



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 212, 213, 225, 253 Fax. (0271) 715448
E-mail : teknik@ums.ac.id. Website : <http://www.ums.ac.id>

SURAT PENGALIHAN
PUBLIKASI

Nomor :120/A.2-VIII/FT/III/2015

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : *Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D*

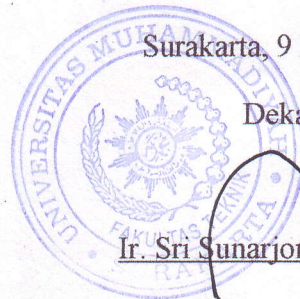
Jabatan: *Dekan Fakultas Teknik*

Menyatakan persetujuan pengalihan hak unggah publikasi Kepada Lembaga Pengembangan Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta atas artikel berjudul “evaluasi relai proteksi pada jaringan transmisi SUUT 150 KU Jajar-Palur ” yang ditulis oleh Umar NIDN: 0607057002 dan Aris Budiman, Dosen program Studi/Fakultas Teknik Elektro/Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dalam jurnal ilmiah Teknik Gelagar Vol.26, No. 1 April 2012.

Surakarta, 9 Maret 2015

Dekan


Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D



EVALUASI RELAI PROTEKSI PADA JARINGAN TRANSMISI SUTT 150 KV JAJAR – PALUR

Umar, Aris Budiman

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani, Tromol Pos I Kartasura, Surakarta 57102
Telp. (0271) 717417, Faks. (0271) 715448

ABSTRAKS

Palur salah satu wilayah di Surakarta dan merupakan daerah pengembangan terbesar setelah Kartasura. Di kawasan ini terdapat beberapa universitas dan pusat perbelanjaan besar. Palur merupakan kawasan perindustrian terbesar di Solo Raya. Terganggunya sistem tenaga listrik menimbulkan kerugian dan terhambatnya pertumbuhan ekonomi di Surakarta. Oleh karena itu diperlukan proteksi yang baik guna meminimalisir gangguan yang terjadi.

Evaluasi sistem tenaga listrik diawali dengan survei dan pencarian data di PT. PLN (PERSERO) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) Region 3 Jawa Tengah dan DIY Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Surakarta yang terletak di Jajar. Untuk meneliti arus selama terjadinya gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dilakukan dengan cara pensimulasian menggunakan program ETAP Power Station dan untuk mencari nilai pengaturannya dilakukan dengan perhitungan manual.

Dari hasil analisa pada sistem tenaga listrik dengan menggunakan ETAP Power Station, maka didapat nilai arus seting (Iset) relai arus lebih sebesar 0,385 A, dengan tunda waktu (t) sebesar 2,29 s, dan tms-nya sebesar 1,34. Nilai arus hubung singkat 1 fasa yang terjadi sebesar 16,077 kA dan 3 fasanya sebesar 20,025 kA. Seting relai jarak didapatkan hasil dari perhitungan manual nilai-nilai Impedansinya yaitu: untuk zona 1 sebesar $1,41 + j 4,08 \Omega$, dengan jarak jangkauanya 10,29 kM, zona 2 sebesar $2,11 + j 6,12 \Omega$, dengan jarak jangkauanya 15,44 kM, dan untuk zona 3 didapatkan nilai sebesar $2,28 + j 6,58 \Omega$, 26,62 kM.

Kata kunci : ETAP Power Station, Jaringan transmisi, Sistem proteksi.

1. PENDAHULUAN

Jaringan transmisi memegang peranan yang sangat penting dalam proses penyaluran daya. Sistem transmisi sendiri merupakan sistem dinamis kompleks yang setiap parameter dan keadaan sistemnya berubah secara terus menerus. Oleh karena itu strategi pengamanan harus disesuaikan dengan perubahan dinamis tersebut dalam hal desain dan seting peralatannya.

Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik terhadap kemungkinan kerusakan akibat gangguan, melokalisir daerah-daerah sistem yang terganggu sekecil mungkin, dan berusaha secepat mungkin untuk mengatasi daerah yang terganggu tersebut, sehingga stabilitas sistem dapat terpelihara serta untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Penelitian ini untuk mendapatkan nilai seting relai proteksi berupa relai arus lebih dan relai jarak pada jaringan transmisi 150 kV. Relai sebagai salah satu bagian penting dalam sistem

pengamanan jaringan transmisi harus mempunyai kemampuan mendeteksi adanya gangguan pada semua keadaan yang kemudian memisahkan bagian sistem yang terganggu tersebut.

Sistem diharapkan dapat mendeteksi setiap gangguan yang terjadi sehingga dapat meminimalkan kerusakan pada bagian yang terganggu dan mencegah gangguan meluas ke jaringan lain yang tidak terganggu.

Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik terhadap kemungkinan kerusakan akibat gangguan, melokalisir daerah-daerah sistem yang terganggu sekecil mungkin, dan berusaha secepat mungkin untuk mengatasi daerah yang terganggu tersebut, sehingga stabilitas sistem dapat terpelihara serta untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik (Rahmansah, 2006).

Sistem kelistrikan industri pada umumnya dapat terdiri dari ratusan peralatan listrik dan bahkan relai-relai pengamanan lebih banyak yang diperlukan untuk mengamankan sistem kelistrikannya. Setiap relai pengamanan dalam jaringan sistem tenaga perlu dikoordinasikan

dengan relai pengaman peralatan-peralatan yang bekerja di dekatnya (Robert Cahyadi, 2009).

1.1 Jaringan Transmisi

Jaringan transmisi adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dari suatu tempat ke tempat lain, seperti dari station pembangkit ke *substation* (gardu induk).

Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak penyaluran yang cukup jauh antara sistem pembangkit dengan pusat beban tersebut.

Jaringan transmisi dapat dibedakan menjadi jaringan transmisi tegangan tinggi (*high voltage, HV*), jaringan tegangan ekstra tinggi (*extra high voltage, EHV*) dan jaringan tegangan ultra tinggi (*ultra high voltage, UHV*).

1.2 Sistem Proteksi

Fungsi sistem proteksi adalah melepaskan secara cepat berbagai elemen sistem tenaga listrik dari pelayanan pada saat sistem tersebut mengalami gangguan atau pada saat beroperasi pada kondisi tidak normal yang dapat menyebabkan kerusakan.

Relai proteksi merupakan susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat mengatasi gangguan pada peralatan atau sistem, mengukur, menentukan jarak, dan secara otomatis membuka pemutus tenaga (PMT) untuk secepatnya memisahkan sistem dan memberi isyarat berupa lampu atau bel.

1.3 Relai Arus Lebih

Relai arus lebih merupakan suatu relai yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai proteksi/pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga relai ini dapat dipakai sebagai pola pengaman arus lebih.

Karakteristik waktu kerja relai arus lebih yaitu:

a) Relai arus lebih seketika (*Instantaneous relai*)

Relai yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, relai bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10 – 20 ms).

b) Arus lebih waktu tertentu

Relai ini memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja relai mulai pick up sampai kerja relai diperpanjang dengan waktu tertentu

tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relai.

c) Relai arus lebih waktu terbalik

Relai ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok yaitu *Standard inverse*, *Very inverse*, *Extremely inverse*.

1.4 Relai Jarak

Relai jarak atau *distance relay* merupakan suatu relai yang didesain agar bekerja hanya untuk gangguan-gangguan (*faults*) yang terjadi diantara lokasi relai dan suatu titik pilihan pada suatu saluran transmisi sedemikian rupa sehingga diperoleh “diskriminasi” atau “selektivitas”. Relai tersebut hanya akan mengeliminir gangguan pada saluran transmisi yang diamankannya.

Pemilihan zona pengaman relai jarak yaitu:

a) Pemilihan zona 1

Daerah ini harus mencakup daerah sejauh mungkin dari saluran yang diamankan tetapi tidak boleh melampaui saluran didepannya. Dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan dari data saluran, CT, PT, dan peralatan-peralatan lainnya sebesar 20%, zone -1 relai diatur 80% dari panjang saluran yang diamankan.

$$Z1 = 0,8(Z \cdot L_1)$$

b) Pemilihan zona 2

Dasar pemilihan zona 2 adalah berdasarkan pertimbangan bahwa daerah ini harus pasti dapat menjangkau sisa saluran yang tidak dapat diamankan zone-1 (harus mencapai *near and bus*), tetapi tidak boleh *overlap* dengan zona 2 seksi berikutnya. Dengan mengamsusikan kesalahan-kesalahan seperti pada penyetulan zona 1 sekitar 20%.

$$Z2_{min} = 1,2(Z \cdot L_1)$$

$$Z2_{mak} = 0,8(Z \cdot L_1 + 0,8 \times Z \cdot L_2)$$

$$Z2_{mak} = 0,8(Z \cdot L_1 + k \times Z_{tb})$$

c) Pemilihan zona 3

$$Z3_{min} = 1,2(Z \cdot L_1 + Z \cdot L_2)$$

$$Z3_{mak} = 0,8(Z \cdot L_1 + k \times Z_{tb})$$

Zona 3 minimum harus menjangkau 2 GI didepannya yang terjauh, tetapi tidak boleh melebihi 50% impedansi Trafo tenaga yang ada di gardu induk depan (GIB). Sehingga zona 3 berfungsi juga sebagai pengaman cadangan zona 2, baik di daerah pengamanannya maupun pada jaringan didepannya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem

Peralatan utama berupa data-data masukkan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Diagram *single-line* konfigurasi jaringan transmisi 150 kV arah Jajar-Palur.
2. Data arus hubung singkat GI/GITET RTJD TRW I : Busbar, station, tegangan, impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif, impedansi urutan nol, arus hubung singkat 1 fasa max dan 3 fasa max.
3. Daftar setting relai PHT 150 kV Unit Tragi Solo : Lokasi, jurusan, ratio CT, ratio PT, jenis relai, arus, tegangan dan settingnya.
4. Daftar setelan relai proteksi GI 150 kV Jajar : penghantar 150 kV arah palur 1, 2.

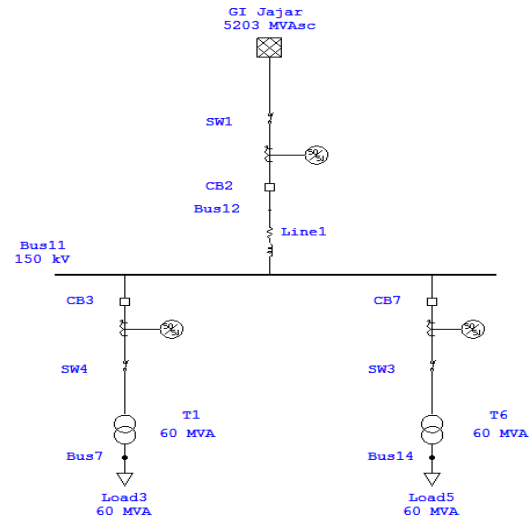
Peralatan pendukung untuk menyelesaikan penelitian ini yaitu:

- a. Perangkat keras (*hardware*) yaitu seperangkat PC (*Personal Computer*) yang digunakan untuk menjalankan program keandalan distribusi dengan spesifikasi sebagai berikut :
 1. *Processor Intel Pentium 4 1.7 GHz.*
 2. *Memory 2046 MB*
 3. *Motherboard FSB 800.*
- b. Perangkat lunak (*software*) yaitu program paket ETAP Power Station 4.0.0 yang digunakan untuk analisa evaluasi relai proteksi.
- c. *Printer* untuk mencetak hasil analisa evaluasi relai proteksi.

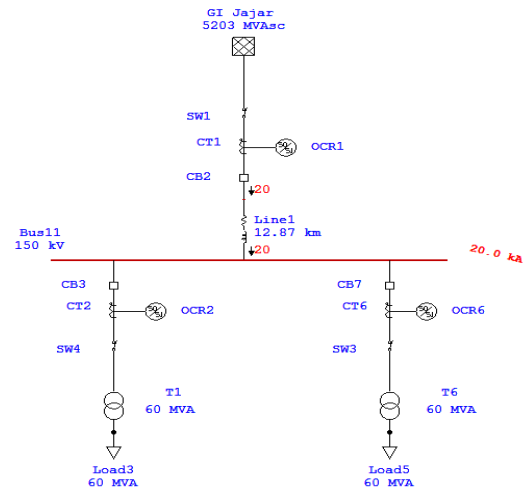
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

Pengujian dilakukan dengan memberikan gangguan hubung singkat pada sisi bus yang akan dicari setiap nilai arus hubung singkat yang terjadi. Pada pengujian ini bus yang diberi gangguan (If) yaitu pada bus 11, karena pada bus tersebut akan mengalami perubahan warna. Prosesnya dapat terlihat pada gambar *single line* diagram simulasinya.



Gambar 1. *single line* diagram simulasi sebelum dijalankan



Gambar 2. *single line* diagram simulasi setelah dijalankan

Tabel 1. Besar nilai arus hubung singkat 3fasa

From Bus ID	To Bus ID	%V			kA			Symm Magnitude	%V			kA Magnitude
		From Bus	kA Real	kA Imag	kA Real	kA Imag	From Bus		kA Real	kA Imag	kA Real	
Bus11	Total	0.00	3.022	-19.795	6.6	20.025	0.00	3.022	-19.795	6.6	20.025	
Bus12	Bus11	0.01	3.022	-19.795	6.6	20.025	0.01	3.022	-19.795	6.6	20.025	
Bus7	Bus11	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	
Bus9	Bus11	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	
Bus14	Bus11	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	

(Sumber ETAP)

Dari table 1. didapatkan besar nilai arus hubung singkat terjadi pada bus 11 (If) yaitu sebesar 20.025 kA.

Tabel 2. Besar nilai rating cb

Bus		Device		Interrupting Duty				Device Capability			
ID	kV	ID	Type	Symm. kA rms	X/R Ratio	M.F.	Adj. Sym. kA rms	kV	Test PF	Rated Int.	Adjusted Int.
Bus11	150.00			20.026	6.6						
Bus12	150.00			20.026	6.6						

(Sumber ETAP)

Dan dari *Interuptyng duty summary report* didapat arus pemutus daya pada *circuit breaker* sebesar 20.025 kA.

Tabel 3. Besar nilai arus hubung singkat 1fasa

Bus	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault			Line-to-Line-to-Ground		
		ReaI	Imag.	Mag.	ReaI	Imag.	Mag.	ReaI	Imag.	Mag.	ReaI	Imag.	Mag.
Bus11	150.00	3.022	-19.795	20.025	2.418	-15.895	16.077	17.143	2.617	17.342	16.137	9.257	18.602
Bus12	150.00	3.022	-19.795	20.025	2.418	-15.895	16.077	17.144	2.617	17.343	16.137	9.257	18.603

(Sumber ETAP)

Dari table 3. didapat besar nilai arus hubung singkat (If) yang terjadi dari fasa ke tanah yaitu sebesar 16.077 kA.

3.2 Setting Relai Arus Lebih

Perhitungan nilai relai arus lebih pada penghantar adalah:

1. Daya 60 MVA = 60.000.000 VA
2. Tegangan operasi = 150.000 kV
3. Rasio Ct terpasang = 600/1 A

Nilai arus setting (Is) sebesar: $\{60.000.000 / (150.000 \sqrt{3})\} = 231$ Ampere (pada sisi tegangan 150 kV Primer). Sehingga jika dimasukkan kedalam ratio CT menjadi:

$$\begin{aligned}
 I_s &= (231 / \text{ratio CT}) \\
 &= (231 / 600/1) \\
 &= 0.385 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dari arus seting tersebut diperlukan tunda waktu (t) yang ditetapkan atau tunda waktu yang disesuaikan dengan karakteristik relai itu sendiri.

Tabel 4. Kurva karakteristik OCR

No	Kurva	C	n
1	Standart Inverse - SI	0.14	0.02
2	Very Inverse - VI	13.5	1
3	Long Time Inverse - LTI	120	1
4	Extremely Inverse - EI	80	2

Dari data yang ditunjukkan pada tabel 4, Maka, tunda waktu yang ditetapkan adalah

$$\begin{aligned}
 t &= 0.14 / (20.025^{0.02-1}) \\
 &= 0.14 / 0.061 \\
 &= 2.29 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dan untuk tms nya adalah

$$t = 0.14 \times tms / (20.025 / 0.385)^{0.02-1}$$

$$\begin{aligned}
 2.29 &= 0.14 \times tms / 52.012^{0.02-1} \\
 &= 0.14 / 0.082 \\
 tms &= (0.082 / 0.14) \times 2.29 \\
 &= 1.34
 \end{aligned}$$

Jadi setting arus relai lebih yang dipakai pada pengaman penghantar Jajar – Palur 150 kV adalah Iset 0,385 A, dengan tunda waktu t = 2,29 detik dan tms nya adalah 1,34.

3.3 Setting Jarak

Impedansi Penghantar GI Jajar – Palur 150 kV = 0.137 – j 0.3996 Ω/km dan Panjang Penghantar GI Jajar – Palur 150 kV = 12.869 km.

1. Impedansi zona 1

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \{12,869 (0,1370 + j 0,3996)\} \\
 &= 0,8 (1,763 + j 5,10) \\
 &= 1,41 + j 4,08 \Omega
 \end{aligned}$$

2. Untuk jangkauanya

$$= 0,8 \times 12,869 = 10,29 \text{ kM}$$

3. Pemilihan zona 2 min

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \{12,869 (0,1370 + j 0,3996)\} \\
 &= 1,2 (1,763 + j 5,10) \\
 &= 2,11 + j 6,12 \Omega
 \end{aligned}$$

4. Untuk jangkauanya

$$= 1,2 \times 12,869 = 15,44 \text{ kM}$$

5. Pemilihan zona 2 mak 1

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 (1,763 + j 5,10) + 0,8 \{11,182 (0,1370 + j 0,3996)\} \\
 &= (1,41 + j 4,08) + 0,8 (1,53 + j 4,46) \\
 &= (1,41 + j 4,08) + (1,22 + j 3,56) \\
 &= 2,63 + j 7,64 \Omega
 \end{aligned}$$

6. Untuk jangkauanya

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \times 12,869 + 0,8 \times 11,182 \\
 &= 10,295 + 8,945 \\
 &= 19,24 \text{ kM}
 \end{aligned}$$

7. Pemilihan zona 2 mak 2

$$= 12,869 (0,1370 + j 0,3996) + 0,5 Z$$

Trafo

$$\begin{aligned}
 &= (1,76 + j 5,10) + 0,5 \times 37,4 \\
 &= 1,76 + j 23,8 \Omega
 \end{aligned}$$

8. Untuk jangkauanya

$$\begin{aligned}
 &= 12,869 + 0,8 \times 11,182 \\
 &= 12,869 + 8,945 \\
 &= 24,05 \text{ kM}
 \end{aligned}$$

9. Pemilihan zona 3 min

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 (1,763 + j 5,10) + (0,1370 + j 0,3996) \\
 &= 1,2 (1,9 + j 5,49) \\
 &= 2,28 + j 6,58 \Omega
 \end{aligned}$$

10. Untuk jangkauanya

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times 12,869 + 11,182 \\
 &= 15,442 + 11,182 \\
 &= 26,62 \text{ kM}
 \end{aligned}$$

11. Pemilihan zona 3 mak

$$= 0,8 (12,869 (0,1370 + j 0,3996)) + 0,5$$

$$Z \quad \text{Trafo}$$

$$= 0,8 (1,763 + j 5,10) + 0,5 \times 37,4$$

$$= 1,41 + j 22,78 \ \Omega$$

12. Untuk jangkauanya

$$= 0,8 \times 12,869 + 1,2 + 0,5 \times 11,182$$

$$= 10,295 + 19,009$$

$$= 29,30 \text{ kM}$$

3.4 Analisa Hasil Perhitungan

Dari hasil analisa pada sistem tenaga listrik dengan menggunakan ETAP Power Station maka didapat perbandingan pada sistem tenaga listrik dengan data yang didapat dari UPT Surakarta. Perbandingan dari kedua sistem tenaga listrik tersebut adalah :

1. Pada sistem tenaga listrik pada gardu induk 150 kV Jajar - Palur arus hubung singkat 1 fasa yang terjadi pada bus utama (*main bus*) adalah sebesar 17,353 kA, sedangkan pada sistem tenaga listrik dari simulasi ETAP Power Station arus hubung singkatnya adalah sebesar 16,077 kA.
2. Pada sistem tenaga listrik pada gardu induk 150 kV Jajar - Palur arus hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada bus utama (*main bus*) adalah sebesar 21,833 kA, sedangkan pada sistem tenaga listrik dari simulasi ETAP Power Station arus hubung singkatnya adalah sebesar 20.025 kA.
3. Hasil perhitungan nilai nilai arus seting (Iset) relai arus lebih (OCR) sebesar 0,385 A, dengan tunda waktu (t) = 2.29 detik dan tms nya sebesar 1.34

Sedangkan untuk Relai Jaraknya didapatkan nilai-nilai Impedansi dari proses perhitungan yang dilakukan secara manual dengan berdasarkan Zone-nya yaitu :

1. Pemilihan proteksi Zone 1 didapatkan nilai sebesar $1,41 + j 4,08 \ \Omega$, dengan jarak jangkauanya 10,29 kM.
2. Pemilihan proteksi Zone 2 didapatkan nilai sebesar $2,11 + j 6,12 \ \Omega$, dengan jarak jangkauanya 15,44 kM.
3. Pemilihan proteksi Zone 2 mak1 didapatkan nilai sebesar $2,63 + j 7,64 \ \Omega$, dengan jarak jangkauanya 19,24 kM.
4. Pemilihan proteksi Zone 2 mak 2 didapatkan nilai sebesar $1,76 + j 23,8 \ \Omega$, dengan jarak jangkauanya 24,05 kM
5. Pemilihan proteksi Zone 3 didapatkan nilai sebesar $2,28 + j 6,58 \ \Omega$, 26,62 kM

Pemilihan proteksi Zone 3 mak didapatkan nilai sebesar $1,41 + j 22,78 \ \Omega$, dengan jarak jangkauanya 29,30 kM

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan evaluasi sistem tenaga listrik pada jaringan transmisi 150 kV Jajar – Palur, maka di dapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pensimulasian dengan program ETAP Power Station didapatkan hasil nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa adalah sebesar 20.025 kA dan untuk 1 fasanya sebesar 16.077 kA.
2. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai nilai arus seting (Iset) relai arus lebih (OCR) sebesar 0.385 A, dengan tunda waktu (t) = 2.29 detik dan tms- nya sebesar 1.34
3. Terjadinya perbedaan hasil analisa dengan data yang didapat dari UPT Surakarta disebabkan oleh tingkat ketelitian dalam mengatur setiap nilai *setting* komponen yang digunakan untuk proses evaluasi dengan *software* ETAP Power Station.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, Robert. 2009. Tugas Akhir : *Koordinasi Relai Arus Lebih Dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika*. Surabaya. Institut Teknologi Surabaya.
- Kadir, Abdul. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. UI Press
- Nisrina, Sari. 2008. Tugas Akhir : *Analisis Cara Kerja Sistem Proteksi Relai Jarak dan Relai Arus Lebih Pada UPT 150 kV GI Bantul – GI Wates*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- Munandar, Aris. 1993. *Evaluasi Teknik Tenaga Listrik Jilid II*. Pradnya Paramita
- Rahmansah. 2006. Tugas Akhir : *Analisis Setting Relai Proteksi Transformator Tenaga Di Gardu Induk Cigereleng Menggunakan Pemograman Borland Delphi 6.0*. Cipi. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Setiawan, David . 2008. Tugas Akhir : *Analisis Keandalan Sistem Proteksi Pada Saluran Transmisi Menggunakan Metode Modified Fault Tree Analisis (MFTA)*. Depok. Universitas Indonesia.
- Stevenson, W.D. 1975, *Elements of Power System Analysis*, New york, NY McGraw-hill, 1975.

Power Station 4.0 User guide, *User interface and analysis modules* , Operation Technology.Inc., New york, December 2001.

IEEE , 1991, *IEEE Recommended Practice for Electrical Design and Operating of Windfarm Generating Stations*. Standards Coordinating Committee 23, USA, April 1991.