

Analisa Teknis dan Keselamatan Sistem Busbar Trunking pada Sistem Kelistrikan Kapal Utility 52 Meter

Rizki Satria, Sardono Sarwito dan Indra Ranu Kusuma

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: rizki.its@gmail.com

Abstrak—Inovasi dalam pendistribusian kebutuhan arus listrik menghasilkan suatu media alternatif pengganti kabel yang dikenal sebagai busbar trunking. Busbar trunking adalah suatu komponen yang kompak (*compact size*) berfungsi sebagai penyalur, konduktor, ataupun sebagai media hantar arus listrik yang menawarkan kesederhanaan dalam desain, instalasi, dan perawatannya. Dalam aplikasinya, busbar trunking telah diinstal pada bangunan darat seperti gedung bertingkat, pabrik, dan lain-lain. Sehingga diperlukan analisa lebih lanjut terhadap penerapan sistem busbar trunking di laut, seperti kapal. Analisa dilakukan berdasarkan aspek teknis dan keselamatan instalasi pada sistem kelistrikan kapal utility 52 meter mengacu pada standar kelas keselamatan di kapal. Hasil analisa tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa sistem busbar trunking sangat compatible jika diaplikasikan di kapal karena memiliki tingkat keselamatan yang sesuai dengan persyaratan peraturan kelas.

Kata Kunci—media alternatif, busbar trunking, konduktor, *compact size*, instalasi listrik, kapal, teknis, keselamatan, compatible, kelas.

I. PENDAHULUAN

Instalasi kelistrikan dewasa ini telah mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Dimana dalam konteks pendistribusian kebutuhan listrik terdapat perbedaan yang mendasar antara sistem konvensional yang menggunakan kabel (*wire*) dengan sistem yang lebih modern yang biasa dikenal sebagai sistem *busbar trunking*.

Sistem busbar trunking merupakan alat yang menggunakan *Conduit* sebagai pengganti pemakaian kabel (*wire*). Pemakaian sistem busbar trunking ini desainnya sangat fleksibel, perancangan instalasinya juga sangat mudah, cepat dan efisien. Dalam aplikasinya, sistem busbar ini telah di pakai di darat yaitu pada instalasi gedung bertingkat dan pendistribusian daya pada pabrik-pabrik. Namun beberapa tahun terakhir ini, Schneider Electric mulai mengembangkan sistem busbar trunking untuk dirancang di kapal.

Dalam mendesain sistem kelistrikan kapal perlu dilakukan inovasi dalam aspek sistem kelistrikannya, yang sebelumnya menggunakan kabel dapat diganti dengan menggunakan sistem busbar trunking untuk mendistribusikan kebutuhan listrik di kapal dengan alasan fleksibilitas dan efektifitasnya.

Selain itu, peralatan – peralatan di kapal memiliki standard–standard *marine use* dalam sistem kelistrikannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pula analisa lebih mendalam

terhadap peralatan – peralatan di kapal tersebut, sistem mana yang lebih sesuai, menggunakan sistem busbar trunking, atau cukup menggunakan kabel, ditinjau dari aspek keselamatan, pengaman dan tipe isolasinya.

Dengan adanya perubahan yang mendasar pada perancangan instalasi kelistrikan di kapal. Yaitu dengan menggunakan busbar trunking, maka akan berakibat pula pada perubahan sistem kelistrikannya. Oleh sebab itu, perlu adanya analisa dan kajian teknis maupun keselamatan untuk sistem kelistrikan tersebut

II. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah studi literatur untuk menganalisa penerapan busbar trunking pada sistem kelistrikan kapal AHTS 52 meter ditinjau dari aspek teknis dan keselamatan penggunaan busbar trunking jika dibandingkan dengan kabel.

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara studi langsung ke lapangan untuk mendapatkan data yang akurat sehingga diperoleh hasil yang mendekati kondisi yang sebenarnya. Adapun data – data tersebut adalah sebagai berikut:

- Data catalogue busbar trunking (*Canalis 2011 dan I-line II 2012*) Schneider electric.
- Gambar rencana umum kapal AHTS BNI Castor 52 meter.
- Data dan spesifikasi peralatan kapal AHTS BNI Castor 52 meter.
- Peraturan instalasi sistem kelistrikan kapal (GL, IRS, dan IEC).

B. Pengolahan Data

Data – data yang telah dikumpulkan diolah ke dalam bentuk desain (*load ballance* dan perhitungan wiring) untuk sistem kelistrikan kapal AHTS BNI Castor 52 meter menggunakan sistem busbar trunking. Sehingga akan terlihat perbedaan antara sistem busbar trunking dengan sistem konvensional (kabel).

C. Analisis Data dan Pembahasan

Hasil pengolahan data yang telah dilakukan dianalisa dan dikaji lebih lanjut dengan pertimbangan aspek teknis dan keselamatan pada masing – masing sistem kelistrikannya, baik menggunakan busbar trunking maupun kabel dengan mengacu

pada peraturan sistem kelistrikan kapal yang tersedia. Kemudian hasil tersebut dibandingkan sehingga diperoleh hasil berupa keunggulan dan kelemahan dari masing – masing sistem tersebut.

D. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan terhadap masing - masing sistem maka dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian dalam tugas akhir ini. Selanjutnya saran dibuat untuk memberikan masukan kepada pihak terkait yang berhubungan dengan desain instalasi kelistrikan di kapal, serta diharapkan hasil penelitian tugas akhir ini dapat dijadikan rujukan untuk penyempurnaan pengerjaan tugas akhir selanjutnya.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Desain

Jika dilihat dari aspek desain sistem kelistrikannya (*Online Diagram terlampir*), terdapat beberapa perbedaan antara sistem busbar trunking dengan sistem konvensional. Dimana pengaman pada busbar trunking berupa tap-off (canalis) atau plug-in (I-line). Di dalam tap-off unit tersebut terdapat pengaman berupa *Miniature Circuit Breaker (MCB)* atau *Moulded Case Circuit breaker (MCCB)* yang berfungsi untuk memutuskan arus berlebih pada beban peralatan. Adapun pengaman busbar trunking dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.5 pada penjelasan sebelumnya.

Selain itu, tap-off yang dipakai pada wiring penerangan busbar trunking memiliki spesifikasi untuk melayani 3 phase (Φ). Ini berbeda dengan sistem konvensional yang menggunakan breaker untuk 1 phase. Sehingga untuk satu tap-off unit mampu menangani 3 lampu penerangan dengan fase yang berbeda (3 saluran berbeda, R, S, T).

Sistem konvensional menggunakan konsep *centralised distribution* dimana arus listrik disuplai dari panel untuk ke semua beban peralatan. Sedangkan pada busbar trunking arus listrik disuplai dari masing-masing tap-off melalui feeder (feed units atau cable tap box) dari *run components* busbar trunking. Hal ini menyebabkan instalasi busbar trunking yang didesain pada kapal BNI Castor hanya membutuhkan 4 jenis panel, antara lain: Panel utama (genset), panel bow thruster, panel MSB, dan juga panel Emergency. Sedangkan sistem kabel membutuhkan tambahan panel untuk suplai arus ke beban disamping 4 panel seperti yang terdapat pada sistem busbar trunking. Hal ini tentu berdampak pada aspek ekonomis, dimana sistem busbar trunking lebih hemat dalam hal pengadaan panel jika dibandingkan dengan sistem konvensional menggunakan kabel. Selain itu, *centralised distribution* juga mengakibatkan penarikan kabel yang panjang untuk beban peralatan yang jauh dari panel sehingga hal ini akan menyebabkan instalasi menjadi sulit.

3.1.1. Konstruksi

➤ *Straight Length (Compact size, sandwich structure, totally enclosed housing)*

Konstruksi yang padat (*compact size*) pada busbar trunking menjadikan sistem ini lebih sederhana dan praktis jika dibandingkan dengan kabel untuk kemampuan distribusi arus

yang sama. Dimana pada kabel harus disusun paralel dalam kabel tray untuk jalur instalasinya sehingga lebih sulit dan rumit.

Ruang udara di dalam busbar trunking tertutup dengan penghalang (*barrier*) untuk membantu mencegah penyebaran gas dan asap saat terjadi kebakaran di daerah instalasi busbar trunking. Penghalang (*barrier*) tersebut sangat rapat sehingga tidak menciptakan ruang terbuka untuk efek cerobong asap api "*chimney effect*" pada run component busbar trunking. Berbeda dengan kabel di dalam *cable tray* yang terdapat banyak ruang terbuka dan rentan terhadap gesekan antar kabel akibat getaran di kapal, sehingga penggunaan busbar trunking di kapal lebih aman.

➤ *Konduktor*

Konduktor busbar trunking terdiri dari dua jenis berdasarkan bahan pembuatnya, yaitu:

1. Jenis konduktor pertama terbuat dari bahan 99,97% tembaga (*cooper*) murni sehingga mampu meminimalisasi oksigenasi permukaan, resistensi terhadap kontak permukaan, dan voltage drop yang rendah. Sehingga sangat aplikatif untuk di kapal karena menjamin keselamatan.
2. Jenis konduktor kedua terbuat dari plat perak Bi-metal pada konduktor aluminium sehingga memiliki ketahanan yang baik terhadap arus dan tekanan yang tinggi. Sehingga sangat cocok untuk digunakan pada instalasi listrik di kapal yang menuntut tingkat keselamatan yang tinggi.

➤ *Joint Pack*

Standar *joint pack* pada busbar trunking memudahkan dalam pergantian beban ataupun perawatan karena *run units* busbar trunking dapat dilepas, dipindahkan, dan diganti dengan cepat sesuai dengan kebutuhan.

➤ *Insulation*

Isolasi dari konduktor busbar trunking menggunakan film poliester (Dupont mylar), kelas B, 130°C, sehingga memiliki kinerja dielektrik yang sangat baik sebagai isolator. Selain itu, isolasi bersifat *free halogen* sehingga aman terhadap api apabila terjadi kebakaran di kapal.

➤ *Fittings Units*

1. *Elbow*

Elbow pada *run componen* menyebabkan desain sistem busbar trunking memiliki tingkat fleksibilitas yang baik. Hal ini disebabkan karena busbar trunking dapat menyesuaikan dengan bentuk dan kondisi ruangan. Selain itu, *elbow fitting* juga dapat mengurangi ruang hilang dalam kaitan dengan radius pembengkokan yang terjadi pada kabel. (*Dian Arif, 2009*).

2. *Fix Hanger*

Fix hanger pada busbar trunking menjamin dari pemuaian dan ekspansi akibat temperatur dan getaran. Dimana *fix hanger* ini memiliki berbagai jenis yang dapat menyesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan. Untuk aplikasi di kapal jenis HFV sangat sesuai untuk mengatasi temperatur yang abnormal baik dari kamar mesin kapal maupun cuaca dan menjamin

tingkat kekuatan dan keamanan akibat pergeseran posisi karena getaran yang terjadi di kapal.

B. Instalasi

Instalasi dari sistem busbar trunking lebih mudah dan sederhana dibandingkan dengan sistem kabel. Hal ini disebabkan karena sistem busbar trunking merupakan komponen yang memiliki sub komponen yang terintegrasi yang dapat dikoneksikan dengan mudah. Sehingga instalasi dari sistem ini dapat dilakukan dengan cepat.

Urutan pengerjaan instalasi sistem busbar trunking dimulai dengan pemasangan *fixing systems* sebagai tempat untuk melampirkan *run component* pada struktur bangunan (atap, dinding, braket, dll).

Kemudian *run component* dikoneksikan dengan *run component (busbar runs)* lainnya sesuai dengan kebutuhan. *Run component* pada busbar trunking ini dapat di tambah dan dihilangkan dengan cepat dan mudah sesuai dengan penambahan kebutuhan beban apabila diperlukan, sehingga sangat fleksibel.

Jika kondisi ruangan memerlukan belokan maka dapat digunakan *elbow fittings* pada ujung atau pangkal dari busbar runs. Setelah itu, tap off di pasang pada bagian sisi busbar runs dan dikoneksikan dengan beban-beban peralatan yang membutuhkan suplai listrik.

Jika dilihat dari jenis instalasinya, busbar trunking menggunakan konsep *decentralised distribution* dimana suplai ke beban tidak terpusat seperti halnya kabel yang distribusi arus listriknya terpusat pada panel. Pada busbar trunking suplai arus listrik ke beban dihubungkan melalui pengaman berupa tap-off / plug-in. Sehingga hal tersebut memungkinkan untuk menambah, merubah posisi, atau mengganti beban peralatan melalui tap-off/ plug-in dengan cepat tanpa mematikan instalasi (*without shutting down operation*).

Berikut ini adalah panduan instalasi busbar trunking beserta persyaratannya berdasarkan jenis instalasinya merujuk pada *installation guide I-Line II busbar*:

☞ Instalasi Horizontal

Layout (positioning & supporting)

Sebuah titik support lebih baik dipasang sedekat mungkin dengan koneksi, karena transformator, generator set dan switchboards tidak harus mendukung berat trunking busbar tersebut.

Di beberapa kondisi, untuk alasan kontinuitas layanan, transformator dapat diganti dengan cepat. Sehingga busbar trunking harus mampu mendukung dirinya sendiri.

☞ Instalasi Vertikal

Busbar trunking memungkinkan untuk mendistribusikan listrik ke setiap lantai gedung bertingkat (kantor, bangunan, hotel, rumah sakit, dll), sehingga sangat cocok diaplikasikan di kapal yang memiliki deck house yang bertingkat-tingkat.

Dalam aplikasi ini, busbar trunking mempertahankan semua prinsip-prinsip konstruksi sebagai berikut:

1. Prinsip instalasi

- 4–6 kaki dipasang di bagian bawah riser

- Dipasang pendukung untuk menjamin kestabilan posisi busbar trunking

2. Instalasi feeder

Instalasi suplai listrik menggunakan cable end box dari busbar ke beban atau flanged connection ke panel (switchboard).

3. Burbar trunking supports

Fixing supports membuat run section melekat secara vertikal dengan struktur bangunan. Dimana busbar trunking akan melekat dengan baik pada dinding, braket dinding atau langsung ke lantai.

Fixing support pada busbar trunking memiliki keuntungan sebagai berikut:

- Sangat sesuai terhadap dinding, braket dinding atau langsung ke lantai,
- Penyerapan stress pada struktur bangunan akibat ekspansi, getaran, dan lain-lain dapat terdistribusi merata sepanjang busbar trunking.

4. Plug-in units

Plug-in unit dapat dipasang secara vertikal pada instalasi vertikal busbar trunking. Sehingga sangat fleksibel dengan kondisi dan kebutuhan.

3.1.2. Perawatan dan Perbaikan Instalasi

Tap-off/ plug-in units dapat ditambahkan, diganti, atau di hilangkan dari busbar trunking dengan kondisi suplai arus listrik dalam keadaan hidup (tanpa shutdown), sehingga tidak perlu mematikan suplai listrik dari instalasi. Hal ini menjamin kelangsungan operasi saat dilakukan perawatan ataupun saat dihadapkan dengan gangguan. Sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan di kapal yang memerlukan suplai arus ke beban peralatan kapal secara kontinu. Dimana hal ini berhubungan dengan downtime. Sedangkan pada kabel lebih rumit dan sulit, dikarenakan saat akan menambah beban, maka harus dilakukan pengelupasan kabel untuk menyambung kabel sesuai dengan kebutuhan, kemudian menarik kabel ke beban yang membutuhkan suplai arus listrik, itu belum termasuk pemasangan kabel tray untuk jalur kabel. Sehingga hal ini mengakibatkan waktu pengerjaan perawatan dan perbaikan instalasi kabel lebih lama dan membutuhkan tenaga dan keahlian yang ekstra dalam menginstal kembali sistem kelistrikannya.

3.1.3. Kemampuan Distribusi Arus

Busbar trunking memiliki rating ampere yang tersedia minimum 20A (Tipe Canalis KDP), sedangkan pada kabel minimum 2 A. Sehingga untuk beban-beban peralatan yang relatif rendah, sistem kelistrikan lebih efisien menggunakan sistem konvensional menggunakan kabel.

Namun, berdasarkan analisa dari sistem wiring busbar trunking pada kapal BNI Castor 52 meter, dimana kapal tersebut memiliki peralatan dengan daya yang relatif besar. Maka sistem busbar trunking cocok digunakan untuk kapal tersebut jika ditinjau dari aspek teknisnya.

3.2. Kajian Keselamatan Sistem Busbar Trunking

3.2.1. Ketahanan Terhadap Api (*Fire Resistance*)

Berdasarkan aturan keselamatan kapal Germanischer Lloyd (GL) Part I – Chapter 3 section 12 E 3.1. Basic Requirements. Persyaratan dasar sistem busbar trunking yang diinstal di kapal harus memenuhi syarat berikut:

“Standar keamanan dan ketersediaan kapal yang didesain dengan menggunakan sistem busbar trunking sekurang-kurangnya harus setara dengan sistem konvensional menggunakan kabel, bahkan dalam kasus kegagalan operasi.

Sistem busbar trunking harus memenuhi persyaratan IEC 60439-1 dan IEC 60439-2.”

Berdasarkan pernyataan di atas, maka sistem busbar trunking minimal harus memiliki standar keamanan yang sama dengan sistem konvensional yang menggunakan kabel. Hal tersebut diperjelas dengan pernyataan selanjutnya, dimana sistem busbar trunking yang akan diinstal di kapal harus memenuhi persyaratan IEC 60439-1 dan IEC-60439-2. Sehingga jika mengacu pada persyaratan tersebut maka busbar trunking harus mampu menangani hal-hal berikut ini:

1. Ketahanan material terhadap suhu abnormal
2. Resistensi terhadap propagasi api
3. Fungsi penghalang api ketika akan melalui dinding partisi
4. Konservasi terhadap semua sirkuit, tahan untuk 0,5 – 2 jam di dalam selubung api.

Setelah dilakukan analisa terhadap katalog dari busbar trunking produksi Schneider Electric. Busbar trunking telah melalui serangkaian test uji *fire resistance* untuk menangani poin-poin yang telah disebutkan di atas. Dimana penjelasan secara rinci dapat diketahui melalui keterangan sebagai berikut:

3.2.2. Persyaratan Komponen

➤ Tingkat Perlindungan (IP Number)

Germanischer Lloyd (GL) Part I – Chapter 3 section 12 E 3.2.1. Degree of Protection:

“Desain sistem busbar trunking harus sesuai dengan derajat perlindungan minimum sebagai berikut:

- Ruang kering, misalnya akomodasi, IP 54
- Ruang basah, misalnya kamar mesin, IP 56

Kesiapan operasional sistem busbar trunking harus tidak terganggu oleh kelembaban.”

Selain itu, Indian Register of Shipping (IRS) Class Part 4 – Chapter 8 Section 3, menyatakan bahwa:

“Busbar trunking harus memiliki perlindungan minimal IP54, menurut IEC 60529 Tingkat proteksi yang diberikan oleh enclosure (IP Code).”

Berdasarkan persyaratan untuk komponen yang telah disebutkan di atas, maka perlu dilakukan analisa terhadap IP number untuk mengetahui secara detail tentang perlindungan terhadap keselamatan baik pada peralatan, manusia, maupun lingkungan (cuaca, udara, air, dan lain-lain) sehingga proteksi yang sesuai dengan kebutuhan utamanya di kapal dapat diidentifikasi.

Deskripsi Kode: IPxx

Digit Pertama:

Sesuai dengan perlindungan peralatan terhadap penetrasi benda padat dan perlindungan terhadap orang-orang yang kontak langsung dengan bagian aktif.

Tabel 4.6 Identifikasi IPxx Protection

Digit Ke-2:

Sesuai dengan perlindungan peralatan terhadap penetrasi air dengan efek berbahaya

Tabel 4.7 Identifikasi IPxx Protection

Berdasarkan katalog, busbar trunking menawarkan berbagai macam tingkat perlindungan (*degree of protection*) untuk memenuhi kebutuhan dan aplikasinya, yaitu sebagai berikut:

- Jenis Feeder IP 40 – IP 67
- Jenis Riser IP 40 – IP 54
- Plug-in Unit IP 40 – IP56

Sehingga, berdasarkan kategori di atas maka busbar trunking memenuhi standard IP Protection yang dipersyaratkan di kapal, baik untuk diinstal di ruang akomodasi maupun ruang yang beresiko tinggi seperti kamar mesin.

➤ Perlindungan Terhadap Api

Germanischer Lloyd (GL) Part I – Chapter 3 section 12 E 3.3.2. menyatakan bahwa:

“Bahan yang digunakan harus bebas halogen dan harus tahan api sesuai dengan IEC 60695-2.”

Jika pada kabel, PVC yang digunakan sebagai insulasi listrik harus memakai plasticizer agar lebih elastis. Namun jika terpapar api, kabel yang tertutup PVC akan menghasilkan asap dan mengakibatkan bahaya keselamatan yang serius bagi manusia, dimana:

- Mengurangi daya penglihatan yang menyebabkan rasa panik dan sulit untuk melakukan proses evakuasi ke luar kapal (*muster point*).
- Asap beracun dari HCl dan CO berbahaya bagi kesehatan.

Contoh:

Konsekuensi dari kebakaran pada 100 m² dengan distribusi listrik menggunakan 200 kg kabel dengan asumsi 20 kg PVC menghasilkan:

- 4400 m³ dari asap
- 7,5 m³ HCl

- 3,7 kg of corroded steel.
(Sumber: *I-Line II Catalogue 2012*)

Gambar 4.13 Asap Memenuhi Ruangan.

Gambar 4.13 di atas merupakan ruangan yang dipenuhi asap akibat kabel korslet yang diduga kabel digigit tikus.

Berdasarkan hal tersebut, PVC LSOH (low smoke, zero halogen) adalah bahan insulasi yang pada umumnya dipilih. Sedangkan busbar trunking sudah bersifat *halogen free* sehingga tidak menghasilkan asap atau gas beracun. Sehingga jelas menjamin keselamatan yang ditimbulkan dari bahaya asap yang diakibatkan seperti yang dijelaskan di atas.

Selain itu, busbar trunking juga dapat mengurangi resiko terhadap paparan medan elektromagnetik. Berdasarkan WHO (World Health Organisation), paparan medan elektromagnetik dapat berbahaya bagi kesehatan manusia dimulai dari level 0,2 mikro-teslas dan dapat mengakibatkan resiko jangka panjang terhadap kanker. Beberapa negara menghasilkan standard untuk menetapkan batas-batas keselamatan untuk mencegah resiko bahaya tersebut.

Semua konduktor listrik menghasilkan medan magnet sebanding dengan jarak antara mereka. Busbar trunking dengan jarak konduktor yang rapat dalam *metal enclosure* membantu mengurangi medan elektromagnetik yang dipancarkan.

Karakteristik medan elektromagnetik dari busbar trunking didefinisikan dengan baik dan pengukuran menunjukkan bahwa mereka jauh di bawah tingkat yang berpotensi berbahaya.

3.2.3. Persyaratan Sistem

Germanischer Lloyd (GL) Part I – Chapter 3 section 12 E 3.3.1. Konfigurasi Sistem menyatakan bahwa: *“Desain sistem trunking busbar harus didesain sedemikian rupa, sehingga dalam kasus kegagalan tunggal pasokan untuk berlebihan peralatan penting tetap berjalan. Peralatan penting Redundant harus dipasok melalui sistem busbar trunking terpisah. Sistem busbar umum untuk pasokan utama dan darurat tidak diizinkan.”*

Berdasarkan pernyataan di atas, maka panel utama dengan panel emergency harus terpisah, dan tidak dapat digabung. Sehingga dalam desain kelistrikannya, sistem busbar trunking didesain atas Main Switch Board (MSB) untuk mensuplai kebutuhan arus listrik pada peralatan-peralatan yang bekerja dalam kondisi normal. Sedangkan Emergency Switch Board (ESB) didesain untuk mensuplai kebutuhan arus listrik pada peralatan-peralatan darurat.

3.2.4. Contoh Analisa Keselamatan di Kamar Mesin

Potensi bahaya yang di timbulkan kamar mesin terhadap instalasi listrik, antara lain yaitu:

- Panas dari turbocharger dan manifold gas buang (Main engine).
Problem: Pada saat mesin beroperasi, suhu permukaan manifold gas buang bisa mencapai di atas

200°C. Kondisi tersebut dapat menjadi sumber panas sebagai penyulut kebakaran dari gas uap bahan bakar di sekitar manifold tersebut. Sehingga hal ini rentan terhadap kabel yang dapat terkelupas akibat panas berlebihan sehingga menyebabkan kebakaran.

Solusi: Busbar trunking telah melewati berbagai uji ketahanan api dan memenuhi persyaratan IEC 60439-1&2 sehingga sangat aplikatif untuk mengatasi kemungkinan terjadinya kebakaran tersebut. Selain itu, busbar trunking memiliki ketahanan terhadap temperatur hingga 960°C (*Catalogue Canalisis 2011*)

➤ Motor penggerak pompa.

Problem: Pada saat motor penggerak pompa mengalami *overspeed*, suhu disekitar mesin diesel akan semakin panas (*overheating*). Kondisi inilah yang berpotensi sebagai sumber panas pemantik ledakan dan kebakaran.

Solusi: Busbar trunking telah memenuhi aturan keselamatan kapal kelas GL Part I – Chapter 3 section 12 E seperti yang telah dijelaskan sebelumnya sehingga mampu tahan terhadap panas dan api.

➤ Genangan solar atau minyak

Problem: Genangan solar dan minyak pelumas tumpahan dari mesin penggerak pompa, generator, ataupun kebocoran tangki-tangki akan menguap karena panas akibat engine di kamar mesin. Akumulasi dari uap minyak dan uap jenuh akan menyebabkan kebakaran dan ledakan.

Solusi: Busbar trunking telah melewati berbagai uji ketahanan api dan memenuhi persyaratan IEC 60439-1&2 sehingga sangat aplikatif untuk mengatasi kemungkinan terjadinya kebakaran tersebut.

➤ Penempatan Aki/ Sumber listrik

Problem: Penempatan aki di kamar mesin tanpa rumah pelindung yang aman dapat berpotensi sebagai sumber kebakaran atau ledakan di kamar mesin.

Solusi: Busbar trunking telah disertifikasi oleh IEC sehingga tahan terhadap api dan ledakan. Lihat penjelasan sebelumnya.

➤ Air tawar maupun air laut.

Problem: Air yang berasal dari kebocoran pompa GS, CO, ataupun kebocoran dari celah platform double bottom menyebabkan kamar mesin basah dan lembab sehingga berpotensi terhadap short circuit pada instalasi kelistrikan di kamar mesin. Selain itu, air laut dapat menyebabkan karat (korosif)

Solusi: Busbar trunking memenuhi syarat aturan di dalam kelas GL dimana harus memiliki derajat perlindungan minimum terhadap ruang basah, yaitu IP 56. Sehingga busbar trunking aman jika diinstal di kamar mesin.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

1.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Aspek Teknis

- Bentuk yang kompak (*compact size*) dan terintegrasi menyebabkan sistem busbar trunking lebih sederhana dan praktis baik dalam hal desain, instalasi, pemeriksaan dan perawatan jika dibandingkan dengan sistem konvensional. (*Simplicity*)
- Komponen pendukung pada busbar trunking (*elbow, connection fittings, fixing supports, dll*) menyebabkan sistem lebih fleksibel sehingga mampu beradaptasi dengan mudah terhadap penyesuaian kondisi dan kebutuhan ruangan instalasi. (*Flexibility*)
- Konsep *decentralised distribution* pada sistem busbar trunking menjamin kontinuitas dalam hal pelayanan suplai arus listrik ke beban baik dalam hal perawatan maupun saat downtime tanpa mematikan sumber arus. (*Continuity*)
- Sub-komponen yang dapat dibongkar pasang (*tap off, plug-in units*) memungkinkan sistem dapat ditambahkan, diganti, atau dihilangkan dari instalasi dengan mudah. (*Upgradeability*)

2. Aspek Keselamatan

- Busbar trunking memiliki ketahanan yang baik terhadap api yang telah lolos uji sesuai yang dipersyaratkan oleh IEC 60439-1&2 sehingga sangat kompatibel jika diinstal di kamar mesin kapal yang berpotensi tinggi terhadap terjadinya kebakaran.
- Tingkat perlindungan (IP Number) pada Busbar trunking memenuhi terhadap peraturan keselamatan komponen yang dipersyaratkan oleh peraturan kelas Germanischer Lloyd (GL), dimana untuk:
 - Ruang kering, misalnya akomodasi, IP 54.
 - Ruang basah, misalnya kamar mesin, IP 56.
- Busbar trunking bersifat *free halogen*, sehingga menjamin keselamatan dan keamanan dalam hal proteksi terhadap api. Dimana dalam aplikasi kapal telah memenuhi standard Germanischer Lloyd (GL) yang mengacu pada persyaratan IEC 60695-2.
- Struktur belapis (*sandwich structure*) pada busbar trunking dimana jarak konduktor yang rapat dalam *metal enclosure* menjamin terhadap resiko kesehatan manusia akibat paparan medan elektromagnetik, dimana menurut *World Health Organization (WHO)*,

paparan medan magnet dapat berakibat jangka panjang terhadap kanker (> 0,2 mikro-teslas).

- Busbar trunking memiliki perangkat perlindungan terhadap kelebihan beban dan *short circuit* melalui pengaman yang terdapat dalam tap-off units. Sehingga kompatibel terhadap peraturan keselamatan kelas Germanischer Lloyd (GL).
- Metal enclosure dan tingkat perlindungan yang tinggi melindungi trunking busbar dari semua agresi eksternal (korosi, tikus, dll).

1.2. Saran

Hasil dari tugas akhir ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mendesain sistem kelistrikan pada kapal yang memerlukan tingkat keamanan dan keselamatan yang tinggi seperti kapal tanker, dan lain-lain dengan menggunakan busbar trunking

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Canalis (*Prefabricated Busbar Trunking from 20 to 400A*). Catalogue 2010. Schneider Electric.
- [2] Chapter 8 Electrical Installation. Indian Register of Shipping (IRS) Class. Indian.
- [3] Rules for Classification and Construction Ship Technology, 2013. Germanischer Lloyd SE. Hamburg.
- [4] Izzudin, Muhammad., Februari. 2009. Analisa Teknis dan Keselamatan Perancangan Instalasi Listrik Menggunakan Sistem Busbar Trunking Pada Kapal Patroli 40 M. Surabaya.
- [5] I-Line II (*from 630A to 6300A*). Catalogue 2012. Schneider Electric.