

# Jurnal Ilmiah

## ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

INTERFERENSI JARINGAN SENSOR NIKABEL DENGAN JARINGAN WIFI  
*Hendrianto Husada*

PENGARUH POLA OPERASI LOAD LIMIT DAN FREE GOVERNOR TERHADAP KINERJA TURBIN GAS PLTGU MUARAKARANG  
*Erlina; Oki Aditya*

PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM OFFGRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK TOWER BTS 1500 WATT.  
*Kukuh Aris Santoso*

PROSES LISTRIK DALAM TUBUH MANUSIA  
*Iswara Pujatomo*

OPTIMASI PRODUKSI ENERGI SURYA DARI DESAIN PEMBANGKIT TENAGA SURYA DI ATAP STT-PLN  
*Retno Aita Diantari*

MENGATASI RUGI-RUGI EKSTERNAL DALAM PERENCANAAN TRANSMISI KABEL BAWAH LAUT  
*Tri Joko Pramono*

ANALISA DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM) PADA PROSES POLIMERISASI  
*Syarif Hidayat; Irsyadi Akbar Jay*

GANGGUAN PADA GARDU DISTRIBUSI TIPE PORTAL  
*Novi Gusti Pahiyanti; Nurmiati Pasra*

RANCANGAN SISTEM KEAMANAN LOKER PADA ALAT PENGISI BATERAI GADGET UNTUK FASILITAS UMUM: E-LOCKER  
*Tasdik Darmana; Jumiaty; Titi Ratnasari*

KAJIAN KELAYAKAN RELE DIFERENSIAL TRANSFORMATOR MICOM P645 MENGGUNAKAN RTDS  
*Christine Widyastuti*

KINERJA RELAY JARAK DI TRANSMISI BERDASARKAN PENGARUH STATCOM  
*Sigit Sukmajati*



# KAJIAN KELAYAKAN RELE DIFERENSIAL TRANSFORMATOR MICOM P645 MENGGUNAKAN RTDS

Christine Widyastuti  
christinewidyastuti@gmail.com  
Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN

## ABSTRACT

To maintain power transformers needed security from tampering. One of these is differential relays. In these case that will be studied is the transformer differential relay MICOM P645 by using RTDS to result showed the feasibility of the differential relay. Where control through software RSCAD. Detection function activated includes differential function, the function of limited soil disturbance ( REF ) and impaired function CT when saturation.

**Key words :** testing, relay, MICOM P645.

## ABSTRAK

Untuk menjaga transformator daya dari gangguan diperlukan pengamanan. Salah satu pengamanan tersebut adalah rele diferensial. Dalam hal ini yang akan dikaji adalah pengujian rele diferensial transformator MICOM P645 dengan menggunakan RTDS untuk dapat diperoleh hasil kelayakan dari rele diferensial tersebut. Dimana pengontrolan melalui software RSCAD, Fungsi deteksi yang diaktifkan meliputi fungsi diferensial, fungsi gangguan tanah terbatas (REF), dan fungsi gangguan saat CT saturasi (through fault).

**Kata kunci :** pengujian, rele, MICOM P645

## A. PENDAHULUAN

Transformator merupakan salah satu bagian paling penting dalam suatu sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengkonversikan daya tanpa mengubah frekuensi listrik, namun transformator seringkali menjadi peralatan listrik yang kurang diperhatikan dan tidak diberikan perawatan. Dalam keadaan beroperasi, transformator daya sewaktu-waktu dapat mengalami gangguan yang dapat mengganggu kontinuitas penyaluran daya. Gangguan-gangguan tersebut harus secepat mungkin dipisahkan setelah terjadi gangguan, Untuk menjaga transformator daya dari gangguan diperlukan pengamanan. Manfaat sistem proteksi dan relai-relai pengamanan adalah agar pemutus-pemutus daya yang tepat dioperasikan supaya hanya bagian yang terganggu saja yang dipisahkan secepatnya dari sistem, sehingga kerusakan peralatan listrik yang disebabkan oleh gangguan menjadi sekecil mungkin. Salah satu pengamanan tersebut adalah rele diferensial.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan dari rele diferensial transformator MICOM P645 dengan menggunakan RTDS sehingga layak untuk dipasang pada transformator daya system 500 kV.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

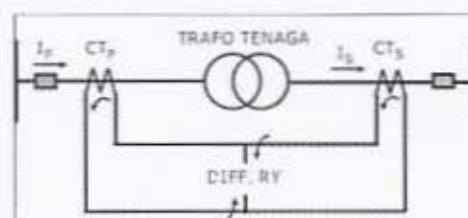
### 1. Rele Diferensial

Rele diferensial adalah salah satu rele pengamanan utama sistem tenaga listrik yang bekerja seketika tanpa koordinasi rele disekitarnya sehingga waktu kerja dapat dibuat secepat mungkin dan tidak

dapat dijadikan sebagai proteksi untuk daerah berikutnya. Rele harus bekerja jika terjadi gangguan di daerah pengamanan, dan tidak boleh bekerja dalam keadaan normal atau gangguan di luar daerah pengamanan. Rele diferensial merupakan unit pengamanan yang mempunyai selektifitas mutlak dan merupakan proteksi yang sangat baik untuk gangguan arus lebih dan gangguan tanah, kecuali untuk sistem yang tidak ditanahkan (*ungrounded system*) atau sistem yang ditanahkan dengan impedansi tinggi. Untuk sistem yang tidak ditanahkan rele diferensial hanya untuk proteksi gangguan fasa. Rele diferensial umumnya untuk trafo dengan kapasitas di atas 10 MVA.

### 1.1. Prinsip kerja Rele Diferensial

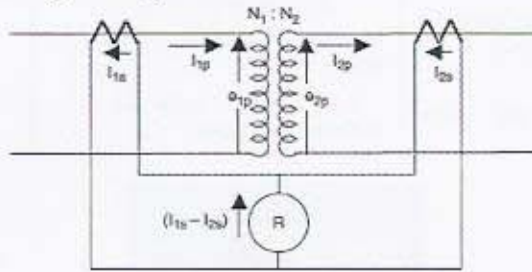
Rele diferensial prinsip kerjanya berdasarkan hukum kirchhoff, dimana arus yang masuk pada suatu titik, sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut. Rele diferensial bekerja berdasarkan perbandingan arus masukan dan arus keluaran. Titik pada rele diferensial yang dimaksud adalah daerah pengamanan, dalam hal ini dibatasi oleh dua buah trafo arus seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



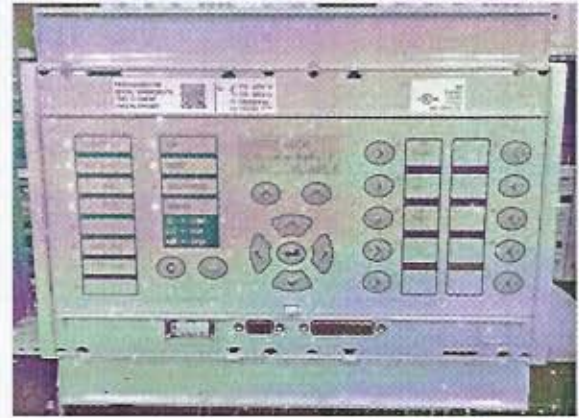
Gambar 1. Rele diferensial dipasang antara kedua trafo arus (CT).

### 1.2. Hubungan Rele Diferensial

Zona proteksi rele diferensial harus mencakup semua rangkaian di dalam maupun di luar zona dengan satu unit per fasa. Untuk trafo dua kumparan, dapat digunakan rele *two-restraint* sebagaimana gambar di bawah.



Gambar 2. Hubungan Rele Diferensial



Gambar 4. Tampilan depan Rele Diferensial MiCOM P645

### 1.3. Rele Diferensial MiCOM P645

Rele diferensial MiCOM P645 merupakan alat pengaman transformator dari gangguan hubung singkat pada transformator. MiCOM P645 menggabungkan beberapa fungsi deteksi yaitu deteksi diferensial, REF, termal, overflux, serta ditambah dengan deteksi untuk cadangan pengamanan terhadap gangguan eksternal. Fungsi yang diaktifkan yaitu fungsi diferensial, gangguan tanah terbatas (REF), dan through fault.

#### Fungsi Deteksi Through Fault

Through fault merupakan gangguan yang terjadi di luar daerah pengamanan transformator. Gangguan ini menghasilkan arus ketidakseimbangan yang melalui transformator sehingga dapat mengakibatkan transformator mengalami saturasi. Hal ini dapat membuat rele diferensial salah kerja sehingga mendeteksi gangguan ini berada pada daerah operasi rele. Fungsi ini mencegah agar rele diferensial tidak bekerja saat terjadi *through fault*.



Gambar 3. Nomor seri Rele diferensial MiCOM P645

Tabel 1. Spesifikasi Rele Diferensial MiCOM P645

No.	DESKRIPSI	PERSYARATAN PLN	MiCOM P645
1	Name	: Differential Relay	P645 ( 5 winding Transformer Differential )
2	Type	: .....	MiCOM P645
	Ordering Code	:	P645326K9M0A18M
3	Technology	: Numerical IED	Numerical IED
4	Frekuensi	: 50 Hz	50 Hz
5	Secondary Nominal Current		
	High Voltage	: 1 A and 5 A	1 A and 5 A
	Low Voltage	: 1 A and 5 A	1 A and 5 A
	Tertiary Voltage	: 1 A and 5 A	1 A and 5 A
6	DC Supply	: 110-220 V DC (-15 % + 10%)	110 VDC (-15% + 10%); operating 37V to 150V DC
7	Operating Time	: ≤ 20 ms	<33ms normal contact and < 20 ms with High speed contact
8	Contact Rating		
	Rated Voltage	: > 110-220 V DC	upto 300VDC
	Binary Input / Output Contact	: 16/24	16/20

9	Harmonic restraint function to block inrush current	: A must	Yes
10	Event record	: $\geq 192$ event record	$\geq 5$ event record (512 event)
11	Internal disturbance record	: $\geq 8$ Analog signal : $\geq 16$ digital signal : $\geq 8$ oscillograph each 2 second : : $\geq 16$ sample / cycle	$\geq 9$ analog signal $\geq 16$ digital signal $\geq 8$ oscillograph each 2 second (50 records each 1.5 sec) $\geq 12$ sample / cycle (24 sample per cycle)

### Perangkat Simulasi RTDS

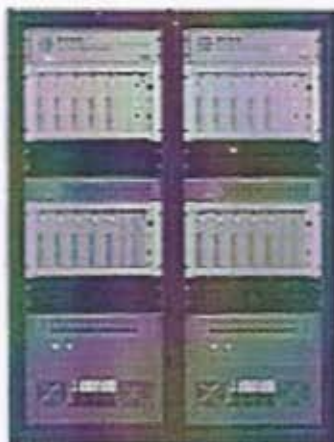
Perangkat simulasi RTDS merupakan perangkat simulasi sistem tenaga listrik berbasis digital yang mampu melakukan operasi kondisi aktual secara berkelanjutan. Perangkat simulasi RTDS melakukan simulasi transien dan simulasi dinamik sistem tenaga listrik secara elektromagnetik dengan memanfaatkan kombinasi dari perangkat lunak dan perangkat keras buatan RTDS Technologies.

### Perangkat Lunak RSCAD

Perangkat Lunak RSCAD merupakan perangkat lunak dari RTDS yang berfungsi menampilkan bentuk gelombang pengujian, pengolahan sinyal pengujian, pengaturan pelaksanaan pengujian, serta menampilkan dan menyimpan hasil pengujian. Pada perangkat ini juga dapat dilakukan perancangan model sistem tenaga listrik yang akan dipakai untuk pengujian.

### Perangkat Keras RTDS

Perangkat keras RTDS adalah suatu kubikel yang disusun dalam beberapa rak. Perangkat keras ini terdiri dari beberapa prosesor yang berfungsi mengolah data dari RSCAD secara cepat sehingga dapat dikatakan mampu beroperasi dalam kondisi yang aktual.

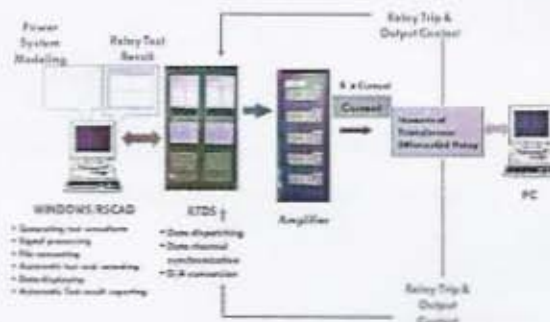


Gambar 5. Kubikel perangkat keras RTDS

Amplifier dipakai sebagai penerima sinyal tegangan dan arus dari perangkat keras RTDS yang kemudian dikuatkan dan dikirim ke rele untuk dideteksi.



Gambar 6. Kubikel amplifier tegangan dan arus



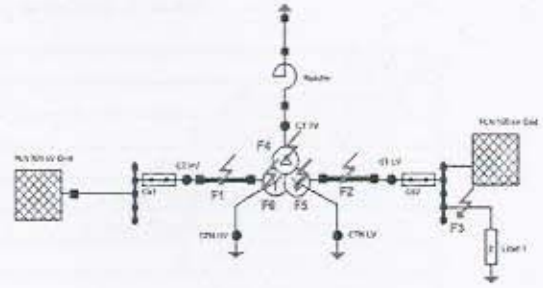
Gambar 7. Close-loop Pengujian Dinamik Rele Pada RTDS

### Syarat kelulusan Pengujian Dinamik RTDS :

1. Waktu operasi rele harus kurang atau sama dengan 20.00 ms saat gangguan internal terjadi (3 fasa, fasa ke fasa, 1 fasa ke tanah) dengan tahanan gangguan solidRf= 0.01  $\Omega$  untuk 500 kV atau test case no. 101-136.
2. Waktu operasi rele harus kurang atau sama dengan 30.00 ms saat gangguan internal terjadi (3 fasa, fasa ke fasa, 1 fasa ke tanah) dengan tahanan gangguan solidRf= 0.01  $\Omega$  untuk 150 kV atau test case no. 101-136.
3. Indeks keandalan paling sedikit 99,5% dari total kasus yang harus terjadi trip.
4. Indeks keamanan paling sedikit 99,5% dari total kasus yang harus tidak terjadi trip.

### C. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah dengan metode pengujian dan pengukuran untuk tujuan didapatkan hasil berupa angka dan ataupun keterangan yang dapat dijadikan sebagai acuan akan kelayakan rele diferensial yang akan dipasang pada transformator daya system 500 kV. Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) Puslitbang Ketenagalistrikan, dengan bahan objeknya adalah rele diferensial transformator daya MiCOM P645. Adapun hasil yang diperoleh pada penelitian adalah melalui teknik pengujian dan pengukuran serta metode kepustakaan



Gambar 8. Model Transformator 500/150/70 kV

### D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut keterangan data model transformator yang dipakai beserta hasil pengujian rele diferensial MiCOM P645 menggunakan perangkat simulasi RTDS. Hasil yang ditampilkan merupakan perwakilan dari beberapa kasus yang dijalankan pada saat simulasi.

Tabel 2. Posisi Kasus Gangguan

Kode	Posisi Gangguan
F1	Antara CT HV dan sisi terminal HV transformator
F2	Antara CT LV dan sisi terminal LV transformator
F3	Daerah diluar CT LV pada feeder beban 150 kV
F4	Di dalam lilitan tersier transformator
F5	Di dalam lilitan sekunder transformator
F6	Di dalam lilitan primer transformator

Tabel 3. Hasil Pengujian RTDS Rele Diferensial MiCOM P645

No.	Dinamik RTDS	Hasil	Kriteria
1	<b>Internal Faults (CT Non Saturated)</b>		
	Internal Faults : POW 90°, 180°, 270°, dan 360°, - AN, BN, CN, AB, BC, CA, ABC ( for Rf = 0 Ω ) - AN, CN, BN (for Rf = 10 Ω)	15.5 ms Trip	< 20 ms Trip
2	<b>Internal Winding Faults (CT Non Saturated)</b>		
	Turn To Ground Fault - AN, BN, CN	Trip	Trip
	Turn To Turn Fault - A, B, C	Trip	Trip
3	<b>External Faults (CT Non Saturated)</b>		
	External Faults : POW 90°, 180°, 270°, dan 360°, - AN, BN, CN, AB, BC, CA, ABC ( for Rf = 0 Ω )	No Trip	No Trip
4	<b>Evolving Faults</b>		
	Internal faults : POW 90°, 270°, dan 360° - AN, CA, BC, ABN, CAN, ABC (for Rf = 0 Ω) (0.001/5/0.001/10.001)	Trip	Trip
5	<b>Transformer Energize</b>		
	- None (Without harmonic restraint enabled)	-	-
	- None (With second harmonic restraint enabled)	No Trip	No Trip
	- A, B, (With second harmonic restraint enabled)	Trip	Trip
6	<b>CT Saturation</b>		
	Internal Faults : POW 360° - AN, BC, ABC	Trip	Trip
	External Faults : POW 90° - AN, BC, ABC	No Trip	No Trip

Tabel 4. Skenario Gangguan Pada Pengujian

No.	Fault	Case
1	<b>Internal Faults</b>	<b>40 cases</b>
	Three phase faults	DI = 8 cases
	Phase to phase faults	DI = 24 cases
	Single phase to earth faults	DI = 8 cases
2	<b>Internal winding fault tests</b>	<b>16 cases</b>
	Turn-to-ground fault	DI = 8 cases
	Turn-to-turn faults	DI = 8 cases
3	<b>External Faults</b>	<b>32 cases</b>
	Three phase faults	SI = 8 cases
	Phase to phase faults	SI = 8 cases
	Single phase to earth faults	SI = 16 cases
4	<b>Evolving Faults</b>	<b>28 cases</b>
	Internal to internal and external to external	DI = 8 cases
		SI = 2 cases
	Internal to external	DI = 9 cases
	External to internal	DI = 9 cases
5	<b>Transformer energisation</b>	<b>14 cases</b>
		DI = 12 cases
		SI = 2 cases
6	<b>Through fault stability and internal and external fault tests</b>	<b>14 cases</b>
		DI = 4 cases
		SI = 10 cases
Total number fault cases (n) :		(DI: 98 cases)
144		(SI: 46 cases)

#### E. KESIMPULAN

1. Untuk indeks keandalan (*Dependability Index*) 99,5% dari 98 cases yaitu 97,51, sehingga cases yang harus berhasil trip sebesar 98 cases. Dalam pengujian, cases yang berhasil trip ada 98 sehingga syarat ketiga terpenuhi.
2. Untuk indeks keamanan (*Security Index*) 99,5% dari 46 cases yaitu 45,77 sehingga cases yang harus berhasil tidak trip sebesar 46 cases. Dalam pengujian, cases yang berhasil tidak trip sebesar 46 cases sehingga syarat keempat terpenuhi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Kadir, Abdul.1979.*Transformator*, Jakarta : Pradnya Paramita,
2. Mulyadi, Ahmad, Ir. 2006. Edisi 3. *Diktat Mesin Listrik – 1 ( Transformator )*, Jakarta
3. Syukriadin, Syahrizal, Cut Rizky Nakhriya. 2011. *Analisis Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Internal dan Eksternal Transformator Menggunakan PSCAD/EMTDC*, Banda Aceh.
4. [mt.schneider-electric.be/OP\\_MAIN/Micom/P64x\\_A21.pdf](http://mt.schneider-electric.be/OP_MAIN/Micom/P64x_A21.pdf).  
[www.schneider-electric.com/en/product-range/60773-micom-p64x/](http://www.schneider-electric.com/en/product-range/60773-micom-p64x/) diakses pada tanggal 01 Mei 2016