

KENDALI KINERJA DUA GENERATOR BERBASIS PLC

Sekti Widodo¹, Ir. Gatut Budiono .MT²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolwaru 45 Surabaya 60118

E-mail:sekti8888@gmail.com

ABSTRAK

Panel MSB pada kapal merupakan panel listrik utama penghubung antara sumber tegangan (generator) dengan beban. Panel MSB dilengkapi dengan beberapa sistem yang berfungsi untuk memudahkan operasional dan mengamankan kinerja generator dari gangguan kelistrikan. Beberapa sistem yang terdapat pada panel MSB antara lain sistem interlock, sistem paralel, sistem proteksi, sistem Black Out Recovery dan sistem Load Shedding. Sistem – sistem tersebut mengacu pada standar regulasi Class Society yang digunakan. Sistem – sistem pada MSB umumnya dikontrol dan dikendalikan oleh relay – relay dan kontaktor konvensional sehingga jika terdapat banyak sistem yang terinstal pada MSB cukup memakan tempat dan membuat dimensi dari panel MSB sendiri menjadi semakin besar. Penggunaan PLC dalam dunia perkapalan masih jarang digunakan karena dalam dunia perkapalan diatur oleh standar regulasi yang ketat serta harus memiliki sertifikat uji kelayakan dari Class Society. Semua sistem dalam panel MSB diuji dan disaksikan oleh Class Society dan Owner Surveyor guna mengetahui kelayakan dari panel MSB.

Kata Kunci: Kendali Generator, Main Switch Board, PLC

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia perkapalan, istilah MSB (*Main Switch Board*) sudah tidak asing lagi. MSB adalah suatu susunan peralatan listrik / komponen listrik yang disusun sedemikian rupa didalam suatu papan (*board*) sehingga saling berhubungan dan membentuk fungsi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Panel MSB pada kapal memiliki fungsi sebagai penghubung antara sumber tegangan (generator) dengan beban. Panel MSB mempunyai peranan yang sangat penting karena panel MSB merupakan panel penghubung sumber tegangan utama pada kapal kemudian didistribusikan ke panel lain sehingga beban peralatan listrik pada kapal dapat berfungsi dengan baik. Dalam panel MSB terdapat beberapa sistem yang berfungsi untuk mengelola dan mengatur generator dalam mensuplai kebutuhan beban pada sebuah kapal.

Kebutuhan sistem dalam panel MSB sendiri disesuaikan dengan *Load Ballance Calculation* dengan mengacu pada standar regulasi dari *Class Society* dimana sistem – sistem tersebut meliputi sistem proteksi, sistem operasional, sistem monitoring dan lain sebagainya. Dalam proses pengujian panel MSB dilakukan dalam dua tahap, yang pertama pengujian di area *Workshop* dan yang kedua pengujian *On – Board / Commissioning*. Proses pengujian panel MSB disaksikan oleh *Class Society* dan *Owner Surveyor* guna mengetahui kelayakan panel MSB tersebut untuk dipasang dan diinstal pada sebuah kapal. Selanjutnya panel MSB

akan dihubungkan ke sumber tegangan (generator) pada kapal lalu dilakukan pengujian tahap dua yaitu pengujian *On – Board*. Proses pengujian *On – Board* sama halnya dengan pengujian di *Workshop*, bedanya hanya saat pengujian di *Workshop* panel MSB menggunakan sumber tegangan dari PLN untuk simulasi namun saat pengujian *On – Board* panel MSB menggunakan sumber tegangan dari dua generator atau lebih sebagai kontrol paralel. Dalam pengujian *On – Board* panel MSB diuji dengan beban aktual menggunakan beban yang terinstal pada kapal.

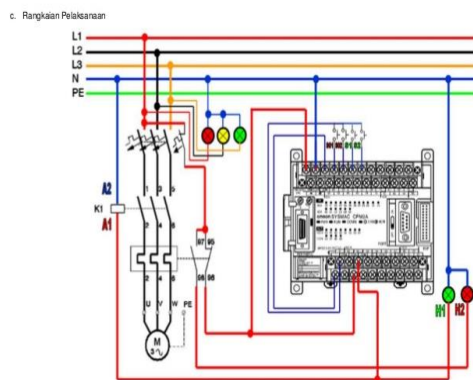
Pengujian – pengujian pada panel MSB dilakukan untuk mengetahui keandalan dari panel MSB karena fungsi MSB pada kapal sangat vital. Pengujian – pengujian tersebut dilakukan sesuai dengan standar – standar internasional guna memudahkan operator dalam pengoperasian serta menjaga kestabilan suplay kebutuhan listrik pada kapal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PLC (*Programable Logic Control*)

PLC (*Programable Logic Control*) adalah suatu perangkat elektronik digital dilengkapi dengan memori yang dapat diprogram berfungsi untuk menyimpan instruksi – instruksi yang dapat menjalankan fungsi *logic*, *timing*, *sequence* dan *counting* untuk mengendalikan suatu sistem.

PLC adalah sistem elektronik yang beroperasi secara *digital* dan dirancang untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi – instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog (Capiel, 1982).



Gambar 2.1 Kontrol PLC

Fungsi PLC secara umum antara lain :

1. Kontrol sekuensial
PLC mampu mengolah sinyal input biner (0-1) menjadi program output yang berurutan sesuai dengan program yang dimasukkan pada PLC. PLC mampu mengolah program secara berurutan agar semua langkah – langkah tidak ada yang terlewat, sehingga kendali terhadap sebuah mesin dapat berjalan sesuai dengan keinginan.
2. *Monitoring Plant*

Artinya PLC mampu memonitor suatu sistem (sensor atau program) untuk diolah dan ditampilkan ke dalam perangkat lain seperti HMI atau *monitoring system* lainnya. Fungsi monitoring pada PLC ini sangat membantu operator dalam menjalankan sebuah mesin karena PLC mampu mengambil dan mengolah data secara *Real Time*, sehingga operator tidak perlu melakukan pemantauan secara manual.

2.2 *Power Supply*

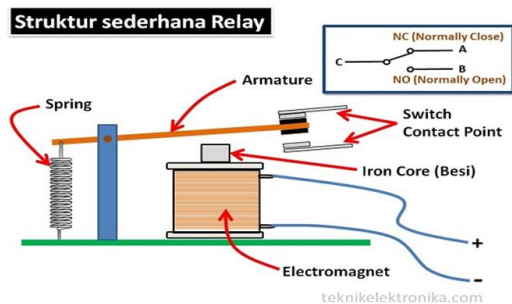
Power Supply atau biasa disebut catu daya adalah suatu perangkat listrik yang mengubah tegangan AC menjadi DC. Beberapa peralatan listrik umumnya membutuhkan tegangan DC untuk beroperasi seperti komputer atau laptop, televisi, telepon genggam dan lain sebagainya. Dalam dunia industri *Power Supply* digunakan untuk mensuplay beban – beban yang membutuhkan sumber tegangan DC. Menurut fungsinya, *Power Supply* terbagi menjadi tiga jenis antara lain :

- 1 *Regulated Power Supply*
Regulated Power Supply adalah jenis *Power Supply* yang mampu menjaga kestabilan arus dan tegangan keluarannya. *Power Supply* jenis ini mampu mempertahankan arus dan tegangan keluarannya tetap stabil meskipun tegangan masukannya berubah – ubah.
- 2 *Unregulated Power Supply*
Unregulated Power Supply adalah jenis *Power Supply* yang mampu merubah arus dan tegangan keluarannya berdasarkan perubahan beban atau arus dan tegangan masukannya. *Power Supply* jenis ini mampu menyesuaikan arus dan tegangan keluarannya terhadap perubahan beban dan perubahan tegangan sumbernya.
- 3 *Adjustable Power Supply*
Adjustable Power Supply adalah jenis *Power Supply* yang dapat diatur arus dan tegangan keluarannya. *Power Supply* jenis ini dapat diatur keluarannya menyesuaikan dengan kebutuhan beban yang disuplay.

2.3 Relay

Relay adalah saklar elektronik yang prinsip kerjanya menggunakan prinsip medan magnet induksi. Saat kumparan pada relay diberi tegangan,

akan timbul medan magnet yang menarik *armature* atau *common* relay sehingga merubah kondisi kontak bantu pada relay yang semula *Normally Open (NO)* berubah menjadi *Normally Close (NC)* begitupun sebaliknya yang semula *Normally Close (NC)* berubah menjadi *Normally Open (NO)*.



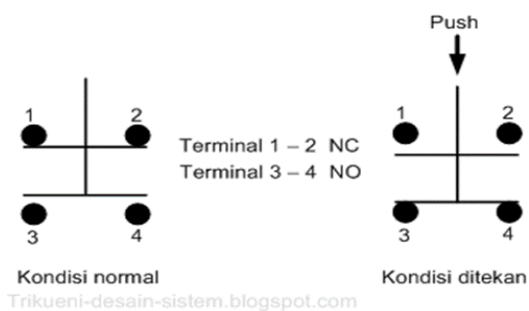
Gambar 2.2 Struktur Relay

Dalam dunia industri, relay digunakan untuk mengendalikan suatu sistem yang membutuhkan fungsi *switching*. Beberapa fungsi relay yang digunakan di dunia industri antara lain :

1. Sebagai kendali rangkaian logika.
2. Sebagai penunda jeda waktu.
3. Sebagai pengaman peralatan listrik.

2.4 Push Button

Push Button adalah sebuah saklar sederhana yang berfungsi untuk menyambung atau memutuskan tegangan pada sebuah sirkuit. Prinsip kerja *Push Button* sama seperti saklar lainnya sebagai penghubung atau pemutus tegangan listrik bedanya *Push Button* memiliki fungsi pegas (*spring*) sehingga akan kembali normal saat tidak ditekan.



Gambar 2.3 Push Button

Push Button berfungsi sebagai penghubung antara operator dengan sistem kendali. *Push Button* memberikan perintah 0-1 selanjutnya sistem akan mengolah perintah tersebut menjadi keluaran yang telah diprogram.

2.5 Sistem Interlock

Sistem interlock adalah sistem pengaman yang berfungsi untuk mengamankan kinerja dua perangkat atau lebih agar tidak dapat bekerja bersamaan. Sistem *interlock* berfungsi untuk mengamankan sumber tegangan dari *crash power* saat dua atau lebih sumber tegangan bekerja bersamaan tanpa melalui proses paralel. Sistem

interlock pada MSB berfungsi untuk mengamankan generator agar tidak dapat berkerja bersamaan tanpa melalui proses paralel. Sistem *interlock* sendiri mempunyai peranan sebagai sistem pengaman yang mencegah operator melakukan kesalahan operasional sehingga terjadi *crash power*. Saat salah satu generator beroperasi, generator yang lainnya tidak dapat di *on* – kan tanpa melalui proses paralel. Sistem ini wajib ada dalam sebuah panel MSB atau panel lain dimana panel MSB memiliki dua sumber atau lebih. Sistem ini memanfaatkan kontak bantu NC dari kontaktor atau relay, dimana jika salah satu sumber tegangan *ON* maka sumber tegangan lain tidak dapat di *ON* – kan .

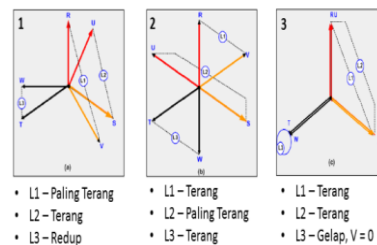
2.6 Sistem Paralel

Sistem paralel atau sinkron adalah sistem yang mengatur kinerja dua generator atau lebih mensuplai bus yang sama. Sistem paralel ini memungkinkan untuk menambah daya suplai sebuah bus dalam mencukupi kebutuhan beban. Sistem paralel memiliki beberapa persyaratan yang harus terpenuhi antara lain :

1. Memiliki tegangan kerja sama, artinya generator yang akan diparalel harus memiliki nilai tegangan nominal yang sama.
2. Memiliki frekuensi kerja yang sama, artinya generator yang akan diparalel harus memiliki nilai frekuensi nominal yang sama.
3. Urutan fasa yang terhubung dari generator ke jaringan bus harus sama sama.

Jika syarat – syarat diatas sudah terpenuhi selanjutnya generator bisa diparalel. Proses paralel generator sendiri dapat dilakukan dengan dua metode yaitu dengan menggunakan *synchroscope* atau menggunakan metode lampu gelap terang.

Reference : dunia-listrik.blogspot.com



Gambar 2.4 metode lampu gelap terang

Langkah – langkah dalam memparalel generator :

1. Pastikan syarat – syarat paralel sudah terpenuhi.
2. *Start* generator yang akan diparalel
3. Pastikan tegangan antara bus dan generator yang akan diparalel hampir

- sama, gunakan AVR pada generator untuk mengatur tegangan generator.
4. Pilih generator yang akan diparalel dengan menggunakan *selector switch synchron*.
 5. Perhatikan frekuensi meter dan *synchroscope* atau lampu *synchron* gelap terang, jika selisih frekuensi terlalu jauh atur menggunakan *governor switch* untuk menyamakan.
 6. Perhatikan putaran lampu *synchroscope* atau lampu *synchron* gelap terang, jika berputar cepat searah jarum jam artinya frekuensi generator yang akan diparalel jauh lebih tinggi dari frekuensi bus dan jika lampu *synchroscope* atau lampu *synchron* gelap terang berputar cepat berlawanan arah jarum jam artinya frekuensi generator yang akan diparalel jauh lebih rendah dari frekuensi bus.
 7. Atur frekuensi generator hingga lampu *synchroscope* atau lampu *synchron* gelap terang berputar lambat searah jarum jam untuk menghindari kondisi *reverse power*.
 8. jika lampu *synchoscope* sudah berada pada posisi *synch*. atau lampu *synchron* gelap terang menyala terang 2 lampu dan 1 lampu redup artinya generator yang akan diparalel siap untuk dihubungkan dengan bus.
 9. Hidupkan MCCB generator yang akan diparalel dan generator akan terhubung dengan bus.

2.7 Sistem Proteksi

Sistem proteksi atau sistem pengaman adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengamankan suatu jaringan atau sirkuit dari gangguan kelistrikan akibat tegangan yang tidak stabil, arus lebih dan lain sebagainya. Setiap jaringan atau sirkuit harus diberi proteksi agar tidak merusak komponen – komponen yang terinstal. Beberapa sistem proteksi yang wajib terinstal dalam panel MSB antara lain proteksi *Under Voltage*, proteksi *Over Voltage*, proteksi *Over Current* dan proteksi *Short Circuit*. Sistem proteksi pada panel MSB berfungsi untuk mengamankan generator dan beban akibat gangguan kelistrikan. Syarat – syarat yang harus dimiliki oleh relay proteksi antara lain :

1. Keandalan, artinya relay proteksi tidak boleh bekerja (aktif) saat kondisi normal dan baru boleh bekerja (aktif) saat terjadi gangguan.
2. Selektivitas, artinya relay proteksi harus memiliki tegangan pembacaan yang berbeda dengan sumber tegangannya sendiri agar mampu mendeteksi gangguan lebih tepat.

3. Sensivitas, artinya relay proteksi harus peka terhadap pembacaan besaran listrik.
4. Kecepatan kerja, artinya relay proteksi harus mampu bekerja dengan cepat agar gangguan yang terjadi dapat segera teratasi.

Macam – macam alat proteksi yang terdapat pada MSB antara lain :

1. MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)
2. Sekering (*fuse*)
3. OCR (*Over Current Relay*)
4. UVR (*Under Voltage Relay*)
5. UFR (*Under Frequency Relay*)
6. RPR (*Reverse Power Relay*)
7. *Insulation Monitoring*

2.8 Sistem Load Shedding

Load Shedding adalah suatu proses pelepasan beban – beban yang tidak begitu penting (*Non Essential Load*) untuk menjaga generator agar tidak sampai *trip* karena kelebihan beban (*Over Current*). Dalam suatu kapal, beban – beban yang termasuk dalam sistem *Load Shedding* antara lain seperti beban *Laundry*, dapur (*Galley*), AHU, *Blower*, dan lain sebagainya. Beban – beban tersebut dipilih karena fungsinya yang tidak terlalu vital dan tidak terlalu berpengaruh dalam operasional kapal. Aktifasi sistem *Load Shedding* pada kapal dideteksi dari tiga parameter antara lain :

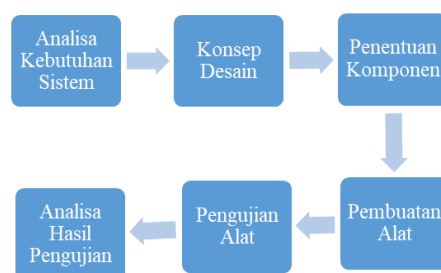
1. *Load 100%* (kW)
2. *Current 100%* (A)
3. *Frequency 2%* (Hz)

Menurut regulasi dari *Class Society*, aktifasi sistem *Load Shedding* harus mampu mematikan beban secara otomatis dengan jeda waktu 10 detik terhitung saat salah satu dari parameter diatas tercapai. Saat sistem *Load Shedding* aktif, parameter generator akan kembali normal karena beberapa beban sudah dimatikan.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian

Berikut ini adalah diagram untuk menjelaskan proses alur penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Analisa Kebutuhan Sistem

Panel MSB pada kapal umumnya memiliki 2 atau lebih sumber tegangan (generator) dimana kapasitas sumber tegangan tersebut disesuaikan dengan jumlah beban (load ballance calculation) pada saat kapal berlayar atau berlabuh. Pada sistem MSB saat ini wajib dilengkapi dengan sistem paralel antar generator, sistem proteksi dan Black Out Recovery yang mengacu pada standar regulasi Class Society.

Sistem paralel pada kapal dibagi menjadi 2 operasional, yaitu operasional manual dan otomatis. Operasional manual dioperasikan oleh operator dengan mengatur governor switch untuk mengatur frekuensi generator yang akan diparalel dengan bantuan penunjukan synchroscope dan lampu gelap terang pada MSB. Sedangkan paralel otomatis dikontrol oleh modul PMS (Power Management System) dimana modul PMS akan memerintahkan generator untuk paralel saat beban pada salah satu generator mencapai 80% (Load Dependent Start), dan akan memerintahkan generator untuk unloading saat beban pada salah satu generator mencapai 30% (Load Dependent Stop).

Sedangkan kebutuhan sistem proteksi yang harus terpasang pada panel MSB menurut standar regulasi Class Society antara lain :

1. Over Current

Over Current berfungsi sebagai pengaman sistem MSB terhadap gangguan arus lebih. Proteksi ini bekerja saat beban generator mencapai 110% dari arus nominal.

$$\text{Over Current} = 110\% \times I_n$$

2. Short Circuit

Short Circuit berfungsi sebagai pengaman sistem MSB terhadap gangguan hubung singkat. Standar regulasi dari Class Society menentukan proteksi untuk hubung singkat sebesar 250% dari arus nominal.

$$\text{Short Circuit} = 250\% \times I_n$$

3. Over Voltage

Over Voltage berfungsi sebagai pengaman sistem MSB terhadap gangguan tegangan generator naik melebihi tegangan nominalnya. Menurut standar regulasi dari Class Society, proteksi ini berkerja pada kondisi 110% dari tegangan nominal generator.

$$\text{Over Voltage} = 110\% \times V_n$$

4. Under Voltage

Under Voltage berfungsi sebagai pengaman sistem MSB terhadap gangguan tegangan generator turun dibawah tegangan nominalnya. Menurut

Standar regulasi dari Class Society proteksi *Under Voltage* bekerja pada kondisi 35% hingga 70% dari tegangan nominal generator.

$$\text{Under Voltage} = \frac{V_n - V_{drop}}{V_n} \times 100\%$$

5. Load Shedding

Load Shedding adalah suatu proses pelepasan beban, dimana beban – beban tersebut dimatikan oleh sistem yang bertujuan untuk mencegah generator dibebani melebihi kapasitas. Pada sebuah kapal, pemilihan beban *Load Shedding* disesuaikan dengan fungsi dari beban itu sendiri sehingga tidak mengganggu proses operasional kapal. Menurut regulasi Class Society, *Load Shedding* bekerja pada 3 kondisi yaitu berdasarkan

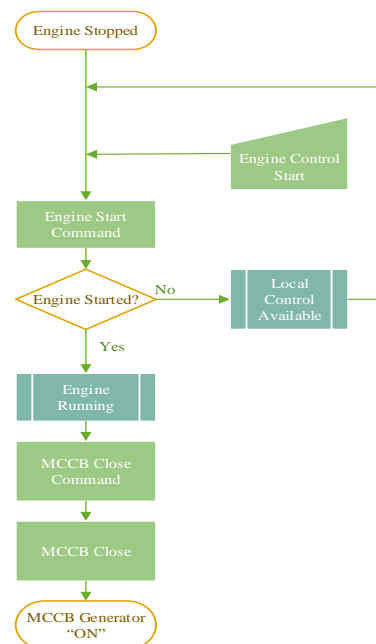
$$\text{Load Shedding} = F_n - (2\% \times F_n)$$

$$\text{Load Shedding} = 100\% \times I_n$$

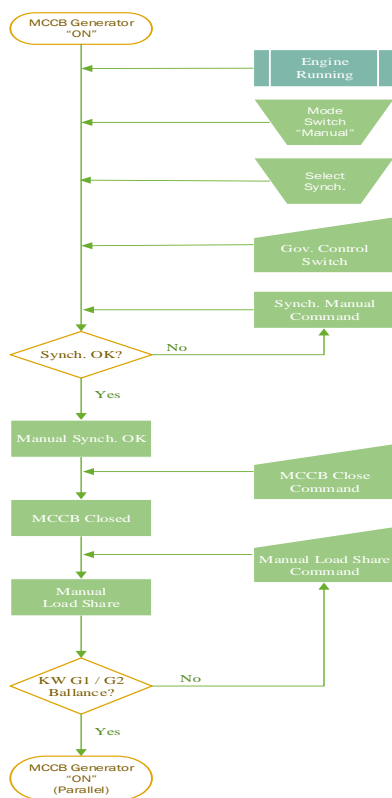
$$\text{Load Shedding} = 100\% \times P_n$$

3.3 Konsep Desain

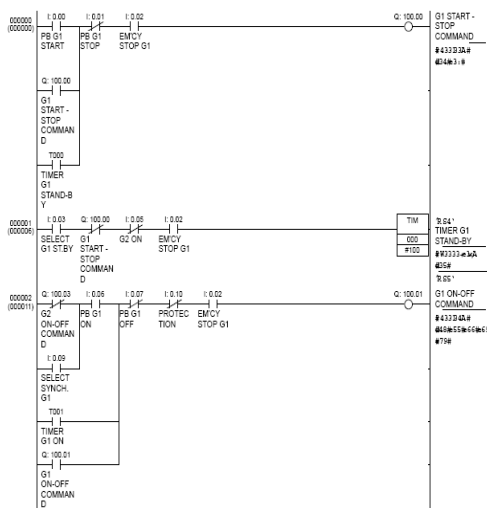
Konsep dari pembuatan alat ini adalah sebagai simulator untuk operasional MSB (Main Switch Board) kapal. Alat ini digunakan untuk mensimulasikan sistem kelistrikan panel MSB pada sebuah kapal, dimana panel MSB ini merupakan panel utama untuk menghubungkan generator ke jaringan distribusi pada kapal. Untuk lebih jelasnya prinsip operasional MSB dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Operasional Start – Stop Generator



Gambar 3.3 Operasional Paralel MSB



Gambar 3.4 Ladder Diagram PLC

3.4 Penentuan Komponen

Komponen – komponen yang diperlukan sebagai penunjang alat simulator ini antara lain :

1. PLC OMRON CP1E-E40SDR-A berfungsi sebagai penunjang kontrol operasional panel MSB.
2. Panel Meter SELEC VAF39A-1 berfungsi sebagai penunjukan pembacaan parameter listrik dengan penunjukan digital (Volt, Ampere, Hz)

3. Voltage Relay SELEC 900VPR-2 berfungsi sebagai modul proteksi terhadap Under Voltage, Over Voltage, Phase Failure, Phase Sequence, Phase Asymetric, Under Frequency dan Over Frequency.
4. MCB 3P 2A berfungsi sebagai penghubung dan pemutus sumber tegangan serta berfungsi untuk proteksi arus lebih dan hubung singkat.
5. Relay FORT MY4-N berfungsi sebagai penunjang kendali sistem MSB.
6. Sekering (Fuse) berfungsi sebagai proteksi sistem dan modul yang digunakan.
7. Lampu Pijar 220V 100w berfungsi sebagai simulasi beban panel MSB.

3.5 Pengujian Alat

Pengujian – pengujian terhadap simulator ini meliputi :

1. Pengujian sistem operasional MSB.
2. Pengujian sistem interlock generator.
3. Pengujian sistem proteksi Load Shedding.
4. Pengujian sistem proteksi Over Current.
5. Pengujian sistem proteksi Short Circuit.
6. Pengujian sistem proteksi Under Voltage.
7. Pengujian sistem proteksi Over Voltage.
8. Pengujian sistem Black Out Recovery.
9. Pengujian sistem paralel generator.

4. HASIL PENGUJIAN

4.1 Pengujian Sistem Operasional

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui fungsi operasional dari sistem yang telah dibuat.

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Manual Start Generator 1	Fungsi OK
2	Manual Stop Generator 1	Fungsi OK
3	Manual Breaker ON Generator 1	Fungsi OK
4	Manual Breaker OFF Generator 1	Fungsi OK
5	Manual Start Generator 2	Fungsi OK
6	Manual Stop Generator 2	Fungsi OK
7	Manual Breaker ON Generator 2	Fungsi OK
8	Manual Breaker OFF Generator 2	Fungsi OK

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Operasional.

4.2 Pengujian Sistem Interlock Generator

Pengujian sistem *interlock* merupakan pengujian terhadap sistem pengunci, dimana sistem ini bekerja untuk mencegah 2 generator terhubung ke dalam bus yang sama tanpa proses paralel.

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Generator 1 >> Generator 2	Fungsi OK
2	Generator 2 >> Generaor 1	Fungsi OK

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem *Interlock* Generator.

4.3 Pengujian Sistem Proteksi Load Shedding

Pengujian sistem proteksi *Load Shedding* dalam simulator ini menggunakan beban simulasi lampu pijar dengan daya sebesar 100 watt. Pengujian ini terbagi atas 5 *section*, dimana masing – masing *section* memiliki 3 buah lampu yang mewakili masing – masing fasa. Dalam simulasi ini parameter untuk mengaktifkan sistem *Load Shedding* adalah dari pembacaan frekuensi, dimana saat sistem ini aktif *section* 4 dan 5 akan padam secara otomatis.

No	Jenis Pengujian	Kondisi Beban					Hasil Pengujian
		S E C T I O N 1	S E C T I O N 2	S E C T I O N 3	S E C T I O N 4	S E C T I O N 5	
1	Kondisi normal	O n	O n	O n	O n	O n	Fungsi OK
2	Load Shedding aktif	O n	O n	O n	T r i p	T r i p	Fungsi OK

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sistem Proteksi *Load Shedding*

4.4 Pengujian Sistem Proteksi Over Current

Pengujian sistem proteksi *Over Current* menggunakan arus simulasi dari *Current Injector*.

No.	Jenis Pengujian	In	I> 110%	Hasil Pengujian
1	Over Current Generator 1	2 A	2,2 A	Fungsi OK
2	Over Current Generator 2	2 A	2,2 A	Fungsi OK

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem Proteksi *Over Current*

4.5 Pengujian Sistem Proteksi Short Circuit

Pengujian sistem proteksi *Short Circuit* menggunakan arus simulasi dari *Current Injector*.

No.	Jenis Pengujian	In	I> 250%	Hasil Pengujian
1	Short Circuit Generator 1	2 A	5 A	Fungsi OK
2	Short Circuit Generator 2	2 A	5 A	Fungsi OK

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sistem Proteksi *Short Circuit*

4.6 Pengujian Sistem Proteksi Under Voltage

Pengujian sistem proteksi *Under Voltage* menggunakan *Voltage Regulator* untuk merubah nilai tegangan agar *Voltage Relay* bekerja.

No.	Jenis Pengujian	Vn	<V	Hasil Pengujian
1	Under Voltage Generator 1	380 V	114V – 266V	Fungsi OK
2	Under Voltage Generator 1	380 V	114V – 266V	Fungsi OK

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sistem Proteksi *Under Voltage*

4.7 Pengujian Sistem Proteksi Over Voltage

Pengujian sistem proteksi *Over Voltage* menggunakan *Voltage Regulator* untuk merubah nilai tegangan agar *Voltage Relay* bekerja.

No	Jenis Pengujian	Vn	V>	Hasil Pengujian
1	Over Voltage Generator 1	380 V	418V	Fungsi OK
2	Over Voltage Generator 1	380 V	418V	Fungsi OK

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Sistem Proteksi *Over Voltage*

4.8 Pengujian Sistem Black Out Recovery

Pengujian sistem *Black Out Recovery* adalah merupakan pengujian dimana sumber tegangan pada MSB terputus sehingga sistem MSB tidak berfungsi. Dalam hal ini PLC akan memerintahkan generator untuk *start* dan mensuplay MSB agar sistem MSB normal kembali.

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Generator 1 Stand – By, Generator 2 Black Out	Fungsi OK
2	Generator 2 Stand – By, Generator 1 Black Out	Fungsi OK

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Sistem *Black Out Recovery*

4.9 Pengujian Sistem Paralel Generator

Pengujian sistem paralel generator merupakan pengujian sistem operasional untuk kendali paralel antara generator 1 ke generator 2 atau sebaliknya. Alat ini hanya sebatas simulator sehingga untuk pengujian paralel hanya menggunakan simulasi 1 sumber tegangan 3 fasa.

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Generator 1 Stand – By, Generator 2 Black Out	Fungsi OK
2	Generator 2 Stand – By, Generator 1 Black Out	Fungsi OK

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Paralel Generator

Shintawaty, L. (2014, Januari). *SISTEM PROTEKSI PADA GENERATOR DI PLTG MUSI 2. Volume 2, No. 1.*

Yuhendri, D. (2018, Oktober). *Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis. Journal Of Electrical, 3.*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Panel *Main Switch Board* (MSB) merupakan panel utama sebagai penghubung sumber tegangan (generator) utama pada kapal dengan beban.
2. Panel MSB dilengkapi dengan sistem – sistem yang cukup lengkap sehingga memudahkan operator dalam operasionalnya.
3. Panel MSB dibuat dengan mengacu pada standar regulasi *Class Society* dengan berdasar pada standar keamanan.

5.2 Saran

1. Sistem operasional panel MSB harus berdasarkan standar operasional yang berlaku guna menjaga sistem tetap berfungsi dengan baik.
2. Sistem proteksi pada panel MSB harus diuji secara berkala untuk mengetahui peralatan proteksi tersebut masih bekerja dengan baik agar saat terjadi gangguan dapat segera terdeteksi.

DAFTAR PUSTAKA

Ardhi, S. (2015, Oktober). *PENGENDALIAN SINKRONISASI GENERATOR DENGAN SUMBER. Vol. 7; No. 1, 36-42.*

Karo, T. Windarta, J. Facta, M. (2018). *ANALISIS PELEPASAN BEBAN (LOAD SHEDDING) MENGGUNAKAN UNDER FREQUENCY RELAY PADA PEMBANGKITAN TANJUNG JATI B JEPARA.*