

## Analisa Setting Over Current Relay Pada Penyulang Banteng Gardu Induk Bukit Siguntang

**Mohammad Noer, Yessi Marniati\***  
Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang  
E-mail: bulekpadang@yahoo.co.id

### ABSTRACT

*Short circuit fault current magnitude is affected by the disorder point distance, the greater distance the smaller the interference points of fault current in short circuited. Based on the analysis on the calculation of the value of setting Tms with existing field is still under appropriate conditions, the calculation of the value obtained at the feeders Banteng Tms OCR is 0.11 seconds while the data field is 0.1 seconds, and to the values calculated on the incoming side of the OCR Tms is 0,249 seconds while data in the field by 0.25 seconds. So also, for the OCR setting on the incoming side is for the calculation of 952.63 A and for field of 1000 A. However, for the current setting of the OCR obtained at feeders is 609.125 A computed value that is much larger than the results on the field that is equal to 320 A. So, it can be concluded that the existing OCR settings can not be said to be good setting in the field. Seen from Tms settings and current values, where the value of the setting on the feeder faster than setting the incoming. This is because if an interruption occurs, the feeders will be used to overcome the disorder so that interference can be minimized to the incoming side.*

**Keywords:** Short circuit, TMS setting, current setting, over current relay

### ABSTRAK

Besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya. Berdasarkan hasil analisa nilai *setting* Tms pada perhitungan dengan yang ada dilapangan masih dalam kondisi yang sesuai, didapat nilai perhitungan Tms OCR pada penyulang Banteng sebesar 0,11 detik sedangkan data dilapangan sebesar 0,1 detik, dan untuk nilai perhitungan pada Tms OCR sisi *incoming* sebesar 0,249 detik sedangkan data dilapangan sebesar 0,25 detik. Begitu juga untuk *setting* OCR di sisi *incoming* yaitu untuk perhitungan sebesar 952,63 A dan untuk di lapangan sebesar 1000 A. Tetapi untuk *setting* arus OCR pada penyulang didapat nilai perhitungan yaitu 609,125 A yang jauh lebih besar dari hasil di lapangan yaitu sebesar 320 A. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *setting* OCR yang ada dilapangan belum dapat dikatakan baik. Dilihat dari nilai *setting* Tms dan arus, dimana nilai *setting* pada penyulang lebih cepat daripada *setting* pada *incoming*. Hal ini dikarenakan apabila terjadi gangguan, penyulang akan lebih dulu mengatasi gangguan tersebut sehingga gangguan terhadap sisi *incoming* dapat diminimalisir.

**Kata Kunci:** Gangguan hubung singkat, setting TMS, setting arus dan relay arus lebih

### 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia ketenagalistrikan khususnya sistem proteksi yang sudah semakin canggih ini, ada banyak macam sistem maupun alat proteksi yang terdapat di PLN yang masing-masing memiliki fungsi yang vital guna menunjang keandalan kontinuitas penyaluran listrik. Dan salah satu macam alat proteksi yang terdapat di PLN adalah *Over Current Relay* (OCR). Agar penggunaan OCR lebih andal maka diperlukan penyetelan relai yang baik sehingga relai dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik yang lain dari arus gangguan hubung singkat maupun beban lebih.

Besarnya arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi didalam suatu sistem kelistrikan perlu diketahui untuk menghitung penyetelan relai proteksi. Untuk keperluan penyetelan relai proteksi, arus gangguan yang dihitung tidak hanya pada titik

gangguan, tapi juga kontribusinya (arus gangguan yang mengalir di tiap cabang dalam jaringan yang menuju ke titik gangguan). Untuk itu diperlukan cara menghitung arus gangguan hubung singkat yang dapat segera membantu dalam perhitungan penyetelan relai proteksi.

Dalam paper ini akan dilakukan analisis untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai arus gangguan hubung singkat pada distribusi sisi 20kV dan cara untuk *setting* OCR yang dipasang pada penyulang Banteng di GI Bukit Siguntang. Sebagai perbandingan, hasil analisis yang diperoleh (nilai seting yang diprogramkan ke relay) akan dikomparasikan dengan data ril yang terukur di lapangan. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan *setting* OCR dengan data di lapangan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data setingan terbaik bagi kinerja relay yang dapat digunakan

oleh pihak PLN sebagai bagian dari perangkat proteksinya.

**2. SISTEM PROTEKSI**

Suatu sistem tenaga listrik dibagi ke dalam seksi-seksi yang dibatasi oleh PMT. Tiap seksi memiliki relai pengaman dan memiliki daerah pengamanan (*Zone of Protection*). Bila terjadi gangguan, maka relai akan bekerja mendeteksi gangguan dan PMT akan trip, daerah proteksi pada sistem tenaga listrik dibuat bertingkat dimulai dari pembangkitan, gardu induk, saluran distribusi primer sampai ke beban. Garis putus-putus menunjukkan pembagian sistem tenaga listrik ke dalam beberapa daerah proteksi. Masing-masing daerah memiliki satu atau beberapa komponen sistem daya disamping dua buah pemutus rangkaian. Setiap pemutus dimasukkan ke dalam dua daerah proteksi berdekatan.

Batas setiap daerah menunjukkan bagian sistem yang bertanggung jawab untuk memisahkan gangguan yang terjadi di daerah tersebut dengan sistem lainnya. Aspek penting lain yang harus diperhatikan dalam pembagian daerah proteksi adalah bahwa daerah yang saling berdekatan harus saling tumpang tindih (*overlap*), hal ini dimaksudkan agar tidak ada sistem yang dibiarkan tanpa perlindungan. Pembagian daerah proteksi ini bertujuan agar daerah yang tidak mengalami gangguan tetap dapat beroperasi dengan baik sehingga dapat mengurangi daerah terjadinya pemadaman.

Relai proteksi adalah sebuah peralatan listrik yang dirancang untuk mendeteksi bila terjadi gangguan atau sistem tenaga listrik tidak normal. Relai pengaman merupakan kunci kelangsungan kerja dari suatu sistem tenaga listrik, dimana gangguan segera dapat dilokalisir dan dihilangkan sebelum menimbulkan akibat yang lebih luas. gambar 1 berikut menggambarkan diagram blok urutan kerja relai pengaman.



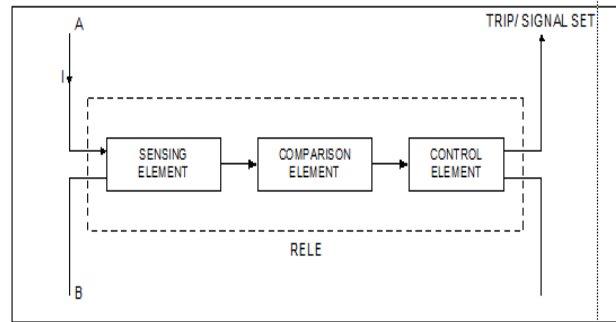
**Gambar 1** Diagram blok urutan kerja relai pengaman

Relai pengaman mempunyai tiga elemen dasar yang bekerja saling terkait untuk memutuskan arus gangguan. Ketiga elemen dasar tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. elemen perasa (*sensing element*) Berfungsi untuk merasakan atau mengukur besaran arus, tegangan, frekuensi atau besaran lainnya yang akan diproteksi.

- b. elemen pembanding (*comparison element*) Berfungsi untuk membandingkan arus yang masuk ke relai pada saat ada gangguan dengan arus *setting* tersebut.
- c. elemen kontrol (*control element*) Berfungsi mengadakan perubahan dengan tiba-tiba pada besaran kontrol dengan menutup arus operatif.

Ketiga elemen dasar relai proteksi di dapat dijelaskan oleh gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 2** Diagram Blok Elemen Relai Pengaman

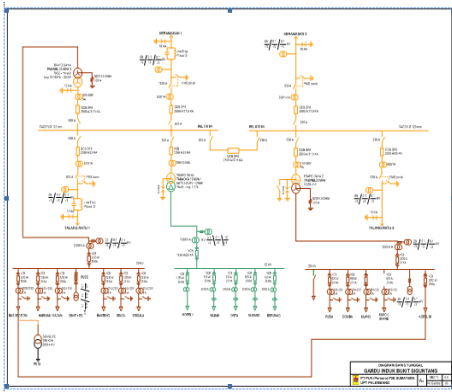
**3. SETTING RELAY ARUS LEBIH**

Relai arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (*Over Current Relay*) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau overload yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya.

Relai arus lebih ini digunakan hampir pada seluruh pola pengamanan sistem tenaga listrik, lebih lanjut relai ini dapat digunakan sebagai pengaman utama ataupun pengaman cadangan. Pada transformator tenaga, OCR hanya berfungsi sebagai pengaman cadangan (*back up protection*) untuk gangguan eksternal atau sebagai *back up* bagi *outgoing feeder*. OCR dapat dipasang pada sisi tegangan tinggi saja, atau pada sisi tegangan menengah saja, atau pada sisi tegangan tinggi dan tegangan menengah sekaligus. Selanjutnya OCR dapat menjatuhkan PMT pada sisi dimana relai terpasang atau dapat menjatuhkan PMT di kedua sisi transformator tenaga. OCR jenis *defenite time* ataupun *inverse time* dapat dipakai untuk proteksi

Koordinasi penyetelan relai sesuai dengan standar PT.PLN (Persero) P3B Sumatera Bidang Transmisi Sub Bidang Proteksi Scadatel Padang, 2008 Kaidah Setelan OCR meliputi Pertimbangan teknis dalam setelan OCR seperti dijelaskan pada tabel 1. Setting dilakukan pada relay yang terdapat pada transformator 3-30 MVA/70-20 kV dan penyulang Banteng di Gardu Induk Bukit Siguntang yang merupakan ruang lingkup kerja dari PLN UPT Palembang. Gardu Induk Bukit Siguntang adalah gardu induk yang menyuplai energinya ke sembilan penyulang. Gardu induk Bukit Siguntang memiliki

3 jenis transformator daya yaitu: transformator 15 MVA/70-12 yang saat ini tidak digunakan, transformator 30 MVA/70-20 kV yang menyuplai empat penyulang, yaitu: penyulang Rusa, Kancil, Domba, dan Kijang, dan transformator 30 MVA/70 – 20 kV yang menyuplai lima penyulang, yaitu: penyulang Banteng, Harimau, Srigala, Singa, dan Macan.



Gambar 3 Single line gardu induk Bukit Siguntang

Tabel 1 Batasan setelan ocr transformator

Uraian	Penyulang	Incoming trf	Sisi hv truf
Jenis Karakteristik	OCR SI	OCR SI	OCR SI
Setelan arus	(1.0 – 1.2) x inct (1.0 – 1.2) x ccc *	(1.0 – 1.2) x in trf mv (1.0 – 1.2) x ccc **	(1.0 – 1.2) xintrfm (hv)
Waktu kerja (hs phasa-phasa di bus 20 kv)	0.2 - 0.4 detik	0.7 - 1.0 detik	1.2 - 1.6 detik

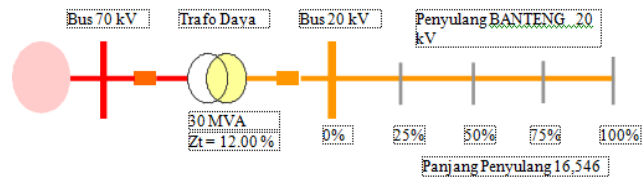
Tabel 2 Data nilai setting relai transformator III penyulang Banteng

No	Daerah Proteksi	Kelas CT/PT	Spesifikasi	Selatan
TRANSFORMATOR III 30 MVA 70/20 kV	Pasivale 12,00% YNy=0 (d)	CT 70 kV :	DIFF. 3V Merk: SCHNEIDER Type : M3COM P632	I <sub>2</sub> > - 30% In <sub>2</sub> 2 - 25%
		CT 20 kV :	OCR P 51 / S1N Merk: SCHNEIDER Type : M3COM P141	I <sub>1</sub> > - 300 A I <sub>2</sub> > - 0,4 SI I <sub>3</sub> > - 60 A I <sub>4</sub> > - 0,25 SI
		PT 70 kV :	OCR S 51 / S1N Merk: SCHNEIDER Type : M3COM P141	I <sub>1</sub> > - 1000 A I <sub>2</sub> > - 0,25 SI I <sub>3</sub> > - 4000 A I <sub>4</sub> > - 0,4 A I <sub>5</sub> > - 100 A I <sub>6</sub> > - 0,25 SI OLS - 840 A OLS Trip Penyulang Banteng t = 1 S
		CT NGR :	SEF 51 N Merk: SCHNEIDER Type : M3COM P141	I <sub>2</sub> > - 30 A I <sub>3</sub> > - 0,8 LTI I <sub>4</sub> > - 1440 A I <sub>5</sub> > - 32 A I <sub>6</sub> > - 0,11 SI I <sub>7</sub> > - 240 A LFR - 48,8 SI
Penyulang Banteng 20 kV		CT :	OCR 50/500/S1/S1N Merk: SCHNEIDER Type : M3COM P142	I <sub>1</sub> > - 320 A I <sub>2</sub> > - 0,1 SI I <sub>3</sub> > - 1440 A I <sub>4</sub> > - 32 A I <sub>5</sub> > - 0,11 SI I <sub>6</sub> > - 240 A LFR - 48,8 SI

Tabel 2 memperlihatkan spesifikasi dan nilai setting transformator 3-30 MVA yang menjadi penyuplai bagi penyulang Banteng. Dan tabel tersebut juga memperlihatkan nilai setting OCR pada penyulang Banteng.

4. ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Perhitungan gangguan hubung Singkat ini dihitung besarnya berdasarkan panjang penyulang, yaitu diasumsikan terjadi di 25 %, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang.



Gambar 4 Penyulang Banteng

Nilai impedansi penyulang urutan positif dan negative untuk lokasi gangguan dengan jarak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang seperti tabel 3 berikut.

Tabel 3 Impedansi Penyulang urutan positif & negatif

(% Panjang )	Impedansi penyulang (Z <sub>1</sub> & Z <sub>2</sub> )
0	0% <sub>0,0</sub> (1,354 + j1,9975) = 0 Ohm
25	25% <sub>0,0</sub> (1,354 + j1,9975) = 0,33385 + j0,499375 Ohm
50	50% <sub>0,0</sub> (1,354 + j1,9975) = 0,6677 + j0,99875 Ohm
75	75% <sub>0,0</sub> (1,354 + j1,9975) = 1,00155 + j1,49812 Ohm
100	100% <sub>0,0</sub> (1,354 + j1,9975) = 1,3354 + j1,9975 Ohm

Karena lokasi gangguan diasumsikan terjadi pada 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang, maka Z<sub>1 eq</sub> (Z<sub>2 eq</sub>) yang didapat adalah:

Tabel 4 Impedansi Ekuivalen Z<sub>1eq</sub>(Z<sub>2eq</sub>)

(% Panjang )	Impedansi Z <sub>1 eq</sub> ( Z <sub>2 eq</sub> )
0	0 + j1,988 Ohm
25	j1,988 + 0,33385 + j0,499375 Ohm = 0,33385 + j2,487375 Ohm
50	j1,988 + 0,6677 + j0,99875 Ohm = 0,6677 + j2,98675 Ohm
75	j1,988 + 1,00155 + j1,49812 Ohm = 1,00155 + j3,48612 Ohm
100	j1,988 + 1,3354 + j1,9975 Ohm = 1,3354 + j3,9855 Ohm

Pada table 4 diatas terlihat nilai arus hubung singkat 3 fasa pada panjang penyulang 0% yang didapat dari perhitungan rumus:

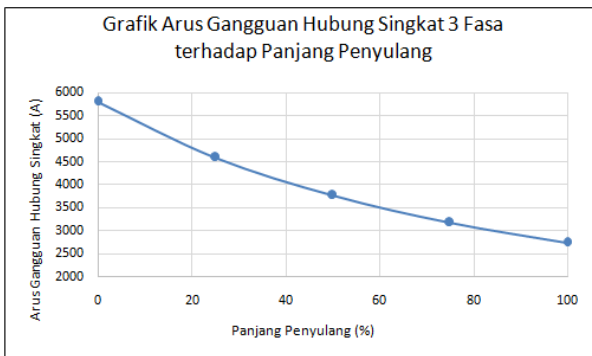
$$I_{(3\text{ fasa})} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{0^2 + 1,988^2}} = \frac{11547}{1,988} = 5808,35A$$

Begitupun untuk nilai arus hubung singkat 3 fasa pada panjang penyulang 25%, 50%, 75%, dan 100% didapat dari perhitungan rumus yang sama

**Tabel 5** Arus gangguan hubung singkat 3-fasa

(% Panjang)	Arus gangguan hubung singkat 3 fasa (A)
0	5808.35
25	4600.986
50	3772.945
75	3183.497
100	2747.145

Berikut merupakan gambar grafik panjang penyulang Banteng terhadap arus gangguan hubung singkat.

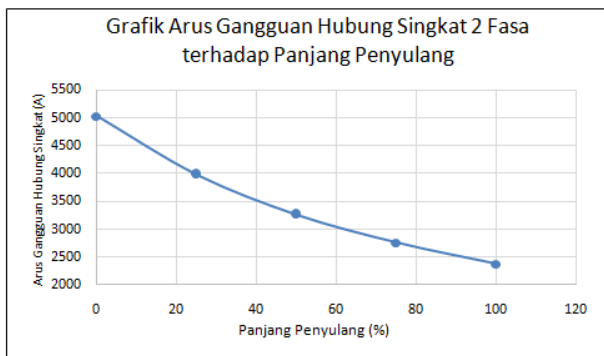


**Gambar 5** Grafik arus gangguan hubung singkat 3 fasa terhadap panjang penyulang

**Tabel 6** Arus gangguan hubung singkat 2-fasa

(% Panjang)	Arus gangguan hubung singkat 2 fasa (A)
0	5030.181
25	3984.573
50	3267.468
75	2756.99
100	2379.098

Berikut merupakan gambar grafik panjang penyulang Banteng terhadap arus gangguan hubung singkat.



**Gambar 6** Grafik arus gangguan hubung singkat 2-fasa terhadap panjang penyulang

Besarnya arus gangguan hubung singkat di pengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh

jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya dan sebaliknya. Selain itu dapat dilihat bahwa arus gangguan hubung singkat terbesar adalah arus gangguan hubung singkat 3 fasa, apabila ditinjau dari gangguan terhadap fasa.

Diketahui pada penyulang Banteng transformator sisi primer 70 kV arus yang terpasang mempunyai rasio 1000/5 A, dan arus beban maksimum pada penyulang tersebut sebesar dan relai arus lebih dengan karakteristik *standard inverse (normaly inverse)*. Untuk setelan arus relai yang terpasang di penyulang dihitung berdasarkan arus beban maksimum. Untuk relai inverse biasa diset sebesar 1,0 sampai dengan 1,2 x Imaks (pada perhitungan digunakan nilai 1,1). Maka nilai setelan pada sisi primer dapat di tentukan dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{beban}} &= 264 \text{ A}; CT = 300/5 \text{ A}^2 \\
 I_{\text{set (primer)}} &= 1,1 \times I_{\text{beban}} \\
 &= 1,1 \times 264 \text{ A} \\
 &= 290,4 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Nilai arus tersebut merupakan nilai setelan pada sisi primer, sedangkan nilai yang akan disetkan pada relai adalah nilai sekundernya. Oleh karena itu dihitung menggunakan nilai rasio transformator arus yang terpasang pada penyulang. Besarnya arus pada sisi sekundernya dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{set (sekunder)}} &= I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{RatioCT}} \text{ A} \\
 &= 609,125 \times \frac{5}{400} \text{ A} \\
 &= 10,152 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Arus gangguan yang dipilih untuk menentukan besarnya *setting* TMS relai OCR sisi penyulang 20 kV transformator tenaga yaitu arus gangguan hubung singkat tiga fasa di 0% panjang penyulang. Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu untuk penyetelan waktu minimum dari relai arus lebih dimana waktu penyetelan berkisar antara 0,2-0,4 (pada perhitungan digunakan 0,25 agar hasil *setting* yang dihitung mendekati nilai *setting* yang terpasang di lapangan). Keputusan ini diambil agar relai tidak sampai trip lagi akibat adanya arus *inrush* dari transformator-transformator. distribusi yang sudah tersambung di jaringan distribusi, pada saat PMT penyulang tersebut di masukan. Maka dapat dihitung nilai *setting* waktu dengan persamaan:

$$t = \frac{0,14.Tms}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1} \quad 0,25 = \frac{0,14.Tms}{\left(\frac{5808,35}{290,4}\right)^{0,02} - 1} = 0,11$$

**Tabel 7** Pemeriksaan waktu kerja relai untuk gangguan 3-fasa

Lokasi Gangguan ( % panjang )	Arus Gangguan Hubung Singkat (A)	Waktu Kerja Relai Penyulang ( detik )
0%	5808.35	0.249
25%	4600.986	0.27
50%	3772.945	0.29
75%	3183.497	0.31
100%	2747.145	0.33

**Tabel 8** Pemeriksaan waktu kerja relai untuk gangguan 2-fasa

Lokasi Gangguan ( % panjang )	Arus Gangguan Hubung Singkat (A)	Waktu Kerja Relai Penyulang ( detik )
0%	5030.181	0.26
25%	3984.573	0.28
50%	3267.468	0.31
75%	2756.99	0.33
100%	2379.098	0.35

Dari tabel 7 dan 8 terlihat bahwa semakin jauh jarak lokasi gangguan akan semakin lama besar waktu kerja OCR, dan sebaliknya. Selain itu, waktu kerja relai untuk gangguan 3-fasa lebih cepat dibandingkan gangguan 2-fasa pada titik gangguan tertentu, dengan kata lain besarnya kecilnya arus gangguan mempengaruhi cepat lambatnya waktu kerja relai, apabila ditinjau berdasarkan fasa. Semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu kerja relai dan begitu juga sebaliknya.

**Tabel 9** Perbandingan hasil perhitungan dengan data lapangan

No	Nama relai	Data hasil perhitungan	Data yang terpasang di lapangan
1.	OCR (sisi Incoming)	TMS = 0,249 SI Rasio CT = 1000/5 A Iset = 952,63 A	TMS = 0,25 SI Rasio CT = 1000/5 A Iset = 1000 A
2.	OCR (sisi Penyulang)	TMS = 0,11 SI Rasio CT = 300/5 A Iset = 290,4 A	TMS = 0,1 SI Rasio CT = 300/5 A Iset = 320 A

Berdasarkan tabel 9 pada OCR sisi *incoming setting* untuk TMS setelah dihitung adalah 0,249 SI sedangkan TMS yang terpasang dilapangan adalah 0,25 SI. Pada OCR sisi penyulang *setting* untuk TMS setelah dihitung adalah 0,11 SI sedangkan TMS yang terpasang dilapangan adalah 0,1 SI. Pada setting arus OCR sisi *incoming* didapat nilai perhitungan 952,63 A sedangkan yang terpasang dilapangan adalah 1000 A. dan untuk sisi penyulang didapat nilai perhitungan 290,4 A sedangkan data yang terpasang di lapangan adalah sebesar 320 A.

## 5. KESIMPULAN

Besarnya arus gangguan hubung singkat di pengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya. Berdasarkan hasil perhitungan manual didapat nilai *setting* Tms pada sisi penyulang sebesar 0,11 dan nilai *setting* Tms pada sisi *incoming* sebesar 0,249. Maka, dapat disimpulkan dari hasil tersebut bahwa nilai *setting* Tms di penyulang lebih cepat dibandingkan dengan waktu kerja di *incoming*. Begitu juga untuk arus *setting* OCR, pada sisi penyulang sebesar 290,4 A sedangkan pada sisi *incoming* 952,63 A. Hal ini dikarenakan apabila terjadi gangguan, penyulang akan lebih dulu mengatasi gangguan tersebut sehingga gangguan terhadap sisi *incoming* dapat diminimalisir. Untuk nilai *setting* Tms pada perhitungan dengan yang ada dilapangan masih dalam kondisi yang sesuai, didapat nilai perhitungan Tms OCR pada penyulang Banteng sebesar 0,11 sedangkan data dilapangan sebesar 0,1, dan untuk nilai perhitungan pada Tms OCR sisi *incoming* sebesar 0,249 sedangkan data dilapangan sebesar 0,25. Begitu juga untuk nilai *setting* arus pada perhitungan dengan yang ada di lapangan masih dalam kondisi yang sesuai, didapat nilai perhitungan *setting* arus di sisi *incoming* sebesar 952,63 A dan untuk di lapangan sebesar 1000 A sedangkan untuk *setting* arus pada penyulang didapat nilai perhitungan yaitu 290,4 A dan untuk di lapangan yaitu sebesar 320 A.

## DAFTAR PUSTAKA

- [0]Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di GI Cawang* (Skripsi tidak diterbitkan). Program Studi Teknik Elektro Kekhususan Elektro. Universitas Indonesia.
- [1]Febriyanti, Dwi. 2007. *Evaluasi Setting Overload Shedding (OLS) di GI Bukit Siguntang (Studi Kasus Pemutusan Daya dari PLTG Musi 2)* (Tugas akhir tidak diterbitkan). Jurusan Teknik Elektro. Universitas Sriwijaya.
- [2]Kadir, Abdul. 2006. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia
- [3]PT. PLN (Persero). 2007. *Buku Perhitungan Setting dan Koordinasi Proteksi Sistem Distribusi*. Jakarta Selatan: PT.PLN (Persero)
- [4]PT. PLN (Persero) P3B Sumatera. 2007. *Buku Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O & M) Peralatan Proteksi*. Jakarta Selatan: PT.PLN (Persero)
- [5]Sarimun, Wahyudi. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Bekasi: Garamond
- [6]Samaulah, Hazairin. 2004. *Dasar-dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Palembang: Unsri