

PRELIMINARY HAZARD ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS UNTUK IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN SISTEM PELUMAS MESIN INDUK KAPAL PENANGKAP IKAN

M. Zaki Latif A¹⁾, Yuniar E. Priharanto¹⁾, Djoko Prasetyo¹⁾, Muhfizar¹⁾

¹⁾Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong

*email : m.zaki@polikpsorong.ac.id

Diterima : November 2018. Disetujui : Desember 2018

ABSTRAK

Kapal penangkap ikan di Indonesia sebagian besar menggunakan mesin diesel sebagai tenaga penggerak. Mesin diesel merupakan mesin mekanis dimana singgungan komponen tidak dapat dihindari, sehingga sistem pelumas mutlak diperlukan untuk mengurangi tingkat kerusakan komponen yang bersinggungan. Penurunan kemampuan sistem pelumas berdampak pada kerusakan mesin. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan sistem pelumas mesin diesel kapal penangkap ikan sehingga memudahkan untuk membuat keputusan dalam melakukan tindakan perawatan dan perbaikan sistem pelumas. Metode untuk mengidentifikasi tiap kegagalan yang mungkin terjadi menggunakan Preliminary Hazard Analysis (PHA) dan Fault Tree Analysis (FTA). PHA merupakan perangkat untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang mengakibatkan kegagalan sistem, FTA merupakan perangkat untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan sistem. FTA bekerja dengan menentukan kegagalan yang disebut sebagai "top event", selanjutnya top event diidentifikasi hubungan faktor penyebab berbagai peristiwa kegagalan dengan pohon kesalahan yang menggunakan gerbang logika sederhana "and" dan "or". Terbentuknya FTA dapat menentukan faktor penyebab kegagalan dengan minimal cut set. Berdasarkan hasil analisis, terdapat tiga penyebab utama mesin diesel mengalami kegagalan karena sistem pelumas adalah gagalnya komponen sistem pelumas yaitu Kebocoran internal, (Screen pelumas + alarm tekanan + manometer + petugas), dan (Pompa pelumas + alarm tekanan + manometer + petugas).

Kata kunci: identifikasi kegagalan, sistem pelumas, fault tree analysis

ABSTRACT

Most fishing vessels in Indonesia use diesel engines as their driving force. Diesel engines are mechanical machines where component contact is unavoidable, so a lubricating system is absolutely necessary to reduce the level of component damage that intersects. The decrease lubricating system capability has an impact on engine damage. The purpose of this study is to identify the causes of damage to the diesel engine lubricating system for fishing vessels, making it easier to make decisions in carrying out maintenance and repairing lubricant systems. The method for identifying each possible failure occurs using a Preliminary Hazard Analysis (PHA) and Fault Tree Analysis (FTA). PHA is a device to identify potential hazards that result in system failure, FTA is a device to identify the causes of system failure. FTA works by determining failures which are referred to as "top events", then the top event identifies the relationship of the factors causing various failure events with fault trees that use simple logic gates "and" and "or". The formation of an FTA can determine the factors causing failure with a minimum cut set. Based on the results of the analysis, there are three main causes of diesel engines failing because the lubricating system is the failure of lubricating system components

namely internal leakage (screen lubricant + pressure alarm + manometer + officer), and (lubricating pump + pressure alarm + manometer + officer).

Keywords: failure identification, lubricant system, fault tree analysis

PENDAHULUAN

Sebagian kapal penangkap ikan di Indonesia menggunakan mesin sebagai tenaga penggerak, terutama mesin diesel. Mesin diesel di pilih sebagai mesin induk karena ketahanannya dan keefektifannya untuk dapat di operasikan dalam waktu yang cukup lama apabila di bandingkan dengan mesin lain (Saputra, Priharanto, & Latif A, 2018).

Mesin induk memiliki beberapa sistem kerja antara lain sistem penghasil daya, sistem bahan bakar (Saputra et al., 2018), sistem pendinginan (Pranoto & Hidayat, 2018) dan sistem pelumasan (Galbi & Ishak, 2017). Sistem pelumasan merupakan bagian yang penting pada bagian mesin induk, yang di dalamnya terdapat komponen-komponen yang bergerak dan bersinggungan, oleh karena itu pelumasan sangat diperlukan agar keausan yang disebabkan oleh kontak langsung gesekan antara dua benda dapat dikurangi. Fungsi pelumasan pada mesin induk di antaranya, sebagai pelapis gesekan antara komponen yang saling bersinggungan (Alirejo, Daging, Martin, Basino, & Siahaan, 2018)(Alirejo et al., 2018), selain itu juga sebagai peredam getaran akibat dari mekanisme kerja mesin, sebagai pendinginan komponen-komponen akibat dari kalor yang dihantarkan hasil pembakaran sehingga mengurangi pemuatan komponen-komponen yang dapat berakibat gagalnya operasional mesin (Bennett, 2014).

Kegagalan operasional mesin sudah pasti terjadi dan bukan merupakan suatu kesalahan, karena setiap benda atau barang yang digunakan dalam kurun waktu tertentu mengakibatkan penurunan kemampuan dalam kerjanya (Priharanto, Latif A, Nurfauzi, & HS, 2017), Menurunnya kemampuan komponen/ sistem hingga batas minimal pasti mengakibatkan

kegagalan operasional mesin. Kegagalan mesin dapat terjadi kapan saja termasuk saat mesin sedang beroperasi atau sedang berlayar (Artana & Ishida, 2002). Gagalnya operasional mesin pada saat berlayar pada kondisi tertentu dapat berakibat yang cukup fatal.

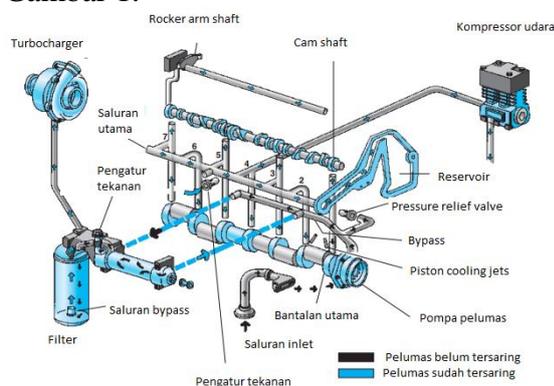
Untuk membantu meningkatkan kondisi mesin yang mengalami kegagalan untuk dapat kembali dioperasikan seperti semula dengan waktu yang singkat maka dibutuhkan keahlian awak kapal yang terampil, ketersediaan prosedur perbaikan, suku cadang yang tersedia dan peralatan yang memadai. Salah satu cara untuk membantu awak kapal dalam melakukan perbaikan adalah adanya identifikasi kegagalan sistem/komponen pada suatu mesin. Identifikasi kegagalan sistem digunakan untuk mengetahui penyebab kegagalan sistem pelumas. Salah satu cara untuk mengidentifikasi potensi kejadian yang cukup populer adalah *fault tree analysis* (FTA) (Márquez, Tobias, Pérez, & Papaelias, 2012).

Sistem Pelumas Mesin Diesel.

Mesin diesel adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas dan selanjutnya di ubah menjadi energi mekanik. Perubahan energi kimia bahan bakar menjadi energi panas terjadi pada ruang pembakaran. Pada ruang pembakaran ini udara dimampatkan sehingga menimbulkan panas, pada waktu tertentu ruang bakar ini di injeksikan bahan bakar dalam bentuk kabut sehingga bahan bakar akan terbakar pada ruangan yang dimampatkan. Peristiwa terbakarnya bahan bakar ini mengakibatkan meningkatnya tekanan pada ruang pembakaran sehingga tekanan ini akan mendorong piston untuk menggerakkan *crank shaft*. Piston dan

crank shaft inilah yang mengubah energi panas menjadi energi gerak rotasi.

Mesin diesel merupakan mesin mekanis yang di dalamnya singgungan antar tiap komponen tidak dapat dihindari. Oleh karena itu untuk mencegah terjadinya keausan benda yang saling bersinggungan maka diperlukan pelumas. Untuk menjalankan fungsinya yaitu melumasi bagian yang bersinggungan pada mesin diesel, pelumas bersirkulasi secara tertutup pada mesin diesel yang diperankan oleh sistem pelumas seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem pelumas mesin diesel (Bennett, 2014)

Analisis Kegagalan.

Dalam pengembangan keamanan dan kekritisan pada sistem permesinan menuntut penerapan teknik analisis seperti PHA (*Preliminary Hazard Analysis*), FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) (Mader et al., 2011). PHA merupakan langkah yang dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya yang mungkin terjadi dan dapat

mengakibatkan kegagalan sistem (Prabowo, Arninputranto, & Setiawan, 2018). FMEA (*Failure mode dan analisis efek*) merupakan salah satu metode analisis kegagalan yang dapat dilakukan untuk mencegah masalah dan mengidentifikasi efek dan solusi yang dapat diberikan (Latif, Priharanto, & Saputra, 2018). Penerapan awal PHA memungkinkan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan bahaya dan untuk mendefinisikan persyaratan keamanan tingkat atas.

Fault tree analysis pada dasarnya merupakan salah satu metode untuk mendeteksi penyebab dan akibat sistem mengalami kegagalan yang disebabkan satu atau lebih dari komponen penyusunnya (Mahmood, Ahmadi, Verma, Srividya, & Kumar, 2013). Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu perangkat yang efektif untuk menemukan inti permasalahan secara sistematis yang berorientasi deduktif. *Fault tree* ini bekerja dengan menentukan kegagalan terlebih dahulu yang selanjutnya kegagalan ini disebut sebagai “top event”, selanjutnya top event diidentifikasi hubungan faktor penyebab berbagai peristiwa kegagalan dengan bentuk pohon kesalahan dengan gerbang logika sederhana berupa “dan” dan “atau” (Mentes & Helvacioğlu, 2011). Gerbang logika sederhana ini dapat menggambarkan bentuk kegagalan dan apa pemicu terjadinya kegagalan, baik itu disebabkan oleh kegagalan tunggal ataupun beberapa kegagalan yang terjadi dalam waktu yang sama.

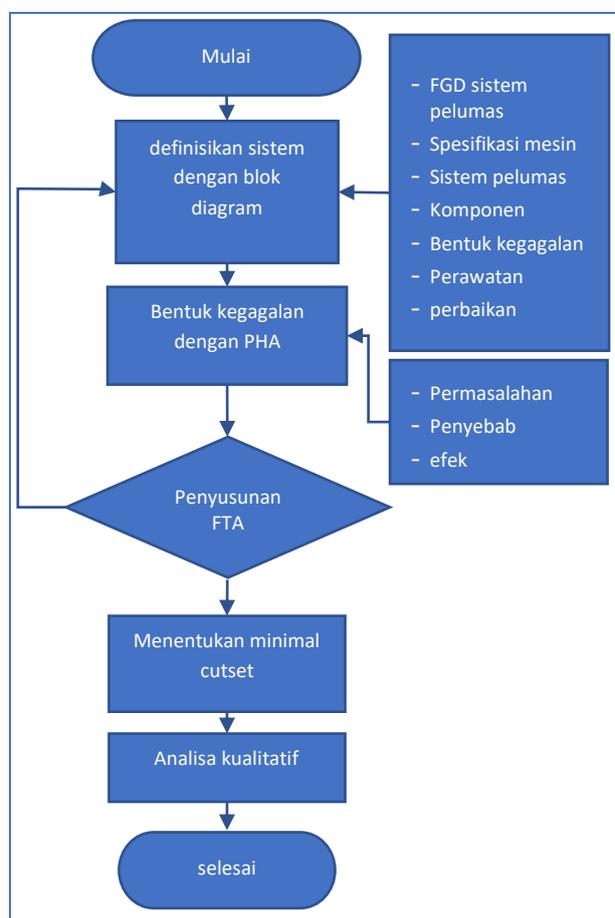
Tabel 1. Gerbang logika Fault Tree Analysis

Simbol	Kode	Keterangan	Definisi
Top	G	Top event	Kejadian kegagalan yang tidak di harapkan
	Gate	OR gate	Kejadian kegagalan sistem terjadi apabila satu atau komponen lainnya mengalami kegagalan
	Gate	AND gate	Kejadian kegagalan sistem terjadi apabila satu dan komponen lainnya mengalami kegagalan
	E	Basic event	Penyebab mula kegagalan sistem

Simbol gerbang logika yang digunakan untuk membuat *fault tree analysis* adalah seperti pada Tabel 1.

Metode

Untuk melakukan identifikasi kegagalan sistem pelumas mesin induk ini dilakukan dengan studi lapangan tentang kegagalan sistem pelumas mesin penggerak utama dikapal penangkap ikan. Pada artikel ilmiah ini kejadian kegagalan sistem pelumas diidentifikasi dengan menggunakan *fault tree analysis* dengan tahapan seperti di tampilan pada diagram alir Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir pelaksanaan

Mesin penggerak utama kapal penangkap ikan sebagian besar adalah mesin diesel. Mesin diesel ini merupakan salah satu mesin pembakaran dalam yang cukup kompleks, terdiri dari banyak sistem dan komponen, oleh karena itu untuk menyusun *fault tree analysis* ini

sebelumnya dilakukan *focus group discussion* (FGD) dengan pakar yang berpengalaman dalam sistem pelumas mesin induk di kapal penangkap ikan. Kegiatan FGD yang dilakukan adalah mengidentifikasi spesifikasi mesin induk, komponen penyusun sistem pelumas, menyusun blok diagram sesuai dengan manual dan kondisi riil di kapal, bentuk pengoperasian mesin, bentuk kegagalan yang dapat terjadi, perawatan yang dilakukan, perbaikan sistem pelumas, waktu kejadian dan kegiatan yang dilakukan atas suatu kejadian.

Dengan teridentifikasi blok diagram sistem pelumas selanjutnya membuat daftar bentuk kegagalan yang dapat terjadi pada sistem pelumas dengan menggunakan lembar kerja *Preliminary Hazard Analysis (PHA)*. Berdasarkan *PHA* yang sudah disusun selanjutnya menggambarkan model grafis *fault tree* dengan menggunakan gerbang logika. Dari *fault tree* yang sudah digambarkan selanjutnya menentukan minimal *cut set* untuk mengidentifikasi penyebab dasar yang dapat mengakibatkan kegagalan sistem. Perangkat lunak TopEven FTA versi *express* digunakan untuk membantu dalam menyusun *fault tree analysis* dan menentukan *minimal cut set*.

Hasil dan Pembahasan

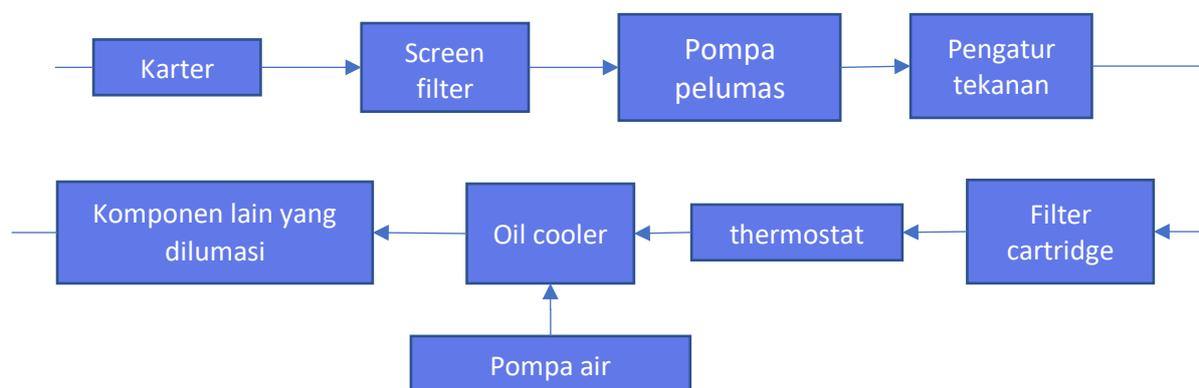
Kapal ini menggunakan mesin disel sebagai penggerak utamanya. Adapun spesifikasi mesin yang digunakan adalah Sebagai ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi mesin induk kapal penangkap ikan

Spesifikasi	Keterangan
Merek	Yanmar
Type	6EY17ES
Jenis	Diesel
Putaran mesin	1450 rpm
Urutan pembakaran	1-5-3-6-2-4
Jumlah silinder	6 Silinder
Pelumas	SAE 40
Sistem pelumas	Sump Basah

Pada mesin penangkap ikan tempat mengambil data sistem pelumasan yang

digunakan adalah sistem pelumasan *sump* basah, dimana *karter* sebagai tempat untuk menampung minyak pelumas. Adapun sistem pelumas mesin induk tersebut tersusun oleh beberapa komponen seperti *karter*, *screen filter*, pompa pelumas, pengatur tekanan, filter *cartridge*, *thermostat*, *oil cooler*. Komponen tersebut disusun membentuk satu kesatuan fungsi blok diagram sistem pelumas dengan bentuk rangkaian seri seperti di tunjukan pada Gambar 3 untuk melumasi bagian mesin yang saling bersinggungan.



Gambar 3 Blok diagram sistem pelumas mesin penggerak utama kapal ikan

Cara kerja dari sistem pelumasan *sump* basah yaitu minyak pelumas dihisap oleh pompa dari *karter* (*oil sump*) melalui saringan kasar kemudian minyak pelumas dialirkan oleh pompa menuju relief *valve* (katup pengatur tekanan) agar tekanan pelumas cukup untuk bersirkulasi pada sistem. Tekanan pelumas yang sudah ditentukan selanjutnya di saring pada saringan utama dan saringan halus. Selepas dari saringan halus pelumas sudah dalam kondisi yang terbebas dari kotoran.

Pelumas yang sudah bersih selanjutnya di turunkan temperaturnya sesuai dengan temperatur kerja pelumas yang diijinkan oleh manufaktur mesin dan pelumas yaitu maksimal 80°C. Proses penurunan temperatur ini di lakukan oleh *thermostat* sebagai pengatur jumlah pelumas yang di iijinkan untuk mengalir menuju *oil cooler*. *Oil cooler* merupakan komponen yang bertugas menukar panas pelumas dengan media pendingin yaitu air

yang diberi *coolant* sebagai zat *additive*. Pelumas dengan temperatur ideal selanjutnya mengalir menuju bagian mesin yang perlu dilumasi seperti bantalan mesin, *rocker arm*, *crank shaft*, *cam shaft* dan bagian lain yang bersinggungan.

Komponen Sistem Pelumas

Karter berfungsi sebagai penampung minyak pelumas. Permasalahan yang dapat terjadi pada *karter* ini adalah kebocoran yang disebabkan oleh *seal* yang sudah aus sehingga menyebabkan efek lokal oli di

dalam *karter* cepat habis. Jika hal ini dibiarkan maka kemungkinan efek lanjutan yang terjadi yaitu mesin menjadi aus. Biasanya *karter* di buka tiap 1 tahun sekali, caranya dengan melepas mur baut pengikat sebanyak 12 buah kemudian bak penampung minyak pelumas ini di cuci menggunakan solar dan disikat menggunakan sikat baja untuk menghilangkan kerak-kerak yang ada di dalamnya.

Pompa minyak pelumas berfungsi untuk menyirkulasikan minyak pelumas ke bagian-bagian motor yang saling bersinggungan yang memerlukan pelumas. Pada pompa pelumas terdapat *screen* yang digunakan untuk menyaring kotoran kasar agar tidak ikut tersirkulasi masuk ke dalam pompa. Permasalahan yang dapat terjadi pada pompa minyak pelumas adalah keausan pada roda gigi yang disebabkan karena adanya kotoran yang tidak tersaring oleh *screen*. Dengan kondisi yang aus mengakibatkan pompa tidak bisa menyirkulasikan minyak pelumas dengan

maksimal. Untuk menjamin keefektifan kerja dari pompa minyak pelumas yang perlu diperhatikan pada bagian-bagian yang mengalami keausan maka dilakukan perbaikan agar tidak mengganggu jalannya sistem pelumasan komponen-komponen yang lain.

Pengatur tekanan berfungsi mengatur tekanan pelumas yang bersirkulasi, tekanan tertentu yang di iijinkan oleh pengatur ini untuk bersirkulasi. Kelebihan jumlah pelumas lainnya dikembalikan oleh pengatur ini ke *karter*. Gangguan yang dapat terjadi pada komponen ini adalah lemahnya pegas pengatur tekanan, kondisi ini mengakibatkan banyak pelumas yang kembali ke *karter* daripada pelumas yang bersirkulasi untuk melumasi bagian komponen mesin yang bersinggungan.

Filter pada sistem pelumas berfungsi menyaring kotoran agar tidak ikut tersirkulasi bersama pelumas. Pada sistem pelumas mesin ini menggunakan dua buah filter yang disusun secara paralel. Gangguan pada filter umumnya terjadi karena filter tersumbat oleh kotoran yang terlarut pada pelumas. Kotoran tersebut dapat berupa karbon sisa pembakaran, gram logam dari benda yang bersinggungan. Karena disusun secara paralel, filter ini dapat dilakukan penggantian secara bergantian pada saat mesin sedang beroperasi.

Thermostat merupakan katup pengatur temperatur pelumas. Pelumas dengan temperatur dibawah standar pabrik akan mengakibatkan pelumas mengental, pelumas dengan temperatur terlalu tinggi juga tidak baik. *Thermostat* akan bekerja mengalirkan sejumlah pelumas ke *oil cooler* dan mengalirkan sebagian lain melalui *by pass* tanpa melalui *oil cooler* untuk mendapatkan temperatur yang sesuai. Kegagalan yang dapat terjadi pada *thermostat* ini adalah termostat gagal mengatur temperatur pelumas, umumnya kegagalan yang terjadi adalah *thermostat* gagal mengalirkan pelumas menuju *oil cooler* sehingga temperatur pelumas

melebihi standar yang ditentukan oleh pabrik.

Oil cooler merupakan perangkat tambahan yang digunakan sebagai pendingin pelumas. Pelumas memiliki batas kerja pada temperatur tertentu. Temperatur pelumas yang berlebihan dapat mengubah struktur pelumas yang berdampak menurunnya kemampuan pelumas untuk melumasi mesin. *Oil cooler* di kapal ini menggunakan jenis *shell and tube* dengan prinsip kerja menukar panas yang berasal dari pelumas yang bersirkulasi dengan *coolant* yang dialirkan oleh pompa air. Gangguan yang dapat terjadi adalah mengumpulnya kotoran atau lumpur dalam pipa tabung. Dalam keadaan normal, endapan lumpur tidak bisa dihindari, jika tidak dibersihkan dapat mengakibatkan proses pendinginan pelumas terganggu dan temperatur pelumas menjadi tidak terkontrol. Kebocoran (internal) pipa pendingin di dalam tabung pernah terjadi dan mengakibatkan *coolant* masuk ke dalam mesin dan tercampur dengan pelumas sehingga mengubah struktur warna dan sifat pelumas.

Pompa air pendingin. Pompa ini digunakan untuk menyirkulasikan pendingin untuk mendinginkan pelumas pada *oil cooler*. Permasalahan yang dapat terjadi adalah terjadinya kavitasi pada impeller pompa. Kejadian ini menyebabkan kerja pompa tidak maksimal sehingga air pendingin tidak tersirkulasi mendinginkan pelumas pada *oil cooler*.

Komponen yang dilumasi adalah bagian mesin yang saling bersinggungan, menurut bagian ini meliputi Oil spray jet, oil riser bore, cam shaft bearing, distribution slinder head, out side cam, valve guide, rocker arm, turbo charger, crank shaft bearing, connecting rod bearing, piston pin, cylinder wall, gear set.

Preliminary Hazard Analysis

Untuk mendapatkan kejadian kegagalan sistem pelumas tiap komponen dilakukan FGD dengan praktisi yang berpengalaman. Perangkat yang digunakan

dalam FGD adalah *worksheet* PHA untuk menentukan bahaya yang dapat mengakibatkan kegagalan, kejadian penyebab yang menimbulkan bahaya terjadi, efek yang diakibatkan hingga implikasi konsekuensi yang diterima

apabila suatu bahaya tidak dilakukan tindak lanjut pencegahan.

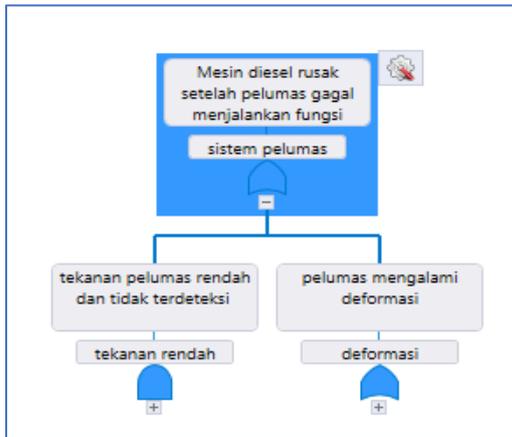
Berdasarkan FGD didapat beberapa kemungkinan terjadinya kegagalan sistem pelumas seperti di tampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Lembar kerja preliminary hazard analysis untuk kegagalan sistem pelumas mesin induk

Bahaya	Penyebab	Efek lokal	Efek lanjutan	Dampak/ konsekuensi	
Tekanan pelumas rendah.	Sistem mengalami kebocoran, rusak	Pelumas keluar dari sistem	Oli berkurang	Mesin aus, rusak	
	<i>Screen</i> pelumas tersumbat	<i>inlet</i> pelumas tidak dapat melewati <i>screen</i>	Pompa tidak dapat menghisap pelumas	Mesin aus, rusak	
	Pompa aus	pelumas tidak tersirkulasi	Mesin tidak ada pelumasan	Mesin aus, rusak	
	Filter kotor	Penyumbatan pada filter	Pelumas tidak bersirkulasi	Mesin aus, rusak	
	Katup <i>pressure valve</i> tidak membuka	Pegas lemah	<i>Pelumas</i> <i>lebih banyak yang kembali ke karter</i>	Mesin aus, rusak	
Pelumas mengalami deformasi penurunan kemampuan	<i>Thermostat</i> tidak membuka	<i>Thermostat</i> lemah	temperatur pelumas tidak terkontrol	Mesin aus, rusak	
	<i>Oil cooler</i> mendinginkan pelumas dengan baik	Tidak dalam	Kotoran pada pipa	temperatur pelumas tidak terkontrol	Mesin aus, rusak
	<i>Oil cooler</i> bocor	Lemah, korosi	Air pendingin dengan pelumas	Mesin aus, rusak	
	Sirkulasi air pendingin maksimal	Impeller pompa kavitasi	Air yang bersirkulasi tidak maksimal	Mesin aus, rusak	

Fault Tree Analysis

Berdasarkan pada *work sheet* PHA (Tabel 3) sistem pelumas mesin induk kapal penangkap ikan sudah di dapatkan penyebab kegagalan yang terjadi pada sistem. Untuk menyusun *fault tree* hal yang

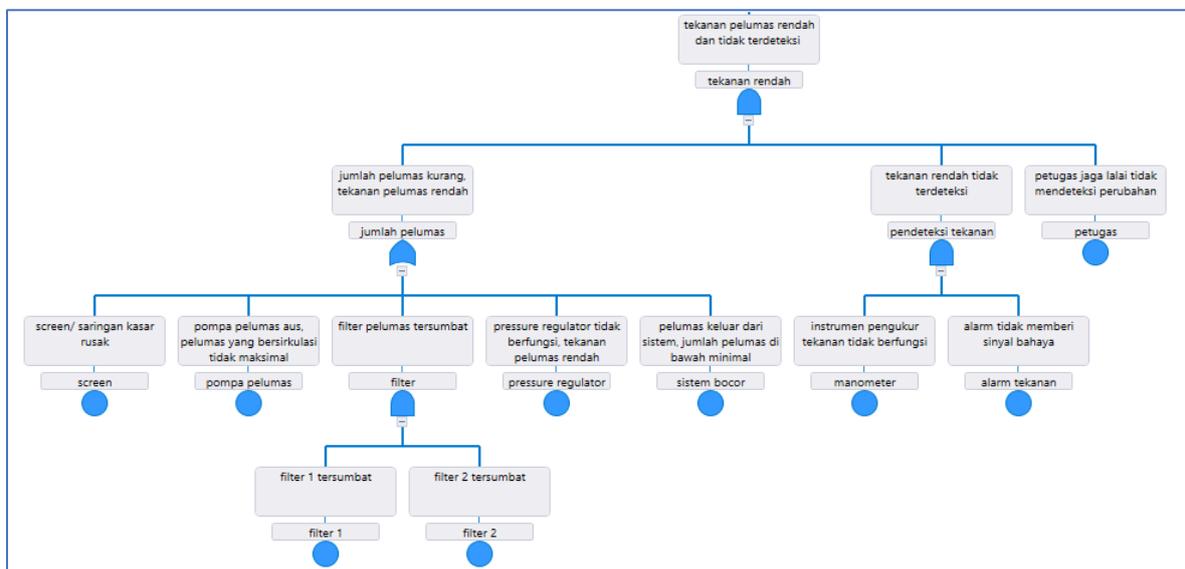


Gambar 4 Fault tree sistem pelumas

kesalahan (*fault tree*). Pada bagian atas pohon kesalahan (*top event*) merupakan kegagalan sistem, pada bagian kesalahan perantara adalah badan pohon dan akar penyebab kegagalan adalah *basic event*.

Pada *breakdown* tahap pertama didapat kegagalan sistem pelumas karena tekanan pelumas yang bersirkulasi di bawah standar ketentuan pembuat mesin. Tekanan di bawah standar dapat mengakibatkan pelumas yang bersirkulasi tidak maksimal melumasi bagian mesin sehingga mengakibatkan keausan dan rusaknya mesin. Pada *breakdown* ini juga diketahui mesin akan rusak kalau pelumas mengalami deformasi sehingga mengakibatkan kemampuan pelumas untuk melumasi mesin.

Kegagalan sistem pelumas yang disebabkan oleh tekanan pelumas di bawah

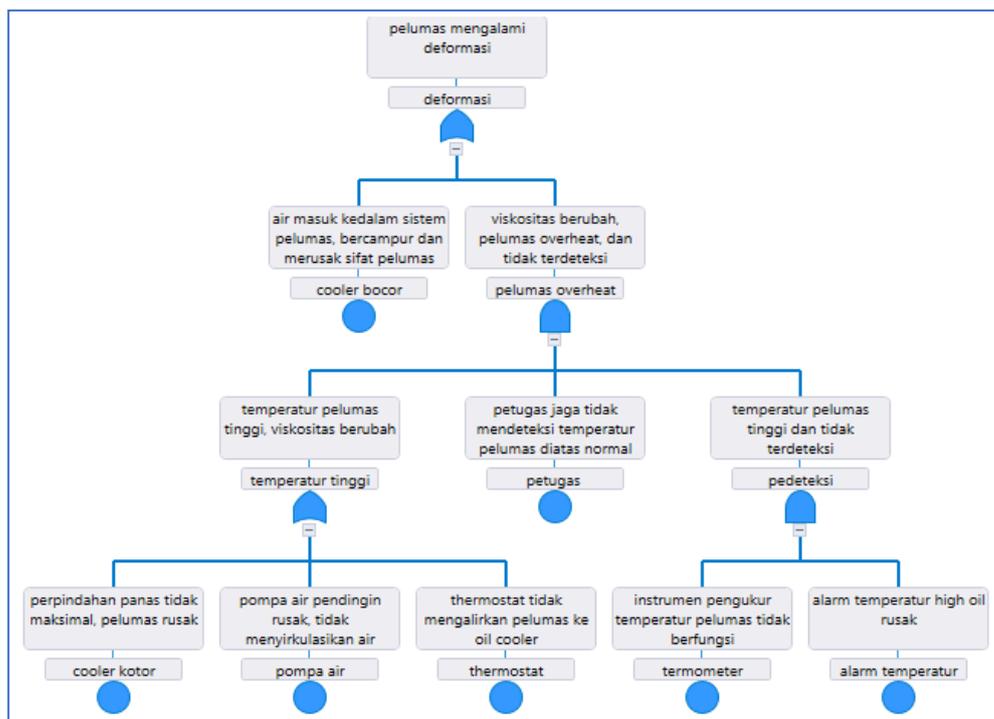


Gambar 5 Fault tree analysis sistem pelumas mesin diesel karena tekanan di bawah batas minimal

dilakukan adalah menentukan terjadinya kegagalan pada sistem pelumas. Setelah diketahui bentuk umum yang menyebabkan kegagalan sistem maka selanjutnya hal yang dilakukan adalah *breakdown* secara mendetail pada bagian komponen yang membentuk sistem dengan menggunakan diagram logika sederhana “and” dan “or”. *Breakdown* dengan menggunakan diagram logika ini akan membentuk pohon

standar ketentuan pembuat mesin disebabkan oleh jumlah pelumas yang bersirkulasi di bawah jumlah normal dan sistem dan sistem pendeteksi tekanan yang tidak berfungsi ditambah dengan petugas jaga yang lalai seperti ditampilkan pada Gambar 5. Rendahnya tekanan pelumas yang bersirkulasi ini disebabkan oleh sembilan basic event.

Gagalnya sistem pelumas melumasi mesin yang disebabkan oleh pelumas yang



Gambar 6 Fault tree analysis sistem pelumas mesin diesel karena mengalami deformasi

mengalami deformasi karena pelumas yang rusak. Sesuai dengan Gambar 6, rusaknya pelumas ini disebabkan pelumas tercampur dengan air yang masuk kedalam sistem melalui kebocoran baik itu di oil cooler ataupun saluran pendingin mesin. Kerusakan pelumas juga dapat diakibatkan oleh temperatur pelumas yang melebihi batas pembuat pelumas. Rusaknya pelumas karena deformasi disebabkan oleh tujuh kejadian basic event.

Minimal Cut Set

Minimal cut set merupakan himpunan kumpulan satu atau beberapa kejadian terkecil *basic event* yang dapat mengakibatkan terjadinya *top event* yaitu kegagalan sistem pelumas. *Minimal cut set* merupakan analisa kualitatif untuk mendapatkan akar penyebab terjadinya kegagalan pada *fault tree* sistem pelumas. Untuk mendapatkan minimal cut set menggunakan diagram logika aljabar Boolean. Berdasarkan *fault tree* yang disusun, *minimal cut set* kegagalan sistem pelumas mesin induk seperti ditampilkan dalam Tabel 4 dibawah.

Tabel 4 Minimal cut set

No	Minimal cut set	order
1	Kebocoran internal	1
2	Screen pelumas, alarm tekanan, manometer, petugas	4
3	Pompa pelumas, alarm tekanan, manometer, petugas	4
4	Pressure regulator, alarm tekanan, manometer, petugas	4
5	Kebocoran eksternal, alarm tekanan, manometer, petugas	4
6	Cooler kotor, termometer, alarm temperatur, petugas	4
7	Pompa air, termometer, alarm temperatur, petugas	4
8	Termostat, termometer, alarm temperatur, petugas	4
9	Filter 1, filter 2, termometer, alarm temperatur, petugas	5

Dari tabel di atas dapat dilihat terjadi beberapa order dari minimal cut set yang terjadi. *Minimal cut set* dengan derajat satu

memiliki dampak yang cukup tinggi terhadap keberlangsungan operasional mesin daripada derajat empat atau lima. Apabila *minimal cut set* derajat satu mengalami kegagalan maka langsung terjadi *top event*. *Minimal cut set* order empat akan mengarah pada *top event* apabila empat *basic event* juga mengalami kegagalan.

KESIMPULAN

Pelumasan pada mesin induk di kapal penangkap ikan menggunakan sistem pelumasan sump basah. Pada sistem ini minyak pelumas ditekan dan dialirkan melalui bagian saluran dengan menggunakan pompa oli ke semua bagian yang membutuhkan pelumasan seperti beberapa bantalan, poros, batang penggerak, pipa di dalam kerangka mesin.

Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan sistem pelumas secara detail dapat menggunakan Fault Tree Analysis (FTA). Berdasarkan FTA didapatkan bahwa sistem pelumas mesin induk dapat diandalkan karena untuk dapat terjadinya kegagalan mesin karena sistem pelumas minimal terdapat empat order komponen yang gagal. Satu bagian kegagalan karena kebocoran internal.

Penyebab mesin diesel mengalami kegagalan karena sistem pelumas adalah gagalnya komponen sistem pelumas yaitu : Kebocoran internal, (*Screen* pelumas + alarm tekanan + manometer + petugas), (Pompa pelumas + alarm tekanan + manometer + petugas), (*Pressure* regulator + alarm tekanan + manometer + petugas), (Kebocoran eksternal + alarm tekanan + manometer + petugas), (Cooler kotor + termometer + alarm temperatur + petugas), (Pompa air + termometer + alarm temperatur + petugas), (Termostat + termometer + alarm temperatur + petugas), (Filter 1 + filter 2 + termometer + alarm temperatur + petugas)

Ucapan Terima Kasih

Pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik, penulis ingin berterima kasih pada

Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, Taruna Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong program studi teknik mesin perikanan yang membantu dalam pengambilan data, awak kapal penangkap ikan KM. AIRAHA 02 bidang mesin atas diskusi mengenai sistem pelumas mesin induk diatas kapal penangkap ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alirejo, S., Daging, I. K., Martin, Basino, & Siahaan, J. P. (2018). THE FISHERING MAIN MOVEMENT MACHINE IN PT . HASIL LAUT SEJATI Hasil Laut Sejati yang berlokasi di Tanjung Balai Asahan Provinsi Sumatera Utara adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan*, 1, 30–37.
- Artana, K. ., & Ishida, K. (2002). Spreadsheet modeling of optimal maintenance schedule for components in wear-out phase. *Reliability Engineering & System Safety*, 77(1), 81–91. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(02\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(02)00033-9)
- Bennett, S. (2014). *Modern Diesel Technology: Diesel Engines*. Cengage Learning.
- Galbi, M., & Ishak, A. (2017). PREDIKSI PENGGANTIAN MINYAK PELUMAS MOTOR DIESEL GENERATOR SET BERDASARKAN LAJU PERUBAHAN VISKOSITAS DAN TOTAL BASE NUMBER DENGAN PENDEKATAN LINIERITAS. *Bina Teknika*, 12(1), 111–120.
- Latif, M. Z., Priharanto, Y. E., & Saputra, R. S. H. (2018). Risk Analysis on Refrigeration Unit by Approaching FMEA Model (A case study on fishing vessel). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 12(1), 22–27. <https://doi.org/10.22587/ajbas.2018.12.1.5>
- Mader, R., Armengaud, E., Leitner, A.,

- Kreiner, C., Bourrouilh, Q., Griebnig, G., ... Weiß, R. (2011). Computer-aided PHA, FTA and FMEA for automotive embedded systems. In *International Conference on Computer Safety, Reliability, and Security* (pp. 113–127). Springer.
- Mahmood, Y. A., Ahmadi, A., Verma, A. K., Srividya, A., & Kumar, U. (2013). Fuzzy fault tree analysis: A review of concept and application. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 4(1), 19–32.
<https://doi.org/10.1007/s13198-013-0145-x>
- Márquez, F. P. G., Tobias, A. M., Pérez, J. M. P., & Papaelias, M. (2012). Condition monitoring of wind turbines: Techniques and methods. *Renewable Energy*, 46, 169–178.
- Mentes, A., & Helvacioğlu, I. H. (2011). An application of fuzzy fault tree analysis for spread mooring systems. *Ocean Engineering*, 38(2–3), 285–294.
- Prabowo, W. G., Arninputranto, W., & Setiawan, A. (2018). Identifikasi Bahaya Dengan Metode Preliminary Hazard Analysis (PHA) Pada Bengkel/Lab Serta Pembuatan Sistem Informasi UPI K3 dan Pelaporan Kecelakaan (Studi Kasus di PPNS). In *Seminar K3* (Vol. 1, pp. 141–146).
- Pranoto, A., & Hidayat, T. (2018). RANCANG BANGUN ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR PREHEATER WATER SYSTEM (PWS) UNTUK BAHAN BAKAR BIO SOLAR. *Jurnal Teknologi*, 10(2), 10–18.
- Priharanto, Y. E., Latif A, M. Z., Nurfauzi, A., & HS, R. S. (2017). Penilaian Risiko pada Mesin Pendingin di Kapal Penangkap Ikan dengan Pendekatan FMEA. *Jurnal Airaha*, 6(1), 24–32.
- Saputra, R. S. H., Priharanto, Y. E., & Latif A, M. Z. (2018). FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) APPLIED FOR RISK ASSESSMENT OF FUEL OIL SYSTEM ON DIESEL ENGINE OF FISHING VESSEL. *ARNP Journal of Engineering and Applied Science*, 13(21), 8414–8420.