

ANALISA SETTING RELAI PENGAMAN AKIBAT REKONFIGURASI PADA PENYULANG BLAHBATUH

I K.Windu Iswara¹, G. Dyana Arjana², W. Arta Wijaya³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar 2015

Email : winduiswara07@gmail.com, dyanaarjana@ee.unud.ac.id, artawijaya@ee.unud.ac.id

ABSTRAK

Penyulang tegangan menengah merupakan saluran yang menghubungkan sumber daya listrik dari gardu induk ke konsumen, di dalam pendistribusian sumber daya listrik di jaringan 20 kV seringkali menyebabkan terputusnya pasokan daya listrik ke pelanggan. Salah satunya sistem pengaman relai pada penyulang. Seperti yang terjadi pada penyulang Blahbatuh perlu dianalisa *setting* relai pengaman sebelum dan sesudah *rekonfigurasi* yang dibandingkan dengan data di lapangan. Mencari arus gangguan hubung singkat menggunakan aplikasi *Electrical Transient Analysis Program Power Station (ETAP)*. Hasil analisa mendapatkan arus gangguan hubung singkat sebelum *rekonfigurasi* jaringan sebesar 9.389 A dan setelah *rekonfigurasi* jaringan sebesar 9.381 A. Hasil yang diperoleh nilai *setting* relai sebelum *rekonfigurasi* dari nilai *setting over current relay (OCR)* pada pangkal penyulang sebesar 271,2 A dan TMS 0,157 SI, sedangkan hasil yang diperoleh nilai *setting* relai setelah *rekonfigurasi* dari nilai *setting over current relay (OCR)* pada pangkal penyulang sebesar 226,8 A dan TMS 0,170 SI. Hasil yang diperoleh nilai *setting* relai sebelum *rekonfigurasi* dari nilai *setting ground fault relay (GFR)* pada pangkal penyulang sebesar 25 A dan TMS 0,107 SI, sedangkan Hasil yang diperoleh nilai *setting* relai setelah *rekonfigurasi* dari nilai *setting ground fault relay (GFR)* pada pangkal penyulang sebesar 23,6 A dan TMS 0,109 SI.

Kata kunci : *Rekonfigurasi, Over current relay, Ground fault relay.*

1. Latar Belakang

Meningkatnya aktivitas kehidupan manusia secara langsung akan mengakibatkan tingginya permintaan energi listrik yang mengakibatkan penambahan beban pada jaringan listrik. Secara otomatis penambahan beban listrik dibarengi adanya perluasan jaringan listrik. Apabila beban ini cukup besar, maka arus yang mengalir di jaringan listrik dan jatuh tegangan semakin besar (toleransi +5% dan -10%) [1]. Gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV berupa gangguan sesaat atau gangguan tetap yang disebabkan oleh binatang, ranting pohon, penjur, layang-layang, dan petir sehingga menyebabkan terjadinya gangguan hubung singkat.

Gardu induk Gianyar terletak di desa Serongga, kecamatan Gianyar, kabupaten Gianyar, yang memiliki 2 buah trafo tenaga yang berkapasitas 30 MVA dan 60 MVA. Gardu induk Gianyar mentransformasikan daya listrik dari tegangan tinggi 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV yang kemudian di distribusikan ke 14 penyulang, salah satunya penyulang Blahbatuh. Penyulang Blahbatuh memiliki 51 gardu distribusi yang berkapasitas 8.950 kVA di sektor bisnis dan rumah tangga dengan panjang saluran 34 kms. Penyulang Blahbatuh telah mengalami *rekonfigurasi* jaringan pada tahun 2013, dengan beroperasinya *rekonfigurasi* jaringan penyulang Blahbatuh memiliki 46 gardu distribusi yang berkapasitas 7.490 kVA dan

panjang saluran 31 kms [2], penambahan panjang saluran dan beban dari salah satu penyulang yang memikul penyulang lain maka akan terjadi kelebihan beban (*over load*) dan *losses*, oleh karena itu diperlukan evaluasi dan analisa kembali gangguan arus hubung singkat serta *setting* relai pada penyulang Blahbatuh.

Pada penelitian akan dibahas analisa *setting* relai pengaman jaringan akibat *rekonfigurasi* pada penyulang Blahbatuh.

2. Kajian Pustaka

2.1 Sistem Tenaga Listrik Penyulang Blahbatuh

Penyulang Blahbatuh telah mengalami *rekonfigurasi* jaringan, dengan beroperasinya sistem *loop scheme* dengan dipasang *recloser Tie* di Hosana. Sistem *loop scheme* beroperasi dengan penyulang Campuhan yang disuplai dari gardu induk Gianyar. Kondisi penyulang Blahbatuh pada saat ini memiliki data-data, daya terpasang 7.490 kVA, jumlah transformator 46 buah, konfigurasi jaringan sistem *Loop scheme*, panjang jaringan 31 kms, jenis penghantar campuran

2.2 Studi Hubung singkat

Studi hubung singkat atau studi gangguan bertujuan untuk menentukan arus maksimum dan minimum hubungan singkat tiga fasa, untuk menentukan arus gangguan tak simetris bagi gangguan satu dan dua fasa ke tanah,

gangguan antar fasa dan rangkaian terbuka, untuk menentukan kapasitas pemutus dari *circuit breaker* (CB) dan untuk menentukan distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan busbar selama gangguan [3].

Ada beberapa jenis gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem listrik 3 fasa, yaitu hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, 2 fasa ke tanah, 1 fasa ke tanah.

2.3 Relai Pengaman

Relai proteksi merupakan skema atau rangkaian yang mampu merespon terhadap adanya suatu gangguan atau kesalahan dalam sistem tenaga listrik dan secara otomatis memutuskan hubungan peralatan yang terganggu atau memberikan sinyal (alarm) relai pada umumnya dapat dibedakan menjadi tiga elemen *fundamental* yaitu elemen perasa, mengukur adanya perubahan besaran listrik, misalnya perubahan arus atau tegangan pada sistem [4].

2.3.1 Relai Arus Lebih (OCR)

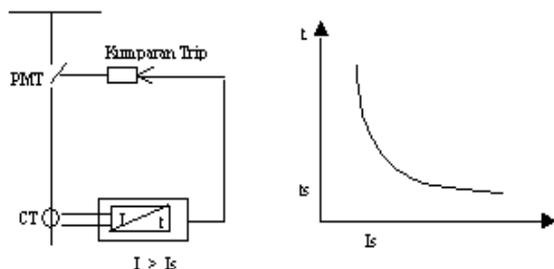
Relai arus lebih merupakan relai pengaman yang bekerja karena adanya besaran arus dan terpasang pada jaringan tegangan tinggi (TT), tegangan menengah (TM) juga pada pengaman Transformator tenaga. Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik akibat adanya gangguan fasa - fasa, dan gangguan fasa – tanah.

2.3.2 Prinsip Kerja Relai Arus Lebih (Over Current Relay).

Relai arus lebih adalah relai yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya (I_{set}), baik yang disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau kelebihan beban (*over load*) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai karakter waktunya.

2.3.3 Relay Arus Lebih Waktu Terbalik

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya [5].



Gambar 1. Karakteristik Waktu Terbalik

2.4. Perhitungan Setting OCR dan GFR

2.4.1 Over Current Relay (OCR)

Setting relai OCR pada sisi primer dan sisi sekunder tranfomator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal tranfomator tenaga dengan persamaan [5] :

$$S_{Tr} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{nom} \dots\dots\dots(1)$$

Arus setting untuk relai OCR baik disisi primer dan disisi sekunder [6]:

$$I_{set(primer)} = 1.05 \times I_{nominal \text{ trafo}} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer. Untuk mendapatkan nilai *setting* sekunder yang dapat disetkan pada relai OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan *ratio* trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder tranfomator tenaga [5].

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{Ratio \ CT} \dots\dots\dots(3)$$

Setting arus dari relai arus lebih di hitung berdasarkan beban arus beban, yang mengalir di penyulang atau incoming feeder, yang artinya :

1. Relai arus lebih yang terpasang di penyulang keluar (outing feeder) dihitung berdasarkan arus beban maksimum (beban puncak) yang mengalir di penyulang tersebut
2. Relai arus lebih yang terpasang dipenyulang masuk (incoming feeder) dihitung berdasarkan arus nominal tranfomator tenaga. Sesuai British standard untuk relai Inverse diset sebesar [5] :
 $1.05 \text{ s/d } 1.3 \times I_{beban} \dots\dots\dots(4)$

Persyaratan yang lain yang harus dipenuhi adalah penyetelan waktu minimum dari relai arus lebih (terutama di penyulang) tidak lebih kecil dari 0.3 detik. Pertimbangan ini diambil agar relai tidak sampai trip lagi, akibat arus inrush current dari tranfomator distribusi yang memang sudah tersambung di jaringan distribusi, sewaktu PMT penyulang tersebut di operasikan [5].

2.4.2 Ground Fault Relay (GFR)

Gangguan satu fasa ke tanah sangat tergantung pada jenis pentanahan dan sistemnya.. Untuk menghitung penyetelan arusnya [5] :

$$I_{set(primer)} = 6 \% \text{ s/d } 12 \% \times I_{nominal(\text{ fasa terkecil})} \dots\dots\dots(5)$$

2.4.3 Perhitungan Setting Waktu Reley OCR dan GFR

Maka penyetelan waktu tunda (t_d) dapat dicari dengan persamaan [5] :

$$Tms = \frac{t x \left(\frac{I_f}{I_{set}} \right)^\beta - \sigma}{\alpha} \dots\dots\dots (6)$$

Setelah mendapatkan nilai waktu tunda (t_d) maka selanjutnya mencari nilai waktu aktual relay terhadap gangguan dapat dicari dengan persamaan :

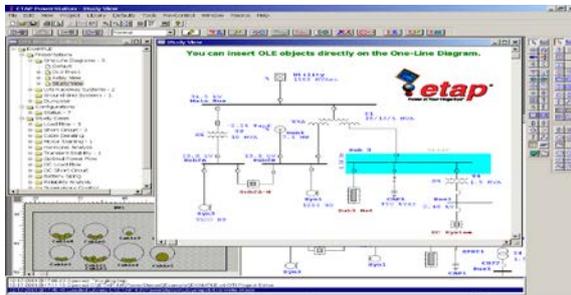
$$t = \frac{\alpha}{\left(\frac{I_f}{I_{set}} \right)^\beta - \sigma} \times Tms \dots\dots\dots (7)$$

Tabel 1. Konstanta Perhitungan Waktu Tunda Relay Arus Lebih Waktu Terbalik [5]

Type	α	β	σ
Standar inverse	0,14	0,02	1
Very inverse	13,5	1	1
extremely inverse	80	2	1
Long time inverse	120	1	1

2.5 Penerapan Program ETAP Power Station dalam Analisis Hubung Singkat

ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) Power Station adalah software untuk power sistem yang bekerja berdasarkan plan (project). *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni *Short Circuit* (hubung singkat) [6].



Gambar 2. Single Line Diagram dengan Program ETAP

3. Metode

3.1 Alur Analisis

1. Pengumpulan data – data yang berkaitan dengan penelitian yaitu Data impedansi trafo dan saluran P.Blahbatuh sebelum dan sesudah *rekonfigurasi*, Data kapasitas trafo P.Blahbatuh sebelum dan sesudah *rekonfigurasi*, Data arus gangguan tahun 2011-2014 P.Blahbatuh sebelum dan sesudah *rekonfigurasi*, Data rasio CT sebelum dan sesudah *rekonfigurasi*, Data beban sebelum dan sesudah di *rekonfigurasi*.

2. Membuat Simulasi gangguan arus hubung singkat menggunakan *ETAP Power Station* dengan memasukkan data nilai impedansi ekuivalen Penyulang Blahbatuh dan beban listrik penyulang Blahbatuh sebelum dan sesudah *rekonfigurasi*.
3. Menghitung nilai *setting* proteksi relay berdasarkan nilai arus hubung singkat yang dihasilkan *ETAP Power Station* dengan data beban penyulang sebelum dan sesudah *rekonfigurasi*.
4. Membuat kesimpulan dan saran.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisa Hubung Singkat dengan Program ETAP Power Station.

Tabel 2. Hasil *short sircuit* Etap sebelum *rekonfigurasi*.

No	Nilai Isc (Ampere)			
	3 Ø	2Ø ke tanah	2 Ø	1Ø ke tanah
1	9,389	8,203	8,131	288
2	4,537	3,992	3,929	279
3	3,327	2,941	2,882	273
4	3,023	2,676	2,618	271
5	1,662	1,489	1,440	250

Tabel 3. Hasil *short sircuit* Etap setelah *rekonfigurasi*.

No	Nilai Isc (Ampere)			
	3 Ø	2Ø ke tanah	2 Ø	1Ø ke tanah
1	9,381	8,197	8,125	288
2	4,833	4,248	4,186	279
3	2,417	2,145	2,093	264
4	2,011	1,791	1,742	257
5	1,260	1,132	1,091	236

4.2 Menentukan Nilai Setting Proteksi Pada Penyulang Blahbatuh Sebelum Rekonfigurasi Melalui Perhitungan

4.2.1 Menentukan Nilai Setting roteksi (OCR) di sisi Outgoing Feeder

Menghitung I_{nom} (arus nominal) dengan total *transformator* di *outgoing feeder* sebesar 8.950 kVA dimana I nom sebagai berikut dengan menggunakan persamaan (1) :

$$S_{Tr} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{nom}$$

$$8.950 \text{ kVA} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot I_{\text{nom}}$$

$$I_{\text{nom}} = \frac{8.950 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}}$$

$$= 258,3 \text{ A}$$

Setting arus Over Current Relay

Menggunakan persamaan (2)

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,05 \times I_{\text{beban}}$$

dengan :

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,05 \times 258,3 \text{ A}$$

$$= 271,2 \text{ A}$$

CT mempunyai *ratio* 200/5, maka I_{set} sisi sekundernya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) adalah :

$$I_{\text{set sekunder}} = \frac{I_{\text{set primer}}}{\text{Rasio CT}}$$

$$= \frac{271,2 \text{ A}}{200/5}$$

$$= 6,45 \text{ A}$$

Setting TMS OCR di sisi *Outgoing Feeder*

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dengan *running* ETAP Bus 2 atau 0 % panjang penyulang yaitu 9.389 A, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) .

$$T_{\text{ms}} = \frac{0,3 \times \left(\frac{9.389}{271,2} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$= 0,157 \text{ SI}$$

Waktu kerja Relai OCR di sisi *Outgoing Feeder*

Dihitung dengan menggunakan persamaan (7)

$$t = \frac{0,14 \times 0,157}{\left(\frac{9.389}{271,2} \right)^{0,02} - 1}$$

$$= 0,298 \text{ detik}$$

4.2.2 Menentukan Nilai *Setting* Proteksi (OCR) di sisi *Incoming Feeder*

Menghitung I_{nom} (arus nominal) dengan total *transformator* di *incoming feeder* sebesar 30.000 kVA dimana I_{nom} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$S_{\text{Tr}} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{\text{nom}}$$

$$3.000 \text{ kVA} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot I_{\text{nom}}$$

$$I_{\text{nom}} = \frac{30.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}}$$

$$= 866 \text{ A}$$

Menghitung I_{set} OCR menggunakan rumus $1,05 - 1,3 \times I_{\text{nom}}$ (standar British). Persyaratan lain yang harus dipenuhi yaitu penyetelan waktu minimum dari relai arus lebih (terutama di penyulang tidak lebih kecil dari 0.3 detik). dengan menggunakan persamaan (2).

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,05 \times 866 \text{ A}$$

$$= 909,3 \text{ A}$$

CT yang mempunyai *ratio* 1000/5, maka I_{set} sisi sekundernya, dengan menggunakan persamaan (3) adalah :

$$I_{\text{set sekunder}} = \frac{I_{\text{set primer}}}{\text{Rasio CT}}$$

$$= \frac{909,3 \text{ A}}{1000/5}$$

$$= 4,54 \text{ A}$$

Setting TMS OCR di sisi *Incoming Feeder*

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dengan *running* ETAP Bus 2 atau 0 % panjang penyulang yaitu 9.389 A dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) .

$$T_{\text{ms}} = \frac{0,7 \times \left(\frac{9.389}{909,3} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$= 0,238 \text{ SI}$$

Waktu kerja Relai OCR di sisi *Incoming Feeder*

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dengan *running* ETAP Bus 2 atau 0 % panjang penyulang yaitu 9.389 A, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7).

$$t = \frac{0,14 \times 0,239}{\left(\frac{9.389}{909,3} \right)^{0,02} - 1}$$

$$= 0,697 \text{ detik}$$

4.2.3 Menentukan Nilai *Setting* Proteksi (GFR) di sisi *Outgoing Feeder*

Setting arus GFR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) .

$$I_{\text{set(primer)}} = 10 \% \times 250 \text{ A}$$

$$= 25,0 \text{ A}$$

CT mempunyai *ratio* 300/5, maka I_{set} sisi sekundernya, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) adalah :

$$I_{\text{set sekunder}} = \frac{I_{\text{set primer}}}{\text{Rasio CT}}$$

$$= \frac{25 \text{ A}}{300/5}$$

$$= 0,416 \text{ A}$$

Setting TMS GFR di sisi *Outgoing Feeder*

Arus gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah dengan *running* ETAP Bus 2 atau 0 % panjang penyulang yaitu 288 A, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) .

$$T_{\text{ms}} = \frac{0,3 \times \left(\frac{288}{25} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$= 0,107 \text{ SI}$$

Waktu kerja Relai OCR di sisi *Incoming Feeder*

Dihitung dengan menggunakan persamaan (7) .

$$t = \frac{0,14 \times 0,1}{\left(\frac{288}{25} \right)^{0,02} - 1}$$

$$= 0,28 \text{ detik}$$

4.2.4 Menentukan Nilai *Setting* Proteksi (GFR) di sisi *Incoming Feeder*

Setting arus GFR, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4)

$$I_{\text{set(primer)}} = 8\% \times 250 \text{ A} \\ = 20 \text{ A}$$

CT mempunyai *ratio* 1000/5, maka I_{set} sisi sekundernya, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) adalah :

$$I_{\text{set sekunder}} = \frac{I_{\text{set primer}}}{\frac{\text{Rasio CT}}{20 \text{ A}}} \\ = \frac{20 \text{ A}}{1000/5} \\ = 0,1 \text{ A}$$

Setelan TMS GFR di sisi *Incoming Feeder*

Arus gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah dengan *running* ETAP Bus 2 atau 0% panjang penyulang yaitu 288 A, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6)

$$T_{ms} = \frac{0,7 \times \left(\frac{288}{20}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \\ = 0,273 \text{ SI}$$

Waktu kerja relai GFR di sisi *Incoming Feeder*

Dihitung dengan menggunakan persamaan (7)

$$t = \frac{0,14 \times 0,259}{\left(\frac{288}{20}\right)^{0,02} - 1}$$

$$= 0,661 \text{ detik}$$

Tabel 4. Perbandingan waktu kerja relai OCR outgoing sebelum dan sesudah *rekonfigurasi* penyulang Blahbatuh

No	Sebelum			Setelah		
	Ihs 3 phasa	Incoming	Outgoing	Ihs 3 phasa	Incoming	Outgoing
		Waktu actual (detik)	Waktu actual (detik)		Waktu actual (detik)	Waktu actual (detik)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	9.389 A	0.697	0.299	9.381 A	0.695	0.30
2	4.537 A	1.02	0.378	4.833 A	0.949	0.378
3	3.327 A	1.26	0.424	2.471 A	1.63	0.491
4	3.032 A	1.37	0.442	2.011 A	2.01	0.533
5	1.662 A	2.75	0.591	1.260 A	4.95	0.683

Tabel 5. Perbandingan waktu kerja relai GFR outgoing sebelum dan sesudah *rekonfigurasi* penyulang Blahbatuh

No	Sebelum			Setelah		
	Ihs 1 phasa ke tanah	Incoming	Outgoing	Ihs 1 phasa ke tanah	Incoming	Outgoing
		Waktu actual (detik)	Waktu actual (detik)		Waktu actual (detik)	Waktu actual (detik)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	288 A	0.661	0.280	288 A	0.647	0.274
2	279 A	0.670	0.283	279 A	0.659	0.280
3	273 A	0.675	0.286	264 A	0.671	0.285
4	271 A	0.677	0.287	257 A	0.684	0.291
5	250 A	0.699	0.297	236 A	0.71	0.299

5. Simpulan

- Perhitungan OCR dan GFR yang disetting di penyulang Blahbatuh sebelum adalah $I_{\text{setting (primer) OCR}} = 271,2 \text{ A}$, $T_{\text{setting (9.389 A) OCR}} = 0,298 \text{ detik}$, $T_{\text{setting (1.662 A) OCR}} = 0,595 \text{ detik}$ dan $I_{\text{setting (primer) GFR}} = 25 \text{ A}$, $T_{\text{setting (288 A) GFR}} = 0,28 \text{ detik}$, $T_{\text{setting (250 A) GFR}} = 0,297 \text{ detik}$
- Perhitungan OCR dan GFR yang di *setting* di penyulang Blahbatuh setelah adalah $I_{\text{setting (primer) OCR}} = 226,8 \text{ A}$, $T_{\text{setting (9.381 A) OCR}} = 0,30 \text{ detik}$, $T_{\text{setting (1.260 A) OCR}} = 0,683 \text{ detik}$ dan $I_{\text{setting (primer) GFR}} = 23,6 \text{ A}$, $T_{\text{setting (288 A) GFR}} = 0,274 \text{ detik}$, $T_{\text{setting (236 A) GFR}} = 0,299 \text{ detik}$
- Perbandingan hasil perhitungan dengan *setting* dilapangan didapatkan hasil sebelum *rekonfigurasi* dengan waktu kerja OCR = 0,697 detik, setelah *rekonfigurasi* jaringan dengan waktu kerja OCR = 0,095 detik dan *setting* dilapangan dengan waktu kerja OCR = 0,7 detik. Jadi tidak ada perubahan *setting* OCR.

Daftar Pustaka

- PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik). 2011. BSN : Jakarta
- PLN (Persero).2013. **Data Penghantar penyulang Blahbatuh**.PT.PLN (Persero) Area Bali Timur.
- Sastrawan, I Made Aris. 2010. **Analisa Setting Rele OCR (Over Current Relay) Pada Sistem 150 kV Pasca Dioperasikannya Pembangkit Celukan Bawang**. Bukit Jimbaran : Teknik Elektro Universitas Udayana.
- Titarenko, & I.Noskov-Dukelsky. 1987. **Protective Relaying In Electric Power System**. Moscow : Peace Publishers.
- Pribadi N dan Wahyudi SN.2012. **Koordinasi Proteksi Sistem Distribusi**. Jakarta : PT.PLN (Persero)
- Nagla, T. 2001.**ETAP Power Station User Guide**. -----, -----