

ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN SISTEM PROTEKSI RELE TERHADAP PROFIL TEGANGAN DAN KEANDALAN JARINGAN

I Gusti Putu Arka, Nyoman Mudiana dan I Gde Nyoman Sangka
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Abstrak: Pemasangan sistem proteksi pada sistem tenaga listrik untuk mengantisipasi kemungkinan gangguan yang muncul. Gangguan pada sistem terdiri dari gangguan temporer atau sementara dan gangguan permanent atau tetap. Penelitian difokuskan pada analisis pengaruh pemasangan sistem proteksi *rele* terhadap profil tegangan dan keandalan pada jaringan distribusi tenaga listrik. Pada bagian pertama akan dipelajari pengaruhnya terhadap profil tegangan, dan yang terakhir dilakukan analisis dan evaluasi keandalan dengan menghitung berbagai indek keandalan (SAIFI dan SAIDI) pada berbagai tingkat.

Gangguan seperti ini timbul pada penyulang yang memiliki beberapa peralatan pengaman yang terhubung seri. Dengan penelitian ini dapat mengurangi kerusakan tetap yang ditimbulkan, yaitu pemanfaatan sistem proteksi *rele* gangguan tanah dengan parameter waktu terbalik.

Kata Kunci: sistem proteksi, *rele*, profil tegangan, keandalan sistem

ANALYSIS OF EFFECT RELE PROTECTION SYSTEM INSTALLATION TO VOLTAGE PROFILE AND RELIABILITY OF THE SYSTEM

Abstract: Protection system Installation in electric power system is aimed at anticipating disturbances problem. In system disturbance is categorized into temporary disturbance and permanent disturbance. This research was focused on analyzing the impacts of protection system installing to voltage profile and reliability of electrical power distribution network. In addition, an analysis and evaluation on reliability by counting indexes (SAIFI and SAIDI) at various levels was undertaken at the end.

Such problem appears in feeders having some serial protecting tools. The research successfully reduced the appeared permanent destruction, i.e. by utilizing ground disturbance relay protecting system with the best parameter.

Keywords: protection system, relay, voltage analysis, reliability of the system

I. PENDAHULUAN

Penyulang Sempidi merupakan salah satu penyulang yang mempunyai peranan dalam mencatu sebagian daerah Badung dan sekitarnya. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat, oleh karena itu kehandalan dalam penyaluran energi listrik tetap dijaga oleh PT PLN.

Dalam pendistribusian listrik, penyulang Sempidi harus dapat menjaga kehandalan dan kontinuitas distribusi tenaga listrik. Beberapa kendala yang terjadi yang dapat menyebabkan penyulang tidak dapat menjaga kehandalan dan kontinuitas tersebut, antara lain adalah gangguan antar fasa, dan gangguan fasa tanah.

Berdasarkan SPLN 52 – 32 : 1983 tentang Pola Pengamanan Sistem, pentanahan netral dengan tahanan tinggi untuk memperoleh hasil optimum dengan mengutamakan keselamatan umum sehingga lebih layak memasuki saluran perkotaan dengan menggunakan saluran udara. Sebagian besar gangguan yang terjadi pada jaringan

distribusi adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang disebabkan penggunaan saluran udara (Overhead Lines), yaitu pemanfaatan sistem proteksi rele.

Permasalahan

Permasalahan yang ditemukan pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh pemasangan sistem proteksi *rele* terhadap profil tegangan ?
2. Bagaimana pengaruh pemasangan sistem proteksi *rele* terhadap keandalan sistem jaringan?

II. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan Penelitian

Dalam pengumpulan data untuk menyelesaikan tugas akhir ini ada beberapa metode yang digunakan yaitu :

a. Metode Observasi

Pengamatan langsung terhadap pemasangan kawat tanah pada penyulang Sempidi Gardu Induk Kapal.

b. Metode Wawancara

Mendapatkan data dengan cara melakukan diskusi dan tanya jawab dengan narasumber yang menguasai bidang ilmu yang diangkat sebagai judul penulisan artikel ini.

c. Metode Studi Literatur

Mendapatkan data dengan membaca buku – buku atau referensi yang berhubungan dengan artikel ini.

2.2 Jenis Penghantar

Untuk menentukan jenis penghantar baik itu kawat berisolasi maupun kabel, harus ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis yang meliputi tegangan nominalnya, konstruksi (ukuran), dan KHA (kuat hantar arusnya). Konstruksi atau luas penampang dari penghantar juga dapat ditentukan dengan melihat rapat arus nominal suatu penghantarnya. Pada dasarnya, penentuan rapat arus ini berhubungan dengan suhu maksimum penghantar yang akan ditimbulkan oleh aliran arus [1]. Rapat arus (S) ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$S = IA$$

Keterangan:

S = rapat arus (A/mm²)

A = luas penampang kabel (mm²)

I = arus lewat (A)

Berdasarkan konstruksi dan kuantitasnya juga akan mempengaruhi besarnya nilai resistansi dari penghantar, yang besarnya didasarkan oleh hukum Ohm dalam panas sebagai pengganti satuan listrik [1], yaitu:

$$R = \rho \cdot L/A$$

Keterangan:

R = nilai resistensi (Ω)

A = luas penampang penghantar (m²)

ρ = resistivitas bahan (Ω/m)

L = panjang penghantar (m)

2.3 Daya Listrik

Di dalam sistem tenaga listrik dikenal tiga jenis daya listrik, yang masing-masing energi ini saling berhubungan dan dipengaruhi oleh besarnya nilai faktor kerja (Cos φ). Sebuah sumber listrik arus bolak-balik (AC), memasok daya listrik dalam bentuk daya aktif dan daya reaktif. Energi reaktif ini hanya ada jika bebannya berupa beban induktif atau beban kapasitif [3].

2.3.1 Daya Aktif

Daya ini dinyatakan dengan simbol P dengan satuan W atau kW. Daya aktif ini diperlukan untuk diubah ke dalam bentuk energi lain, misalnya: energi panas, cahaya, dan sebagainya [3].

Besar dari daya aktif ini, dinyatakan dengan rumus:

$$P = V.I.\cos\theta$$

Keterangan:

P = Daya nyata (W)

V = Tegangan 1 fasa (volt)

cosθ = faktor daya

I = arus (ampere)

2.3.2 Daya Reaktif

Daya reaktif dinyatakan dengan simbol Q dengan satuan VAR (Volt Ampere Reaktif) atau kVAR. Jenis daya ini diperlukan untuk keperluan pembentukan medan magnet pada peralatan yang bekerja dengan sistem electromagnet [3].

Besar dari daya reaktif ini, dinyatakan dengan rumus:

$$Q = V.I.\sin\theta$$

2.3.3 Daya Semu

Daya semu adalah daya yang terbentuk dari daya aktif dan reaktif, daya ini dinyatakan dengan simbol S dengan satuan (volt ampere/VA). Daya nyata ini merupakan penjumlahan vektor dari daya aktif dan reaktif [3].

$$S = \sqrt{P^2+Q^2}$$

atau

$$S = V.I$$

Keterangan:

S = daya semu (VA)

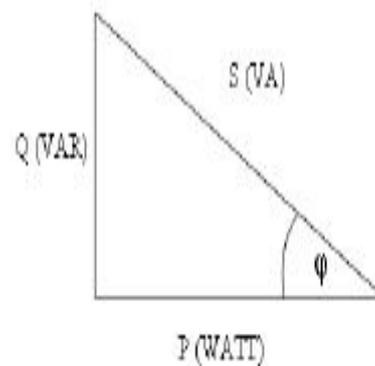
Q = Daya Reaktif (VAR)

P = daya nyata (W)

I = arus (A)

V = Tegangan 1 fasa (V)

Hubungan dari ketiga jenis daya ini dapat kita lihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1 Segitiga Daya

2.4 Faktor Beban

Faktor beban merupakan perbandingan dari nilai kebutuhan rata-rata dengan nilai kebutuhan maksimum. Besarnya faktor beban ditentukan dengan rumus berikut [4].

$$L_f = I_{rata-rata} / I_{puncak}$$

2.5 Faktor Losses

Faktor losses adalah merupakan faktor kerugian dari suatu penyulang. Definisinya merupakan perbandingan dari Jumlah susut energi total pada periode tertentu dengan nilai kerugian maksimum pada periode tersebut [1].

$$FLS = 0,2L_f + 0,8L_f^2$$

2.6. Sistem Pengaman

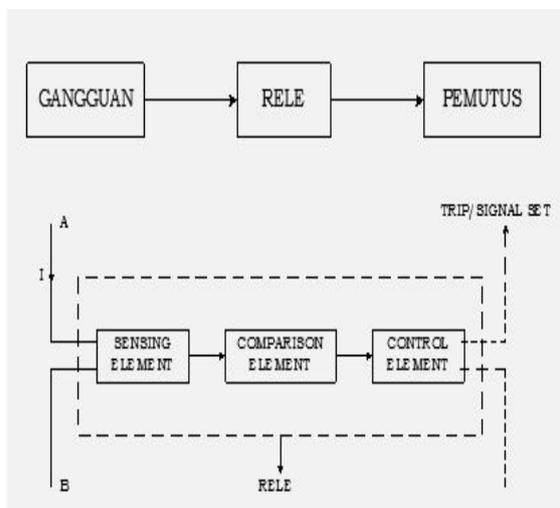
Tujuan dari sistem pengaman adalah untuk menjalankan *circuit breaker* secepat mungkin terhadap gangguan yang terjadi. Sehingga bisa mencegah/meminimaliskan kerusakan pada peralatan yang terjadi akibat gangguan.

Peralatan sistem pengaman terdiri atas:

- rele,
- pemutus daya (*Circuit Breaker*),
- trafo arus (CT), dan
- trafo tegangan (PT).

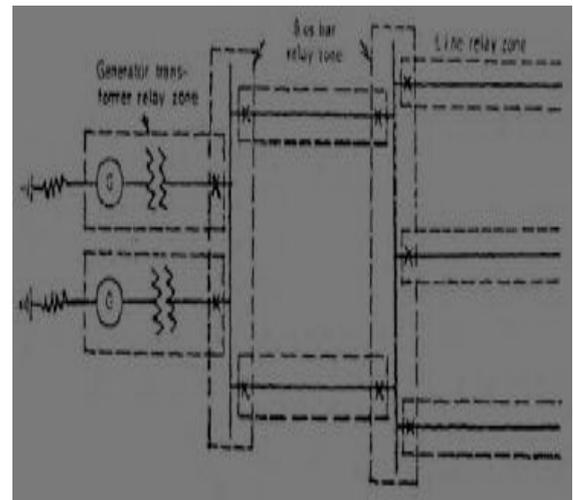
Penggunaan Rele Pengaman pada sistem tenaga . Rele Arus Lebih/*Over current relay*, Rele arah/*directional relay*, Rele jarak/*Distance relay*, Rele *Differensial/Differential relay*.

Bila gangguan terjadi pada suatu kawasan maka rele pada kawasan tersebut akan segera akan mendeteksi dan melepaskan diri dari bagian lainnya. Relai pengaman dan kawasan pengamannya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sistem Proteksi Rele

Rele arah digunakan apabila arus gangguan mengalir dari banyak jurusan menuju ke titik gangguan melalui lokasi dari rele. Sehingga relai tanah berfungsi untuk pember sinyal pada CB untuk mengamankan satu arah. Rele Arah Tanah bekerja berdasarakan komponen arus (I_o) yang disuplai oleh ZCT (*Zero Current Transformer*) dan komponen tegangan (V_o) yang disuplai oleh GPT (*Ground Potential Transformer*).



Gambar 2. Kawasan Pengaman

Kopel dari relai ini sebanding dengan mengikuti persamaan torsi rele berikut.

$$T = k U_r I_r \cos(\varphi_r + \alpha)$$

Dimana:

- T = Torsi kerja rele
- Kr = Faktor perbandingan
- Ur = Tegangan residu
- Ir = Arus residu
- φ_r = Beda fasa antara U_r dan I_r
- α = Sudut karakteristik rele

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Penyulang Sempidi

Penyulang Sempidi memiliki beberapa karakteristik yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1
Data Penyulang Sempidi

Panjang JTM	47771.41 meter
Panjang JTR	101497.04 meter
Kapasitas GD	15695 KVA
Jumlah Trafo GD	79 buah
Jumlah GD	77 buah
Jumlah tiang TM	980 buah
Jumlah tiang TM dengan PE	104 buah
Jumlah tiang TR	2763 buah
Pelanggan TM	10
Panjang sambungan TM	0
Total beban TM	9480000 VA
Jumlah sambungan TM	10 buah
Pelanggan TR	30190
Panjang sambungan TR	386230 meter
Beban TR	58425040 VA
Jumlah sambungan TR	30190 buah

Sumber : PLN (PERSERO) Area Jaringan Bali

Tabel 2. Data pengukuran tahanan pentanahan setiap titik

titik pentanahan	tahanan pentanahan	titik pentanahan	tahanan pentanahan
1	23.24	13	12.24
2	19.64	14	10.84
3	11.68	15	11.1
4	13.17	16	15.25
5	13.65	17	15.1
6	15.35	18	17.2
7	13.12	19	17.31
8	15.21	20	15.25
9	12.08	21	18.55
10	11.05	22	16.35
11	11.21	23	14.64
12	11.21	24	18.77

3.2 Pembahasan

Penyulang Sempidi merupakan salah satu penyulang yang berada dalam lingkup pengawasan dan pemeliharaan area pelayanan dan jaringan (APJ) Kapal. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Pada Penyulang Sempidi, dengan meninjau 4 titik gangguan diperoleh hasil seperti pada tabel 3.

Tabel 3
Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah Maksimum dan Minimum

Tegangan (kV)	Arus Gangguan (A)				
	Maksimum	Minimum			
		I	II	III	IV
20,9	24.132 90607	7.5099 03794	7.4950 37991	7.4886 0537	7.4880 70009

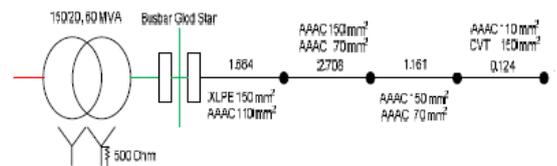
Dari hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah maksimum dan minimum yang sudah dilakukan dalam semua kondisi yang dapat terjadi, didapatkan besar arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah maksimum pada penyulang Sempidi adalah sebesar 24,13290607 A dan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah minimum sebesar 7,488070009 A dimana masih sesuai dengan ketentuan batas arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah untuk daerah *High resistance* yaitu maksimum 25 A.

3.2.1 Setting Arus dan Waktu Kerja Rele

Pada DGR pada penyulang Sempidi terdapat tap setting untuk arus sebesar 1-2-3-4-5 pada kumparan ZCT.

Penentuan setting arus kerja pada DGR EGR-EC untuk penyulang Sempidi ini dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Setting arus kerja DGR} &= 10\% \times I_r \\ \text{Maksimum} &= 10\% \times 24,13290607 \\ &= 2,413290607 \text{ A} \end{aligned}$$

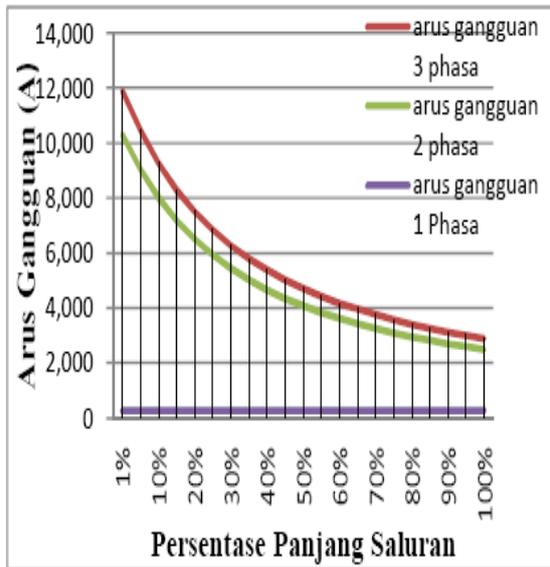


Gambar 4. Jaringan Penyulang Sempidi

Perhitungan dalam menentukan besarnya arus kerja sebesar ± 10% dari besarnya arus gangguan maksimum ini sesuai kesepakatan antara pihak PT. PLN (Persero) dengan pihak UPT (Unit Pelayanan Tranmisi) diasumsikan bahwa besarnya arus gangguan fasa tanah maksimum yang terjadi tidak kurang dari 2A. Pemilihan asumsi 10% digunakan karena memperhitungkan adanya impedansi gangguan yang menyebabkan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Dengan adanya impedansi gangguan maka arus hubung singkat 1 fasa ketanah menjadi lebih kecil dan dengan setting arus kerja 2 A diharapkan kepekaan dari EGR-EC untuk mendeteksi dan mengamankan gangguan dari sistem. Untuk setting waktu ada DGR EGR-EC ini memiliki waktu kerja *definite time* 1 detik. Setting waktu ini merupakan standar waktu kerja yang digunakan oleh PLN pada hampir seluruh tipe DGR termasuk EGR-EC.

Dalam perencanaan awal penyulang sempidi, PLN Distribusi Bali menggunakan sistem Jaringan 3 phasa 3 kawat. Namun dalam beberapa tahun terakhir dilihat dari

data arus gangguan sebelum terpasangnya kawat tanah, terdapat sejumlah gangguan. Sehingga mengurangi kehandalan kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan.



Gambar 5. Perbandingan Panjang saluran dan Arus gangguan

3.2.2 Sistem pentanahan kawat tanah

Dalam sistem pentanahan kawat tanah yang terpasang pada penyulang sempidi menggunakan elektroda batang, dimana kawat tanah diketanahkan setiap 5 GW. Pentanahan ini terpasang dengan tahanan terkecil 10,84 ohm dan tahanan terbesar 23,24ohm, meski dapat diterima. Sebaiknya dilakukan sistem pentanahan sebaik mungkin agar perlindungan lebih baik.

Sistem pentanahan untuk kawat tanah yang baik digunakan dipenyulang sempidi dapat diperhitungkan menggunakan besar tahanan jenis tanah yang sudah dihitung, masing-masing pentanahan sebaiknya memiliki resistensi maksimum 5 ohm.

Perhitungan tahanan pentanahan pada salah satu titik pentanahan, pentanahan titik 1:

$$R = \frac{82}{2 \times 3.14 \times 3} (\ln \frac{4 \times 3}{0.02} - 1)$$

$$R = \frac{82}{18.84} (6.3969 - 1)$$

$$R = 4.35 (5.3969)$$

$$R = 23.48 \text{ ohm}$$

Untuk mendapatkan nilai pentanahan maksimum 5ohm, ubah mempergunakan elektroda batang dengan panjang 6 dan luas penampang 3 cm².jika masih belum memenuhi dapat menggunakan sistem pentanahan paralel.

Perhitungan tahanan pentanahan pada salah satu titik pentanahan, pentanahan titik 1:

$$R = \frac{82}{2 \times 3.14 \times 6} (\ln \frac{4 \times 6}{0.03} - 1)$$

$$R = \frac{82}{37.68} (6.6846 - 1)$$

$$R = 2.153 (5.6846)$$

$$R = 12.24 \text{ ohm}$$

$$R \leq 5 \text{ ohm} = \frac{12.24}{5} = 2.448 \text{ buah}$$

Agar dibawah 5 ohm maka menggunakan 3 buah batang elektroda.

Tabel 4
Sistem pentanahan yang baik digunakan pada masing-masing titik pentanahan

Titik Penta Nahan	Rbt (ohm) Pengu kuran	L (meter)	d (meter)	jumlah paralel	Rbt ohm
1	82	6	0.03	3	4.079823
2	69	6	0.03	3	3.447837
3	41	6	0.03	2	3.075667
4	46	6	0.03	2	3.468025
5	48	6	0.03	2	3.594422
6	54	6	0.03	2	4.042079
7	46	6	0.03	2	3.454859
8	53	6	0.03	2	4.005214
9	43	6	0.03	2	3.180998
10	39	6	0.03	2	2.909771
11	40	6	0.03	2	2.951903
12	40	6	0.03	2	2.951903
13	43	6	0.03	2	3.22313
14	38	6	0.03	2	2.854472
15	39	6	0.03	2	2.922937
16	54	6	0.03	2	4.015747
17	53	6	0.03	2	3.976248
18	60	6	0.03	2	4.529236
19	61	6	0.03	2	4.558202
20	54	6	0.03	2	4.015747
21	65	6	0.03	2	4.884728
22	57	6	0.03	2	4.305407
23	52	6	0.03	2	3.855117
24	66	6	0.03	2	4.94266

Sumber: hasil perhitungan

3.1 Analisa

Dari hasil pembahasan yang dilakukan dimana:

3.3.1 Pemasangan Sistem Proteksi Rele

Directional Ground Relay (DGR) bekerja berdasarkan komponen tegangan dan arus residu yang timbul akibat ketidak seimbangan arus dan tegangan residu pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. langsung terhadap penghantar fasa SUTM 20 KV yang terjadi pada penyulang Sempidi, sehingga perlunya pemasangan DGR sebagai pengaman gangguan fase tanah. Setting DGR tipe pada Penyulang sempidi adalah I₀ = 2 A, V₀ = 10 V

3.3.2 Profil Tegangan

Dalam sistem proteksi ini mempergunakan rele. Berdasarkan analisis yang dilakukan dapat meningkatkan kinerja sistem jaringan pada profil tegangannya yaitu sekitar 0,6 kV atau sekitar 3% dari keseluruhan sistem jaringan yang digunakan. Dimana dalam sistem pentanahan yang baik digunakan pada penyulang sempidi adalah mempararel beberapa elektroda batang sejumlah 2-3 elektroda dimasing-masing titik pentanahan, dengan batang elektroda yang memiliki ukuran panjang 6 meter dan luas penampang 3 cm². Sehingga didapat nilai pentanahan di bawah 5 ohm.

3.3.3 Keandalan Sistem

Analisa keandalan yang dipergunakan untuk menguji sistem adalah analisa SAIDI dan CAIDI.

Dari analisa yang dilakukan diperoleh keandalan sistem sebesar 14,5% dengan SAIDI dan sekitar 14,45% dengan CAIDI.

4 SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang telah diuraikan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan yang telah didapat melalui analisis data, didapatkan beberapa arus gangguan yang terjadi disetiap titik yang telah ditentukan. Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum sebesar 24.13290607 A dan untuk arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah minimum sebesar 7.488070009 AS
2. Dengan pemasangan sistem proteksi rele dapat memperbaiki profil tegangan jaringan sampai dengan 0,6 kV (sekitar 3%) dan meningkatkan keandalan sistem (SAIDI sebesar 14,5%, CAIDI sebesar 14,45%)

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] AS. PABLA. *Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta, 1994.
- [2.] Daman Suparman. 2010. *Sistem Pentanahan Jaringan Distribusi*. Available from <http://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-10-sistem-pentanahan-jaringan-distribusi.pdf> Accessed on June 02th 2012.
- [3.] Gonen, Turan. *Electric Power Distribution System Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Company, 1986.
- [4.] Moelyono, Nono. *Pengantar Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, ITS, 1999.
- [5.] Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.
- [6.] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku 5, Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan: PT.PLN.
- [7.] Setyo Rendra, Prabudhi. 2007. *Sistem Jaringan Distribusi 20 kV*. Available from <http://digilib.its.ac.id/public/TTS-Undergraduate-8336-2203109014-bab%201.pdf>. Accessed on Mei 05th 2012.
- [8.] Soekarto, J. Pola Sistem Distribusi dan Pelanggan. Bandung: Program Kerja Sama PLN-ITB, 1993.
- [9.] SPLN 2 : 1978. *metoda pentanahan untuk sistem transmisi tegangan tinggi 500 kV, 150 kV dan Distribusi tegangan menengah 20 kV*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [10.] Sudirman, Sumarto. 2009. *Empat Pola Pengamanan Sistem Distribusi Di Lingkungan PLN*. Available from <http://bluemild.wordpress.com/2009/02/09/mpat-pola-pengamanan-sistem-distribusi-di-lingkungan-pln/>. Accessed on June 02th 2012.
- [11] Zuhul. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta: 2000. PT. Gramedia Pustaka Utama.