

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



**MAKALAH
OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK
DI KAPAL CB. JANA 11**

Oleh :
WANDI RUSMAWANDI
NIS. 01709 / T-I

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1
JAKARTA
2021**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK
DI KAPAL CB. JANA 11**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Diklat Pelaut I**

Oleh :

**WANDI RUSMAWANDI
NIS. 01709 / T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I
JAKARTA
2021**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : WANDI RUSMAWANDI
NIS : 01709/T-1
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN
INDUK DI KAPAL CB. JANA 11

Jakarta, 30 Juli 2021

Pembimbing Materi

Dr. Ir. Desamen Simatupang, MM

Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19581229 199303 1 001

Pembimbing Penulisan

BAGASKORO, S.Kom., MM

Bagaskoro, S.Kom., MM.

Penata Tk.I (III/b)
NIP. 195909271980031002

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknika

Diah Zakiah, ST, MT

Penata TK. I (III/d)
NIP. 19790517 200604 2 015

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama : WANDI RUSMAWANDI
NIS : 01709/T-1
Program Pendidikan : Diklat Pelaut - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN
UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN
INDUK DI KAPAL CB. JANA 11

Jakarta, 16 Agustus 2021

Penguji I

Drs. Ridwan Setiawan, MT, M.Mar.

Pembina Utama Madya IV/d
NIP. 195706121982031002

Penguji II

Azmi Zulfikar, SSIT. M.MAR.Eng

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknika

Diah Zakiah, ST, MT

Penata TK. I (III/d)
NIP. 19790517 200604 2015

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan berjudul : **“OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN UNTUK MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL CB. JANA 11”**. Sebagai persyaratan untuk memenuhi Kurikulum Program Upgrading ATT-I yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.

Penulis menyadari akan keterbatasan waktu dan kemampuan di dalam penyusunan kertas makalah ini, sehingga masih banyak kekurangan dan hasilnya belum sempurna. Oleh karena itu penulis membukakan diri untuk menerima kritik dan saran-saran yang bersifat positif guna perbaikan makalah ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, sehingga makalah ini dapat terwujud terutama kepada yang terhormat :

1. Yth. Bapak Amiruddin, M.M, selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Yth. Bapak DR. Ali Muktar Sitompul, MT, selaku Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Yth. Ibu Diah Zakiah, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Yth. Dr. Ir. Desamen Simatupang, MM, selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. Yth. Bapak Bagaskoro, S.Kom.,MM., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah.
6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah ini.
7. Seluruh rekan-rekan Perwira Siswa ATT-I angkatan LVIII dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu.

8. Keluarga besar, istri dan anak-anak saya yang telah memberikan motivasi selama penyusunan makalah.

Akhir kata, semoga makalah ini dapat membawa manfaat bagi penulis dan para pembaca yang berkenan membacanya.

Jakarta, 16 Agustus 2021

Penulis



WANDI RUSMAWANDI

NIS. 01709 / T-I

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH	2
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	3
D. METODE PENELITIAN	3
E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	4
F. SISTEMATIKA PENULISAN	5
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
B. KERANGKA PEMIKIRAN	22
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. DESKRIPSI DATA.....	23
B. ANALISIS DATA.....	25
C. PEMECAHAN MASALAH	31
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. KESIMPULAN	40
B. SARAN	40
 DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR ISTILAH	
DAFTAR LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kapal laut sebagai salah satu modal transportasi sangat dibutuhkan untuk mengangkut manusia, barang, hewan, minyak dan gas alam antar pulau maupun antar negara. Kapal laut merupakan sarana angkutan laut yang paling efisien dan efektif karena mampu mengangkut dalam kapasitas besar dengan biaya yang relatif rendah.

Seiring dengan kemajuan jaman, kapal laut terus mengalami perubahan bentuk, jenis dan teknologinya sesuai dengan muatan yang diangkut oleh kapal tersebut. Dalam pengoperasian kapal sekarang kebanyakan dipakai motor diesel sebagai penggerak utama maupun untuk mesin bantuannya karena motor diesel ini sangat efisien dibanding dengan mesin uap dalam pengoperasian armada pelayaran.

Pada waktu mesin diesel dioperasikan, torak bergerak dalam silinder, panas yang timbul sebagai hasil dari pembakaran bahan bakar didalam silinder, bisa mencapai $500^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$, hal itu terjadi dengan terus menerus pada blok mesin tersebut dan bagian-bagiannya akan menjadi panas akibat dari adanya pembakaran di dalamnya sehingga memerlukan pendingin. Sistem pendingin air laut adalah salah satu bagian penting pada sebuah kapal dan memerlukan perhatian yang cukup selain dari sistem pendingin air tawar. Karena lancar tidaknya pengoperasian kapal sangat tergantung pada hasil kerja mesin, sebab dalam mesin diesel dinding silinder selalu dikenai panas dari hasil pembakaran.

Berdasarkan pengalaman penulis saat bekerja di atas kapal CB. JANA 11 sebagai *Chief Engineer*, sewaktu kapal beroperasi dengan kecepatan penuh mesin mengalami *overheating*, yaitu temperatur air pendingin air tawar mesin induk naik mencapai 90°C dimana temperatur berkisar antara $65^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$. Melihat kejadian tersebut, penulis mengambil pengecekan dan pemeriksaan, setelah itu mengambil tindakan menurunkan RPM mesin induk guna menghindari terjadinya *black out* pada mesin induk.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk menyusun makalah dengan judul:

**"OPTIMALISASI PERAWATAN SYSTEM PENDINGIN UNTUK
MEMPERTAHANKAN KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL
CB. JANA 11".**

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

- a. Pompa pendingin air laut tidak bekerja dengan optimal.
- b. Pipa isap air laut mengalami kebocoran
- c. Terhisapnya gelembung udara oleh pompa.
- d. Saringan air laut buntu.
- e. Terjadinya penyumbatan pada *Heat Exchanger*

2. Batasan Masalah

Oleh karena luasnya pembahasan mengenai permasalahan yang terjadi pada sistem pendingin air mesin induk, maka agar pembahasannya lebih focus, penulis akan membatasi pembahasan makalah ini hanya pada masalah yang menjadi prioritas, yaitu tentang:

- a. Pompa pendingin air laut tidak bekerja dengan optimal
- b. Pipa isap mengalami kebocoran

3. Rumusan Masalah

Agar lebih mudah dicarikan solusi pemecahannya maka penulis perlu merumuskan masalah yang pernah dialami. Berdasarkan uraian identifikasi dan batasan masalah yang tersebut di atas, penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Apa penyebab pompa pendingin air laut tidak bekerja dengan optimal?
- b. Apa penyebab pipa isap mengalami kebocoran.

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui permasalahan utama pada perawatan sistem pendingin air laut di CB. JANA 11.
- b. Untuk mengetahui penyebab dari permasalahan berdasarkan landasan teori.
- c. Untuk menganalisis pemecahan masalah pada sistem pendingin air laut berdasarkan landasan teori.

2. Manfaat Penelitian

a. Aspek Teoritis

Sebagai sumbangan pemikiran bagi studi manajemen perawatan air pendingin, dengan cara mencermati karakteristik yang khas serta untuk mendorong melakukan penelitian tentang perawatan sistem air pendingin dengan cara pandang yang berbeda.

b. Aspek Praktis

Memberikan sumbangan pemikiran kepada rekan-rekan seprofesi, agar bila mendapat masalah yang sama dapat digunakan sebagai acuan sebagai upaya pemecahannya, dalam mengatasi akibat yang ditimbulkan dari sistem pendingin air.

D. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan makalah ini diantaranya yaitu

1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang penulis gunakan dalam penyusunan penulisan makalah ini adalah menggunakan metode deskripsi kualitatif dimana dalam menemukan kebenaran yang obyektif dari suatu permasalahan yang melalui penguraian dan penjelasan pemecahan permasalahan melalui tugas-tugas pada setiap bagian dan pelaksanaannya.

2. Teknik pengumpulan data

Dalam penulisan ini makalah ini penulis menggunakan teknik pengumpulan data melalui teknik observasi (pengamatan) langsung di atas kapal tempat penulis bekerja sebelumnya, dan sebagai pelengkap data maka penulis juga menggunakan beberapa buku referensi yang berkaitan dengan pembahasan suku cadang dalam penulisan makalah ini.

3. Subjek Penelitian

Subjek penelitian penyusunan penulisan makalah ini berdasarkan penelitian terlebih dahulu yang di lakukan saat penulis bekerja dan melakukan aktivitas sebagai *chief engineer* di atas CB. JANA 11.

4. Teknik Analisis Data

Dalam pengambilan Teknik Analisis Data yang di gunakan penulis dalam penyusunan penulisan makalah ini adalah analisis data akan akar permasalahan yang di uraikan/di bahas berdasarkan data dari pengalaman maupun dari buku-buku referensi yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang di bahas.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dalam penyusunan makalah ini dilakukan saat penulis bekerja di atas CB. JANA 11 sebagai *Chief Engineer* sejak tanggal 17 Desember 2019 sampai dengan 26 Januari 2021.

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di atas CB. JANA 11 yaitu kapal *crew boat* berbendera Saudi Arabia dengan berat kotor (GRT) 236 T milik perusahaan Jana marine Service

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dibutuhkan dalam penyusunan makalah guna menghasilkan suatu bahasan yang sistematis dan memudahkan dalam pembahasan maupun pemahaman makalah yang disusun, adapun sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi, batasan dan rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian, waktu dan tempat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Terdiri dari Tinjauan pustaka yang memaparkan teori-teori untuk menganalisa data-data sebagai referensi untuk mendapatkan informasi. Pada landasan teori ini juga terdapat kerangka pemikiran yang merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisikan uraian tentang data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta yang terjadi, selama penulis bekerja di atas CB. JANA 11. Hal tersebut digambarkan dalam deskripsi data, kemudian dianalisis mengenai permasalahan yang terjadi dan menjabarkan pemecahan dari permasalahan tersebut sehingga permasalahan yang sama tidak terjadi lagi. Dengan kata lain menawarkan solusi terhadap penyelesaian masalah tersebut.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan penutup yang mengemukakan kesimpulan dari perumusan masalah yang dibahas dan saran yang berasal dari evaluasi pemecahan masalah yang dibahas didalam penulisan makalah ini dan merupakan masukan untuk perbaikan yang akan dicapai.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini penulis memaparkan teori-teori dan istilah-istilah yang berhubungan dan mendukung dari pembahasan permasalahan yang akan dibahas lebih lanjut pada masalah ini yang bersumber dari referensi buku-buku pustaka yang terkait.

1. Sistem Pendingin

Pendingin adalah suatu media yang berfungsi untuk menyerap panas. Panas tersebut didapat dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam *cylinder*. Di dalam sistem pendingin terdapat beberapa komponen yang bekerja secara berhubungan antara lain: *Cooler / Heat Exchanger*, pompa sirkulasi air tawar, *strainer* pada air laut dan *sea chest*. Apabila salah satu komponen tersebut mengalami gangguan, maka akan berakibat pada kurang maksimalnya hasil pendinginan terhadap Mesin Induk. Air pendingin dalam fungsinya sangat *vital* dalam menjaga kelancaran pengoperasian Mesin Induk. (CUMMIN KTA 38 M)

Sistem pendingin bertujuan untuk menjaga agar temperatur mesin tetap berada pada batas yang diperbolehkan sesuai dengan kekuatan material, karena kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur (*over heating*).

Air adalah bahan pendingin yang sangat baik, karena dapat mengambil 1 kkal pada tiap-tiap kg dan tiap-tiap derajat Celcius, sedangkan volume 1 kg air hanya 1 dm³ (1 liter).

Pada kapal dengan penggerak Mesin Diesel dengan pendingin air, air pendingin dialirkan melalui dan menyelubungi dinding silinder, kepala silinder serta bagian-bagian lain yang perlu didinginkan. Air pendingin akan menyerap panas (*kalor*) dan semua bagian tersebut, kemudian mengalir meninggalkan blok mesin menuju *Cooler / Heat Exchanger* atau alat pendingin dan akan

menurunkan kembali temperaturnya.

Agar blok Mesin Diesel dapat terpelihara dari tegangan akibat panas, maka panas yang timbul harus dapat dikendalikan. Keadaan tersebut hanya bisa diatasi dengan cara mengedarkan (mensirkulasi) media pendingin dengan tekanan yang konstan ke seluruh komponen Mesin Induk. Sistem ini harus menjadi pengawasan bagi para ABK mesin agar aliran pendingin selalu lancar.

2. Macam-Macam Sistem Pendinginan

Pada umumnya di kapal-kapal berukuran besar ada dua cara untuk mendinginkan mesin utama, yaitu:

a. Sistem Pendinginan Langsung (Terbuka)

Sistem pendinginan langsung adalah sistem pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Proses pendinginannya dengan cara air laut diambil dari katup *sea chest* melalui *Strainer* dengan pompa air laut, kemudian air laut disirkulasikan ke seluruh bagian-bagian mesin yang membutuhkan pendinginan melalui pendingin minyak pelumas dan pendingin udara untuk mendinginkan kepala silinder, dinding silinder dan katup pelepas gas kemudian air laut dibuang keluar kapal.

Bila ditinjau dari segi konstruksi sistem pendinginan langsung mempunyai keuntungan yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendinginan tidak langsung. Selain itu dapat menghemat pemakaian peralatan, karena pada sistem ini tidak memerlukan tangki air dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin. Adapun kerugian dari sistem pendinginan langsung ini adalah pada instalasi perpipaannya mudah sekali terjadi pengerakan (karat) karena air laut ini bersifat korosif serta air pendingin sangat terpengaruh dengan temperatur air laut.

Beberapa komponen yang sering dipakai dalam sistem pendinginan langsung (pendinginan terbuka) diantaranya sebagai berikut:

1) *Sea chest*

Sea chest adalah suatu perangkat yang berhubungan dengan air laut yang terletak pada sisi dalam dari pelat kulit kapal yang berada dibawah permukaan air dipergunakan untuk mengalirkan air laut kedalam sistem pendingin Mesin kapal sehingga kebutuhan sistem air laut (*Sea water system*) dapat dipenuhi.

Pada kapal-kapal yang berukuran besar, menengah maupun kecil dengan sistem instalasi permesinan dari mesin induk seluruhnya terletak didalam kamar mesin, pada badan kapal bawah air berdasarkan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 vol. III sec 11.1 dinyatakan bahwa sekurang-kurangnya harus ada 2 *sea chest* karena dari *sea chest* inilah kebutuhan air laut dalam kapal dapat dipenuhi.

Sebagai lubang pengisapan air laut *sea chest* ditempatkan berdekatan dengan kamar mesin, karena segala sistem yang memerlukan pendinginan berada dalam kamar mesin. Misalnya mesin induk, mesin bantu, pompa-pompa, ketel uap, dan sebagainya.

Untuk mendapatkan air laut yang dapat mencukupi kebutuhan pendinginan mesin kapal, maka perlu dipikirkan tempatnya untuk pemasangan *sea chest* agar tujuan utama dari sistem pendingin air laut dapat tercapai. Kerena baik buruknya kinerja pendingin salah satunya tergantung dari suplai air laut yang dihisap melalui lubang *sea chest* yang sesuai dengan kebutuhan.

Pada sebuah kapal umumnya mempunyai minimal 2 (dua) buah *sea chest* terpasang pada lambung kiri dan kanan kapal tepatnya di dasar lambung kapal dan di samping lambung kapal dibawah air, karena mengingat bervariasinya kedalaman perairan yang dilewati.

Pemasangan pada dua tempat yang berbeda ini dimaksudkan agar kinerja *sea chest* sebagai lubang pengisapan berjalan dengan lancar dan sesuai dengan fungsinya. Bila kapal berlayar dilaut yang dalam maka dipakai *sea chest* yang terletak di dasar kapal, sebab

kemungkinan terjadinya kotoran, lumpur yang teraduk-aduk akibat gerakan baling-baling kapal tidak akan terjadi dan pada keadaan seperti ini *sea chest* samping tidak dipergunakan. Jika kapal berlayar diperairan yang dangkal dan kemungkinan terjadinya kotoran, lumpur atau pasir yang teraduk-aduk karena gerakan baling-baling kapal yang mungkin dapat masuk ke lubang *sea chest* dasar maka *sea chest* samping yang dipakai sedangkan *sea chest* bawah ditutup.

Dalam penentuan peletakan *sea chest* harus dipertimbangkan bahwa *sea chest* masih berfungsi sebagai lubang pengisapan air laut dengan baik, walaupun kondisi kapal miring sampai 22, 5 derajat dari keadaan vertikal *sea chest* masih tetap bekerja dengan baik dan tidak mengisap udara.

Adapun kelengkapan pada *Sea Chest* adalah sebagai berikut :

a) *Sea grating*

Sea grating adalah saringan atau kisi-kisi yang dipasang pada *sea chest* untuk mencegah masuknya benda-benda yang tidak dikehendaki dari laut ke dalam sistem pipa dalam kapal. Jadi fungsi *sea grating* adalah menyaring air laut sebelum masuk kedalam kotak *sea chest*, yang merupakan saringan awal sebelum air laut masuk ke sistem melewati *strainer* dan *filter*nya.

Sea grating ini diikat menggunakan baut yang tahan korosi yang kemudian baut-baut ini antara satu dan lainnya diikat atau dikunci dengan menggunakan kawat agar baut tidak mudah lepas.

b) Pipa peniup udara

Pipa ini menghubungkan antara kotak *sea chest* dengan kompresor atau tabung udara tekan, yang digunakan untuk meniupkan udara ke kotak *sea chest*, apabila kisi-kisi *sea chest* kotor atau tersumbat oleh kotoran-kotoran yang mengakibatkan suplai air laut keseluruh sistem tidak lancar sehingga mengurangi debit air yang dibutuhkan. Untuk stop atau meniup udara diatur oleh satu *valve* yang dapat dioperasikan secara manual atau

otomatis yang dapat dikendalikan dari kamar mesin.

2) Katup (*valve*)

Semua sistem perpipaan dalam kamar mesin selalu dilengkapi dengan *valve* yang berfungsi sebagai pintu untuk membuka dan menutup aliran air laut, sebagai pengaman pula bila suatu saat aliran air harus dipompa karena kebocoran, atau karena untuk pemadam kebakaran dan lain-lain. Untuk ukuran *valve* harus disesuaikan dengan ukuran pipanya.

3) Saringan (*Strainer*)

Strainer adalah suatu alat yang berbentuk silinder dan biasanya dipasang setelah *sea chest*. Alat ini berfungsi sebagai jebakan kotoran yang lolos masuk dari *sea grating* ke dalam *sea chest* dan tertahan didalam *strainer* yang dipasang semacam saringan dengan ukuran lubang yang lebih kecil. Kotoran tersebut bila tidak tersaring dan diendapkan pada *strainer* maka akan masuk kedalam sistem air laut dalam kamar mesin dan lain-lain. Terutama pada pompa-pompa sehingga bisa menyumbat impeller. Pada periode waktu tertentu *strainer* harus dibuka untuk dibersihkan bersama dengan saringannya. Penampang *strainer* kurang lebih 1,5 sampai dengan 2 kali penampang pipanya.

4) Pompa

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap, menyalurkan dan menekan air laut ke dalam sistem sebagai pendingin, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan ke bagian yang didinginkan. Ada beberapa macam pompa dengan berbagai fungsinya tapi pada umumnya untuk pendingin dikapal menggunakan pompa air laut jenis sentrifugal atau vertical.

b. Sistem Pendinginan Tidak Langsung (Tertutup)

Sistem pendinginan tidak langsung menggunakan dua media pendingin, yang digunakan adalah air tawar dan air laut. Air tawar dipergunakan untuk mendinginkan bagian-bagian mesin, sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar bersirkulasi dalam siklus tertutup. Sistem pendinginan ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian mesin secara merata.

Sistem pendinginan tidak langsung ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada sistem pendinginan langsung dan dapat mendinginkan secara merata. Keuntungan lain yang didapat dari sistem pendingin ini adalah kecilnya resiko terjadinya karat.

Kerugian sistem pendinginan tidak langsung adalah terlalu banyak menggunakan ruangan untuk penempatan alat-alat utamanya, sehingga konstruksi menjadi rumit. Daya yang dipergunakan untuk mensirkulasikan air pendingin lebih besar, karena sistem ini menggunakan banyak pompa sirkulasi.

3. Macam-Macam Media Pendinginan

Pada sistem pendinginan mesin dapat dilakukan dengan beberapa media pendingin, yaitu:

a. Media Pendingin Air

Air merupakan media pendingin yang baik karena air dapat mengambil 1 kkal pada tiap kg dan tiap derajat celcius. Sedangkan volume dari 1 kg air hanya 1 dm³.

1) Media pendingin air tawar

Media pendingin dengan menggunakan air tawar ini digunakan pada sistem pendinginan tak langsung. Proses pendinginannya dilakukan dengan proses pendinginan air tawar terlebih dahulu yang terletak di tangki penampung air tawar dengan menggunakan air laut melalui *Cooler/Heat Exchanger*. Setelah temperatur air tawar pada tangki

penampung menurun selanjutnya air tawar disirkulasikan ke bagian-bagian mesin yang memerlukan pendinginan, terutama ke bagian yang bergerak yang memiliki resiko kerusakan besar.

Untuk menjaga agar proses pendinginan pada mesin dapat berjalan dengan lancar maka perlu diperhatikan sirkulasi pendinginan tersebut. Biasanya akan terdapat karat yang terjadi akibat dari endapan-endapan mineral yang terkandung di dalam air. Apabila ini dibiarkan terus-menerus, maka seiring berjalannya waktu maka karat tersebut akan menyebabkan tersumbatnya sirkulasi air pendingin.

2) Media pendingin air laut

Media pendingin dengan menggunakan air laut ini digunakan pada sistem pendinginan secara langsung (terbuka). Proses pendinginannya dengan mensirkulasikan air laut secara langsung ke bagian-bagian mesin yang memerlukan pendinginan. Pada sistem pendinginan jenis ini diperlukan bahan pencegah pembentukan korosi terutama pada bagian di dalam blok silinder yang sering disebut *zinc anode*. Karena system ini sangat rentan sekali dengan korosi pada bagian-bagian yang dilalui oleh air laut dan memerlukan perawatan yang baik.

b. Media Pendingin Udara

Udara adalah bahan pendingin yang buruk karena dalam 1 kg udara atau kira-kira 0,77 m³ udara hanya dapat menerima 1 kJ tiap derajat Celcius. Panas jenis udara $\pm 1 \text{ kJ / kg derajat celcius}$. Oleh karena itu bahan pendingin ini hanya dapat dipergunakan jika:

- 1) Udara tersedia dalam jumlah yang besar.
- 2) Jumlah panas yang harus dikeluarkan adalah terbatas, seperti pada mesin yang kecil.

Pada umumnya semua mesin dengan pendinginan udara, silinder-silindernya dilengkapi dengan rusuk-rusuk pendingin. Rusuk-rusuk pendingin ini berguna untuk memperbesar luas permukaan yang dapat

menyerahkan panas kepada udara pendingin sehingga untuk mendinginkan menjadi lebih cepat.

c. Media Pendingin Minyak

Minyak lumas juga dapat dipakai sebagai pendingin, akan tetapi minyak tersebut hanya dapat mengambil 0,4 kkal pada tiap kg dan tiap derajat celcius. Sehingga kita harus menyediakan minyak yang cukup banyak agar dapat mengeluarkan panas yang besarnya sama dengan media pendingin air. (Romzana, HR, M. Mar. E, 2002)

Pada motor diesel, penggunaan minyak lumas hanya untuk melumasi bagian yang bergesekan seperti gesekan pada torak, poros engkol, bantalan, dan lain-lain. Bila ditinjau dari segi penyerapan panas, maka media pendingin minyak lumas memiliki lebih kecil dan rendah dibanding media pendingin air. Minyak pelumas digunakan sebagai media pendinginan permukaan yang panas dengan cara disemprotkan atau dialirkan pada bagian tersebut. Selain itu juga dapat digunakan untuk melumasi bagian-bagian yang saling bergesekan agar tidak cepat aus.

4. *Fresh Water Cooler / Heat Exchanger*

Fresh Water Cooler / heat exchanger adalah alat pemindah panas atau penyerap panas yang mana didalamnya terjadi pertemuan antara air tawar yang panas dari hasil penyerapan panas mesin diserap oleh air laut yang dingin sehingga air tawar yang keluar dari *cooler/Heat Exchanger* panasnya akan turun. Di dalam *cooler* yang berbentuk silinder terdapat lubang-lubang (*tube*) sebagai jalan masuknya air laut atau *cooler* yang berjenis *Plate / Heat Exchanger* (sekat) yang merupakan sejenis penukar panas untuk *fluid* yang didalamnya tersusun banyak sekat-sekat yang berfungsi sebagai pemisah (pembatas) antara *fluid* panas dan *fluid* dingin. Sekat-sekat tersebut juga berfungsi sebagai pengarah aliran.

Ada 2 (dua) cara perpindahan panas yang terjadi didalam *Plate Heat Exchanger* adalah secara:

a. Konduksi

Merupakan bagian yang penting dalam membawa panas melalui dinding logam dan lapisan tipis dari gas dan air yang berhenti dan bersinggungan dengan dinding (perpindahan panas melalui medium).

b. Konveksi

Bila cairan mempunyai suhu yang berbeda, kepadatan sebagian dari suhu tinggi menjadi lebih kecil dari pada yang bersuhu rendah disekitarnya, dan cairan bagian suhu yang tinggi naik dan mengalir. Panas dipindahkan dengan gerakan ini disebut Konveksi.

Jika *Cooler* dalam keadaan kotor maka penyerapan panas tidaklah akan maksimal karena terhalang oleh kotoran tadi. *Cooler* ini bisa dibilang salah satu bagian terpenting dalam proses pendinginan karena disinilah penyerapan dan peralihan panas terjadi sesuai dengan fungsinya.

5. Perawatan Pada Pompa Air Laut Pendingin Mesin Induk

Hadiyanto Gosali menyatakan dalam sebuah artikel yang diakses dari <http://hariyantogasali.co.id/2013/05> bahwa untuk melaksanakan kegiatan perawatan atau pemeliharaan secara fisik terhadap pompa air laut beserta instalasinya, pelaksanaannya dengan menggunakan strategi perawatan yang diantaranya:

a. Perawatan Berencana

- 1) Pemeriksaan pendahuluan sebelum pompa dijalankan pompa yang baru selesai dipasang atau sudah lama tidak dipakai harus terlebih dahulu diperiksa sebelum dijalankan.

- a) Pembersihan pada katup hisap dan pipa hisap

Jika selama perawatan instalasi pada pompa terdapat benda asing, kotoran maupun sampah dan segala macam bahan-bahan yang akan menghalangi atau akan merusak jika masuk kedalam pompa, maka harus segera dibersihkan dulu sebelum pompa digunakan.

Kebutuhan air pendingin yang banyak memerlukan suatu instalasi yang baik maka dari itu semua instalasi pendingin harus di rawat sebaik mungkin agar supaya selalu siap jika dibutuhkan.

Walaupun tidak menutup kemungkinan terjadi kerusakan akibat adanya proses kimia didalam pipa tetapi dengan perawatan yang baik dan terencana setidaknya akan memperlambat kerusakan sehingga menambah umur panjang dari instalasi tersebut.

b) Pemeriksaan kelurusan

Kelurusan poros pompa dan motor harus diperiksa. Hal ini diperlukan karena kelurusan dapat berubah oleh berbagai hal sebagai berikut :

- (1) Perubahan rumah pompa karena pemuaian dan pengerutan pipa-pipa.
- (2) Perubahan bentuk struktur bangunan dan kedudukan ketidaklurusan yang terjadi pada pompa dalam jangka panjang akan menimbulkan keausan yang cepat pada bantalan serta getaran yang besar pada pompa dan motornya.

c) Pemeriksaan minyak pelumas bantalan

Gemuk dan minyak untuk bantalan harus diperiksa kebersihan dan jumlahnya secara rutin.

d) Pemeriksaan dengan memutar poros

Poros harus dapat berputar dengan mudah dan halus jika diputar dengan tangan tanpa menggunakan tenaga besar dan pada saat akan berhenti akan ada *balance* dengan berputar kebalikannya kemudian berhenti.

e) Pemeriksaan pipa alat bantu

Semua katup *system* pipa pembantu seperti pipa pendingin harus terbuka penuh, jumlah dan tekanan air pendingin dan air pelumas harus sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.

f) Pengisian air (Pancingan)

Pompa harus dipancing dengan mengisi penuh pompa dan pipa hisap dengan air laut melalui pipa dari *sea chest* supaya didalam pompa tidak ada udara yang tersisa.

g) Pemeriksaan arah putaran

Pemeriksaan arah putaran biasanya dilakukan dengan terlebih dahulu melepas kopling yang menghubungkan pompa dan motor penggerak. Motor dihidupkan sendiri dan diperiksa putarannya sesuai dengan arah yang ditentukan. Setelah putaran sesuai maka kopling dipasang kembali. Tapi jika putaran terbalik maka segera periksa sambungan elektrik dari pada elektro motornya.

h) Penanganan katup keluar pada waktu *start*

Pada waktu *start*, katup tekan pada pipa keluar harus dalam keadaan tertutup penuh. Setelah pompa *distart*, katupnya lalu dibuka pelan-pelan dan manometer diamati terus sampai menunjukkan tekanan normal sebagaimana dinyatakan dalam spesifikasi pompa operasi dalam keadaan katup tertutup tidak boleh berlangsung terlalu lama karena zat cair di dalam pompa akan menjadi panas sehingga dapat menimbulkan berbagai kesulitan dalam keadaan katup tertutup pompa tidak boleh dijalankan lebih dari 5 menit.

2) Pemeriksaan pada kondisi operasi

Ada beberapa hal yang perlu diperiksa serta cara penilaian kasar tentang kondisi pompa baik pada waktu uji coba, maupun pada waktu operasi.

a) Pembacaan *pressure gauge*

Tekanan keluar dan tekanan hisap harus sesuai atau mendekati harga yang telah ditentukan atau diperhitungkan sebelumnya, serta tidak boleh berfluktuasi secara tidak normal. Jika ada benda asing yang menyumbat atau ada udara yang terhisap, maka

tekanan akan jatuh atau akan berfluktuasi secara tidak normal.

- b) Arus listrik yang dikonsumsi harus lebih rendah dari pada yang dinyatakan pada ampermeter, arus ini tidak berfluktuasi secara tidak normal. Jika ada benda asing atau pasir yang terselip pada celah sempit antara *impeller* dan rumah pompa, arus listrik dapat berfluktuasi secara tidak normal sebelum *impeller* macet.

3) Penanganan pompa cadangan

- a) Pompa cadangan (*standby pump*) harus dipersiapkan untuk dapat di *start* setiap saat. Untuk pelumasan dan pemeriksaan bantalan, *packing* atau *mechanical seal* harus terpasang dengan baik dengan kata lain tidak ada kebocoran.
- b) Pompa cadangan harus dioperasikan secara *periodic* jika tidak pernah dijalankan maka bagian dalam pompa dapat berkarat sehingga tidak dapat berputar. Dalam hal ini perawatan pompa perlu dijalankan sedikitnya sekali sebulan atau sekali seminggu selama kurang lebih 10 menit dalam keadaan normal. Supaya pompa tersebut dapat diketahui kesiapannya.
- c) Penanganan pompa yang tidak dipakai dalam jangka waktu yang lama.

Jika pompa tidak akan dioperasikan dalam jangka waktu lama, zat cair di dalam pompa harus dibuang dan pompa dikeringkan. Permukaan-permukaan pada bantalan, poros penekan *packing* dan kopling, harus dilumasi minyak atau zat untuk penahan korosi.

4) Pengelolaan

Ketentuan selanjutnya yang dipakai sebagai dasar pemikiran untuk melaksanakan pemeriksaan rutin adalah menentukan bagian-bagian yang akan diperiksa beserta jangka waktunya. Atas dasar petunjuk ini kondisi mesin pada saat pemeriksaan dibandingkan dengan keadaan standart yang diperoleh dari pemeriksaan-pemeriksaan sebelumnya.

Adapun frekuensi tersebut sebagai berikut:

a) Pemeriksaan harian

Hal-hal yang perlu diperiksa setiap hari adalah sebagai berikut:

- (1) *Temperature* pada permukaan rumah pompa harus dapat diraba dengan tangan.
- (2) Tekanan hisap dan tekanan keluar pada petunjuk *pressure gauge* harus dapat dibaca.
- (3) Kebocoran dari kotak *packing* atau *mechanical seal* diamati secara cermat.
- (4) Arus listrik harus dapat dibaca pada *amperemeter*.
- (5) Jumlah aliran pendingin yang ada didalam rumah pompa harus dirasakan dengan tangan, dilihat dan didengarkan.

b) Pemeriksaan bulanan

Setiap bulannya minimal tahanan disolasi pada motor pompa harus diperiksa secara rutin dengan cara di *megger* biasanya tahanan dari motor tidak boleh kurang dari 1 mega ohm (M Ω).

c) Pemeriksaan bantalan

- (1) Jika bantalan yang digunakan memakai cara pelumas cincin maka ini harus dapat berputar secara normal.
- (2) Jika rumah bantalan dipegang dengan tangan harus tidak terasa panas yang berlebihan. Jika diukur dengan *thermometer* biasanya bantalan diangkat normal lihat temperaturnya tidak lebih dari 40°C di atas temperatur udara disekitarnya.

d) Pemeriksaan getaran dan bunyi

- (1) Bila tangan diletakan diatas permukaan rumah pompa, harus tidak ada getaran-getaran yang berlebihan. Untuk pengukuran yang teliti, getaran dapat diukur dengan *vibrometer* pada

rumah bantalan dan pada motor. Nilai getaran yang diukur harus kurang dari 30 mm, pada 3000 rpm dan kurang dari 50 mm pada 1500 rpm.

- (2) Tidak boleh ada bunyi yang luar biasa karena kavitasi atau sunging maupun bunyi dari bantalan.
- (3) Pengamanan untuk penghentian pompa.

b. Perawatan Insidentil

Pengadaan perawatan insidentil serta berbagai gangguan pada pompa dan cara mengatasinya.

1) Pompa sukar di *vacum*

- a) Apakah katup isi tersumbat sampah atau benda asing bersihkan benda-benda asing tersebut.
- b) Apakah kedudukan katup tidak rapat atau aus: perbaiki katup atau ganti yang baru.
- c) Apakah ada kebocoran pada pipa isap, segera perbaiki.
- d) Apakah *packing* atau *mechanical seal* pada pompa dalam keadaan bocor, segera perbaiki atau ganti.
- e) Apakah dalam pompa terdapat udara: *drain* udara sampai habis.

2) Pompa tidak berputar setelah tombol start ditekan

- a) Apakah alat atau komponen listrik bekerja dengan baik?

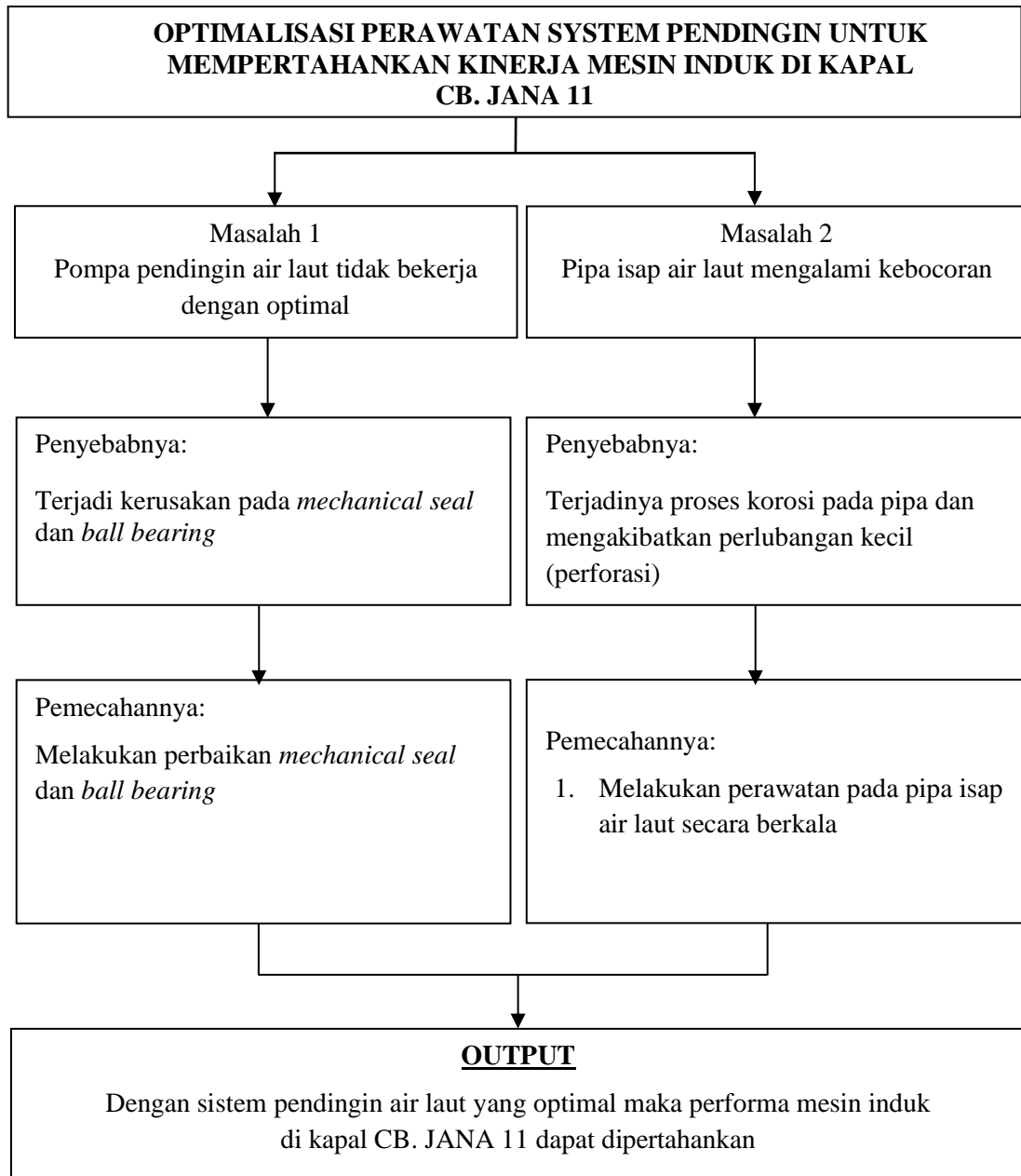
Ganti sekering jika putus. Jika pemutus sirkit terbuka tutup kembali, jika ada komponen lain yang tidak sekering bekerja dengan semestinya, perbaiki dan ganti atau cari sebab-sebab lain pada komponen listrik dan perbaiki kalau ada penyimpangan tersebut.

- b) Apakah pompa dapat diputar dengan tangan ? periksa *packing* atau *mechanical seal*, *bearing* maupun koupling beri pelumasan jika ada yang rusak salah satunya segera ganti.
 - c) Apakah ada benda asing tersangkut didalam pompa ?
Keluarkan benda asing tersebut.
 - d) Jika motor terbakar atau putus lilitannya: segera ganti motor.
- 3) Motor mengalami pembebanan lebih:
- a) Apakah tegangan jala-jala terlalu rendah : periksa tegangan jala-jala.
 - b) Apakah penekan *packing* menekan terlalu keras : kendorkan penekan *packing*.
 - c) Apakah ada benda asing yang menyumbat bagian yang berputar :
Keluarkan benda asing.
 - d) Apakah Ball Bearing rusak : segera ganti.
- 4) Bunyi dan getaran terlalu berlebihan
- a) Apakah kelurusan kopling berubah : perbaiki kelurusan.
 - b) Apakah pondasi atau penumpu pipa kurang kokoh : periksa kembali pondasi dan bila perlu diperkuat.
 - c) Apakah ada udara masuk : kencangkan sambungan pipa dan jika ada kebocoran pada pipa segera perbaiki.
 - d) Apakah ada benda asing tersangkut di dalam pipa : keluarkan benda asing.
 - e) Apakah bagian tidak berputar karena *impeller* aus : seimbangkan kembali *impeller* atau ganti dengan yang baik.
- 5) Kebocoran pada *mechanical seal*
- a) Apakah *mechanical seal* bocor: segera ganti.

- b) Apakah *mechanical seal* sesuai ukurannya: samakan jika ganti dengan yang baru.
 - c) Apakah kualitas *mechanical seal* baik: pastikan yang akan dipasang berkualitas baik.
- 6) Kebocoran dan pemanasan *packing*
- a) Air bocor dari *packing* tekan.
 - (1) Apakah penekan *packing* cukup tekanannya: kencangkan tekanan *packing* sampai air yang bocor dari kotak *packing* mengecil dan menetes dari jumlah yang memadai.
 - (2) Apakah *packing* terlalu pendek sehingga celah terlalu besar : ganti dengan *packing* yang panjangnya sesuai.
 - (3) Apakah *packing* sudah buruk dan selubung poros aus: ganti *packing* yang anti selubung poros.
 - b) *Packing* tekan terlalu panas
 - (1) Apakah penekan *packing* dikencangkan secara berlebihan setelah penekan *packing* tidak ada yang menetes keluar dari kotak *packing*.
 - (2) Apakah tekanan dalam pompa terlalu tinggi untuk *packing* yang ada ganti *packing* dengan jenis yang sesuai untuk tekanan tinggi.
 - c) Air bocor dari *shaft* pompa
 - (1) Apakah permukaan yang saling bergesek menjadi cacat karena kemasukan benda asing permukaan dirasakan dan dihaluskan dengan lap atau ganti baru.
 - (2) Apakah *shaft* pompa sudah aus karena gesekan: segera ganti dengan yang baru sebab biasanya merusak pada yang lain.
 - (3) Apakah *packing* pada bagian perapat rusak ganti *packing*.

B. KERANGKA PEMIKIRAN

Agar lebih mudah dipahami berikut penulis tuangkan kerangka pemikiran makalah ini dalam bentuk gambar:



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Berdasarkan pengalaman penulis selama bekerja di atas kapal CB. JANA 11 sejak periode bulan Desember 2019 sampai dengan bulan Januari 2021, menemukan beberapa permasalahan terkait sistem pendingin air laut diantaranya yaitu:

1. Pompa Pendingin Air Laut Tidak Bekerja Dengan Optimal

Pada tanggal 10 Agustus 2020 saat kapal dalam pelayaran tiba-tiba tekanan pada pompa pendingin air laut masuk *Heat Exchanger* turun dari batas normal yaitu: 3,00 bar menjadi 1,96 bar sehingga suhu / temperatur air tawar pendingin mesin induk kiri menjadi panas 90°C yang dimana suhu normalnya antara 70°C-80°C untuk Mesin Induk. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan ternyata pada pompa pendingin Mesin induk kiri mengeluarkan air dari tempat *mechanical seal* dan bunyi yang keras serta getaran pada badan pompanya pada saat dibuka ditemukan banyak sampah menutupi lubang *impeller* dan saringannya juga banyak sampah akibat dari kotornya alur pelayaran yang dilalui karena memasuki daerah perairan pantai.

Semua penyebab di atas akan mengurangi masuknya air laut kepompa, dengan berkurangnya air laut masuk maka tekanan air pun otomatis akan turun dan mengakibatkan suhu air pendingin mesin induk menjadi panas melewati batas yang diijinkan dikarenakan kinerja pompa pendingin mesin induk. Kejadian ini sering terjadi karena daerah-daerah yang dilalui adalah daerah dekat pesisir pantai yang selalu ada sampah daun-daun maupun ranting sehingga saringan induk air laut cepat kotor dan tersumbat dengan sampah maupun ranting tersebut dan selalu ada yang terisap oleh pompa sehingga menutupi sudu-sudu *impeller* dan sebagian sampah kecil masuk ke pipa-pipa pendingin dan Heat Exchanger air tawar sehingga lambat laun menumpuk menutupi permukaan *Heat Exchanger* yang berakibat penyerapan panas akan berkurang. Perlu diketahui bahwa pompa pendingin air laut di atas kapal CB.

JANA 11 terdiri dari 4 unit, 3 diantaranya untuk Mesin Induk kiri, kanan dan tengah yg menempel langsung ke *Body* mesin sedangkan yang 1 sebagai pompa cadangan *GS Pump* bilamana ada salah satu dari pompa bermasalah maka pompa yang cadangan dijalankan.

Kejadian yang terus menerus ini akan mengakibatkan kerusakan pada pompa-pompa terutama *mechanical seal*, *impeller*, *bearing* maupun pada badan pompa dikarenakan terjadinya gesekan karena putaran tidak stabil.

2. Pipa Isap Air Laut Mengalami Kebocoran

Pada tanggal 24 September 2020 terjadi kebocoran pada pipa isap air laut . Dengan adanya kebocoran tersebut kinerja pompa menjadi tidak optimal dilihat dari *pressure gauge* yang naik turun disebabkan pompa kadang isap kadang tidak jika keadaan ini tidak segera perbaiki maka pompa tidak bisa bekerja dengan sempurna untuk mendinginkan bagian-bagian yang seharusnya didinginkan. Adapun masalah lain yang sering terjadi di kapal dengan kurang baiknya system air laut adalah sebagai berikut:

Di kapal CB. JANA 11 terdapat 3 mesin induk pada posisi kiri, kanan dan tengah dan di lengkapi dengan 3 *sea chest* pada masing masing mesin sedangkan *sea chest* di bagian samping dipergunakan untuk keperluan *GS pump* dan *Emergency fire pump*.

Disini penulis mengalami kejadian yaitu pompa pendingin air laut terutama pada mesin utama sebelah kiri tidak bisa menghisap air laut dikarenakan di dalam sistem pompa tersebut terdapat banyak udara yang bisa diketahui dengan membuka pipa *pressure gauge* dan yang keluar bukanlah air laut melainkan udara yang terus menerus.

B. ANALISIS DATA

Dari rumusan masalah yang penulis uraikan pada bab diatas maka penulis menganalisis data dengan mencari penyebab permasalahan untuk menemukan pemecahannya diantaranya yaitu:

1. Pompa Pendingin Air Laut Tidak Bekerja Dengan Optimal

Penyebabnya adalah:

Terjadi Kerusakan pada *Mechanical Seal* dan *Ball Bearing*

Pada pompa pendingin air laut terdapat *mechanical seal* yang terdiri dari dua permukaan kontak, yang satu diam dan melekat pada rumah pompa terbuat dari bahan keramik, dan lainnya terbuat dari bahan karbon yang berputar melekat pada poros, kedua kontak permukaan berfungsi untuk mencegah kebocoran antara rumah pompa dan poros yang berputar. Kebocoran pada *mechanical seal* akan mengakibatkan air laut keluar dari pompa pada saat mesin induk berputar dan dengan otomatis tekanan pada pompa akan berkurang sehingga sistem pendinginan kurang bekerja secara normal. Kebocoran pada *mechanical seal* dapat juga disebabkan oleh pemakaian *spare part* yang tidak asli dan pemasangan yang kurang baik yang menyebabkan kedua permukaan kontak yang selalu bergesekan menjadi panas, dan mengakibatkan kedua permukaan *seal* menjadi aus dan terjadi pengurangan tekanan sistem pendingin yang diakibatkan dari kebocoran.

Pada rumah *bearing* juga terdapat *seal* karet (*oil seal*) yang fungsinya sama seperti *mechanic seal* untuk mencegah kebocoran, namun pada *seal* karet harus mendapatkan pelumasan. Kurang atau tidak adanya pelumasan pada *seal* karet akan menyebabkan panas karena gesekan, dan ini akan menyebabkan karet memuai atau menjadi lunak dan terjadi kebocoran. Selain itu usia daripada pemakaian barang yang melebihi batas waktu menyebabkan *seal* karet tidak elastis lagi dan dapat mengakibatkan kebocoran.

Pada pompa *centrifugal* (sentrifugal) salah satu komponen yang penting adalah *bearing* sebagai penumpu poros untuk menggerakkan *impeller* pada pompa *centrifugal* (sentrifugal), agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Akibat adanya gaya-gaya yang timbul sebagai akibat dari putaran pompa timbul gaya aksial dan menghasilkan getaran yang menyebabkan *bearing* tidak dapat mengatasi gaya-gaya yang timbul tersebut, yang mengakibatkan *bearing* mudah

mengalami kerusakan, kerusakan *bearing* akan menahan putaran pompa menjadi tersendat.

Adapun faktor-faktor menyebabkan kerusakan *bearing* pada pompa pendingin air laut, yaitu :

1) Adanya poros yang tidak lurus.

Dimana kedudukan poros pompa tidak lurus dan mengakibatkan getaran yang sangat tinggi (*Vibration*), pemasangan yang tidak lurus tersebut akan menimbulkan getaran pada saat berputar yang dapat merusak *bearing*. Kemiringan dalam pemasangan *bearing* tidak menumpu poros dengan baik, mengakibatkan timbulnya getaran yang akan merusak *bearing* tersebut.

2) Tidak seimbangya *impeller*.

Pada bagian pompa yang berputar seperti *impeller* dan kopling yang tidak seimbang (*Balance*) atau salah satu titik pada bagian yang berputar memiliki berat yang tidak seimbang, sehingga pada waktu berputar mengakibatkan putaran mengalami perubahan gaya disalah satu titik putaran, yang lama kelamaan akan merusak *bearing* tersebut.

3) Kurangnya pelumasan pada *bearing*

Bearing yang berputar harus mendapatkan pelumasan untuk memperkecil gesekan, karena kebocoran pelumasan dari *seal bearing* menyebabkan pelumas atau *stemplet (Grease)* terbuang yang mengakibatkan *bearing* kurang atau tidak adanya pelumasan. Dan kebocoran pada *seal* tersebut juga menyebabkan terkontaminasinya minyak lumas oleh air laut bilamana *mechanic seal* bocor, hal tersebut dapat merusak *bearing* dengan cepat.

4) Adanya kerusakan pada *Impeller* pompa

Impeller adalah salah satu bagian pompa yang berputar dan berfungsi mengalirkan air laut dalam sistem, dimana sistem pendingin dialirkan ke mesin induk dengan tekanan yang dihasilkan dari pompa melalui *impeller*. Kerusakan pada *impeller* dapat mengganggu kurangnya tekanan pada sistem pendingin, kerusakan pada *impeller* sering terjadi

adanya pengikisan atau keretakan pada dudukkan *impeller* hingga patah. Kebanyakan kerusakan tersebut diakibatkan dari getaran (*Vibration*) dan tidak seimbangny putaran *impeller* pada pompa atau jam kerja pompa sudah melampaui batas yang ditentukan.

Penulis pernah mengalami pada saat pompa dijalankan terdapat bunyi, getaran dan putaran yang tidak normal, setelah dicek ternyata sumber dari suara dan getaran tersebut adalah diakibatkan oleh *bearing* yang rusak. Akibatnya kinerja dari *impeller* pada pompa tidak stabil yang dapat mengakibatkan getaran pada pompa dikarenakan terjadinya gesekan sehingga mengakibatkan bagian dari pompa menjadi ikut terpengaruh oleh getaran gesekan tersebut, sehingga pompa tidak dapat bekerja secara optimal dan menyebabkan produksi dari pompa menurun. Air laut yang telah masuk kedalam ruang *impeller* akan ditekan keluar oleh pompa dengan tenaga penggerak motor listrik disini Air laut akan ditekan keluar oleh *impeller* akibat gaya sentrifugal dengan dihubungkan satu poros dengan motor listrik melalui saluran keluar yang berbentuk *konis*. Permulaan dari rumah keong adalah bagian yang sempit, kemudian melebar semakin jauh semakin lebar dan akhirnya keluar dari bagian ini adalah bagian yang paling lebar dan cairan itu akan bergerak dan menuju ke arah keluar dari pompa menuju *cooler/ Heat Exchange*

2. Pipa Isap Air Laut Mengalami Kebocoran

Penyebabnya adalah:

Perpipaan pada sistem pendingin air laut di atas kapal sangat rentan terhadap kebocoran yang diakibatkan kurangnya perawatan. Pipa air laut mengalami *perforasi* (perlubangan kecil) sehingga menipis dan menyebabkan kebocoran, *fluid* yang mengalir pada sistem pendingin air laut diusahakan semaksimal mungkin agar stabil pada tekanan 2.0 bar sesuai dengan kebutuhan sirkulasi pada sistem pendingin. Pemeriksaan terhadap pipa-pipa sangat diperlukan agar aliran dari air laut dan air tawar dalam sirkulasi tidak berkurang alirannya dan lancar. Sesuai dengan

fungsinya sistem pipa pendingin adalah sebagai sarana untuk mensirkulasikan air tawar dan air laut dalam sistem. Jadi jika ada kebocoran pada pipa secepatnya diatasi baik untuk sementara ataupun dengan mengadakan penggantian pipa yang baru, karena kalau hal ini sampai berlangsung lama, maka akan mengurangi tekanan pada sistem pendingin.

Pada pipa-pipa air laut selain memiliki kelemahan-kelemahan oleh karena bawaan material pipa itu sendiri yang cacat produksi faktor lain yang menyebabkan pipa bocor adalah terjadinya proses korosi pada pipa. Untuk memahami lebih jauh tentang jenis-jenis korosi, mekanisme terjadinya proses korosi suatu logam dapat di pelajari di ilmu-ilmu kimia.

Pada analisa ini secara garis besarnya atau umum yang dikenal mengenai korosi yaitu dimana terjadi peristiwa kerusakan atau degradasi material logam akibat bereaksi secara kimia dengan lingkungan. Sesuai pengamatan di lapangan dimana korosi terjadi pada bagian dalam pipa pendingin air laut, maka dari beberapa jenis korosi yang diklasifikasi menurut bentuknya yang perlu dipahami dan yang terjadi di pipa-pipa pendingin air laut antara lain;

- 1) Korosi merata (*uniform corrosion*) yaitu korosi yang terjadi pada suatu permukaan logam akibat reaksi kimia karena PH air yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis. Biasanya terjadi pada pelat baja.
- 2) *Erosion corrosion* yaitu korosi yang ditimbulkan gerakan cairan atau paduan antara bahan kimia yang terkandung pada air laut dan gesekan mekanis fluida. Korosi ini terjadi pada pipa dan *impeller*.
- 3) *Galvanic corrosion* terjadi bila dua logam yang berbeda berada dalam satu larutan elektrolit.
- 4) *Crevice corrosion* adalah korosi yang terjadi pada celah-celah yang sempit.
- 5) *Pitting corrosion* adalah permukaan pelat terjadi lubang yang semakin lama akan bertambah dalam dan akhirnya dapat menembus pelat.

Kebocoran akibat *erosion corrosion* sering ditemukan pada pipa-pipa

setelah pompa air laut sedangkan kebocoran pada pipa isapan pompa air laut adalah karat bakteri atau karat yang disebabkan adanya bakteri di dalam rongga-rongga pipa. Karat bakteri atau karat akibat mikroorganisme laut yang terdapat pada pipa yaitu keberadaan bakteri tertentu yang hidup dalam kondisi tanpa zat asam akan mengubah garam sulfat menjadi asam yang reaktif dan menyebabkan karat, namun secara umum jika terdapat zat asam maka laju pengkaratan pada besi relatif lambat namun pada kondisi seperti di atas pengkaratan masih terjadi dan dalam kasus ini sering terjadi pada pipa- pipa air laut khususnya pipa isap pompa. Kejadian ini sesuai dengan penulis alami yaitu apabila rongga rongga pipa dibersihkan dari karat dan kotoran yang ada di dalam maka timbul bau busuk dari pipa sehingga disimpulkan bahwa karat dan kotoran yang menyatu pada bagian dalam pipa mengandung bakteri yang merusak pipa, sebab setelah pipa bersih maka kondisi pipa semakin menipis dan kadang-kadang kalau membersihkannya dengan benda tajam seperti *wire brush* maka pipa dapat bocor dengan mudah tanpa ada tekanan pada permukaan yang dibersihkan.

C. PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan analisis data yang telah membahas penyebab permasalahan, maka penulis mencari pemecahan perawatan sistem pendingin air Laut untuk peningkatan kinerja Mesin Induk CB. JANA 11, diantaranya yaitu:

1. Alternatif Pemecahan Masalah

a. Pompa Pendingin Air Laut Tidak Bekerja dengan Optimal

Alternatif pemecahan masalahnya sebagai berikut:

Melakukan Perbaikan *Mechanical Seal* dan *Ball Bearing*

Mechanical seal yang aus atau rusak harus diganti dengan suku cadang yang baru dan berkualitas agar kedap udara kembali. Jadi pada waktu pompa air laut bekerja tidak menghisap udara luar. Apabila udara masuk lewat *Mechanical Seal* ini, maka pompa kerja tidak normal. Dalam penggantian *bearing* dan *mechanic seal* pompa harus dalam keadaan “STOP, buka kopling pompa lepas *neeple* pendingin

dan buka baut penahan rumah *mechanic seal* serta *bolt body* pompa kemudian lepas rumah pompa dan keluarkan *shaft* pompa, kemudian lepas ikatan *impeller* dan keluarkan *mechanic seal* beserta *bearing*-nya ganti dengan *sparepart* yang ada dikapal lalu pasang kembali.

Sedangkan *ball bearing* mempunyai peranan, karena jika *bearing* ini rusak sebaiknya cepat dilakukan penggantian dengan yang baru dan berkualitas karena dapat merusak bagian lain dari pompa seperti *impeller* atau kipas akan menjadikan gerakannya tidak stabil yang mengakibatkan *impeller* atau kipas bergesekan dengan rumah pompanya. Oleh karena itu harus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Pengecekan terhadap material *Bearing* pompa air laut

Untuk pengecekan terhadap bahan material *bearing* bisa dilihat dari bentuk *bearing* dan bisa dicek visual dengan cara memutar *bearing* pada *shaft*, apabila masih dalam keadaan bagus, maka *bearing* tersebut akan berputar dengan halus, dan untuk *mechanic seal* bisa dicek dari bentuk pegas (*spring*) masih bekerja atau tidak, untuk permukaan karbon yang selalu bergesekan juga dicek ada atau tidaknya karbon yang tidak rata begitu pula dengan karet *seal*nya masih elastis atau tidak.

2) Penggantian *bearing* pompa air laut.

Untuk penggantian *bearing* bisa dilakukan jika *Shaft* pompa dicek sudah dalam keadaan goyang dan bila pompa dijalankan akan terjadi getaran dan suara yang kencang itu merupakan salah satu tanda *bearing* rusak. Penggantian dilakukan dengan cara membuka rumah *bearing* dari rumah *impeller* pompa selanjutnya baut *impeller*, *mechanical seal*, kopling pompa dan *cover bearing* kemudian *shaft* pompa dikeluarkan. Setelah dilepas buka *bearing* yang rusak dan ganti dengan baru lalu pasang kembali sesuai urutannya.

- 3) Pengecekan dan penggantian apabila poros pompa tidak lurus (*Misalignment*)

Bila melakukan pengecekan atau penggantian poros pompa (*Shaft pump*) yang tidak lurus biasanya dibawa ke darat atau bengkel untuk diperbaiki dengan menggunakan mesin bubut untuk dilakukan penyenteran poros pompa dengan alat (*Alignment dial indicator*), bila poros pompa tidak lurus (sudah tidak dapat dipakai) ganti poros pompa dengan suku cadang yang baru.

- 4) Pengecekan dan penggantian apabila *impeller* tidak seimbang (*Unbalance*)

Pengecekan *impeller* secara visual biasanya dilihat dari bentuk *impeller* apabila *body impeller* terkikis, maka putaran *impeller* tidak seimbang, putaran yang tidak seimbang akan berpengaruh terhadap putaran *bearing* dan poros, *impeller* yang seperti ini sudah tidak dapat dipakai lagi dan harus diganti dengan yang baru. Karena jika dipakai akan mengurangi daya isap maupun tekan disamping itu yang paling merusak pada komponen lain seperti bearing maupun badan pompa akibat gesekan

b. Pipa Isap Air Laut Mengalami Kebocoran

Alternatif pemecahan masalahnya adalah:

Melakukan Perawatan Pada Pipa Isap Air Laut Secara Berkala

Pada pipa sistem pendingin berguna untuk sarana jalannya air laut dalam sirkulasi sehingga aliran air dalam sirkulasi diharapkan tidak banyak hambatan maupun gesekan. Pipa-pipa ini penting untuk mendapat perawatan agar supaya banyaknya air masuk dan juga tekanannya yang disirkulasikan tetap stabil. Terutama hambatan air dalam sirkulasi adalah terdapatnya kerak-kerak yang menumpuk pada pipa-pipa instalasi yang mengakibatkan terganggu dan terhambatnya kelancaran sirkulasi air untuk penyerapan panas.

Dalam sistem ini juga sering ditemukan korosi ataupun kebocoran

pada pipa. Untuk mencegah dan mengurangi kerak-kerak dan korosi pada pipa ialah dengan memasang *zinc anode* di dalam *strainer* sebagai jalan masuk pertama sebelum pipa, atau jika ada pergantian pipa dengan yang baru, maka pipa tersebut harus diberi cat dasar dulu dan setelahnya dicat untuk mengurangi dan memperlambat terjadinya korosi.

Perawatan pada system pipa pendingin ataupun penggantian pipa yang mengalami kebocoran diusahakan dengan memakai pipa yang kualitasnya lebih baik. Dengan harapan bisa dipergunakan dalam jangka waktu yang lama. Seperti diketahui bahwa pipa air laut bocor dapat diakibatkan oleh korosi. Untuk mengurangi laju korosi pada pipa-pipa pendingin air laut adalah dengan rnenggunakan metode-metode pengendalian korosi antara lain:

a) Perlindungan mekanis

Perlindungan mekanis atau pengendalian korosi dengan lapisan penghalang dengan cara dicat menggunakan cat *anti fouling (anti foulant paint)* pada pipa yang baru di ganti, untuk mencegah agar permukaan logam tidak bersentuhan dengan udara dan air laut sehingga reaksi kimia reduksi untuk terjadinya pernentukan korosi dapat dihindari.

b) *Tin Plating* (Pelapisan dengan Timah)

Pelapisan dilakukan dengan cara *electrolysis*, yang disebut *electroplating*. Besi yang dilapisi timah tidak mengalami korosi karena tidak ada kontak dengan oksigen (udara) akan tetapi lapisan timah hanya melindungi besi selama lapisan utuh. Apabila lapisan timah tergores, maka justru mendorong atau mempercepat korosi besi hal itu terjadi karena potensial reduksi besi lebih negative daripada timah. Oleh karena itu, besi yang dilapisi timah akan membentuk suatu sel elektrokimia dengan besi sebagai anode.

c) *Galvanisasi* (pelapisan dengan *zinc*)

Berbeda dengan timah zinc dapat melindungi besi dari korosi

sekali pun lapisannya tidak utuh. Hal ini terjadi suatu mekanisme yang disebut perlindungan katode. Oleh karena potensial reduksi besi lebih positif dibandingkan zinc, maka besi yang kontak dengan zinc akan membentuk elektrokimia dengan besi sebagai katode. Dengan demikian, besi terlindungi dari zinc yang mengalami oksidasi.

d) *Cromium Plating* (Pelapisan dengan kromium)

Besi atau baja juga dapat dilapisi dengan kromium untuk memberikan lapisan perlindungan. Kromium plating juga dilakukan dengan elektrolisis sama seperti *zinc*. Kromium dapat memberikan perlindungan sekali pun lapisan kromium itu ada yang cacat atau rusak.

e) Menggunakan *sacrificial zink anode* yang ada sertifikatnya.

Telah disebutkan juga sebelumnya fungsi penggunaan *anode* karbon. Penggunaan logam aluminium yang lebih aktif akan bertindak sebagai *anode* yang teroksidasi dan besi pipa akan menjadi katode (*cathode*) dimana reduksi oksigen berlangsung, bahan ini sengaja dikorbankan (habis termakan korosi) untuk melindungi besi pipa yang dilalui air laut yang korosif.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. Pompa Pendingin Air Laut Tidak Bekerja dengan Optimal

Melakukan Perbaikan *Mechanical Seal* dan *Ball Bearing*

Keuntungannya:

- a) Tekanan pompa pendingin air laut normal
- b) Pendinginan pada mesin induk lebih optimal, sehingga tidak terjadi *overheating*

Kerugiannya:

Membutuhkan waktu dan biaya untuk suku cadang

b. Pipa Isap Air Laut Mengalami Kebocoran

Melakukan Perawatan Pada Pipa Isap Air Laut Secara Berkala

Keuntungannya:

- a) Sirkulasi air pendingin lancar, sehingga sistem pendingin bekerja optimal
- b) Mudah untuk dilakukan dan biaya relatif murah

Kerugiannya:

- a) Membutuhkan ketelitian ABK mesin
- b) Membutuhkan pemahaman tentang prosedur perawatan

3. Pemecahan Masalah yang Dipilih

a. Pompa Pendingin Air Laut Tidak Bekerja Dengan Optimal

Berdasarkan hasil dari evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka pemecahan yang dipilih untuk mengatasi masalah pompa pendingin air laut yang tidak bekerja dengan optimal yaitu melakukan perbaikan *mechanical seal* dan *ball bearing*.

b. Pipa Isap Air Laut Mengalami Kebocoran

Berdasarkan hasil dari evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka pemecahan yang dipilih untuk mengatasi pipa isap air laut mengalami kebocoran yaitu dengan cara melakukan perawatan pipa secara berkala.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan pada bab sebelumnya tentang sistem pendingin air laut yang tidak bekerja secara optimal maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pompa pendingin air laut tidak bekerja dengan optimal disebabkan terjadinya kerusakan pada *mechanical seal* dan *ball bearing*, sehingga temperature air pendingin di luar batas normal.
2. Pipa isap air laut mengalami kebocoran di sebabkan terjadi nya proses korosi pada pipa isap dan mengakibatkan perlubangan kecil (Perforasi)

B. SARAN

Berdasarkan uraian kesimpulan di atas, agar kinerja sistem pendingin Mesin Induk dapat maksimal maka penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Disarankan crew mesin selalu melakukan pengecekan dan perawatan pada pompa pendingin air laut sehingga dapat bekerja dengan optimal (tekanan pompa normal)
2. Disarankan crew mesin melakukan perawatan pada pipa isap air laut secara berkala agar sistem pendingin air laut dapat bekerja dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1996 vol. III sec 11.1

Maanen, P. Van. (2000). *Motor Diesel Kapal*. Jilid 1. Nautech.

Romzana, HR. (2002). *Motor Diesel*. Jakarta: Yayasan Bina Citra Samudra

Hadiyanto Gosali. (2015). *Sistem Pendingin Di Kapal Niaga*. Jakarta: Rineka Cipta

Jusak Johan Handoyo. (2017). *Manajemen Perawatan Kapal*. Jakarta: Djangkar

DAFTAR ISTILAH

<i>Cooler</i>	: Alat pemindah panas untuk menurunkan temperatur air tawar.
<i>Expansion Tank</i>	: Tangki yang gunanya untuk menampung air pendingin kemudian didistribusikan ke mesin
<i>Filter</i>	: suatu alat untuk mentapis kotoran pada aliran zat cair-gas.
<i>Fresh Water Pump</i>	: Pompa pendingin air tawar atau yang biasa disebut dengan sistem pendingin tertutup.
<i>High Fresh Water Temperature</i>	: Suatu keadaan dimana suhu sistem pendingin air tawar sangat tinggi (melebihi batas normal).
<i>Impeller</i>	: Semacam piringan berongga dengan sudu-sudu melengkung di dalamnya dan dipasang pada poros yang digerakkan oleh motor listrik.
<i>Mechanical Seal</i>	: Suatu alat mekanis yang berfungsi untuk mencegah kebocoran fluida dari ruang/wadah yang memiliki poros berputar.
<i>PMS (Planned Maintenance System)</i>	: Suatu sistem perencanaan pemeliharaan kapal yang berisi hal-hal yang harus dilakukan dalam perawatan dan pemeliharaan kapal.
<i>Sea Chest</i>	: Tempat isapan air laut sebelum diisap oleh pompa.
<i>Strainer</i>	: Saringan pencegah kotoran agar tidak masuk ke dalam sistem.
<i>Overheating</i>	: Suhu mesin yang melebihi batas normal sehingga mengakibatkan panas berlebihan.
<i>Zink Anode</i>	: Batang zink yang gunanya menyerap mengurangi ion atau unsur garam.

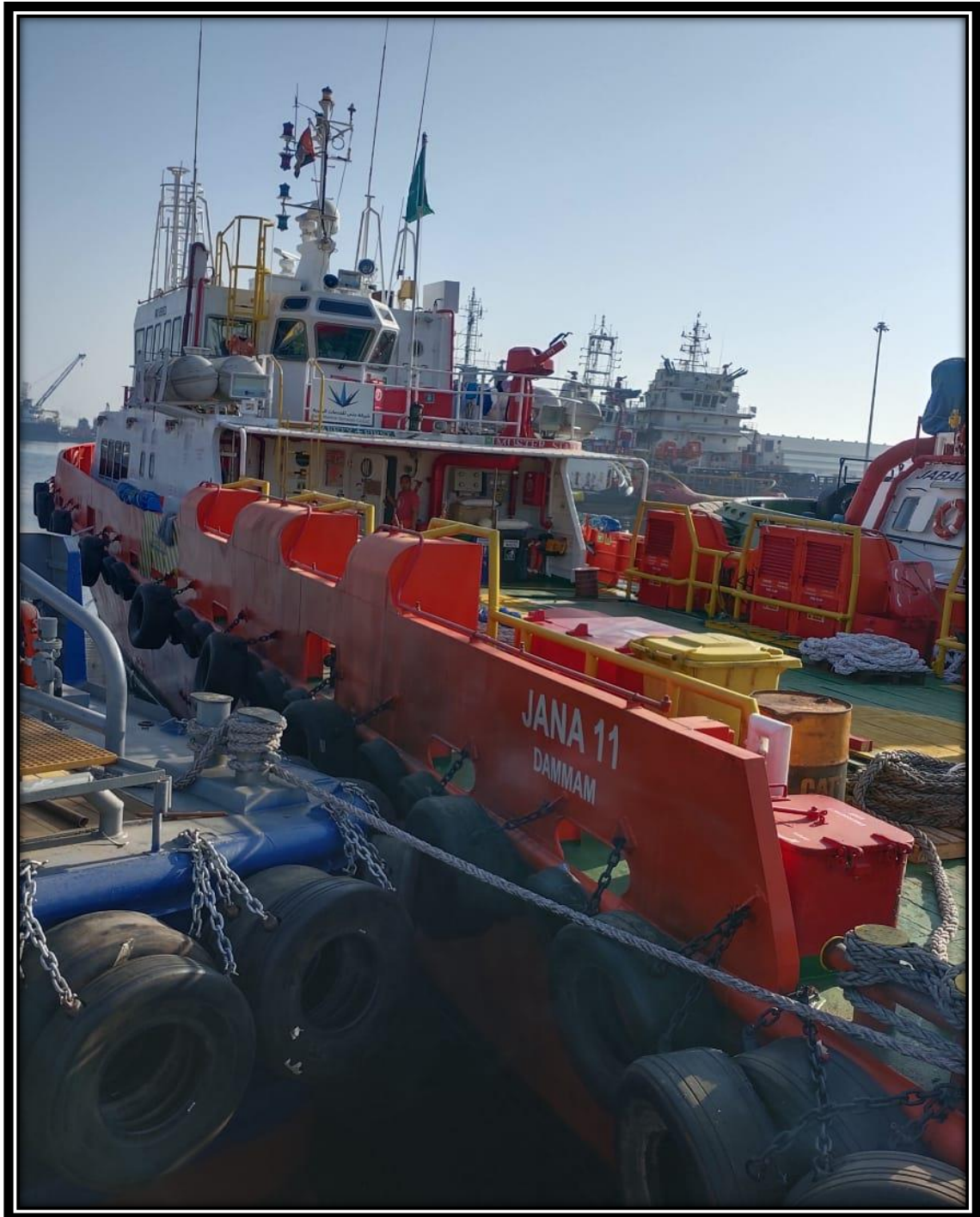
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Gambar kapal CB. JANA 11

Lampiran 2 : Gambar data kapal CB. JANA 11

Lampiran 3 : Gambar pompa air laut ME Cummins (JABSCO)

Lampiran 1 : Gambar kapal CB. JANA 11



Gambar 1 : Gambar Kapal CB. JANA 11

Lampiran 2 : Gambar data kapal CB. JANA 11



SHIPS PARTICULAR

JANA -11

VESSEL NAME	JANA - 11
CALL SIGN	HZG 0274
OFFICIAL NUMBER	1223
IMO NUMBER	9599523
MMSI NUMBER	403798710
BUILDER	PENGUIN SHIPYARD INTERNATIONAL PTE. LTD. SINGAPORE 2010
HULL NUMBER	H167
PORT OF REGISTRY	DAMMAM
GRT/NRT	235/71
DWT	115.83
L.O.A	36.00 METER
L.B.P	33.20 METER
BREADTH MOULDED	7.60 METER
DEPTH MOULDED	3.65 METER
MAX/DESIGN DRAFT	1.88 METER
TYPE OF VESSEL	36 METER ALUMINIUM CREW BOAT
CLASSIFICATION	AMERICA BUREAU OF SHIPPING
CLASS NOTATION	ABS*AI HSC, CREW AMS
PASSENGER CAPACITY	60 PERSONS
MAIN ENGINE	CUMMINS 3XKTA38-M2@1900RPMX1350 HP
AUXILIARY ENGINE	CUMMINS 2X6BT5,9DMIX80KW 415VX3PX 50 HZ
BOW TRUSTER	601-IP X 45KW X 50HZ X 2950 RPM 425V X73 A
PROPELLERS	D1210 X P 1480 X W.T 220 KGS
RUDDERS	2 pcs X 815 MM OVERALL LENGTH X 800 MM HEIGHT
DISPLACEMENT	223.79 TONS
LIGHT SHIP	106.19 TONS
DEAD WEIGHT	115.83 TONS
SHIPS SPEED	24 KNOTS
ANCHOR WEIGHT	135 KGS
ANCHOR LENGTH CABLE	125 METERS
FUEL OIL CAPACITY	16,859 USG 54.24 M/T = 63.811 MB
FRESH WATER CAPACITY	7,789 USG - 29.48 M/T
OWNER	JANA MARINE SERVICES CO.LLC
OWNER ADDRESS	706 BLUE TOWER (AL MUSA TOWER), KING FAISAL ROAD, AL YARMOUK, KHOBAR 34423, KSA



Gambar 2 : Gambar data kapal CB. JANA 11

Lampiran 3 : Gambar Pompa air laut ME Cummins (JABSCO)



Gambar 3 : Gambar Pompa Air Laut ME Cummins (JABSCO)



Gambar 3 : Gambar Pompa Air Laut ME Cummins (JABSCO)