

ANALISIS IMPLEMENTASI BIRO KLASIFIKASI INDONESIA (BKI) PADA PENGUJIAN PANEL MAIN SWITCH BOARD KAPAL PERINTIS 2000 GT

Oleh:

Jarot Dwicahyo Nugroho¹, Edy Prasetyo Hidayat¹, Afif Zuhri Arfianto²

¹Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: afifzuhri@ieee.org

ABSTRAK

Dalam dunia perkapalan, kelistrikan merupakan sesuatu yang sangat penting. Baik untuk penerangan (lighting), power, dan keperluan lainnya yang menggunakan energi listrik. Beban daya sistem kelistrikan yang terpasang pada kapal biasanya disuplay oleh dua atau lebih generator. Selain itu juga dapat disuplai dari emergency generator atau dari battery (aki). Daya listrik keluaran dari generator ini akan dipusatkan menuju ke satu panel Main Switch Board (MSB). Sehubungan dengan hal tersebut, fungsi panel Main Switch Board memiliki peran yang sangat vital. Untuk menunjang keselamatan dan keamanan dalam pengoperasian Main Switch Board, tentunya harus dilakukan pengujian mulai dari high voltage, function test, sampai pada safety device yang sesuai dengan standart yang berlaku. Adapun standart yang digunakan adalah standart dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) salah satunya. Dari hasil analisa penulisan Tugas Akhir ini didapat hasil pengujian panel Main Switch Board pada kapal Perintis 2000 GT secara keseluruhan 100% memenuhi standart dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan dinyatakan layak untuk dioperasikan.

Kata kunci : Main Switch Board, Safety Device, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), Kapal Perintis 2000 GT, Listrik

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia perkapalan, kelistrikan merupakan sesuatu yang sangat penting. Baik untuk penerangan (lighting), power, dan keperluan lainnya yang menggunakan energi listrik. Beban daya sistem kelistrikan yang terpasang pada kapal biasanya disuplay oleh dua atau lebih generator. Selain itu juga dapat disuplay dari emergency generator atau dari battery (aki). Daya listrik keluaran dari generator ini akan dipusatkan menuju ke satu

panel Main Switch Board (MSB). Main Switch board sendiri biasanya dipasang di ruang kontrol, dimana arus listrik dari setiap generator di kontrol dan di

distribu sikan ke seluruh bagian kapal melalui papan – papan distribusi. Oleh karena itu, fungsi Main Switch Board merupakan yang sangat vital. Untuk meningkatkan keamanan dalam pengoperasian, tentunya Main Switch Board (MSB) harus memenuhi kelengkapan komponen – komponen safety device dan dilakukan pengujian terlebih

dahulu. Kelengkapan komponen safety device dan pengujian harus sesuai dengan persyaratan peraturan yang ada, Biro Klasifikasi Indonesia salah satunya.

Main Switch Board yang terpasang pada kapal perintis 2000 GT telah memenuhi syarat kelayakan dan ketentuan dari Biro Klasifikasi Indonesia. Salah satu syarat penting yang dilakukan untuk mendapatkan uji kelayakan dari Biro Klasifikasi Indonesia, maka Main Switch Board harus memenuhi tahapan pengujian mulai dari pengetesan high voltage, function test, sampai safety device untuk menunjang keamanan kelistrikan yang ada di kapal. Dari latar belakang tersebut penulis membuat tugas akhir dengan judul ANALISIS IMPLEMENTASI BIRO KLASIFIKASI INDONESIA (BKI) PADA PENGUJIAN PANEL MAIN SWITCH BOARD KAPAL PERINTIS 2000 GT.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah untuk mempelajari peranan Main Switch Board pada Kapal perintis 2000 GT, mengetahui tahapan yang harus dilakukan sebelum dilakukan pengujian panel Main Switch Board, memberikan informasi tahapan – tahapan pengujian panel Main Switch Board.

Berdasarkan tujuan penelitian ini memiliki beberapa manfaat, bagi penulis yaitu dapat menambah wawasan tentang Main Switch Board dan

cara pengujian panel Main Switch Board. Bagi perusahaan dapat dijadikan acuan atau pedoman dalam pengujian panel Main Switch Board. Dan bagi instansi terkait dapat dijadikan refrensi bacaan mengenai pengujian panel Main Switch Board.

Dalam sebuah penelitian hendaknya

memiliki sebuah batasan penelitian. Agar permasalahan tidak meluas, maka pokok pembahasan dalam tulisan ini dibatasi pada tahapan pengujian panel Main Switch Board, sistem kerja dari panel Main Switch Board dan fungsi tiap komponen proteksi yang terpasang pada panel Main Switch Board.

1.3 Kajian Pustaka

1.3.1 Main Switch Board

Main Switch Board adalah rangkaian yang di susun sedemikian rupa di dalam suatu papan hubung (panel control). Sehingga saling berkaitan dan membentuk fungsi sesuai dengan kebutuhan yang di inginkan untuk distribusi listrik di kapal. Main Switch Board terhubung dengan pembangkit listrik di kapal (Generator) dan beban-beban listrik lainnya.

Safety Device Main Switch Board sangat penting untuk mengisolasi atau mengamankan semua jenis kesalahan dalam sistem listrik di kapal. Fungsi lainnya adalah memproteksi sistem rangkaian yang ada di dalam Main Switch Board, apabila Safety Device ini tidak berfungsi dan terjadi short circuit atau hubung singkat dalam suatu sistem dapat menyebabkan pemadaman seluruh kapal. Gambar 1 merupakan gambar main switch board.



Gambar 1. Main Switch Board

Sumber: Dokumentasi pribadi di PT. Teknik Tadakara Sumberkarya

Main Switch Board dilengkapi peralatan antara lain :

- a. Volt-meter, Ampere-meter, KW-meter, rekweni-meter.
- b. Indikator lampu, antara lain : warna merah (alarm), warna kuning (peringatan), warna hijau (normal) dan warna putih (netral).
- c. Switch pemilih.
- d. Main Circuit Braker, berfungsi sebagai pengaman bila terjadi gangguan.
- e. Phase Squence Indicator, digunakan untuk parallel Generator dan melihat Phase Shore Connection.
- f. Load Sharing, peralatan yang dipakai untuk menjaga agar parallel Generator tetap balance pada operasi beban kapal.
- g. Pengaman Elektronik, aktif bila terjadi gangguan, antara lain : Short Circuit, Over Current, Under Voltage dan Reverse Power.

Adapun besarnya variasi tegangan dan frekwensi pada Main Switch Board seperti ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. variasi tegangan dan frekuensi pada Main Switch Board

<i>Tegangan 380/440 V AC, 50/60 Hz</i>		
<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Time Delay</i>
Over Current	10 - 50 %	Maximum 2 menit
Under Voltage	70 - 35% (dari batas tegangan)	-
Reverse Power	4-10% (dari batas output tegangan)	2-5 detik
Short Circuit	Di atas 50% (dari batas arus)	500 mili detik

Tabel 1 merupakan standart dari Biro Klasifikasi Indonesia pada *volume 4 section 4 Installation Protection and Power Distribution* pada sub bab *Three Phase Main Generators Protection Equipment*. Suplai daya listrik yang berasal dari 3 generator

disalurkan ke Main Switch Board melalui satu kabel listrik yang sesuai, selanjutnya dari Main Switch Board tersebut juga dihubungkan ke masing – masing field atau sistem. Adapun pada panel Main Switch Board kapal Perintis 2000 GT terdapat 7 field yaitu :

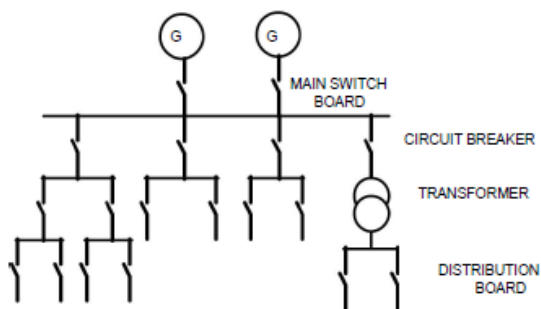
- Field 1 terdiri atas : - Feeder Panel No.1
AC 220V/380V
- Field 2 terdiri atas : - Generator 1
- Field 3 terdiri atas : - Generator 2
- Field 4 terdiri atas : - Synchronizing
- Insulation Monitoring
- Shore Connection
- Field 5 terdiri atas : - Generator 3
- Field 6 terdiri atas : - Harbour Generator
- Field 7 terdiri atas : - Feeder Panel No.2
AC 380V/220V

1.3.2 Kapasitas Panel Main Switch Board

Besar kapasitas daya panel main Switch Board yang terpasang pada kapal perintis 2000 GT adalah sebesar 280, 33 kW. Besar daya tersebut bisa hitung dari jumlah beban yang terpasang yang display oleh panel Main Switch board (beban daya generator utama). Dan besar daya panel Main Switch Board kapal Perintis 2000 GT adalah sebesar 280,33 kw.

1.3.3 Skema Distribusi

Energi listrik tersebut disalurkan melalui Main Switch Board (MSB), kemudian di distribusikan melalui kabel – kabel ke panel distribusi dan sub panel distribusi, dan kemudian ke beban – beban listrik lainnya. Gambar 2 merupakan gambar diagram dasar layout sistem distribusi listrik di kapal.



Gambar 2 Diagram dasar sistem distribusi listrik di kapal

Sumber. Hidayat, Edi Prasetyo, 2002, Modul Ajar

Sistem tersebut adalah biasa disebut juga **“Distribusi Sistem Radial atau Sistem Branching”**. Sistem distribusi ini mempunyai suatu bentuk yang sederhana dan logis. Setiap item dari beban adalah di suplai pada reted tegangan melalui kabel yang sesuai dan di proteksi/di amankan dengan peralatan proteksi yang sesuai. Oleh karena itu distribusi sistem radial ini adalah yang paling sesuai di digunakan di kapal.

1.3.4 Komponen yang Terpasang

Komponen yang terpasang pada panel Main Switch Board harus memenuhi ketentuan dan standard yang berlaku. Terutama terhadap pengaruh kondisi dan pemilihan bahan serta isolasi yang tepat.

- Pemutus daya atau circuit breaker harus memiliki sertifikat uji jenis dan pemilihannya di sesuaikan kebutuhan.
- Peralatan pengaman (protective device) harus mempunyai ketentuan berikut:
 - Relay arus lebih (over current relay) untuk generator harus bekerja dengan delay maksimum 2 menit pada arus lebih 110% - 150%.
 - Trip tegangan rendah (under voltage trip) bekerja pada jatuh tegangan (voltage drop) 70% - 35% nilai nominal (untuk generator dengan delay waktu 500 mdet).

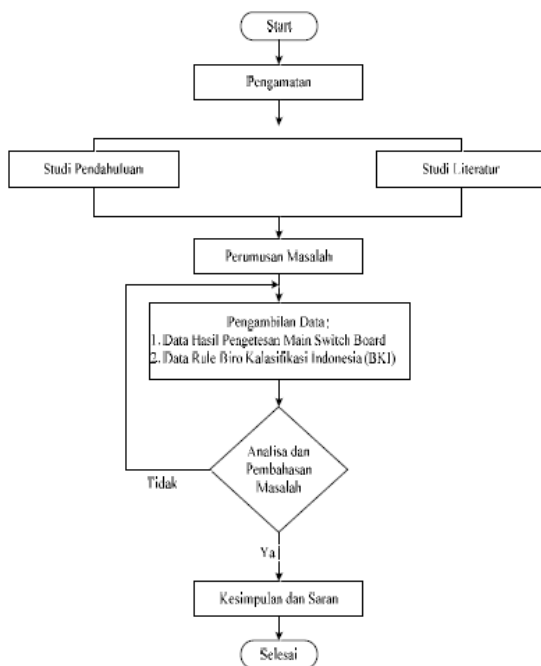
- Relay daya (reverse power relay) untuk generator kerja paralel dengan kapasitas 50 KVA keatas, relay harus bekerja dengan delay waktu antara 2-5 detik, dengan setting 1-3% nilai nominal untuk turbo generator 4-10% nilai nominal untuk diesel generator. Pada jatuh tegangan (under voltage) 60% relay tidak boleh bekerja.
- Proteksi arus hubung singkat (Short Circuit Protection) harus bekerja dengan delay waktu pendek (short time delay), sampai dengan 200 mil-detik untuk arus searah (DC). Dan sampai dengan 500 mil-detik untuk arus bolak balik (AC).
- Phase failur protection harus bekerja tanpa delay waktu bila terjadi gangguan satu fasa pada rangkaian tiga fasa.
- Check Synchronizer, untuk pengaman alternator terhadap sudut fasa yang tidak di perbolehkan pada saat hubungan paralel, harus bekerja hanya pada sudut devisisasi 45° (listrik) dab beda frekwensi sampai dengan 1Hz.
- Insulation monitoring berfungsi untuk mendeteksi terjadinya gangguan tahanan isolasi pada masing-masing penghantar R,S,T. Jika terjadai gangguan tahanan isolasi maka insulation monitoring akan memberikan indikasi Fault dan juga menunjukkan berapa nilai kebocoran tahanan isolasi tersebut. Jika nilai kebocoran sudah melewati batas minimal yang di ijinakan maka indikasi Buzzer dan lampu Insulation Fault menyala. Untuk mengetahui phase yang mengalami gangguan tahanan isolasi, maka dapat dilakukan pengecekan melalui push button Earth Lamp Test. Apabila tidak ada gangguan tahanan isolasi, jika push button Earth Lamp Test di tekan maka lampu indikasi Earth Lamp Test di tekan maka lampu indikasi Earth Lamp R,S,T tetap dalam kondisi menyala. Apabila terjadi gangguan tahanan isolasi (misal phase R) jika push button Earth Lamp Test di tekan maka lampu Earth Lamp R akan padam.

PEMBAHASAN

2.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian adalah langkah – langkah yang digunakan untuk melakukan sebuah penelitian. Dalam pembuatan atau penyusunan sebuah penelitian

tugas akhir diperlukan adanya suatu penulisan yang sistematis dengan tujuan memudahkan penulis agar memperoleh hasil maksimal dan dapat dikerjakan tepat waktu. Dalam menyelesaikan penelitian yang berjudul “ Implementasi Metode Pengujian Panel Main Switch Board Pada Kapal Perintis 2000 GT Di PT. Teknik Tadakara Sumberkarya” ada berbagai tahapan. Tahapan ini dapat dilihat dari diagram alir pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Diagram alir tugas akhir

2.2 Spesifikasi Kapal

Pada sub bab ini akan dijelaskan lebih detail mengenai spesifikasi kapal. Obejk kapal yang akan dianalisa adalah Kapal Perintis 2000 GT. Adapun untuk spesifikasi kapal diuraikan sebagai berikut :

Ukuran utama kapal :

- Panjang keseluruhan (LOA) = 80,22 m
- Panjang A.G.T (LPP) = 72,00 m
- Lebar (B) = 15,20 m
- Tinggi (H) = 5,10 m
- Sarat (T) = 3,60 m
- Sarat Konstruksi (Tk) = 3,70 m
- Kecepatan Dinas (Vs) = 15 knot
- Kecepatan Percobaan = 17 knot

2.3 Techincal Data Main Switch Board

Technical data Main Switch Board merupakan penjelasan tentang project Main Switch Board yang akan dianalisis. Berisi tentang nama project, serial number, drawing number, approval number, hull number, classification dan panel type seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 2. Technical data main switch board

Project	Kapal Perintis 2000 GT
Serial Nr.	2016.09.TTS.456
Drawing Nr.	2016.3592-01
Approval Nr.	1605040117; Tanggal 08 Agustus 2016
Hull Nr.	072
Classification	Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)
Panel Type	Main Switch Board

2.4 Pengujian Main Switch Board

Sertifikasi Main Switch Board adalah pengujian yang dilakukan di pabrik pembuat sebelum Main Switch Board dibawa ke kapal untuk dipasang. Pada sertifikasi Main Switch Board dilakukan bermacam – macam pengujian dan hasil pengujian di catat. Berikut ini adalah penjelasan tahapan pengujian panel Main Switch Board berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

2.4.1 Visual Inspection (Pemeriksaan secara visual)

Visual Inspection adalah pengecekan dengan mencocokkan gambar Kerja dengan objek yang akan diuji. Adapun pemeriksaan yang dilakukan antara lain :

1. *Component Fixing* (Kelengkapan Komponen)
2. *Component Indication* (Indikator Komponen)
3. *Cable Instalation* (Pemasangan Kabel)
4. *Main Busbar Cover* (Pelindung Busbar Utama)

Pemeriksaan item – item tersebut berdasarkan rule Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *Volume 4 section 5 Low Voltage Switchgear Assemblies page 5-13* pada sub bab *Testing of Switchboards and Switchgear, Visual Inspection* (pemeriksaan secara visual), BKI tahun 2016.

2.4.2 Megger Test (Pengujian Tahapan Isolasi)

Megger Test digunakan untuk mengukur tahanan isolasi pada penghantar atau busbar. Pengujian tahanan isolasi dilakukan dua kali yaitu *megger test before high voltage test* (Pengujian tahanan isolasi sebelum diberi tegangan tinggi) dan *megger test after high voltage test* (Pengujian tahanan isolasi setelah diberi tegangan tinggi). Pengujian tahanan isolasi tersebut dilakukan pada busbar diantara 2 titik, contohnya penghantar phase dengan phase lainnya, phase dengan penghantar netral dan phase dengan *ground* atau *body panel* (Lihat gambar 4.1). Sedangkan alat yang digunakan adalah *megger* (Lihat gambar 4.2). Spesifikasi yang digunakan adalah 1.000V – 1.000 Ohm. Sedangkan nilai minimal yang harus

dipenuhi adalah sebesar 1 M Ω untuk tiap 1 V. Jika belum memenuhi harus dicari penyebabnya.

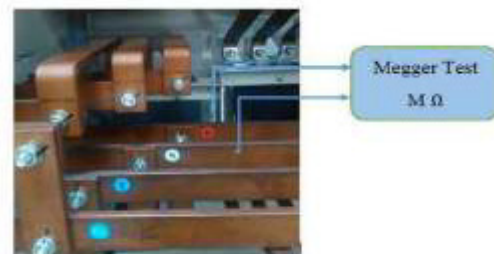
Tahapan Pengujian Megger Test

1. Periksa kondisi busbar yang akan diuji.
2. Periksa atau lakukan kalibrasi pada alat ukur yang digunakan (*Megger Test*).
3. Lakukan pengujian pada titik busbar generator.
4. Catat hasil pengujian.

Alat yang digunakan untuk pengujian *megger test*:

1. *Megger Test*.
2. Kabel jumper.

Objek yang akan diuji tahanan isolasinya adalah busbar generator seperti pada Gambar 4.1. Dengan menggunakan alat *Megger Test* yang terlihat pada Gambar 4.2. Dan proses pengujian ini di dokumentasikan seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4. Titik pengujian megger test generator



Gambar 5. Megger test



Gambar 6. Proses pengujian dan pengukuran tahanan isolasi

2.4.3 High Voltage Test Panel

High Voltage Test Panel digunakan untuk pengujian terhadap tegangan tinggi (*High Voltage Test*), yang bertujuan untuk menguji kemampuan penghantar listrik dan kekuatan sambungan penghantar listrik. Tegangan yang tersedia adalah 1.500 V, 2.000 V, dan 3.000 V. Untuk pemakaiannya tergantung dari tegangan jala – jala generator sesungguhnya yang akan dihubungkan dengan panelnya. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Test Voltage for main circuit

Rated Insulation Voltage U_i DC and AC [V]	Test Voltage (AC) (r.m.s) [V]
$U_i \leq 60$	1.000
$60 < U_i \leq 300$	2.000
$300 < U_i \leq 690$	2.500
$690 < U_i \leq 800$	3.000
$800 < U_i \leq 1000$	3.500
$1000 < U_i \leq 1500^1$	3.500

¹ Only for DC Voltage

Adapun yang perlu diperhatikan saat melakukan pengujian ini harus mematuhi prosedur yang ada, diantaranya :

- Fuse yang terhubung dengan sistem kontrol, terutama yang terhubung dengan alat elektronik harus dilepas. Hal ini dilakukan karena jika ada kebocoran tegangan bias dapat menimbulkan kerusakan akibat teraliri tegangan tinggi.
- Panel harus di uji dulu tahanan isolasinya dengan *megger test*.
- Jarak minimum 1 meter dari lokasi yang dialiri tegangan harus steril dari manusia

dan alat – alat elektronika yang peka karena ada induksi listrik.

- Operator harus memakai pelindung terutama sepatu yang mempunyai tahanan listrik tinggi dan memakai sarung tangan karet.
- Setelah selesai pengetesan phase dari tiap tiap penghantar harus dihilangkan listrik statisnya.

Tahapan pengujian High Voltage

1. Periksa kondisi busbar yang akan diuji.
2. Pastikan kondisi busbar dalam keadaan baik, dan siap untuk dialiri tegangan tinggi.
3. Periksa alat ukur.
4. Letakkan pengait alat ukur pada busbar, pastikan kuat dan tidak mudah lepas.
5. Lakukan pengujian dengan memutar selektor pada high voltage test pada range tegangan 2.500 volt.
6. Nyalakan stopwatch, tunggu selama 1 menit.
7. Catat hasil pengujian.
8. Setelah pengujian selesai, hilangkan listrik statisnya menggunakan kabel jumper.

Alat yang digunakan

1. High Voltage Test
2. Stopwatch
3. Kabel jumper

2.4.4 Function Test & Saety Device Check

Pada pengecekan *function test* dilakukan pengujian terhadap MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*). Dioperasikan secara manual dengan menghidupkan dan mematikan *Moulded Case Circuit Breaker*. Untuk *safetydevice* dilakukan pengujian

pengaman peralatan diantaranya adalah *over current trip* (pengaman arus berlebih), *short circuit trip* (perlindungan arus pendek), *reverse power trip* (pengaman daya balik), *preferential trip* (pengaman peralatan yang tidak penting), *under voltage trip* (pengaman dibawah tegangan). Pada pengujian tersebut disesuaikan dengan standart Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) pada *volume 4 section 4 Installation*

Protection and Power Distribution page 4-1 sub bab Three-Phase Main Generators, BKI tahun 2016 sebagai berikut :

- ❖ *Over current trip* adalah pengujian Main Switch Board terhadap beban berlebih. Pada saat arus berlebih yang mana harus lebih besar 10% - 50% dari arus nominal Generator, dan harus memiliki suatu perlambatan waktu (*time delay*) untuk pengamatan tidak lebih dari 2 menit. Pengaturan dibawah 50% arus berlebih mungkin diperbolehkan, dimana memerlukan pada kondisi kerja dan kesesuaian dengan karakteristik generator. Perlindungan beban lebih tidak boleh mengganggu koneksi ulang dari generator.
- ❖ *Short circuit trip* adalah perlindungan dari arus pendek. Perlindungan arus pendek ditetapkan pada arus lebih dari 50%, tetapi nilainya lebih kecil dari ketetapan arus pendek (). Pengaman arus pendek harus memiliki perlambatan waktu yang singkat sesuai dengan kemampuan pada sistem (dari 300ms hingga 500ms).
- ❖ *Reverse power trip* adalah pengujian untuk generator kerja paralel dengan kapasitas 50 kVA keatas. Perlindungan harus dipilih dan ditetapkan menurut karakteristik dari penggerak. Petunjuk penetapan nilai adalah : untuk turbo generator 2% - 6%, untuk generator 8% - 15% untuk nilai keluaran penundaan dar 2-5 detik. Pengaturan harus, jika memungkinkan 50% daya tarik pembangkit. Harus beroperasi saat tegangan berkurang hingga 50% dari nilai nominal, perlindungan daya balik harus tetap efektif sampai dinyatakan terbatas.
- ❖ *Preferential Trip* adalah pengujian pengaman yang di gunakan untuk memutuskan beban non-essential (Beban yang tidak terlalu penting). Setting pengaman untuk preferential trip adalah 100% dari nilai arus nominal pada Generator dengan nilai arus tripnya adalah 532,4 A. Jadi apabila ada arus yang melebihi dari nilai arus nominal, akan memerintahkan prential trip untuk Off. Berikut ini adalah beban-beban yang akan Off apabila prential trip dalam keadaan bekerja:
 - Main Switch Board Feeder Panel :
 - Pompa Pemadam Kebakaran no. 1
 - Pompa Pemadam Kebakaran no. 2
 - Pompa Hydroulic Jangkar
 - Main Switch Board Harbour Panel :
 - Pompa Hydroulic Crane
- ❖ *Under voltage trip* adalah pengujian bekerja pada jatuh tegangan (*voltage drop*) 70% - 35% dari nilai nominal dan breaker pada generator harus membuka secara otomatis. Pelepasan dibawah tegangan harus dengan penundaan waktu yang singkat sesuai dengan perlindungan arus pendek.

2.4.5 Shore Connection (Papan Hubung Darat)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui breaker yang terpasang sudah

berfungsi dengan benar. Pengujian dilakukan dengan cara mematikan dan menghidupkan breaker pada *shore connection*.

2.4.6 Interlock System Between Generation Running and Space Heater “On”

Space Heater adalah peralatan tambahan dari Generator yang berfungsi untuk memberikan pemanasan di dalam Generator. Pemanasan ini bertujuan untuk mengurangi atau menghindari kelembaban di dalam Generator. Kelembaban yang berlebihan dapat merusak nilai resistansi atau tahanan isolasi dari hantaran atau lilitan. Space Heater harus terhung interlock dengan Running Generator.

2.4.7 Interlock System

Interlock system berfungsi untuk mengamankan agar Main Switch Board hanya dapat menggunakan 1 power untuk mensuplai beban listrik dikapal. Pengujian *interlock system* dilakukan antara generator dengan generator dan generator dengan *shore connection*.

2.4.8 Parallel System

Pengujian *parallel system* (sistem parallel) dilakukan antara generator satu dengan generator lainnya. Pada sistem *parallel system* generator di paralel kerjanya untuk mengurangi beban yang pikul generator secara tunggal. Pada proses paralel generator ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi diantaranya :

- Tegangan generator harus sama.
- Frekwensi harus sama.
- Urutan fasa harus sama.
- Sudut fasa harus sama.

Dengan memenuhi persyaratan tersebut, maka dalam proses membuat unit – unit generator tersebut dapat bekerja secara paralel, diperlukan terlebih dahulu proses sinkronisasi (proses menuju kesamaan dalam 4 syarat paralel generator). Apabila proses tersebut telah terlalui maka unit – unit generator baru dapat bekerja secara paralel.

2.4.9 Emergency Fire Protection

Pengaman ini berfungsi sebagai alat pemutus salah satu elemen segitiga api yang memicu terjadi kebakaran. Berikut ini adalah beban yang tergolong pada *emergency fire protection*. *Emergency fire protection* feeder panel No. 1

- Pompa pemindah bahan bakar.
- Sludge pump.
- Vent fan kamar mesin No.1 & No.2.
- Vent fan kamar bantu No.1 & No.2.
- AC engine control room.

Emergency fire protection feeder panel No. 2

- Oily water sparator.
- Galley distribution.

2.4.10 Earth Test AC 380V

Sistem ini berfungsi untuk mendeteksi terjadinya gangguan tahanan isolasi pada masing-masing penghantar R, S, T. Jika terjadi gangguan tahanan isolasi, maka insulation monitor akan memberikan indikasi Fault dan juga menunjukkan berapa nilai kebocoran tahanan isolasi tersebut. Jika nilai kebocoran sudah melewati batas minimal yang diijinkan maka indikasi Buzzer dan lampu Insulation Fault menyala. Untuk mengetahui phase yang mengalami gangguan tahanan isolasi, maka dapat dilakukan pengecekan melalui push button Earth Lamp Test. Apabila tidak ada gangguan tahanan isolasi, jika push

button Earth Lamp Test ditekan maka lampu indikasi Earth Lamp R, S, T tetap dalam kondisi menyala. Apabila terjadi gangguan tahanan isolasi (misal phase R) jika push button Earth Lamp Test ditekan maka lampu Earth Lamp R akan padam.

2.4.11 Temperature Rise Test Of Main Switch Board

Temperture Rise Test Of Main Switch Board adalah pengujian suhu pada busbar generator dan pada sambungan busbar, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui suhu pada busbar. Pengukuran suhu tersebut dilakukan dalam selang waktu yang beragam dan diakhir pencatatan di ambil suhu rata-rata pada busbar generator dan sambungan busbar. Suhu yang diijinkan harus sesuai dengan standart Biro Klasifikasi Indonesia *volume 4 section 5 Low – Voltage Switchgear Assemblies page 5-10 sub bab Conductors and Busbar Carriers*, BKI tahun 2016, yaitu suhu yang diijinkan adalah 45°C.

2.5 Data Hasil Pengujian

Pada sertifikasi pengujian main switch board didapatkan data – data hasil pengujian. Adapun data – data yang diperoleh dari masing – masing tahapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Visual Inspection (pemeriksaan secara visual)

Adapun pemeriksaan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. *Component Fixing* (Kelengkapan Komponen)
- b. *Component Indication* (Indikator Komponen)
- c. *Cable Instalation* (Pemasangan Kabel)

d. *Main Busbar Cover* (Pelindung Busbar Utama)

Tabel 4. Data hasil visual inspectsi

No.	Description	Result	Remarks
1	<i>Component Fixing</i>	OK	Sesuai dengan Gambar
2	<i>Component Indication</i>	OK	Sesuai dengan Gambar
3	<i>Cable Instalation</i>	OK	Sesuai dengan Gambar
4	<i>Main Busbar Cover</i>	OK	Sesuai dengan Gambar

2. Megger Test (pengujian tahanan isolasi)

Pada tahap *megger test* dilakukan dua kali pengujian tahanan isolasi dan didapat 2 hasil data pengujian pula, yaitu data hasil pengujian *megger test before high voltage* (pengujian tahanan isolasi sebelum diberi tegangan tinggi) dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan data hasil pengujian *megger test after high voltage* (pengujian tahanan isolasi setelah diberi tegangan tinggi) dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 5. Data hasil pengujian megger test before high voltage

No.	Description	Result (MΩ)	Remarks
1	R – S	100	Memenuhi syarat BKI
2	R – T	120	Memenuhi svarat BKI
3	S – T	100	Memenuhi syarat BKI
4	R – N	500	Memenuhi syarat BKI
5	S – N	500	Memenuhi syarat BKI
6	T – N	500	Memenuhi syarat BKI
7	R – PE	100	Memenuhi syarat BKI
8	S – PE	100	Memenuhi syarat BKI
9	T – PE	120	Memenuhi syarat BKI
10	N – PE	500	Memenuhi syarat BKI

Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian Megger Test After High Voltage

No.	Description	Result (MΩ)	Remarks
1	R – S	100	Memenuhi syarat BKI
2	R – T	120	Memenuhi syarat BKI
3	S – T	100	Memenuhi svarat BKI
4	R – N	500	Memenuhi syarat BKI
5	S – N	500	Memenuhi syarat BKI
6	T – N	500	Memenuhi syarat BKI
7	R – PE	100	Memenuhi syarat BKI
8	S – PE	100	Memenuhi syarat BKI
9	T – PE	130	Memenuhi syarat BKI
10	N – PE	500	Memenuhi syarat BKI

3. High voltagetest panel

Pada tahap *high voltage test* dilakukan dengan memberi tegangan pada busbar antara 2 titik sebesar 2.500V AC dengan waktu 1 menit dan didapat data seperti pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7 Data hasil high voltage test 2.500V for 1 minute

No.	Description	Result	Remarks
1	R-S	OK	Memenuhi syarat BKI
2	R-T	OK	Memenuhi syarat BKI
3	S-T	OK	Memenuhi syarat BKI
4	R-N	OK	Memenuhi syarat BKI
5	S-N	OK	Memenuhi syarat BKI
6	T-N	OK	Memenuhi syarat BKI
7	R-PE	OK	Memenuhi syarat BKI
8	S-PE	OK	Memenuhi syarat BKI
9	T-PE	OK	Memenuhi syarat BKI
10	N-PE	OK	Memenuhi syarat BKI

4. Function Test & Safety device check

Pada tahap ini dilakukan pengujian *safety device* (peralatan pengaman) pada masing masing generator dan harbour generator. Berikut hasil pengujiannya terangkum pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Hasil function test & safety device check

No.	Description	Function	Remarks
1	Manual Operation (MCB Push Button)		
	a. Breaker ON	OK	Berfungsi
	b. Breaker OFF	OK	Berfungsi
2	Safety Device		
	a. Over Current Trip 110% x In (585,64 A)	OK	t=19,81 s
	b. Short Circuit Trip 250% x In (1331A)	OK	t= 0,10 s
	c. Reverse Power Trip 10% x Pn (28kW)	OK	t=4,83 s
	d. Preferential Trip 100% x In (532,4A)	OK	t=10,4 s
	e. Under Voltage Trip 212/380 x 100%	OK	55,70%
3	Emergency Stop	OK	Berfungsi

5. Shore Connection

Pada hasil fungsi breaker *shore connection* didapatkan hasil seperti Tabel 9. sebagai berikut :

Tabel 9. Function test safety shore connection

No.	Description	Function	Remarks
1.	Shore Connection ON	OK	Dapat berfungsi
2.	Shore Connection OFF	OK	Dapat berfungsi

6. Interlock System Between Generator Running and Space Heater “ON”

Dari hasil *Interlock System Between Generator Running and Space Heater “On”* didapatkan hasil data seperti pada Tabel 4.15 berikut :

Tabel 10. Interlock System Between Generator and Space Heater “ON”.

Tabel 10. Hasil test interlock system

No.	Description	Function	Remarks	
1	Generator 1	Space Heater Generator 1		
	Running	OFF	OK	Berfungsi
	OFF	ON	OK	Berfungsi
	Generator 2	Space Heater Generator 2		
	Running	OFF	OK	Berfungsi
	OFF	ON	OK	Berfungsi
3	Generator 3	Space Heater Generator 3		
	Running	OFF	OK	Berfungsi
	OFF	ON	OK	Berfungsi
	4	Harbour Generator	Space Heater Harbour Gen.	
	Running	OFF	OK	Berfungsi
	OFF	ON	OK	Berfungsi

7. Interlock System

Interlock System berfungsi untuk mengamankan agar Main Switch Board hanya dapat menggunakan 1 power untuk mensuplai beban listrik di kapal. Pada tahap ini didapat hasil seperti pada Tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 InterlockSystem

No.	Description	Function	Remarks
1	Generator 1 ∞ Generator 2	OK	Berfungsi
2	Generator 1 ∞ Generator 3	OK	Berfungsi
3	Generator 1 ∞ Harbour Generator	OK	Berfungsi
4	Generator 1 ∞ Shore Connection	OK	Berfungsi
5	Generator 2 ∞ Generator 1	OK	Berfungsi
6	Generator 2 ∞ Generator 3	OK	Berfungsi
7	Generator 2 ∞ Harbour Generator	OK	Berfungsi
8	Generator 2 ∞ Shore Connection	OK	Berfungsi
9	Generator 3 ∞ Generator 1	OK	Berfungsi
10	Generator 3 ∞ Generator 2	OK	Berfungsi
11	Generator 3 ∞ Harbour Generator	OK	Berfungsi
12	Generator 3 ∞ Shore Connection	OK	Berfungsi
13	Harbour Generator ∞ Generator 1	OK	Berfungsi
14	Harbour Generator ∞ Generator 2	OK	Berfungsi
15	Harbour Generator ∞ Generator 3	OK	Berfungsi
16	Harbour Generator ∞ Shore Connection	OK	Berfungsi
17	Shore Connection ∞ Generator 1	OK	Berfungsi
18	Shore Connection ∞ Generator 2	OK	Berfungsi
19	Shore Connection ∞ Generator 3	OK	Berfungsi
20	Shore Connection ∞ Harbour Generator	OK	Berfungsi

8. Parallel System

Dari hasil kerja *parallel system* didapatkan hasil seperti pada Tabel 11 berikut :

Tabel 11. Parallel System

No.	Description	Function	Remarks
Manual Function			
1	Generator 1 >> Generator 2	OK	Berfungsi
2	Generator 1 >> Generator 3	OK	Berfungsi
3	Generator 2 >> Generator 1	OK	Berfungsi
4	Generator 2 >> Generator 3	OK	Berfungsi
5	Generator 3 >> Generator 1	OK	Berfungsi
6	Generator 3 >> Generator 2	OK	Berfungsi

9. Emergency Fire Protection

Dari hasil tes kerja *Emergency Fire Protection* didapatkan hasil seperti pada Tabel 12 berikut :

Tabel 12. Emergency Fire Protection

No.	Description	Function	Remarks
1	Emergency Fire Protection (ES)		(7)
Loc : AC 380V/220V Feeder Panel No.1			
1.	=1.Q10 Pompa Pemindahan Bahan Bakar	OK	Berfungsi
2.	=1.Q13 Sludge Pump	OK	Berfungsi
3.	=1.Q17 Vent Fan Kamar Mesin No. 1 & 2	OK	Berfungsi
4.	=1.Q18 Vent Kamar Mesin Bantu No. 1 & 2	OK	Berfungsi
Loc : AC 380V/220V Feeder Panel No.2			
1.	=7.Q7 Oily Water Sparator	OK	Berfungsi
2	Preferential Trip (PT)		
Loc : AC 380V/220V Feeder Panel No. 1			
1.	=1.Q19 JP - 1	OK	Berfungsi
2.	=1.Q20 JP - 2	OK	Berfungsi
3.	=1.Q21 JP - 4	OK	Berfungsi
4.	=1.Q22 AC E.C.R.	OK	Berfungsi
5.	=1.Q27 JP - 3	OK	Berfungsi
Loc : AC 380V/220V Feeder Panel No. 2			
1.	=7.Q12 Galley Distribution	OK	Berfungsi

10. Earth Lamp Test AC 380V

Tahap ini dilakukan guna untuk mendeteksi terjadinya gangguan isolasi pada masing – masing penghantar R, S, T. Dari hasil tes ini didapatkan hasil seperti pada Tabel 13 berikut :

Tabel 13 Earth Lamp Test AC 380V

No.	Description	Function	Remarks
1	Earth Lamp Test AC 380V		
	a. R	OK	Berfungsi
	b. S	OK	Berfungsi
	c. T	OK	Berfungsi

Dari Tabel 13 hasil tes *earth lamp test* dapat bekerja dengan baik, tanpa ada gangguan sistem.

11. Temperature Rise Test of Main Switch Board

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui suhu pada busbar generator dan sambungan busbar ketika kapal dalam kondisi beban penuh. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 14 berikut :

Tabel 14. Temperature Rise Test of Main Switch Board

Point	Time						
	09:00	09:15	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30
1. Generator Busbar							
Busbar R (°C)	32,2	40,3	42,7	44,5	47,4	44,3	46,3
Busbar S (°C)	32,0	37,4	40,8	44,3	45,8	46,1	43,7
Busbar T (°C)	32,6	37,5	41,2	44,3	42,8	42,1	40,1
2. Connection Busbar							
Busbar R (°C)	32,1	35,2	35,9	36,7	38,8	38,8	38,6
Busbar S (°C)	32,1	35,1	36,4	37,2	39,4	39,1	38,4
Busbar T (°C)	32,9	34,6	37,5	38,8	39,9	40,4	39,7
Ambient Temperature (°C)	33,5	33,7	34,1	34,4	35,0	36,1	36,9

Tabel 15. Rata-rata suhu permukaan pada Busbar

Phase	R	S	T
Temperature (°C)	42,52	41,44	40,08

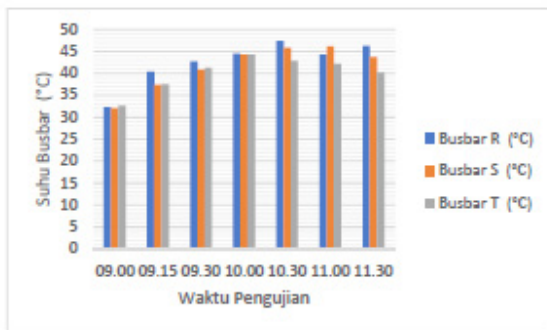
Dari data Tabel 15 didapat hasil rata – rata suhu pengujian pada suhu permukaan pada busbar pahse R sebesar 42,52 oC, phase S sebesar 41,44 oC, phase T sebesar 40,08 oC. Hasil pengujian tersebut sesuai dengan persyaratan Biro Klasifikasi Indonesia *volume 4 section 5 Low – Voltage Switchgear Assemblies page 5-10 sub bab Conductors and Busbar Carriers*, BKI tahun 2016 yang berbunyi hasil pengujian dikatakan baik jika suhu pada busbar sesuai dengan standart BKI yaitu sebesar 45°C.

Tabel 16 Rata-rata suhu permukaan pada Sambungan Busbar

Phase	R	S	T
Temperature (°C)	36,58	36,81	37,68

2.6 Grafik Temperature Rise Test Generator Busbar

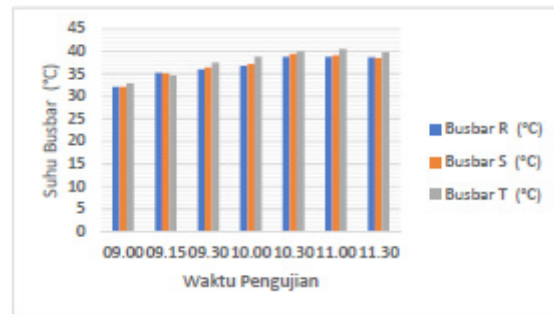
Pengujian temperature rise merupakan salah satu sandart yang di lakukan Biro Klasifikasi Indonesia, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan atau kekuatan busbar apabila di kapal mengalami beban penuh, dengan memberi arus maksimal sebesar 100% (532,4 Ampere). Pengujian ini dilakukan selama kurang lebih 3 jam. Dan dilakukan pengambilan data temperature setiap 15 menit-30 menit. Data temperature masing – masing busbar dapat dilihat dari Gambar grafik 4.6 berikut :



Gambar 7 Grafik Generator Busbar

2.7 Grafik Tempature Rise Test Generator Connection Busbar

Pengujian temperature rise merupakan salah satu sandart yang di lakukan Biro Klasifikasi Indonesia, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan atau kekuatan busbar apabila di kapal mengalami beban penuh, dengan memberi arus maksimal sebesar 100% (532,4 Ampere). Pengujian ini dilakukan selama kurang lebih 3 jam. Dan dilakukan pengambilan data temperature setiap 15 menit-30 menit. Data temperature masing – masing busbar dapat dilihat dari Gambar grafik 4.7 berikut :



Gambar 8 Grafik Connection Busbar

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan penulis dapat memberikan kesimpulan tentang hasil Analisis Implementasi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Pada Pengujian Panel Main Switch Board Kapal Perintis 2000 GT sebagai berikut :

- Dari tahapan – tahapan yang dilakukan perusahaan sebelum melakukan pengujian panel oleh pihak Biro Klasifikasi Indonesia, panel kapal Perintis 2000 GT telah memenuhi standart pengujian. Akan tetapi untuk persentase kelengkapan peralatan proteksi yang dicapai masih 83% dari yang dianjurkan oleh BKI. Karena tidak adanya peralatan proteksi Under Frequency Protection.
- Seting arus untuk komponen safety device Main Switch Board adalah sebagai berikut:
 - Setting arus untuk prefential trip sebesar 532,4 A (100% x In)
 - Seting arus untuk over current trip adalah sebesar 585,64 A (110% x In).
 - Seting arus untuk short circuit sebesar 1331 A (250% x In).
 - Seting unruk reverse power trip sebesar 28 kW (10% x Pn).
 - Untuk under voltage trip sebesar 60% ().

- c. Dari 11 tahapan pengujian panel Main Switch Board kapal Perintis 2000 GT 100% memenuhi syarat rule Biro Klasifikasi Indonesia dan layak beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- N. Pothirasan and M. P. Rajasekaran, "Automatic vehicle to vehicle communication and vehicle to infrastructure communication using NRF24L01 module," *2016 Int. Conf. Control Instrum. Commun. Comput. Technol. ICCICCT 2016*, pp. 400–405, 2017.
- S. Silvirianti, A. S. R. Krisna, A. Rusdinar, S. Yuwono, and R. Nugraha, "Speed control system design using fuzzy-pid for load variation of automated guided vehicle (agv)," *Proc. 2017 2nd Int. Conf. Front. Sensors Technol. ICFST 2017*, vol. 2017–Janua, pp. 426–430, 2017.
- R. K. A. Sakir, A. Rusdinar, S. Yuwono, A. S. Wibowo, Silvirianti, and N. T. Jayanti, "Movement control algorithm of weighted automated guided vehicle using fuzzy inference system," *2017 2nd International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE)*. IEEE, pp. 135–139, Apr-2017.
- P. Ghosh, J. A. Tran, and B. Krishnamachari, "ARREST: A RSSI Based Approach for Mobile Sensing and Tracking of a Moving Object," 2017.
- V. Jaiganesh, J. Dhileep Kumar, and J. Girijadevi, "Automated guided vehicle with robotic logistics system," *Procedia Eng.*, vol. 97, no. December, pp. 2011–2021, 2014.
- S. Barai, D. Biswas, and B. Sau, *Estimate distance measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI technique*, vol. 2018–Janua. 2018.
- A. De Angelis *et al.*, "Design and Characterization of a Portable Ultrasonic Indoor 3-D Positioning System," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 64, no. 10, pp. 2616–2625, 2015.