

Analisa Reliability Akibat Modifikasi Jumlah Power Pack Pada System Hydraulic Permesinan Geladak Pada MV "Sirena"

Eko Sasmito Hadi, Indro Dwi Cahyo *

* Program Studi S-1 Teknik Perkapalan - Undip

Abstrak

Hydraulic System MV " Sirena" representing one of the system which vital enough to fluency operation of ship beside other supporter system. Failure of hydraulic System in operating to earn because of failing of one of the component at the system. May this system do not operate properly and ship cannot sail, so that will generate many loss. Research location in PT. Jasa Marina Indah Semarang (unit 2). Yos Sudarso street, Bandarharjo Semarang with obyek research of hydraulic system as activator machinery of deck at MV " Sirena".

Aim of this research for hydraulic system evaluation by using approach base on reliability. Some steps which doing into effect in this research are data collecting, evaluation and desain with approach qualitative. Approach qualitative use Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA).

Result of research indicate that critical level (severity) and rate failure hydraulic systems not so seen its at Strainer, and Return Filter.

Keyword : reliability, hydraulic, Power Pack

Pendahuluan

Bidang maritim, aplikasi rekayasa keandalan (*engineering reliability*) dapat dikategorikan sebagai sesuatu hal yang baru bila dibandingkan dengan bidang *aerospace, nuclear power plant, chemical power plant, dan aviation industry* (industri penerbangan).

Penerapan analisa keandalan didalam industri perkapalan pada dasarnya ada tiga (3) bagian pada desain kapal yang memerlukan analisa keandalan yaitu :

- Konstruksi kapal
- Sistem permesinan
- Peralatan dikapal (*equipment*)

Faktor lain yang menyebabkan pentingnya analisa keandalan adalah modifikasi atau pengurangan peralatan. Modifikasi atau pengurangan peralatan di kapal memiliki sifat sensitif terhadap kemungkinan kegagalan dan hal ini didukung oleh sistem yang kompleks dan kebutuhan operator yang yang terlatih.

Power Pack merupakan salah satu sistem yang mempunyai peranan penting serta berpengaruh terhadap kelancaran pengoperasian sistem hidrolik. *Power Pack* didefinisikan sebagai peralatan penyuplai tenaga sistem hidrolik untuk menggerakkan *rampdoor, windlass, elevator* serta penutupnya. Kegagalan sistem hidrolik ini dapat mengakibatkan sistem tidak dapat berjalan dan otomatis kapal tidak dapat beroperasi, sehingga akan menimbulkan banyak kerugian.

Untuk mengantisipasi atau mereduksi kegagalan komponen didalam sistem diperlukan analisa keandalan atau evaluasi keandalan, yang dilaksanakan dengan cara mengidentifikasi bagaimana sistem dapat gagal dan konsekuensi kegagalan yang terjadi, juga untuk meningkatkan pengetahuan tentang pengoperasian dan perilaku sistem (*system behavior*) hidrolik tersebut. Sehingga, diperlukan perawatan secara teratur baik berupa pencegahan (*preventive maintenance*) dan perbaikan (*corrective maintenance*). Evaluasi sistem hidrolik ini dilakukan secara kualitatif (*experience*) karena kapal MV Sirena merupakan kapal yang baru dibangun dan belum pernah beroperasi.

Tinjauan Pustaka

Secara umum teori keandalan (*reliability*) dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok utama, yaitu :

- Keandalan komponen dan sistem (*Component and system reliability*)
- Keandalan struktur (*Structural reliability*)
- Keandalan manusia (*Human reliability*)
- Keandalan perangkat lunak (*Software reliability*)

Reliability dapat didefinisikan secara umum sebagai kemampuan dari suatu item untuk melaksanakan fungsi yang diperlukan didalam lingkungan dan kondisi operasional tertentu untuk suatu periode waktu yang telah ditetapkan [Høyland, Arnljot and Rausand, 1994]. Terminologi item yang dipakai didalam definisi *reliability* diatas dapat mewakili sembarang komponen, subsistem, atau sistem yang

dapat dianggap sebagai satu kesatuan. Sedang fungsi yang diperlukan dapat berupa sebuah fungsi atau gabungan dari berbagai fungsi yang diperlukan untuk melayani suatu kebutuhan.

Aplikasi sistem *reliability* untuk bidang perkapalan lebih banyak dipakai untuk mengevaluasi desain yang sudah ada dan hasil evaluasi ini dipakai sebagai *input* untuk menerapkan strategi perawatan kapal. Schulkins [1995] secara formal telah mengajukan proposal untuk memakai teknik *reliability centered maintenance* (RCM) untuk diaplikasikan pada kapal-kapal komersial (*commercial shipping*). Konsep RCM telah memberikan suatu teknik perawatan yang *cost effective* dan memberikan jaminan standard kualitas pengoperasian kapal.

Dari uraian diatas jelas terlihat ada dua teknik yang dapat dipakai untuk melakukan penilaian terhadap keandalan suatu sistem baik yang telah ada maupun yang akan mulai dirancang. Kedua penilaian itu adalah penilaian secara kualitatif dan penilaian secara kuantitatif.

Analisa Kualitatif

Analisa kualitatif sering digunakan untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem berdasarkan analisa kegagalan, sehingga kita dapat melakukan penilaian keandalan berdasarkan data kualitatif serta pengalaman yang sudah ada.

Dalam analisa kualitatif untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem sering digunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode FMEA yang merupakan analisa kualitatif berdasarkan bentuk kegagalan dari suatu sistem dimana menganalisa kegagalan dari tiap-tiap komponen yang dapat mengalami kegagalan, juga bentuk, penyebab dan pengaruh atau efek dari kegagalan tersebut terhadap sistem secara keseluruhan atau hanya pada bagian tertentu. Analisa ini sering disebut *Bottom-Up Approach* karena dengan analisa FMEA ini menguji *level* komponen atau kelompok komponen-komponen fungsional yang memiliki *level* yang lebih rendah dan memikirkan kegagalan sebagai hasil dari mode kegagalan yang berbeda.

Failure Mode and Effect Analysis

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen dan menganalisa pengaruh-pengaruhnya terhadap keandalan sistem tersebut. Dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan *level* sistem, item-item khusus yang kritis dapat dinilai dan tindakan-

tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari mode-mode kegagalan yang kritis, Davidson, John [1988].

Teknik analisa ini lebih menekankan pada *hardware-orient* atau *bottom-up approach*. Dikatakan demikian karena analisa yang dilakukan, dimulai dari peralatan yang mempunyai tingkat terendah dan meneruskannya ke sistem yang merupakan tingkat yang lebih tinggi. Kegiatan FMEA melibatkan banyak hal seperti *me-review* berbagai kegagalannya, penyebab kegagalannya, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan. Untuk masing-masing komponen berbagai mode kegagalan berikut dampaknya pada sistem dituliskan pada sebuah FMEA Worksheet.

Dari analisa ini kita dapat memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan, sehingga kita akan dapat memberikan perilaku lebih terhadap komponen tersebut dengan tindakan perawatan yang tepat. Hanya dengan menggunakan metode FMEA ini secara umum dibatasi dengan waktu dan sumber-sumber yang tersedia dan kemampuan untuk mendapatkan data base yang cukup detail pada saat menganalisa (sebagai contoh pendefinisian sistem akurat, gambar terbaru / *up to date*) data *failure rate*.

Untuk keperluan FMEA Ebeling [1997], mengklasifikasikan dampak kegagalan (*severity*) dari suatu komponen terhadap sistem sebagai berikut :

A Value	Description	Criteria
1	Category I - Minor	A failure not serious enough to cause injury, property damage, or system damage, but which will result in unscheduled maintenance or repair.
2	Category II - Marginal	A failure which may cause minor injury, minor property damage, or minor system damage which will result in delay or loss of availability or mission degradation.
3	Category III - Critical	A failure which may cause severe injury, major property damage, or major system damage which will result in mission loss.
4	Category I - Catastrophic	A failure which may cause death or weapon system loss (i.e. aircraft, tank, missile, ship, etc.).

Ebeling (1997), juga menyarankan penggunaan fase berikut ini secara kualitatif untuk mempresentasikan frekwensi mode kegagalan dari komponen yang sedang dianalisa adalah sebagai berikut :

A Value	Description	Criteria
1	Level E - Extremely Unlikely	Probability of occurrence is essentially zero during ten operating time interval. A single failure mode probability of occurrence is less than 0.001 of the overall probability of failure during the ten operating time interval.
2	Level D - Rare	An unlikely probability of occurrence during ten operating time interval. A single failure mode probability of occurrence is more than 0.001 but less than 0.01 of the overall probability of failure during the ten operating time interval.
3	Level C - Occasional	An occasional probability of occurrence during ten operating time interval. A single failure mode probability of occurrence is more than 0.01 but less than 0.10 of the overall probability of failure during the ten operating time interval.
4	Level B - Reasonably Probable	A moderate probability of occurrence during the ten operating time interval. A single failure mode probability of occurrence is more than 0.10 but less than 0.20 of the overall probability of failure during the ten operating time interval.
5	Level A - Frequent	A high probability of occurrence during the ten operating time interval. A single failure mode probability greater than 0.20 of the overall probability of failure during the ten operating time interval.

Kombinasi antara *severity* dan frekwensi mode kegagalan dari tiap-tiap komponen yang ada didalam sistem dapat dipresentasikan kedalam sebuah *Failure Mode Classification Matrix*.

Fault Tree Analysis

Teknik untuk mengidentifikasi kegagalan dari suatu sistem dengan memakai *Fault Tree Analysis* diperkenalkan pertamakali pada tahun 1962 oleh *Bell Telephone Laboratories* dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran *minuteman missile* antar benua. *Boeing Company* memperbaiki teknik yang dipakai oleh *Bell Telephone Laboratories* dan memperkenalkan program komputer untuk melakukan analisa dengan memanfaatkan FTA baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Fault Tree Analysis (FTA) adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) dari suatu sistem, baik yang disebabkan oleh kegagalan komponen atau kejadian kegagalan lainnya secara bersama-sama atau secara individu.

Setiap sistem rekayasa biasanya memiliki beberapa moda kegagalan (*failure mode*). Hubungan logis antara sebuah moda kegagalan sistem yang dikenal sebagai *Top event* dan sebab-sebab kegagalan dasar (*Basic event*) yang juga dikenal sebagai *Prima event*, digambarkan secara grafis dalam metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

- Mendefinisikan problem dan *boundary condition* dari sistem.
- Pengkonstruksian *Fault tree*.
- Mengidentifikasi minimal *cut set* atau minimal *path set*.
- Analisa kualitatif dan kuantitatif dari *Fault tree*

Terminologi Reliability

Keandalan dari suatu sistem merupakan peluang (*probability*) dimana sistem tidak akan gagal selama periode waktu dan kondisi pengoperasian tertentu, sementara resiko kegagalan adalah peluang dimana sistem akan gagal selama periode waktu dan kondisi pengoperasian tertentu pula.

Kegagalan (*failure*) adalah suatu kejadian yang tidak pasti (*probabilistic event*) dan dapat terjadi akibat kerusakan-kerusakan dalam sistem, *wear and tear* atau faktor gangguan dari dalam maupun dari luar yang tidak disangka-sangka. Hal ini dapat juga terjadi akibat kesalahan perencanaan (*faulty design*), pemeliharaan yang tidak cukup, kesalahan pengoperasian, bencana alam atau faktor-faktor lain.

Dengan demikian *reliability* dapat didefinisikan secara lengkap yaitu bahwa keandalan suatu komponen atau sistem merupakan peluang komponen atau sistem tersebut memenuhi tugas atau fungsinya yang telah ditetapkan atau diperlukan tanpa mengalami kegagalan selama kurun waktu tertentu bila dioperasikan secara benar dalam lingkungan tertentu.

Tabel. 1 Simbol-simbol penyusun *Fault tree*.

Simbol	Deskripsi
	<i>Or-Gate</i> ; menunjukkan out put dari event A terjadi jika sembarang input event E terjadi
	<i>And-Gate</i> ; menunjukkan out put dari event A akan terjadi jika semua input event E terjadi secara serentak
	<i>Basic-Event</i> ; menyatakan sebuah kegagalan sebuah <i>basic equipment</i> yang tidak memerlukan penelitian lebih lanjut dari penyebab kegagalan.
	<i>Undeveloped Event</i> ; menyatakan sebuah event yang tidak diteliti lebih lanjut karena ketersediaannya cukupnya informasi atau karena konsekuensi dari event ini tidak terlalu penting.
	<i>Comment Rectangle</i> untuk informasi tambahan.
	Symbol <i>Transfer-Out</i> ; menunjukkan bahwa <i>fault tree</i> dikembangkan lebih jauh dan berkaitan dengan simbol <i>Transfer-In</i> .

Beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk sebuah FTA yaitu :

Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Apabila diketahui sebuah komponen sedang bekerja pada saat *t*, maka peluang suatu komponen akan mengalami kegagalan dalam interval waktu (*t*, *t+Δt*) maka secara matematis dapat diekspresikan sebagai

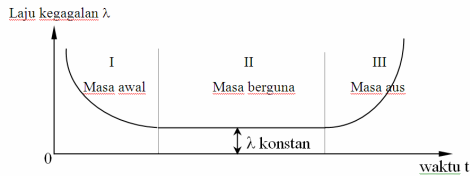
$$P(t < T \leq t + \Delta t | T > t) = \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{P(T > t)} = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} \quad (2.1)$$

berikut

Persamaan diatas bila dibagi dengan interval waktu Δt dan diambil $\Delta t \rightarrow 0$ maka akan didapatkan laju kegagalan dari suatu komponen dan dapat diekspresikan secara matematis sebagai berikut :

$$Z(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Laju kegagalan dari suatu komponen mewakili tiga kelompok utama yang dapat digambarkan dalam sebuah kurva yang disebut dengan kurva bak mandi (*bath-tub curve*) seperti yang diperlihatkan pada gambar.1.



Gambar.1. *Tipikal Hazard rate*

Dari kurva dapat dijelaskan bahwa masa awal dari suatu komponen atau sistem ditandai dengan tingginya kegagalan yang berangsur-angsur turun seiring dengan bertambahnya waktu. Untuk masa berguna laju kegagalan komponen atau sistem cenderung konstan dan untuk masa aus ditandai dengan laju kegagalan yang cenderung naik seiring dengan bertambahnya waktu.

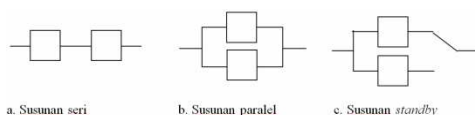
Blok Diagram Reliability

Dalam perancangan sistem rekayasa, sebelum dilakukan perancangan secara rinci (*detailed design*) terlebih dahulu sistem yang ditinjau diungkapkan dalam skematik blok diagram yang menunjukkan keterkaitan fisik antara komponen penyusun tersebut. Setiap komponen diwakili oleh sebuah blok. Selanjutnya disusun sebuah fungsional diagram yang menunjukkan :

1. Keterkaitan fungsi setiap komponen secara menyeluruh.
2. Urutan proses yang dikehendaki terjadi dalam sistem tersebut.

Berdasarkan diagram-diagram tersebut disusun sebuah diagram blok keandalan (*reliability block diagram* – RBD) yang menunjukkan logika yang harus diikuti agar sistem tersebut dapat melakukan fungsinya sesuai dengan tugas. Sebuah RBD telah disusun dengan berpijak pada diagram fungsional, Davidson, J. ed [1988].

Analisis keandalan untuk sistem-sistem yang sederhana dapat dilakukan dengan menggabungkan model keandalan sistem seri, paralel aktif dan *standby*. Gambar. 2. menunjukkan *reliability block diagram* (RBD) untuk sistem yang disebutkan diatas.



Gambar. 2. *Reliability blok diagram*

Sistem Seri

Suatu sistem seri seperti yang diperlihatkan pada gambar. 2a. Secara umum terdiri dari sebuah group komponen independen (kegagalan dari suatu

komponen adalah bebas dari kegagalan komponen yang lain), dimana kegagalan suatu komponen menyebabkan kegagalan sistem. Jika $R_i(t)$ adalah *reliability* komponen ke i, hal ini dapat diperlihatkan bahwa keandalan sistem seri $R_s(t)$ merupakan produk *reliability* komponen.

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (2.2)$$

Sistem Pararel Sederhana

Gambar. 2b. menunjukkan blok diagram suatu sistem yang memiliki dua komponen dengan susunan paralel. Dalam susunan hanya satu komponen dari sistem yang dibutuhkan agar sistem dapat beroperasi sedang lainnya adalah komponen redundant dan dalam kondisi *on-line stand-by*. Laju kegagalan dari komponen-komponen diasumsikan independen dari sejumlah komponen yang masih beroperasi.

Kegagalan sistem paralel terjadi semua komponen-komponen yang ada mengalami kegagalan.

$$F_p(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t) \quad (2.3)$$

atau

$$Q_p(t) = \prod_{i=1}^n Q_i(t) \quad (2.4)$$

Sistem Stand by

Suatu struktur dikatakan mempunyai susunan *stand by* bila komponen atau sistem utamanya gagal, maka komponen atau sistem stand by akan mengambil alih operasi tersebut seperti yang diperlihatkan pada gambar. 2.c.

Ada dua kasus yang terjadi pada sistem *stand by*, yaitu hubungan sempurna dan hubungan tidak sempurna.

1. Hubungan Sempurna

Untuk hubungan sempurna *switch* diasumsikan tidak pernah akan gagal dan komponen *stand by* tidak akan gagal pada keadaan *stand by*, sehingga laju kegagalan komponen konstan. Untuk perumusan sistem *stand by* dapat diuraikan sebagai berikut :

- Sistem dengan satu komponen *stand by*

Evaluasi dilakukan dengan menggunakan distribusi Poisson yang mempunyai bentuk umum sebagai berikut :

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad (2.5)$$

dimana :

$P_n(t)$: peluang kegagalan untuk n komponen dalam waktu

λ : laju kegagalan dari komponen i

Jika tidak ada komponen yang gagal, maka $n = 0$

$$P_0(t) = e^{-\lambda t}$$

Jika terdapat satu komponen gagal, maka $n = 1$

$$P_1(t) = \lambda t \cdot e^{-\lambda t}$$

Jadi fungsi *reliability* dari sistem untuk satu komponen *stand by* adalah :

$$R_s(t) = P_0(t) + P_1(t) = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t) \quad (2.6)$$

- Sistem dengan dua komponen *stand by*
Dengan mengembangkan persamaan (2.5) dan (2.6), dapat dicari keandalan untuk sistem ini yaitu :

$$R_s(t) = P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) = e^{-\lambda t} \left(1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2!} \right)$$

Sedangkan untuk sistem dengan n komponen *stand by*

$$R_s(t) = e^{-\lambda t} \left(1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2!} + \frac{(\lambda t)^3}{3!} + \dots + \frac{(\lambda t)^n}{n!} \right)$$

$$R_s(t) = \sum_{x=0}^n \frac{(\lambda t)^x \cdot e^{-\lambda t}}{x!} \quad (2.7)$$

2. Hubungan tidak sempurna

Pada hubungan ini *switch* dianggap tidak sempurna tetapi memiliki probabilitas bahwa *switch* dapat beroperasi dengan sukses (P_s).

$$P_s = \frac{\text{Jumlah pengoperasian yang sukses}}{\text{Total jumlah operasi yang diinginkan}}$$

Maka keandalan sistem ini akan menjadi :

$$R_s(t) = P(\text{tidak ada komponen gagal}) + P(\text{terdapat satu komponen gagal dan switch beroperasi dengan sukses})$$

$$= P_0(t) + (P_1(t) \cdot P_s(t))$$

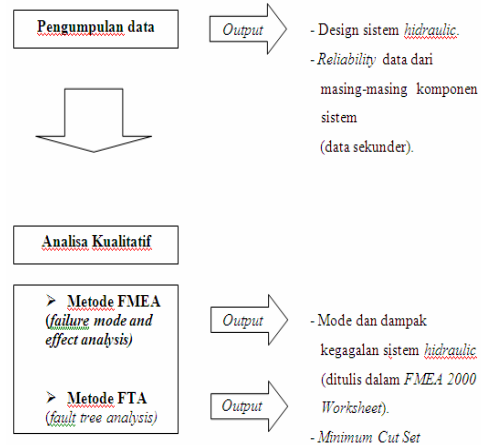
$$= e^{-\lambda t} (1 + P_s \cdot \lambda t) \quad (2.8)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem dengan menggunakan pendekatan yang berbasis keandalan. Tentunya dalam melaksanakan penelitian ini diperlukan beberapa tahapan yang dituangkan

dalam alur penelitian yang secara umum terdiri tahap pengumpulan data, desain dan evaluasi.

Untuk lebih jelasnya, alur penelitian yang terdiri dari beberapa tahapan ini seperti yang telah dijelaskan diatas dapat dilihat dalam gambar 3.



Gambar. 3. Alur Penelitian

Pengumpulan Data Dan Design Awal

Untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem diperlukan *design system* atau desain awal. Desain awal yang dimaksud dalam penelitian ini adalah desain sistem hidrolik sebagai penggerak *rampdoor*, *elevator* serta penutup *elevator* pada MV Sirena. Mengingat objek penelitian ini merupakan kapal baru, maka diperlukan data-data sekunder untuk mendukung penelitian ini.

Evaluasi Secara Kualitatif

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Evaluasi kualitatif dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat dilakukan dengan pembuatan lembar kerja FMEA (*FMEA Worksheet*). *Failure Mode and Effect Analysis* akan menyajikan bentuk tabel untuk setiap modus kegagalan (*Failure Modes*) dari semua komponen yang mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Efek terhadap *Sub-assembly*, *assembly*, sub sistem hingga ke level sistem.
2. Kemungkinan kejadian.
3. Tingkat keparahan.

Dalam penelitian ini, proses pengerjaan FMEA dilakukan dengan menginput data-data kegagalan komponen serta informasi lainnya seperti yang telah dijelaskan diatas kedalam suatu program komputer (*software*) yang outputnya menentukan tingkat kekritisan dari komponen-komponen sistem. Adapun *software* yang digunakan adalah *software XFMEA* yang mempunyai tiga tahapan yaitu :

1. Hirarki sistem menjelaskan bahwa sistem terdiri dari subsistem dan komponen-komponen sistem beserta fungsinya.
2. Tahapan penyusunan *Failure Mode* dan *Effect Analysis* (FMEA) dimana menjelaskan mode kegagalan dan pengaruhnya terhadap sistem untuk setiap komponen yang ada dan juga menjelaskan *severity*, kemungkinan terjadinya kegagalan dan diperoleh indeks kekritisan setiap komponen yang ada.
3. Ringkasan indeks kekritisan komponen, merupakan rangkuman berisi tentang mode kegagalan, indeks *failure rate*, indeks *severity* dan indeks kekritisan untuk setiap komponen.



Gambar. 4. Power Pack

Fault Tree Analysis

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode kualitatif yang digunakan untuk mengkaji desain sistem yang ada. Dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Pada metode ini, kondisi kegagalan dari sebuah sistem yang disebut *Top Event* didefinisikan terlebih dahulu.
- Setelah *Top Event* didefinisikan maka *Fault Tree* dari sistem dapat dikonstruksi. Proses pengkonstruksian *Fault tree* ini bersifat *Top-Down Approach* artinya analisa diawali dengan menganalisa sebab-sebab terjadinya *Top Event* dari level tertinggi sistem sampai pada urutan level terendah yang bisa dicapai dan diidentifikasi.
- Setelah *Fault tree* terkonstruksi, langkah berikutnya adalah menentukan minimal *Cut Set*, minimal *Cut Set* merupakan berbagai kemungkinan kombinasi kegagalan yang mungkin yang terdapat pada *Fault Tree* yang mengakibatkan terjadinya *Top Event*. *Method to Obtain Cut Set (MOCUS)* merupakan metode yang biasa dipakai untuk mendapatkan masing-masing *cut set* dan *Minimal Cut Set* dari *Fault Tree* yang telah dikonstruksi.

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA Sistem Hidrolik

Adalah teknologi yang memanfaatkan zat cair / fluida atau dengan kata lain merupakan salah satu sistem pemindah energi atau daya dengan memanfaatkan zat cair / fluida, untuk melakukan suatu gerakan segaris atau putaran. Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip, jika zat cair / fluida diberi tekanan, maka tekanan itu akan merambat kesegala arah dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya.

Komponen Sistem Hidrolik

Unit Tenaga (*Power Pack*)

Unit tenaga atau *power pack* berfungsi sebagai pembangkit aliran yaitu mengalirkan cairan fluida ke seluruh komponen sistem hidrolik untuk mentransfer tenaga yang diberikan oleh penggerak mula.

Unit tenaga terdiri atas :

- Penggerak mula (*Primemover*) yang berupa motor listrik.
- Pompa hidrolik berfungsi mengalirkan cairan hidrolik ke seluruh sistem.
- Tangki hidrolik sebagai tempat cairan hidrolik.
- Kelengkapan unit tenaga yang membantu unit ini bekerja dengan baik.

Unit Pengatur (*Control Elements*)

Unit pengatur atau unit pengendali atau *control elements* merupakan bagian yang menjadikan sistem hidrolik termasuk sistem otomatis. Unit pengatur ini biasanya diwujudkan dalam bentuk katup (*valve*) yang menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu :

- a. Katup pengarah (*Manual Control Valve*).
- b. Katup pengatur tekanan (*Pressure regulator*).
- c. Katup pengatur aliran (*Flow control valve*).

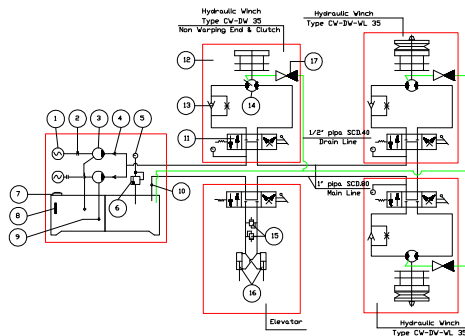
Unit Penggerak (*actuator*)

Unit penggerak hidrolik berfungsi untuk mengubah tenaga fluida (tenaga yang ditransfer oleh fluida) menjadi tenaga mekanik berupa gerakan lurus ataupun gerakan putar.

Hasil Perhitungan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Dalam analisa FMEA melibatkan banyak hal yang diantaranya adalah *me-review* berbagai komponen, sub sistem dan juga mengidentifikasi mode-mode kegagalan, penyebab kegagalan serta dampak kegagalan yang ditimbulkan. Untuk Kerusakan saluran pipa (*pipeline*), kerusakan katup dan kebocoran pipa diasumsikan sangat kecil dapat terjadi. Berbagai Mode kegagalan beserta

dampaknya pada sistem dicantumkan dalam sebuah *worksheet* (lembar kerja FMEA) untuk masing-masing komponen. Namun dalam penelitian ini, *failure mode and effect analysis* (FMEA) dilakukan dengan menggunakan *Software XFMEA4*.



Gambar. 5. Diagram Sistem Hidrolik

Selanjutnya ukuran kualitatif untuk menentukan kekritisan dari mode kegagalan suatu komponen, dapat dilakukan dengan mengkombinasi *severity ranking* yang dihasilkan XFMEA dengan probabilitas dari mode-mode kegagalan atau frekuensi mode kegagalan yang dituangkan dalam bentuk grafik yang disebut *Failure Mode Classification Matrix*. Adapun pembacaan matriks dilakukan dari sudut kiri bawah dari matriks ke sudut kanan atas yang menunjukkan bahwa kekritisan dan *severity* dari mode kegagalan semakin besar. *Failure Mode Classification Matrix* dari hasil penelitian dapat dilihat seperti pada tabel berikut :

Tabel. 2. Hasil *Failure Mode Classification Matric*

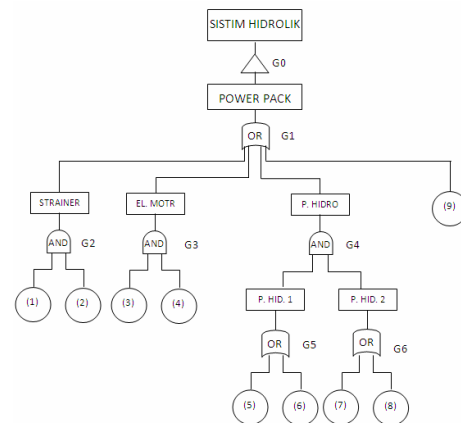
Tabel. 3. Hasil *Criticality Analysis*

IDENTIFICATION NUMBER	ITEM FUNCTIONAL IDENTIFICATION (NOMENKLATUR)	FUNCTION	FAILURE MODES AND CAUSES	MISSION PHASE/ OPERATIONAL MODE	SEVERITY CLASS	FAILURE PROBABILITY	OPERATING TIME	REMARKS
01.0	EL MOTOR	Menggerakkan beban	Lumutan pada aksis motor Lubricasi tidak baik Terdapat benda asing		Kategori II - Marginal	Level D - Rendah	00	
02.0	Hydraulic	Saluran hidraulik	Meripis pada sambungan Saluran bocor Saluran tersumbat		Kategori II - Marginal	Level D - Rendah	00	
03.0	Filter	Memfilterkan oli	Filter tersumbat		Kategori II - Marginal	Level D - Rendah	00	
04.0	return filter	Memfilterkan oli	Filter tersumbat		Kategori II - Marginal	Level A - Rendah	00	

Dari tabel 2 dan 3 diatas bila ditinjau dari *level severity* dan probabilitas *occurrence* atau *failure rate*, maka komponen atau sub sistem yang kritis dan harus mendapatkan perhatian adalah komponen *strainer*, dan *return filter*.

Hasil Perhitungan Fault Tree Analysis Sistem hidrolik dari diagram *Fault Tree* seperti terlihat pada gambar 6, *Top Event*nya adalah sistem hidrolik tidak berfungsi atau gagal (*mechanical failure*) terjadi bila kejadian dibawah gerbang G0 yaitu *power pack* gagal. Sedangkan untuk sub sistem diatas gerbang G1 (*power pack*) akan terjadi kegagalan apabila keempat komponen dibawah gerbang G1 yaitu *strainer*, *electro motor*, *hydraulic pump*, dan *return filter* gagal.

Untuk sub sistem diatas gerbang G2 (*strainer*) akan terjadi kegagalan apabila kedua komponen dibawah gerbang G2 *strainer* (1) dan *strainer* (2) gagal. Sub sistem diatas gerbang G3 (*electro motor*) akan terjadi kegagalan apabila kedua komponen dibawah gerbang G3 *electro motor* (1) dan *electro motor* (2) gagal. Sub sistem diatas gerbang G4 (*hydraulic pump*) akan terjadi kegagalan apabila kedua komponen dibawah gerbang G4 yaitu *hydraulic pump 1* dan *hydraulic pump 2* gagal. Sub sistem diatas gerbang G5 (*hydraulic pump I*) akan terjadi kegagalan apabila salah satu komponen dibawah gerbang G5 *impeller* (5) atau *seal* (6) gagal. Sub sistem diatas gerbang G6 (*hydraulic pump II*) akan terjadi kegagalan apabila salah satu komponen dibawah gerbang G6 *impeller* (7) atau *seal* (8) gagal.



Gambar. 6. *Fault tree* diagram

Setelah *Fault tree* diagram terkonstruksi seperti gambar diatas, maka langkah selanjutnya adalah menentukan *Minimal Cut Set*. *Cut Set* merupakan berbagai kemungkinan kombinasi kegagalan yang mungkin terdapat pada *fault tree* yang mengakibatkan terjadinya *top event*. *Minimal Cut Set* dapat ditentukan dengan menggunakan metode MOCUS dan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4. *Minimal Cut Set* dari *Fault Tree*

MECHANICAL FAILURE					
STEP	1	2	3	4	5
	G1	G2	1; 2	1; 2	1; 2
		G3	3; 4	3; 4	3; 4
		G4	G5; G6	5; G6	5; 7; 8
				6; G6	6; 7; 8
		9	9	9	9

Dari tabel 4 diatas diperoleh Minimal Cut Set dari Fault Tree adalah : (1, 2) ; (3, 4) ; (5, 7, 8) ; (6, 7, 8) ; (9)

Berarti sistem tersebut mengalami kegagalan harus ada Minimum First Order dan Minimum Third Order yang gagal secara serentak.

Dimana :

1 = Strainer 1 5 = Impeller 1

2 = Strainer 2 6 = Seal 1 (stand by)

3 = El. Motor 1 7 = Impeller 2

4 = El. Motor 2 8 = Seal 2

9 = Return Valve

Hasil dari evaluasi kualitatif secara keseluruhan dengan melakukan Cross Check antara mode FMEA dan FTA, maka kita akan memperoleh komponen sistem yang harus mendapatkan perhatian lebih besar yaitu *strainer*, dan *return filter*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa dan evaluasi akibat pengurangan jumlah *power pack* pada permesinan geladak pada MV Sirena secara kualitatif dapat diambil kesimpulan :

1. Dari *Failure Mode Classification Matrix* yang diperoleh dengan pendekatan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) bila ditinjau dari tingkat kekritisitas (*severity*) dan laju kegagalannya (*failure rate*) maka terlihat bahwa ada beberapa komponen yang harus mendapatkan perhatian yang lebih besar yaitu komponen *strainer*, dan *return Filter*.

Saran - Saran

1. Untuk perawatan, maka perlu diadakan pemeriksaan, pembersihan maupun perbaikan pada komponen-komponen system agar dalam pengoperasiannya tidak memberikan dampak terhadap fungsi system.
2. Metode Markov dapat dikembangkan untuk *maintenance* terencana pada kapal MV. "Sirena". Hal ini dimaksudkan bahwa dengan diketahuinya indeks ketersediaan system maka dapat diprediksi waktu kegiatan pemeliharaan

dan perilaku system (*system behavior*) di masa yang akan datang.

3. Disarankan kepada seluruh pemilik kapal atau perusahaan kapal untuk dapat mendata dengan baik waktu dan jumlah perbaikan maupun kerusakan setiap komponen dalam suatu system dalam satu periode tertentu, sehingga perilaku system yang ada diatas kapal dapat diprediksi serta selalu memperhatikan segi perawatan atau pemeliharaan komponen-komponen pada setiap system yang ada diatas kapal, karena hal tersebut sangat menentukan keandalan dari suatu kapal.

Daftar Pustaka

1. Billinton. R. and Ronald N. Allan [1992], *Reliability Evaluation of Engineering System Concepts and Technique*. 2nd edition. Plenum Press, New York and London.
2. Basley. Michael [1991], *Reliability for Engineers*, Mac Millan Education LTD, London.
3. Denson, M., Greg Chandler, William Crowelland Rick Wanner [1991], *Nonelectronic Parts Reliability Data 1991*, Reliability Analysis Center Rome, New York.
4. Dillon. S. Balbir. [1985], *Quality Control, Reliability and Engineering Design*, Marcel Dekker, Inc, New York.
5. Davidson. John. [1988], *The Reliability of Mechanical System*, Poston Press, London.
6. Ebeling. E. Charles. [1997], *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, The Mc Graw-Hill Companies, Inc.
7. Frankel, G. Ernst. [1988], *System Reliability and Risk Analisis*, 2nd revised edition, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA, Kluwer Academic Publishers.
8. Hamson. (2005), *Petunjuk Tehnik Pemasangan, Pengoperasian dan Pemeliharaan Hydraulic Winch*, PT. Hamson Pelita
9. HØyland, Arnljot and Marvin Rausan [1994], *System Reliability / Theory Models and Statistical Methods*, Jhon Willey & Son, Inc.
10. O'Connor. D. T. Patrick. [1991], *Practical Reliability Engineering*, 3rd edition, Jhon Willy & Son Ltd.
11. Priyanta. Dwi . [1999], *Studi Desain*

*Pretreatment and HFO Cleaning System
Pada Kapal Cargo yang Berbasis
Reliability*, Lembaga Penelitian Institut
Teknologi Sepuluh November, Surabaya.