

# EVALUASI *SETTING RELAY* ARUS LEBIH DAN *SETTING RELAY* GANGGUAN TANAH PADA GARDU INDUK 150KV BAWEN

Adhitya Indrajaya Putra<sup>\*</sup>, Karnoto, and Bambang Winardi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*</sup>Email: *adhit\_ipp@yahoo.com*

## Abstrak

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik ke konsumen, sehingga kerja dari sistem proteksi membutuhkan keandalan dalam menjaga peralatan penyaluran dari gangguan diantaranya gangguan hubung singkat. Meminimalisir gangguan tersebut diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, keandalan, selektifitas dan kecepatan, yang semuanya tergantung pada ketepatan dalam setting peralatan proteksinya. Salah satu peralatan proteksi yang digunakan adalah relai arus lebih (OCR) dan relai hubung tanah (GFR). Pada penulisan penelitian ini akan dibahas evaluasi antara setting OCR dan GFR BWN 02 dan BWN 09 pada Gardu Induk Bawen. Hasil perbandingan *setting* koordinasi proteksi perhitungan dengan simulasi, menunjukkan bahwa *setting* koordinasi proteksi perhitungan dapat bekerja dengan baik dibanding dengan simulasi yang terpasang di Gardu Induk Bawen. Hasil perhitungan dari setting OCR pada sisi *incoming* di dapat nilai TMS = 0,151, sedangkan *setting* OCR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0,127. Penyetelan GFR pada sisi *incoming* di dapat nilai TMS = 0,345, sedangkan *setting* GFR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0,172. Koordinasi antar relay pada perhitungan sudah sesuai dengan standart IEC 60255 dengan *grinding* time 0,3-0,5 detik.

*Kata kunci* : *setting OCR, setting GFR, hubung singkat, proteksi.*

## Abstract

Distribution system is part of electrical power system has main function to feed electricity to consumers. In line with this development, operation of protection relays on distribution requires reliability in maintaining the distribution equipment from fault, including short circuit. So, to minimize the fault, protection system that meets requirements of sensitivity, reliability, selectivity and speed, which is all depends on the precision in setting protection equipment. One of the protective device that used in medium voltage network is an over current relay (OCR) and ground fault relay(GFR). In this research discuss the evaluation between setting OCR and GFR BWN 02, BWN 09 on Bawen substation. The comparison result of the coordination setting of the calculation protection with the simulation shows that the coordination setting of the calculation protection can work well compared to simulation installed in Substation Bawen. The calculation from OCR setting in incoming side acquired TMS = 0,151. Meanwhile OCR setting in outgoing side acquired TMS = 0,127. GFR setting in incoming side acquired TMS 0,345. Meanwhile GFR setting in outgoing side acquired TMS = 0,172. Coordination between the relay on the calculation is in accordance with the standard IEC 60255 with *grinding* time of 0.3-0.5 seconds.

*Keywords*: *OCR settings, setting GFR, short circuit, protection*

## 1. Pendahuluan

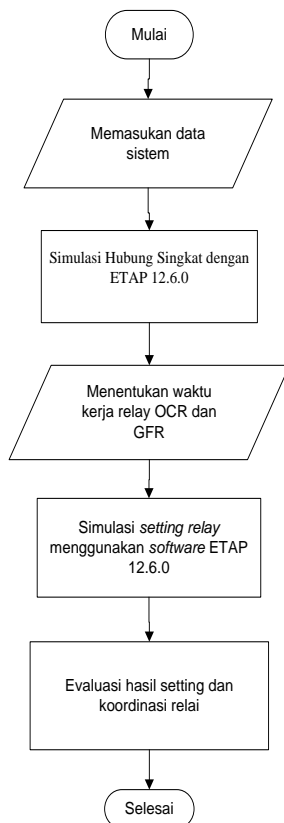
Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik ke konsumen. Dengan meningkatnya beban yang sejalan dengan pertumbuhan penduduk, dapat berakibat terjadinya persentasi kenaikan gangguan. Gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan fasa tanah.

Besarnya arus gangguan hubung singkat yang dapat terjadi di dalam sistem distribusi, sistem proteksi diuntut meningkatkan keandalannya. Salah satu upaya adalah mengoptimalkan kerja *relay* untuk mendapat keandalan yang baik. Koordinasi antar *relay* juga menentukan keandalan suatu proteksi, salah satu koordinasi yang harus di jaga adalah koordinasi antara *relay* arus lebih dan *relay* gangguan tanah

Penelitian akan dilakukan dengan menghitung dan mengevaluasi *setting relay* yang ada pada penyulang BWN 02 dan BWN 09 pada Gardu Induk Bawen. Pemodelan dilakukan dengan diagram satu garis yang ada di Gardu Induk Bawen dengan menggunakan bantuan program ETAP 12.6.0.

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

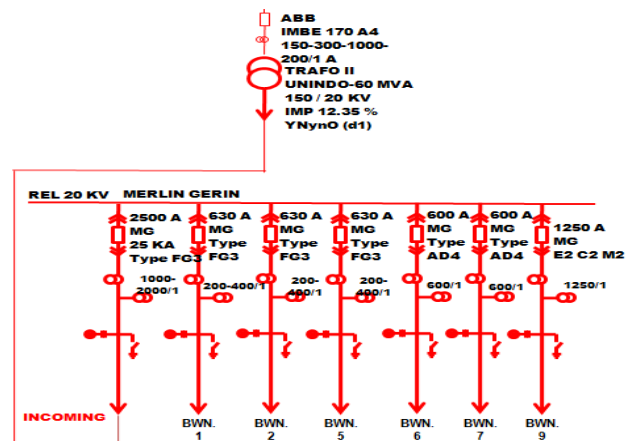


Gambar 1. Metode penelitian analisis evaluasi *Setting relay* menggunakan simulasi program ETAP

Pada penelitian ini menjelaskan tentang proses evaluasi *setting relay* yaitu *relay* arus lebih dan *relay* hubung tanah di sisi *incoming* dan *outgoing* pada Gardu Induk Bawen. Perangkat lunak yang akan di gunakan adalah *Electrical Transient Analysis Program (ETAP)* 12.6.0. Secara umum langkah penelitian yang dilakukan sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

### 2.2. Data Sistem

Diagram satu garis pada kondisi existing dari sistem kelistrikan Gardu Induk Bawen Trafo II Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Satu Garis Jaringan Distribusi 20 kV GI Bawen

Adapun data yang digunakan adalah seperti pada Tabel berikut:

Tabel 1. Data Trafo Tenaga

Data Trafo Tenaga	
Merk	UNINDO
Daya	60 MVA
Arus HS	2585,09 MVA
Tegangan	150 / 20 kV
Impedansi ( Z %)	12.35 %
Rasio CT (22 kV)	2000/1
Vektor Grup	YNyn0

Tabel 2. Data OCR dan GFR pada *Incoming* Trafo 60MVA gardu induk Bawen

Data Trafo OCR & GFR	
merk	Merlin Gerin
type	SEPAM 20
karakteristik	Standart invers
I nominal	5A
Rasio CT	2000/1
TMS OCR	0.16
TMS GFR	0.42

Tabel 3. Data OCR dan GFR pada *outgoing* Trafo 60MVA gardu induk Bawen

	Data Penyulang BWN 02	Data Penyulang BWN 09
Jarak		
penyulang	4,6 km	5,75 km
Jenis kabel	AAAC 240mm2	AAAC 240mm2
	Relay BWN02	Relay BWN 09
Merk	Merlin Gerin	Merlin Gerin
Type	SEPAM 20	SEPAM 20
Karakteristik	Standart invers	Standart invers
I nominal	5A	5A
Rasio CT	400/1	400/1
TMS OCR	0.16	0.16
TMS GFR	0.32	0.32



2 fase ke tanah memiliki selisih rata – rata 0,08%, dan 1 fase ke tanah memiliki selisih 0,12%.

Berdasarkan pada hasil analisa arus gangguan hubung singkat dapat dilihat bahwa semakin panjang saluran maka arus gangguan hubung singkat semakin kecil.

Tabel 6. Hasil perhitungan arus hubung singkat penyulang BWN02

Jarak %	Jarak (Km)	Arus gangguan (ampere)			
		3 fasa	2fasa	2fasatanah	1fasatanah
0%	0	11807,5	10224,2	11805,6	11805,6
10%	0,46	10263,3	8888,6	7554,8	8702,4
20%	0,92	9058,9	7845,5	5540,4	6875,2
30%	1,38	8097,3	7012,7	4370,8	5677,0
40%	1,84	7314,3	6334,6	3607,9	4832,2
50%	2,3	6665,8	5772,9	3071,3	4205,1
60%	2,76	6120,6	5300,8	2673,5	3721,4
70%	3,22	5656,4	4898,7	2366,8	3337,1
80%	3,68	5256,5	4552,4	2123,1	3024,5
90%	4,14	4908,8	4251,2	1924,9	2765,2
100%	4,6	4603,6	3987,0	1760,6	2546,8

Tabel 7. Hasil perhitungan arus hubung singkat penyulang BWN 09

Jarak %	Jarak (Km)	Arus gangguan (ampere)			
		3 fasa	2fasa	2fasatanah	1fasatanah
0%	0	11807,6	10224,2	11805,6	11805,6
10%	0,575	9934,9	8604,1	6926,6	8161,6
20%	1,15	8552,3	7406,7	4887,0	6219,5
30%	1,725	7496,0	6491,9	3772,6	5019,1
40%	2,3	6665,8	5772,9	3071,3	4205,1
50%	2,875	5997,7	5194,3	2590,6	3617,3
60%	3,45	5449,2	4719,3	2238,3	3173,1
70%	4,025	4991,4	4322,8	1970,9	2825,8
80%	4,6	4603,6	3987,0	1760,6	2546,8
90%	5,175	4271,2	3699,1	1590,8	2317,8
100%	5,75	3983,2	3449,6	1480,8	2126,5

### 3.3. Penyetelan OCR, dan GFR

Pada perhitungan *settingrelay* OCR dan GFR menggunakan karakteristik *standard inverse*, perhitungan *setting* peralatan proteksi dimulai dari *relayoutgoing* dan *relayincoming*. Penentuan *setting* waktu kerja (Top) berdasarkan *grading time* antar peralatan proteksi sesuai IEC 60255 sebesar 0,3-0,5 detik [15]. Berikut merupakan rumus perhitungan *settingrelay* OCR dan GFR pada penyulang BWN02 dan BWN09 Trafo 60 MVA Gardu Induk Bawen sesuai dengan standar IEC 60255 dengan karakteristik *standar invers*.

- Rumus TMS OCR

$$TMS_{OCR} = \frac{\left[ \frac{I_{hubung\ singkat\ 3\phi}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1}{0,14} \times t_{op} \quad (1)$$

- Rumus TMS GFR

$$TMS_{GFR} = \frac{\left[ \frac{I_{hubung\ singkat\ 1\phi-tnh}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1}{0,14} \times t_{op} \quad (2)$$

- Iset OCR

$$I_{set} = 1,05 - 1,2 \times I_{beban\ maksimum} \quad (3)$$

Atau

$$I_{set} = Kuat\ Hantar\ Arus\ Penyulang \quad (4)$$

- Iset GFR

$$I_{set} = 0,12 - 0,4 \times I_{HS\ 1\ L - G\ terkecil} \quad (5)$$

Tabel 8. Perbandingan *SettingRelay* OCR, GFR *Incoming* Kondisi PLN Dan Perhitungan

Setting	Setting Relay Incoming			
	PLN		Hasil Perhitungan	
	OCR	GFR	OCR	GFR
TMS	0,16	0,42	0,151	0,345
I set (A)	2078	693	2078	519,6

Tabel 9. Perbandingan *SettingRelay* OCR, GFR *Outgoing* Kondisi PLN Dan Perhitungan

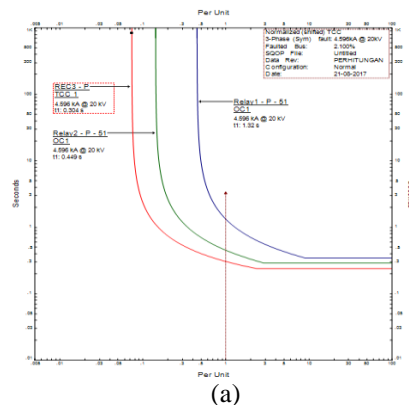
Setting	Setting Relay Outgoing			
	Existing		Hasil Perhitungan	
	OCR	GFR	OCR	GFR
TMS	0,16	0,32	0,127	0,171
I set (A)	480	240	659	425

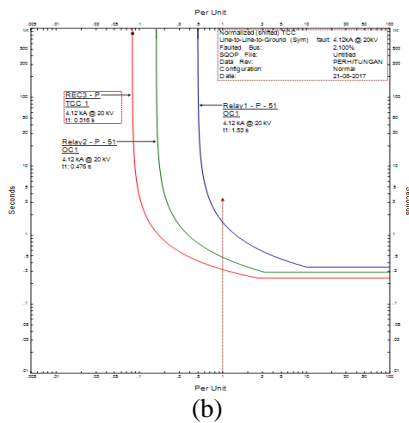
Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu untuk penyetelan waktu *grading timerelay* di penyulang tidak boleh kurang dari 0,3 s. Keputusan ini diambil agar memberi kesempatan *relay outgoing* bekerja terlebih dahulu sedangkan *relay incoming* sebagai *back up protection* jika *relay outgoing* gagal bekerja. Perbedaan nilai TMS pada *settingrelay* kondisi existing dan perhitungan dikarenakan pada penentuan nilai Iset dan waktu kerja (Top) yang berbeda.

### 3.4. Evaluasi Koordinasi Setting Relay OCR, dan GFR

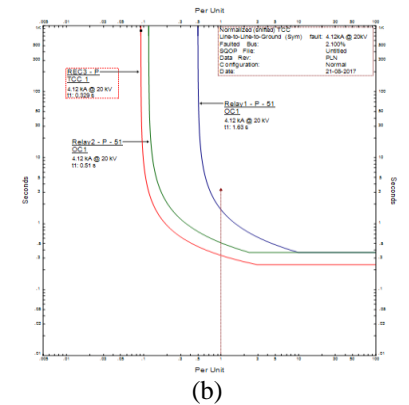
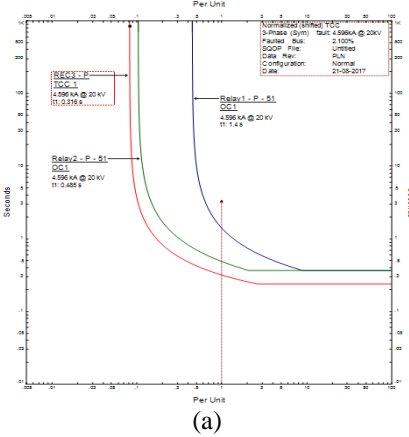
Berdasarkan simulasi koordinasi sistem proteksi hasil perhitungan dan nilai setting kondisi PLN dapat di ketahui waktu kerja peralatan sistem proteksi ketika terjadi gangguan hubung singkat. Berikut adalah gambar kurva arus terhadap waktu yang ditunjukkan oleh Gambar 5 menunjukkan kurva arus terhadap waktu koordinasi proteksi pada feeder BWN 2 hasil perhitungan dan Gambar 6 menunjukkan kurva arus terhadap waktu koordinasi proteksi setting PLN. Tabel 11 hingga Tabel 18 menunjukkan perbandingan waktu kerja peralatan proteksi penyulang BWN02 dan BWN09 setting PLN dengan perhitungan.

#### 1. Koordinasi Setting Relay Penyulang BWN02





Gambar 5. Tampilan Kurva Arus-Waktu Koordinasi Relay Hasil Perhitungan pada ETAP 12.6.0 BWN 02 (a) Kurva OCR, (b) Kurva GFR



Gambar 6. Tampilan Kurva Arus-Waktu Koordinasi Relay Setting PLN pada ETAP 12.6.0 BWN 02 (a) Kurva OCR, (b) Kurva GFR

Gambar 5 menunjukkan kurva koordinasi antara relay dan urutan kerja apabila terjadi gangguan hubung singkat pada hasil perhitungan, dan Gambar 6 menunjukkan kurva koordinasi antara relay pada setting PLN. Kedua gambar kurva menunjukkan bahwa tidak ada kurva yang berpotongan baik antara relay dengan recloser.

Tabel 10. Perbandingan Waktu Kerja Relay Incoming Setting PLN Dan Perhitungan

Jarak	Kerja relay pada gangguan (detik)							
	Incoming PLN				Incoming Perhitungan			
	3fasa	2fasa	2fasa tanah	1fasa tanah	3fasa	2fasa	2fasa tanah	1fasa tanah
0%	0,634	0,692	1,008	1,008	0,599	0,654	0,782	0,782
10%	0,69	0,76	1,202	1,133	0,653	0,718	0,789	0,833
20%	0,75	0,833	1,386	1,253	0,709	0,787	0,997	0,912
30%	0,813	0,911	1,568	1,369	0,768	0,860	1,111	0,987
40%	0,88	0,995	1,754	1,486	0,831	0,940	1,223	1,060
50%	0,951	1,087	1,946	1,602	0,898	1,026	1,336	1,132
60%	1,027	1,187	2,149	1,721	0,970	1,121	1,451	1,203
70%	1,109	1,298	2,366	1,842	1,047	1,225	1,569	1,275
80%	1,198	1,42	2,598	1,967	1,131	1,340	1,692	1,348
90%	1,294	1,557	2,85	2,096	1,222	1,469	1,821	1,421
100%	1,4	1,712	3,126	2,23	1,321	1,615	1,956	1,496

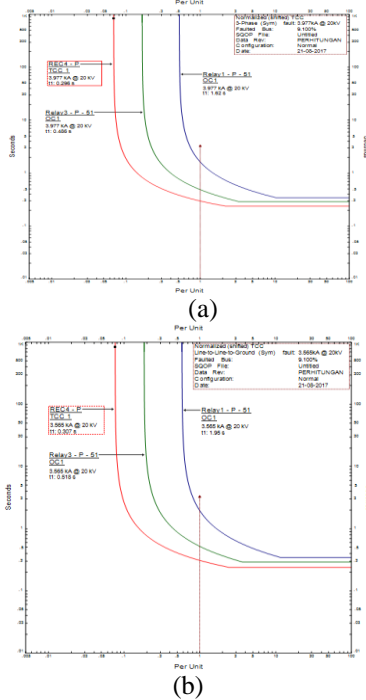
Tabel 10 menunjukkan waktu kerja relay incoming berdasarkan setting PLN dan perhitungan saat terjadi gangguan memiliki perbedaan waktu. Hasil perhitungan relay incoming memberikan waktu operasi yang lebih cepat dari pada setting proteksi PLN. Sebagai contoh ketika terjadi gangguan 3 fase pada jarak 50%, relay incoming PLN memiliki waktu kerja 0,951 detik, sedangkan hasil perhitungan memiliki waktu kerja 0,898 detik. Waktu kerja relay incoming PLN saat terjadi gangguan fase-tanah pada jarak 50% adalah 1,602 detik sedangkan hasil perhitungan adalah 1,132 detik. Perbedaan waktu kerja tersebut terjadi karena perbedaan setting dari TMS relay incoming, antara setting TMS PLN dengan TMS perhitungan.

Tabel 11. Perbandingan Waktu Kerja Relay Outgoing Setting PLN Dan Perhitungan

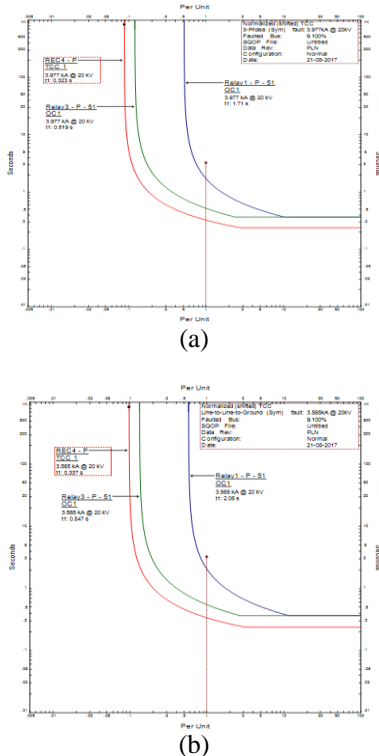
Jarak	Kerja relay pada gangguan (detik)							
	Outgoing PLN				Outgoing Perhitungan			
	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah	3 fasa	2 fasa	2fasa tanah	1fasa-tanah
0%	0,363	0,363	0,726	0,726	0,299	0,316	0,390	0,390
10%	0,363	0,373	0,726	0,726	0,315	0,333	0,398	0,390
20%	0,370	0,39	0,726	0,726	0,331	0,350	0,446	0,412
30%	0,386	0,407	0,75	0,726	0,346	0,367	0,492	0,442
40%	0,4	0,423	0,805	0,726	0,361	0,384	0,536	0,472
50%	0,415	0,44	0,857	0,76	0,370	0,401	0,579	0,500
60%	0,429	0,456	0,907	0,795	0,390	0,418	0,622	0,528
70%	0,443	0,471	0,957	0,829	0,405	0,435	0,666	0,556
80%	0,457	0,487	1,006	0,862	0,420	0,452	0,710	0,583
90%	0,471	0,503	1,054	0,894	0,434	0,468	0,755	0,611
100%	0,485	0,518	1,102	0,926	0,449	0,486	0,801	0,639

Tabel 11 menunjukkan waktu operasi relay outgoing dimana terdapat perbedaan nilai antara setting proteksi PLN dan perhitungan. Hasil perhitungan relay outgoing memberikan waktu operasi yang lebih cepat dibanding setting proteksi PLN. Sebagai contoh ketika terjadi gangguan 3 fase pada jarak 50% relay outgoing PLN memiliki waktu kerja 0,415 detik sedangkan hasil perhitungan memiliki waktu kerja 0,370 detik. Perbedaan waktu kerja tersebut terjadi karena perbedaan setting dari TMS dan I<sub>set</sub> relay outgoing.

2. Koordinasi Setting Relay Penyulang BWN09



Gambar 7. Tampilan Kurva Arus-Waktu Koordinasi Relay Hasil Perhitungan pada ETAP 12.6.0 BWN 09 (a) Kurva OCR, (b) Kurva GFR



Gambar 8. Tampilan Kurva Arus-Waktu Koordinasi Relay Setting PLN pada ETAP 12.6.0 BWN 09 (a) Kurva OCR, (b) Kurva GFR

Gambar 7 menunjukkan kurva koordinasi antara relay dan urutan kerja apabila terjadi gangguan hubung singkat pada hasil perhitungan, dan Gambar 8 menunjukkan kurva koordinasi antara relay pada setting PLN. Kedua gambar kurva hasil perhitungan dan PLN menunjukkan bahwa tidak ada kurva yang berpotongan baik antara relay dengan relay.

Tabel 12. Perbandingan Waktu Kerja Relay Incoming Setting PLN Dan Perhitungan

Jarak	Kerja relay pada gangguan (detik)							
	Incoming PLN				Incoming Perhitungan			
	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah
0%	0,634	0,692	1,008	1,008	0,599	0,654	0,750	0,750
10%	0,705	0,778	1,248	1,163	0,666	0,735	0,909	0,853
20%	0,781	0,871	1,477	1,311	0,738	0,823	1,054	0,949
30%	0,863	0,974	1,707	1,457	0,815	0,919	1,195	1,041
40%	0,951	0,087	1,946	1,602	0,898	1,026	1,336	1,132
50%	1,047	1,214	2,204	1,751	0,989	1,146	1,481	1,221
60%	1,153	1,357	2,48	1,904	1,088	1,281	1,631	1,311
70%	1,269	1,522	2,785	2,063	1,198	1,436	1,789	1,403
80%	1,4	1,712	3,126	2,23	1,321	1,615	1,956	1,496
90%	1,547	1,937	3,511	2,406	1,460	1,827	2,136	1,592
100%	1,714	2,206	3,952	2,593	1,618	2,080	2,330	1,691

Tabel 12 menunjukkan waktu kerja *relay incoming* berdasarkan *setting* PLN dan perhitungan saat terjadi gangguan memiliki perbedaan waktu. Hasil perhitungan relay incoming memberikan waktu operasi yang lebih cepat dari pada *setting* proteksi PLN. Sebagai contoh ketika terjadi gangguan 3 fasa pada jarak 50%, *relay incoming PLN* memiliki waktu kerja 1,047 detik, sedangkan hasil *perhitungan* memiliki waktu kerja 0,989 detik. Waktu kerja *relay incoming PLN* saat terjadi gangguan fase-tanah pada jarak 50% adalah 1,751 detik sedangkan hasil perhitungan adalah 1,221 detik. Perbedaan waktu kerja tersebut terjadi karena perbedaan *setting* dari TMS *relay incoming*, antara *setting* TMS PLN dengan TMS *perhitungan*.

Tabel 13. Perbandingan Waktu Kerja Relay Outgoing Setting PLN Dan Perhitungan

Jarak	Kerja relay pada gangguan (detik)							
	Outgoing PLN				Outgoing Perhitungan			
	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah
0%	0,363	0,363	0,726	0,726	0,299	0,316	0,390	0,390
10%	0,363	0,377	0,726	0,726	0,319	0,337	0,410	0,390
20%	0,378	0,398	0,726	0,726	0,338	0,359	0,469	0,427
30%	0,397	0,419	0,791	0,726	0,357	0,380	0,525	0,464
40%	0,415	0,44	0,857	0,76	0,376	0,401	0,579	0,500
50%	0,433	0,46	0,92	0,804	0,394	0,422	0,633	0,535
60%	0,45	0,479	0,981	0,836	0,412	0,443	0,687	0,570
70%	0,468	0,499	1,042	0,886	0,431	0,464	0,743	0,604
80%	0,485	0,518	1,102	0,926	0,449	0,486	0,801	0,639
90%	0,502	0,538	1,162	0,966	0,467	0,507	0,860	0,673
100%	0,519	0,557	1,223	1,005	0,486	0,529	0,923	0,709

Tabel 13 menunjukkan waktu operasi *relay outgoing* dimana terdapat perbedaan nilai antara *setting* proteksi PLN dan *perhitungan*. Hasil *perhitungan relay outgoing*

memberikan waktu operasi yang lebih cepat dibanding *setting* proteksi PLN. Sebagai contoh ketika terjadi gangguan 3 fase pada jarak 50% *relay outgoing* PLN memiliki waktu kerja 0,433 detik sedangkan hasil *perhitungan* memiliki waktu kerja 0,394 detik. Perbedaan waktu kerja tersebut terjadi karena perbedaan *setting* dari TMS dan  $I_{set}$  *relay outgoing*.

#### **4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil evaluasi koordinasi proteksi, nilai arus hubung singkat hasil perhitungan dan simulasi dengan program ETAP 12.6.0 telah memiliki nilai arus hubung singkat yang hampir sama dengan error rata-rata untuk semua gangguan dan penyulang adalah 0,20 %. Hasil perhitungan dan simulasi pada sisi incoming memiliki perbedaan TMS, di mana untuk TMS OCR perhitungan = 0,1514 dan TMS OCR simulasi = 0,16, untuk TMS GFR perhitungan = 0,3453 dan TMS GFR simulasi = 0,42. Hasil perhitungan dan simulasi pada sisi outgoing memiliki perbedaan TMS, di mana untuk TMS OCR perhitungan = 0,1272 dan TMS OCR simulasi = 0,16, untuk TMS GFR perhitungan = 0,1502 dan TMS GFR simulasi = 0,32, perbedaan tersebut karena nilai arus setting ( $I_{set}$ ) dan TMS pada setting relay PLN dan perhitungan berbeda. Waktu kerja (Top) setting proteksi PLN ketika terjadi gangguan maksimum pada penyulang BWN02 dan BWN09 belum memenuhi standar penentuan grading time antar peralatan proteksi berdasarkan IEC 60255 yaitu sebesar 0,3 – 0,5 detik. Waktu kerja (Top) hasil perhitungan dari masing – masing relay telah memenuhi standar penentuan grading time antar peralatan proteksi saat gangguan maksimum berdasarkan IEC 60255 yaitu sebesar 0,3 – 0,5 detik.

#### **Referensi**

- [1]. Hidayatulloh Rachmad, 2012 " *Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan SUTT 150 Kv Jalur Kebasen-Balapulang-Bumiayu Menggunakan Program ETAP*" Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [2]. Affandi, Irfan. 2009. " *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di Gi Cawang*" Universitas Indonesia
- [3]. SPLN 72 : 1987, *Spesifikasi desain Jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan Tegangan Rendah*. 1987.
- [4]. S. S. Rao, 2010, *Switchgear Protection And Power System*. New Delhi: Khanna Publishers.
- [5]. SPLN 64 : 1985, *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. 1985.
- [6]. SPLN 52-3 : 1983, *Pola Pengamanan Sistem, Bagian Tiga : Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV*. 1983
- [7]. IEC 60255, *Overcurrent Protection for Phase and Earth Faults*.
- [8]. D. Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga, 2005.
- [9]. S. Drs. Daman, 2009, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang.
- [10]. Wahyudi, S, 2012 *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Garamond.