Rancang Bangun Proteksi Stand By Earth Fault Pada Simulator Koordinasi Proteksi Transformator Tenaga

Irvan Nur Cahyady[1], Supriyanto[2*], Hari Purnama[3]

[1,2,3]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
[1]*E-mail : irvan.nur.tlis19@polban.ac.id*
[2]*E-mail : *supriyanto_suhono@polban.ac.id*
[3]*E-mail : haripoernama@yahoo.com*
**E-mail korespondensi*

ABSTRAK

Transformator Tenaga merupakan perangkat listrik yang digunakan dalam sistem tenaga. Salah satu hal yang paling pening dalam kelistrikan adalah sistem proteksi, saat ini teknologi proteksi listrik berkembang pesat salah satunya relai numerik. Dengan adanya preangkat proteksi dapat menjaga peralatan listrik dalam meminimalisir gangguan. Gangguan yang kerap terjadi dalam sistem transformator tenaga ini ialah gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, oleh karena itu Relai *Stand by Earth Fault Fault* digunakan sebagai pengaman proteksi gangguan tanah, relai SBEF ini bekerja ketika terjadi gangguan dan apabila relai utama yang dikoordinasikan gagal melakukan trip. Relai yang akan digunakan sebagai proteksi SBEF ini adalah relai MICOM P122 dengan fungsi fasa dari relai tersebut dinonaktifkan dan hanya menggunakan fungsi earth pada relai tersebut. Pengaturan koordinasi dengan GFR dibuat dengan setting arus yang sama yaitu 0,5A dan relai MICOM P122 ini terhubung dengan rasio CT sebesar 15/5A sehingga setting yang diperoleh untuk setting SBEF adalah Iset (0,167A) terhadap gangguan ke tanah. Waktu koordinasi antar relai SBEF dan GFR selama 0,4 detik maka waktu kerja untuk SBEF sebesar 0,8 detik dengan arus gangguan hubung singkat 1 fasa tanah sebesar 0,78A dan diperoleh TMS untuk relai sebesar 0,045. Jadi pada koordinasi relai SBEF ketika disimulasikan dengan GFR Pada saat gangguan pada internal disimulasikan gangguan 1 fasa ke tanah dan gangguan open phase maka yang lebih dulu trip saat gangguan adalah GFR terlebih dahulu sedangkan apabila relai GFR gagal melakukan trip makan relai SBEF lah yang akan mengamankan dan melakukan trip.

Kata Kunci

SBEF, GFR, Transformator Tenaga, MICOM P122

1. PENDAHULUAN

Transformator tenaga adalah perangkat listrik yang digunakan dalam sistem tenaga listrik. Pada sistem ini, transformator bertindak sebagai penyalur energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya. Jadi transformator tenaga merupakan salah satu peralatan listrik yang sangat penting dalam sistem energi listrik[1].

Dalam proteksi transformator tenaga dari gangguan arus lebih/hubung singkat, dibutuhkan adanya relai proteksi untuk mengatasi kegagalan hubung singkat yang terjadi pada transformator tenaga yang dapat berupa gangguan hubung singkat internal maupun eksternal. Pada umumnya dalam sistem tenaga listrik, gangguan kerap terjadi karena beberapa macam faktor seperti gangguan alam, petir pada saluran transmisi, pohon tumbang pada saluran transmisi, kegagalan isolasi, kegagalan kabel, kegagalan peralatan listrik, dan sebagainya.

Oleh karena itu relai *Stand by Earth Fault* (SBEF) digunakan sebagai proteksi ketika adanya gangguan yang mengalir ke titik netral trafo. Relai SBEF ini adalah relai yang bekerja ketika terdapat gangguan satu fasa ke tanah yang arus gangguan tersebut terdeteksi sangat kecil karena adanya NGR[2]. Relai SBEF merupakan cadangan terakhir apabila relai REF (87N) dari Relai Differensial dan Relai GFR (50N/51N) gagal melakukan trip atau gagal bekerja ketika gangguan terjadi.

Dalam koordinasi yang akan dilakukan, Relai SBEF dikoordinasikan dengan Relai GFR. Untuk melakukan simulasi koordinasi proteksi transformator tenaga. SBEF difungsikan sebagai cadangan terakhir dari relai differential dan relai GFR. Karena relai differensial tidak digunakan koordinasi arus waktu, maka SBEF berfungsi ketika relai differensial gagal bekerja, koordinasi arus waktu digunakan terhadap relai SBEF dan relai GFR. Apabila terdapat gangguan maka yang akan lebih dulu trip adalah relai GFR dan relai SBEF bekerja ketika relai GFR gagal fungsi.

Maka dari itu untuk melakukan simulasi proteksi transformator tenaga, Relai yang

akan digunakan sebagai proteksi SBEF ini adalah relai MICOM P122 dengan fungsi fasa dari relai tersebut dinonaktifkan dan hanya menggunakan fungsi earth pada relai tersebut ini sesuai dengan main function relai MICOM P122 yang terdapat pada Manual Book. Maka pengaturan koordinasi dengan GFR dibuat dengan harus sesuai dengan setting arus yang sama namun untuk waktu pemutusan yang lebih lambat. Pengujian simulasi gangguan dilakukan dengan dua macam gangguan yaitu gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dan open phase (fasa terlepas) dan juga pengoordinasian dengan relai GFR

2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

2.1 Relai *Stand By Earth Fault*

Relai Stand By Earth Fault (SBEF) adalah relai yang memproteksi gangguan tanah yang digunakan untuk melindungi generator, transformator dan motor dari gangguan tanah eksternal (Gangguan pembumian diluar zona, contohnya gangguan tanaha pada sisi grid).[3]

Relai SBEF pada sistem proteksi ini akan beroperasi ketika arus netral atau arus tidak seimbang mencapai nilai batas setting yang telah ditentukan. Pada persamaan dibawah adalah perhitungan yang diapakai untuk mencari arus setting SBEF :

$$Iset = \frac{0.2 * In}{InCT} \quad (1$$

2.1.1 Prinsip Kerja SBEF

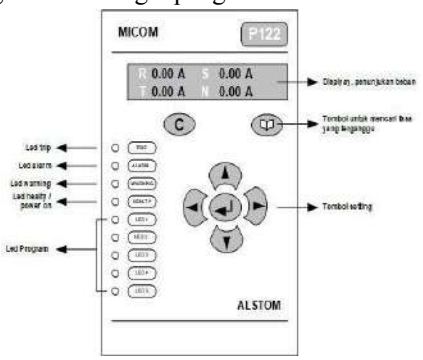
Mengacu pada arus di ketiga fasa yaitu I1, I2, dan I3. Arus alami yaitu IN. Pada saat kondisi normal, tidak ada arus yang mengalir di netral. Dimana hukum *Kirchhoff* untuk arus,

$$I1 + I2 + I3 = IN = 0 \quad (2$$

Pada kondisi ini relai tidak akan mengoperasikan trip sirkuit. Pada kondisi tidak normal dengan contoh adanya gangguan pada fasa R, maka gangguan yang tidak seimbang akan menuju ke netral. CT akan membaca arus gangguan ketidakseimbangan tersebut dan jika arus gangguan melebihi batas penyetelan pada relai, relai akan trip atau beroperasi.

2.2. Relai MICOM P122

Micom P122 adalah relai digital yang dapat digunakan untuk kasus gangguan seperti *Overcurrent, Earth Fault,* dan sebagainya. Proteksi *Earth Fault* atau Gangguan tanah ini sangat bisa digunakan pada jaringan listrik dengan arus gangguan tanah yang rendah.Relai ini nantinya yang akan digunakan sebagai pengaman relai SBEF



Gambar 1 Micom P122

2.2.1. Prinsip Dasar Perhitungan Kurva Karakteristik *Inverse*

$$t = \left(\frac{K}{\left(\frac{I}{Is}\right)^{\alpha} - 1} + L\right) * T \quad (3)$$

Dimana :

t : Waktu kerja
K : Faktor (lihat tabel)
I : Nilai terukur arus
Is : Nilai arus setting
α : Faktor (lihat tabel)
L : *ANSI/IEEE constant (zero for IEC and RECT curves)*
T : *Time multiplier setting* dari 0.025 - 1.5

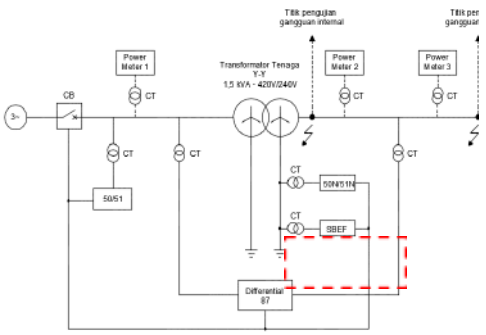
Tabel 1 Faktor perhitungan

Type of curve	Standard	K factor	α factor	L factor
Short time inverse	Schneider Electric	0.05	0.04	0
Standard inverse	IEC	0.14	0.02	0
Very inverse	IEC	13.5	1	0
Extremely inverse	IEC	80	2	0
Long time inverse	Schneider Electric	120	1	0
Short time inverse	C02	0.02394	0.02	0.01694
Moderately Inverse	ANSI/IEEE	0.0515	0.02	0.114
Long time inverse	C08	5.95	2	0.18
Very inverse	ANSI/IEEE	19.61	2	0.491
Extremely inverse	ANSI/IEEE	28.2	2	0.1217
Rectifier protection	RECT	45900	5.6	0

2.3 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang disebabkan oleh gangguan antar tegangan. Kegagalan hubung singkat juga dapat disebabkan oleh isolasi tembus cahaya atau rusak, karena tidak dapat menahan lonjakan arus internal dan eksternal (karena sambaran petir). Kegagalan hubung singkat dapat berupa dua fase, tiga fase, satu fase ke bumi, dua fase ke bumi, atau tiga fase ke bumi..

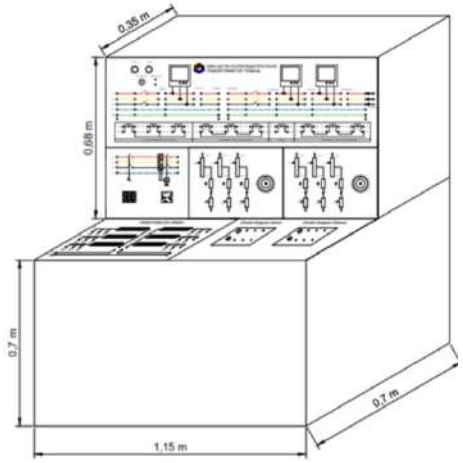
2.4 Rancangan Fungsional Simulator



Gambar 2 Diagram Satu Garis Untuk Koordinas Simulasi Proteksi

Pada gambar 2 diatas menunjukan bahwa masing – masing peralatan yang digunakan dalam simulator koordinasi proteksi transformator.

2.5 Rancangan Konstruksi



Gambar 3 Konstruksi Simulator Proteksi

2.6 Deskripsi Kerja Alat

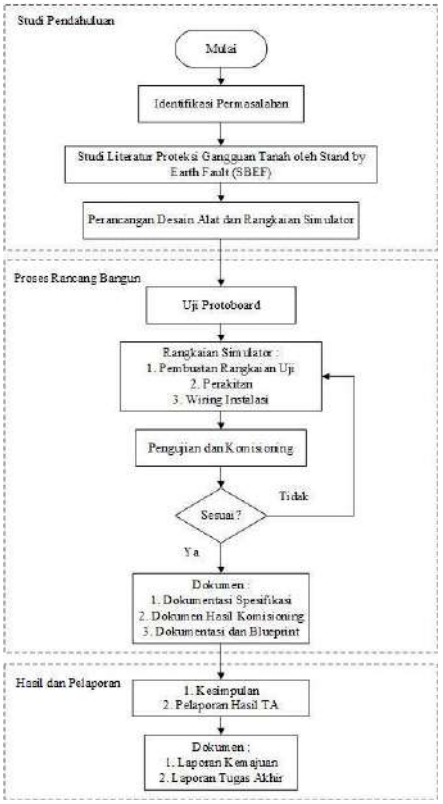
Dalam proteksi terhadap gangguan tanah SBEF digunakan sebagai pengaman backup untuk pengaman utama GFR pada simulator koordinasi transformator tenaga. Relai proteksi yang digunakan adalah relai Schneider dengan tipe MICOM P122 dengan rasio CT yang digunakan untuk SBEF yaitu 15/5.

Trafo daya yang digunakan dalam simulator memiliki rating 1,5kVA (rasio Y-Y) dan memiliki rasio putaran 420/240. Arus beban yang digunakan adalah 1A. Pemutus sirkuit yang dipasang di simulator disimulasikan dengan kontaktor tiga fase dan relai DC 12 volt.

Simulasi gangguan yang dilakukan adalah simulasi hubung singkat internal dan eksternal menggunakan resistor. Simulasi gangguan tanah tiga fase, dua fase, dan satu fase dilakukan untuk kegagalan internal. Mirip dengan kegagalan eksternal, terjadi korsleting tiga fase. Kondisi fase terbuka juga dilakukan untuk gangguan tanah.

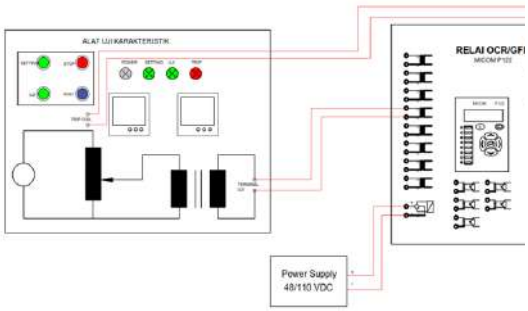
Fungsi dari SBEF bekerja ketika terjadi gangguan arus yang mengalir ketitik netral trafo dan sebagai backup dari pengaman utama GFR Waktu kerja SBEF akan lebih lambat dari pengaman utama GFR.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3 Diagram Alir

3.2. Pengujian Karakteristik Relai MiCOM P122



Gambar 3 Pengujian Karakteristik Relai

3.3 Data Pengujian Karakteristik IEC

Tabel 2 Hasil Data Pengujian Karakteristik IEC SI

IEC SI

I Fault	I (A)	t(s) pengukuran	t(s) perhitungan
1,50	1,50	8,20	8,60
2,00	2,00	5,40	5,01
2,50	2,50	3,70	3,78
3,00	3,00	3,20	3,15
3,50	3,50	2,70	2,76
4,00	4,00	2,50	2,49
4,50	4,50	2,30	2,29
5,00	5,00	2,10	2,14
5,50	5,50	2,00	2,02
6,00	6,00	1,85	1,92
6,50	6,50	1,70	1,84
7,00	7,00	1,60	1,76
7,50	7,50	1,59	1,70
8,00	8,00	1,50	1,65
8,50	8,50	1,45	1,60
9,00	9,00	1,40	1,56
9,50	9,50	1,35	1,52
10,00	10,00	1,32	1,49

Tabel 3 Hasil Data Pengujian Karakteristik IEC STI

IEC STI

I Fault	I (A)	t(s) pengukuran	t(s) perhitungan
1,50	1,50	1,58	1,53
2,00	2,00	0,91	0,89
2,50	2,50	0,70	0,67
3,00	3,00	0,64	0,56
3,50	3,50	0,52	0,49
4,00	4,00	0,46	0,44
4,50	4,50	0,43	0,40
5,00	5,00	0,37	0,38
5,50	5,50	0,36	0,35
6,00	6,00	0,33	0,34

IEC STI

I Fault	I (A)	t(s) pengukuran	t(s) perhitungan
6,50	6,50	0,32	0,32
7,00	7,00	0,32	0,31
7,50	7,50	0,31	0,30
8,00	8,00	0,28	0,29
8,50	8,50	0,28	0,28
9,00	9,00	0,27	0,27
9,50	9,50	0,27	0,27
10,00	10,00	0,25	0,26

Tabel 4 Hasil Data Pengujian Karakteristik IEC VI

IEC VI

I Fault	I (A)	t(s) pengukuran	t(s) perhitungan
1,50	1,50	15,25	13,50
2,00	2,00	6,70	6,75
2,50	2,50	4,58	4,50
3,00	3,00	3,23	3,38
3,50	3,50	2,68	2,70
4,00	4,00	2,21	2,25
4,50	4,50	1,93	1,93
5,00	5,00	1,68	1,69
5,50	5,50	1,54	1,50
6,00	6,00	1,39	1,35
6,50	6,50	1,28	1,23
7,00	7,00	1,19	1,13
7,50	7,50	1,06	1,04
8,00	8,00	0,98	0,96
8,50	8,50	0,91	0,90
9,00	9,00	0,86	0,84
9,50	9,50	0,80	0,79
10,00	10,00	0,74	0,75

Tabel 5 Hasil Data Pengujian Karakteristik IEC EI

IEC EI

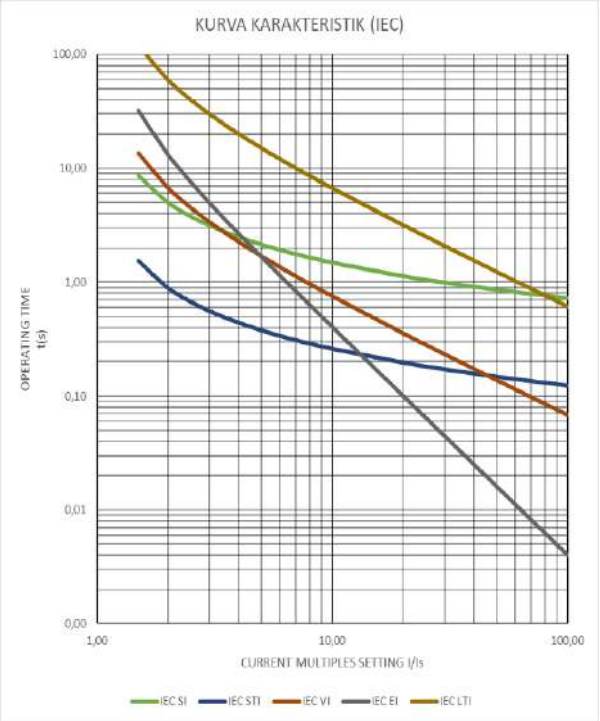
I Fault	I (A)	t(s) pengukuran	t(s) perhitungan
1,50	1,50	32,50	32,00
2,00	2,00	14,25	13,33
2,50	2,50	7,89	7,62
3,00	3,00	5,10	5,00
3,50	3,50	3,63	3,56
4,00	4,00	2,70	2,67
4,50	4,50	2,09	2,08
5,00	5,00	1,70	1,67
5,50	5,50	1,40	1,37
6,00	6,00	1,18	1,14
6,50	6,50	1,03	0,97
7,00	7,00	0,88	0,83
7,50	7,50	0,70	0,72
8,00	8,00	0,68	0,63

IEC EI			
I Fault	I (A)	t(s) pengukuran	t(s) perhitungan
8,50	8,50	0,58	0,56
9,00	9,00	0,53	0,50
9,50	9,50	0,45	0,45
10,00	10,00	0,41	0,40

Tabel 6 Hasil Data Pengujian Karakteristik IEC LTI

IEC LTI			
I Fault	I (A)	t(s) pengukuran	t(s) perhitungan
1,50	1,50	125,60	120,00
2,00	2,00	65,40	60,00
2,50	2,50	42,50	40,00
3,00	3,00	28,60	30,00
3,50	3,50	23,60	24,00
4,00	4,00	18,20	20,00
4,50	4,50	16,95	17,14
5,00	5,00	14,80	15,00
5,50	5,50	13,16	13,33
6,00	6,00	11,95	12,00
6,50	6,50	11,00	10,91
7,00	7,00	10,05	10,00
7,50	7,50	9,12	9,23
8,00	8,00	8,45	8,57
8,50	8,50	8,05	8,00
9,00	9,00	7,68	7,50
9,50	9,50	7,03	7,06
10,00	10,00	6,64	6,67

3.3.1. Kurva Karakteristik IEC



Gambar 4 Kurva Karakteristik IEC

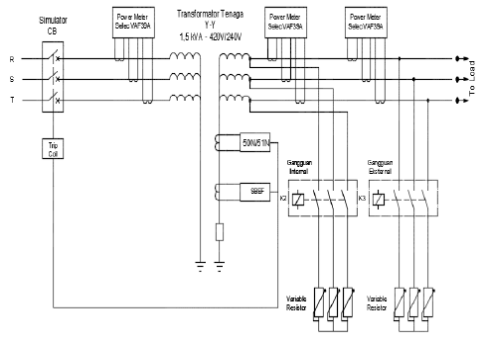
Keterangan :
I/Is : Arus Gangguan/Arus Setting
t(s) : Waktu Pemtusan ketika terjadi gangguan

Pada gambar 4 kurva karakteristik hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwar waktu pemutusan relai MICOM P122 berbanding terbalik dengan arus gangguan. Semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu pemutusannya, untuk karakteristik IEC.

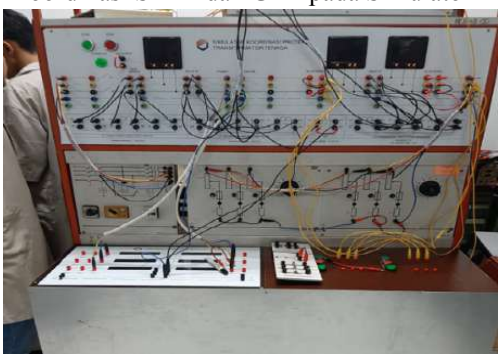
3.4 Pengujian *Stand by Earth Fault* Pada Simulator

Pada pengujian stand by earth fault pada simulator ini dilakukan beberapa simulasi gangguan seperti gangguan fasa ke tanah dan gangguan ketika terjadi open phase. Pada saat akan melukan simulasi relai MICOM P122 ini dipasangkan pada sisi netral keluaran sekunder trafo, dimana arus pembacaan ini dilakukan pada arus yang masuk ke titik netral ketika terjadi gangguan. Pada kondisi normal ketika tidak ada gangguan pembenanan yang digunakan adalah 30% dari kapasitas transfromator tenaga. Pada gambar dibawah ini menunjukan gambar pengawatan untuk pengujian poteksi SBEF dengan koordinasinya oleh GFR pada simulator

koordinasi transformator tenaga.



Gambar 6 Rangkaian Pengujian Koordinasi SBEF dan GFR pada Simulator



z

Gambar 5 Pengujian Koordinasi SBEF dan GFR

3.4.1. Hasil Simulasi Ketika Gangguan

Dari hasil simulasi ketika terjadi gangguan dimana dilakukan pensimulasian arus gangguan fasa ke tanah dan *open phase*, data tersebut nantinya digunakan sebagai acuan pada saat melakukan setting relai MICOM P122 sebagai SBEF.

Tabel 7 Hasil Simulasi Arus Gangguan pada Sisi CT Primer

Arus pada CT (Primer)

	Kondisi Normal	Internal	Eksternal	Open Phase
N	0,15	0,55	0,23	0,58

Arus pada CT (Primer)

	SC 1 Fase (R)	SC 1 Fase (S)	SC 1 Fase (T)
N	0,37	0,36	0,41

Tabel 8 Hasil Simulasi Arus Gangguan pada Sisi CT Sekunder

Arus pada CT (Sekunder)

	Kondisi Normal	Internal	Eksternal	Open Phase
N	0,05	0,18	0,08	0,19

Arus pada CT (Sekunder)

	SC 1 Fase (R)	SC 1 Fase (S)	SC 1 Fase (T)
N	0,10	0,11	0,14

Dari data tabel diatas dapat dilihat bahwa arus yang masuk ke titik netral pada saaat terjadinya simulasi gangguan, data yang telah diambil ini nantinya digunakan sebagai acuan setting untuk relai MICOM P122 sebgai pengaman SBEF.

3.4.2. Setting Relai MICOM P122 (SBEF)

Dalam melakukan setting relai MICOM P122 ada beberapa tahap yaitu setting arus, karakteristik yang digunakan, setting TMS. Perhitungan untuk relai MICOM P122 diantaranya adalah :

1) Penyetingan untuk Arus

$$Iset = \frac{0.2 * In}{InCT} \quad (11)$$

$$Iset = \frac{0.2*0,2}{0,3}$$

$$Iset = 0.13\ A$$

2) Penyetingan *Time Multiplier Setting* (TMS)

Dalam menentukan tms untuk SBEF dalam koordinasi pada simulasi ini harus menyesuaikan dengan setting waktu pada GFRnya, sebagaimana tercantum pada ANSI/IEEE Std-242:1986, bahwa jarak waktu antar relai harus 0.3 detik – 0.4 detik

Maka dari itu diketahui untuk relai GFR mengunakan setting waktu = 0,4 detik, sehingga waktu yang diinginkan relai SBEF adalah = 0,4 detik + 0,4 detik = 0,8 detik

$$TMS = \frac{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0.02} - 1}{0,14} * t \quad (12)$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{0.2}{0.13}\right)^{0.02} - 1}{0,14} * 0.8$$

$$TMS = 0,049$$

3) Operating Time t(s) Aktual

$$t = \frac{0.14}{\left(\frac{Ihs\ 1\ fasa}{Iset}\right)^{0.02} - 1} * TMS \quad (13)$$

$$t = \frac{0.14}{\left(\frac{0.20}{0.13}\right)^{0.02} - 1} * 0.045$$

$$t = 0.78\ s$$

3.4.3. Hasil Pengujian SBEF pada Simulator

Pada pengujian gangguan SBEF hasil yang diperoleh setelah melakukan pengujian dengan setting yang telah disesuaikan, pada pengujian ini dilakukan beberapa macam simulasi yaitu pada gangguan internal (1 Fasa ke tanah dan *Open Phase*).

Tabel 9 Hasil Data Pengujian SBEF dengan Relai MICOM P122 (Internal)

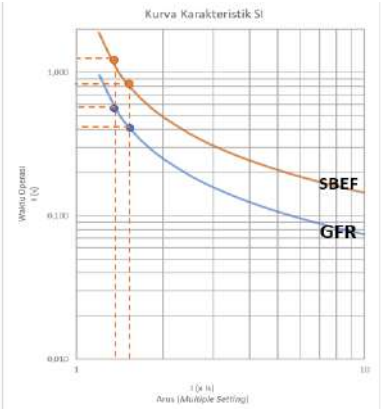
Jenis Gangguan	Setting SBEF (SI)		Pengujian	
	TMS	Iset (A)	Ifault	t (s)
Open Phase	0,44	0,167	0,21	0,800
Source Sirkuit ! Fasa ke Tanah			0,25	1,544

Tabel 10 Hasil Pengujian SBEF dengan Relai MICOM P122 (Eksternal)

Jenis Gangguan	Setting SBEF (SI)		Pengujian	
	TMS	Iset (A)	Ifault	t (s)
Open Phase	0,44	0,167	0,08	Tidak Trip
Source Sirkuit 1 Fasa ke Tanah			0,09	Tidak Trip

Pada pengoperasian simulasi gangguan yang dilakukan relai SBEF hanya dapat mendeteksi gangguan internal saja, jadi pada saat gangguan Open Phase sebesar 0,21 A yang mengalir ke titik netral maka relai akan melakukan trip selama 0,80s. dan ketika terjadi gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, arus gangguan/ Ifault yang mengalir sebesar 0,25 A dengan waktu kerja trip selama 1,54s. Ketika dilakukan pada pengujian simulasi protek pada gangguan external arus gangguan yang masuk terlalu kecil didteksi oleh relai SBEF.

3.4.4. Kurva Koordinasi SBEF dan GFR



Gambar 6 Kurva Koordinasi GFR dan SBEF

Pada gambar diatas dapat dilihat pada gambar kurva diatas bisa dilihat bahwa ketika terjadi gangguan 1 fasa ke tanah dengan nilai arus 1,5 A waktu kerja pemutusan relai yang lebih cepat adalah GFR sedangkan SBEF lebih lambat dari GFR. Jadi pada dasarnya relai SBEF adalah sebagai pengaman ketika terjadi kegagalan trip pada GFR dan nantinya relai SBEF akan melakukan trip.

4. KESIMPULAN

Proteksi *Stand by Earth Fault* pada simulator koordinasi proteksi transformator ini dapat dilakukan dengan menggunakan relai MICOM P122 dengan cara menonaktifkan fungsi fasa dari relai tersebut, dan nantinya relai ini hanya akan mendeteksi arus yang mengalir pada titik netral ketika gangguan disimulasikan.

Untuk melakukan penentuan setting pada relai SBEF ini nilainya sama dengan relaii GFR yaitu diset pada 0,5 A dengan rasio CT yang digunakan yaitu 15/5A. dengan waktu koordinasi antar relai SBEF dan GFR yaitu selana 0,4 detik maka waktu untuk SBEF sebesar 0,8 detik. Arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 0,78A maka diperoleh TMS untuk relai sebesar 0,045.

Penguujian dilakukan dengan dua macam gangguan yaitu hubung singkat satu fasa ke tanah dan *open phase* (fasa terlepas) dan juga dilakukan dengan pengkoordinasian dengan relai GFR. Hasil dari pengujian simulasi koordinasi proteksi transformator tenaga telah sesuai yang diharapkan, ketika gangguan disimulasikan yang akan bekerja terlebih dahuu adalah relai GFR dan apabila relai GFR gagal bekerja maka relai SBEF akan menggantikan sebagai proteksi cadangan ketika gangguan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan dukungan atas bantuan dana dalam penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] G. Agustina, “Analisa Reposisi CT Rele REF (Restricted Earth Fault) LV Dan CT Rele SBEF (Stand By Earthfault) Pada NGR 40 Ohm Trafo Daya 30 Mva# 3 Di Gardu Induk Bukitsiguntang Pt. Pln (Persero) Ultg Boom Baru.” (2020).

[2] Y. Marniati, & A. Fahirahanisa,. “Evaluasi Penambahan Step Relai Sbef Bay Transformator Daya 60 MVA Gi Mariana Palembang Dengan Etap 12.6. 0”. Jurnal Teknik Elektro, 10(1), 63-70. (2021).

[3] Karyono, et al., Buku Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali, 1st ed, PT PLN Persero, (2013)

[4] J. Hamid, *Power System Review Course Protection & Coordination, Module 7*, APPA, (2015)

[5] S. Abubakar, M. K. Hamid, “Pengujian Relay Arus Lebih Woodward Tipe XI1-I di

Laboratorium Jurusan Teknik Elektro", *Journal Of Electrical Technology,* Vol-1, No. 2, (2016),

[6] Z. Tarizah, "Analisa Koordinasi Setting Rele GFR Dan SBEF Sebagai Pengaman Gangguan Fasa Tanah Pada Trafo Daya 60 Mva #2 Gardu Induk Simpang Tiga Menggunakan Aplikasi Mathcad". (2020).

[7] I. P. Chandra, et al, "Studi Koordinasi Sistem Pengaman Pada Transformator Daya Pt. Pln (Persero) P3b Sub Region Bali Di Gardu Induk Padang Sambian", Jurnal Spektrum Vol-7, No.03, (2020)

[8] A. Siswanto, et al, "Perbaikan Pengkabelan Trafo Arus pada REF (Restricted Earth Fault) dan SBEF (Standby Earth Fault) untuk Meningkatkan Selektivitas Kerja Relay", E-JOINT, Vol-1 No 1, (2020)