

ANALISIS KEBOCORAN MINYAK HIDRAULIK *STEERING GEAR* LPG/C GAS WALIO TERHADAP KESELAMATAN KAPAL SESUAI *HAZOP*

Oleh:

Dwi Prasetyo¹, Nurcahyanto Achmad W.Lb²

¹Dosen Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

²Taruna Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

Email korespondensi : dwialfanerland@gmail.com

ABSTRAK

Steering gear merupakan peralatan penting yang berfungsi untuk membantu kapal berbelok ke arah kiri dan kanan. Menurut SOLAS'74, steering gear harus mampu memutar daun kemudi dari 35° kanan ke 30° kiri atau sebaliknya dalam waktu 28 detik. Untuk menggerakkannya, steering gear membutuhkan tekanan hidraulik yang cukup. Dalam pengoperasiannya, steering gear mengalami kebocoran minyak hidraulik sehingga mempengaruhi kinerja pengoperasiannya. Agar keselamatan olah-gerak kapal tidak mengalami gangguan yang lebih parah, maka dalam penelitian ini Penulis menggunakan pendekatan metode Hazop. Metode Hazop adalah suatu metode identifikasi bahaya yang sistematis teliti dan terstruktur untuk mengidentifikasi permasalahan yang mengganggu jalannya proses dan risiko pada suatu peralatan yang dapat menimbulkan risiko merugikan manusia atau fasilitas pada sistem. Maka diketahui dampak dan risiko serta penyebab adanya kebocoran minyak hidraulik pada steering gear, sehingga perlu upaya pengendalian risiko yang menjadikan pengoperasian steering gear tersebut tidak berdampak ke hal yang merugikan dan steering gear menjadi normal kembali.

Kata kunci : *Steering Gear, Kebocoran, Minyak Hidraulik, Hazop*

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam rangka memperlancar mobilitas barang, peranan alat transportasi sangatlah besar. Transportasi laut menjadi pilihan utama untuk pengangkutan barang, baik antar pulau, antar negara maupun antar benua sehingga perusahaan-perusahaan pelayaran sebagai penyedia jasa angkutan barang bersaing untuk menjadi yang terbaik.

Kapal merupakan sarana angkutan laut yang ekonomis dibanding angkutan darat

maupun udara karena kapasitas *volume* muat barang dan penumpang yang di angkut lebih besar. Hal - hal tersebut dapat dicapai apabila ditunjang dengan mesin kapal yang baik dan lancar dalam pengoperasiannya.

Salah satu permesinan yang menunjang dalam kelancaran pengoperasian kapal yaitu *steering gear*. Pesawat *steering gear* merupakan salah satu permesinan bantu yang berfungsi untuk mengubah dan menentukan arah gerak kapal, baik arah lurus maupun belok kapal, ke arah kiri (*port side*) dan

ke arah kanan (*starboard side*), dengan menggerakkan daun kemudi (*rudder*).

Adapun jenis *steering gear* di kapal LPG/C Gas Walio adalah tipe *rudder actuator* atau *rotary vane* dan menggunakan sistem elektrik hidrolik dalam pengoperasiannya. Pada *steering gear* tipe *rotary vane* digerakkan oleh pompa hidrolik, terdiri dari satu hidrolik aktuator yang dipasang langsung pada batang daun kemudi (*rudder stock*), dan dua unit pompa yang berfungsi memberikan tekanan minyak yang diperlukan untuk menggerakkan daun kemudi (*rudder*).

Rotary vane steering gear, prinsipnya sama dengan tipe dua ram hidrolik, mampu menghasilkan momen torsi maksimal 3000 KNm. Dilengkapi dengan manifold rotor dan stator. Antara rotor (*rotating vane*) dan stator (*fixe vane*) terbentuk ruangan yang dapat diisi dengan minyak hidrolik atau dikosongkan, sehingga jika dialirkan fluida dalam arah maju maka minyak akan mendorong sirip pemisah pada rotor dan mendorongnya sehingga memutar daun baling-baling dengan sudut tertentu, jika arah aliran dibalik maka daun baling-baling akan berputar kearah sebaliknya.

Minyak hidrolik dapat mengalir pada pipa-pipa *manifold* akibat kerja dari satu atau dua unit pompa hidrolik yang masing-masing digerakkan oleh elektrik motor. Minyak hidrolik mengalir dari tangki ekspansi menuju *manifold* dan kembali lagi masuk kedalam tangki penyimpanan minyak (*oil reservoir tank*) yang dilengkapi dengan *alarm* untuk mendeteksi permukaan minyak.

Pada pengoperasian normal, *steering gear* tipe *rotary vane* (SV650-3FCP) pada tekanan hidrolik 160 bar mampu menghasilkan tenaga putar maksimal sebesar

650 KNm untuk memutar 2x46 derajat sudut daun kemudi. Dengan tekanan tersebut, daun kemudi (*rudder*) dapat bergerak dari sisi kiri (*port side*) ke sisi kanan (*starboard side*) secara optimal dalam waktu ± 28 detik.

Namun, pada saat selesai pengoperasian olah-gerak kapal, terdapat tumpahan minyak di sekitar permesinan *steering gear*. Tumpahan minyak tersebut menjadikan tidak normalnya proses kerja dari *steering gear*. Tumpahan minyak semakin bertambah seiring dengan pengoperasian dari *steering gear* tersebut. Jika hal ini terus dibiarkan dapat mengakibatkan kerusakan pada *steering gear* sehingga biaya finansial perusahaan akan meningkat karena harus melaksanakan perbaikan atau pergantian *steering gear*. Untuk mencegah agar hal tersebut tidak terulang terus menerus maka diperlukan perawatan yang baik sesuai buku panduan dan kebijakan perusahaan.

Berdasarkan uraian tersebut, dalam mengidentifikasi risiko bahaya dan pengoperasian pada pesawat *steering gear* selama melaksanakan praktek berlayar, maka Penulis tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

B. Perumusan Masalah

1. Apa saja dampak dan risiko yang dapat di timbulkan dari kebocoran minyak hidrolik pada *steering gear* dalam keselamatan dan kelancaran di kapal ?
2. Apakah yang menjadi penyebab adanya kebocoran minyak hidrolik pada *steering gear* ?
3. Bagaimana upaya dalam menangani masalah kebocoran minyak hidrolik *steering gear* ?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui dampak dan risiko yang dapat ditimbulkan dari kebocoran minyak hidraulik dalam *pengoperasian steering gear*.
2. Mengetahui penyebab adanya kebocoran minyak hidraulik pada *steering gear*.
3. Memberikan informasi kepada pembaca tentang upaya dalam *mengatasi* masalah kebocoran minyak hidraulik pada *steering gear*.

KAJIAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Pengertian analisis

Menurut Edward de Bono (2007 : 34) analisis adalah bagian yang penting dari tradisi berpikir hingga hampir seluruh sistem pendidikan tinggi diarahkan untuk mengembangkan keterampilan menganalisis. Melalui analisis, kita membagi-bagi situasi yang rumit menjadi bagian-bagian yang lebih mudah ditangani. Melalui analisis, kita menemukan sebab suatu masalah dan menyingkirkannya.

2. Pengertian kebocoran

Menurut Murdiyarso (2003 : 82) kebocoran (*leakage*) adalah dampak tak-langsung proyek pengurangan emisi atau kebijakan yang menyebabkan peningkatan emisi di tempat lain.

3. Pengertian minyak hidraulik dan sifat-sifatnya

Menurut Smith (1984 : 273) minyak hidraulik adalah pelumas cairan yang digunakan dalam sistem hidraulik untuk transmisi daya, fungsi utama dari minyak

hidraulik adalah sebagai penghantar tekanan dan fungsi lainnya yaitu untuk pelumasan.

Beberapa sifat fluida hidraulik yang sangat berpengaruh terhadap fungsi utama fluida dan kualitasnya, antara lain :

- a. *Viscosity*, yaitu kekentalan fluida hidraulik.
- b. *Pour point*, yaitu temperatur terendah dimana fluida hidrolis, masih dapat mengalir.
- c. *Lubricating ability*, yaitu kemampuan fluida melumasi dua permukaan yang bergesekan.
- d. *Oxidation resistance*, yaitu ketahanan fluida dalam mencegah terbentuk oksidasi.
- e. *Rust and corrosion protection*, yaitu mencegah terjadinya proses karat dan korosi.
- f. *Demulsibility*, yaitu kemampuan fluida hidraulik untuk memisahkan diri dari air.

Secara ekstrim pompa hidraulik dapat beroperasi menggunakan oli dengan viskositas antara 750 sampai dengan 7 cSt atau ISO VG 7 sampai dengan ISO VG 750. Dan secara umum, minyak hidraulik yang digunakan oleh Rolls-Royce *steering gear* adalah sesuai DIN 51524 dan *pour point* harus di bawah suhu -30° C.

4. Pesawat *steering gear*

Menurut Wicaksono (2014 : 09) pesawat *steering gear* merupakan salah satu peralatan penting yang ada di dalam kapal. Berfungsi untuk membantu kapal berbelok ke arah kiri (*port side*) dan kanan (*starboard side*). *Steering gear* sendiri dapat berfungsi ketika kapal sedang bergerak.

Menurut tenaga utamanya, *steering gear* dibedakan menjadi empat macam, yaitu :

- a. Steam steering gear
- b. Electric steering gear
- c. Hydraulic steering gear
- d. Electric-hydraulic steering gear

Adapun *steering gear* tipe *rotary vane* terdapat tiga jenis *steering gear*, yaitu *rotary vane Tenfjord (SR series)*, *rotary vane Frydenbo (RV and IRV series)* dan *rotary vane Brown Brothers (naval application)*. Ketiga jenis *steering gear* tersebut memiliki cara kerja atau mekanismenya yang sama yaitu menggunakan tenaga penggerak elektrik-hidraulik. Sistem elektrik-hidraulik merupakan perpaduan antara dua sistem, sistem elektrik dan sistem hidraulik.

Menurut Hidayat (2014 : 08) sistem elektrik adalah suatu sistem dimana sistem kontrolnya diatur menggunakan *electric control*, transmisinya dan tenaganya juga menggunakan elektrik. Sedangkan sistem hidraulik yaitu sistem dimana pengontrolan dilakukan secara hidraulik yang disebut *telemotor*.

Sistem kerja dari *steering gear* tipe *rotary vane*, yaitu sinyal perintah diberikan melalui sebuah *electrical control* dari roda kemudi yang berada di *wheelhouse*. Perintah yang diberikan tadi diterima oleh perangkat *receiver* yang menjadi satu bagian pada *receiver unit* di dekat sistem transmisi. Kemudian sinyal tersebut diteruskan pada sistem hidraulik yang meliputi *running pump* untuk mengarahkan fluida. Jika fluida dialirkan dalam arah maju maka minyak akan mendorong sirip pemisah pada rotor dan mendorongnya sehingga memutar daun baling-baling dengan sudut tertentu, untuk memberikan gaya pada *rudder* agar dapat

bergerak. Jika arah aliran dibalik maka daun baling-baling akan berputar kearah sebaliknya.

Komponen pendukung *electric-hydraulic system* pada *rotary vane steering gear* :

- 1) Pompa (*pump*)
- 2) Pipa-pipa (*pipes*)
- 3) Katup distribusi (*distribution valve / valve block*)
- 4) Silinder hidraulik (*cylindrical rudderstock connection*)

5. Pengertian keselamatan

Menurut Handayani (2009 : 10) keselamatan berasal dari kata dasar selamat. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia arti selamat adalah terhindar dari bencana; aman sentosa; sejahtera; tidak kurang suatu apapun, sehat tidak mendapat gangguan; kerusakan; beruntung; tercapai maksudnya; tidak gagal.

6. Metode *Hazop*

a. Definisi dan tujuan *Hazop*

Hazop adalah suatu metode identifikasi bahaya yang sistematis teliti dan terstruktur untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang mengganggu jalannya proses dan risiko yang terdapat pada suatu peralatan yang dapat menimbulkan risiko merugikan bagi manusia/ fasilitas pada sistem (Efranto, 2013 : 254)

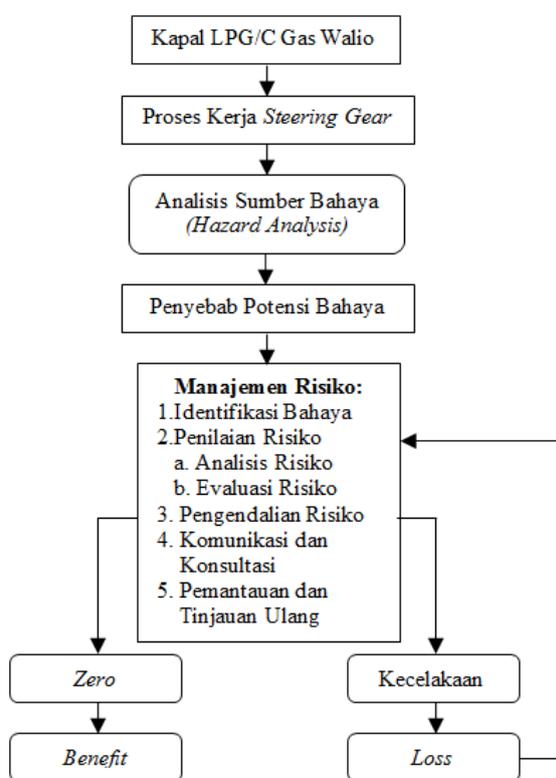
Tujuan penggunaan *Hazop* adalah untuk meninjau suatu proses atau operasi pada suatu sistem secara sistematis, menentukan apakah proses penyimpangan dapat mendorong kearah kejadian atau kecelakaan

yang tidak diinginkan dan berusaha mencari solusi tanpa harus melakukan percobaan (Efranto, 2013 : 254)

b. Konsep *Hazop*

Konsep dasar dari metode *Hazop* adalah probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. Item yang dipakai dalam definisi *Hazop* dapat mewakili semua komponen, subsistem atau sistem yang dapat dianggap satu kesatuan (Macdonald, 2004 : 01)

B. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

C. Definisi Operasional

1. Cylindrical rudderstock connection

Komponen ini berfungsi sebagai elemen akhir untuk menekan *rudder actuator* sehingga *actuator* bergerak memindahkan beban.

2. Valve block

Katup tersebut digunakan untuk mengontrol tekanan dan aliran fluida melalui pipa hidraulik dan juga berguna dalam memanfaatkan dan menghasilkan tenaga hidraulik.

3. Rudder actuator

Rudder actuator berfungsi untuk merubah tenaga zat cair menjadi tenaga mekanik atau komponen yang melakukan aksi meneruskan gaya dari pompa untuk melakukan kerja yaitu menggerakkan kemudi (*rudder*).

METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan Penulis selama kurang lebih dua belas bulan ketika masa praktek laut berlangsung, yaitu terhitung mulai tanggal 10 Desember 2014 sampai dengan tanggal 25 Desember 2015 di atas kapal LPG/C Gas Walio milik perusahaan PT. Pertamina *Shipping*. Kapal tersebut merupakan jenis kapal muatan LPG cair yang memiliki 26 awak kapal.

B. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan oleh Penulis untuk menggambarkan dan menguraikan objek yang diteliti dan yang dibahas adalah metodologi penelitian diskriptif kualitatif.

Metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat postpositivisme, digunakan untuk meneliti pada kondisi obyek yang alamiah, (sebagai lawannya adalah eksperimen) dimana peneliti adalah sebagai instrument kunci, teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi (gabungan), analisis data bersifat induktif atau kualitatif. Hasil penelitian kualitatif lebih menekankan makna dari pada generalisasi (Sugiyono, 2009 : 09)

Selain itu penelitian ini juga mengaplikasikan metode penilaian keselamatan yang berbasis *hazard and operability study (Hazop)* dari data kualitatif dengan mengutamakan keselamatan permesinan dan pekerjaannya, serta keutuhan permesinan untuk kelancaran kerja.

C. Data dan Sumber Data

Menurut Sugiyono (2009 : 157) sumber data utama dalam penelitian kualitatif; adalah kata-kata dan tindakan, sedangkan data tertulis, foto, dan statistik adalah data tambahan. Dari sumber teori ini, maka diperoleh data sebagai berikut :

1. Data primer

Data primer adalah bukti penulisan yang diperoleh di lapangan yang dilakukan secara langsung oleh penulisnya, untuk pembuktian suatu kasus penulisan ilmiah. Data dapat diuji dengan wawancara, angket observasi/ penelitian lapangan atau penelitian kepustakaan (Widjono Hs, 2007 : 248)

2. Data sekunder

Data sekunder ialah bukti teoretik yang diperoleh melalui studi pustaka.

Data ini mendasari kajian teoretik yang digunakan sebagai landasan kerangka berpikir. Berdasarkan kajian teoretik ini dapat disusun hipotesis (kerangka konsep) yang mendasari keseluruhan karangan. Sumber teori dapat berupa buku, jurnal mutakhir, jurnal pada dan referensi lainnya (Widjono Hs, 2007 : 248)

D. Metode Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Metode observasi dan dokumentasi

Menurut Sugiyono (2009 : 226) observasi adalah dasar semua ilmu pengetahuan. Melalui observasi di lapangan peneliti akan lebih mampu memahami konteks data dalam keseluruhan situasi sosial, sehingga akan diperoleh pandangan yang holistic atau menyeluruh.

Metode observasi dan dokumentasi digunakan oleh Penulis dalam rangka mengumpulkan data-data yang memberikan gambaran tentang situasi saat melakukan penelitian diatas kapal, tentang penilaian resiko kebocoran minyak hidraulik *steering gear* di kapal LPG/C Gas Walio terhadap kelancaran dan keselamatan olah-gerak kapal.

2. Metode wawancara

Wawancara merupakan pertemuan dua orang untuk bertukar informasi dan ide melalui tanya jawab, sehingga dapat dikonstruksikan makna dalam suatu topik tertentu. Peneliti akan mengetahui hal-hal yang lebih mendalam tentang partisipan dalam

menginterpretasikan situasi dan fenomena yang terjadi, dimana hal ini tidak bisa ditemukan melalui observasi (Sugiyono, 2009 : 231)

Dalam melakukan wawancara peneliti perlu mempunyai pemahaman yang tepat akan topik yang akan digali sesuai dengan fokus penelitian. wawancara ini diharapkan terjadi diskusi, obrolan spontanitas, dengan masinis sebagai salah satu pemecah masalah.

3. Metode kepustakaan

Peneliti dalam rangka pelaksanaan pengumpulan data, harus menentukan sumber-sumber data serta lokasi dimana sumber data tersebut dapat ditemukan dan di teliti. Dalam hal ini penulis dapat menemukan lokasi dimanapun manakala tersedia kepustakaan yang sesuai dengan objek material penelitian dalam pengumpulan data. Studi pustaka berkaitan dengan kajian teoritis dan referensi yang terkait dengan nilai yang berkembang pada situasi sosial yang diteliti.

E. Teknik Analisis Data

Untuk mencapai tujuan yang telah dirumuskan pada bab pendahuluan, pendekatan yang digunakan adalah pendekatan *Hazop*. *Hazop* merupakan teknik kualitatif yang berdasarkan pada *guide-words* dimana pembelajaran *Hazop* untuk mengidentifikasi masalah risiko dan pengoperasian.

Sejarah *hazard analysis* dikembangkan oleh perusahaan kimia Imperial Chemical Industries, Ltd. (ICI) di Britain (Inggris)

pada tahun 1960. Oleh karena itu, *Hazop* lebih sering diimplementasikan pada industri kimia. Namun seiring dengan makin dibutuhkannya teknik-teknik analisis bahaya (*hazard*), beberapa industri lain, misalnya industri makanan, farmasi, dan pertambangan (termasuk pengeboran minyak dan gas lepas pantai) juga mulai banyak menerapkan *Hazop*.

1. *Guide-words* dan *parameter*

a. *Guide-words*

Menurut Nolan (1994 : 124) *guide-word* adalah sebuah kata sederhana atau frase yang digunakan untuk menghasilkan penyimpangan oleh operasi di parameter.

b. *Parameters*

Menurut Nolan (1994 : 124) *parameter* merupakan sebuah benda fisik, kimia atau variabel lain yang terkait dengan kegiatan atau fasilitas operasional. Contoh pengabungan antara *guideword* dan *parameter* :

- 1) Tidak mengalir (*no flow*). Kesalahan jalur, sumbatan, pemasangan katup balik yang tidak sesuai, kebocoran yang besar, kerusakan peralatan dan perbedaan tekanan yang tidak sesuai.
- 2) Kelebihan aliran (*more flow*). Peningkatan kapasitas pompa, peningkatan tekanan pengisapan, terjadi penyumbatan, densitas fluida yang lebih tinggi, dan kesalahan pengendalian.

2. Terminologi (*keywords*)

Istilah-istilah terminologi (*keywords*) yang dipakai untuk mempermudah

pelaksanaan *Hazop* antara lain :

- a. Proses yang terjadi
- b. Sumber bahaya (*hazard*)
- c. Penyimpangan (*deviation*)
- d. Penyebab (*cause*)
- e. Akibat atau konsekuensi (*consequences*)
- f. Tindakan (*action*)
- g. Tingkat keparahan (*severity*)
- h. Kemungkinan (*likelihood*)
- i. Risiko (*risk*)
- j. Titik studi (*node*)

3. Manajemen risiko

Manajemen risiko adalah suatu proses atau perencanaan identifikasi, penilaian, dan prioritas risiko diikuti dengan koordinasi dan aplikasi ekonomis sumber daya yang ada untuk mengurangi, memonitor, dan mengendalikan probabilitas dan atau dampak dari severitas atau untuk memaksimalkan realisasi peluang (Prabandoro, 2011 : 24)

Tahapan dari manajemen risiko pada metode *Hazop* antara lain :

- a. Identifikasi bahaya (*identify hazard*)
- b. Penilaian risiko (*risk assesment*)
- c. Pengendalian risiko (*risk reduction*)
- d. Komunikasi dan konsultasi (*communicate and consult*)
- e. Pemantauan dan tinjauan ulang (*monitoring and review*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Objek Penelitian

Kapal LPG/C Gas Walio merupakan salah satu kapal milik perusahaan PT. Pertamina *Shipping* yang bermuatan LPG cair. Beberapa nama kota atau pelabuhan yang pernah disinggahi oleh kapal LPG/C Gas

Walio diantaranya Tanjung-Mas (Semarang), Tanjung-Priuk (Jakarta), Teluk Semangka (Lampung), Kalbut (Situbondo), Jetty Eretan (Indramayu), dan Tanjung Sekong (Banten).

Objek yang diteliti oleh Penulis adalah tentang *electric-hydraulic steering gear* jenis *rotary vane*, yang terdiri dari beberapa komponen pendukung dan setiap komponen itu memiliki peran dan fungsinya masing-masing.

B. Analisis Hasil Penelitian

Analisis merupakan langkah awal untuk mencari penyelesaian suatu masalah. Didalamnya berisikan penyebab timbulnya masalah sekaligus untuk mencari bagaimana penanggulangan dari masalah tersebut. Analisis dan perawatan yang teratur pada sistem *steering gear* sangat diperlukan guna memahami sistem maupun komponen-komponen pendukungnya. Kemampuan memahami sistem tersebut menjadikan pemecahan masalah perawatan lebih sistematis dan terukur.

Berikut beberapa analisis potensi penyebab dari kebocoran minyak hidrolik pada *steering gear* di kapal saat Penulis melaksanakan praktek laut, diantaranya :

1. Tekanan tinggi dari pompa

Apabila suatu zat cair mendapat tekanan maka zat cair itu akan selalu mengalir melalui jalan yang termudah. Sifat zat cair tersebut merupakan kelemahan dari sistem hidrolik karena dapat menimbulkan kebocoran di dalam sistem. Kebocoran yang dapat ditimbulkan antara lain :

- a. Kebocoran pada *fitting-fitting* yang kendor

b. Kebocoran pada *seal-seal* yang rusak

Dalam pengamatan tersebut penulis mendapatkan tekanan yang diberikan oleh pompa sebesar 125 bar. Hal tersebut hampir mendekati dari *pressure* aman yang diperbolehkan dalam sistem. Dari data spesifikasi yang penulis lampirkan, *pressure* pompa maksimal adalah 196 bar. Pada pompa terdapat *relief valve* yang telah diatur pada tekanan 130 bar, sehingga apabila pompa memberikan tekanan 125 bar, merupakan termasuk mendekati batas aman maksimal.

2. Tidak beroperasi dengan baik sistem *valve*

Kerusakan pada katup di sini adalah kerusakan pada katup distribusi (*distribution valve*). Di dalam katup ini terdapat *solenoid valve* dan *relief valve* yang digunakan untuk mengontrol tekanan dan aliran fluida yang masuk atau keluar melalui pipa hidraulik. Tidak sempurnanya proses membuka dan menutup pada katup ini bisa mengurangi jumlah minyak hidraulik ke dalam silinder hidraulik yang menggerakkan *vane*, sehingga tekanannya turun dan pergerakan *rudder* tidak maksimal.

3. Terdapat beberapa baut atau sambungan (*connector*) pipa yang mengendor

Kebocoran minyak pada sambungan pipa bisa terjadi karena baut penghubung yang mulai longgar karena pengaruh dari getaran atau tekanan yang terus menerus dan *packing* yang sudah aus/rusak. Pipa merupakan komponen penghantar minyak hidraulik yang bertekanan

dari pompa menuju silinder hidraulik. Oleh karena itu kebocoran sambungan pipa bisa mungkin terjadi karena terus menerus mendapat tekanan tinggi. Apabila kebocoran pada sambungan pipa tidak segera diatasi, maka akan berpengaruh pada *volume* minyak hidraulik di dalam tangki.

4. Kualitas dan jenis minyak hidraulik yang tidak sesuai pemakaian

Komponen hidraulik ketika beroperasi pada kondisi suhu ekstrim, perairan tropis atau Arktik, harus diperhitungkan ketika memilih jenis dari minyak hidraulik tersebut. Minyak hidraulik yang banyak mengandung kotoran atau endapan padat akan mempengaruhi sirkulasi dari minyak hidraulik. Sistem aliran akan terganggu sehingga dapat mengganggu proses kerja dari *steering gear*. Hal tersebut juga berpengaruh didalam proses penyaringan, karena dapat menutupi dengan cepat celah-celah saringan, akibatnya minyak hidraulik yang mengalir pada sistem *steering gear* akan lebih sedikit jumlahnya.

5. Kerusakan pada *seal* dan *o-ring*

Komponen yang paling sering mengalami kerusakan yaitu *seal* dan *o-ring* pada silinder hidraulik. Hal ini disebabkan karena selain dari umur pemakaian *seal* juga bisa diakibatkan karena tekanan yang diberikan terus-menerus dari minyak hidraulik sehingga *seal* menjadi robek karena tidak mampu menahan tekanan. Akibat dari kerusakan *seal* tersebut mengakibatkan penurunan

tekanan minyak, sehingga waktu pergerakan dari daun kemudi (*rudder*) menjadi terlambat.

C. Pembahasan Masalah

Dalam pengolahan data diperlukan tahapan-tahapan kegiatan dalam melakukan proses manajemen risiko, dengan menentukan *node*, pemilihan *guide-words*, *parameter* dan *deviation* untuk mendapatkan data-data kegagalan dari sistem yang terkait. Selanjutnya dalam menentukan nilai konsekuensi digunakan metode kualitatif.

GUIDE WORD + PARAMETER = DEVIATION

Berikut langkah-langkah yang Penulis lakukan dalam penelitian sesuai dengan kerangka pikir pada *Hazop* :

1. Identifikasi bahaya

Penelitian ini diawali dengan membentuk tim kerja di kamar mesin di bawah pengawasan Kepala Kamar Mesin. Tim kerja terdiri dari Perwira Kamar Mesin, Mandor, Juru Minyak, dan Penulis sebagai Taruna Prala. Tim kerja bertugas mengidentifikasi setiap risiko dan bahaya yang terjadi dan akan terjadi pada setiap komponen dalam sistem hidraulik *steering gear* menggunakan metode *Hazop*. Identifikasi bahaya tersebut dilihat secara terpisah pada setiap kegiatan kerja, mencakup bahaya terhadap manusia, alat kerja dan lingkungan kerja.

Bahaya yang mungkin atau bisa terjadi akibat dari kebocoran minyak hidraulik *steering gear* antara lain :

- a. Pada kegiatan pelayaran kapal yaitu menghambat kelancaran olah gerak kapal.

- b. Pada keselamatan kerja awak kapal yaitu menyebabkan kecelakaan kerja (terpeleset).
- c. Pada operasional permesinan yaitu kerusakan pada komponen *steering gear* dan kegagalan sistem.

2. Penilaian risiko

Setelah mengidentifikasi bahaya, yang dilakukan selanjutnya adalah menganalisis risiko dan melakukan evaluasi, yang akan diuraikan dalam bentuk *worksheet* berbentuk tabel.

Tabel 1. Penilaian Risiko dari Kebocoran Minyak Hidraulik *Steering Gear*

No	Aktivitas	Aspek Bahaya	Dampak	Kriteria
1.	Pelayaran kapal	Pergerakan <i>rudder</i> melambat	Terganggunya olah gerak	Tidak diterima
2.	Kerja awak kapal	Minyak mengalir di lantai	Lantai menjadi licin	Diterima
3.	Operasional permesinan	Kerusakan <i>seal</i> silinder hidraulik	Minyak lolos sehingga tekanan berkurang	Tidak diterima
		Minyak hidraulik berada di tingkat rendah	Terjadi <i>low alarm system</i> , operasional terhenti	Diterima

3. Pengendalian risiko

Pada setiap tabel pengendalian risiko terdapat data mengenai penyebab penyimpangan (*deviation*), konsekuensi (*consequences*) yang akan terjadi dan tindakan (*action*) yang harus dilakukan. Maka dari pemaparan tabel tersebut, didapat jawaban atau solusi dari rumusan permasalahan yang sudah ada pada bab sebelumnya. Perlu adanya suatu pengendalian dari risiko tersebut.

- a. Dampak dan risiko akibat adanya kebocoran minyak hidraulik pada *steering gear*

- 1) Waktu yang di butuhkan untuk pergeseran *rudder angle* tidak sesuai

Prinsip kerja sistem hidraulik adalah berdasarkan tekanan fluida yang diberikan. Apabila di dalam sistem ditemukan suatu kejanggalan pada komponen yaitu terjadi penurunan tekanan hidraulik tidak sesuai dengan normalnya, maka akan berdampak pada waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suatu proses di dalam sistem tersebut. Hal ini terjadi di kapal Penulis pada saat melakukan pengetesan *steering gear* dari kiri penuh menuju kanan penuh atau kanan penuh menuju kiri penuh (30° - 0° - 35°), dibutuhkan waktu yang melebihi dari ketentuan *Solas 1974* yaitu ± 30 detik. Penulis bersama dengan masinis mengidentifikasi dampak dan pengendalian risiko dari permasalahan tersebut.

- 2) Terjadi *alarm* dan kegagalan sistem

Dalam standar prosedur pengoperasian *steering gear* selalu diperhatikan dan dipastikan bahwa tidak ada *alarm* yang terjadi pada sistem. Dengan terjadinya suatu *alarm* pada sistem elektriknya, pada tingkatan risiko yang paling parah, sistem pada *steering gear* akan mengirim sinyal bahaya pada komponen yang bermasalah dan mengakibatkan terhentinya sistem *steering gear*. Penulis mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan sistem *alarm steering gear* dan penanganannya.

- 3) Mengancam keselamatan kerja awak kapal

Minyak hidraulik dari *steering gear* yang bocor, akan ditampung di dalam *oil spill box*. Di bagian dalam dan luar pada dinding-dinding *oil spill box* terdapat lubang yang berfungsi sebagai jalan aliran dari minyak. Minyak akan mengalir ke tempat lain bila ternyata minyak di dalam *oil spill box* tersebut tidak segera dibersihkan. Hal ini dapat menjadikan *near miss* bagi awak kapal yang sedang melakukan pekerjaan ataupun sedang berjalan disekitar area pesawat *steering gear*, karena awak kapal tersebut bisa terpeleset. *Near miss* adalah kondisi atau situasi dimana kecelakaan hampir bisa terjadi. Perlu adanya upaya pencegahan agar meminimalisir risiko dan terhindar dari kecelakaan kerja.

- b. Beberapa penyebab dari kebocoran minyak hidraulik pada *steering gear* dengan metode *Hazop*

- 1) Tekanan tinggi dari pompa

Tabel 2. Tabel *Hazop* Mengenai Pengendalian Risiko pada *Steering Gear* di Bagian Pompa

DEVIATION	POSSIBLE CAUSES	CONSEQUENCES	ACTION REQUIRED
1. High pressure	Tekanan tinggi dari pompa dan tersumbatnya saluran sistem hidraulik	Robekan dan aus pada <i>seal</i> dan <i>packing</i> sehingga minyak menetes keluar	Lakukan pengecekan pada <i>pressure</i> pompa. Mengganti <i>seal</i> dan <i>packing</i> yang sesuai.

2) Tidak beroperasi dengan baik sistem *valve*

Tabel 3. Tabel *Hazop* Mengenai Pengendalian Risiko Pada *Steering Gear* Di *Distribution Valve*

<i>DEVIATION</i>	<i>POSSIBLE CAUSES</i>	<i>CONSEQUENCES</i>	<i>ACTION REQUIRED</i>
1. <i>Missing action</i>	Tekanan tinggi dari pompa dan tersumbatnya saluran sistem hidrolik di bagian katup	Robekan dan aus pada <i>seal</i> dan <i>packing</i>	Pemeriksaan pada <i>relief valve</i> . Lakukan penyetelan tekanan pada <i>valve</i> tersebut
2. <i>No flow</i>	Kurang optimalnya fungsi katup <i>solenoid</i>	Minyak hidrolik tidak dapat dialirkan	Pemeriksaan pada katup <i>solenoid</i> . Lakukan penyetelan atau ganti dengan yang baru

3) Terdapat kebocoran pada sambungan atau konektor pipa

Tabel 4. Tabel *Hazop* Mengenai Pengendalian Risiko pada *Steering Gear* di Konektor Pipa

<i>DEVIATION</i>	<i>POSSIBLE CAUSES</i>	<i>CONSEQUENCES</i>	<i>ACTION REQUIRED</i>
1. <i>Low flow</i>	Kekentalan minyak hidrolik rendah	Terjadi kerusakan komponen seperti pada <i>seal</i> dan <i>rudder stock connection</i> sehingga kualitas minyak buruk	Lakukan pengecekan dan pergantian minyak hidrolik sesuai prosedur

4) Kualitas dan jenis minyak hidrolik yang tidak sesuai pemakaian

Tabel 5. Tabel *Hazop* Mengenai Pengendalian Risiko pada *Steering Gear* di Minyak Hidrolik

<i>DEVIATION</i>	<i>POSSIBLE CAUSES</i>	<i>CONSEQUENCES</i>	<i>ACTION REQUIRED</i>
1. <i>None maintenance</i>	Kerusakan <i>packing</i> , terdapat beberapa baut yang mengendor	Kebocoran minyak hidrolik dan vibrasi pada pipa	Lakukan penggantian <i>packing</i> yang sesuai dan rapatkan kembali baut yang mengendor

5) Kerusakan pada *seal* dan *o-ring*

Tabel 6. Tabel *Hazop* Mengenai Pengendalian Risiko Pada *Steering Gear* Di *Seal Dan O-Ring*

<i>DEVIATION</i>	<i>POSSIBLE CAUSES</i>	<i>CONSEQUENCES</i>	<i>ACTION REQUIRED</i>
1. <i>High pressure</i>	Tekanan tinggi dari minyak hidrolik dan lamanya usia pemakaian dari <i>seal</i>	Robekan dan aus dari <i>seal</i> dan <i>o-ring</i> sehingga minyak menetes keluar	Lakukan <i>overhaul</i> untuk mengganti <i>seal</i> dan <i>o-ring</i> sesuai dengan petunjuk <i>manual book</i>

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi kebocoran minyak hidrolik *steering gear* di kapal LPG/C Gas Walio sesuai dengan metode *Hazop*

1) Melakukan pembersihan *filter*

Filter yang kotor atau tersumbat merupakan penyebab yang paling dominan dari tidak optimalnya *steering gear*. Jika kualitas minyak hidrolik menurun maka kemampuan minyak hidrolik untuk menjalankan fungsinya akan berkurang. Apabila *filter* kotor atau tersumbat segera lakukan pembersihan agar sistem hidrolik berjalan dengan optimal.

2) Mengecek sistem dari *solenoid valve* pada katup distribusi

Kerusakan pada silinder hidrolik bisa disebabkan karena tidak berfungsinya katup dengan benar. Untuk itu perlu adanya upaya yang dilakukan dalam mengatasi permasalahan pada katup distribusi tersebut. Dalam hal ini penulis bersama KKM, Electrician dan Kontraktor melakukan penyetelan *safety device* pada katup distribusi. Sebelum melakukan penyetelan, komponen *solenoid valve* telah diganti dengan yang

baru, sehingga dapat bekerja dengan lancar karena alarm sensor telah menyala.

3) Melakukan *overhaul* pada *steering gear*

Di dalam komponen silinder hidraulik (*cylindrical rudder stock connection*) terdapat *seal* dan *o-ring*. Apabila *seal* dan *o-ring* telah rusak, mengakibatkan minyak keluar (bocor) dari sistem sehingga tekanan minyak menjadi turun. Dalam melakukan penggantian *seal* dan *o-ring*, perlu dilakukan pembongkaran (*overhaul*) sesuai dengan petunjuk instalasi *manual book*.

4) Mengganti minyak hidraulik sesuai dengan *manual book*

Jenis dan kualitas minyak hidraulik yang digunakan harus sesuai dengan yang *makers* tentukan di dalam buku petunjuk *manual book*. Viskositas minyak hidraulik tidak boleh terlalu rendah (terlalu encer) atau terlalu tinggi (terlalu kental).

5) Mengencangkan baut dan sambungan yang kendur dan mengganti *packing* yang rusak

Kebocoran sambungan pipa dapat diketahui dengan mudah karena dengan mengecek dan melihatnya sudah dapat mengetahuinya. Jika *packing* sudah aus, lakukan penggantian dengan *packing* yang baru. Dan jika baut sudah longgar, kencangkan baut kembali.

6) Menaburkan pasir diatas pijakan lantai ruang *steering gear*

Minyak yang bocor dan tumpah di ruang *steering gear* akan menyebar ke bagian sisi lantai lain. Dengan

menaburkan pasir diatas pijakan lantai mengurangi risiko terjatuh/terpeleset akibat lantai yang licin.

7) Pemeriksaan rutin di ruang *steering gear* pada saat jam jaga

Pada saat melakukan dinas jaga hendaklah melakukan pengecekan terhadap permesinan di dalam ruang *steering gear*. Bila diketahui suatu masalah berupa getaran pada komponen pesawat *steering gear* atau terdapat tumpahan minyak disekitar permesinan, segera laporkan ke perwira mesin yang sedang melakukan dinas jaga. Dalam hal ini, apabila ditemukan masalah kebocoran minyak hidraulik pada pesawat *steering gear*, segera dibersihkan. Lakukan pengecekan *volume* pada tangki *reservoir*. Apabila mengalami pengurangan, segera lakukan pengisian dengan jenis minyak yang sama sesuai instruksi *manual book*.

4. Konsultasi dan komunikasi

Komunikasi yang digunakan oleh tim kerja kamar mesin berupa forum komunikasi, tentang panduan kerja sesuai buku pedoman. Hasil penilaian dan pengendalian risiko harus dikomunikasikan pada semua pihak organisasi. Sebagai contoh, hasil identifikasi dan evaluasi bahaya, harus disampaikan kepada semua pihak secara lengkap. Dengan demikian mereka akan memahami apa risiko yang ada dalam kegiatan, tingkat risiko dan dampak yang ditimbulkannya, serta strategi untuk mengendalikannya.

Tim kerja kamar mesin melakukan perencanaan kerja untuk mengatasi permasalahan mesin yang dihadapi. Untuk itu, dalam menangani masalah kebocoran

minyak hidrolik pada *steering gear*, perwira mesin melaporkan kepada Kepala Kamar Mesin (KKM) selaku penanggung jawab mengenai perencanaan kerja yang akan dilakukan disaat pesawat *steering gear* tidak sedang beroperasi.

5. Pemantauan dan tinjauan ulang

Tim Kerja Kamar Mesin selalu melakukan pemantuan dan tinjauan ulang terhadap manajemen risiko yang sudah ada. Dari penelitian yang Penulis lakukan di kapal LPG/C Gas Walio, telah ditemukan risiko dan penyebab dari kebocoran minyak hidrolik *steering gear*, mulai dari komponen yang memberikan pengaruh kecil hingga pengaruh yang paling ekstrim. Penulis membantu Masinis dua melakukan pengamatan, pengetesan, perbaikan dan pengujian kembali terhadap komponen dari sistem hidrolik *steering gear*.

Dari hasil pemantauan penilaian dan pengendalian risiko, maka diperoleh data berukuran kualitatif. Data tersebut digunakan untuk menentukan tingkat risiko atau kegagalan suatu komponen yang dilakukan dengan cara mengkombinasikan konsekuensi dan frekuensi. Penulis menentukan kriteria *likelihood* yang digunakan berdasarkan frekuensi terjadinya kerusakan atau kegagalan sistem yang diambil setiap enam bulan sekali dari data frekuensi perawatan perbaikan maupun pergantian komponen⁽³⁾ pada sistem *steering gear*, yang tertera⁽⁴⁾ pada tabel 7, sebagai berikut :

Tabel 7. Frekuensi Kegagalan Komponen (5) Sistem *Steering Gear*

No.	Komponen	Frekuensi kegagalan	
		Per 6 bulan	Per 1 tahun
1	Pompa	0	1

2	Valve	1	0
3	Pipa	0	1
4	Minyak hidrolik	1	0
5	Seal dan O-ring	1	0

Tabel 8. Tabel Skala *Metric* (Kombinasi Konsekuensi dan Frekuensi)

<i>Frequency</i> Frekuensi	<i>Consequences/Konsekuensi</i>				
	<i>Insignificant</i> Tidak berarti	<i>Minor</i> Kecil	<i>Moderate</i> Menengah	<i>Major</i> Besar	<i>Catastrophic</i> Fatal
<i>Almost certain</i> Sangat sering Terjadi					Kerusakan seal dan o-ring
<i>Likely</i> Sering terjadi			Kebocoran pipa		
<i>Moderate</i> Jarang terjadi		Kualitas minyak hidrolik			Pompa hidrolik
<i>Unlikely</i> Tidak sering terjadi					
<i>Rare</i> Langka terjadi		Kerusakan valve			

Dari tabel 8, diperoleh dari penerapan metode pendekatan *Hazop* dimana semakin besar frekuensi dan konsekuensi, maka letak komponen tersebut semakin ke kanan dan semakin tinggi risikonya. Hal tersebut menjadi titik penilaian untuk metode *Hazop*. Nilai risiko diambil dari kombinasi *likelihood* dan *consequences*. Tingkat risiko kegagalan suatu komponen berupa penyebab kebocoran minyak hidrolik yang berdampak pada kerusakan *steering gear*. Urutan komponen yang memiliki frekuensi dan tingkat risiko penyebab kebocoran paling tinggi, yaitu *unacceptable region* (berupa kerusakan seal dan o-ring, pompa hidrolik, kebocoran pipa), *transitional region* (berupa kualitas minyak hidrolik), dan *tolerable region* (berupa kerusakan valve).

Untuk menunjang upaya-upaya pengendalian di atas dan meminimalkan kerusakan komponen maka perlu diadakan perawatan secara periodik dan rutin sesuai dengan *instruction manual book*. Meliputi :

a. Inspeksi harian.

- 1) Pengecekan *level* minyak pada *reservoir tank* dan *storage tank*.
- 2) Kontrol seluruh unit dari kebocoran. Segera kencangkan kembali jika memungkinkan.
- 3) Kontrol unit pompa dan aktuator dari suara yang tidak normal.
- 4) melakukan pengecekan suhu, pengukur tekanan dan/atau *amperemeter*.

b. Inspeksi bulanan

- 1) Melakukan pengujian pengoperasian *steering gear* dari anjungan dan ruang *steering gear* baik secara normal maupun keadaan darurat (*emergency*).
- 2) Visual cek unit pompa / *filter* dan *actuator*.
- 3) Atur kekencangan semua koneksi baut dengan menggunakan palu dan alat pengencangan jika diperlukan.
- 4) Melakukan Pengujian fungsi dari seluruh sistem alarm yang meliputi : *Overload, Phase failure, Power/freq. Failure, Power Fail control, Low oil level, Hidraulic lock, Oil high temp, Isolation valve failure dan Aux steering failure*.
- 5) Mengambil sampel minyak hidraulik dari salah satu pompa setiap 6 bulan sekali.

c. Inspeksi tahunan

- 1) Visual cek dari semua komponen termasuk dalam *alarm*, kontrol dan sistem kemudi.
- 2) Pengujian operasional *switch*, kontaktor dan perlengkapan koneksi kabel dari motor listrik.
- 3) Melakukan pengujian *start* pompa dari posisi *local*.
- 4) Periksa sistem komunikasi antara ruang *steering gear* dan anjungan.
- 5) Visual cek pada *coupling* dan *seal* poros pompa, setiap dua tahun sekali.

Apabila suatu pengendalian dilakukan secepatnya, memungkinkan risiko bahaya kecelakaan dapat diminimalisirkan, sehingga dampak dari risiko tersebut tidak semakin meluas yang mengarah ke hal yang merugikan. Keselamatan dan kelancaran pengoperasian *rotary vane steering gear* dalam olah gerak kapal merupakan salah satu contoh keuntungan dari tidak terjadinya kecelakaan pada saat melaksanakan pekerjaan di kapal.

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah diperoleh, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dampak dan risiko akibat adanya kebocoran minyak hidraulik pada *steering gear* antara lain: waktu yang dibutuhkan untuk pergeseran *rudder angle* tidak sesuai, terjadi *alarm* dan kegagalan sistem yang mengakibatkan sistem pengoperasian *steering gear* menjadi terhenti dan yang terakhir mengancam

keselamatan kerja awak kapal.

2. Berikut beberapa penyebab dari kebocoran minyak hidraulik pada *steering gear* diantaranya: tekanan tinggi dari pompa secara terus menerus, tidak beroperasi dengan baik sistem *valve* pada komponen *distribution valve*, terdapat beberapa baut atau sambungan atau konektor pipa yang mengendor, kualitas dan jenis minyak hidraulik yang tidak sesuai dengan petunjuk pemakaian dan pengoperasian, dan telah terjadi kerusakan pada *seal* dan *o-ring*.

(8)

3. Upaya dalam menangani masalah kebocoran minyak hidraulik *steering gear* berdasarkan penelitian dengan metode *Hazop* adalah melakukan perawatan dan perbaikan pada komponen *steering gear* yang menjadi penyebab terjadinya kebocoran minyak, sesuai jam kerja perawatan untuk menjaga agar pengoperasian *steering gear* kembali optimal.

B. Saran

Dari kesimpulan dan pengalaman yang telah dipaparkan di atas, maka penulis memberikan saran yang berhubungan dengan pengaruh kebocoran minyak hidraulik pada pesawat *steering gear*, diantaranya :

1. Sebaiknya selalu mengecek komponen-komponen *steering gear* apakah bekerja normal atau tidak, supaya kinerja *steering gear* tetap optimal dan olah gerak kapal menjadi lancar. Hendaknya para Masinis di kapal dalam melakukan perawatan terhadap tekanan hidraulik dengan teliti dan dilakukan secara rutin.

2. Dianjurkan kepada perusahaan untuk menjadikan identifikasi dengan pendekatan *Hazop* ini sebagai sesuatu yang penting yang dapat diterapkan di kapal, tentunya tidak hanya untuk mesin atau sistem *electric-hydraulic steering gear* saja akan tetapi dapat diterapkan pada sistem permesinan lainnya yang terdapat di atas kapal karena dengan metode ini Masinis dapat mengetahui bahaya dan risiko yang ditimbulkan sehingga dapat melakukan perawatan atau perbaikan yang tepat, cepat dan efisien saat terjadi kerusakan atau kegagalan.

3. Sebaiknya perawatan harus dilakukan secara berkala dan teratur agar pengoptimalan *steering gear* dapat tercapai. Hendaknya perbaikan dilakukan segera mungkin bila menjumpai kerusakan agar permasalahan tidak menjalar ke komponen lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- de Bono, Edward. *Revolusi berpikir Bandung* Kaifa; 2007
- Hidayat, A.K. *Mesin bantu steering gear system* Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2014
- International Association of Classification Societies (IACS) *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974 chapter II-1, Regulations 29.3 IACS Int.* 2011
- Macdonald, David. *Hazop trips and alarms* Newnes Cape Town; 2004
- Murdiyarto, Daniel, CDM: *Mekanisme pembangunan bersih* Jakarta Kompas Media Nusantara; 2003

- Nolan, DP. Application of hazop and what-if safety reviews to the petroleum, petrochemical and chemical industries New Jersey : Noyes Publications; 1994
- Nugroho BP, Tama IP, Efranto RY. Analisis potensi bahaya serta rekomendasi perbaikan dengan metode hazard and operability study (hazop) melalui perangkian ohs risk assessment and control Student journal Universitas Brawijaya 2013;1(2);253-264
- Prabandoro, YK. Analisis penerapan manajemen risiko hauling coal di PT. Cipta Kridatama Site Kaltim Batu Manunggal Kalimantan Timur - Universitas Sebelas Maret Surakarta 2011
- Smith, DW. Marine auxiliary machinery London: Butterworths & Co (Publisher) Ltd; 1984
- [10]. Sugiyono. Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D Bandung CV Alfabeta; 2009
- Tim penyusun, ATS. Dasar-dasar hidraulik (basic hydraulics) Sorowako : Akademi Teknik Soroako 2003
- Tim penyusun, PIP. Pedoman penyusunan skripsi jenjang pendidikan diploma IV Semarang : Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang 2016
- Tim penyusun, PIP. Pesawat bantu Semarang : Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
- Wicaksono, AB. Sistem kendali steering gear pada kapal Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November 2014
- Widjono Hs. Bahasa Indonesia mata kuliah pengembangan kepribadian di perguruan tinggi Jakarta PT Grasindo 2007
- Manual Book. Installation manual Rolls-Royce steering gear SV650-3 FCP Vessel LPG/C Gas Walio 2011
- Manual Book Rolls-Royce. Steering and stabilization England : Naval marine [Http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/124276-S-5854-Studi%20beberapa-Literatur.pdf](http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/124276-S-5854-Studi%20beberapa-Literatur.pdf), terakhir diakses 09 November 2016