701 s	0,275 s
<b>S</b>	1,569 s	1,009 s	0,701 s	0,275 s
<b>T</b>	1,569 s	1,009 s	0,701 s	0,275 s

Untuk hasil perhitungan kerja relai menggunakan persamaan (1), dan data aktual gangguan pada penyulang BEMO yang didapat pada tanggal 29 Maret 2023, pukul 03:58 WIB, diketahui yaitu beban sebelum trip 60 A, jenis gangguan adalah Moment Over Current (MOC), arus gangguan Ia. 5594A, Ib. 5617 A, Ic. 5577A, In. 0,97 A, dan tegangan trafo 20,6 kV. Dengan melihat data settingan Relai OCR dan GFR pada penyulang maupun incoming serti pada Tabel 5, maka didapat hasil perhitungan :

$$t = 0.2 \times \frac{0.14}{1021.272^{0.02} - 1}$$

$$t = 0,188 \text{ s.}$$



**Gambar 5. Hasil Uji Moment Over Current Menggunakan Current Injector**

Relai pada Penyulang Bemo adalah standard inverse dan pada gangguan tersebut termasuk gangguan MOC1. Kemudian perhitungan Relai dari data default MOC1 dan setting PLN didapat :

$$t = 0.2 \times \frac{0.14}{800^{0.02} - 1}$$

$$t = 0,196 \text{ s.}$$

Sehingga didapat waktu sampai dengan trip = t + break time = 0,196 + 0,06 = 0,256 s.

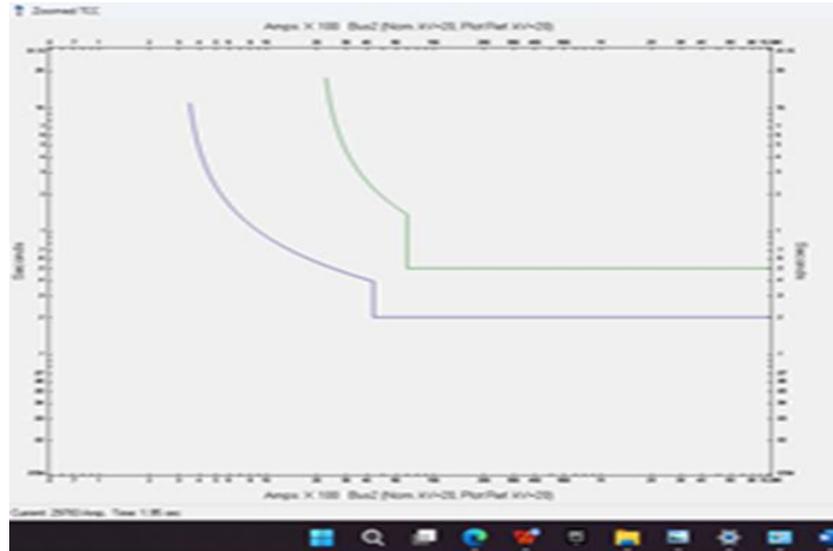
**Tabel 5. Nilai Setting Relai Proteksi OCR dan GFR**

SETTING	OC		MOC-1		MOC-2		Ground Fault		MGF	
	Arus (A)	TMS (SI)	Arus (A)	Td (s)	Arus (A)	Td (s)	Arus (A)	TMS (SI)	Arus (A)	Td (s)
INCOMING	2080	0,24	7000	0,5	11200	0,3	340	0,15	NO	NO
KOPEL	1800	0,17	6600	0,3	NO	NO	200	0,17	1000	0,5
PENYULANG	320	0,15	4400	0,2	8800	0,1	120	0,12	880	0,2
CBO1	280	0,07	2800	0,05	6400	0	80	0,07	540	0,05
CBO2	250	0,03	2100	0	NO	NO	60	0,03	360	0

Dari hasil analisa yang didapat menggunakan simulasi ETAP, pengujian dengan Current Injector, dan perhitungan, maka dapat diringkas seperti dapat dilihat dalam Tabel 6. Dan gambar kurva koordinasi penyulang BEMO dengan incoming Trafo 2 dapat dilihat pada Gambar 6.

**Tabel 6. Perbandingan Hasil Waktu Trip Relai**

No.	Metode Analisa	Waktu Trip (s)
1.	ETAP 19.0.1	0,260 s
2.	CURRENT INJECTOR	0,275 s
3.	PERHITUNGAN	0,256 s



Gambar 6. Kurva Koordinasi Waktu Penyulang BEMO dan Incoming Trafo 2

#### 4. Conclusion

Berdasarkan penelitian ini, keandalan proteksi OCR dari hasil simulasi ETAP, hasil perhitungan, serta pengujian menggunakan Current injector, didapat bahwa koordinasi proteksi sudah sesuai dan dari hasil simulasi ETAP, dimana saat di inject arus gangguan maka Relai pada penyulang Trip terlebih dahulu dengan setting yang sudah ditentukan, yaitu waktu pada penyulang 0,15 s untuk OC dan 0,2 s untuk MOC lalu pada Incoming 0,24 s untuk OC dan 0,5 s untuk MOC. Dan juga menunjukkan gangguan pada satu penyulang tidak menyebabkan penyulang yang lainnya Trip. Dari analisis waktu kerja Relai proteksi OCR sudah bekerja sesuai dengan perbandingan hasil perhitungan, simulasi, dan pengujian. Didapat hasil 0,256 s menggunakan perhitungan, 0,260 s menggunakan ETAP, dan 0,275 s menggunakan Current injector, selisih yang didapat adalah 0,04 – 0,019s, sehingga hasil analisis dalam penelitian ini mampu menunjukkan keandalan Relai Proteksi penyulang BEMO di Gardu Induk Cawang Lama sudah sesuai standard yang diharapkan.

#### References

- [1] M. L. Romadhoni, "Penerapan Pola Koordinasi Proteksi Non-Cascade pada OCR Incoming dan OCR Penyulang Trafo," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 14, no. 1, pp. 119–128, Jun. 2022, doi: <https://doi.org/10.33322/energi.v14i1.1656>.
- [2] F. Gumilang, B. Purnomo, I.T. Prakoso, "Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Menggunakan Software ETAP Untuk Meningkatkan Keandalan Jaringan Distribusi Listrik 20 KV Pada Perusahaan Yang Bergerak Di Bidang Pengolahan Makanan," *Jurnal Teknik Elektro*, Vol.7, no.2, pp. 74-85, Sep. 2023, doi : <http://dx.doi.org/10.31000/jte.v7i2.9808>.
- [3] S. Kasim, and A. Imran, "Protection Relai Coordination Studies (Over Current Relays and Ground Fault Relays) On The Power Plant Electrical System, PT. Rekind Daya Mamuju By Using The ETAP 12.6 Program Studi Koordinasi Rele Pengaman (Over Current Relay dan Ground Fault Relay)," *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*, vol. 7, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v7i1.1651>.
- [4] A. Multi and T. Addaus, "Analisa Proteksi Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Pada Transformator Daya Gardu Induk", doi: <https://doi.org/10.37277/stch.v32i1>.

- [5] I Wayan Sukadana and Risma Fauziyah Ramadhani, "Koordinasi Proteksi Arus Lebih Penyulang Tembuku terhadap Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) ULP Bangli," *J-Eltrik*, vol. 2, no. 2, p. 104, Nov. 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.30649/j-eltrik.v2i2.104>.
- [6] J. Homepage, A. Putra Pawigo, R. Moch Gozali, and S. Bachri Masmachofari, "MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science Analysis of Overcurrent Release Protection In Feeder System Using Algorithm Neural Network Analisa Proteksi Rele Arus Lebih pada Sistem Penyulang Menggunakan Algoritma Neural Network," vol. 1, pp. 95–108, 2021, doi: <https://doi.org/10.57152/malcom.v1i2.112>.
- [7] U. Aisyah, P. J. Homepage, H. D. Paminto, and A. Kiswantono, "Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Rancang Simulasi Sistem Over Current Relay Pada Jaringan Distribusi 20kv Menggunakan ETAP", [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>.
- [8] Siti Zaibah, A. T. Nugraha, and F. H. Ainudin, "Planning a Protection Coordination System Against Over Current Relays and Ground Fault Relays Using the NN Method," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 4, no. 4, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i4.239>.
- [9] A. Hermawan, R. A. Ananto, and R. D. . Kuncoro, "Analisis Resetting Relay Dan Load Presentase Terhadap Pola Pelaksanaan Dan Pemeliharaan Pada Gardu Induk 150 Kv Saketi Banten", *elposys*, vol. 8, no. 2, pp. 50–56, Jun. 2021, doi: <https://doi.org/10.33795/elposys.v8i2.632>.
- [10] A. Firmansyah, A. Suyadi, and M. Bintang Satriaoktarian, "Unjuk Kerja Over Current Relay Pada Incoming dan Outgoing Transformer Daya #1 60 MVA Gardu Induk Kenten menggunakan ETAP 19.0.1," vol. 19, no. 1, 2022, doi : <https://doi.org/10.33557/jtekno.v19i1.1613>.
- [11] F. I. Pasaribu, I. Roza, and F. A. Sitompul, "Analisa Proteksi Over Current Relay Pada Jaringan Tegangan Menengah 20KV Di PELINDO 1 Cabang Belawan," *Kapten Mukhtar Basri*, vol. 4, no. 1, pp. 18–26, 2021, doi: <https://doi.org/10.30596/rele.v4i1.7821>.
- [12] I. D. G. Agung, B. Udiana, I. G. Dyana Arjana, T. Gede, and I. Partha, "Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel," *Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 02, 2017, doi : <https://doi.org/10.24843/MITE.2017.v16i02p07>.
- [13] S. T. Hidayat1, G. Budiono2, and R. Sarwo, "Analisa Kinerja Rele Proteksi Transformator Daya 60 MVA di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Buduran." *Prosiding 14th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, Vol 14, No. 1, 2023 , doi : <https://doi.org/10.35313/irwns.v14i1.5434>.