

# ANALISIS PENGUJIAN *RELAY* PROTEKSI MENGGUNAKAN *RELAY TESTING UNIT* TIPE PTE-100-C PLUS

Heri Sungkowo<sup>1)</sup>, Awan Setiawan<sup>2)</sup>, Bakti Indra Kurniawan<sup>3)</sup>, Edo Enka Putra Pradana<sup>4)</sup>, Reni Dwi Lestari<sup>5)</sup>, Aldiansyah Dwi Teguh Setyawan<sup>6)</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang  
Jalan Soekarno Hatta No. 9 Mojolangu, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur

<sup>1)</sup>heri.sungkowo@polinema.ac.id

<sup>2)</sup>awansetiawan.sb@gmail.com

<sup>3)</sup>bakti@polinema.ac.id

<sup>4)</sup>edodara12@gmail.com

<sup>5)</sup>renidwilestari123@gmail.com

<sup>6)</sup>aldidits27@gmail.com

## Abstrak

*Relay* proteksi adalah suatu *relay* listrik yang digunakan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik terhadap kondisi abnormal. Banyaknya karakteristik beban dan penambahan beban mempengaruhi perencanaan pengaman dan menentukan dalam perencanaan sistem distribusi. Adapun *relay* pengaman pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lainnya yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal. Pengujian *relay* proteksi ini penting dilakukan untuk mengetahui kondisi *relay* tersebut masih sesuai dengan karakteristiknya atau tidak. Dengan adanya uji *relay*, maka akan diketahui kondisi *relay* tersebut masih sama dengan karakteristik awalnya atau tidak. *Relay testing* unit tipe PTE-100-C Plus adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk menguji *relay* pengaman hingga bisa diketahui karakteristiknya. *Relay* yang dilakukan pengujian adalah *over current relay*, *reverse power relay*, *over under voltage relay* dan *over under frequency relay*. Dari hasil pengujian menggunakan *relay testing* unit tipe PTE-100-C plus maka secara umum masih dalam kondisi yang baik karena nilai *resetting ratio* masih memenuhi standart yang berlaku ( $\geq 80\%$ ).

**Kata kunci** : *relay*, karakteristik, PTE-100-C.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam usaha menjaga kontinuitas pelayanan tenaga listrik dan juga agar peralatan pada sistem tenaga listrik tidak mengalami kerusakan total bila terjadi suatu gangguan maka mutlak diperlukan suatu peralatan proteksi [1]. *Relay* adalah sebuah alat yang bekerja secara otomatis untuk mengatur/ memasukkan suatu rangkaian listrik (rangkaiannya *trip* atau alarm) akibat adanya perubahan rangkaian lain [2], [3], [4].

*Relay* proteksi memiliki fungsi antara lain untuk melokalisasi bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lainnya tidak terganggu [5], mengurangi kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang terganggu, mengurangi pengaruh gangguan terhadap sistem yang tidak terganggu didalam sistem tersebut. Adapun syarat- syarat *relay* proteksi antara lain selektif, *reliable* (handal), peka, cepat dan ekonomis / sederhana [6].

Seiring dengan bertambahnya beban, besar arus pada sistem akan bertambah pula sehingga perlu adanya penyetingan ulang pada peralatan proteksi dalam hal ini *relay* proteksi. Selain bertambahnya beban, *relay* proteksi juga harus diuji karena telah digunakan dalam jangka waktu yang lama sehingga terjadi kejenuhan bahan pada peralatan tersebut tersebut, maka setiap jangka waktu  $\pm 10$  tahun diperlukan

adanya pengujian dan *setting relay* sehingga *relay* proteksi tersebut tidak gagal bekerja [7].

Pengujian *relay* proteksi ini penting dilakukan untuk mengetahui kondisi *relay* tersebut masih sesuai dengan karakteristiknya atau tidak. Dengan adanya uji *relay*, maka akan diketahui kondisi *relay* tersebut masih sama dengan karakteristik awalnya atau tidak serta dilakukan analisa terhadap perubahan karakteristik yang terjadi. Selain itu pengujian *relay* juga digunakan untuk mengetahui apakah *relay* tersebut masih bisa digunakan sebagai proteksi atau sudah rusak [8].

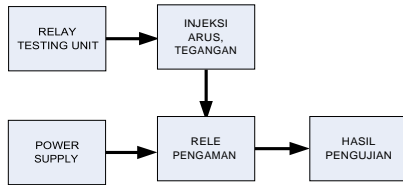
Salah satu peralatan yang digunakan untuk pengujian *relay* adalah *relay testing* unit tipe PTE-100-C plus. *Relay testing* unit tipe PTE-100-C Plus adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk menguji *relay* pengaman hingga bisa diketahui karakteristiknya [9].

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibahas bagaimana pengujian karakteristik *relay*, kemudian di analisis bagaimana kondisi karakteristik *relay* tersebut. Sehingga disini dapat diambil judul “Analisis Pengujian *Relay* Proteksi Dengan Aplikasi Menggunakan *Relay Testing Unit* Tipe PTE-100-C Plus”.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Pengujian *relay* dilakukan untuk mendapatkan karakteristik dan mengetahui kemampuan kerja dari *relay*, sehingga bisa menyeting *relay* dengan tepat. Pengujian *relay* pengamanan menggunakan peralatan *Relay Testing Unit* tipe PTE 100-C Plus.

Secara umum, proses pengujian *relay* pengamanan bisa digambarkan pada blok diagram sebagai berikut :



Gambar 1. Proses Pengujian *Relay* Pengamanan Menggunakan PTE 100C Plus

Gambar 1 menunjukkan proses alur pengujian *relay* proteksi menggunakan *relay testing unit* tipe PTE-100-C plus, dari *relay testing unit* di injeksikan berupa arus dan tegangan yang bisa di atur untuk pengujian *relay* proteksi/pengamanan. Kemudian *power supply* digunakan sebagai injeksi sumber tegangan ke *relay* proteksi / pengamanan dan selanjutnya menganalisa dari hasil pengujian tersebut.

Peralatan uji *Relay Testing Unit* Tipe PTE 100C Plus sendiri mempunyai bagian-bagian sebagai berikut :



Gambar 2. Bagian-bagian *Relay Testing Unit* Tipe PTE 100C Plus

Keterangan :

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. Variable Output Channel                       | 9. RS-232 Com Port       |
| 2. Reference Synchronizing Selector              | 10. PTE-Bus              |
| 3. Parameter Regulation                          | 11. Current Outputs      |
| 4. Condition Alarms                              | 12. Timer                |
| 5. Adjustment Digit Selection                    | 13. Power Input          |
| 6. Amplitude, Frequency And Phase Angle Selector | 14. Auxiliary DC Voltage |
| 7. Signal Monitor                                | 15. Output Protection    |
| 8. Special Mode And Measurement Functions        | 16. AC Voltage Output    |
|  | 17. DC Voltage Output    |

Alat uji *Relay Testing Unit* tipe PTE 100C Plus mempunyai spesifikasi yang bisa digunakan untuk menguji beberapa macam *relay*, antara lain : *relay* SPAJ 120, *relay* IKC 913, *relay* frekuensi SEG BF-1, *relay* daya balik SEG RW-1, GE Multilin MIF II, dan Sepam 1000+ (T20).

Pada tabel I terdapat jenis *relay* yang akan di lakukan pengujian menggunakan *Relay Testing Unit* tipe PTE 100-C Plus.

Tabel I. Jenis *Relay* yang Akan Dilakukan Pengujian

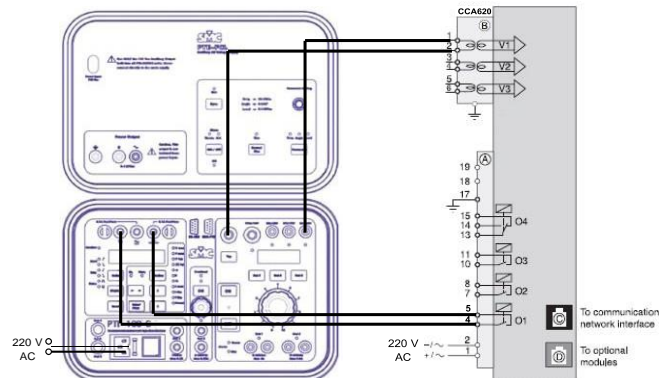
No	Nama Peralatan	Merek	Jenis <i>Relay</i> yang Diuji
1	Sepam 1000+ (T20)	Merlin Gerin	<i>Over Current Relay (OCR)</i>
2	RPR tipe RW-1	SEG	<i>Reverse Power Relay (RPR)</i>
3	<i>Relay</i> KAD 04	Karaca (KRK)	<i>Over Under Voltage Relay (OUVR)</i>
4	<i>Relay</i> Frekuensi BF-1	SEG	<i>Over Under Frequency Relay</i>

### 2.1. PENGUJIAN RELAY PROTEKSI

Pengujian *relay* proteksi menggunakan *Relay Testing Unit* Tipe PTE 100C Plus dilakukan pada jenis jenis *relay* sebagai berikut :

#### A. Pengujian *Over Current Relay* tipe Spam 1000+

Berikut adalah gambar rangkaian pengujian tipe spam 1000+ :



Gambar 3. Rangkaian pengujian Tipe Spam 1000+

Pada Sepam 1000+ dilakukan pengujian terhadap gangguan fasa.

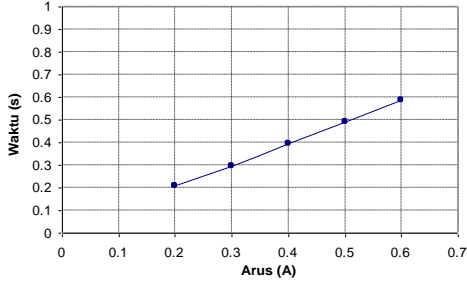
#### 1) Pengujian *Pick Up Relay*

*Relay* di setting untuk beberapa arus gangguan (0,2A – 0,6A), tiap-tiap arus gangguan diinjeksikan arus sampai *relay* bekerja (*pick up*).

Tabel II. Hasil Pengujian *Pick Up Relay* Sepam 100+

Setting Arus (A)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
<i>pick up</i> (A)	0.208	0.296	0.395	0.49	0.589

Dari data yang dihasilkan di atas, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik Karakteristik Pick Up Relay Sepam 1000+

Berdasarkan grafik karakteristik pick up relay di atas, terlihat bahwa nilai pick up relay mendekati nilai settingannya, sehingga relay dinyatakan masih baik. Pengujian terhadap relay drop off tidak bisa dilakukan, karena pada relay Sepam 1000+ ini pada saat terjadi gangguan relay tidak akan bekerja normal lagi meskipun arus yang mengalir normal kembali dan harus di reset terlebih dahulu, sehingga tidak bisa menentukan relay drop off.

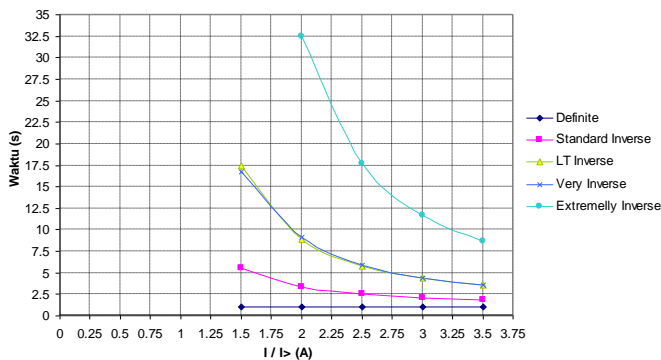
2) Gabungan Karakteristik Definit dengan Karakteristik Inverse

Relay di setting pada arus 0,2 A ( $I >$ ) untuk relay definite dan relay inverse. Setting waktu relay definite adalah 1 s, sedangkan relay inverse setting waktunya berbeda-beda untuk tiap jenis inverse yang akan berubah secara otomatis (SIT = 0,33s ; LTI = 0,07s ; VIT = 0,66s ; EIT = 1,23s). Kemudian diinjeksikan arus gangguan sampai nilai tertentu (0,3A – 0,7A), lalu mengukur waktu kerja dari relay.

TABEL III. HASIL PENGUJIAN GABUNGAN DEFINITE DAN INVERSE SEPAM 100+

Arus Gangguan (A)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	
$I / I > (A)$	1.5	2	2.5	3	3.5	
waktu (s)	definite	1.001	1.004	0.994	0.992	1.003
	Standard inverse	5.566	3.328	2.507	2.087	1.84
	LT inverse	17.4	8.904	5.829	4.446	3.547
	very inverse	16.75	9.096	5.875	4.427	3.577
	extremelly inverse	-	32.45	17.697	11.663	8.657

Dari data yang dihasilkan di atas, didapatkan grafik sebagai berikut :

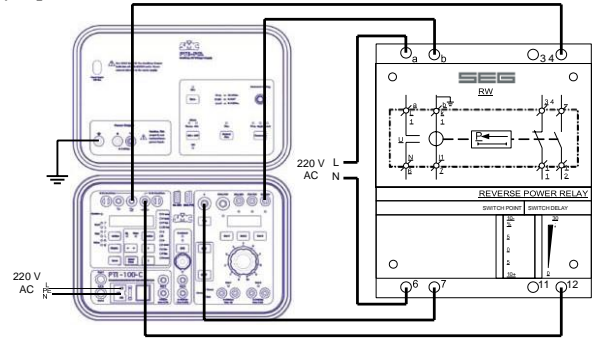


Gambar 5. Grafik Gabungan Karakteristik Definite dan Inverse Sepam 1000+

Berdasarkan grafik Gabungan Karakteristik Definite dan Inverse Sepam 1000+ di atas, terlihat bahwa berapa pun besarnya arus gangguan, relay akan bekerja berdasarkan setting delay (untuk relay definit). Sedangkan untuk relay inverse semakin besar arus gangguan, waktu kerja relay akan semakin singkat (berbanding terbalik antara arus gangguan dan waktu kerja relay). Pada pengujian ini, waktu kerja relay extremelly inverse lebih lama dibandingkan dengan relay inverse yang lain. Pada Sepam 1000+ ini, LT inverse dengan very inverse karakteristiknya hampir sama, yang membedakan adalah setting waktu (LTI = 0,07s ; VIT = 0,66s) dan range TDnya (LTI = 0,01-0,93 ; VIT = 0,07-8,33).

A. Pengujian Reverse Power Relay tipe RW-1

Berikut adalah gambar rangkaian pengujian Reverse Power Relay tipe RW-1 :



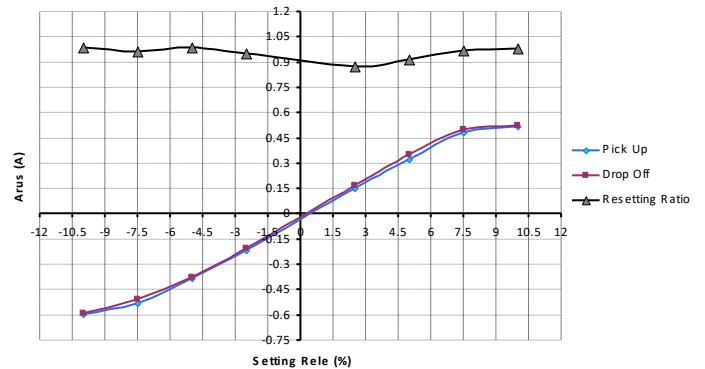
Gambar 6. Rangkaian pengujian Reverse Power Relay tipe RW-1

Relay di setting dengan beberapa bervariasi (10+ sampai 10-), tiap-tiap settingan diinjeksikan arus sampai relay bekerja (pick up), kemudian mengatur kembali arusnya sampai relay berhenti bekerja (drop off). Setelah itu, menghitung perbandingan antara saat relay pick up terhadap saat relay drop off (resetting ratio).

Tabel IV. Hasil Pengujian Pick Up dan Drop Off Reverse Power Relay Tipe RW-1

Setting Relay (%)	-10	-7.5	-5	-2.5	2.5	5	7.5	10
Pick Up (A)	-0.597	-0.529	-0.383	-0.217	0.148	0.32	0.483	0.516
Drop Off (A)	-0.59	-0.509	-0.379	-0.206	0.169	0.35	0.498	0.527
Resetting Ratio	0.988	0.962	0.99	0.949	0.876	0.91	0.97	0.979

Dari data yang dihasilkan di atas, didapatkan grafik sebagai berikut :

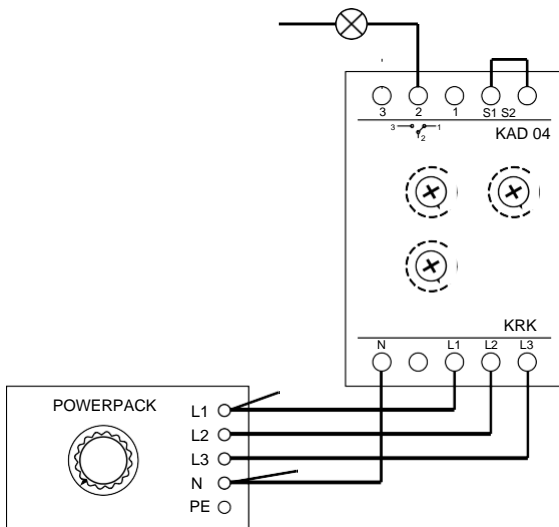


Gambar 7. Grafik Karakteristik Pick Up dan Drop Off Reverse Power Relay RW-1

Berdasarkan grafik karakteristik *pick up* dan *drop off* di atas, terlihat bahwa nilai *pick up* dan *drop off* dari *reverse power relay* ini hampir berhimpit, sehingga *resetting ratio* yang dihasilkan adalah 0,88 – 0,99. Maka, *reverse power relay* RW-1 dinyatakan masih baik.

**B. Pengujian Over Under Voltage Relay tipe KAD 04**

Berikut adalah gambar rangkaian pengujian *Over Under Voltage Relay* tipe KAD 04 :



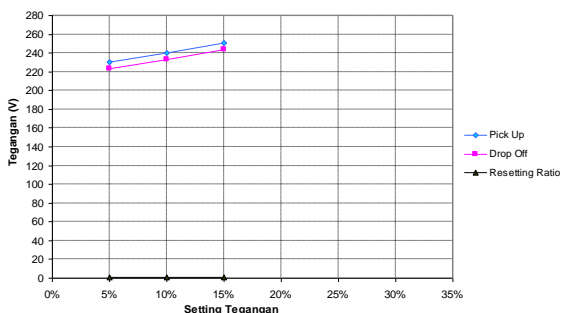
Gambar 8. Rangkaian pengujian *Over Under Voltage Relay* tipe KAD 04

1) Pengujian *Pick Up* dan *Drop Off Over Voltage Relay* Relay di *setting* dengan prosentase  $U_{max}$  tertentu (5% - 15%), tiap-tiap prosentase diinjeksikan tegangan sampai relay bekerja (*pick up*), kemudian mengatur tegangan sampai relay berhenti bekerja (*drop off*). Setelah itu, menghitung perbandingan antara saat relay *pick up* terhadap saat relay *drop off* (*resetting ratio*).

Tabel V. Hasil Pengujian *Pick Up* dan *Drop Off Over Voltage Relay* KAD 04

Over Voltage	15%	10%	5%
U max (V)	253	242	231
Pick up (V)	251	240	230
Drop off (V)	244	233	223
Resetting Ratio	0.972	0.97	0.97

Dari data yang dihasilkan di atas, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik Karakteristik *Pick Up* dan *Drop Off Over Voltage Relay* KAD 04

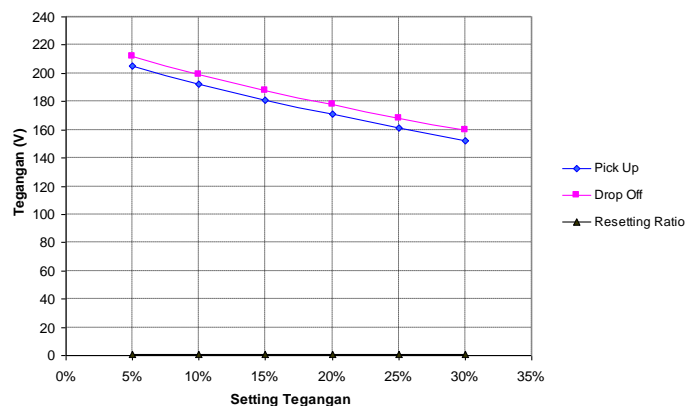
Berdasarkan grafik karakteristik *pick up* dan *drop off* di atas, terlihat bahwa nilai *resetting ratio* dari *relay over voltage* KAD 04 adalah  $\pm 0,97$  yang menandakan *relay* dalam kondisi masih baik. Berdasarkan sandart yang berlaku, nilai *resetting ratio* dari *relay over voltage* adalah  $< 1$ . Pengujian *relay over voltage* KAD 04 hanya bisa dilakukan sampai *setting* 15% ( $U_{max} = 253$  V), karena *power pack* 3 fasa yang tersedia hanya sampai  $\pm 260$  V (L-N).

2) Pengujian *Pick Up* dan *Drop Off Under Voltage Relay* Relay di *setting* dengan prosentase  $U_{min}$  tertentu (5% - 30%), tiap-tiap prosentase diinjeksikan tegangan sampai relay bekerja (*pick up*), kemudian mengatur tegangan sampai relay berhenti bekerja (*drop off*). Setelah itu, menghitung perbandingan antara saat relay *pick up* terhadap saat relay *drop off* (*resetting ratio*).

Tabel VI. Hasil Pengujian *Pick Up* dan *Drop Off Under Voltage Relay* KAD 04

Under Voltage	30%	25%	20%	15%	10%	5%
U min (V)	154	165	176	187	198	209
Pick up (V)	152	161	171	181	192	205
Drop off (V)	160	168	178	188	199	212
Resetting Ratio	1.053	1.043	1.04	1.039	1.036	1.034

Dari data yang dihasilkan di atas, didapatkan grafik sebagai berikut :

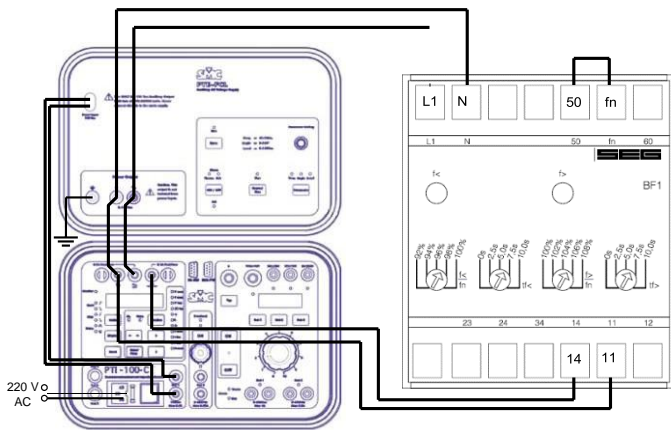


Gambar 10. Grafik Karakteristik *Pick Up* dan *Drop Off Under Voltage Relay* KAD 04

Berdasarkan grafik karakteristik *pick up* dan *drop off* di atas, terlihat bahwa nilai *resetting ratio* dari *under voltage relay* KAD 04 adalah 1,03–1,05 yang menandakan bahwa *relay* dalam kondisi masih baik. Berdasarkan sandart yang berlaku, nilai *resetting ratio* dari *under voltage relay* adalah  $> 1$ .

C. Pengujian Frequency Relay tipe BF-1

Berikut adalah gambar rangkaian pengujian Frequency Relay tipe BF-1 :



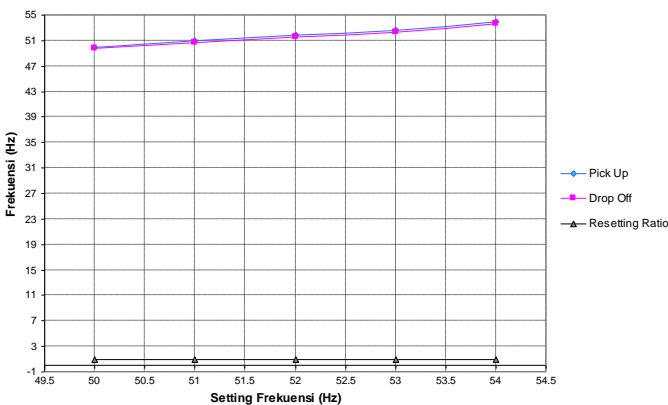
Gambar 11. Rangkaian pengujian Frequency Relay tipe BF-1

1) Pengujian *Pick Up* dan *Drop Off Over Frequency Relay* di *setting* dengan frekuensi yang bervariasi (50 Hz – 54 Hz), tiap-tiap settingan diinjeksikan frekuensi sampai *relay* bekerja (*pick up*), kemudian mengatur kembali frekuensinya sampai *relay* berhenti bekerja (*drop off*). Setelah itu, menghitung perbandingan antara saat *relay pick up* terhadap saat *relay drop off* (*resetting ratio*).

TABEL VII. HASIL PENGUJIAN *PICK UP* DAN *DROP OFF OVER FREQUENCY RELAY* BF-1

Setting Relay (%)	100	102	104	106	108
Frekuensi (Hz)	50	51	52	53	54
Pick Up (Hz)	50	51.02	51.89	52.59	54.01
Drop Off (Hz)	49.73	50.63	51.56	52.28	53.63
Resetting Ratio	0.995	0.992	0.994	0.994	0.993

Dari data yang dihasilkan di atas, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Karakteristik *Pick Up* dan *Drop Off Over Frequency Relay* BF-1

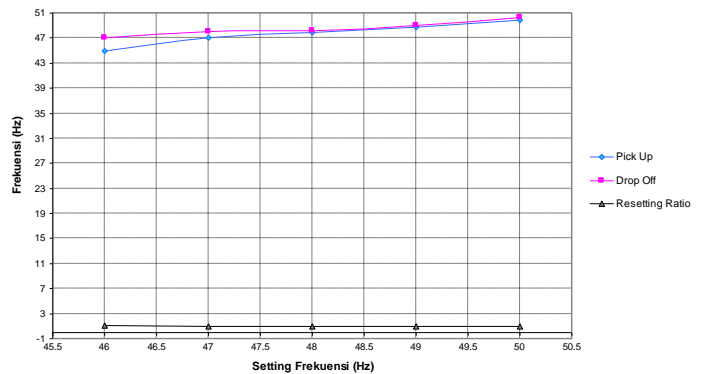
Berdasarkan grafik karakteristik *pick up* dan *drop off* di atas, terlihat bahwa nilai *pick up* dan *drop off* dari *over frequency relay* BF-1 ini hampir berhimpit, sehingga *resetting ratio* yang dihasilkan adalah  $\pm 0,99$ . Maka, *over frequency relay* BF-1 dinyatakan masih baik. Berdasarkan sandart yang berlaku, nilai *resetting ratio* dari *over frequency relay* adalah  $< 1$ .

2) Pengujian *Pick Up* dan *Drop Off Under Frequency Relay* di *setting* dengan frekuensi yang bervariasi (50 Hz – 46 Hz), tiap-tiap settingan diinjeksikan frekuensi sampai *relay* bekerja (*pick up*), kemudian mengatur kembali frekuensinya sampai *relay* berhenti bekerja (*drop off*). Setelah itu, menghitung perbandingan antara saat *relay pick up* terhadap saat *relay drop off* (*resetting ratio*).

Tabel VIII. Hasil Pengujian *Pick Up* dan *Drop Off Under Frequency Relay* BF-1

Setting Relay (%)	100	98	96	94	92
Frekuensi (Hz)	50	49	48	47	46
Pick Up (Hz)	49.9	48.7	47.9	47.06	45
Drop Off (Hz)	50.27	49.09	48.2	47.98	46.99
Resetting Ratio	1.007	1.008	1.006	1.02	1.04

Dari data yang dihasilkan di atas, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 13. Grafik Karakteristik *Pick Up* dan *Drop Off Under Frequency Relay* BF-1

Berdasarkan grafik karakteristik *pick up* dan *drop off* di atas, terlihat bahwa nilai *pick up* dan *drop off* dari *under frequency relay* BF-1 ini hampir berhimpit, sehingga *resetting ratio* yang dihasilkan adalah 1,006 – 1,04. Maka, *under frequency relay* BF-1 dinyatakan masih baik. Berdasarkan sandart yang berlaku, nilai *resetting ratio* dari *under frequency relay* adalah  $< 1$ .

### 3. KESIMPULAN

1. Pada *Over Current Relay* tipe Spam 1000+ LT *inverse* dengan *very inverse* karakteristiknya hampir sama, yang membedakan adalah *setting* waktu (LTI = 0,07s ; VIT = 0,66s) dan range TDnya (LTI = 0,01-0,93 ; VIT = 0,07-8,33).
2. Pada *Reverse Power Relay* tipe RW-1 bahwa nilai *pick up* dan *drop off* hampir berhimpit, sehingga *resetting ratio* yang dihasilkan adalah 0,88 – 0,99. Maka, *reverse power relay* tipe RW-1 dinyatakan masih baik.
3. Pada *Over Voltage Relay* tipe KAD 04 bahwa nilai *resetting ratio* adalah  $\pm 0,97$  yang menandakan *relay* dalam kondisi masih baik. Berdasarkan sandar yang berlaku nilai *resetting ratio* adalah  $< 1$ . Pada *Under Voltage Relay* tipe KAD 04 bahwa nilai *resetting ratio* adalah 1,03–1,05 yang menandakan bahwa *relay* dalam kondisi masih baik. Berdasarkan sandar yang berlaku nilai *resetting ratio* adalah  $> 1$ .
4. Pada *Over Frequency Relay* tipe BF-1 bahwa nilai *pick up* dan *drop off* hampir berhimpit, sehingga *resetting ratio* yang dihasilkan adalah  $\pm 0,99$ . Maka, *over frequency relay* BF-1 dinyatakan masih baik. Berdasarkan sandar yang berlaku nilai *resetting ratio* adalah  $< 1$ . Pada *Under Frequency Relay* tipe BF-1 bahwa nilai *pick up* dan *drop off* hampir berhimpit, sehingga *resetting ratio* yang dihasilkan adalah 1,006 – 1,04. Maka, *under frequency relay* BF-1 dinyatakan masih baik. Berdasarkan sandar yang berlaku nilai *resetting ratio* adalah  $< 1$ .
5. Secara umum, *relay* yang telah di uji masih dalam kondisi yang baik. Karena nilai *resetting ratio* masih memenuhi standar yang berlaku ( $\geq 80\%$ ).

### 4. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih atas dukungan baik material maupun moril dari UPT P2M Politeknik Negeri Malang untuk dapat mewujudkan penelitian ini sebagai salah satu bentuk pengabdian penelitian pada bidang keilmuan terkait.

### 5. REFERENSI

- [1] Zulkarnaini, M. iqbal, "Perhitungan Koordinasi Relay Proteksi OCR/GFR dengan Menggunakan Software Mathcad pada Trafo Daya unit II 20 MVA GI Salak", Jurnal Momentum, Vol. 17 No. 2, ISSN: 1693-752X, 2015.
- [2] R.K. Aggarwal, D.V. Coury, A.T. Johns, dan A. Kalam, "A Practical Approach to Accurate Fault Location on Extra High Voltage Teed Feeders," IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 8, No. 3, hal. 874-883, Jul. 1993.
- [3] A.A. Girgis dan C.M. Fallon, "Fault Location Techniques for Radial and Loop Transmission Systems Using Digital Fault Recorded Data," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 7, No. 4, hal. 1936-1945, Okt. 1992.
- [4] .S. Sidhu, H. Singh, dan M.S. Sachdev, "Design, Implementation and Testing of an Artificial Neural Network Based Fault Direction Discriminator for Protecting Transmission Lines," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 10, No.2, hal. 697-706, Apr. 1995.
- [5] Nanang Rohadi, Nendi Suhendi, Liu Ken Men, "Teknik Pengujian Kinerja Algoritme Relay Jarak Menggunakan DIgSILENT", Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Vol. 10 No.1, ISSN 2301-4156, 2021.
- [6] Yoyok Triyono, Ontoseno Penangsang, Sjamsjul Anam, "Analisis Studi Relay Pengaman (Over Current Relay dan Ground Fault Relay) Pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang", Jurnal Teknik POMITS, Vol. 2 No.2, ISSN 2337-3539, 2013.
- [7] Said Abubakar, M. Kamal Hamid, "Pengujian Realay Arus Lebih Woodward Tipe XII-I Di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro", Journal Of Electrical Technology, Vol. 1 No.2, ISSN 2502-3624, 2016.
- [8] Zulkarnaini, Eko Saputra H., "Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi Pada Feeder Distribusi Tenaga Listrik (GH Tanjung Ampalu Sijunjung)", Jurnal Teknik Elektro ITP, Vol. 1 No. 1, ISSN: 2252-3472, 2012.
- [9] J. A. Lopez Leyva, M. Ponce Camacho, A. Valle, A. Talamantes Alvarez., "High Performance COTS-IoT Prototype For Dynamic Power Control In An Electrical Grid", Journal Of Electrical System, Vol. 15 No. 2 : 169-180. 2019.