

# STUDI PENGAMANAN BUSBAR UNTUK PERALATAN PENUNJANG PLTGU 950 MW MUARA TAWAR DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM INTERLOCK TRIP

Taufiqurochman<sup>1</sup>, Dedeng Herlan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>: PT. PLN (Persero) PJB Unit Pembangkit Muara Tawar Jakarta

<sup>2</sup>: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : [fiqu2684@gmail.com](mailto:fiqu2684@gmail.com) ; [herlandoang@gmail.com](mailto:herlandoang@gmail.com)

## Abstrak

Dalam malakah ini disajikan tentang pengamanan busbar peralatan penunjang PLTGU 950 MW dengan menggunakan sistem interlock trip. Pengamanan busbar ini dikarenakan adanya tambahan beban berupa *Storage Compressed Natural Gas* (CNG). Sistem energi listrik yang didistribusikan ke CNG Plant disuplai dari switchgear 6.3 kV, sehingga akan menambah beban pada Trafo SST dan mungkin akan mengalami beban lebih. Sebelum ada penambahan beban CNG, Trafo SST mampu memikul seluruh beban yang berada pada busbar 19BBA dan 19BBB apabila terjadi gangguan internal di salah satu Trafo SST. Dengan adanya pemasangan CNG Muara Tawar, beban Trafo SST semakin bertambah sehingga apabila terjadi gangguan di salah satu Trafo SST maka total arus yang mengalir pada busbar 19BBA dan 19BBB adalah sebesar 1633.71 Amper sehingga akan melewati batas seting relai sebesar 1250 Amper yang diperoleh dari hasil perhitungan parameter seting relai beban lebih MCGG82 maka Trafo SST yang masih dalam keadaan normal operasi dalam waktu 26,3 detik akan mengalami kelebihan beban sehingga akan mengakibatkan lepasnya penyaluran tenaga listrik sebesar 950 MW Untuk mengatasi masalah ini dibuat sistem interlock trip. Prinsip kerja dari sistem interlock trip ini, jika terjadi gangguan maka seluruh beban CNG akan dilepas secara serempak.

Kata kunci : Proteksi, Busbar, CNG, Sistem interlock Trip.

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap Unit Pembangkitan Muara Tawar adalah salah satu pembangkit energi listrik dalam negeri dengan kapasitas terpasang 950 MW yang terdiri dari 2 Blok. Blok 1 adalah *Combined Cycle* yang terdiri dari 3 (tiga) unit Gas *Turbine* (GT), 3 (tiga) unit HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) dan 1 (satu) *Steam Turbine* (ST). Sedangkan blok II adalah *Opened Cycle* dengan 2 (dua) unit Gas *Turbine*.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Tawar dikelola oleh PT Pembangkitan Jawa-Bali. Pembangkit listrik ini dulu merupakan bagian dari Pembangkit Listrik Muara Karang, yang dipisahkan pada 1 April 2003. Pembangkit Muara Tawar mengoperasikan dua unit PLTG dan tiga PLTGU dengan total kapasitas 950 Megawatt. Listrik dari pembangkit ini didistribusikan melalui Sistem Interkoneksi Jawa-Bali. Untuk pasokan tenaga listrik yang akan digunakan untuk peralatan pada CNG Muara Tawar akan dipasok dari Switchgear 6,3 kV pada Pembangkitan UP Muara Tawar yaitu Transformer SST pada Pembangkitan UP Muara Tawar. Sehingga akan menambah beban pada Transformer SST yang akan mengakibatkan berkurangnya kehandalan pada system pembangkit UP Muara Tawar apabila terjadi gangguan pada system CNG Muara Tawar. Sistem proteksi mempunyai peranan yang sangat penting dalam menjaga kelangsungan dan keamanan produksi energi listrik. Untuk menjaga kehandalan sistem diperlukan sistem proteksi yang baik. Pemutus *Incomer breaker* merupakan suatu sistem proteksi untuk menjaga kelangsungan pasokan listrik pada *Switchgear* 6,3 Kv.

## 2. GANGGUAN PADA TRANSFORMATOR

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, tanpa merubah frekuensinya. Biasanya dapat menaikkan atau menurunkan tegangan maupun arus. Fungsi dari suatu transformator secara garis besar adalah :

### 2.1. Untuk menaikkan tegangan (*Step-up*)

Misalnya digunakan untuk menaikkan tegangan menengah menjadi tegangan tinggi.

### 2.2. Untuk menurunkan tegangan (*Step-down*)

Misalnya digunakan pada gardu distribusi untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah.

Dalam sistem tenaga listrik, gangguan didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan dalam penyaluran daya listrik yang menyebabkan aliran arus listrik lebih besar dari aliran arus yang seharusnya. Secara umum, gangguan pada transformator dibagi menjadi dua jenis yaitu gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal adalah gangguan yang berasal dari transformator itu sendiri sedangkan gangguan eksternal adalah gangguan yang berasal dari luar transformator dan dapat terjadi kapan saja dengan waktu yang tidak dapat ditentukan. Gangguan internal dibagi menjadi dua jenis, yaitu gangguan incipien dan gangguan elektrik. Gangguan incipien yaitu gangguan yang dimulai oleh suatu gangguan kecil dan tidak berarti namun secara lambat akan menimbulkan kerusakan. Gangguan ini akan dideteksi oleh relai pengaman mekanis seperti relai bucholz, relai jansen dan relai sudden pressure. Gangguan elektrik yaitu gangguan elektrik yang dideteksi oleh relai proteksi utama transformator.

### a. Gangguan *Internal*

Kejadian-kejadian yang termasuk dalam gangguan internal adalah :

#### a.1. Terjadinya busur api (arc) kecil dan pemanasan lokal yang disebabkan oleh

- Cara penyambungan konduktor yang tidak Baik
- Kontak-kontak listrik yang tidak baik
- Kerusakan isolasi antara inti baut

#### a.2. Gangguan pada sistem pendingin

Pada umumnya banyak transformator menggunakan minyak transformator sebagai isolasi sekaligus merupakan bahan pendingin. Dan kenyataannya adalah ketika terjadi gangguan di dalam transformator tersebut, maka di dalam minyak itu akan timbul sejumlah gas.

#### a.3. Arus sirkulasi pada transformator yang bekerja paralel

### b. Gangguan *Eksternal*

Kejadian-kejadian yang termasuk dalam gangguan eksternal adalah :

#### b.1. Hubung Singkat Luar (*External Short Circuit*)

Hubung singkat ini terjadi di luar transformator, seperti di bus, di penyulang (feeder) dan di sistem yang merupakan sumber bagi transformator tersebut.

#### b.2. Beban Lebih (*Overload*)

Transformator daya akan bekerja secara kontinyu apabila transformator tersebut berada pada beban nominalnya. Namun apabila beban yang dilayani lebih besar dari 80% atau batas ketentuan kerja transformator, maka transformator tersebut

akan mendapat pemanasan lebih dan hal ini akan mempersingkat umur isolasi transformator keadaan beban lebih berbeda dengan arus lebih. Pada beban lebih, besar arus hanya kira-kira 10% di atas nominal dan dapat diputuskan setelah berlangsung beberapa puluh menit. Sedangkan pada arus lebih, besar arus mencapai beberapa kali arus nominal dan harus diputuskan secepat mungkin.

### b.3. Gelombang surja

Surja petir adalah gejala tegangan lebih transien yang disebabkan oleh sambaran petir. Pada saluran transmisi performa petir menjadi salah satu faktor dominan dalam perancangan menara dan saluran transmisi.

## 3. SISTEM INTERLOCK TRIP

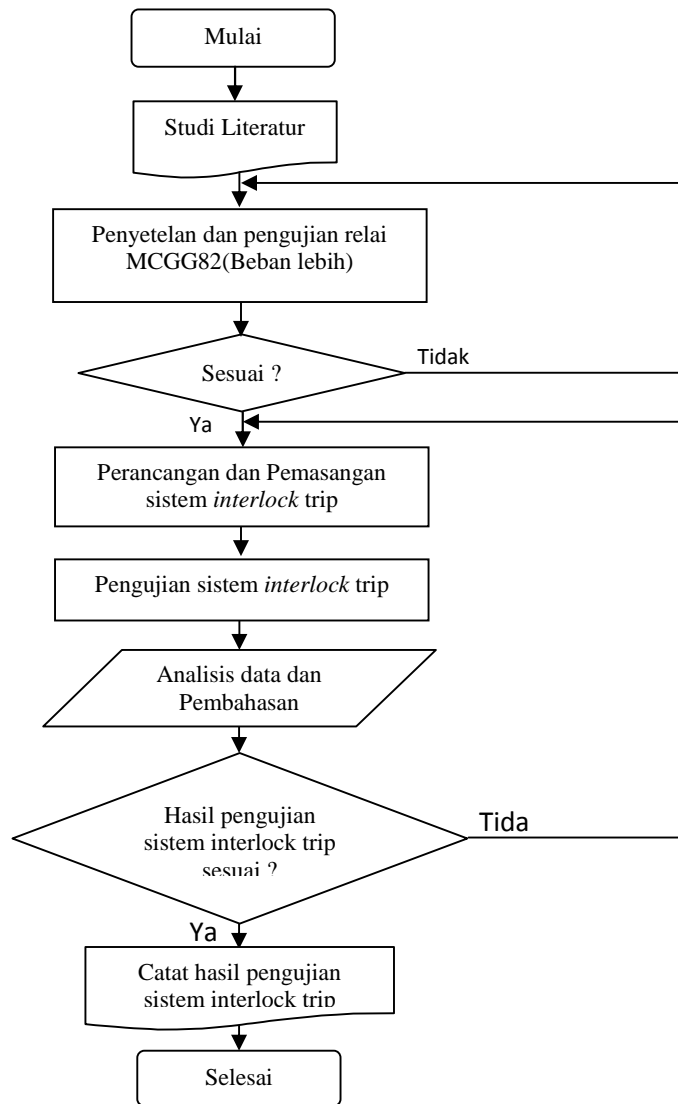
Besarnya kapasitas CNG Storage Plant sehingga akan mengakibatkan bertambahnya beban Trafo SST. Dalam proses penyaluran tenaga listrik sebesar 950 MW interkoneksi Jawa-Bali PT PJB UP Muara Tawar, Trafo SST memiliki peran yang sangat penting sebagai suplai daya untuk peralatan operasi Steam Turbin 1.4. Sehingga dalam penambahan CNG Storage Plant yang mengambil suplai dari Trafo SST dapat mengakibatkan bertambahnya gangguan. Gangguan beban lebih pada Trafo SST bisa terjadi apabila pada saat salah satu Trafo SST mengalami gangguan pada *internal* Trafo SST itu sendiri, sehingga seluruh beban pada busbar ketenaga listrikan PT PJB UP Muara Tawar disuplai hanya dari satu Trafo SST melalui *Incomer breaker* 19BBA atau 19BBB.

Dalam pemasangan CNG Storage Plant Muara Tawar, untuk menghindari gangguan beban lebih pada Trafo SST dilakukan penambahan sistem *interlock* trip. Prinsip kerja dari sistem *interlock* trip ini yaitu dengan cara melepaskan seluruh beban CNG Storage Plant pada saat terjadi gangguan di salah satu Trafo SST secara bersamaan pada saat *Bus coupler* penghubung busbar 19BBA dan 19BBB menutup. Sehingga beban pada busbar 19BBA dan 19BBB bisa berkurang sesuai besar beban CNG maka dapat menghindari terjadinya gangguan beban lebih pada Trafo SST yang akan mengakibatkan hilangnya penyaluran tenaga listrik sebesar 950 MW PT PJB UP Muara Tawar akibat hilangnya suplai daya menuju busbar 19BBA dan 19BBB untuk peralatan operasi Steam Turbin 1.4. Dengan demikian sistem *interlock* trip sangat diperlukan dalam pemasangan CNG Storage Plant untuk menghindari gangguan beban lebih pada Trafo SST PT PJB UP Muara Tawar.

## 4. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan analisa terhadap penambahan sistem *interlock* trip dalam pemasangan instalasi kelistrikan CNG dinyatakan dengan diagram alir pada Gambar 1. Setelah diperoleh data-data dilakukan beberapa langkah antara lain :

1. Mendata beban-beban listrik yang berada pada busbar 19BBA dan 19BBB.
2. Mendata beban-beban listrik yang berada pada CNG Muara Tawar.
3. Menjelaskan distribusi kelistrikan trafo SST 1.2 dan trafo SST 1.3 sebelum penambahan beban CNG Muara Tawar.
4. Menjelaskan cara kerja *automatic transfer switch (interlock)* pada switchgear busbar 19BBA dan 19BBB.
5. Menjelaskan distribusi listrik sesudah penambahan beban CNG Muara Tawar.
6. Menjelaskan cara kerja sistem *interlock* trip pada penambahan beban CNG Muara Tawar.
7. Menganalisa kinerja relai beban lebih sebelum penambahan sistem *interlock* trip.
8. Menganalisa kinerja sistem *interlock* trip pada instalasi CNG.
9. Menjelaskan perbandingan operasional sesudah penambahan sistem *interlock* trip.
10. Menguji hasil pemasangan sistem *Interlock* trip.
11. Menyimpulkan hasil perhitungan dan pembahasan.



Gambar.1. Diagram alir analisa kelistrikan CNG  
 Data Trafo SST Dan Beban Pada Busbar 19BBA dan 19BBB sebelum ada Beban CNG

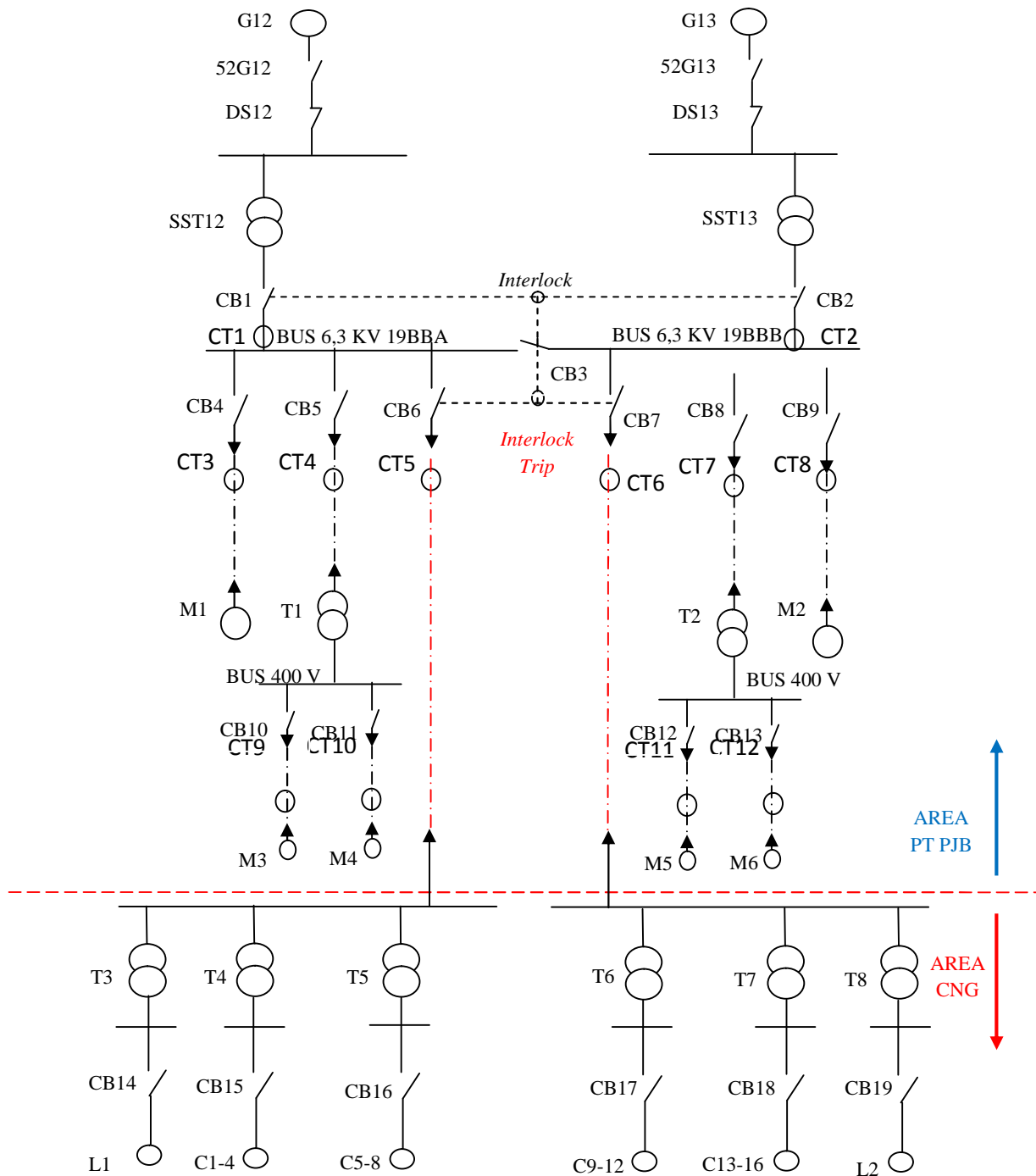
Tabel .1. Spesifikasi Teknik Trafo SST

	Tegangan Tinggi	Tegangan Rendah
Daya (MVA)	11/15/17.5	11/15/17.5
Tegangan (kV)	16	6.3
Arus (A)	631.47	1603.75
Jenis pendinginan	ONAN/ONAF1/ONAF2	

Tabel .2.. Beban Pada Busbar 19BBA Dan 19BBB

No.	Peralatan	Kapasitas	
		MW	MVA
<b>Busbar 19BBA</b>			
1	Motor Listrik 6.3 kV	3	3.75
2	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
3	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Busbar 19BBB</b>			
1	Motor Listrik 6.3 kV	2	2.5
2	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
3	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>3.75</b>

## Distribusi Kelistrikan Trafo SST PT PJB UP Muara Tawar Dengan Penambahan Beban CNG Muara Tawar



Gambar 2. Distribusi Kelistrikan Dengan Penambahan Beban CNG

Untuk menganalisis suatu sistem instalasi listrik, diperlukan parameter – parameter alat yang terkait didalamnya. Sesuai dengan diagram satu garis pada Gambar 2, maka diperlukan data lapangan dari sumber tegangan menuju beban.

Tabel 3.. Keterangan Kode Gambar 2.

Peralatan	Kode	Rating	
Generator GT12	G12	145 MW	
Generator GT13	G13	145 MW	
Generator CB GT12	52G12	16 kV/8000 A	
Generator CB GT13	52G13	16 kV/8000 A	
Disconnecting Switch GT12	DS12	16 kV/8000 A	
Disconnecting Switch GT13	DS13	16 kV/8000 A	
		Minimum	Maksimum
Transformator SST1.2 16 kV/6.3 kV	SST1.2	11 MVA	17.5 MVA
Transformator SST1.3 16kV/6.3 kV	SST1.3	11 MVA	17.5 MVA
Incomer Breaker 19BBA	CB1	6.3 kV/2500 A	
Incomer Breaker 19BBB	CB2	6.3 kV/2500 A	
Bus Coupler 19BBB00	CB3	6.3 kV/2500 A	
Gas Circuit Breaker Motor 1	CB4	6.3 kV/1250 A	
Gas Circuit Breaker PDC Trafo 1	CB5	6.3 kV/1250 A	
Gas Circuit Breaker Feeder Spare	CB6	6.3 kV/1250 A	
Gas Circuit Breaker Feeder Spare	CB7	6.3 kV/1250 A	
Gas Circuit Breaker PDC Trafo 2	CB8	6.3 kV/1250 A	
Gas Circuit Breaker Motor 2	CB9	6.3 kV/1250 A	
Air Circuit Breaker Motor 3	CB10	400V/800 A	
Air Circuit Breaker Motor 4	CB11	400V/800 A	
Air Circuit Breaker Motor 5	CB12	400V/800 A	
Air Circuit Breaker Motor 6	CB13	400V/800 A	
		Primer	Sekunder
Trafo Arus	CT1,2	2500 A	5 A
	CT3,4,5,6,7,8	1000 A	5 A
	CT9,10,11,12	2500 A	1 A
Motor Listrik 6.3 kV	M1	3 MW	3.75 MVA
Motor Listrik 6.3 kV	M2	2 MW	2.5 MVA
Motor Listrik 400 V	M3,4,5,6	500 kW	625 kVA
Trafo Distribusi 6.3 kV/400 V	T1,2	2.5 MVA	

Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa sumber tegangan Trafo SST1.2 dan SST1.3 disuplai dari masing-masing generator Gas Turbin 1.2 dan generator Gas Turbin 1.3 pada tegangan 16 kV. Trafo SST berfungsi untuk menurunkan tegangan generator Gas Turbin menjadi 6.3 kV sehingga bisa dikonsumsi oleh peralatan pembangkit Steam Turbin 1.4. Trafo SST1.2 dan SST1.3 mencatu peralatan pembangkit Steam Turbin 1.4 melalui busbar 19BBA dan 19BBB.

Tabel 4. Total Kapasitas Beban CNG A Dan CNG B

No.	Peralatan	Kapasitas	
		MW	MVA
<b>Beban CNG A</b>			
1	Peralatan Penunjang 1	0.28	0.351
2	Kompresor 1 CNG A	0.424	0.531
3	Kompresor 2 CNG A	0.424	0.531
4	Kompresor 3 CNG A	0.424	0.531
5	Kompresor 4 CNG A	0.424	0.531
6	Kompresor 5 CNG A	0.424	0.531
7	Kompresor 6 CNG A	0.424	0.531
8	Kompresor 7 CNG A	0.424	0.531
9	Kompresor 8 CNG A	0.424	0.531
	<b>Total</b>	<b>3.672</b>	<b>4.599</b>
<b>Beban CNG B</b>			
10	Peralatan Penunjang 2	0.182	0.228
11	Kompresor 1 CNG B	0.424	0.531

12	Kompresor 2 CNG B	0.424	0.531
13	Kompresor 3 CNG B	0.424	0.531
14	Kompresor 4 CNG B	0.424	0.531
15	Kompresor 5 CNG B	0.424	0.531
15	Kompresor 6 CNG B	0.424	0.531
16	Kompresor 7 CNG B	0.424	0.531
17	Kompresor 8 CNG B	0.424	0.531
Total		3.574	4.476

Total Beban Yang Terpasang Pada Busbar 19BBA Dan 19BBB Setelah Penambahan Beban CNG. Pada saat kondisi normal(tidak terjadi gangguan pada Trafo SST), *breaker bus coupler* dalam keadaan membuka yaitu masing-masing busbar mendapat suplai tenaga dari Trafo SST Gas Turbin 1.2 dan Gas Turbin 1.3 PT PJB UP Muara Tawar. Besar kapasitas yang berada pada busbar 19BBA dan 19BBB dapat ditunjukkan dalam Tabel 4. dan Tabel 5.

Tabel 5. Total Kapasitas Pada Busbar 19BBA

No.	Peralatan	Kapasitas	
		MW	MVA
Area PT PJB UP Muara Tawar			
1	Motor Listrik 6.3 kV	3	3.75
2	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
3	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
Area CNG Muara Tawar			
4	Peralatan Penunjang 1	0.28	0.351
5	Kompresor 1 CNG A	0.424	0.531
6	Kompresor 2 CNG A	0.424	0.531
7	Kompresor 3 CNG A	0.424	0.531
8	Kompresor 4 CNG A	0.424	0.531
9	Kompresor 5 CNG A	0.424	0.531
10	Kompresor 6 CNG A	0.424	0.531
11	Kompresor 7 CNG A	0.424	0.531
12	Kompresor 8 CNG A	0.424	0.531
Total		7.672	9.599

Besar arus yang mengalir menuju busbar 19BBA dipikul oleh Trafo SST Gas Turbin 1.2 PT PJB UP Muara Tawar.

Tabel 6. Total Kapasitas Pada Busbar 19BBB

No.	Peralatan	Kapasitas	
		MW	MVA
Area PT PJB UP Muara Tawar			
1	Motor Listrik 6.3 Kv	2	2.5
2	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
3	Motor Listrik 400 V	0.5	0.625
Area CNG Muara Tawar			
4	Peralatan Penunjang 2	0.182	0.228
5	Kompresor 1 CNG B	0.424	0.531
6	Kompresor 2 CNG B	0.424	0.531
7	Kompresor 3 CNG B	0.424	0.531
8	Kompresor 4 CNG B	0.424	0.531
9	Kompresor 5 CNG B	0.424	0.531
10	Kompresor 6 CNG B	0.424	0.531
11	Kompresor 7 CNG B	0.424	0.531
12	Kompresor 8 CNG B	0.424	0.531
Total		6.574	8.226

Pada saat kondisi tidak normal (terjadi gangguan internal di salah satu Trafo SST), *breaker bus coupler* dalam keadaan menutup yaitu menghubungkan busbar 19BBA dengan 19BBB yang mendapat suplai tegangan dari salah satu Trafo SST Gas Turbin 1.2 atau Gas Turbin 1.3 PT PJB UP Muara Tawar yang tidak mengalami gangguan. Total besar arus yang mengalir pada busbar 19BBA dan 19BBB saat terjadi gangguan internal di salah satu Trafo SST dapat ditunjukkan dalam Tabel 6. yaitu sebesar 1633.71 Amper .

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Total Kapasitas Busbar 19BBA Dan 19BBB Sebelum Penambahan Sistem *Interlock Trip*

Hasil perhitungan kapasitas busbar 19BBA dan 19BBB sebelum penambahan sistem *interlock trip*, apabila terjadi gangguan di salah satu Trafo SST maka total kapasitas busbar 19BBA dan 19BBB dapat dilihat dalam Tabel 7. sebagai berikut :

Tabel 7. Perhitungan Total Kapasitas Pada Busbar 19BBA dan 19BBB

No.	Busbar	Tegangan (kV)	Arus (A)	Kapasitas	
				MW	MVA
1	19BBA	6.3	879.81	7.672	9.599
2	19BBB	6.3	753.9	6.574	8.226
Total			1633.71	14.246	17.825

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa besar arus yang dipikul oleh Trafo SST sebelum ada penambahan sistem *interlock trip* pada saat terjadi gangguan di salah satu Trafo SST adalah sebesar 1633.71 Amper. Berikutnya dari hasil perhitungan besar arus yang mengalir pada busbar 19BBA dan 19BBB dapat digunakan untuk mengetahui kinerja relai beban lebih.

### 5.2. Kinerja Relai Beban Lebih MCGG82 *Incomer Breaker* Sebelum Penambahan Sistem *Interlock Trip* Saat Terjadi Gangguan Salah Satu Trafo SST

Pengaman utama Trafo SST yaitu terdapat pada relai beban lebih MCGG82 *Incomer Breaker* 19BBA dan 19BBB yang digunakan untuk mengamankan Trafo SST pada saat terjadi gangguan pada switchgear ketenaga listrik pada Steam Turbin 1.4 termasuk yang menuju ke beban CNG A dan CNG B sehingga dapat menghindari kerusakan lebih besar pada Trafo SST. Pada saat terjadi gangguan di salah satu Trafo SST maka seluruh beban yang berada pada busbar 19BBA dan 19BBB disuplai dari salah satu Trafo SST yang tidak mengalami gangguan melalui *Incomer Breaker* 19BBA atau 19BBB. Dari data parameter seting relai beban lebih *Incomer Breaker* MCGG82 yang telah diperoleh, maka besar arus yang diijinkan oleh PT PJB UP Muara Tawar pada Trafo SST adalah sebesar :

Imaks (trafo) Trafo SST yang diijinkan :

$$\text{Ratio CT} = 2500 \text{ A} / 5 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Iset (sekunder)} &= 0.5 \times 5 \text{ A} \\ &= 2.5 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Iset (primer)} &= \text{Iset (sekunder)} \times \text{Ratio CT} \\ &= 2.5 \times \frac{2500}{5} \\ &= 2.5 \times 500 \\ &= 1250 \text{ A} \end{aligned}$$



Dari hasil perhitungan data parameter seting relai beban lebih MCGG82 pada *Incomer Breaker* yaitu sebesar 1250 A, sehingga apabila terjadi gangguan *internal* disalah satu Trafo SST maka arus yang mengalir pada busbar akan melebihi batas seting yang telah ditentukan oleh PT PJB UP Muara Tawar, hasil perhitungan besar arus dapat ditunjukkan dalam Tabel 7.yaitu sebesar 1633.71 Amper.Dari data yang didapat selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung kerja relai pada saat terjadi gangguan *internal* disalah satu Trafo SST, relai beban lebih MCGG82 akan bekerja sehingga *Incomer breaker* akan melepaskan hubungan Trafo SST menuju busbar 19BBA dan 19BBB, karena menggunakan karakteristik *very inverse* maka waktu kerja relai dapat ditentukan berdasarkan besar arus gangguan yang mengalir.Waktu kerja relai untuk memutuskan aliran arus menuju busbar pada saat terjadi gangguan *internal* Trafo SST berdasarkan standar waktu kerja relai :

$$\begin{aligned}
 t &= Tmsx \frac{13.5}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{-1}} \\
 &= 0.6 x \frac{13.5}{\left(\frac{1633.71}{1250}\right)^{-1}} \\
 &= \frac{8.1}{(1.3069)^{-1}} \\
 &= \frac{8.1}{0.3069} \\
 &= 26.3 \text{ Detik}
 \end{aligned}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa apabila terjadi gangguan *internal* pada salah satu Trafo SST sebelum dilaksanakan penambahan sistem *Interlock trip* maka besar arus yang mengalir akan melebihi batas seting MCGG82 *Incomer Breaker* adalah sebesar 1633.71 Amper, sehingga dari hasil perhitungan waktu kerja relai dapat diketahui bahwa setelah melewati batas waktu 26.3 detik, maka *Incomer Breaker* 19BBA atau 19BBB akan mengalami trip juga, sehingga akan mengakibatkan tripnya pembangkitan PT PJB UP Muara Tawar sebesar 950 MW menuju interkoneksi Jawa-Bali akibat hilangnya suplai daya menuju busbar *switchgear* Steam Turbin 1.4 pembangkitan PT PJB UP Muara Tawar.

### 5.3.Penambahan Sistem *Interlock Trip* Pada Instalasi CNG

Sistem *interlock trip* pada pemasangan instalasi CNG berfungsi sebagai pengaman Trafo SST agar terhindar dari gangguan beban lebih.Prinsip kerja dari sistem *interlock trip* adalah pada saat terjadi gangguan *internal* di salah satu Trafo SST maka busbar 19BBA dan 19BBB akan terhubung menjadi satu melalui breaker *bus coupler* dan seluruh beban yang terdapat pada busbar 19BBA dan 19BBB akan dipikul oleh salah satu Trafo SST yang masih normal operasi, pada saat bersamaan sistem *interlock trip* akan bekerja melepaskan beban yang menuju CNG A dan CNG B untuk menghindari kelebihan beban pada Trafo SST.

### 5.4.Kinerja Sistem *Interlock Trip* Pada Instalasi CNG

Pada saat terjadi gangguan *internal* di salah satu Trafo SST maka seluruh beban pada busbar 19BBA dan 19BBB termasuk yang menuju area CNG disuplai dari salah satu Trafo SST yang masih normal, pada pemasangan instalasi CNG Muara Tawar terdapat penambahan sistem *interlock trip* yang berguna untuk melepaskan seluruh beban yang menuju area CNG Muara Tawar sehingga total kapasitas busbar pada saat sistem *interlock trip* bekerja dapat ditunjukkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Total Kapasitas Busbar 19BBA dan 19BBB Setelah Sistem *Interlock* Trip Bekerja

No.	Peralatan	Tegangan (kV)	Arus (A)	Kapasitas	
				MW	MVA
Area PT PJB UP Muara Tawar					
1	Busbar 19BBA	6.3	879.81	7.672	9.599
2	Busbar 19BBB	6.3	753.9	6.574	8.226
Total kapasitas busbar			1633.71	14.246	17.825
Area CNG Muara Tawar					
3	Plant CNG A	6.3	421.1	3.672	4.599
4	Plant CNG B	6.3	409.86	3.574	4.476
Total kapasitas plant CNG			830.96	7.246	9.075
Total kapasitas busbar – Total kapasitas plant CNG			802.75	7	8.75

Dari hasil perhitungan pada Tabel 8. menunjukkan bahwa besarnya arus pada busbar jika terjadi gangguan di salah satu Trafo SST setelah pemasangan sistem *interlock* trip adalah sebesar 802.75 Amper. Dengan demikian besarnya arus yang mengalir pada busbar saat terjadi gangguan internal di salah satu Trafo SST setelah dilakukan penambahan sistem *interlock* trip, masih bisa dipikul oleh satu Trafo SST yang masih normal operasi. Sehingga dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa pemasangan sistem *interlock* trip pada instalasi CNG Muara Tawar sangat diperlukan karena untuk menjaga kehandalan sistem tenaga listrikan Steam Turbin 1.4 PT PJB UP Muara Tawar dalam penyaluran tenaga listrik interkoneksi Jawa-Bali sebesar 950 MW pada saat terjadi gangguan *internal* di salah satu Trafo SST.

#### 5.5. Perbandingan Operasional Sebelum dan Sesudah Penambahan Sistem *interlock* trip

##### 1. Operasional Sebelum Penambahan Sistem *Interlock* Trip

Pemutus tenaga *Incomer Breaker* 19BBA dan 19BBB berfungsi untuk menghubungkan suplai tegangan yang berasal dari Trafo SST 1.2 dan SST 1.3 menuju busbar 19BBA dan 19BBB termasuk beban yang terdapat pada CNG. Sebelum terjadi penambahan beban CNG, satu Trafo SST mampu memikul seluruh beban yang terdapat pada busbar 19BBA dan 19BBB. Pada pemutus tenaga *Incomer Breaker* 19BBA dan 19BBB terdapat sistem *interlock* yang bekerja otomatis dengan cara menghubungkan busbar 19BBA dan 19BBB melalui *bus coupler* untuk menghindari hilangnya suplai tegangan akibat salah satu Trafo SST mengalami gangguan. Sehingga seluruh beban yang terdapat pada busbar 19BBA dan 19BBB dipikul oleh satu Trafo SST yang masih normal operasi. Setelah penambahan kapasitas beban CNG dan sebelum dilaksanakan pemasangan sistem *interlock* trip maka beban Trafo SST menjadi bertambah seperti yang terlihat dalam Tabel 4.1 yaitu sebesar 14.246 MW atau 1633.71 Amper, sehingga akan melewati batas seting relai yang telah ditentukan oleh PT PJB UP Muara Tawar sebesar 1250 Amper. Maka dari hasil perhitungan yang telah diperoleh apabila pada saat terjadi gangguan di salah satu Trafo SST dalam waktu 26.3 detik, *Incomer Breaker* akan trip sehingga busbar 19BBA dan 19BBB akan kehilangan tegangan dan mengakibatkan terjadinya trip unit pembangkitan tenaga listrik Muara Tawar sebesar 950 MW interkoneksi Jawa-Bali lepas.

##### 2. Operasional Setelah Penambahan Sistem *Interlock* Trip

Setelah penambahan sistem *interlock* trip maka apabila terjadi gangguan disalah satu Trafo SST, sistem *interlock* trip akan bekerja bersamaan dengan bekerjanya sistem *interlock* yang terdapat pada *bus coupler* 19BBB00 dengan cara melepaskan seluruh beban CNG,

sehingga pada saat salah satu Trafo SST mengalami gangguan maka total beban pada busbar 19BBA dan 19BBB berkurang sesuai dengan kapasitas CNG. Dengan demikian besar kapasitas yang terdapat pada busbar 19BBA dan 19BBB seperti yang terlihat dalam Tabel 4.2 yaitu sebesar 7 MW atau 802.75 Amper. Dari hasil perhitungan data parameter seting relai *Incomer Breaker*, maka besar arus yang melewati tidak melebihi dari batas seting relai *incomer breaker* yang telah ditentukan oleh PT PJB UP Muara Tawar sebesar 1250 Amper.

## 6. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melaksanakan studi penambahan sistem *interlock* trip pada Busbar untuk peralatan penunjang PLTGU 950 MW MUARA TAWAR adalah :

1. *Station Service Transformer*( SST ) berfungsi sebagai penurun tegangan 16 kV dari generator Gas Turbin PT PJB UP Muara Tawar menjadi 6,3 kV untuk mensuplai tenaga listrik pada peralatan Pembangkit Tenaga Listrik (*Power Plant*) tegangan menengah di PT PJB UP Muara Tawar menuju busbar 19BBA dan 19BBB.
2. Besar arus yang diijinkan untuk Trafo SST oleh PT PJB UP Muara Tawar adalah sebesar 1250 Amper yang dapat diperoleh dari hasil perhitungan parameter seting relai MCGG82 *incomer breaker* 19BBA dan 19BBB.
3. Dari hasil perhitungan, dalam penambahan beban CNG jika tidak dilakukan pemasangan sistem *interlock* trip maka apabila terjadi gangguan pada salah satu Trafo SST maka arus yang dipikul oleh Trafo SST adalah sebesar 1633.71 Amper sehingga akan melebihi batas seting relai, maka dalam waktu 26.3 Detik Pembangkit PT PJB UP Muara Tawar akan mengalami Trip unit pembangkit sebesar 950 MW.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar,A. dan Kuwahara,S. Teknik Tenaga Listrik Jilid III. Jakarta. 2004.
2. Blackburn,J.Lewis. Protective Relaying Principles and Applications. Marcel Dekker INC.New York.
3. Marsudi,Djiteng. Pembangkitan Energi Listrik. Erlangga. Jakarta.
4. MTW, CCPP. Instruction Manual Power Distribution Centre Switchgear Power Transmission And Auxiliary Power Supply KKS B Vol 7. ABB Marubeni. Switzerland.
5. MUARA TAWAR, CNG STORAGE. PP CONSTRUCTION & INVESTMENT PT PP (Persero) Tbk, Bekasi 2014.
6. Panjaitan,Susi Irmalawati. Mujahidin,M. Pramana,Rozeff. Jurnal Tugas Akhir STUDI PENGARUH BEBAN LEBIH TERHADAP KINERJA RELAI ARUS LEBIH PADA TRANSFORMATOR DAYA.
7. Pemeliharaan Proteksi Pembangkit. PT PLN Udiklat Semarang. 2009.
8. Priowirjanto,Gatot. Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Jakarta. 2003.
9. Tobing,Bonggas L. Peralatan Tegangan Tinggi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 2003.
10. Zuhail. Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan elektronika. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.