

Perancangan *Watermist System* pada Kapal BCM & LST

Riyan Tegar Hidayat¹, I Putu Shindhu Asmara², Mades Darul Khairansyah^{1*}

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Magister Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: mades@ppns.ac.id

Abstrak

Banyaknya kecelakaan kapal yang terjadi di Indonesia dalam kurun waktu enam tahun terakhir tahun 2012 sampai tahun 2017 sebagaimana daftar yang dikeluarkan oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), mencatat terjadi 80 kasus kecelakaan pelayaran. Kecelakaan tersebut menimbulkan korban jiwa meninggal/hilang sebanyak 273 jiwa, dan korban luka – luka sebanyak 45 jiwa, dengan jenis kecelakaan tertinggi yaitu: 29 kapal terbakar/meledak dan 19 kapal tenggelam.(KNKT) Kapal Bantu Curah Minyak (BCM) adalah jenis kapal tanker yang paling berpotensi terjadinya kebakaran dikarenakan membawa bahan yang mudah terbakar yaitu minyak. Kapal BCM saat ini sedang dibangun oleh PT. Batamec Shipyard. Rencananya kapal BCM akan selesai pada tahun 2022. Kemudian kapal Landing Ship Tank (LST), kapal LST merupakan kapal pengangkut tank dan juga alat pertahanan perairan indonesia. Kapal LST diluncurkan tahun 2021 dan dibangun oleh PT. Bandar Abadi. Alasan peneliti memilih dua kapal ini karena dengan berbedanya tipe kapal tersebut apakah mempengaruhi rancangan *Watermist System* pada kedua kapal tersebut. Peneliti melakukan perancangan *Watermist system* pada dua kapal tersebut dengan merujuk pada aturan SOLAS. Alasan peneliti memilih aturan SOLAS sebagai acuan untuk merancang *Watermist System* Karena SOLAS merupakan aturan keselamatan pelayaran dilaut yang diakui oleh PBB. berdasarkan perhitungan secara manual untuk sistem water mist LAFF telah dibuat gambar P&ID, gambar isometrik, debit untuk 10L/min. debit aliran terbesar adalah 60L/min, total head pada sistem adalah 70 m dan daya pompa yang dibutuhkan sistem adalah 6,1 kW . Dengan melihat data dari perhitungan manual maka pemilihan pompa untuk sistem water mist menggunakan pompa *grundfos CR 5-12 A-FGJ-A-V HQQV*.

Kata Kunci: BCM, SOLAS, *Watermist*,

Abstract

The number of ship accidents that occurred in Indonesia in the last six years from 2012 to 2017 according to the list issued by the National Transportation Safety Committee (KNKT), recorded 80 cases of shipping accidents. The accident resulted in 273 dead/disappeared fatalities, and 45 injured victims, with the highest types of accidents namely: 29 ships caught fire/exploded and 19 ships sank. (NTSC) Oil Bulk Assist Ship (BCM) is a type of ship Tankers have the most potential for fires due to carrying flammable materials, namely oil. The BCM ship is currently being built by PT. Batamec Shipyard. It is planned that the BCM ship will be completed in 2022. Then the Landing Ship Tank (LST) ship, the LST ship is a tank carrier and also a means of defense for Indonesian waters. The LST ship was launched in 2021 and built by PT. Eternal City. The reason the researchers chose these two ships was because the different types of ships affected the design of the Watermist System on the two ships. Researchers designed the Watermist system on the two ships by referring to the SOLAS rules. The reason the researchers chose the SOLAS rules as a reference for designing the Watermist System is because SOLAS is a maritime safety rule that is recognized by the United Nations. based on manual calculations for the LAFF water mist system a P&ID image, isometric image, discharge for 10L/min has been made. the largest flow rate is 60L/min, the total head of the system is 70 m and the required pump power of the system is 6.1 kW. By looking at data from manual calculations, the pump selection for the water mist system uses the Grundfos CR 5-12 A-FGJ-A-V HQQV pump.

Keywords: BCM, SOLAS, *Watermist*

1. PENDAHULUAN

Kapal *Tanker* merupakan kapal yang dirancang untuk mengangkut minyak atau produk turunannya. Jenis

utama kapal tanker yaitu tanker minyak, tanker kimia, dan pengangkut LNG. Secara umum, kapal tanker terdiri dari dua jenis: *product tanker* dan *crude carrier*. Di luar itu, ada jenis *tanker* yang lebih khusus seperti *chemical tanker*, *gas carrier* dan *asphalt/bitumen carrier*. (AF)

Product Tanker merupakan kapal dengan muatan minyak mentah yang diolah menjadi berbagai produk minyak. Produk minyak yang ringan seperti bensin, minyak tanah, dan *gasoil*, disebut *clean product*. Sedangkan yang lebih berat seperti minyak bakar (*oil fuel*) dan residu disebut *dirty product*. *Product Tanker* terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan ukuran dan muatannya (*clean* atau *dirty product*). *Clean Product Tanker* dapat mengangkut sebagian *dirty product* (kecuali jenis minyak yang paling berat), sedangkan *Dirty Product Tanker* tidak dapat memuat *clean product*. (AF)

Di Indonesia, Kapal jenis *Landing Ship Tank (LST)* atau kapal angkut *tank* merupakan produk kapal yang dibangun dalam rangka memperkuat Alat Utama Sistem Pertahanan (Alutsista) nasional. Dari lebih 20 kapal LST milik TNI AL yang beroperasi, sebagian besar merupakan bagian dari 39 kapal bekas Jerman Timur yang dibeli Menristek BJ Habibie pada 1990-an. Sebagian buatan galangan kapal Korea Selatan dan galangan kapal dalam negeri. Pada kamar mesin khususnya ruang generator kapal, bahaya terbesar dari api adalah yang berasal dari pipa yang bertekanan tinggi yang biasanya berisi bahan bakar yang mengalami bocor. Minyak yang bocor dari pipa tersebut biasanya terjadi pada suhu yang tinggi dari *exhaust manifold* atau indikator yang sensitif untuk mengetahui adanya api.

Kebakaran sebagian besar dicegah dengan memberikan penutup yang efektif pada permukaan yang panas seperti misalnya pada turbocharger, gas buang mesin induk, pipa-pipa uap dan pipa yang terdapat minyak panas. Pemeriksaan surveyor harus dilakukan. Penutup dapat dilakukan oleh masinis atau ABK mesin tetapi pada saat proses *docking*, kontraktor yang memang spesialis dalam hal ini dapat melaksanakan pekerjaan ini akan lebih baik karena memang profesional. Setiap kali terdapat potensi terjadinya kebocoran harus dibersihkan. Harus dibiasakan dan dibudayakan untuk menempatkan kembali segala peralatan setelah pekerjaan selesai. Terlepas dari itu semua, adalah penting untuk memeriksa atau menguji detektor kebakaran atau api secara teratur dan berkala. Ini salah satu item pemeriksaan ISM Code.

Ruang mesin di atas kapal merupakan area yang berisiko tinggi terhadap kebakaran. Lokasi seperti bagian atas mesin utama dan tambahan, pembersih bahan bakar minyak, burner dan burner insinerator adalah area utama yang menjadi perhatian. Kebakaran di area ini dapat menyebar dengan sangat cepat, menyebabkan kerusakan serius yang menempatkan kapal, awaknya, dan pelabuhan yang mereka kunjungi dalam bahaya. Untuk melindungi dari risiko kebakaran ini, ruang mesin Kategori A yang berisi boiler berbahan bakar minyak atau unit bahan bakar minyak harus dilengkapi dengan sistem pemadam api tetap (SOLAS II-2/10.5.1.1). Selain itu, ruang mesin Kategori A dengan volume di atas 500m³ harus memiliki jenis sistem pemadam kebakaran aplikasi lokal tetap berbasis air atau setara yang disetujui (SOLAS II-2/10.5.6.1). Sistem pemadam kebakaran aplikasi lokal tetap berbasis air ini dimaksudkan untuk melindungi kru dan mesin yang terkena dampak dengan cepat, dan tanpa perlu mematikan mesin, evakuasi personel, atau menyegel ruang.

Jika ruang mesin Kategori A yang dilindungi oleh sistem pemadam kebakaran aplikasi lokal secara berkala tidak dijaga, sistem harus dilengkapi dengan kemampuan pelepasan otomatis dan manual. Selama pemeriksaan kontrol negara pelabuhan baru-baru ini, unit telah mengamati sistem pemadam kebakaran berbasis air yang melindungi ruang mesin Kategori A yang tidak dijaga secara berkala yang diamankan baik dengan menutup katup suplai atau menempatkan sistem dalam mode operasi manual. Melakukannya akan menonaktifkan kemampuan respons cepat sistem, mengurangi keefektifan sistem dengan tidak menyiapkannya untuk segera digunakan saat ruang mesin tidak dijaga. Kapal-kapal yang ditemukan dalam kondisi seperti itu mungkin menghadapi risiko penahanan kontrol negara pelabuhan.

Watermist System adalah teknologi pemadaman api otomatis yang menjanjikan adalah dengan sistem air (ukuran molekul kecil-kecil seperti bulir atau rinai) atau sistem berkabut yang sering disebut dengan *water mist system*. Teknologi ini akan mewakili alat lain yang dapat memadamkan kebakaran secara otomatis dengan beberapa cara dan tempat aplikasi. (Mekar)

Pada awalnya, teknologi kabut digunakan untuk *offshore* pada kapal, khususnya kapal pengiriman minyak. Untuk kedua aplikasi tersebut, dibutuhkan kontrol api ketika ada batasan jumlah air yang digunakan untuk memadamkan api. Sistem ini telah diakui oleh organisasi kelautan secara domestik dan internasional, dan telah menjadi standar proteksi kebakaran selama kurang lebih 8-10 tahun. Sistem ini juga telah digunakan untuk beberapa pengaplikasian di tanah dan memiliki sejumlah list, terutama di Eropa, di mana efektivitas sangat diperhitungkan. Beberapa juga telah diikuti di Amerika Utara.

2. METODE

Penelitian dilakukan di salah satu Perusahaan Konsultan Desain Kapal di Jawa Timur. Dalam penyusunan ini diperlukan suatu langkah pengerjaan yang digunakan sebagai acuan agar Tugas Akhir ini dapat tercapai tujuannya secara maksimal. Oleh karena itu, adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pengidentifikasi dilakukan dari beberapa permasalahan yang didapat dari pengamatan sehingga dapat dilakukan penelitian. Pengamatan yang dilakukan didapat dari berbagai sumber media maupun pengamatan secara langsung di lapangan. Identifikasi permasalahan tersebut meliputi analisa perancangan *Watermist System* terhadap *SOLAS*. Selain itu juga membandingkan dua gambar *layout* kapal *Tanker* dan kapal *Landing Ship Tank*. Hasil dari identifikasi awal akan dituangkan dalam suatu rumusan masalah yang jelas dan terstruktur. Kemudian ditetapkan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini.

Penetapan Tujuan dan Manfaat Rumusan Penelitian

Adapun tujuan yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah: untuk menganalisa *Watermist System* area kamar mesin terhadap *SOLAS*, kemudian membandingkan dua design *Watermist System* pada kapal *Tanker* dan kapal *Landing Ship Tank* serta melakukan simulasi pemadaman dalam keadaan kebakaran di kamar mesin pada kedua kapal *Tanker* dan kapal *Landing Ship Tank*. Diharapkan setelah dilakukannya penelitian ini dapat memberikan informasi bahwa pentingnya menganalisis desain dan sistem kerja *Watermist System* pada kapal terutama saat terjadinya kebakaran di area kamar mesin.

Penetapan Batasan Masalah

Pada tahap ini peneliti melakukan penetapan batasan-batasan masalah dalam penelitian serta asumsi yang akan digunakan, agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari pokok bahasan yang ada dalam tujuan awal penelitian.

Studi Lapangan dan Perhitungan

Pada tahap ini peneliti melakukan pengamatan secara langsung di lapangan terhadap penempatan *Watermist System* pada kapal-kapal bangunan baru, serta wawancara terhadap narasumber mengenai proses perancangan gambar *Watermist System* di salah satu Perusahaan Konsultan Desain Kapal di Jawa Timur.

Studi Pustaka

Adapun teori yang akan dikaji adalah beberapa peraturan maupun standar keselamatan khususnya pada kapal *Tanker* dan *LST* yang wajib dipenuhi untuk merancang gambar sesuai dengan aturan *SOLAS*. Selain itu juga mempelajari penempatan *nozzel* pada *Watermist System* yang ditempatkan pada masing-masing *equipment* kapal di area kamar mesin.

Merancang *Watermist System*

Setelah dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan berupa gambar, perhitungan maupun analisis pada *Watermist System* terhadap kapal *Tanker* dan *Landing Ship Tank* sesuai dengan peraturan maupun standar keselamatan yang wajib dipenuhi seperti *SOLAS*.

Perbandingan *Watermist System* pada masing-masing kapal

Setelah merancang gambar *Watermist System*, dilanjutkan dengan membandingkan perancangan tersebut pada masing-masing kapal. Tentunya terdapat perbedaan mengenai jumlah dan penempatan *nozzel* pada masing-masing kapal tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diketahui volume ruang mesin pada kapal *LST* dari gambar ruang mesin. sebesar 1173.76 m³. Sedangkan untuk kapal *BCM* sebesar 2241 m³. Dari hasil tersebut telah memenuhi sesuai dengan aturan *SOLAS* yang mengatakan bahwa ruang mesin kategori A dengan volume di atas 500 m³ selain sistem pemadam kebakaran tetap. harus dilindungi oleh jenis sistem pemadam kebakaran aplikasi lokal berbasis air atau setara (*fixed water-based or equivalent local application fire-fighting system*) yang disetujui. Jenis yang digunakan untuk pemadam kebakaran aplikasi lokal berbasis air adalah *watermist system*.

Mengacu pada aturan *SOLAS* yang berlaku, Sistem pemadam kebakaran aplikasi lokal tetap (*fixed water-based local application fire-fighting system*) harus melindungi area seperti berikut ini tanpa perlu mematikan mesin, evakuasi personel, atau menyegel ruang, yaitu :

1. bagian bahaya kebakaran dari mesin pembakaran dalam atau, untuk kapal yang dibangun sebelum 1 Juli 2014, bagian bahaya kebakaran dari mesin pembakaran dalam yang digunakan untuk penggerak utama kapal dan pembangkit listrik;
2. bagian depan ketel;

3. bagian bahaya kebakaran dari insinerator; dan
4. pemurni untuk bahan bakar minyak yang dipanaskan (*oil purifier*).

Jenis *nozzel* yang akan digunakan yaitu GW-M5. GW M5 adalah *nozzel Watermist System* yang khusus dikembangkan untuk digunakan secara total dan lokal perlindungan sistem pemadam kebakaran kabut air baik untuk aplikasi berbasis laut dan darat. *Nozzel* dirancang untuk secara efisien menghasilkan kabut halus tetesan air kecil pada tekanan rendah (3,5 hingga 16,5 mm Bar). Hal ini membuat *nozzel* cocok untuk berbagai macam aplikasi proteksi kebakaran, di mana kolam bahan bakar dan kebakaran semprotan tekanan tinggi dapat terjadi.

Tabel 1. Kebutuhan Nozzel pada kapal LST

LST			
EQUIPMENT	Num. of Nozzel	Nozzel Capacity	Total Capacity
No.1 Main Engine	6	10L/Min	60L/Min
No.2 Main Engine	6	10L/Min	60L/Min
No.1 Main Generator	3	10L/Min	30L/Min
No.2 Main Generator	3	10L/Min	30L/Min
No.3 Main Generator	3	10L/Min	30L/Min
FO Purifier	3	10L/Min	30L/Min

Tabel 2. Kebutuhan Nozzel pada kapal BCM

BCM			
EQUIPMENT	Num. of Nozzel	Nozzel Capacity	Total Capacity
No.1 Main Engine	6	10L/Min	60L/Min
No.2 Main Engine	6	10L/Min	60L/Min
No.1 Main Generator	3	10L/Min	30L/Min
No.2 Main Generator	3	10L/Min	30L/Min
No.3 Main Generator	3	10L/Min	30L/Min
FO Purifier	2	10L/Min	20L/Min

Perhitungan Kebutuhan Tanki *Watermist* sesuai dengan aturan SOLAS, untuk menentukan kebutuhan tanki adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Area proteksi yang paling besar (total flow)} \times 2 \times 20 \text{ min} \\
 &= 60\text{L/min} \times 2 \times 20 \text{ min} \\
 &= 2400\text{L/min} = 2.4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

kebutuhan tanki pada kedua kapal sama karena memiliki total flow yang sama.

Diketahui total flow yang tertinggi adalah 60L/min. jika diubah ke m³/h menjadi 3.6 m³/h. kemudian untuk total head, telah dilakukan asumsi dengan masing-masing kapal adalah 70m untuk kapal LST dan 58 untuk kapal BCM. Kemudian diperoleh data pompa yang sesuai yaitu pompa *grundfos* CR 5-12 A-FGJ-A-V HQQV.

Penentuan diameter pipa menggunakan perhitungan Hazen williams dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Perhitungan Diameter Pipa Kapal BCM

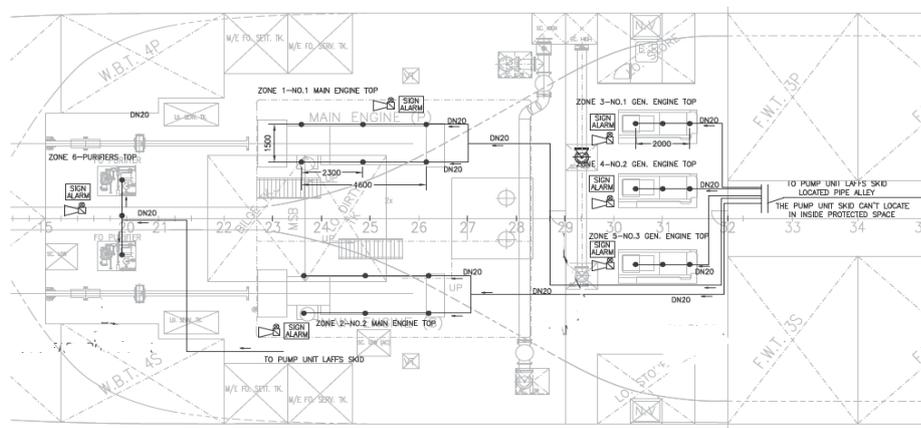
DATA PERHITUNGAN DIAMETER PIPA BERDASARKAN FORMULA HAZEN WILLIAMS									
KAPAL LST									
NO	Koefisien Kekasaran Pipa (c)	Diameter Pipa (D) mm	(D ² ,63)	Panjang Pipa (L) m	Δ H	SLOPE (S)	(S ^{0,54})	DEBIT (Q)(L/s)	Aliran
1	100	27.20753294	5932.428332	18	5	27.77778	6.020002	1	pompa ke main engine
2	100	27.20753294	5932.428332	18	5	27.77778	6.020002	1	pompa ke main engine
3	100	23.96396132	4248.534449	7	1	14.28571	4.203849	0.5	pompa ke genset
4	100	23.96396132	4248.534449	7	1	14.28571	4.203849	0.5	pompa ke genset
5	100	21.8523005	3333.324095	23	2	8.695652	3.215312	0.3	pompa ke purifier
6	100	41.25498838	17729.77049	3	1	33.33333	6.642851	3.3	tanki ke pompa

Tabel 4. Perhitungan Diameter Pipa Kapal LST

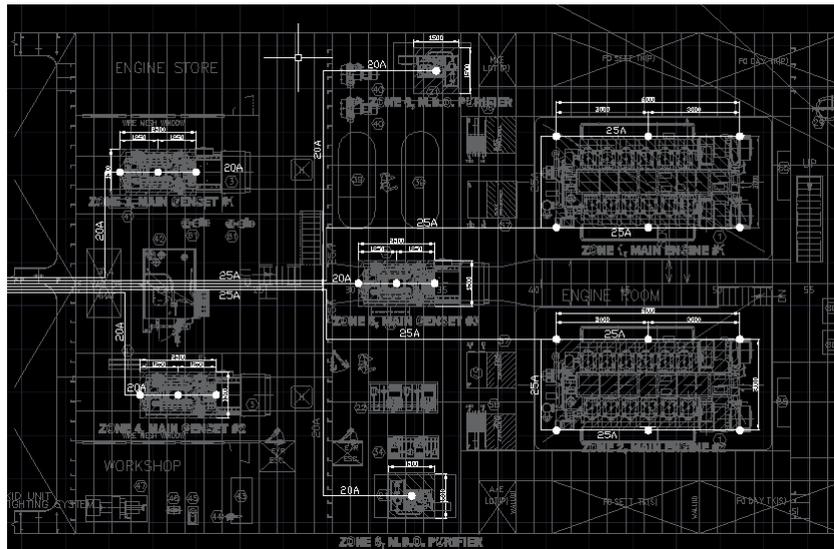
DATA PERHITUNGAN DIAMETER PIPA BERDASARKAN FORMULA HAZEN WILLIAMS									
NO	Koefisien Kekasaran Pipa (c)	Diameter Pipa (D) mm	(D ² ,63)	Panjang Pipa (L) m	Δ H	SLOPE (S)	(S ^{0,54})	DEBIT (Q) (L/s)	
1	100	32.58240517	9531.157763	26	3	11.53846	3.745932	1	
2	100	32.58240517	9531.157763	26	3	11.53846	3.745932	1	
3	100	23.72523734	4138.126741	20	3	15	4.316078	0.5	
4	100	23.72523734	4138.126741	20	3	15	4.316078	0.5	
5	100	20.01725577	2646.634298	15	2	13.33333	4.050111	0.3	
6	100	45.814171	23357.67221	5	1	20	5.041459	3.3	

Dari tabel 4 telah ditentukan untuk kapal LST, pipa yang dari pompa ke area-area yang diproteksi menggunakan pipa ukuran DN20 SCH40 (OD. 27 mm dengan tebal 2.8mm). lalu untuk pipa yang dari tanki ke pompa menggunakan pipa DN32 SCH 40(OD. 42 mm dengan tebal 3.5 mm). Sedangkan pada tabel 3, pipa kapal BCM yang dari pompa ke area-area yang diproteksi menggunakan pipa ukuran DN20 SCH40 (OD. 27 mm dengan tebal 2.8mm) tetapi khusus untuk Main engine menggunakan pipa DN25 SCH40. lalu untuk pipa yang dari tanki ke pompa menggunakan pipa DN32 SCH 40(OD. 42 mm dengan tebal 3.5 mm).

Setelah dilakukan perhitungan diatas, kemudian dihasilkan *piping* dan *Nozzel layout* untuk masing-masing kapal adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Piping and Nozzel Layout kapal LST



Gambar 2. Piping and Nozzel Layout kapal BCM

Untuk peletakan pompa dan tanki pada kapal BCM diletakkan pada ruang steering gear room. Sedangkan untuk kapal LST berada diruang pipe alley yang ada didepan ruang mesin. Menurut SOLAS, kedua equipment ini memang harus diletakkan diluar area yang diproteksi karena terhindar dari bahaya jika terjadi kebakaran.

4. KESIMPULAN

Diketahui volume ruang mesin pada kapal LST dari gambar ruang mesin. sebesar 1173.76 m³. Sedangkan untuk kapal BCM sebesar 2241 m³. Dari hasil tersebut telah memenuhi sesuai dengan aturan SOLAS yang mengatakan bahwa ruang mesin kategori A dengan volume di atas 500 m³. Berdasarkan perhitungan secara manual untuk sistem *water mist* LAFF telah dibuat gambar P&ID, gambar isometrik, debit untuk 10L/min. debit aliran terbesar adalah 60L/min, total head pada sistem adalah 70 m untuk LST dan 58 m untuk BCM. Lalu daya pompa yang dibutuhkan sistem adalah 6,1 kW . total nozzel yang dibutuhkan adalah 24 buah untuk LST dan 23 buah untuk LST. Kemudian kapasitas tanki yang diperlukan adalah 2400 L. Telah ditentukan berdasarkan perhitungan untuk kapal LST, pipa yang dari pompa ke area-area yang diproteksi menggunakan pipa ukuran DN20 SCH40 (OD. 27 mm dengan tebal 2.8mm). lalu untuk pipa yang dari tanki ke pompa menggunakan pipa DN32 SCH 40(OD. 42 mm dengan tebal 3.5 mm). Sedangkan pada pipa kapal BCM yang dari pompa ke area-area yang diproteksi menggunakan pipa ukuran DN20 SCH40 (OD. 27 mm dengan tebal 2.8mm) tetapi khusus untuk *Main engine* menggunakan pipa DN25 SCH40. lalu untuk pipa yang dari tanki ke pompa menggunakan pipa DN32 SCH 40(OD. 42 mm dengan tebal 3.5 mm). Dengan melihat data dari perhitungan manual maka pemilihan pompa untuk sistem *water mist* menggunakan pompa *grundfos* CR 5-12 A-FGJ-A-V HQQV

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, A., et al. (2020). Perancangan sistem proteksi kebakaran dengan teknologi watermist pada pabrik elektronik. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 84-90.
- Hidayat, R., et al. (2019). Kajian potensi watermist sebagai sistem proteksi kebakaran pada industri pengolahan minyak kelapa sawit. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 160-165.
- Khoirul, A., et al. (2017). Kajian penerapan teknologi watermist sebagai sistem proteksi kebakaran di dalam bangunan. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri*, 4(2).
- Kristianto, Y., et al. (2019). Perancangan sistem proteksi kebakaran dengan teknologi watermist pada pabrik pengolahan makanan. *Jurnal Teknik Industri*, 7(2), 100-106.
- Pranowo, A., et al. (2019). Analisis kinerja sistem proteksi kebakaran watermist pada ruang mesin kapal tanker. *Jurnal Maritim Indonesia*, 11(1), 21-28.
- Prawira, I., et al. (2018). Kajian penggunaan teknologi watermist dalam sistem proteksi kebakaran gedung perkantoran. *Jurnal Teknik POMITS*, 7(1), 61-65.
- Priyambodo, A., et al. (2018). Evaluasi kinerja sistem proteksi kebakaran watermist pada gedung bertingkat. *Jurnal Keamanan Sistem Informasi*, 4(2), 48-53.
- Setiawan, A., et al. (2018). Penerapan teknologi watermist pada sistem proteksi kebakaran. *Jurnal Teknik Pomits*, 7(1), 144-147.

- Setyawan, B., et al. (2018). Evaluasi sistem proteksi kebakaran watermist pada ruang generator listrik di kapal penumpang. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), 40-47.
- Utomo, S., et al. (2020). Evaluasi sistem proteksi kebakaran watermist pada ruang mesin kapal tanker. *Jurnal Teknologi Kelautan*, 11(1), 19-26.