

ANALISIS KAPASITAS *CIRCUIT BREAKER* SEBAGAI AKIBAT PENAMBAHAN BEBAN PADA SISTEM KELISTRIKAN 150 KV DI BALI TAHUN 2013-2022

Anggit Dita Perdana¹, Antonius Ibi Weking², Yanu Prapto Sudarmojo²

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

Email : anggitdp@yahoo.co.id, weking_toni@yahoo.co.id, yanu_prapto@yahoo.com

ABSTRAK

Beban sistem kelistrikan di Bali saat ini adalah 662 MW yang disuplai dari unit pembangkitan pada GI Pesanggaran, GI Pamaron, GI Gilimanuk dan unit kabel laut yang berasal dari Jawa. Rencana penambahan pasokan daya listrik untuk Provinsi Bali tahun 2013-2022 adalah pembangkitan Kabel Laut (2014), PLTU IPP (Independent Power Producer) Celukan Bawang (2015) dan jaringan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV (2017). Analisis peramalan beban tahun 2013-2022 menggunakan metode regresi linear dan melakukan analisis kapasitas CB dengan menghitung arus hubung singkat menggunakan program ETAP. Berdasarkan hasil analisis diperoleh peramalan beban daya listrik pada sistem kelistrikan di Bali tahun 2022 adalah sebesar 1227.4 MW. Hasil analisis kapasitas CB sistem kelistrikan di Bali tahun 2013-2022 perlu dilakukan penambahan kapasitas CB pada GI Gilimanuk (42.349kA), GI Kapal (40.701kA) dan GI Pesanggaran (43.918kA).

Kata kunci: Peramalan beban, kapasitas CB, hubung singkat, ETAP.

1. PENDAHULUAN

Peramalan beban puncak sistem kelistrikan Bali dilakukan untuk mengetahui jumlah beban listrik pada tahun 2013-2022. Peramalan beban puncak diperoleh dengan mencari persamaan garis berdasarkan data *historis* beban puncak sistem kelistrikan Bali tahun dengan menggunakan pendekatan linier. Kurva beban puncak tahun 2001-2012 hasil pendekatan tersebut akan dibandingkan dengan kondisi daya yang terealisasi untuk dihitung prosentase kesalahannya yang selanjutnya akan digunakan untuk memprediksi beban puncak sistem kelistrikan Bali tahun 2013-2022 [1].

Dengan bertambahnya kebutuhan akan kapasitas tenaga listrik pada sistem kelistrikan di Bali perlu dilakukan penambahan daya listrik, sehingga kapasitas arus hubung singkat maksimum 3 fasa simetris yang terjadi pada CB bertambah. Bila CB tidak mampu untuk menahan arus hubung singkat maksimum 3 fasa simetris maka CB dapat terbakar dan merusak sistem kelistrikan [2].

Dengan menganalisis arus hubung singkat 3 fasa simetris akan dilakukan evaluasi kapasitas CB akibat dari penambahan beban pada sistem kelistrikan

150 kV di Bali tahun 2013-2022 dengan bantuan program ETAP.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Analisis Peramalan

Penerapan statistik dalam memperkirakan kebutuhan energi listrik dimasa yang akan datang merupakan cara yang tepat mendapatkan hasil perhitungan yang mendekati sebenarnya. Macam-macam persamaan dalam perkiraan daya adalah analisis kecenderungan (trend). Analisis kecenderungan ialah cara mempelajari sederet waktu atau suatu proses diwaktu yang lalu dan saat ini kemudian dibuat model matematika sehingga prediksi yang akan datang dapat diketahui dari sekarang. Dua macam pendekatan analisis kecenderungan, yaitu [3]:

1. Pemasukan fungsi masing-masing kontinu kedalam data nyata untuk mendapatkan kesalahan keseluruhan terkecil, yang disebut analisis regresi.
2. Pemasukan sebuah deretan pada garis-garis kontinu atau kurva kedalam data hal ini banyak diperkirakan ke dalam jangka pendek.

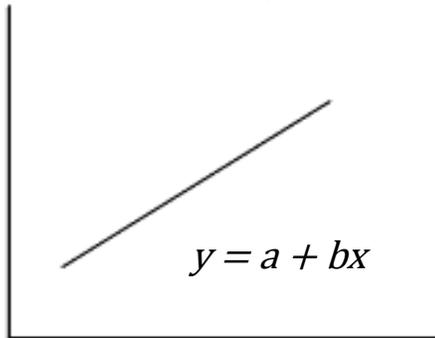
Dalam bentuk persamaan matematis perkembangan beban listrik mengikuti pola

kecenderungan linier didefinisikan melalui Gambar 1 dan persamaan sebagai berikut:

$$y = a + bx \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

- y = Perkembangan beban listrik pada periode tahun x
- a = Perkembangan beban listrik pada tahun pertama
- b = Laju pertumbuhan rata-rata beban listrik pertahun
- x = Periode tahun (tahun 1,2,3..... dan seterusnya)



Gambar 1 Kurva beban regresi linear [2]

Jika persamaan linier yang digunakan untuk memperkirakan perkembangan beban listrik di masa yang akan datang didefinisikan $y_x = a + b_x$ dan data hasil observasi dinotasikan dengan Y_i maka kesalahan atau penyimpangan yang terjadi dari hasil penelitian dengan data hasil persamaan regresi dapat dibuat seminimum mungkin, yaitu dengan mengambil kuadrat kesalahannya mendekati nol. Sehingga nilai a diperoleh:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (2)$$

dan untuk harga b diperoleh:

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum y_i \times \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

- y_i, x_i = Data hasil penelitian
- x = Periode (tahun)
- n = Jumlah data

2.2 ETAP

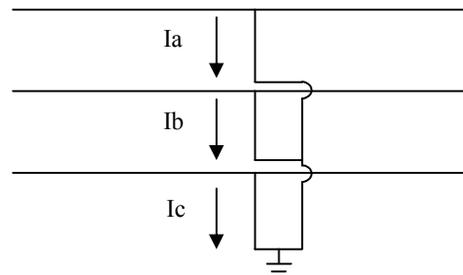
ETAP adalah program yang digunakan untuk menganalisis jaringan listrik. Program ini terdapat 3 (tiga) konsep utama di dalamnya, yaitu Operasi nyata secara virtual (*Virtual Reality Operation*), Data gabungan total (*Total Integration of Data*), Kesederhanaan dalam memasukkan data (*Simplicity in Data Entry*) [4].

ETAP dapat melakukan penggambaran suatu *single line* atau *one*

line diagram secara grafis dan dapat mengadakan beberapa analisis atau studi, yaitu *load flow, short circuit, motor starting, harmonic, transient stability, protective device coordination*, dan *cable derating*.

2.3 Hubung Singkat Tiga Fasa Simetris

Gangguan hubung singkat tiga fasa simetris terjadi karena impedansi gangguan Z_f terjadi pada masing-masing salurannya. Gangguan ini jarang terjadi namun tetap harus mendapat perhatian. Gangguan ini merupakan gangguan yang paling besar dari gangguan-gangguan lainnya. Gangguan hubung singkat tiga fasa simetris dapat dilihat pada Gambar 2 [5].



Gambar 2 Gangguan tiga fasa simetris [6]

Sehingga untuk menghitung arus hubung singkat 3 fasa simetris menggunakan persamaan:

$$I''_f = \frac{V_a}{Z_{bus}} \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

- I''_f = Arus gangguan (A)
- V_a = Tegangan (V)
- Z_{bus} = Impedansi bus (Ω)

2.4 Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB)

Pemutus tenaga yaitu sebuah peralatan saklar mekanik yang berfungsi untuk menyambung, menyalurkan dan memutus arus listrik pada kondisi normal dan *abnormal* atau gangguan seperti hubung singkat secara otomatis sesuai dengan spesifikasi waktu dan kemampuan arus [7].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data seperti *single line diagram* jaringan transmisi 150 kV di Bali, data parameter saluran transmisi 150 kV di Bali, data pembangkitan untuk sistem tenaga listrik di Bali, data beban puncak sistem kelistrikan Bali 2001-2012, data

beban puncak bulanan Gardu Induk tahun 2012, dan RUPTL PT PLN (Persero) 2013-2022. Kemudian melakukan peramalan beban untuk tahun 2013-2022 menggunakan metode regresi linear, pembagian beban dengan mencari prosentase beban untuk masing-masing GI dan melakukan evaluasi arus hubung singkat dengan menggunakan bantuan program ETAP.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Sistem Kelistrikan Bali

Sistem kelistrikan 150 kV di Bali memiliki jaringan transmisi yang terdiri dari 30 saluran dengan dengan 14 Gardu Induk (GI). Pada tahun 2013 telah dioperasikan sebuah GI GIS Bandara pada jaringan transmisi 150 kV. Pembangkit listrik di Bali memiliki 3 buah unit pembangkitan pada sistem kelistrikan 150kV yang berada di GI Pesanggaran (203.8 MW), GI Pamaron (165 MW), dan GI Gilimanuk (130.4 MW) dan unit kabel laut yang berasal dari Jawa (200 MW) sebagai penyuplai beban di semua GI [8].

4.2 Data Sistem Kelistrikan Bali

Data-data yang digunakan dalam pembahasan analisis kapasitas CB sebagai akibat penambahan beban pada sistem kelistrikan 150 kv di bali tahun 2013-2022 antara lain:

1. Data pembangkitan daya pada Sistem Kelistrikan Bali dan kabel laut Jawa-Bali.
2. Data penghantar 150 kV Sistem Kelistrikan Bali
3. Data kapasitor terpasang pada Sistem Kelistrikan Bali
4. Data beban puncak Sistem Kelistrikan Bali pada tahun 2001-2012 untuk melakukan peramalan beban puncak untuk tahun 2013-2022.
5. Data beban puncak bulanan GI tahun 2012 untuk menghitung prosentase suplai beban puncak dari masing-masing GI kemudian hasil prosentase tersebut diasumsikan tetap dan digunakan sebagai acuan peramalan beban puncak GI untuk tahun 2013-2022.

4.3 Peramalan Beban Puncak Sistem Kelistrikan Bali 2013-2022

Peramalan beban puncak sistem kelistrikan Bali diperoleh dari perhitungan regresi linear dengan menggunakan data

sampel daya listrik dari tahun 2010 hingga tahun 2012. Berdasarkan hasil perhitungan pertumbuhan beban puncak dari tahun 2010 hingga tahun 2012 menggunakan pendekatan regresi linear diperoleh hasil persamaan $y = 489 + 56.8x$.

Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Peramalan beban puncak sistem kelistrikan 150 kV di Bali tahun 2013-2022

Tahun	Beban (MW)	Beban Puncak (MVAR)
2013	716,2	322,29
2014	773	347,85
2015	829,8	373,41
2016	886,6	398,97
2017	943,4	424,53
2018	1000,2	450,09
2019	1057	475,65
2020	1113,8	501,21
2021	1170,6	526,77
2022	1227,4	552,33

4.4 Perhitungan Beban Puncak pada Masing-masing GI Tahun 2013-2022

Untuk menghitung beban puncak masing-masing GI pada tahun 2013-2022 diperoleh dari hasil prosentase perhitungan beban puncak masing-masing GI terhadap beban puncak pada sistem Bali pada tahun 2012.

Hasil prosentase beban puncak pada semua GI diasumsikan tetap, yang akan digunakan sebagai acuan untuk perhitungan beban puncak GI tahun 2013-2022 berdasarkan peramalan beban puncak sistem kelistrikan bali tahun 2013-2022. Hasil prosentase beban puncak pada GI pada tahun 2012 terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Prosentase beban puncak GI tahun 2012

No	Gardu Induk	Beban Puncak GI (MVA)	Prosentase GI (%)
1	Gilimanuk	12.447	1.399
2	Kapal	103.311	11.613
3	Pamaron	50.993	5.732
4	Gianyar	60.890	6.844
5	Nusa Dua	122.435	13.763
6	Negara	21.274	2.391
7	Sanur	99.487	11.184
8	Amlapura	23.721	2.667
9	Pesanggaran	138.025	15.516
10	Baturiti	11.436	1.286
11	Antosari	13.424	1.509
12	Padang Sambian	103.820	11.670
13	Payangan	28.691	3.225
14	Pemecutan Kelod	59.650	6.705
15	GIS Bandara	40	4.496
Total		889.593	100

4.5 Analisis Kapasitas CB pada Sistem Kelistrikan Bali

Analisis arus hubung singkat menggunakan program ETAP dengan data masuk berupa data pembangkitan dan kabel laut, data saluran transmisi 150 kV, data kapasitor, dan data beban. Jika pada hasil arus hubung singkat di masing-masing GI melebihi dari kapasitas saat ini harus dilakukan penggantian CB.

4.5.1 Analisis Kapasitas CB Tahun 2013

Analisis pada tahun 2013 dilakukan pada 15 GI di sistem kelistrikan Bali dan terdapat 3 bus sebagai sumber dengan mode *swing* di GI Gilimanuk, MVAR Control di GI Pesanggaran dan *voltage control* di GI Pemaron.

Berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 36.332 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.285 kA.

4.5.2 Analisis Kapasitas CB Tahun 2014

Pada tahun 2014 terjadi penambahan pasokan listrik melalui kabel laut 3 dan 4 dengan daya sebesar 220 MW dan daya mampu sebesar 200 MW [8]. Selain itu terjadi pengurangan pembangkitan pada GI Pemaron menjadi 80 MW.

Berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 36.057 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.262 kA.

4.5.3 Analisis Kapasitas CB Tahun 2015

Pada tahun 2015 terjadi penambahan pasokan listrik melalui PLTU IPP Celukan Bawang dengan daya sebesar 250 MW dan penambahan saluran transmisi Celukan Bawang-Inc. (Gilimanuk-Pemaron), Celukan Bawang-Kapal dan Kapal-Baturiti [8].

Berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40

kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 39.07 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.529 kA.

4.5.4 Analisis Kapasitas CB Tahun 2016

Pada tahun 2016 berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 39.070 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura 8.529 kA.

4.5.5 Analisis Kapasitas CB Tahun 2017

Pada tahun 2017 terjadi penambahan pasokan listrik melalui Saluran Udara Ekstra Tinggi (SUTET) Jawa-Bali Crossing 500 kV sebesar 2450 MW secara bertahap yang direncanakan dari Paiton - Watu Dodol - Segararupek-Gilimanuk - New Antosari/New Kapal [8]. Adapun rincian terkait beroperasinya SUTET Jawa-Bali Crossing 500 kV yaitu:

- SUTET 500 kV (Segararupek-New Antosari/New Kapal) dengan kapasitas 2450 MW yang kemudian di transmisikan dengan saluran 150 kV menuju GI Kapal.
- Jaringan 150 kV Antosari-New Kapal, New Kapal-Kapal.
- GITET 500 kV mulai beroperasi *Inter Bus Transformer* (IBT) 500/150 kV dengan kapasitas 500 MVA sebanyak 1 unit.
- Adanya SUTET 500 kV mengakibatkan beberapa pembangkit di Bali *standby* untuk menghemat penggunaan BBM. Pada simulasi ini pembangkitan yang *standby* adalah PLTG Gilimanuk sebesar 130.4 MW.

Berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI Gilimanuk (42.349kA), GI Kapal (40.701kA) dan GI Pesanggaran (43.918kA) telah melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB sedangkan pada GI lainnya belum melebihi kapasitas CB sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Arus Hubung Singkat pada masing-masing GI 150 kV Tahun 2017

Nama GI	Momentary Duty				
	Sym m.	X/R		Asym m.	Asym m.
	kA rms	Ratio	M. F.	kA rms	kA Crest
Amlapura	8.9	3.1	1.1	10.0	8.9
Antosari	25.5	6.8	1.3	34.2	25.5
Baturiti	20.6	4.2	1.2	24.7	20.6
Gianyar	24.9	5.6	1.3	32.0	24.9
Gilimanuk	42.3	15.3	1.5	64.6	42.3
GIS Bandara	16.8	5.1	1.3	21.2	16.8
Kapal	40.7	8.0	1.4	56.3	40.7
Negara	17.5	4.9	1.2	21.8	17.5
Nusadua	18.1	5.4	1.3	23.0	18.1
Padang					
Sambian	34.9	7.0	1.3	47.1	34.9
Payangan	13.6	3.2	1.1	15.4	13.6
Pemaron	25.5	9.8	1.4	36.6	25.5
Pesanggaran	43.9	15.0	1.5	66.8	43.9
Pemecutan					
Kelod	21.3	5.1	1.3	26.8	21.3
Sanur	29.9	5.6	1.3	38.4	29.9

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 43.918 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.926 kA.

4.5.6 Analisis Kapasitas CB Tahun 2018

Pada tahun 2018 berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 43.918 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.926 kA.

4.5.7 Analisis Kapasitas CB Tahun 2019

Pada tahun 2019 berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 43.918 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.926 kA.

4.5.8 Analisis Kapasitas CB Tahun 2020

Pada tahun 2020 berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 43.918 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.926 kA.

4.5.9 Analisis Kapasitas CB Tahun 2021

Pada tahun 2021 berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 43.918 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.926 kA.

4.5.10 Analisis Kapasitas CB Tahun 2022

Pada tahun 2022 berdasarkan hasil menggunakan program ETAP, arus hubung singkat pada GI belum melebihi kapasitas CB sebesar 40 kA sehingga belum perlu dilakukan peningkatan kapasitas CB.

Hubung singkat tertinggi terjadi di GI Pesanggaran sebesar 43.918 kA. Sedangkan hubung singkat terendah terjadi pada GI Amlapura sebesar 8.926 kA.

4.7 Analisis Kapasitas CB Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2013-2022

Sesuai dengan asumsi yang digunakan yaitu arus hubung singkat 40 kA, maka dari tahun 2013-2022 terdapat 3 (tiga) GI yang perlu dilakukan peningkatan kapasitas pada CB. Peningkatan kapasitas CB diperlukan pada tahun 2017 di GI Pesanggaran, GI Gilimanuk dan GI Kapal. Rangkuman hasil analisis kapasitas CB sistem kelistrikan Bali 2013-2022 untuk lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 6.

Tabel 4 GI Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2013-2022 yang Perlu Peningkatan Kapasitas CB

No	Nama Gardu Induk	Tahun Penggantian	Kapasitas Terpasang (kA)	Arus Hubung Singkat (kA)
1	Kapal	2017	40	40.071

Tabel 5 GI Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2013-2022 yang Perlu Peningkatan Kapasitas CB

No	Nama Gardu Induk	Tahun Penggantian	Kapasitas Terpasang (kA)	Arus Hubung Singkat (kA)
1	Gilimanuk	2017	40	42.349

Tabel 6 GI Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2013-2022 yang Perlu Peningkatan Kapasitas CB

No	Nama Gardu Induk	Tahun Penggantian	Kapasitas Terpasang (kA)	Arus Hubung Singkat (kA)
1	Pesanggaran	2017	40	43.918

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil peramalan beban daya listrik pada sistem kelistrikan di Bali tahun 2022 adalah sebesar 1227.4 MW.
2. Analisis hubung singkat 3 fasa simetris pada sistem kelistrikan di Bali tahun 2022, untuk arus hubung singkat terbesar pada GI Pesanggaran sebesar 43.918kA dan arus hubung singkat terkecil pada GI Amlapura sebesar 8.986kA.
3. Berdasarkan hasil analisis arus hubung singkat 3 fasa simetris, evaluasi kapasitas CB sistem kelistrikan 150 kV di Bali tahun 2017 menunjukkan pada GI Gilimanuk (42.349kA), GI Kapal (40.701kA) dan GI Pesanggaran (43.918kA) perlu dilakukan penambahan kapasitas CB dan pada GI lainnya belum perlu dilakukan penambahan kapasitas CB dari kapasitas terpasang saat ini.

(Spring Mechanism). PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali.

- [8] PT PLN (Persero). 2013. *RUPTL PT PLN (Persero) 2013-2022*. Jakarta: PT PLN (Persero).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardika, I. M. 2014. "Studi Kemampuan Hantar Arus Sistem Transmisi Kelistrikan Bali Tahun 2013-2025" (tugas akhir). Jimbaran: Universitas Udayana.
- [2] Ramadan, R. P. 2013. Studi Aplikasi Pembatas Arus (*Current Limiter*) pada Sistem Pengaman di PT. Pindo Deli. *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. FTI - ITS Vol. 1, No. 1, (2013) 1-6.
- [3] Febrizal, Y. 2012. Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Kota Padang Sampai Tahun 2020. *Jurnal Teknik Elektro ITP*. Volume. 1, No. 1.
- [4] Renaldi, A. M. 2011. "Estimasi Rugi-Rugi Energi pada Sistem Distribusi Radial 20 Kv menggunakan Metode *Energy Load Flow*" (tugas akhir). Jimbaran: Universitas Udayana.
- [5] Wahyudi, F. A. 2012. "Studi Analisis Perubahan *Setting* Proteksi Menggunakan *Neural Network* pada Hotel Padma Bali" (tugas akhir). Jimbaran: Universitas Udayana.
- [6] Weedy, B. M. 1988. *Sistem Tenaga Listrik, Edisi Ketiga*. Jakarta: Aksara Persada Indonesia.
- [7] Wibowo, H. 2009. *Assesment dan Overhaul Breaking Chamber PMT 150 kV Merk ABB Type LTB 170 D1*