

IMPLEMENTASI *INTERTRIPPING* POLA *WEAK INFEED* (WI) PADA SUTT 150 KV SISTEM KELISTRIKAN KALIMANTAN SELATAN DAN KALIMANTAN TENGAH

Joko Pitoyo- L2F 306 034^[1], Dr. Ir. Hermawan, DEA^[2], Karnoto, ST, MT^[3].
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Abstrak

Salah satu persyaratan terpenting dalam sistem proteksi tenaga listrik adalah sistem proteksi harus bekerja dengan cepat. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, pada sistem proteksi SUTT 150 KV sistem KALSELTENG telah diterapkan *intertripping* pola PUTT (*Permissive Underreach Transfer Trip*). Konfigurasi sumber tenaga (*infeed*) pada sistem KALSELTENG terkonsentrasi pada salah satu GI, sedangkan GI lainnya diujung saluran memiliki sumber tenaga relatif kecil (*weak infeed*). Hal tersebut dapat mengakibatkan *intertripping* pola PUTT tidak dapat bekerja dengan sempurna.

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *intertripping* pola PUTT yang telah diterapkan pada sistem KALSELTENG dengan cara melakukan simulasi gangguan hubung singkat pada SUTT 150 KV menggunakan software microsoft excel, sehingga didapatkan lokasi *intertripping* pola PUTT yang mengalami gagal kerja.

Dari penelitian ini telah diketahui 14 lokasi *intertripping* pola PUTT mengalami gagal kerja disebabkan arus gangguan hubung singkat tidak terdeteksi oleh supervisi relay OCR/GFR. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dapat dilakukan dengan implementasi *intertripping* pola WI dengan prinsip kerja mendeteksi drop tegangan dan tegangan titik netral akibat gangguan hubung singkat.

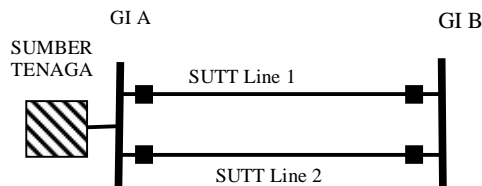
Kata kunci : *proteksi, relay jarak, intertripping pola PUTT, intertripping pola WI, supervisi relay OCR/GFR.*

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk memperkecil kerugian atau kerusakan akibat gangguan dan mempertahankan kesetabilan sistem, maka sistem proteksi harus bekerja dengan cepat. Sistem proteksi secepat mungkin memisahkan bagian instalasi yang terganggu dari bagian yang normal supaya instalasi yang normal tetap dapat beroperasi.

Implementasi *intertripping* pola PUTT (*Permissive Underreach Transfer Trip*) pada sistem proteksi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), merupakan usaha untuk mengisolir gangguan yang terjadi di sepanjang SUTT yang berada dalam wilayah pengamanannya dalam waktu seketika. Namun demikian, *intertripping* pola PUTT dapat mengalami gagal kerja apabila salah satu sisi Gardu Induk (GI) yang terhubung pada SUTT tersebut tidak memiliki sumber tenaga listrik (*infeed*) seperti ilustrasi pada gambar 1.1, yaitu sumber tenaga listrik hanya berada pada GI A. Permasalahan juga akan tetap timbul walaupun GI B memiliki sumber tenaga listrik, tetapi berkapasitas relatif kecil (*weak infeed*).



Gambar 1.1 SUTT dengan sumber tenaga dari salah satu sisi Gardu Induk.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Melakukan evaluasi kinerja *intertripping* pola PUTT yang telah diimplementasikan pada instalasi PT PLN (Persero) sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah (KALSELTENG).
2. Melakukan implementasi *intertripping* pola WI untuk penyempurnaan *intertripping* pola PUTT pada pada sistem KALSELTENG yang mengalami gagal kerja.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan pembahasan meliputi :

1. Konfigurasi *infeed* sistem KALSELTENG, Relay arus lebih, relay tegangan, relay jarak, *intertripping* pola PUTT.
2. Perancangan *intertripping* pola WI.
3. Gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik, meliputi hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah.
4. Lokasi penelitian pada sistem KALSELTENG.
5. Evaluasi dilakukan melalui simulasi gangguan hubung singkat pada SUTT 150 KV menggunakan software microsoft excel.
6. Implementasi *intertripping* pola WI pada sistem KALSELTENG.

1.2 Tujuan Penelitian

[1] Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

[2][3] Staf Pengajar Teknik Elektro UNDIP

II DASAR TEORI

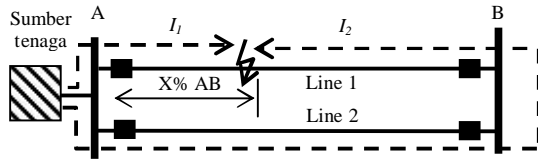
2.1 Umum

Fungsi dari sistem proteksi pada jaringan tenaga listrik adalah untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian sistem lainnya yang normal masih dapat beroperasi. Sistem proteksi bekerja dengan cara mendeteksi adanya gangguan kemudian melepaskan bagian yang terganggu. Terdapat beberapa persyaratan terpenting dalam sistem proteksi^[8]:

- Kepekaan (*sensitivity*)
- Keandalan (*reliability*)
 - *Dependability* (kepastian untuk bekerja).
 - *Security* (kepastian tidak salah kerja).
 - *Availability* (lama waktu keadaan siap kerja).
- Selektifitas (*selectivity*)
- Kecepatan (*speed*)

2.2 Kontribusi Arus Gangguan Hubung Singkat pada SUTT Saluran Ganda

Pada gambar 2.1 diilustrasikan SUTT saluran ganda dengan sumber tenaga hanya dari sisi GI A. Dimisalkan terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik F dengan jarak dari GI A sejauh X% dari panjang saluran AB.



Gambar 2.1 Gangguan pada SUTT saluran ganda, sumber tenaga dari salah satu sisi GI.

Arus gangguan I_f merupakan penjumlahan dari I_1 dan I_2 . Besarnya prosentase I_1 dan I_2 terhadap I_f dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_2 = \frac{X\%}{2} \times I_f \quad (2.1)$$

$$I_1 = \left[100\% - \frac{X\%}{2} \right] \times I_f \quad (2.2)$$

Dari persamaan (2.1) dapat disimpulkan, apabila lokasi gangguan semakin dekat dengan GI A, berarti nilai X semakin kecil, maka nilai I_2 menjadi semakin lebih kecil di banding I_1 .

Pada saat gangguan berada semakin dekat ke GI A, akan menimbulkan permasalahan pada sistem proteksi di sisi GI B, karena I_2 yang terlalu kecil berpeluang besar tidak terdeteksi oleh relay arus lebih supervisi relay jarak, sehingga mengakibatkan *intertripping* pola PUTT gagal kerja.

2.3 Relay Arus Lebih (Over Current Relay)

Relay akan bekerja apabila nilai arus yang terukur melebihi nilai settingnya. Relay arus lebih dapat dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan karakteristik waktu kerjanya, yaitu tipe *Instantaneous*, *Definite* dan *Inverse Definite Minimum Time (IDMT)*. Relay arus lebih pada sistem tiga fasa terdiri dari elemen

pengaman gangguan fasa – fasa (*Over Current Relay / OCR*) dan elemen pengaman gangguan satu fasa ke tanah (*Ground Fault Relay / GFR*). Salah satu penggunaan relay OCR/GFR tipe *instantaneous* adalah untuk supervisi pada relay jarak.

2.4 Relay Tegangan

Relay tegangan bekerja berdasarkan tegangan yang terukur oleh relay dibandingkan dengan nilai settingnya. Relay tegangan ada 2 macam yaitu Relay Tegangan Kurang (*Under Voltage Relay/UVR*) dan Relay Tegangan Lebih (*Over Voltage Relay/OVR*). Relay tegangan dapat dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan karakteristiknya waktu kerjanya, yaitu tipe *Instantaneous*, *Definite* dan *Inverse*.

2.5 Relay Jarak (Distance Relay)

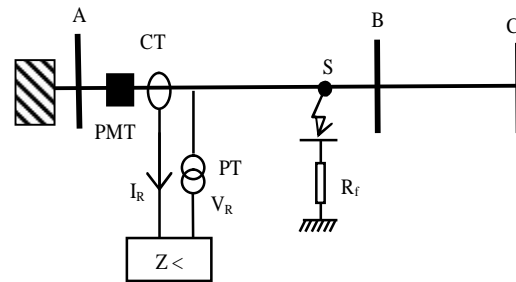
Sesuai standart SPLN 52-1: 1984, relay jarak digunakan sebagai pengaman utama pada SUTT 150 KV, sedangkan proteksi cadangannya menggunakan relay arus lebih tipe IDMT (*Inverse Definite Minimum Time*).

2.5.1 Prinsip Kerja Relay Jarak

Relay jarak bekerja mengukur impedansi saluran dari titik lokasi relay terpasang sampai ke titik gangguan berdasarkan tegangan dan arus yang diterima oleh relay seperti diilustrasikan pada gambar 2.2. Impedansi yang diukur oleh relay jarak (Z_m) didapatkan dari persamaan :

$$Z_m = \frac{V_R}{I_R} \quad (2.3)$$

- Z_m : Impedansi yang diukur oleh relay (Ohm)
- V_R : Tegangan sisi sekunder trafo tegangan (V)
- I_R : Arus sisi sekunder trafo arus (A)

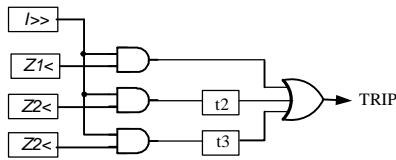


Gambar 2.2 Prinsip pengukuran impedansi oleh relay jarak.

2.5.2 Supervisi Relay Arus Lebih pada Relay Jarak

Untuk mencegah kesalahan kerja relay jarak akibat terputusnya *fuse* atau kerusakan terminal pengawatan pada rangkaian sekunder PT menuju ke relay jarak, maka pada relay jarak dilengkapi dengan supervisi relay OCR ($I >>$)^{[3],[15]} terhadap relay jarak (Z_n), dapat dilihat pada gambar 2.3.

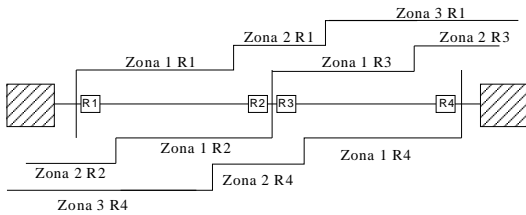
Relay jarak dapat bekerja apabila supervisi relay OCR sudah kerja, sebaliknya jika supervisi relay OCR tidak kerja, maka relay jarak tidak dapat kerja.



Gambar 2.3 Rangkaian logika supervisi relay arus lebih pada relay jarak.

2.5.3 Setting Relay Jarak

Zona proteksi relay jarak ditunjukkan pada gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 Zone proteksi relay jarak.

Setting relay jarak harus memenuhi persyaratan selektifitas. Adanya kesalahan pengukuran baik pada relay jarak, CT, PT maupun data impedansi saluran, yang diasumsikan mempunyai kesalahan total sebesar $\pm 20\%$, maka setting Zona proteksi dihitung dengan persamaan berikut :

$$Zone1(n) = 0.80(Z_{(n)}L_{(n)})\Omega \quad (2.4)$$

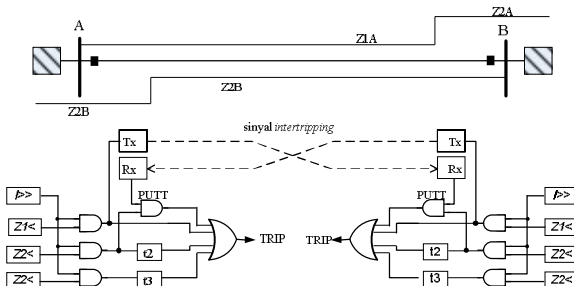
$$Zone2(n) = 1.20(Z_{(n)}L_{(n)})\Omega \quad (2.5)$$

$$Zone3(n) = 1.20(Z_{(n)}L_{(n)} + Z_{(n+1)}L_{(n+1)})\Omega \quad (2.6)$$

$Z_{(n)}$: impedansi saluran (Ohm / km)
 $L_{(n)}$: panjang saluran (km)

2.5.4 Intertripping Pola Permissive Underreach Transfer Trip (PUTT)

Intertripping pola PUTT ditunjukkan pada gambar 2.5. Sinyal *intertripping* yang diterima digunakan untuk mengontrol elemen pengukur zone 2, sehingga elemen pengukur zone 2 bekerja tanpa waktu tunda setelah menerima sinyal *intertripping*.



Gambar 2.5 Intertripping pola *permissive underreach transfer trip* (PUTT).

2.6 Gangguan Hubung Singkat

Pada sistem 3 fasa, terdapat berbagai macam kemungkinan terjadinya gangguan hubung singkat yaitu hubung singkat 3 fasa, hubung singkat 2 fasa, hubung

singkat 2 fasa ke tanah serta hubung singkat satu fasa ke tanah. Besar arus dan tegangan saat gangguan berbeda – berbeda untuk setiap jenis gangguan.

III SIMULATOR GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

3.1 Umum

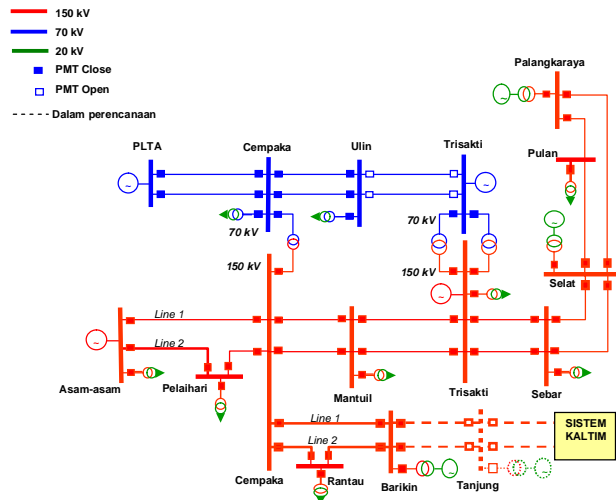
Untuk menganalisa kinerja *intertripping* pola PUTT yang telah diterapkan pada sistem KALSELTENG, diperlukan prediksi besarnya arus yang akan diterima oleh relay jarak pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada SUTT. Untuk mendapatkan prediksi arus gangguan tersebut, dilakukan pembuatan simulator gangguan hubung singkat menggunakan *software microsoft excel*.

Dari simulator ini dapat dilakukan simulasi gangguan hubung singkat pada SUTT baik melalui resistansi gangguan (R_f) maupun tanpa (R_f), meliputi :

- Gangguan hubung singkat tiga fasa (3ϕ).
- Gangguan hubung singkat dua fasa (2ϕ).
- Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (1ϕ).

3.2 Model Sistem dalam Simulasi

Pemodelan sistem memperlihatkan komponen utama sistem yang terdiri dari Gardu Induk, Sumber Tenaga Listrik, SUTT 150 KV dan SUTT 70 KV seperti pada gambar 3.1.



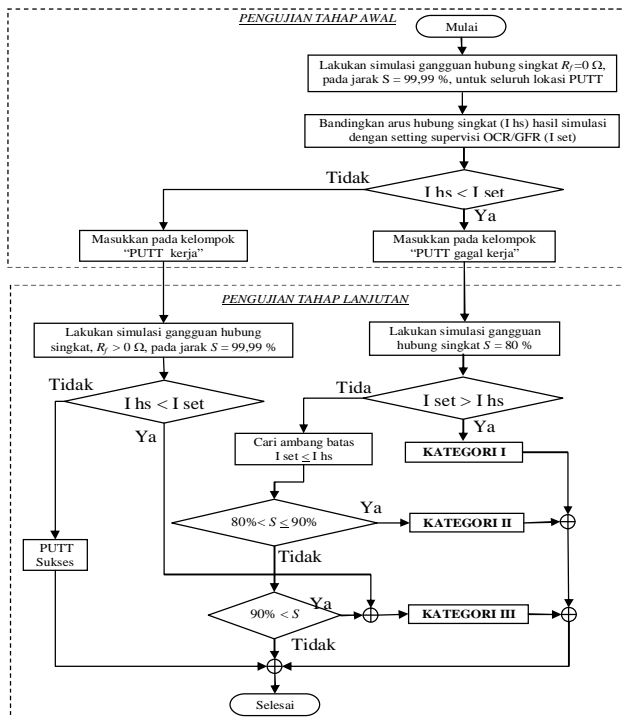
Gambar 3.1 *Single line diagram* sistem KALSELTENG.

IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

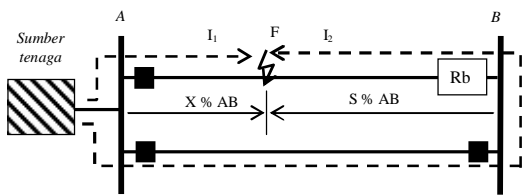
Berdasarkan teori pada sub bab 2.5.2 mengenai supervisi relay OCR/GFR pada relay jarak, telah diketahui *intertripping* pola PUTT akan mengalami gagal kerja apabila arus gangguan hubung singkat lebih kecil dibanding setting supervisi relay OCR/GFR.

Untuk mengetahui kinerja supervisi relay OCR/GFR, dilakukan dengan serangkaian pengujian simulasi gangguan hubung singkat mengikuti diagram alir pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram alir evaluasi kinerja *intertripping* pola PUTT pada sistem KALSELTENG.

Berdasarkan teori pada sub bab 2.2 mengenai kontribusi arus gangguan hubung singkat pada SUTT saluran ganda dengan sumber tenaga dari satu sisi GI, telah diketahui aliran arus hubung singkat terkecil yang akan diterima oleh relay GI B, terjadi apabila nilai X sangat kecil ($S \approx 100\%$) seperti diilustrasikan pada gambar 4.2, maka pengujian tahap awal dilakukan dengan simulasi gangguan hubung singkat, lokasi gangguan berada pada jarak $S=99,99\%$.



- $(100\% \times AB) = (X\% \times AB) + (S\% \times AB)$
- S : Jarak lokasi gangguan terhadap relay yang diuji.

Gambar 4.2 Lokasi gangguan hubung singkat terhadap relay yang diuji.

Hasil dari pengujian tahap awal, *intertripping* pola PUTT yang sudah diimplementasikan pada sistem KALSELTENG dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu kelompok "PUTT kerja" dan "PUTT gagal kerja".

Terhadap kelompok "PUTT gagal kerja" dilakukan pengujian lanjutan dengan arus gangguan yang lebih besar sehingga didapatkan peluang PUTT dapat kerja dengan cara memindah lokasi gangguan pada jarak $S=80\%$.

Dengan pengujian pada jarak $S=80\%$ tersebut, apabila *intertripping* pola PUTT tetap gagal kerja, maka dikelompokkan pada "KATEGORI I", dan jika *intertripping* pola PUTT dapat kerja, maka dilakukan

pengujian dengan mencari daerah ambang batas mulainya *intertripping* pola PUTT gagal kerja, dengan cara memperbesar jarak gangguan (S) menuju 100%. Hasil uji dapat dikategorikan menjadi 2, apabila ambang batas berada pada daerah 80% sampai dengan 90% ($80\% < S \leq 90\%$), dikelompokkan pada "KATEGORI II" dan apabila ambang batas berada pada daerah lebih besar dari 90% ($90\% < S$), maka dikelompokkan pada "KATEGORI III".

Terhadap kelompok "PUTT kerja" dilakukan pengujian lanjutan dengan simulasi gangguan hubung singkat pada jarak $S=99,99\%$ melalui R_f , karena arus hubung singkat melalui R_f lebih kecil dibanding dengan tanpa melalui R_f , sehingga masih ada kemungkinan PUTT mengalami gagal kerja. Nilai R_f yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Elemen fasa – fasa : $R_f=35$ Ohm, mengacu pada SPLN64:1985.
- Elemen fasa – fasa : $R_f=123$ Ohm, berdasarkan pengalaman pada sistem KALSELTENG.

4.2 Hasil Pengujian

Besarnya pembangkit yang operasi pada sistem KALSELTENG dalam siklus 24 jam, berfluktuasi mengikuti perkembangan beban. Rentang waktu operasi pada beban rendah jauh lebih lama dibanding waktu operasi beban puncak, maka pengujian kinerja *intertripping* pola PUTT dilakukan dengan simulasi hubung singkat pada saat beban rendah, mengambil data pembangkit yang operasi pada jam 06.00.

Hasil pengujian dibagi menjadi 2 bagian yaitu untuk elemen fasa – fasa dan elemen fasa – tanah, dengan hasil sebagai berikut :

4.2.1 Kinerja Elemen Fasa – Fasa

Terdapat 14 lokasi *intertripping* pola PUTT elemen fasa – fasa yang mengalami gagal kerja, dikelompokkan berdasarkan kategorinya pada tabel 4.1, tabel 4.2 dan tabel 4.3.

Tabel 4.1 Daftar *intertripping* pola PUTT elemen fasa – fasa "KATEGORI I"

NO	LOKASI RELAY	Beban Maksimum (A)	Supervisi OCR/GFR Iset (A)	FASA	I hs 3φ, S = 80%	
					(A)	sudut
1	L2 PELAIHARI arah ASAM-ASAM (1 lokasi)	202	600	A	568	-86.4
				B	568	153.6
				C	568	33.6
				N	0	0.0
2	L2 RANTAU arah CEMPAKA (1 lokasi)	126	216	A	153	-83.4
				B	153	156.6
				C	153	36.6
				N	0	0.0
3	L1/L2 SEBERANG BARITO arah TRISAKTI (2 lokasi)	136	360	A	275	-86.2
				B	275	153.8
				C	275	33.8
				N	0	0.0
4	L1/L2 SELAT arah SEBERANG BARITO (2 lokasi)	70	400	A	252	-85.3
				B	252	154.7
				C	252	34.7
				N	0	0.0
5	L1/L2 PALANGKARAYA arah SELAT (2 lokasi)	60	300	A	192	-83.2
				B	192	156.8
				C	192	36.8
				N	0	0.0

Tabel 4.2 Daftar *intertripping* pola PUTT elemen fasa – fasa "KATEGORI II"

NO	LOKASI RELAY	Beban Maksimum (A)	Supervisi OCR/GFR Iset (A)	FASA	I hs 3φ, S = 80%		I hs 3φ, S = ambang batas	
					(A)	sudut	(A)	sudut
1	L1 CEMPAKA arah ASAM-ASAM (1 lokasi)	359	600	A	663	-86.3	603	-86.4
				B	663	153.7	603	153.6
				C	663	33.7	603	33.6
				N	0	0.0	0	0.0
2	L1 BARIKIN arah CEMPAKA (1 lokasi)	126	216	A	235	-83.0	217	-83.1
				B	235	157.0	217	156.9
				C	235	37.0	217	36.9
				N	0	0.0	0	0.0

Tabel 4.3 Daftar *intertripping* pola PUTT elemen fasa – fasa ”KATEGORI III”

NO	LOKASI RELAY	Beban Maksimum (A)	Supervisi OCR/GFR Iset (A)	FASA			I hs 3 ϕ , S = 80%			I hs 3 ϕ , S – Ambang batas		
				(A)	sudut (A)	(A)	(A)	sudut (A)	(A)	Ambarang batas (S) (%)		
1	L1/L2 MANTUIL arah CEMPAKA (2 lokasi)	120	400	A	561	-87,7	411	-88,4	92			
				B	561	152,3	411	151,6				
				C	561	32,3	411	31,6				
				N	0	0,0	0	0,0				
2	L1/L2 TRISAKTI arah MANTUIL (2 lokasi)	104	400	A	560	-87,9	403	-88,7	93			
				B	560	152,1	403	151,3				
				C	560	32,1	403	31,3				
				N	0	0,0	0	0,0				

4.2.2 Kinerja Elemen Fasa – Tanah

Terdapat 6 lokasi *intertripping* pola PUTT elemen fasa – tanah yang mengalami gagal kerja, seluruhnya masuk ”KATEGORI III”, ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Daftar *intertripping* pola PUTT elemen fasa – tanah yang mengalami gagal kerja.

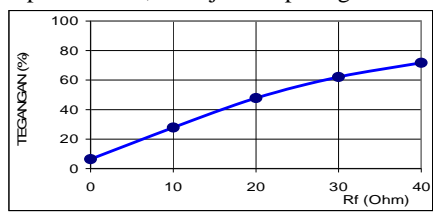
NO	LOKASI RELAY	Beban Maksimum (A)	Supervisi OCR/GFR Iset (A)	FASA		$R_f = 123 \text{ Ohm}$	
				(A)	sudut (A)	ARUS	tegangan (%)
1	L2 RANTAU arah CEMPAKA	126	216	A	20	-8,4	
				B	14	-11,2	
				C	14	-11,1	
				N	47	-10,0	
2	L1 BARIKIN arah CEMPAKA	126	216	A	15	-7,2	
				B	9	-10,8	
				C	9	-10,5	
				N	34	-9,1	
3	L2 SELAT arah SEBERANG BARITO	70	400	A	20	-13,7	
				B	10	-11,1	
				C	10	-9,6	
				N	41	-12,0	
4	L2 SELAT arah PALANGKARAYA	60	300	A	209	-24,4	
				B	68	149,6	
				C	68	150,0	
				N	75	-13,9	
5	L1 PALANGKARAYA arah SELAT	60	300	A	27	-20,0	
				B	15	-17,3	
				C	15	-16,0	
				N	57	-18,2	
6	L2 PALANGKARAYA arah SELAT	60	300	A	23	-19,1	
				B	11	-14,7	
				C	11	-12,9	
				N	45	-16,5	

4.3 Perancangan *Intertripping* Pola WI

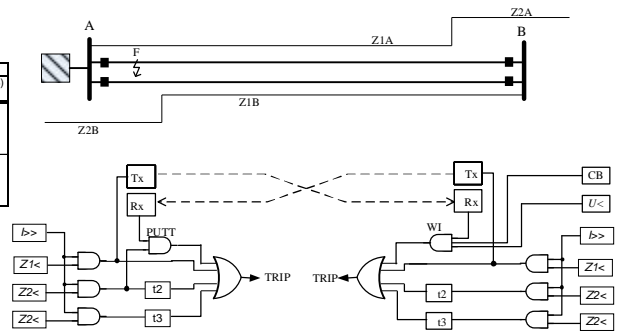
Dengan perkembangan teknologi digital dan komputer, telah bermunculan relay jarak berbasis *microcomputer* yang menyediakan berbagai fasilitas kemudahan, seperti tersediannya fasilitas *programmable logic*, yaitu suatu fasilitas yang digunakan untuk membuat fungsi sesuai kehendak pemakai dengan cara di program. Selain itu, pada relay jarak juga dilengkapi dengan relay lainnya seperti OCR, GFR, UVR, OVR dan sebagainya. Dengan dukungan teknologi tersebut, maka *intertripping* pola WI dapat dibuat tanpa harus menambah relay maupun penambahan pengawatan

4.3.1 *Intertripping* Pola WI, Elemen Fasa – Fasa

Intertripping pola WI elemen fasa – fasa dirancang berdasarkan timbulnya gejala *drop* tegangan pada saat hubung singkat 3 ϕ , dengan variabel R_f dari 0 Ohm sampai 40 Ohm, ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik tegangan akibat hubung singkat 3 ϕ sebagai fungsi dari R_f .



Gambar 4.4 *Intertripping* pola WI elemen fasa – fasa.

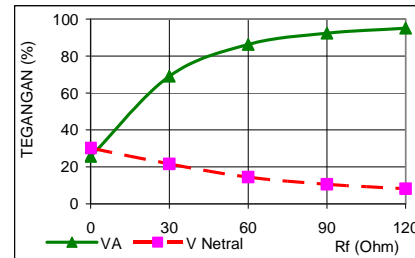
Setting UVR sebagai kontrol *intertripping* pola WI elemen fasa – fasa mengacu pada tegangan *drop* akibat gangguan hubung singkat 3 ϕ dengan kriteria :

1. Setting UVR harus lebih tinggi dibanding dengan tegangan tertinggi pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 ϕ . Pada gambar 4.3, tegangan dapat mencapai 71,7% pada $R_f=40 \text{ Ohm}$.
2. Setting UVR tidak boleh terlalu tinggi, supaya dalam kondisi normal tidak kerja. Berdasarkan standart mutu tegangan, menyatakan batas bawah tegangan sistem adalah sebesar -10%, maka setting UVR harus lebih kecil dari 90%.

Berdasarkan pada kriteria tersebut, maka setting UVR untuk memicu *intertripping* pola WI diambil sebesar 85% .

4.3.2 *Intertripping* Pola WI, Elemen Fasa–Tanah

Intertripping pola WI elemen fasa – tanah dirancang berdasarkan timbulnya gejala *drop* tegangan pada saat hubung singkat 1 ϕ , dengan variabel R_f dari 0 Ohm sampai 120 Ohm, ditunjukkan pada gambar 4.5.

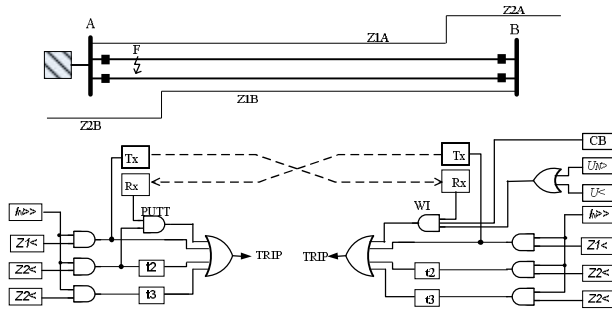


Gambar 4.5 Grafik tegangan akibat hubung singkat 1 ϕ sebagai fungsi dari R_f .

Dari grafik pada gambar 4.5, dapat dilihat tegangan fasa A mencapai 86,26% pada saat terjadi hubung singkat melalui $R_f=60 \text{ Ohm}$, mengakibatkan pemunculan *intertripping* pola WI elemen fasa – tanah menggunakan UVR dengan setting 85%, akan mengalami gagal kerja.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, tegangan pada titik netral yang timbul pada saat terjadi gangguan hubung singkat 1 ϕ dapat digunakan sebagai pemunculan *intertripping* pola WI elemen fasa – tanah. Berdasarkan kondisi tersebut, maka dapat dirancang *intertripping* pola

WI elemen fasa – tanah menggunakan relay tegangan lebih titik netral (OVRn / $Un>$) dipakai bersamaan dengan UVR, dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Interlocking pola WI elemen fasa – tanah.

Setting OVRn ($Un>$) sebagai kontrol *interlocking* pola WI elemen fasa – tanah dibuat sekecil mungkin supaya dapat mengantisipasi R_f yang besar, tetapi tidak boleh terlalu kecil, supaya relay tidak kerja pada kondisi normal tidak ada gangguan. Sebagai misal dapat diambil nilai setting sebesar 10%, jika diinginkan lebih kecil lagi maka perlu dilakukan penelitian tegangan titik netral maksimum yang dapat terjadi pada kondisi normal.

4.4 Implementasi Interlocking Pola WI

Jumlah total *interlocking* pola PUTT yang mengalami gagal kerja secara gabungan elemen fasa – fasa dan elemen fasa – tanah sebanyak 15 lokasi, dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data *interlocking* pola PUTT sistem KALSELTENG yang mengalami gagal kerja.

NO	LOKASI	ELEMEN FASA - FASA		ELEMEN FASA - TANAH		PRIORITAS PERBAIKAN
		STATUS	KATEGORI	STATUS	KATEGORI	
1	L1 CEMPAKA arah ASAM-ASAM	Gagal	2	Sukses	-	III
2	L2 PELAIHARI arah ASAM-ASAM	Gagal	1	Sukses	-	I
3	L2 RANTAU arah CEMPAKA	Gagal	1	Gagal	3	I
4	L1 BARIKIN arah CEMPAKA	Gagal	2	Gagal	3	I
5	L1 MANTUIL arah CEMPAKA	Gagal	3	Sukses	-	III
6	L2 MANTUIL arah CEMPAKA	Gagal	3	Sukses	-	III
7	L1 TRISAKTI arah MANTUIL	Gagal	3	Sukses	-	III
8	L2 TRISAKTI arah MANTUIL	Gagal	3	Sukses	-	III
9	L1 SEBERANG BARITO arah TRISAKTI	Gagal	1	Sukses	-	II
10	L2 SEBERANG BARITO arah TRISAKTI	Gagal	1	Sukses	-	II
11	L1 SELAT arah SEBERANG BARITO	Gagal	1	Sukses	-	II
12	L2 SELAT arah SEBERANG BARITO	Gagal	1	Gagal	3	I
13	L2 SELAT arah PALANGKARAYA	Sukses	-	Gagal	3	III
14	L1 PALANGKARAYA arah SELAT	Gagal	1	Gagal	3	I
15	L2 PALANGKARAYA arah SELAT	Gagal	1	Gagal	3	I

Keterangan :

Elemen Fasa – fasa :

- Gagal kategori 1 : kategori berat, PUTT tidak dapat kerja pada seluruh daerah zone 2.
- Gagal kategori 2 : kategori sedang, PUTT memiliki peluang dapat kerja untuk gangguan pada jarak sampai dengan $S=90\%$.
- Gagal kategori 3 : kategori ringan, PUTT memiliki peluang dapat kerja untuk gangguan pada jarak sampai dengan $S=100\%$.

Elemen Fasa – tanah :

- Gagal kategori 3 : kategori ringan, PUTT dapat kerja pada seluruh daerah zone 2, dengan $R_f=0$ Ohm.

Penyempurnaan *interlocking* pola PUTT yang mengalami gagal kerja dapat dilakukan dengan implementasi *interlocking* pola WI. Berdasarkan tingkat kategori kegagalannya secara gabungan elemen fasa – fasa dan elemen fasa – tanah, maka pelaksanaan implementasinya dilakukan dengan skala prioritas menjadi 3, yaitu prioritas kelompok I, kelompok II dan kelompok III seperti ditunjukkan pada tabel 4.5.

Prioritas I merupakan prioritas yang harus didahulukan, kemudian disusul dengan prioritas II dan prioritas III. Sekala prioritas tersebut dapat berubah, dengan memperhatikan ketersediaan fasilitas pendukung berupa relay jarak tipe *numerical* yang dilengkapi *programmable logic (numerical relay)*.

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tugas akhir dengan judul “Implementasi *Interlocking* pola *Weak Infeed* pada SUTT 150 KV Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil evaluasi kinerja *interlocking* pola PUTT yang telah diimplementasikan pada sistem KALSELTENG, terdapat beberapa lokasi yang mengalami gagal kerja sebagai berikut :
 - a. Elemen fasa-fasa sebanyak 14 lokasi.
 - b. Elemen fasa-tanah sebanyak 6 lokasi.
 Kegagalan kerja tersebut akibat arus gangguan yang terjadi terlalu kecil sehingga tidak terdeteksi oleh supervisi relay OCR / GFR.
2. Kegagalan kerja *interlocking* pola PUTT pada sistem KALSELTENG dapat diperbaiki menggunakan implementasi *interlocking* pola WI, dengan prinsip kerja mendeteksi adanya tegangan *drop* pada saat gangguan dan mengeluarkan perintah *trip* setelah menerima sinyal *interlocking*.

5.2 Saran

1. Untuk peningkatan keandalan pelayanan energi listrik oleh PT PLN (Persero), sebaiknya penelitian serupa juga dilakukan pada instalasi di wilayah lainnya, khususnya di luar pulau Jawa yang pada umumnya sistemnya masih relative kecil.
2. Dalam perancangan *interlocking* pola WI pada tugas akhir terdapat kelemahan, semakin tinggi nilai resistansi gangguan (R_f) maka semakin besar *interlocking* pola WI mengalami gagal kerja. Sehubungan dengan hal tersebut, dapat dilakukan penelitian untuk penyempurnaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABB Transmission and Distribution, "Line Protection, Practical REL 5xx Terminals Ver. 2.3, IMPEDANCE PROTECTION".
- [2] Alstom, "Network Protection and Automation Guide", 2003.
- [3] GE Multilin, "D60 Line Distance Relay Instruction Manual Revision 3.3x", Canada, 2003.
- [4] Gonen, Turan, "Modern Power System Analysis" John Wiley & Sons. Incorporation Canada, 1988.
- [5] Grainger, Jhon J. and William D. Stevenson, Jr., "Power Sistem Analysis", McGraw-Hill, Inc., New York, 1994.
- [6] Mismail, Budiono, Ir., "Rangkaian Listrik" Jilid pertama, Penerbit ITB, Bandung, 1995.
- [7] Kadarisman, Pribadi, Ir., "Analisa Hubung Singkat 3 Bus" materi pelatihan relay proteksi, Jakarta, 2000.
- [8] Komari, Ir., "Proteksi Sistem Tenaga Listrik", PT PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan / PT ABB Transmission and Distribution, Jakarta, 2003.
- [9] Saadat, Hadi, "Power System Analysis", McGraw-Hill Book Co, Singapore, 1999.
- [10] Sulasno, Ir., "Analisa Sistem Tenaga", Edisi Kedua, Badan penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [11] Stevenson, Wiliam D., Prof., terjemahan : Ir. Kamal Idris, "Analisa Sistem Tenaga Listrik", Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta 1994.
- [12] SPLN 52-1:1983, "Pola pengamanan sistem bagian satu : A. Sistem Transmisi 66 KV", Departemen Pertambang dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta 1983.
- [13] SPLN 52-1:1984, "Pola pengamanan sistem bagian satu : B. Sistem Transmisi 150 KV", Departemen Pertambang dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta 1984.
- [14] SPLN 64:1985, "Petunjuk pemilihan dan penggunaan pelebur pada sistem distribusi tegangan menengah", Departemen Pertambang dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta 1985.
- [15] Warington, A. R. Van C. "Protective Relays their Theory and Practice" Chapman and Hall, London 1962.



Joko Pitoyo (L2F 306 034),

Lahir di Kediri, 07 Maret 1972, karyawan PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah, sebagai Ahli Madya Analisa dan Evaluasi Sistem Proteksi. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang pada konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Mengetahui / Mengesahkan,

Pembimbing I

Dr. Ir. Hermawan, DEA.

NIP. 131 598 857

Pembimbing II

Karnoto, ST, MT.

NIP. 132 162 547