

Analisis Simulasi Pengujian Proteksi Over Current Relay Pada Sisi Primer Dan Sekunder Transformator 1 New- Rancakasumba

HILMI WIRDA^{1*}, WALUYO¹

¹ Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : wirda872@gmail.com

Received 22 01 2024 | Revised 29 01 2024 | Accepted 29 01 2024

ABSTRAK

Over current relay (OCR) adalah relai proteksi yang bekerja berdasarkan besaran arus lebih yang melebihi nilai setting. Penelitian ini bertujuan mendapatkan metode setting waktu kerja relai OCR pada transformator, diperoleh besar arus dan waktu kerja relai pada transformator menggunakan simulasi ETAP akibat perubahan beban, dan didapatkan informasi kelayakan relai pada saat pengujian. Metode yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data-data penelitian pada pengujian lapangan dan simulasi untuk mendapatkan analisis mengenai OCR. Hasil perhitungan dengan metode IDTM minimum waktu kerja relai didapat 0,44095 s di HV dan 0,1484 s di LV. Hasil simulasi perubahan beban dari 7, 8.5, 10, 11.701, 13, 14.5, dan 16 MVA. Bahwa beban dapat mempengaruhi perubahan arus gangguan yang membuat waktu kerja relai berubah-ubah sesuai besarnya arus gangguan. Dengan mengetahui batas minimum waktu kerja relai yaitu 0,44095 detik dan maksimum di bawah 2 detik, dapat menyimpulkan bahwa waktu kerja relai 1,9015 detik relai masih layak digunakan.

Kata kunci: Proteksi OCR, IDMT, Arus Gangguan, Transformator, Simulasi ETAP

ABSTRACT

Over current relay (OCR) is a protective relay that works based on the amount of overcurrent that exceeds the setting value. This research aims to obtain a method for setting the working time of the OCR relay on the transformer, obtain the current size and working time of the relay on the transformer using ETAP simulation due to changes in load, and obtain information on the suitability of the relay during testing. The method used is to collect research data in field tests and simulations to obtain an analysis of OCR. The results of calculations using the IDTM method showed that the minimum relay working time was 0.44095 s in HV and 0.1484 s in LV. Simulation results of load changes from 7, 8.5, 10, 11.701, 13, 14.5, and 16 MVA. That the load can influence changes in fault current which makes the relay working time vary according to the magnitude of the fault current. By knowing that the minimum relay working time is 0.44095 seconds and the maximum is under 2 seconds, we can conclude that the relay working time of 1.9015 seconds is still suitable for use.

Keywords: OCR Protection, IDMT, Fault Current, Transformer, ETAP Simulation

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan sekumpulan pusat listrik dan pusat beban yang satu sama lain yang dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi. Energi listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, dan lain-lain. Kemudian energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi dan didistribusikan ke beban-beban melalui saluran distribusi (**Machfudiah, 2016**). Transformator distribusi atau distribution transformer digunakan untuk mendistribusikan energi listrik dari pembangkit listrik ke daerah perumahan ataupun lokasi industri (**Ghazan Gifari, 2020**). Sistem proteksi dimaksudkan untuk mendeteksi kegagalan, mengisolasi bagian yang rusak dari bagian lain yang sehat, dan melindungi bagian yang sehat dari kerusakan atau kehilangan. Over current relay (OCR) adalah relai proteksi yang bekerja berdasarkan besaran arus lebih yang melebihi nilai setting untuk mengamankan peralatan atau instalasi tenaga listrik terhadap hubung singkat fasa-fasa dan fasa-netral (**Karyana, 2013**). Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) adalah suatu software yang komprehensif untuk mendesain dan mensimulasikan suatu sistem rangkaian tenaga listrik, menganalisis suatu rangkaian yang lengkap dan akurat (**Aribowo et al., 2018**).

Penelitian ini erat kaitannya dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang dilakukan sebagai bahan pembandingan dan penelitian. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik proteksi over current relay dan simulasi ETAP.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (**Nova, 2013**). Dengan membuat penelitian mengenai perhitungan setting relai OCR dan ground fault relay (GFR) pada sistem interkoneksi diesel generator di perusahaan "x". Pada penelitian tersebut membahas mengenai proteksi pada generator sedangkan pada penelitian ini mengenai proteksi pada transformator.

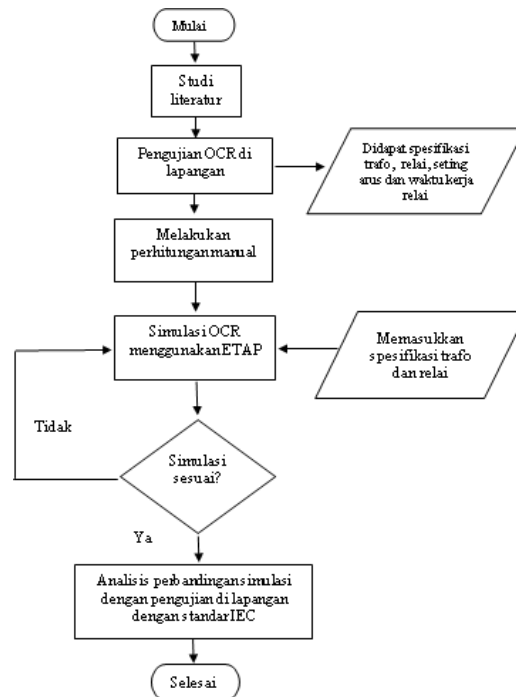
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan (**Indrajaya Putra & Winardi, 2017**). Menyajikan penelitian mengenai evaluasi setting relai arus lebih dan setting relai gangguan tanah pada gardu induk 150 kV Bawen. Pada penelitian tersebut yang menjadi pembeda terdapat GFR dan jarak terjadinya gangguan terhadap transformator, sedangkan pada penelitian ini hanya pada OCR di transformator.

Penelitian mengenai simulasi ETAP ini juga dilakukan oleh (**Aribowo et al., 2018**). Dengan membuat penelitian mengenai simulasi dan analisis load flow sistem interkoneksi Kalimantan Timur menggunakan software ETAP 12.6. Adapun pada penelitian tersebut mengenai loadflow menggunakan simulasi ETAP versi 12.6 sedangkan pada penelitian ini mengenai over current relay dengan simulasi ETAP dengan versi yang sama.

Oleh karena itu dalam analisis simulasi pengujian over current relay (OCR) pada sisi primer dan sekunder transformator 1 New-Rancakasumba ini akan diuji hasil perbandingan simulasi perubahan beban terhadap arus dan waktu kerja relai, dan pengujian terhadap fungsi setting relai untuk mengetahui apakah sesuai standar yang sudah ditentukan atau tidak.

2. METODOLOGI

Penelitian dengan judul "Analisis Simulasi Pengujian Proteksi Over Current Relay Pada Sisi Primer Dan Sekunder Transformator 1 New-Rancakasumba" memiliki tahapan atau alur pelaksanaan yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut.

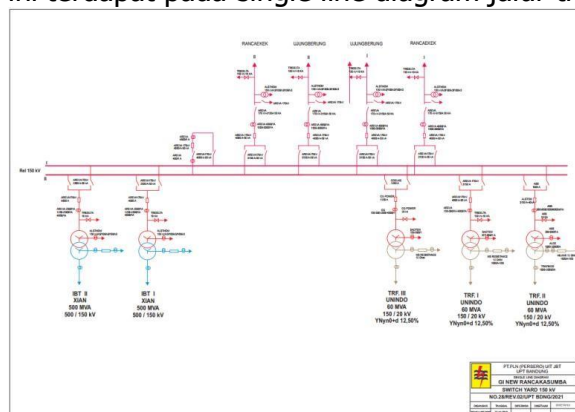


Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.1 Pengujian OCR di Lapangan

Dilakukannya tes pada relai untuk mendapatkan seting arus dan waktu kerja relai yang sesuai untuk peralatan terkecil yang terdapat di lapangan, single line diagram, serta mendapatkan spesifikasi transformator dan relai untuk melakukan simulasi OCR di software ETAP.

Gambar 2 Menunjukkan single line diagram di GI new-rancakasumba. Lebih tepatnya untuk penelitian pada laporan ini terdapat pada single line diagram jalur transformator 1.



Gambar 2. Single Line Diagram New-Rancakasumba

2.2 Perhitungan Manual

Penyetelan relai dimaksudkan untuk memberikan batas minimum dari besaran ukur agar relai bekerja. Dengan begitu dapat dilakukannya cara perhitungan dengan persamaan sebagai berikut :

a. Arus nominal

Arus nominal adalah arus kerja dari suatu peralatan listrik seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$I_n = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} V_{LL}} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

I_n = Arus nominal (A)

$S3\phi$ = Daya semu (VA)

VLL = Tegangan (V)

b. Rasio CT

Rasio CT ditentukan dari arus nominal peralatan atau dari kabel pada umumnya seperti pada persamaan (2).

$$\text{Rasio CT} = \frac{\text{Primer}}{\text{sekunder}} \dots\dots\dots(2)$$

c. Arus yang mengalir melalui relai

Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3).

$$I_{relei} = I_n \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \dots\dots\dots(3)$$

d. Arus kerja relai

Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (4).

$$I_{setOCR} = 1.2 \times I_n \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

I set : Seting arus OCR

I_n : arus nominal terkecil peralatan bay terpasang

e. Waktu operasi (t_s)

Time setting (t_s) adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu pengaman (relai) untuk bekerja seperti pada persamaan (5).

$$t_s = \frac{k}{(I_{setOCR})^{\alpha-1}} \times TMS \dots\dots\dots(5)$$

Metode yang akurat untuk melakukan berbagai penyesuaian relai memerlukan kombinasi waktu dan arus. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah kombinasi antara arus dan waktu dengan standar IDMT (Inverse Definite Minimum Time) **(Nova, 2013)**.

2.5 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif. Analisis kuantitatif adalah suatu metode pengumpulan dan analisis data yang menggunakan pendekatan matematis dan statistik untuk mengukur variabel-variabel yang terlibat dalam penelitian. **(Muhammad Fauzan, Dwi Rianto, 2019)**. Tujuan dari observasi kuantitatif adalah untuk menyediakan serta data yang dapat dianalisis secara statistik guna mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang fenomena mengenai OCR.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian di Lapangan

Pada penelitian hanya pada sisi primer dan sekunder karena untuk mengamankan transformator dari kerusakan akibat gangguan luar **(Karyana, 2013)**. Di sisi primer terjadi akibat adanya benda asing yang mengenai kabel transmisi sedangkan di sisi sekunder terjadi karena adanya perubahan beban. Berikut merupakan nilai seting relai dan waktu kerja relai yang didapat pada hasil tes saat pengujian di lapangan.

3.1.1 Hasil Uji Proteksi Over Current Relay di Sisi HV

1. Karakteristik Waktu

Tms OCR : 0,375 SI

Tms GFR : 0,675 SI

Nilai tms OCR dan GFR diatas merupakan standar invers yang digunakan XYZ. Tabel 1 terdapat nilai karakteristik waktu di sisi High Voltage (HV) di setiap fasanya. Pada pengujiannya dilakukan perubahan nilai pada perkalian terhadap arus untuk mendapatkan nilai waktu kerja relai yang diinginkan XYZ.

Tabel 1. Karakteristik Waktu HV

INJEKSI	$1,5 \times I_s$	$2 \times I_s$	$3 \times I_s$	$4 \times I_s$	$5 \times I_s$
Fasa R	6,542	3,803	2,394	1,881	1,623
Fasa S	6,54	3,803	2,388	1,894	1,63
Fasa T	6,524	3,799	2,394	1,886	1,628
GFR	11,774	6,85	4,301	3,389	2,911

2. Setting Akhir Relai

Tabel 2 merupakan hasil setting akhir relai yaitu 3,803 detik nilai tersebut merupakan waktu kerja dan waktu kembali relai untuk memberikan informasi ke circuit breaker. Untuk mengetahui waktu kerja relai dengan cara membagi nilai waktu tersebut, dengan begitu nilai waktu kerja relai yaitu 1,9015 detik di sisi High Voltage (HV) pada saat pengujian.

Tabel 2. Seting Akhir Relai HV

POSISI SETTING					HASIL TEST SETTING				
FASA	In	Is	tms	Moment	I Kerja	I Kembali	t	Moment	Moment
	(A)	(A)		$x \cdot I_n / I_s$	(A)	(A)	(det.)	(A)	(det.)
R	1	0,92	0,375	7,43	0,929	0,86	3,803	8	0,38
S	1	0,92	0,375	7,43	0,929	0,86	3,803	8	0,36
T	1	0,92	0,375	7,43	0,929	0,86	3,799	8	0,37
GFR	1	0,39	0,675	-	0,394	0,36	6,85	-	-

Pengaturan relai dimaksudkan untuk menetapkan batas minimum besaran terukur agar relai dapat berfungsi. Dengan metode yang digunakan yaitu (Inverse Definite Minimum Time) IDMT yaitu relai arus lebih dengan penundaan waktu tertentu dan terbalik **(Nova, 2013)**, dapat diartikan bahwa semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu kerja relai. Berikut perhitungan dengan metode IDMT :

a. Arus nominal trafo disisi 150 KV

$$I_n = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} V_{LL}} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} 150 \text{ KV}} = \frac{60.000.000 \text{ VA}}{\sqrt{3} 150.000 \text{ V}} = \frac{6000}{25,98} = 230,94$$

b. Rasio CT = $\frac{300}{1} = 300$

c. Setting Arus OCR disisi 150 KV

$$I_{setOCR} = 1,2 \times I_n$$

$$= 1,2 \times 230,94$$

$$= 277,128 \text{ A (Primer)}$$

$$I_{setOCR} = \frac{I_{set \text{ Primer}}}{CT_{rasio}}$$

$$= \frac{277,128 A}{300}$$

$$= 0,92376 A$$

$$= 0,92 A \text{ (Sekunder)}$$

d. Waktu setting relai OCR

$$t = \frac{k}{(I_{setOCR})^{\alpha-1}} \times TMS$$

$$= \frac{0,14}{(277,128)^{0,02-1}} \times 0,375$$

$$= 0,44095 s$$

Pada perhitungan didapat 0,44095 detik nilai waktu kerja tersebut merupakan batas minimum relai OCR bekerja, dengan metode yang digunakan yaitu IDMT. Pada pengujian 1,9015 detik di sisi HV merupakan nilai waktu kerja relai yang sudah sesuai standar nilainya diatas batas minimum berdasarkan metode IDMT. Sedangkan menurut standar IEC 60255-1 ketahanan trafo terhadap hubung singkat eksternal adalah 2 detik, tetapi untuk memperpanjang usia trafo maka pada sisi incoming ditetapkan terjadi pemutusan maksimal 1 detik (**Nugroho & Sukmadi, 2017**). Sehingga dapat dikatakan hasil pengujian juga sesuai dengan standar tersebut.

3.1.2 Hasil Uji Proteksi Over Current Relay di Sisi LV

1. Karakteristik Waktu

Tms OCR : 0,175 SI

Tms GFR : 0,125 SI

Nilai tms OCR dan GFR diatas merupakan standar invers yang digunakan XYZ. Tabel 3 terdapat nilai karakteristik waktu di sisi low voltage (LV) di setiap fasanya. Pada pengujiannya dilakukan perubahan nilai pada perkalian terhadap arus untuk mendapatkan nilai waktu kerja relai yang diinginkan XYZ.

Tabel 3. Karakteristik Waktu LV

INJEKSI	$1,5 \times I_s$	$2 \times I_s$	$3 \times I_s$	$4 \times I_s$	$5 \times I_s$
Fasa R	3,041	1,789	1,124	0,54	0,35
Fasa S	3,059	1,787	1,125	0,537	0,356
Fasa T	3,048	1,786	1,127	0,544	0,35
GFR	2,238	1,298	0,817	0,645	0,554

2. Setting Akhir Relai

Tabel 4 merupakan hasil setting akhir relai yaitu 1,789 detik nilai tersebut merupakan waktu kerja dan waktu kembali relai untuk memberikan informasi ke circuit breaker. Untuk mengetahui waktu kerja relai dengan cara membagi nilai waktu tersebut, dengan begitu nilai waktu kerja relai yaitu 0,8945 detik di sisi low voltage (LV) pada saat pengujian di lapangan.

Tabel 4. Seting Akhir Relai LV

POSISI SETTING						HASIL TEST SETTING							
FASA	In	Is	tms	IHS-1	IHS-2	I Kerja	I Kembali	t	IHS-1	IHS-1	IHS-2	IHS-2	
	(A)	(A)		(A)	(A)	(A)	(A)	(det.)	(A)	(det.)	(A)	(det)	
R	5	5,2	0,175	17,3	26	5,252	4,93	1,789	20,8	0,54	26	0,35	
S	5	5,2	0,175	17,3	26	5,252	4,95	1,787	20,8	0,537	26	0,356	
T	5	5,2	0,175	17,3	26	5,252	4,93	1,787	20,8	0,544	26	0,35	
GFR	5	0,85	0,125	-	-	0,85	0,819	1,298	-	-	-	-	

a. Arus nominal trafo di sisi 20 KV

$$I_n = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} V_{LL}} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} 20 \text{ kV}} = \frac{60.000.000 \text{ VA}}{\sqrt{3} 20.000 \text{ V}} = \frac{6000}{3,464} = 1732,1 \text{ A}$$

b. Rasio CT = $\frac{2000}{5} = 400$

c. Setting Arus OCR di sisi 20 KV

$$I_{setOCR} = 1,2 \times I_n$$

$$= 1,2 \times 1732,1$$

$$= 2078,52 \text{ A (Primer)}$$

$$I_{setOCR} = \frac{I_{set \text{ Primer}}}{CT_{rasio}}$$

$$= \frac{2078,52 \text{ A}}{400}$$

$$= 5,1963 \text{ A} = 5,2 \text{ A (Sekunder)}$$

d. Waktu setting relai OCR (ts)

$$t = \frac{k}{(I_{setOCR})^{\alpha-1}} \times TMS$$

$$= \frac{0,14}{(2078,52)^{0,02-1}} \times 0,175$$

$$= 0,1484 \text{ s}$$

Pada perhitungan didapat 0,1484 detik nilai waktu kerja tersebut merupakan batas minimum rele OCR bekerja, dengan metode yang digunakan yaitu IDMT. Pada pengujian 0,8945 detik di sisi LV merupakan nilai waktu kerja relai yang sudah sesuai standar. Menurut standar IEC 60255-1 ketahanan trafo terhadap hubung singkat eksternal adalah 2 detik, tetapi untuk memperpanjang usia trafo maka pada sisi incoming ditetapkan terjadi pemutusan maksimal 1 detik (**Nugroho & Sukmadi, 2017**). Dengan begitu pengujian dapat dikatakan sesuai dengan standar tersebut.

3.1.3 Uji Kelayakan Relai

1. Arus kerja minimum dan kembali HV pada pengujian

Tabel 5 terdapat nilai arus kerja minimum dan kembali di sisi High Voltage (HV). Nilai seting arus yang didapat pada pengujian di lapangan yaitu 0,92 ampere.

Tabel 5. Arus Kerja Minimum dan Kembali HV

FASA	R	S	T	GFR
Arus Nominal (In) Amp.	1	1	1	1
Setting (Is) Amp.	0,92	0,92	0,92	0,39
Arus Kerja (Ip) Amp.	0,929	0,929	0,929	0,394
Arus Kembali (Id) Amp.	0,86	0,86	0,86	0,36
Ratio (Id/Ip) %	92,57	92,57	92,57	91,37

Berdasarkan perhitungan di sisi primer didapat 0,92 ampere, sedangkan di lapangan terukur arus seting 0,92 ampere sehingga nilai seting sesuai dengan standar metode IDMT. Rasio 92,57% pada Tabel 5 merupakan nilai kelayakan relai, sesuai standar XYZ $\pm 10\%$ relai dapat dikatakan masih layak digunakan.

2. Arus kerja minimum dan kembali LV pada pengujian

Tabel 6 terdapat nilai arus kerja minimum dan kembali di sisi low voltage (LV). Didapat nilai seting arus pada relai yaitu 5,2 ampere.

Tabel 6. Arus kerja minimum dan kembali LV

FASA	R	S	T	GFR
Arus Nominal (In) Amp.	5	5	5	5
Setting (Is) Amp.	5,2	5,2	5,2	0,85
Arus Kerja (Ip) Amp.	5,252	5,252	5,252	0,858
Arus Kembali (Id) Amp.	4,93	4,95	4,93	0,819
Ratio (Id/Ip) %	93,87	94,25	93,87	95,45

Berdasarkan perhitungan di sisi sekunder didapat 5,2 ampere, sedangkan di lapangan terukur arus seting 5,2 ampere sehingga nilai seting sesuai dengan standar metode IDMT. Rasio 93,87% yang dapat dilihat pada Tabel 10 merupakan nilai kelayakan relai, sesuai standar XYZ $\pm 10\%$ relai dapat dikatakan masih layak digunakan.

3. Kelayakan relai hasil pengujian

Tabel 7 merupakan data yang diambil dari pengujian di lapangan. Dimana akan dicari kelayakan relai menurut standar IEC 60255 dengan data yang didapat pada seting dan waktu kerja rele.

Tabel 7. Kelayakan Relai

Data	Seting arus (A)		Waktu kerja relai (s)	
	primer	sekunder	primer	sekunder
Hasil pengujian	0,92	5,2	1,9015	0,8945
Batas minimum	0,92	5,2	0,44095	0,1484
Batas maksimum	1,104	6	≤ 2	≤ 1
kelayakan	Layak		Layak	

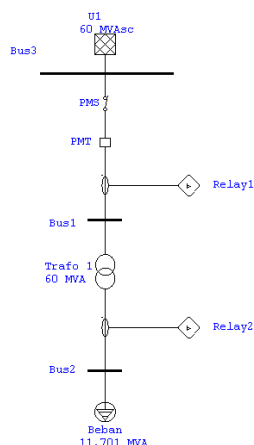
setting arus OCR harus lebih besar dari kemampuan arus nominal trafo yang diamankan (110 – 120% dari nominal), sehingga tidak bekerja pada saat trafo dibebani nominal, akan tetapi harus dipastikan bahwa setting arus relai masih tetap bekerja pada arus hubung singkat fasa-fasa minimum (Nova, 2013).

Dapat di simpulkan bahwa relai masih layak digunakan dengan mengetahui batas minimum dan maksimum waktu kerja relai. Seperti dalam Tabel 11 Pada sisi primer waktu kerja relai di bawah 2 detik dan diatas 0,44095 detik, untuk di sisi sekunder di bawah 1 detik dan diatas 0,1484 detik dengan begitu dapat menyimpulkan bahwa rele masih layak digunakan.

3.2 Simulasi Pengujian Menggunakan ETAP

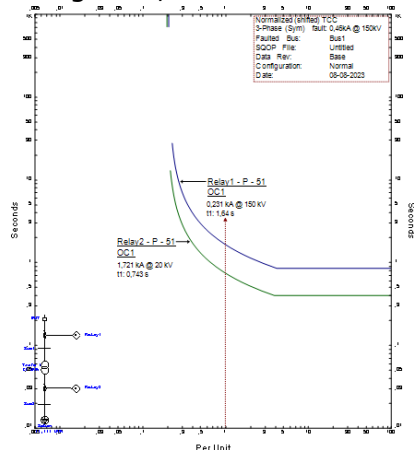
Gambar 3 memperlihatkan tampilan singel line diagram pada simulasi ETAP yang bertujuan untuk mengetahui nilai arus gangguan di sisi primer dan di sisi sekunder pada transformator 1 new rancakasumba dengan beban 11,69567 MW. Dengan begitu mengetahui bahwa waktu kerja relai dapat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus gangguan.

Analisis Simulasi Pengujian Proteksi Over Current Relay Pada Sisi Primer Dan Sekunder Transformator 1 New-Rancakasumba



Gambar 3. Singel Line Pada Simulasi ETAP

Gambar 4 merupakan kurva koordinasi OCR pada simulasi, terdapat garis berwarna biru, hijau, dan merah. Warna biru menunjukkan arus nominal di sisi primer 231 ampere. Warna hijau menunjukkan arus nominal di sisi sekunder 1721 ampere. Pada gambar garis berwarna merah menunjukkan arus gangguan yang memotong arus nominal peralatan terkecil dengan arus gangguan 0,46 kA, dengan begitu pertemuan garis hijau, biru dengan merah adalah waktu kerja circuit breaket untuk memutus tegangan dengan waktu yang dibutuhkan relai untuk bekerja 1,645 detik di primer sedangkan 0,743 detik di sekunder.



Gambar 4. Kurva Koordinasi OCR

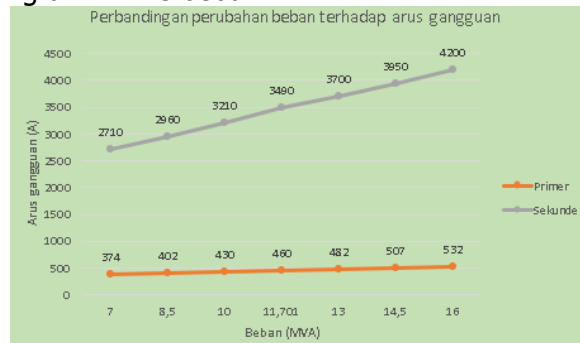
Tabel 8 adalah hasil simulasi pengujian perubahan beban dengan setting relai yang tetap menggunakan software Etap 12.6.

Tabel 8. Data Hasil Simulasi

Beban (MVA)	Arus gangguan (A)		Waktu kerja relai (s)	
	Primer	Sekunder	Primer	Sekunder
7	374	2710	2,665	1,106
8,5	402	2960	2,246	0,948
10	430	3210	1,988	0,848
11,701	460	3490	1,645	0,743
13	482	3700	1,608	0,727
14,5	507	3950	1,581	0,687
16	532	4200	1,502	0,634

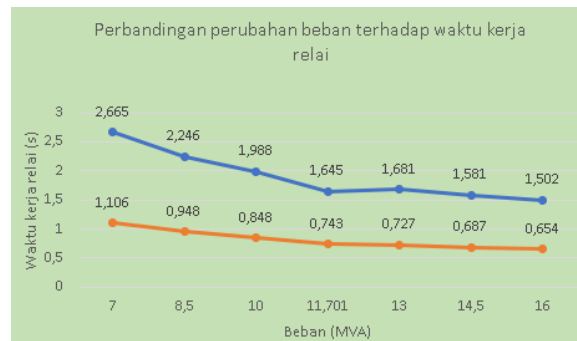
Nilai pada arus gangguan dan waktu kerja relai berubah-ubah ini terjadi karena ketika beban berubah maka daya pun akan berubah menyesuaikan kebutuhan beban yang membuat arus semakin besar. Seperti pernyataan IDMT maka ketika adanya arus gangguan semakin besar, relai akan cepat membaca arus tersebut dan memberikan informasi ke circuit breaker. merujuk pada standar IEC 60255-151 karena sistem proteksi dikatakan berfungsi dengan baik jika memenuhi persyaratan yaitu andal, selektif, peka, dan cepat (**Dedi Hariyono, 2019**). Maka jika relai bekerja sesuai standar relai masih memenuhi persyaratan dengan begitu relai masih layak digunakan.

Pada Gambar 5 terdapat gambar kurva perbandingan antara beban terhadap arus gangguan, semakin besar beban maka semakin besar arus gangguannya. Karena arus gangguan dipengaruhi oleh daya yang dikirim ke beban.



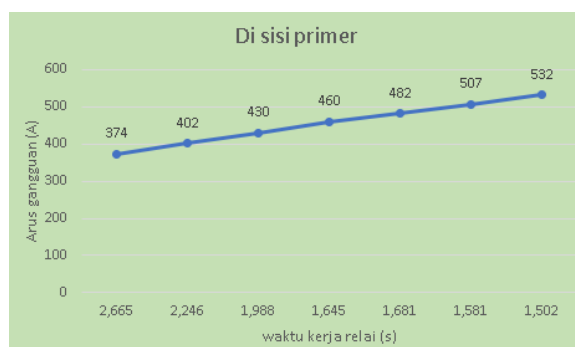
Gambar 5. Perbandingan Perubahan Terhadap Arus Gangguan

Gambar 6 terdapat gambar kurva yang menunjukkan perubahan beban terhadap waktu kerja relai, semakin besar beban maka semakin cepat waktu kerja rele sebaliknya semakin kecil beban maka semakin lambat waktu kerja relai untuk memberikan informasi ke circuit breaker. Itu terjadi karena arus gangguan akan membesar seiring daya yang dibutuhkan beban membesar, dengan begitu kerja relai akan semakin cepat dengan adanya arus gangguan yang melebihi nilai seting.



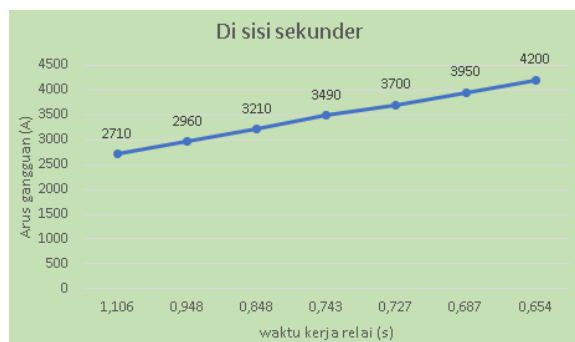
Gambar 6. Perbandingan Perubahan Beban Terhadap Waktu Kerja Relai

Gambar 7 terdapat gambar kurva yang menunjukkan perubahan arus terhadap kecepatan waktu kerja relai di sisi primer, semakin besar arus gangguan yang diterima maka semakin cepat waktu kerja relai untuk memberikan informasi ke circuit breaker. Itu terjadi karena seting di relai akan cepat menerima arus gangguan yang melebihi nilai seting.



Gambar 7. Kurva Perbandingan Arus Terhadap Waktu Kerja Relai Di Sisi Primer

Gambar 8 terdapat gambar kurva yang menunjukkan perubahan arus terhadap kecepatan waktu kerja relai di sisi sekunder, semakin besar arus gangguan yang diterima maka semakin cepat waktu kerja relai untuk memberikan informasi ke circuit breaker. Itu terjadi karena seting di relai akan cepat menerima arus gangguan yang melebihi nilai seting.



Gambar 8. Kurva Perbandingan Arus Terhadap Waktu Kerja Relai Di Sisi Sekunder

3.3 Validasi Pengujian di Lapangan dan Simulasi

Tabel 9 menunjukkan validasi nilai eror antara pengujian di lapangan dengan simulasi pada ETAP.

Tabel 9. Validasi Nilai Eror

Data	Hasil Simulasi		pengujian		Eror	
	Primer	Sekunder	Primer	Sekunder	Primer	Sekunder
Waktu kerja relai (s)	1,645	0,743	1,9015	0,8945	13%	17%

Nilai eror yang didapat 13% di sisi primer sedangkan 17% di sisi sekunder. Nilai eror terjadi karena pada simulasi ETAP berfokus pada kondisi normal sedangkan di lapangan ada faktor lain yang dapat mempengaruhi contohnya faktor lingkungan, dan ada keterbatasan ketersediaan data yang dibutuhkan pada simulasi sehingga memberikan selisih nilai dibandingkan dengan hasil pengujian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian OCR pada transformator dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Metode IDMT (Inverse Definite Minimum Time) sebagai metode untuk mencari batas minimum besaran ukur agar relai bekerja. Dan didapat nilai seting relai 5,2 A di HV dan 0,9 A di LV.

Dari hasil perhitungan dengan metode IDTM (Inverse Definite Minimum Time) nilai minimum seting waktu kerja relai didapat 0,44095 s di HV dan 0,1484 s di LV.

Hasil simulasi perubahan beban dari 7, 8.5, 10, 11.701, 13, 14.5, dan 16 MVA dengan setting relai OCR yang tetap. Bahwa beban dapat mempengaruhi perubahan arus gangguan yang membuat waktu kerja relai berubah-ubah sesuai besarnya arus gangguan. semakin besar arus gangguan yang masuk maka semakin cepat relai bekerja untuk memberikan informasi ke circuit breaker.

Dengan mengetahui batas minimum dan maksimum waktu kerja relai seperti pada primer minimum waktu kerja relai yaitu 0,44095 detik dan maksimum di bawah 2 detik, dapat menyimpulkan bahwa waktu kerja relai 1,9015 detik relai masih layak digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada XYZ yang telah menerima dan membimbing selama penelitian berlangsung dan selama penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aribowo, B. T., Setiawidayat, S., & Muksim, M. (2018). Simulasi Dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software ETAP 12.6. Retrieved from <http://publishing-widyagama.ac.id>
- Dedi Hariyono. (2019). Analisa Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Eksternal Transformator. 32, 37–43. <https://ojs.unimal.ac.id/>
- Ghazan Gifari, A. (2020). Analisis Pengujian Trafo Distribusi Special Test dan Routine Tests Pada Trafo 5 MVA 20 kV TO 6,3 kV.
- Indrajaya Putra, A., & Winardi, B. (2017). Evaluasi Setting Relay Arus Lebih Dan Setting Relay Gangguan Tamah Pada Gardu Induk 150KV Bawen. <https://ejournal3.undip.ac.id>
- Karyana. (2013). Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali.
- Machfudiah. (2016). Analisis Alir Daya Sistem Distribusi Radikal Dengan Metode Topology Network Berbasis Graphical User Interface (GUI) Matlab. In Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents. <https://ejournal3.undip.ac.id>
- Muhammad Fauzan, Dwi Rianto, D. P. (2019). Analisis Kuantitatif Kinerja Jalan dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). Retrieved from <https://ejurnal.its.ac.id>
- Nova, T. (2013). Perhitungan Setting Rele OCR dan GFR pada Sistem Interkoneksi Diesel Generator di Perusahaan "X ". In Jurnal Reka Elkomika ©Teknik Elektro | Itenas | (Vol. 1, Issue 1). Retrieved from <https://ejurnal.itenas.ac.id>
- Nugroho, A., & Sukmadi, T. (2017). Koordinasi Over Current Relay (Ocr) Sisi Incoming 1 Dengan Ocr Sisi Outgoing Kls 03 Pada Gi Kalisari. Transmisi, 19(3), 114. Retrieved from <https://doi.org>