

# Analisa Perhitungan Kapasitas dan Pemilihan *Circuit Breaker* (CB) pada Penyulang Gardu Induk Paniki Sistem Minahasa

Ferari Ch. Lisi, Fielman Lisi, Sartje Silimang,  
Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115,  
Email: [Ferarichlisi02@gmail.com](mailto:Ferarichlisi02@gmail.com), [Fielmannlisi@gmail.com](mailto:Fielmannlisi@gmail.com), [Sartje.silimang@unsrat.ac.id](mailto:Sartje.silimang@unsrat.ac.id)

*Abstract— In the distribution of electrical energy from the plant to the distribution it must be considered the level of security of the existing power grid. Moreover in the Substation section. The protection system serves to secure electrical equipment from the possibility of damage caused by a disturbance of nature or the sudden destruction of the equipment, so that the stability of the system can be maintained, and also to secure people from the danger posed by electricity. It is necessary to review CB (Circuit Breaker) selection.*

*Keywords: Analysis, Selection of Circuit Breaker, Substation paniki, Protection.*

**Abstrak—** Didalam penyaluran energi listrik dari pembangkit hingga ke distribusi maka harus diperhatikan tingkat keamanan dari jaringan listrik yang ada. Terlebih lagi pada bagian Gardu Induk. Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kemungkinan kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan dari alam atau akibat rusaknya peralatan secara tiba-tiba, sehingga stabilitas sistemnya dapat terpelihara, dan juga untuk mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh listrik. Untuk itu perlu di kaji kembali pemilihan *CB* (*Circuit Breaker* ).

**Kata kunci:** Analisa, GI Paniki, Pemilihan *Circuit Breaker*, Proteksi.

## I. PENDAHULUAN

Penyaluran tenaga listrik merupakan suatu topik yang menarik banyak minat untuk dipelajari dalam bidang ketenagalistrikan. Ini terkait dengan semakin kompleksnya permasalahan yang muncul dalam proses penyaluran tenaga listrik tersebut. Baik karena proses penyalurannya maupun karena karakteristik beban yang disuplai. Sehingga menyebabkan ketersediaan energi listrik menjadi salah satu aspek yang paling penting dalam perkembangan suatu daerah. Karena berbagai persoalan teknis, tenaga listrik hanya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu, sedangkan pemakaian daya listrik atau pelanggan yang menggunakan listrik tersebar di berbagai tempat, maka penyaluran tenaga listrik dari tempat dibangkitkan sampai ke tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan teknis. Oleh karena itu, jaringan transmisi memegang peranan penting dalam proses penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban.

Namun dengan tersedianya listrik, maka harus diperhatikan juga tingkat keamanan dari jaringan listrik yang ada. Terlebih lagi pada bagian transmisinya. Sistem proteksi memegang peranan penting dalam kelangsungan dan keamanan terhadap keamanan terhadap penyaluran daya listrik. Pengamanan pada jaringan transmisi perlu mendapat perhatian yang serius

dalam setiap perencanaannya. Dimana sistem transmisi memiliki parameter-parameter dan keadaan sistem yang berubah secara terus menerus, sehingga strategi pengamanannya harus disesuaikan dengan perubahan dinamis dalam hal desain dan pengaturan peralatannya. Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kemungkinan kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan dari alam atau akibat rusaknya peralatan secara tiba-tiba, meloalisir daerah-daerah sistem yang mengalami gangguan sekecil mungkin, dan mengusahakan secepat mungkin untuk mengatasi gangguan yang terjadi di daerah tersebut, sehingga stabilitas sistemnya dapat terpeliharaan, dan juga untuk mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

#### A. Pengertian Pemutus Tenaga

Pemutus tenaga adalah alat yang terpasang pada gardu induk yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus beban atau arus gangguan. Syarat – syarat yang harus dipenuhi oleh suatu PMT agar dapat melakukan hal-hal diatas, adalah sebagai berikut:

- 1) Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus.
- 2) Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
- 3) Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan system, membuat sistem kehilangan kestabilan, dan merusak pemutus tenaga itu sendiri.

#### B. Klasifikasi PMT berdasarkan / kelas Tegangan

PMT dapat dibedakan menjadi 4 yaitu:

##### 1) PMT tegangan rendah (*low voltage*)

PMT tegangan rendah, kita tentunya sering menemukan jenis ini pada panel pembagi beban (Besaran yg efektif berkisar 15 A s/d 1500 A). Yang harus diperhatikan dalam jenis PMT ini adalah Tegangan efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem. Dan juga arus maksimum kontinyu yang akan dialirkan melalui pemutus daya, dan nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang. PMT ini mempunyai range tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3 ).

##### 2) PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*)

PMT tegangan menengah ini biasanya dipasang pada gardu induk, pada kabel masuk ke busbar tegangan (*incoming cubicle*) maupun pada setiap rel/busbar keluar (*out going cubicle*) yang menuju penyulang keluar dari gardu induk. PMT ini mempunyai range tegangan 1s/d 35 kV (SPLN 1.1995 – 3.4 ).

##### 3) PMT tegangan tinggi (*High Voltage*)

Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 – 3.5 ). Klasifikasi PMT untuk tegangan tinggi berdasarkan media *insulator* dan material dielektriknya, adalah terbagi menjadi empat jenis, yaitu: Sakelar PMT Minyak: Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutuskan arus sampai 10 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV.

- a) Sakelar PMT Udara Hembus (Air

Blast Circuit Breaker): Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV.

- b) Sakelar PMT vakum Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus rangkaian bertegangan sampai 38 kV.

Sakelar PMT Gas SF6 (SF6 Circuit Breaker): Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV.

4) PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*)

PMT jenis ini biasanya dipasang di GITET (Gardu Induk Ekstra Tinggi) yang sudah memiliki bermacam-macam peralatan canggih. Salah satunya Gas *Circuit Breaker*. (GCB). GCB merupakan pemutus tenaga yang menggunakan gas SF6 sebagai bahan pemadam busur api.

C. Klasifikasi berdasarkan jumlah mekanik

1) PMT Single Pole

PMT *single pole* mempunyai mekanik penggerak pada masing – masing pole, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa *reclose* satu fasa.

2) PMT Three Pole

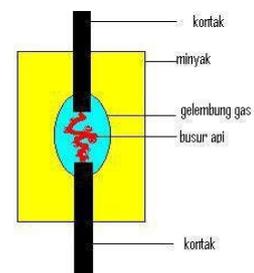
PMT *three pole* mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya dilengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini dipasang pada *bay trafo* dan bay kopel serta PMT 20 kV untuk distribusi.

D. Klasifikasi PMT Berdasarkan Media Isolasi

1. Pemutus Tenaga (PMT) Media Minyak
2. Pemutus Tenaga (PMT) Media Udara Hembus (*Air Blast Circuit Breaker*)
3. Pemutus Tenaga (PMT) Media Vakum (*Vacuum Circuit Breaker*)
4. Pemutus Tenaga (PMT) Media Gas SF6 (*SF6 Circuit Breaker*).

E. Pemutus Tenaga (PMT) Media Minyak

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 10 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV. Pada saat kontak dipisahkan, busur api akan terjadi didalam minyak, sehingga minyak menguap dan menimbulkan gelembung gas yang menyelubungi busur api, karena panas yang ditimbulkan busur api, minyak mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas hydrogen yang bersifat menghambat produksi pasangan ion. Oleh karena itu, pemadaman busur api tergantung pada pemanjangan dan pendinginan, busur api dan juga tergantung pada jenis gas hasil dekomposisi minyak seperti pada gambar 1



Gambar 1. Pemadaman Busur Api Pada PMT Minyak

Gas yang timbul karena dekomposisi minyak menimbulkan tekanan terhadap minyak, sehingga minyak terdorong

kebawah melalui leher bilik. Di leher bilik, minyak ini melakukan kontak yang intim dengan busur api. Hal ini akan menimbulkan pendinginan busur api, mendorong proses rekombinasi dan menjauhkan partikel bermuatan dari lintasan busur api. Minyak yang berada diantara kontak sangat efektif memutuskan arus. Kelemahannya adalah minyak mudah terbakar dan kekentalan minyak memperlambat pemisahan kontak sehingga tidak cocok untuk sistem yang membutuhkan pemutusan arus yang cepat.

#### F. Besaran per unit

Besaran per unit merupakan metode yang digunakan untuk mengubah satuan dari besaran-besaran seperti tegangan, arus, daya dan impedansi menjadi per unit (p.u). Dirumuskan dalam persamaan (1),(2) dan (3).

$$\text{Satuan Per Unit (pu)} = \frac{\text{Nilai Sebenarnya}}{\text{Nilai Dasar}} \quad (1)$$

$$\text{Rumus untuk Arus: } \frac{kVA_{1\phi} \text{ dasar}}{kV_{LN}} \quad (2)$$

Rumus untuk Impedansi:

$$\frac{(\text{tegangan dasar } kV_{LN})^2 \times 1000}{kVA_{1\phi} \text{ dasar}} \quad (3)$$

Ada kalanya *impedansi* per unit suatu komponen dalam suatu sistem dinyatakan dengan dasar yang berbeda. Karena itu untuk mengubah impedansi per unit dengan suatu dasar yang telah diberikan ke *impedansi* per unit dengan dasar yang baru digunakan persamaan (4).

$$Z_{\text{baru}} = Z_{\text{lama}} (\text{pu}) = \left( \frac{kV_{\text{lama}} \text{ dasar}}{kV_{\text{baru}} \text{ dasar}} \right)^2 \left( \frac{kV_{\text{baru}} \text{ dasar}}{kV_{\text{lama}} \text{ dasar}} \right) \quad (4)$$

#### G. Perhitungan *Circuit Breaker*

Mengingat arus gangguan yang cukup besar, maka perlu secepat mungkin dilakukan proteksi. Hal ini perlu suatu peralatan yang digunakan untuk mendeteksi keadaan-keadaan yang tidak normal tersebut dan selanjutnya menginstruksikan CB (*circuit breaker*) yang tepat untuk bekerja memutuskan rangkaian atau sistem yang terganggu. Rata – rata pemilihan CB menurut perhitungan pada persamaan (5)

$$ISC = \frac{MVA_{SC}}{\text{Root } 3} \times K_v \quad (5)$$

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Umum

Pada sistem minahasa, terdiri dari berbagai jenis transmisi, mulai dari 20kv-150kv. Agar keadaan tetap terjaga maka dari itu hal yang harus diperhatikan yaitu proteksi pada saluran transmisi tersebut, tidak menutup kemungkinan dalam prose penyaluran akan terjadi ganggua-gangguan yang tak terduka dalam hal ini, gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan secara tiba-tiba yang memungkinkan rusaknya peralatan yang ada pada sistem karena itu diperlukan alat yang dapat memproteksi peralatan-peralatan tersebut dan meminimalisasi gangguan yang terjadi. Untuk itu salah satu peralatan pada sistem yang digunakan dalam hal ini yaitu *circuit breaker* (CB) yang berfungsi sebagai pemutus apabila pada salah satu bagian transmisi mengalami gangguan sehingga bias di minimalisasi kerusakan pada sistem sehingga mempersempit area gangguan disebabkan oleh petir. Hal ini terjadi, karena pengaman dari surja petir untuk saluran transmisi ini sudah terpasang tapi, perlu di kaji kembali.

### B. Data Teknis

Data yang di dapat dari penelitian adalah:

menghitung arus hubung singkat pada jaringan 150kv meliputi PLTA tanggari 1 dan PLTA Tanggari 2 terdapat pada tabel I Data teknis Generator yang digunakan.

TABEL I DATA TEKNIS PLTA TANGGARI 1 DAN 2.

NO	Pembangkit	Unit	Daya	Tegangan	X
1	PLTA Tanggari 1	1	Terpasang (MVA)	(KV) 6.3	Source 0,24
		2	11.25	6.3	0,24
2	PLTA Tanggari 2	1	11.875	6.6	0,26
		2	11.875	6.6	0,26

TABEL II. DATA TEKNIS TRANSFORMATOR

No	LOKASI	UNIT	DAYA (MVA)	TTEGANGAN (KV)	X (%)
1	GI Ranomuut	1	20	66/21	12,74
		2	20	66/21	12.17
2	GI Sawangan	1	10	66/21	7.89
		2	4	66/20	7.48
3	GI Tomohon	1	10	66/21	7.39
		2	10	70/20	9.41
		3	60	66/150	12.39
4	GI Tasik Ria	1	20	20/66	12.17
5	GI Teling	1	10	66/21	12.2
		2	10	66/21	7.36
		3	20	66/20	11.77
6	GI Tonseal	1	12	30/66	8.6

Lama		2	10	21/66	7.31
		3	6	30/65,8	6.4
7	GI Bitung	1	16	11/70	11.92
		2	22	6/66	11.92
		3	15	6/66	11.92
		4	15	70/20	12.44
8	GI LIKUPANG	1	20	70/20	9.3
9	GI TANGGARI	1	11,25	6,3/70,5	9.3
		2	11,25	6,3/70,5	8.73
10	GI TANGGARI 2	1	11,8	6,6/70	8.73
		2	11,8	6,6/70	11.92
11	PLTD Bitung	1	20	66/20	11.92

TABEL III. DATA IMPEDANSI SALURAN TRANSMISI 70 KV

NO	TRANSMISI 70kV	PANJANG (KM)	IMPEDANSI (Z) PER KM
1	GI Tomohon - GI Tasik Ria	26.04	0.236 + J 0.428
2	GI Tonsealama – GI Tomohon	10.039	0.196 + J 0.411
3	GI Tonsealama – GI Sawangan	7.832	0.196+ J 0.411
4	PLTA Tonsealama – GI Tonsealama	0.4	0.196+ J 0.411
5	GI Tomohon – GI Teling	17	0.196+ J 0.411
6	GI Ranomuut – GI Teling	3.245	0.196+ J 0.411



sampai 3150 Ampere, harapannya jika ada tambahan Trafo baru di Gardu Induk Paniki Spesifikasi dari *Circuit Breaker (CB)* masih memenuhi standart dari *Circuit Breaker (CB)* tersebut.

Untuk hitungan secara matematis di dapatkan sebagai berikut : Dimana di Gardu Paniki hanya ada 1 Trafo 30 MVA ZSC 11% jika dihitung Dengan rumus dari persamaan (5) diperoleh:

$$ISC = \frac{30MVA \cdot ZSC}{11\% \cdot 3} \times 11Kv$$

$$= 1050 A$$

Maka dari hasil ini di dapat kapasitas *Circuit Breaker (CB)* hanya terpakai 1050 A dalam hal ini kapasitas ke mampuan pemutusan *Circuit Breaker (CB)* di Gardu Induk Paniki adalah 3150 A dan masih memnuhi standart yang ada jika nanti di Gardu Induk Paniki di tambahkan Trafo baru.

### C. Pemilihan jenis *Circuit Breaker (CB)*

Jenis yang di pakai pada Gardu Induk paniki adalah buatan swedia tahun 2012 yang bisa menahan kapasitas sampai 3150 A yaitu CB ABB dengan perbandingan simulasi dari PLN sendiri.

### D. Kajian Pemilihan *Circuit Breaker (CB)*

Kajian Pemilihan *Circuit Breaker* Line Bay dan Trafo Bay GI Paniki

#### 1. Dasar Pemilihan *Circuit Breaker* Trafo Bay GI Paniki

Data Nameplate Trafo GI Paniki :

Merk Trafo : Unindo

MVA Trafo : 30 MVA

Nominal Voltage : HV = 150 kV

LV = 20 kV

Rated Current : HV = 115.5 A

LV = 866 A

HV/LV Short Circuit Impedance : Guaranteed = 12.5 %

Measured = 12.47 %

Maksimum Short Circuit Level Trafo di sisi HV Trafo yaitu dari persamaan (6) diperoleh :

$$ISC_{Max\ Trafo} = \frac{I_{Nom\ HV\ Trafo}}{\%Z_{sc}}$$

$$ISC_{Max\ Trafo} = \frac{115.5 A}{0.1247}$$

$$ISC_{Max\ Trafo} = 926.22 A$$

Maka dasar pemilihan minimum kapasitas pemutusan *CB (Breaking Capacity)* untuk Bay trafo GI Paniki yaitu 926.22 A

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh kesimpulan adalah sebagai berikut :

- 1) Dari hasil penelitian saya di dapat *Circuit Breaker(CB)* yang di pakai pada Gardu Induk Paniki masih memenuhi standart yang ada dengan maksimum arus 3150 A.
- 2) Nilai rata-rata di hitung berdasarkan ISC.
- 3) Pemutus Tenaga Udara Hembus (Air Blash *Circuit Breaker* – ACB or ABB) yang di gunakan pada Gardu induk Paniki.
- 4) Dari kesimpulan penelitian secara keseluruhan CB jenis bisa di gunakan ketika, Trafo baru akan di tambahkan (*upgrade*) dengan catatan tidak melebihi kapasitas 3150 A.

### B. Saran

- 1) Perlunya refrensi serta bimbingan yang lebih spesifik dalam penulisan Tugas Akhir seperti ini.
- 2) Pentingnya interaksi antara pembimbing dan mahasiswa.
- 3) Masih banyak yang perlu di perbaiki.

## KUTIPAN

- [1.] Dr. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit & HUMAS ISTN, Jakarta, 1990.
- [2.] H. R. Zoro, Dr. *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung, 2005.
- [3.] M, F, Posundu, *Penentuan Kapasitas CB Dengan Analisa Hubung Singkat Pada Jaringan 70 kV Sistem Minahasa*, Teknik Elektro-FT Unsrat, Manado.



**Ferari Ch. Lisi**, lahir di Panasakan pada tanggal 08 Maret 1992, penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Tenaga

Listrik pada tahun 2012. Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PT. PLN (Persero) Area AP2B, Tomohon pada 09 July 2015 s/d 09 September 2015 Dan penulis selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada tanggal 26 September 2017. minat penelitiannya adalah tentang Analisa perhitungan kapasitas dan pemilihan *Circuit Breaker* (CB) pada penyulang Gardu Induk Paniki Sistem Minahasa.