

Wiring Study of Replacement and Optimization of Micom Type OCR and CBF Protection Relays on the 150Kv Power Transformer Bay Kupang Panel in GIS Sawahan

Studi Wiring Penggantian Dan Optimalisasi Relay Proteksi OCR Dan CBF Jenis Micom Pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150Kv Di GIS Sawahan

Erdyofan Dwi Pragusta¹, Shazana Dhiya Ayuni², etc

Email corresponding author, shazana@umsida.ac.id

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *Electrical system reliability in Substations (GI) and Gas Insulated Substations (GIS) is a critical factor in maintaining the continuity of power distribution. Faults in the transformer bay have the potential to disrupt the power supply and cause significant operational losses, necessitating a reliable protection system. This study aims to analyze and evaluate the implementation of wiring replacement and optimization of MiCOM-type Over Current Relay (OCR) and Circuit Breaker Failure (CBF) protection relays on the 150kV Power Transformer Bay Kupang Panel at GIS Sawahan during Field Work Practice (PKL). The methods used include direct observation, literature study, panel component identification, protection wiring diagram verification, and functional testing of the protection system. The results indicate that the replacement and rewiring of the MiCOM relay control and protection system were executed in accordance with industrial electrical standards. The integration of MiCOM-type OCR and CBF relays proved to enhance sensitivity, response speed, and fault isolation coordination in the Kupang Bay. Proper wiring implementation and relay configuration optimization play a vital role in improving the reliability of the 150kV power transformer protection system, preventing circuit breaker failures, and ensuring operational safety and power continuity at GIS Sawahan.*

Keywords – Panel Wiring, Protection Relay, Over Current Relay (OCR), Breaker Failure (CBF), MiCOM, 150kV Power Transformer, GIS Sawahan.

Abstrak. *Keandalan sistem kelistrikan pada Gardu Induk (GI) maupun Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi/Substation (GIS) merupakan faktor kunci dalam menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Gangguan pada bay trafo dapat berpotensi menghentikan aliran listrik dan menimbulkan kerugian operasional yang signifikan, sehingga diperlukan sistem proteksi yang handal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi hasil penggantian serta optimalisasi relay proteksi Over Current Relay (OCR) dan Breaker Failure Protection (CBF) jenis MiCOM pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150kV di GIS Sawahan yang dilaksanakan selama kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL). Metode penelitian yang digunakan meliputi pengamatan langsung, studi literatur, identifikasi komponen panel, verifikasi wiring diagram proteksi, serta pengujian fungsional sistem proteksi. Hasil studi menunjukkan bahwa proses penggantian dan wiring ulang sistem kontrol serta proteksi relay MiCOM telah terpasang sesuai dengan standar teknis kelistrikan industri. Integrasi relay OCR dan CBF jenis MiCOM terbukti meningkatkan sensitivitas, kecepatan respons, serta koordinasi isolasi gangguan pada Bay Kupang. Implementasi wiring yang tepat dan optimalisasi konfigurasi relay proteksi ini berperan penting dalam meningkatkan keandalan sistem proteksi trafo daya 150kV, mencegah kegagalan pemutus tenaga (PMT), serta menjamin keselamatan operasional dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik di GIS Sawahan.*

Kata Kunci – Wiring Panel, Relay Proteksi, Over Current Relay (OCR), Breaker Failure (CBF), MiCOM, Trafo Daya 150kV, GIS Sawahan.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin cepat, khususnya di bidang ketenagalistrikan, mengharuskan ketersediaan sumber daya manusia yang tidak hanya menguasai teori akademis tetapi juga memiliki keterampilan teknis yang memadai di lapangan. Sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik merupakan salah satu aspek vital dalam menjaga kontinuitas pasokan energi nasional. Pada instalasi Gardu Induk Terisolasi Gas / *Gas Insulated Substation* (GIS), keberlanjutan penyaluran listrik dari trafo daya 150 kV menjadi prioritas utama. Adanya gangguan pada sistem penyaluran utama dapat berpotensi menghentikan aliran listrik, menyebabkan kerusakan perangkat bernilai tinggi, hingga menimbulkan kerugian operasional yang besar. Oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi yang andal, presisi, dan dapat beroperasi dengan cepat untuk mengisolasi gangguan [1].

Sebagai salah satu elemen kunci dalam proteksi transmisi, keberadaan *Over Current Relay* (OCR) dan *Circuit Breaker Failure* (CBF) sangat penting untuk mengamankan trafo daya 150 kV dari arus lebih maupun kegagalan kerja pemutus tenaga (PMT). Seiring dengan bertambahnya usia peralatan dan tingginya tuntutan keandalan sistem, modernisasi atau penggantian (*retrofitting*) relay proteksi konvensional/lama ke jenis digital modern seperti MiCOM menjadi sebuah kebutuhan mendesak. Agar relay proteksi MiCOM dapat bekerja secara optimal, keberadaan *wiring* kontrol dan proteksi yang akurat sangatlah krusial. Sistem *wiring* yang tepat memastikan sinyal arus gangguan terdeteksi secara presisi dan perintah *trip* dapat diteruskan ke PMT tanpa adanya kegagalan atau *delay* yang tidak diinginkan.

Praktik Kerja Lapangan (PKL) merupakan bagian dari proses pembelajaran akademis yang bertujuan menjembatani pemahaman teori proteksi tenaga listrik yang didapat di bangku kuliah dengan kondisi nyata di industri ketenagalistrikan. Melalui kegiatan PKL di GIS Sawahan, mahasiswa memperoleh kesempatan langsung untuk mengamati, mempelajari, serta terlibat dalam proses penggantian, perancangan *wiring*, dan optimalisasi parameter relay proteksi OCR dan CBF jenis MiCOM pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150 kV. Pengalaman praktis ini membantu mahasiswa memahami secara mendalam tantangan teknis proteksi tegangan tinggi serta pentingnya integritas sistem *wiring* dalam menjaga keandalan sistem daya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulisan artikel ini bertujuan untuk mengkaji dan mendeskripsikan proses penggantian *wiring*, evaluasi konfigurasi setting, serta pengujian optimalisasi relay proteksi OCR dan CBF jenis MiCOM pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150 kV di GIS Sawahan yang dilakukan selama kegiatan Praktik Kerja Lapangan. Diharapkan melalui studi ini, mahasiswa dapat memperoleh pemahaman komprehensif mengenai analisis proteksi tegangan tinggi, meningkatkan keterampilan teknis *wiring* panel, serta menambah kesiapan profesional dalam menghadapi dunia kerja di bidang teknik tenaga listrik.

II. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah metode deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menggambarkan proses *wiring*, penggantian, pemasangan, dan pengujian relay proteksi OCR dan CBF jenis MiCOM pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150 kV di GIS Sawahan selama kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL). Metode yang digunakan dalam penyusunan artikel ini adalah sebagai berikut: **a. Wawancara**

Wawancara dilakukan dengan teknisi atau pihak yang terlibat dalam pekerjaan untuk memperoleh informasi mengenai prosedur *wiring*, pemasangan relay MiCOM, setting OCR dan CBF, serta proses pengujian relay proteksi.

b. Observasi

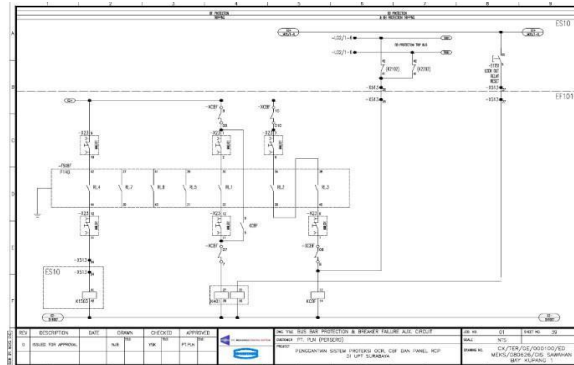
Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung proses pekerjaan di lapangan, mulai dari pembongkaran *wiring* relay existing, pemasangan relay baru, pemeriksaan *wiring*, hingga pengujian relay menggunakan test set. Pengamatan dilakukan untuk memperoleh data mengenai kondisi aktual sistem proteksi.

c. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari berbagai jurnal, buku, standar, manual relay, *wiring* diagram, dan dokumen teknis yang berkaitan dengan sistem proteksi tenaga listrik, OCR, CBF, CT, relay MiCOM, serta metode pengujian relay sebagai dasar dalam melakukan analisis. **d. Dokumentasi**

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan foto kegiatan, *wiring* diagram, data setting relay, hasil pengujian, dan dokumen teknis sebagai data pendukung dalam proses analisis penggantian dan optimalisasi relay proteksi.

- A. pada penelitian ini diperoleh dari sistem kelistrikan PT PLN (Persero) Area pelaksanaan pemeliharaan Single linediagram dapat dilihat pada gambar 1 :



Gambar 1. Single Line Diagram PT PLN (Persero) GI Sawahan Surabaya

Diagram satu garis (single line diagram) yang menampilkan skema konfigurasi kelistrikan di Gardu Induk (GI) Sawahan Surabaya secara konseptual dan terstruktur. Diagram ini memperlihatkan interkoneksi komponen-komponen utama penyaluran dan proteksi tenaga listrik, gambar ini menjadi acuan dasar dalam merancang dan meninjau posisi penempatan peralatan proteksi, seperti lokasi Current Transformer (CT), Potential Transformer (PT), Overcurrent Relay (OCR), dan Circuit Breaker Failure (CBF). Ini memudahkan teknisi/peneliti memahami titik mana yang diamankan oleh relay.

C. Flowchart Penelitian



Gambar 2 *Diagram Flowchart*

Gambar 2 menampilkan diagram alir (*flowchart*) yang menggambarkan alur metodologi penelitian secara terstruktur dan sistematis, mulai dari tahap persiapan hingga penyusunan kesimpulan. Masing-masing tahapan dalam diagram alir tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- A. Mulai: Tahap awal dimulainya kegiatan penelitian.
- B. Studi Literatur: Mengumpulkan referensi, teori, jurnal, dan standar teknis terkait sistem proteksi gardu induk (OCR dan CBF).
- C. Pengambilan Data: Pengumpulan data parameter teknis lapangan, seperti data transformator, rasio CT/PT, impedansi saluran, dan *setting* awal proteksi GI Sawahan.
- D. Pembuatan Single Line Diagram: Menggambar atau merekonstruksi sistem tunggal kelistrikan GI Sawahan ke dalam perangkat lunak simulasi/pemodelan.
- E. Proses Wiring dan Pemasangan (Relay, CT, Test Block, dan Peralatan Pendukung): Tahap perakitan fisik/koneksi pengkabelan antara sakelar, proteksi, CT, Test Block, dan komponen penunjang pada panel uji.
- F. Pengujian Relay: Melakukan pengujian injeksi arus/tegangan untuk menguji respon kerja proteksi (overcurrent relay / circuit breaker failure).
- G. Analisis Hasil Pengujian: Mengevaluasi data hasil pengujian terkait waktu kerja, trip, dan akurasi relay.
- H. Evaluasi dan Optimalisasi Setting OCR dan CBF: Melakukan koordinasi dan penyetelan ulang (resetting) nilai proteksi Overcurrent Relay (OCR) dan Circuit Breaker Failure (CBF) agar terkoordinasi dengan baik.
- I. Kesimpulan: Menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan analisis optimasi proteksi yang telah dilakukan.
- J. Selesai: Penelitian telah selesai dilaksanakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Relay Proteksi

Overcurrent Relay (OCR) atau Relay Arus Lebih adalah peralatan proteksi pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan arus listrik yang melebihi batas aman (overcurrent) yang telah ditentukan, kemudian memberikan sinyal *trip* ke Pemutus Tenaga (PMT/Circuit Breaker) untuk memutuskan aliran listrik.



B. Test Block

Test Block (seperti tipe ABB COMBITEST atau MMLG/RVP) pada panel proteksi relay OCR (*Overcurrent Relay*) berfungsi sebagai terminal antarmuka (interface) aman untuk isolasi dan pengujian sekunder tanpa perlu melepaskan kabel (*wiring*) panel secara manual. Fungsi Utama Test Block Keamanan Pengujian Sekunder (Secondary Injection Test): Memungkinkan penguji menghubungkan *Test Plug* dari alat uji (seperti Omicron atau Megger) langsung ke relay untuk menyuntikkan arus simulasi tanpa mengganggu sistem utama yang sedang beroperasi.

Mencegah Bahaya *Open Circuit* CT (Current Transformer): Saat *test plug* dimasukkan, mekanisme internal test block secara otomatis menghubungkan singkat (*shorting*) terminal sekunder CT. Ini sangat krusial untuk mencegah terjadinya tegangan induksi tinggi berbahaya (*voltage spike*) yang dapat merusak CT atau membahayakan personel K3.

Isolasi Sinyal Tripping: Memutus sementara jalur kontak keluaran (*trip output*) dari relay ke *Trip Coil* Pemutus Tenaga (PMT) agar saat dilakukan pengujian simulasi arus lebih, PMT tidak ikut melepaskan kontak (*trip*) secara mendadak.

Kemudahan Pemeliharaan Berkala: Mempercepat proses komisioning dan pemeliharaan rutin (*routine maintenance*) karena penguji tidak perlu mengendor atau melepaskan baut terminal sekunder pada panel proteksi



C. Secondary Injection Test Set

Alat ini berfungsi untuk menguji, mengkalibrasi, dan memverifikasi fungsi proteksi relay numerik/digital (seperti relay OCR, GFR, CBF, atau Diferensial tipe MiCOM, SEL, ABB, dll.) dengan cara menyuntikkan sinyal presisi tinggi berupa arus (A) dan tegangan (V) skala sekunder langsung ke terminal input relay proteksi.

Fitur & Komponen Utama pada Panel

Output Arus 3-Fasa / Multi-Channel (Terminal Kuning/Merah/Biru/Hitam): Menghasilkan simulasi arus gangguan hubung singkat (misal 1 A atau 5 A sekunder) untuk menguji kurva respon waktu OCR (50/51) dan kecermatan deteksi CBF (50BF).

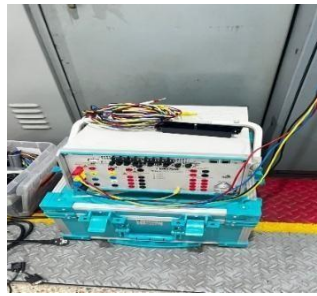
Output Tegangan 3-Fasa: Menyediakan simulasi tegangan untuk pengujian relay arah (*directional relay* 67) maupun fungsi proteksi frekuensi/tegangan.

Binary Inputs (Input Biner): Terhubung ke kontak trip relay untuk mengukur durasi/waktu operasi *tripping* secara presisi milidetik (ms).

Binary Outputs (Output Biner): Mengirim sinyal kontrol/inisiasi ke relay atau skema interlock proteksi. Kabel & Test Plug (di atas unit): Kabel uji serbaguna yang dihubungkan ke *Test Block* panel proteksi untuk pengujian aman tanpa mengganggu sistem utama.

Aplikasi di Lapangan (PLN / Gardu Induk)

Komisioning Relay Baru: Memastikan konfigurasi setting parameter pada relay baru (seperti proyek



\ retrofitting) sesuai dengan perhitungan matematis sebelum dioperasikan *live*.

Pemeliharaan Berkala: Memeriksa akurasi pengukuran arus (*metering error*) dan waktu komutasi kontak trip relay setelah beroperasi dalam jangka waktu tertentu.

D. Proses Wiring

Proses wiring sistem proteksi pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150 kV di GIS Sawahan dimulai dari sumber arus yang berasal dari Current Transformer (CT). CT berfungsi menurunkan arus primer sistem menjadi arus sekunder yang sesuai untuk digunakan sebagai masukan relay proteksi. Arus sekunder dari CT kemudian dialirkan melalui test block menuju terminal input relay Alstom MiCOM P141 sebagai relay OCR existing.

Alur wiring sistem proteksi secara umum dapat digambarkan sebagai berikut:

CT R, S, T, N → Test Block → Relay MiCOM P141 → Binary Output → Trip Circuit → Circuit Breaker (CB)

Pada rangkaian tersebut, CT R, S, T, dan N digunakan sebagai sumber sinyal arus untuk mendeteksi kondisi abnormal pada sistem. Berdasarkan data pengamatan, wiring arus relay existing terhubung pada terminal:

**1.C2–C3 untuk CT R, 2.C5–C6 untuk CT S,
3.C8–C9 untuk CT T, 4.C11–C12
untuk CT N.**

Selain rangkaian input arus, relay juga memperoleh suplai dari sistem DC control. Berdasarkan hasil identifikasi wiring, terminal P1 digunakan sebagai DC positif (+), sedangkan P2 digunakan sebagai DC negatif (-). Sumber DC tersebut digunakan untuk mengoperasikan relay dan rangkaian elektronik di dalam relay.

Selanjutnya, keluaran relay digunakan untuk memberikan perintah trip kepada Circuit Breaker ketika relay mendeteksi kondisi gangguan sesuai dengan setting proteksi. Pada relay Alstom MiCOM P141, rangkaian Binary Output menggunakan terminal E1 sebagai Common Positive (+) dan E2 sebagai Trip. Sinyal trip tersebut kemudian diteruskan menuju rangkaian trip circuit sehingga CB dapat membuka dan mengisolasi bagian sistem yang mengalami gangguan.

Berdasarkan hasil pengamatan pada test block relay OCR, ditemukan beberapa terminal yang digunakan untuk rangkaian input dan output proteksi, antara lain:

Terminal	Fungsi
X21: 5–13	COM + Trip
X21: 1	Trip
X21: 13	DC Positive (+)
X21: 15	DC Negative (-)
X21: 21	CT R

X21: 23	CT S
X21: 25	CT T
X21: 27	CT N

E. Proses *Power Up* Relay F5051N GE MiCOM P14D

Tahapan *power up* relay F5051N GE MiCOM P14D merupakan bagian penting dalam proses commissioning setelah pekerjaan pembongkaran dan pemasangan wiring relay selesai dilakukan. Tahapan ini bertujuan memastikan bahwa wiring telah terintegrasi dengan benar, tidak terdapat hubungan singkat, sumber tegangan DC sesuai, serta relay berada dalam kondisi normal sebelum dilakukan pengujian fungsi proteksi lebih lanjut. Berdasarkan hasil pengamatan pada lembar pekerjaan, proses *power up* dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pemeriksaan integrasi wiring, pengukuran tahanan (*Ohm*), pengukuran tegangan DC, pemeriksaan LED Healthy, dan pemeriksaan kontak Common serta Target pada Binary Output (BO).

1. Pemeriksaan Integrasi Wiring

Tahap pertama adalah memastikan seluruh wiring existing telah terintegrasi dengan relay baru F5051N GE MiCOM P14D sesuai dengan schematic diagram.

Pemeriksaan ini penting karena kesalahan pemasangan satu terminal dapat menyebabkan relay tidak mendapatkan suplai dengan benar atau menyebabkan fungsi input/output relay tidak bekerja. Pada relay MiCOM P14D, konfigurasi input dan output digital dapat ditentukan melalui *Programmable Scheme Logic* (PSL), sehingga hubungan terminal harus sesuai dengan konfigurasi yang telah dirancang.

Dalam pekerjaan penggantian relay, pemeriksaan wiring juga berfungsi sebagai verifikasi terhadap hasil *mapping* dari relay existing menuju relay pengganti. Dengan demikian, setiap kabel harus dipastikan terhubung ke terminal yang sesuai sebelum relay diberi tegangan.

2. Pengukuran Tahanan Antar-Terminal

Sebelum relay diberi tegangan DC, dilakukan pengukuran tahanan pada terminal:

1.13 ositif (+) – 14 Negatif (–) 2.13 ositif (+) – Ground

3. Negatif (–) – Ground

Tujuan pengukuran ini adalah memastikan tidak terdapat kondisi **short circuit** pada rangkaian suplai relay. Secara prinsip, hasil pengukuran yang menunjukkan tahanan yang tidak mengindikasikan hubungan singkat menunjukkan bahwa rangkaian berada dalam kondisi yang layak untuk dilanjutkan ke tahap *power up*. Sebaliknya, apabila ditemukan tahanan sangat rendah atau mendekati nol pada pasangan terminal yang seharusnya tidak terhubung, maka proses pemberian tegangan harus dihentikan dan wiring diperiksa kembali. Hal ini merupakan tahapan keselamatan yang penting karena pemberian tegangan DC pada rangkaian yang mengalami *short circuit* dapat menyebabkan kerusakan pada relay, fuse, power supply, atau komponen panel lainnya.

Tabel hasil pengukuran dapat disajikan sebagai berikut:

No.	Titik Pengukuran	Hasil Pengukuran	Kondisi	Analisis
-----	------------------	------------------	---------	----------

1	13 (+) – 14 (–)	... Ω	Normal/Tidak	Memastikan tidak terjadi short circuit
2	13 (+) – Ground	... Ω	Normal/Tidak	Memeriksa isolasi terhadap ground
3	14 (–) – Ground	... Ω	Normal/Tidak	Memeriksa isolasi terhadap ground

Catatan: Nilai Ω pada tabel harus diisi berdasarkan hasil pengukuran aktual di lapangan. Karena lembar kerja pada gambar belum mencantumkan angka hasil pengukuran, nilai tersebut tidak boleh dibuat atau diasumsikan.

3. Pengukuran Tegangan DC

Setelah dipastikan tidak terdapat indikasi *short circuit*, tahap berikutnya adalah melakukan pengukuran tegangan DC pada terminal relay:

1.13 ositif (+) – 14 Negatif (–) 2.13 ositif (+) – Ground

3.14 Negatif (–) – Ground

Pengukuran ini bertujuan memastikan sumber tegangan DC telah masuk ke relay dengan polaritas yang benar. Relay MiCOM P14D memiliki catu daya bantu DC dengan rentang operasi yang bergantung pada varian perangkat; dokumentasi teknis GE mencantumkan opsi catu daya bantu hingga rentang **24–250 V DC $\pm 20\%$** untuk P14D. Oleh karena itu, nilai aktual pada instalasi harus dibandingkan dengan nameplate dan tipe power supply relay yang digunakan, bukan hanya dengan nilai nominal sistem. Hasil pengukuran dapat ditampilkan sebagai berikut:

Titik Pengukuran	Hasil (VDC)	Kondisi	Analisis
13 (+) – 14 (–)	... VDC	Normal/Tidak	Memastikan tegangan suplai relay
13 (+) – Ground	... VDC	Normal/Tidak	Memeriksa potensial positif terhadap ground
14 (–) – Ground	... VDC	Normal/Tidak	Memeriksa potensial negatif terhadap ground

1
2
3

Apabila tegangan dan polaritas telah sesuai, maka relay dapat dilanjutkan ke tahap *power up*. Jika tegangan tidak sesuai, proses harus dihentikan dan sumber DC maupun wiring perlu diperiksa kembali.

4. Pemeriksaan LED Indikasi *Healthy*

Setelah relay diberi sumber tegangan DC, dilakukan pemeriksaan terhadap LED **Healthy/Ready** pada relay. Indikasi *Healthy* sangat penting karena menunjukkan bahwa relay telah mendapatkan suplai dan kondisi internal relay berada dalam keadaan normal. Dokumentasi MiCOM P14D menjelaskan adanya indikasi LED pada panel depan untuk menunjukkan kondisi operasi dan fungsi proteksi relay. Apabila LED *Healthy* menyala sesuai kondisi normal, dapat disimpulkan bahwa:

1. suplai DC telah diterima relay;
2. relay berhasil melakukan proses *power up*;
3. tidak terdeteksi kegagalan internal yang menyebabkan status relay gagal;
4. relay siap memasuki tahapan pemeriksaan dan pengujian berikutnya.

Sebaliknya, apabila LED *Healthy* tidak menyala atau relay menunjukkan kondisi *fail/alarm*, maka pengujian tidak boleh dilanjutkan sebelum penyebabnya diketahui.

5. Pemeriksaan Common dan Target Binary Output

Tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran pada **Common dan Target contact** pada **Binary Output (BO)**.

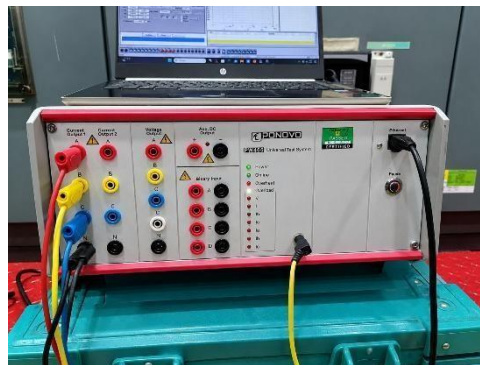
Pengujian ini dilakukan untuk memastikan kontak keluaran relay telah sesuai dengan konfigurasi dan *schematic diagram*. Pada MiCOM P14D, fungsi output relay dapat dikonfigurasi melalui *Programmable Scheme Logic (PSL)* sehingga pemeriksaan kontak output perlu disesuaikan dengan desain aplikasi relay di panel.

Pengujian ini penting karena Binary Output dapat digunakan untuk berbagai fungsi, termasuk indikasi, alarm, dan perintah trip, tergantung konfigurasi sistem. Hasil pengujian dapat dibuat dalam tabel:

No.	Parameter	Hasil	Status
1	Common Binary Output ...	Sesuai/Tidak	2 Target Binary Output ...
		Sesuai/Tidak	
3	Kontak output sesuai schematic	...	Sesuai/Tidak
4	Fungsi output relay ...	Sesuai/Tidak	

F. Pengujian Wiring

Setelah pemasangan relay MiCOM, dilakukan pengujian wiring untuk memastikan tidak terjadi kesalahan pengawatan.



Pengujian

meliputi:

1. Continuity Test

Memastikan setiap kabel terhubung sesuai terminal dan tidak mengalami putus.

2. Insulation Test

Memeriksa kondisi isolasi kabel dan memastikan tidak terjadi hubungan yang tidak diinginkan.

3. Polarity Test

Memastikan polaritas input CT dan rangkaian DC sesuai dengan gambar.

4. Functional Test

Memastikan fungsi input dan output relay bekerja sesuai dengan gambar

5 Trip Test

Menguji apakah perintah trip dari relay dapat diteruskan hingga circuit breaker bekerja.

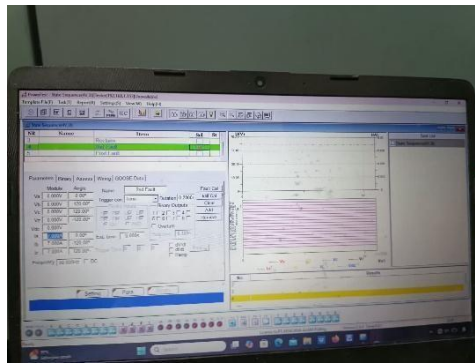
Alur pengujian:

Test Set → Terminal Input CT Relay MiCOM → OCR → Kontak Trip → Trip Circuit

1. Parameter yang Diperiksa Alur
pengujian:

Test Set → Terminal Input CT Relay MiCOM → OCR → Kontak Trip → Trip Circuit 2..
Parameter yang Diperiksa

No.	Parameter Pengujian	Hasil yang Diharapkan
1	Arus pickup OCR	Relay mulai pickup sesuai setting
2	Arus uji	Sesuai nilai yang ditentukan pada test plan
3	Waktu operasi	Sesuai setting/kurva OCR
4	Karakteristik kurva	Sesuai kurva yang diprogram
5	Indikasi pickup	Muncul pada relay
6	Output trip	Kontak output bekerja
7	Trip circuit	Menerima perintah trip
8	Reset relay	Relay kembali normal setelah gangguan dihilangkan



Berdasarkan Hasil Pengujian pengujian menggunakan PowerTest – State Sequence,

dilakukan simulasi injeksi arus untuk memeriksa respons rangkaian wiring input dan output relay proteksi. Pengujian ini merupakan bagian penting setelah pemasangan/penggantian relay karena bertujuan memastikan sinyal dari test set dapat diterima relay melalui terminal wiring dan selanjutnya menghasilkan respons sesuai konfigurasi proteksi.

Pada tampilan pengujian terlihat skenario “2nd Fault” dipilih. Parameter arus menunjukkan

1. $I_a = 7,000 \text{ A}$,

2. $I_b = 7,000 \text{ A}$, 3. $I_c = 7,000 \text{ A}$, dengan sudut fasa masing-masing 0° , -120° , dan $+120^\circ$. Frekuensi pengujian ditampilkan sebesar 50 Hz, sedangkan durasi injeksi tercatat 0,2000 s. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengujian menggunakan sumber arus tiga fasa yang dibuat seimbang dengan pergeseran sudut fasa 120°

Pengujian diawali dengan memberikan arus tiga fasa dari test set menuju input arus relay. Arus yang diberikan sebesar 7 A pada ketiga fasa dengan sudut 0° , -120° , dan $+120^\circ$. Konfigurasi ini digunakan untuk memberikan kondisi listrik tertentu kepada relay sehingga dapat diamati apakah input arus telah diterima melalui wiring secara benar.

EVALUASI DAN SETTING RELAY

Parameter	Hasil pada Test Set	Analisis
Skenario	2nd Fault	Simulasi kondisi gangguan tahap kedua
Ia	7,000 A	Arus fasa R/A yang diinjeksi
Ib	7,000 A	Arus fasa S/B yang diinjeksi
Ic	7,000 A	Arus fasa T/C yang diinjeksi
Sudut Ia	0°	Referensi fasa
Sudut Ib	-120°	Pergeseran fasa
Sudut Ic	$+120^\circ$	Pergeseran fasa
Frekuensi	50 Hz	
Durasi	0,2000 s	Lama kondisi uji
Binary Output	Dipantau	Memeriksa respons output relay

DAFTAR SETELAN RELAY PROTEKSI GIS 150KV SAWAHAN TRF#3 150/20KV 60 MVA													
05/08/21													
DATA PERALATAN													
PERALATAN	MERK	TIPE	KAPASITAS	IMPEDANSI	PRIMER	SEKUNDER	TERSIER	TAP TERTENDAH	TAP TERTINGGI 17	RASIO TAP TERTINGGI (17)	ARUS TAP TERTINGGI (A)	NGR	
			MVA	%	kV	kV	kV	kV	kV			Ω	
TRAFO	PAUWELS	ORF 60/275	60	12,43	150	20		165	135	6,750	256,60	50	
ARUS HUBUNG SINGKAT (HHS) SMT 2 2025													
										SKEMA SETTING			
1 PHASA (A)			2 PHASA (A)			3 PHASA (A)			IN (A)		FUNGSI		JENIS
PRIMER (A)	1649,97		1537,31			1775,13			230,94		OCR PRIMER		OVERLOAD
SEKUNDER (A)									1792,05		OCR SEKUNDER		NON CASCADE
DATA KESESUAIAN SETTING													
FUNGSI	MERK	TIPE	S/N	IN	INSTRUMEN		PRIMER	SEKUNDER	RASIO				
DIFF TRAFO	ALSTOM	MICOM P643	34573168/09/18	5	CT PRIMER		400	5	80				
REF PRIMER					CT SEKUNDER		2000	5	400				
REF SEKUNDER	ALSTOM	MICOM P643	34573168/09/18	5	CT NP		400	5	80				
OCR PRIMER					CT NS								
GFR PRIMER	ALSTOM	MICOM P142	34089320/05/17	5	CT PRIMER		400	5	80				
OCR PRIMER					CT PRIMER		400	5	80				
OCR SEKUNDER	GE	MICOM P143	35511502/12/21	5	CT SEKUNDER		2000	5	400				
SBEF	GE	MICOM P143	35511502/12/21	5	CT SBEF		200	5	40				
AVR	ABB	REU615	1VH981701089		CT SEKUNDER		2000	5	400				
					PT BUS 20KV								
SETTING RELAY EXISTING													
FUNGSI	TAHAP	ARUS					WAKTU				KESESUAIAN SETTING		
		PRIMER	SEKUNDER	I x IN	SATUAN	ERROR	OPERASI	SEKUNDER	SATUAN	ERROR	SATUAN	KETERANGAN	
OCR PRIMER	TAHAP 1	308	3,850	0,770	A	21,24%	1,521 s	0,355	SI	-98,42%	TIDAK SESUAI	RESETTING	
	TAHAP 2	308	3,850	0,770	A	0,09%	1,521 s	0,355	SI	1,38%	SESUAI	SESUAI	
	TAHAP 3	2228	27,830	5,370	A	0,09%	0 s	0,000	DT	0,00%	SESUAI	SESUAI	
GFR PRIMER	TAHAP 1	182	1,650	0,330	A	2,88%	1,523 s	0,590	SI	0%	SESUAI	SESUAI	
	TAHAP 2	2080	5,200	1,040	A	0,07%		0,200	SI	0,00%	SESUAI	SESUAI	
	TAHAP 3	5200	19,000	2,800	A	0,07%	0,7 s	0,7	DT	0,00%	SESUAI	SESUAI	
OCR SEKUNDER	TAHAP 1	7500	18,750	3,750	A	0,00%	0,4 s	0,4	DT	0,00%	SESUAI	SESUAI	
	TAHAP 2	10,00	0,2500	0,050	A	0,00%		0,700	SI	0,00%	SESUAI	SESUAI	
	TAHAP 3										TIDAK SESUAI	RESETTING	
KONDISI KONTAK													

Berdasarkan hasil evaluasi setting relay existing pada tabel koordinasi setting, dilakukan perbandingan antara nilai arus dan waktu operasi pada sisi primer maupun sekunder. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian setting relay OCR terhadap nilai hasil pengujian serta memastikan sistem proteksi dapat bekerja secara selektif dan terkoordinasi.

Pada OCR primer Tahap 1, diperoleh arus primer sebesar 308 A, arus sekunder 3,850 A, dengan nilai error arus sebesar 21,24%. Waktu operasi hasil pengujian sebesar 1,521 s, sedangkan nilai sekunder yang

dibandingkan sebesar 0,355 s dengan error waktu -96,45%. Berdasarkan hasil tersebut, setting dinyatakan tidak sesuai sehingga diperlukan resetting atau penyesuaian kembali parameter relay.

Sementara itu, OCR primer Tahap 2 menunjukkan hasil yang lebih baik. Arus primer sebesar 308 A dan arus sekunder sebesar 3,850 A menghasilkan error arus hanya 0,03%. Waktu operasi sebesar 1,521 s dibandingkan dengan nilai sekunder 0,355 s menghasilkan error 1,38%. Hasil tersebut dikategorikan sesuai, sehingga setting dapat dipertahankan.

Pada OCR primer Tahap 3, arus primer sebesar 2.228 A dengan arus sekunder 27,850 A dan nilai $I \times t$ sebesar 5,570 A menunjukkan error arus 0,09%. Waktu operasi tercatat 0 s dengan nilai sekunder 0,000 s, sehingga error waktu sebesar 0,00%. Dengan demikian, setting Tahap 3 dinyatakan sesuai.

IV PENUTUP

Berdasarkan hasil studi pelaksanaan studi wiring, penggantian, dan optimalisasi relay proteksi *Overcurrent Relay* (OCR) serta *Circuit Breaker Failure* (CBF) jenis MiCOM pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150 kV di GIS Sawahan, dapat disimpulkan bahwa:

Pembahasan mengenai Studi Wiring Penggantian dan Optimalisasi Relay Proteksi OCR dan CBF Jenis MiCOM pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150 kV di GIS Sawahan, dapat disimpulkan bahwa proses penggantian relay memerlukan tahapan yang sistematis, mulai dari identifikasi wiring existing, pembongkaran relay, pemasangan dan integrasi wiring relay baru, hingga pengujian fungsi proteksi. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa proses wiring dan pemasangan relay menjadi bagian penting dalam menjamin keandalan sistem proteksi.

Dengan demikian, penggantian dan optimalisasi relay proteksi MiCOM OCR dan CBF dapat meningkatkan keandalan sistem proteksi pada Panel Bay Kupang Trafo Daya 150 kV. Sistem proteksi yang memiliki wiring yang tepat, setting yang sesuai, dan hasil pengujian yang baik diharapkan mampu memberikan respons yang cepat dan tepat dalam mengisolasi gangguan sehingga dapat meningkatkan keamanan peralatan, kontinuitas penyaluran tenaga listrik, dan keandalan sistem tenaga listrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT Andhika Energindo yang telah memberikan kesempatan, bimbingan, serta dukungan selama pelaksanaan kegiatan penelitian dan pengambilan data. Dukungan yang diberikan sangat membantu penulis dalam memahami secara langsung proses wiring, pemasangan, pengujian, serta optimalisasi relay proteksi OCR dan CBF jenis MiCOM pada sistem kelistrikan tegangan tinggi.

Melalui kegiatan ini, penulis memperoleh pengalaman dan pengetahuan mengenai penerapan sistem proteksi tenaga listrik di lingkungan industri, khususnya dalam proses penggantian relay existing, pemeriksaan wiring, pengujian menggunakan test set, serta evaluasi setting relay. Pengalaman tersebut menjadi pembelajaran yang sangat berharga dalam menghubungkan teori yang diperoleh selama perkuliahan dengan kondisi nyata di lapangan.

Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh tim PT Andhika Energindo yang telah memberikan arahan dan pendampingan selama kegiatan berlangsung. Semoga kerja sama dan dukungan yang telah diberikan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pengetahuan dan kompetensi penulis di bidang sistem tenaga listrik dan proteksi kelistrikan.

REFERENSI

- [1] Birjandi, A A M, Pourfakkah M. (2011). Optimal Coordination of Overcurrent and Distance Relays by a New Particle Swarm Optimization Method. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, Vol 1.
- [2] Uma, U U, Onwuka, I K. (2014). Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*. Vol 04.
- [3] Anderson, P.M, (1999). *Power System Protection* IEEE, PRESS.
- [4] Badekar, P P., et al. (2009). Optimum Time Coordination of Overcurrent Relays in Distribution System Using Big-M (Penalty) Method. *Visvesvaraya National Institute of Technology Nagpur (Maharashtra)*.
- [5] Nugraha, Dio Putra. Analisis dan Perancangan Koordinasi Sistem Proteksi Relay Arus Lebih di Pusat Penampungan Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu. [Online] 2017
- [6] Kamal¹*, S. Sankar² and R. Soundarapandian³. 2014. Optimal Over Current Relay Coordination of a Real Time Distribution System With Embedded Renewable Generation. *Jurnal Teknik Elektro*. (online).

- (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1033.8511&rep=rep1&type=pdf>, diakses 27 Maret 2019:16.40 WIB).
- [7] Hutaeruk, T.S. (1985). Transmisi Daya Listrik. Erlangga. Jakarta.,
- [8] Suwarso. 2019. Diklat. “Sistem Proteksi”. Universitas Krisnadwipayana
- [9] A. Multi and T. Addaus, “Analisa Proteksi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Transormator Daya Gardu Induk,” Sainstech, vol. 32, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.37277/stch.v32i
- [10] M. H. Hussain, S. R. A. Rahim, and I. Musirin, “Optimal Overcurrent Relay Coordination: A Review,” *Procedia Engineering*, vol. 53, pp. 332–336, 2013, doi: 10.1016/j.proeng.2013.02.043.
- [11] S. P. Ramli, M. Usama, H. Mokhlis, W. R. Wong, M. H. Hussain, M. A. Muhammad, and N. N. Mansor, “Optimal directional overcurrent relay coordination based on computational intelligence technique: a review,” *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 29, no. 3, pp. 1284–1307, 2021, doi: 10.3906/elk-2012-98.
- [12] K. Sarwagya, P. K. Nayak, and S. Ranjan, “Optimal coordination of directional overcurrent relays in complex distribution networks using sine cosine algorithm,” *Electric Power Systems Research*, vol. 187, Art. no. 106435, 2020, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106435.
- [13] A. Korashy, S. Kamel, and F. Jurado, “Optimal coordination of directional overcurrent relays and distance relays using different optimization algorithms,” *Electrical Engineering*, vol. 105, pp. 2935–2947, 2023, doi: 10.1007/s00202-023-01869-5.
- [14] A. Korashy, S. Kamel, F. Jurado, and W. F. Mbasso, “OptiCoord: Advancing directional overcurrent and distance relay coordination with an enhanced equilibrium optimizer,” *Heliyon*, vol. 10, no. 4, Art. no. e26366, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26366.
- [15] S. H. Beigi Fard, A. H. Baharvand, and F. Namdari, “Optimal coordination of directional overcurrent relays: A fast and precise quadratically constrained quadratic programming solution methodology,” *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2024, doi: 10.1049/gtd2.13329.