

Penyebab Kegagalan Sistem Pendingin Mesin Kapal Ikan (*Engine Cooling System*) Di Kabupaten Lamongan

Agung Laksono¹⁾, Dwisetiono²⁾

Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya

Email : laksono212@gmail.com

Abstract –Sistem pendingin adalah sekumpulan komponen tambahan pada sistem untuk mencegah terjadinya engine overheat. Melalui sistem ini, temperatur mesin akan dijaga agar tidak berlebihan. Tetapi pada saat ini, di lapangan sering terjadinya overheat pada sistem pendingin itu sendiri. Overheat ini disebabkan oleh berbagai komponen penunjang sistem cooling yang mengalami kerusakan. Diantaranya connecting rod, cylinder liner, valve, fan belt, radiator, water pump, filter, piston, hose. Penelitian ini menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa Penyebab utama dari kegagalan sistem pendingin yaitu, Tidak adanya prosedur yang mengatur tentang kelayakan system/mesin pada pelayaran kapal ikan, supply lubricating oil tidak terkontrol dikarenakan alat untuk pengecekan volume oli tidak ada, yaitu alat oil pressure meter, sehingga peralatan yang membutuhkan pelumasan mudah mengalami kerusakan, water pump mudah mengalami kebocoran dikarenakan saringan yang berlubang dan coolant yang tidak baik.

Kata kunci: *engine overheat*, sistem pendingin, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA).

I. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya alam Indonesia sangat melimpah. Dengan luas area yang 2/3 nya adalah wilayah laut, maka khusus untuk perikanan diharapkan menjadi sektor unggulan perekonomian nasional. Potensi lestari sumber daya ikan laut Indonesia sebesar 6.5 juta ton per tahun tersebar di perairan wilayah Indonesia dan perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) yang terbagi dalam Sembilan wilayah utama perairan Indonesia [1]. Indonesia memiliki potensi ikan tangkap mencapai 130 juta ton atau setara dengan Rp 2.500 triliun hingga Rp 3.000 triliun per tahun. Namun permasalahannya adalah jika dibandingkan dengan negara- negara maritim yang lebih maju, Teknologi nelayan Indonesia dirasa masih kurang [2].

Perawatan sistem di atas kapal sangat penting dan tidak dapat di hindari [3]. Karena apabila mesin mengalami kegagalan saat kapal berlayar, mengakibatkan kapal tidak terkontrol dan mengakibatkan dampak yang fatal [4]. Dengan memperhatikan pentingnya kegunaan sebuah sistem pendingin di atas kapal maka alat-alat kontrol sistem pendingin perlu dilakukan

perawatan secara tepat sehingga mesin dapat bekerja dengan baik [5].

FMEA adalah analisis formal tetapi subyektif untuk identifikasi sistematis kemungkinan Penyebab dan Kegagalan Mode dan estimasi risiko relatifnya [6]. Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi dan kemudian membatasi atau menghindari risiko dalam suatu desain pada komponen [7].

Suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai suatu teknik analitis. Pohon kesalahan adalah suatu model grafis yang menyangkut berbagai pararel dan kombinasi percontohan kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa yang tidak diinginkan yang sudah didefinisi sebelumnya, atau hubungan timbal balik yang logis dari peristiwa-peristiwa dasar yang mendorong.

II. METHODOLOGY

Jenis penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan cara pengambilan data melalui wawancara dan pengisian kuisioner dari orang yang berkompeten di bidangnya, yaitu mekanik

perbaiki mesin di bengkel najib engineering yang beralamat di desa kranji, lamongan dan ABK kapal serta pemilik kapal ikan tradisional di pelabuhan tradisional kapal ikan desa kranji kabupaten lamongan. Setelah melakukan wawancara seta pengisian kuisioner, maka dilakukan pembahasan dengan menggunakan metode failure mode and effects analysis dan fault tree analysis, failure mode and effects analysis. Tahap ini, dilakukan dengan identifikasi setiap kegagalan pada komponen yang disebabkan oleh operasional. Lalu penentuan nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*, setelah mendapatkan ketiga nilai tersebut menentukan nilai *Risk Priority Number* dengan cara mengkalikannya $RPN = severity\ rating \times occurance\ rating \times detection\ rating = S \times O \times D$.

Tabel 1. *Severity Rating (S)* Tingkat Keparahan

INDIKATOR	KRITERIA-SEVERITY	PERINGKAT
Berbahaya tanpa tanda peringatan	Dapat menyebabkan kerugian, bahaya atau gangguan yang besar – kegagalan akan terjadi tanpa adanya tanda peringatan.	10
Berbahaya dengan tanda peringatan	Dapat menyebabkan kerugian, bahaya atau gangguan yang besar-kegagalan akan terjadi dengan adanya tanda peringatan.	9
Sangat tinggi	Sistem tidak dapat beroperasi karena kegagalan yang merusak tanpa menghiraukan keamanan.	8
Tinggi	Sistem tidak dapat beroperasi karena kerusakan komponen.	7
Sedang	Sistem tidak dapat beroperasi karena kerusakan kecil.	6
Rendah	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa adanya kerusakan.	5
Sangat rendah	Sistem tidak dapat beroperasi namun mengalami penurunan kinerja yang signifikan.	4
Kecil	Sistem tidak dapat beroperasi namun mengalami beberapa penurunan kinerja.	3
Sangat kecil	Sistem tidak dapat beroperasi dengan gangguan yang kecil.	2
Tidak ada	Tidak ada gangguan.	1

Sumber : [4]

Tabel 2. *Occurance Rating (O)* Tingkat Kejadian

FREKUENSI KEGAGALAN	RASIO KERUSAKAN PER ITEM	PERINGKAT
Sangat tinggi	1 dari 2	10
	1 dari 3	9
Tinggi	1 dari 8	8

	1 dari 20	7
Sedang	1 dari 80	6
	1 dari 400	5
	1 dari 800	4
Rendah	1 dari 1500	3
Sangat rendah	1 dari 3000	2
Kecil	1 dari 6000	1

Sumber : [4]

Tabel 3. *Detection Rating (R)* Tingkat Deteksi

KEMUNGKINAN DETEKSI	KRITERIA	PERINGKAT
Hampir tidak mungkin	Tidak diketahui kontrol yang tersedia untuk mendeteksi kerusakan.	10
Sangat kecil	Kemungkinan kontrol yang sangat kecil saat ini akan mendeteksi kerusakan sangat kecil.	9
Kecil	Kemungkinan kontrol yang kecil saat ini akan mendeteksi kerusakan.	8
Sangat rendah	Kemungkinan kontrol yang sangat rendah saat ini akan mendeteksi kerusakan.	7
Rendah	Kemungkinan kontrol yang rendah saat ini akan mendeteksi kerusakan.	6
Sedang	Kemungkinan kontrol yang sedang saat ini akan mendeteksi kerusakan.	5
Cukup tinggi	Kemungkinan kontrol yang cukup tinggi saat ini akan mendeteksi kerusakan.	4
Tinggi	Kemungkinan kontrol yang tinggi saat ini akan mendeteksi kerusakan.	3
Sangat tinggi	Kemungkinan kontrol yang sangat tinggi saat ini akan mendeteksi kerusakan.	2
Hampir pasti	Kemungkinan kontrol yang hampir tinggi saat ini akan mendeteksi kerusakan.	1

Sumber : [4]

Setelah melakukan penentuan *nilai severity*, *occurance*, dan *detection* serta menghitung nilai *Risk Priority Number* maka selanjutnya penentuan mitigasi. Mitigasi adalah sebuah upaya penanganan meminimalkan resiko kegagalan dan mencegah terjadinya mode kegagalan di waktu selanjutnya. Komponen yang akan dimitigasi adalah terutama pada 5 nilai RPN tertinggi. setelah melakukan mitigasi maka metode *failure mode and effects analysis* telah selesai, dilanjutkan dengan menggunakan metode *fault tree analysis* [8]. Penyusunan skenario kegagalan menggunakan metode *Fault*

Tree Analysis (FTA) dilakukan setelah menentukan nilai kritis dari sebuah komponen/sistem yang diambil dari nilai *RPN* tertinggi dari metode *FMEA*. Pengerjaannya yaitu dengan menggunakan pohon faktor dengan kegagalan sebagai (*top event*). Kemudian menjabarkan alternatif-alternatif penyebab terjadinya kegagalan (*basic event*). Penganalisaan *Fault Tree Analysis* ini dibantu menggunakan aplikasi *Relx* sebagai pendukung pembuatan *FTA*.

Tabel 4. Simbol dalam *FTA*

Simbol	Keterangan
	Peristiwa dasar
	Peristiwa pengaruh keadaan
	Peristiwa belum berkembang
	Peristiwa eksternal
	Kotak kesalahan
	Dan
	Atau
	Eksklusif atau

Menurut Untuk mencari nilai *probabilitas* dari suatu *basic event* maka dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Probabilitas (P) = \frac{\text{kejadian dalam 1 tahun}}{12 \text{ bulan} \times 10}$$

(Syafiq and Cahyati 2018)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan wawancara kepada ahli yang berkompeten. Maka didapatkan data yang relevan antara studi pustaka dan studi lapangan. Berikut data kuisioner yang disebarkan kepada responden dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 5. Hasil kuisioner dari wawancara

No	Nama Komponen	Mode Kegagalan
1	Outlet valve	<ul style="list-style-type: none"> Saluran valve tersumbat oleh karbon
2	Inlet valve	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami kebocoran karena korosi
3	Water pump	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami <i>pitted</i> atau lubang-lubang karena <i>abrasive</i> Mengalami kebocoran
4	Spring	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami keausan karena korosi
5	Radiator	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami kebocoran karena korosi
6	Cylinder liner	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami keausan/tergores/retak
7	Filter	<ul style="list-style-type: none"> Elemen <i>filter</i> tersumbat maupun rusak diakibatkan endapan maupun <i>over load capacity</i> <i>Filter</i> mengalami kebocoran
8	Hose	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami kebocoran
9	Connecting rod	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami patah Baut retak
10	Ring piston	<ul style="list-style-type: none"> Tergores/kotor
11	Vanbelt	<ul style="list-style-type: none"> Mengalami keausan/putus

Perhitungan RPN (*Risk Priority Number*)

Nilai perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) didapat dari perkalian *Severity x Occurrence x Detection* kemudian didapat rangking. Dimana tujuan dilakukannya perhitungan ini adalah untuk mengetahui nilai tertinggi dari perengkingan mode kegagalan (*failure mode*) yang harus diprioritaskan untuk ditangani dengan cara pencegahan .

Tabel 6. 5 nilai RPN tertinggi

No	NAMA KOMPONEN	MODE KEGAGALAN	RPN
1	Connecting rod	Connecting rod mengalami patah/retak	189
2	Water pump	Mengalami kebocoran karena korosi	162
3	Van belt	Mengalami putus/keausan	144
4	Water pump	Mengalami <i>pitted</i> /lubang karena <i>fouling</i>	120
5	Spring	Mengalami keausan karena korosi	120

Penentuan Mitigasi

Mitigasi adalah sebuah upaya penanganan meminimalkan resiko kegagalan dan mencegah terjadinya mode kegagalan di waktu selanjutnya. Komponen yang akan dimitigasi adalah terutama pada 5 nilai RPN tertinggi yang dapat dilihat pada tabel 3. Dikarenakan mempunyai resiko yang tinggi untuk mengalami kegagalan. Sehingga tidak semua komponen dilakukan mitigasinya.

Tabel 7. Mitigasi resiko untuk 5 RPN tertinggi

N O	MODE KEGAGALAN	PENYEBAB KEGAGALAN	MITIGASI
1	<i>Connecting rod</i> mengalami patah/retak	Adanya permasalahan pada sistem pelumasan berupa penurunan <i>supply lubricating oil</i> merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan baut <i>connecting rod</i> pada mesin diesel (Febriyanti, Eka, 2010).	1. Dapat menam bahkan komponen <i>oil pressure meter</i> dengan penempatan pada <i>oil pan/bak</i> penampung oli agar tekanan dan volume oli terpantau dengan baik.
2	<i>Water pump</i> mengalami kebocoran	Kebocoran <i>water pump</i> pada bagian <i>impeller</i> pompa	1. Mengunakan <i>impeller</i> yang tahan terhadap koroosi yakni <i>impeller</i> yang berbahan dasar <i>leaded red</i>

			<i>brass</i> (Eka Febriyanti dkk, 2017).
3	<i>Van belt</i> mengalami putus/keausan	1. kerja mesin pendingin terlalu berat dikarenakan adanya komponen yang terjadi masalah/kerusakan. 2. adanya pelumas berlebihan pada <i>fan belt</i> sehingga terjadi selip.	1. Pengecekan <i>oil</i> pelumas yang tersedia <i>oil pan</i> , dengan melihat tekanan <i>oil pressure meter</i> . 2. Tidak memberikan pelumas pada <i>fan belt</i> secara berlebihan. 3. Melakukan pergantian <i>fan belt</i> maksimal 2 bulan sekali.
4	<i>Water pump</i> mengalami lubang/ <i>piteed/abrasive fouling</i> /hewan laut	Terkikis/berlubangnya komponen <i>sea water pump</i> dikarenakan adanya tritip/hewan laut di dalam komponen.	1. Memeriksa secara berkala saringan <i>water pump</i> tidak berlubang sehingga kotoran laut/hewan laut tidak masuk ke komponen

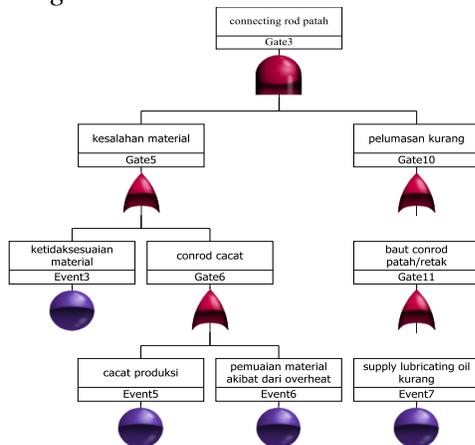
			inti sea water pump (Mustalin, ling, dkk, 2020).
5	Spring mengalami keausan	Spring valve terlalu kuat menahan valve saat terbuka dan mengembalikan valve ke posisi semula (menutup).	1. Memeriksa kekerasan spring valve sesuai anjuran dari pabrik, minimal pada

		saat overhaul.
--	--	----------------

Penentuan Skenario Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA)

Penentuan skenario *fault tree* atau pohon kegagalan bertujuan untuk mengidentifikasi semua akibat yang mungkin untuk terjadinya kegagalan sistem. Selain itu, *FTA* mengidentifikasi mode-mode kegagalan, penyebab kegagalan, serta dampak kegagalan fungsi yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen dalam sistem pendingin (*engine cooling system*) kapal ikan di kabupaten lamongan.

Connecting Rod



Gambar 1. Diagram connecting rod

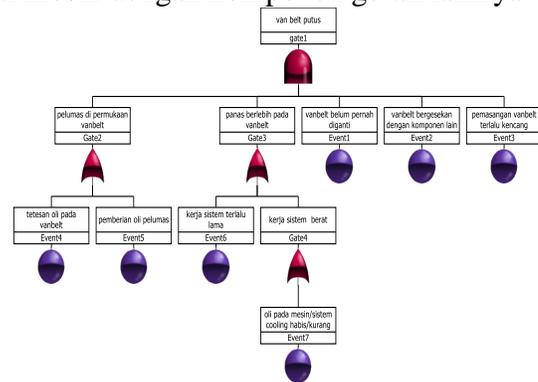
Gambar kegagalan sub-sistem *connecting rod* dari diagram *FTA* di atas adalah dikarenakan dua kegagalan yang pertama adalah kesalahan material yang disebabkan ketidaksesuaian material penyusun *connecting rod*, dan conrod cacat, cacat produksi serta cacat yang disebabkan pemuaihan *conrod* akibat dari *overheat*, yang kedua penyebab *conrod* patah adalah pelumasan/oli di bak penampung kurang sehingga menyebabkan baut *conrod* retak/patah dan sampai menyebabkan *conrod* patah.

Dari informasi (responder) di bengkel “najib *engineering*” dan di pelabuhan tradisional kranji tersebut, maka didapatkan data modulus perhitungan nilai *RPN* dari *conrod* patah/retak yaitu total kejadian kerusakan 6 kejadian dalam 12 bulan.

$$P = \frac{6}{12 \times 10} = 0,05$$

Vanbelt

VanBelt berguna untuk meneruskan gerak putar mesin dengan komponen gerak lainnya.



Gambar 2. Diagram vanbelt

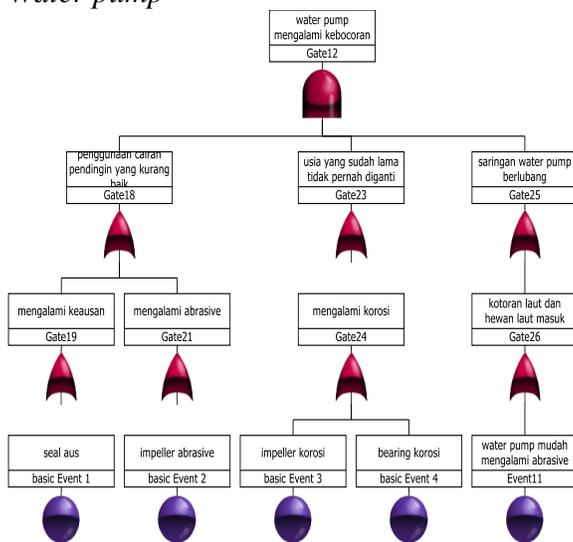
Gambar kegagalan sub-sistem *vanbelt* putus dari diagram *FTA* di atas dikarenakan lima kegagalan yang pertama adalah pelumas di permukaan *vanbelt* yang diakibatkan oleh tetesan oli pada *vanbelt* yang tidak disengaja dan pemberian pelumas yang disengaja dikarenakan ketidaktahuan ABK tentang prinsip kerja *vanbelt*..

Kemudian penyebab yang kedua adalah panas berlebih pada *vanbelt* karena kerja sistem terlalu lama dan kerja sistem terlalu berat. Penyebab kegagalan yang ketiga adalah *vanbelt* tidak pernah diganti, penyebab keempat *vanbelt* bergesekan dengan komponen lain yang dekat dengan *vanbelt*, penyebab kelima *vanbelt* putus karena pemasangannya terlalu kencang.

Dari informasi (responder) di bengkel “najib *engineering*” dan di pelabuhan tradisional kranji tersebut, maka didapatkan data modus perhitungan nilai RPN dari *vanbelt* putus yaitu 30 hari kerja dengan total kejadian kerusakan yaitu 12 kejadian dalam 12 bulan.

$$P = \frac{12}{12 \times 10} = 0,1$$

Water pump



Gambar 3. Diagram *water pump*

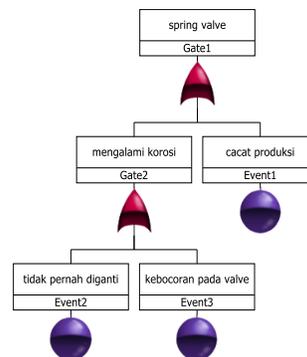
Gambar kegagalan sub-sistem *water pump* mengalami kebocoran dari diagram *FTA* di atas dikarenakan dua kegagalan, yang pertama penggunaan cairan *coolant* yang kurang baik mengakibatkan keausan dan *abrasive* komponen dan yang kedua komponen sudah lama tidak diganti yang mengakibatkan korosi.

Dari informasi (responder) di bengkel “najib *engineering*” dan di pelabuhan tradisional kranji

tersebut, maka didapatkan data modus perhitungan nilai RPN dari water pump mengalami *kebocoran* yaitu dengan total kejadian kerusakan 8 kejadian dalam 12 bulan.

$$P = \frac{8}{12 \times 10} = 0,066$$

Spring valve



Gambar 4. Diagram *spring valve*

Gambar kegagalan sub-sistem *spring valve* dari diagram *FTA* di atas adalah dikarenakan dua kegagalan yang pertama adalah cacat produksi, yang kedua penyebab *spring valve* aus adalah *spring valve* tidak pernah diganti, dan adanya kebocoran pada *valve*.

Dari informasi (responder) di bengkel “najib *engineering*” dan di pelabuhan tradisional kranji tersebut, maka didapatkan data modus perhitungan nilai RPN dari *spring valve* aus yaitu kejadian kerusakan yaitu 6 kejadian dalam 12 bulan.

$$P = \frac{6}{12 \times 10} = 0,05$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa terhadap *engine cooling system* kapal ikan di kabupaten lamongan, maka kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penyebab utama dari kegagalan sistem pendingin yaitu
 - a. Tidak adanya prosedur yang mengatur tentang kelayakan *system/mesin* pada pelayaran kapal ikan.
 - b. *supply lubricating oil* tidak terkontrol dikarenakan alat untuk pengecekan volume oli tidak ada, yaitu alat *oil pressure meter*.
 - c. *Water pump* mudah mengalami kebocoran dikarenakan saringan yang berlubang dan coolant yang tidak baik.
2. Hasil nilai *RPN* dan mode kegagalan semua alat tersebut dibuatkan mitigasi untuk 5 perankingan nilai *RPN* tertinggi dari semua peralatan seperti dibawah ini:
 - Pada mode kegagalan *connecting rod* mengalami patah, maka mitigasi nya adalah selalu melakukan pengecekan *supply lubricating oil*, dengan menambahkan *oil pressure meter* sehingga memudahkan pengecekan. Nilai peluang kejadian dari *connecting rod* mengalami patah adalah 0,05 dari 1 sistem pendingin.
 - Pada mode kegagalan *water pump* mengalami kebocoran dikarenakan korosi pada *impeller*, maka mitigasinya penggunaan *impeller* yang tidak mudah korosi/abrasive dengan mengganti *impeller* yang berbahan *leaded red brass*, Nilai peluang kejadian dari *water pump* mengalami kebocoran adalah 0,066 dari 1 sistem pendingin.
 - Pada mode kegagalan *vanbelt* putus /aus, maka mitigasinya adalah selalu melakukan pengecekan oli pelumas pada sistem agar terhindar mesin mengalami kinerja yang berat, menghindari pelumasan pada *vanbelt*, dan melakukan pergantian rutin maksimal 2 bulan sekali.

Nilai peluang kejadian dari *vanbelt* putus adalah 0,1 dari 1 sistem pendingin.

- Pada mode kegagalan *water pump abrasive* karena adanya *fouling*, maka mitigasinya adalah selalu melakukan pengecekan pada *saringan sea water pump* agar tritip maupun kotoran laut tidak masuk ke *water pump*. Nilai peluang kejadian dari *water pump abrasive* karena tritip atau hewan laut adalah 0,066 dari 1 sistem pendingin.

Pada mode kegagalan *spring valve* aus karena adanya tritip, maka mitigasinya adalah selalu melakukan pengecekan kekerasan sesuai dengan anjuran dari pabrik. Nilai peluang kejadian dari *spring*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priharanto, Latif, & HS, 2017 Penilaian Risiko Pada Mesin Pendingin Di Kapal Penangkap Ikan Dengan Pendekatan FMEA. 24-25.
- [2] 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. ARPN Journal of Engineering and Applied Science, 13 (21), 8414–8420.
- [3] Bishop, R. R., Church, M. J., & Rowley-conwy, P. A. (2015). *Durham Research Online woodlands*. 44 (December 2014). *Durham University*.
- [4] Rahman, M.Y. 2011. Sistem Pendingin Pada Kendaraan Ringan. Yogyakarta. Skripta Media Creative.
- [5] Syafiq, Marsa, and Sally Cahyati. 2018. “Analisis Sistem Perawatan Unit Caterpillar Track Type Tractor D5K Dengan Pendekatan *Fault Tree Analysis*.” *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan* 4(Buku 1): 463–69.
- [6] Febriyanti, eka. (2010). ANALISA KERUSAKAN CONNECTING ROD

PADA MESIN DIESEL KENDARAAN BERMOTOR. 219.

- [7] Febriyanti, eka, dkk. (2017) *ANALISIS KEGAGALAN IMPELLER PENYEBAB KERUSAKAN POMPA AIR KAPAL LAUT*. 93.
- [8] Mustain ling. (2020). *PENURUNAN TEKANAN PADA POMPA AIR LAUT PADA MESIN INDUK KAPAL*.32-33.