

ANALISIS KEGAGALAN SHAFT WATER COOLING PUMP DI ATAS KAPAL TANKER DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG

Susanto

Politeknik Maritim Negeri Indonesia
Email: susanto@polimarin.ac.id

Khaeroman

Politeknik Maritim Negeri Indonesia

Wahyu Ari Putranto

Politeknik Maritim Negeri Indonesia

ABSTRAK

Kegagalan poros poros pompa pendingin air laut di atas kapal sering terjadi. Penelitian dan studi untuk menganalisa kasus kegagalan poros pompa di kapal sangat perlu dilakukan. Penelitian sangat perlu dilakukan untuk menentukan jenis dan faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan pada poros pompa. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metodologi pengujian material. Material yang diuji adalah poros pompa yang mengalami kegagalan saat penggunaannya. Poros pompa yang mengalami patahan dibuat spesimen agar dapat dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan metode uji komposisi, uji kekerasan dan uji mikrografi. Hasil pengujian yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan membandingkan dengan standar yang sudah ada agar disimpulkan apa yang menjadi penyebabnya. Data pembandingan yang digunakan adalah material dengan standar AISI 4145. Hasil pengujian didapatkan bahwa komposisi kimia material poros pompa yang mengalami patah terdapat banyak perbedaan dengan nilai standar AISI 4145. Nilai kekerasan material poros yang patah pada pengujian Vickers Hardness Test terjadi penurunan yang cukup drastis jika dibandingkan dengan nilai standart Hardness Vickers. Struktur mikro spesimen material poros pada patahan mempunyai fasa pearlit. Apabila dilihat dari struktur mikro, material poros yang patah tersebut telah mengalami perubahan fasa dari martensit temper ke pearlit hal ini disebabkan karena adanya panas berlebih sehingga mengakibatkan fasa poros tidak stabil dan bertransformasi ke fasa pearlit.

Kata kunci: Kegagalan Poros, Permesinan Kapal, Sea Water Pump, Material Poros

ABSTRACT

Failure of the shaft shaft of the seawater cooling pump on board is frequent. Research and studies to analyze cases of failure of the pump shaft on the ship are very necessary. Research urgently needs to be done to determine the types and factors that cause damage to the pump shaft. The research was conducted using material testing methodology. The material tested is the pump shaft that failed during its use. The faulted pump shaft is made specimens for testing. Testing is conducted by composition test method, hardness test and micrography test. The test results obtained are then analyzed by comparing with existing standards in order to infer what is the cause. The comparison data used is material with AISI 4145 standard. The test results were obtained that the chemical composition of the pump shaft material that was broken there were many differences with the standard value of AISI 4145. The hardness value of the broken shaft material in the Vickers Hardness Test test decreased quite drastically when compared to the standard value of Hardness Vickers. The microstructure of the shaft material specimen on the fault has a pearlite phase. When viewed from the microstructure, the broken shaft material has undergone a phase change from

martensit temper to pearlit this is due to overheating resulting in unstable shaft phase and transformation to pearlite phase.

Keywords: *Shaft Failure, Ship Machinery, Sea Water Pump, Material Shaft*

1. PENDAHULUAN

Kondisi kerja mesin diesel induk kapal akan maksimal jika didukung sistem pendinginan yang baik. *Sea water cooling system* adalah sistem yang berfungsi untuk mendinginkan minyak lumas, *air intercooler* dan *freshwater jacket cooling*. Media air laut digunakan untuk proses pendinginan pada sistem tersebut. Sistem pendingin terdiri dari beberapa komponen yang terintegrasi dengan pipa. Komponen sistem pendingin terdiri dari *cooler*, *freshwater cooling pump*, *sea water cooling pump* dan *strainer* pada *sea chest*. Terganggunya salah satu komponen tersebut akan menyebabkan kurang maksimalnya pendinginan motor diesel induk kapal. *Cooler* akan terganggu jika tersumbat kotoran dan permukaan pipa atau plat pendingin dipenuhi lumpur. *Cooling pump* kerjanya menjadi terganggu apabila terjadi kebocoran, motor tidak berputar sampai patahnya poros pompa. *Strainer sea chest* akan mengakibatkan suplai air laut ke sistem pendingin jika kotor dan terjadi penyumbatan. Permasalahan oleh kerusakan *cooling pump* memerlukan penanganan yang menghabiskan banyak waktu untuk melakukan perbaikan. Kerusakan yang disebabkan oleh kegagalan salah satu komponen pompa seperti patahnya poros memberikan efek yang lebih fatal. Tidak bekerjanya pompa pendingin dapat mengakibatkan kapal berhenti beroperasi. Kerja poros yang melebihi batas kelelahan dan kombinasi dari lingkungan, geometri dan tekanan bisa menjadi salah satu penyebab retak hingga terjadi patah. Kegagalan poros pompa berawal dari propagasi mungkin akibat kelelahan dan korosi. Tahap akhir kerusakan terjadi kegagalan patahnya poros akibat tekanan mekanis [1].

Kegagalan logam pada jenis poros karena kelelahan terjadi sekitar 90 % dari banyak kasus yang diteliti. Kasus kegagalan poros sering terjadi tiba-tiba dan tanpa peringatan lebih jelas [2]. Poros pompa rusak yang dipelajari berasal dari aplikasi berbagai jenis pompa pada permesinan di kapal dan di dunia industri. Kerja poros mengalami beban yang tidak stabil dari gabungan *bending* dan torsi pada konsentrasi tegangan yang bervariasi. Material yang digunakan untuk poros termasuk kategori jenis baja karbon, paduan baja dan baja tahan karat. Sumber kegagalan poros seperti *Stress Corrosion Crack*, korosi *pitting*, korosi *Intergranular*, korosi leleh, dan kelelahan kegagalan dalam poros ini sering menjadi pemicu utama [3].

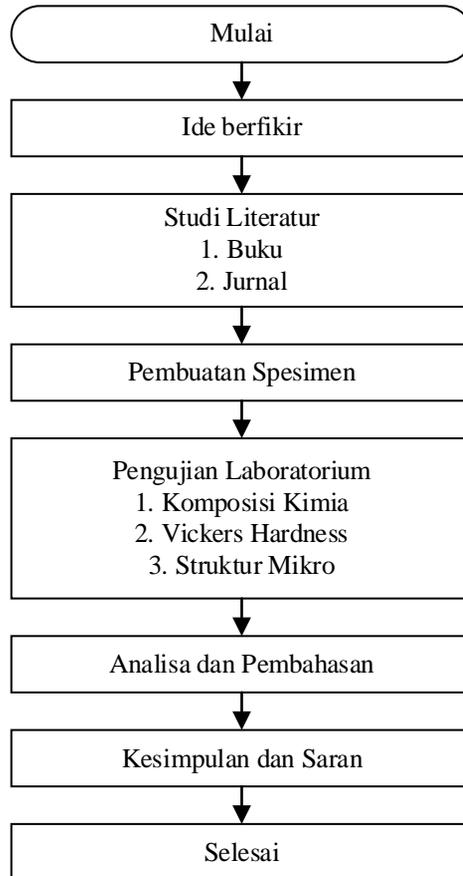
Kasus kegagalan poros berupa patahan, banyak dianalisis dengan metode dan proses yang hampir sama. Jenis kondisi retakan atau pun patahan yang terjadi pada material yang sama seringkali memberikan dampak berbeda. Pada pengoperasian permesinan kapal, kasus kegagalan poros terjadi pada *sea water cooling pump*. Penelitian dan studi untuk menganalisa kasus kegagalan poros pompa di kapal sangat perlu dilakukan. Penelitian sangat perlu dilakukan untuk menentukan jenis dan faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan pada poros pompa. Hasil studi dari analisa kegagalan poros dapat dibuat petunjuk dan saran – saran untuk melakukan langkah penanggulangan atau pencegahan sesuai dengan jenis dan penyebab kerusakan. Tujuan akhirnya agar kerusakan serupa dapat lebih diminimalisir agar tidak mengganggu operasional kapal.

Uraian pada latar belakang menjelaskan terganggunya sistem pendingin motor diesel induk kapal akan mengganggu operasional kapal. Kasus permasalahan yang disebabkan kegagalan poros pompa perlu penanganan dengan waktu lebih lama. Kegagalan poros pompa sejenis juga sering terjadi pada dunia industri. Setiap kasus kerusakan akan memberikan dampak kerugian material bagi pihak operator kapal dan industri. Studi serupa juga telah banyak dilakukan dengan fokus pada kegagalan poros pompa. Secara khusus sangat perlu dilakukan studi kegagalan poros pompa air laut pendingin motor induk di atas kapal. Kapal sebagai industri yang berjalan dan beroperasi terus menerus. Kapal membutuhkan kerja mesin diesel induk yang selalu bekerja optimal agar selalu tepat waktu sampai pelabuhan tujuan. Dukungan dari sistem pendingin mesin sangat dibutuhkan. Pompa pendingin air laut memiliki peran yang sangat vital untuk mengalirkan air pendingin ke dalam sistem. Kegagalan

poros pompa karena retakan atau patah sangat perlu untuk diteliti. Hasil penelitian nantinya dapat digunakan untuk referensi dalam memetakan pola perawatan dan menjaga kondisi operasional kapal agar selalu maksimal.

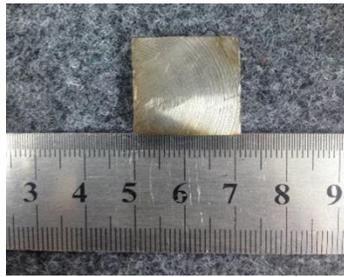
2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan serangkaian metodologi yang terdapat pada *flowchart* pada Gambar.1.

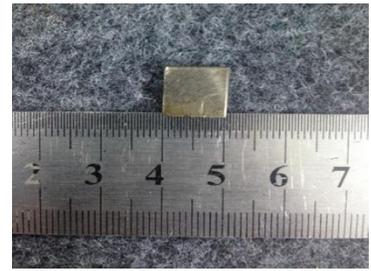


Gambar.1. Diagram alir Penelitian

Berdasarkan gambar.1. yang memberikan gambar diagram alir, penelitian berawal dari fenomena yang membuat tergerak untuk dijadikan kajian penelitian. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan referensi. Objek yang dijadikan penelitian didapat dari sebuah kapal tanker yang sedang merapat dipelabuhan tanjung emas Semarang berupa sebuah *shaft sea water cooling pump* yang patah. *Shaft* yang patah tersebut dipotong dibuat spesimen dengan ukuran 2cm x 2cm x 0.5cm dan 1cm x 1 cm x 0.5cm seperti pada gambar.2.



(a). Spesimen uji kekerasan



(b). Spesimen uji struktur mikro

Gambar.2. Potongan Spesimen poros pompa

Shaft pompa yang patah merupakan material pokok yang menjadi objek penelitian. Poros pompa yang dijadikan sebagai material uji berasal dari *main cooling sea water pump*. *Main cooling sea water pump* tersebut memiliki spesifikasi yang disajikan pada Tabel.1.

Tabel .1. Spesifikasi *main cooling sea water pump* [4]

<i>Kind of Pump</i>	<i>Volute Pump</i>
<i>Type</i>	VSK-100 T
<i>Capacity</i>	100/45 m ³ /H
<i>Del Bore</i>	125 mm
<i>Total Head</i>	2.5/8 MPa
<i>No. Stage</i>	2 S
<i>Power</i>	37 KW
<i>No. Revolution</i>	1450 R/Min
<i>Product</i>	C9PO5651 A
<i>Weight</i>	370 Kg

Penelitian yang dilakukan dibatasi permasalahannya untuk mempermudah dan terfokus pada persoalan penyebab kegagalan shaft yang patah dengan terfokus pada spesimen yang telah dibuat. Spesimen yang telah dibuat dibawa ke laboratorium pengujian material. Pengujian yang dilakukan meliputi uji komposisi kimia, *vickers hardness test* dan uji struktur mikro.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

(a). Pengujian Komposisi Kimia

Hasil pengujian komposisi kimia material poros yang patah dan tidak patah, beserta standar komposisi kimia sebagai acuan. Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel.2.

Tabel.2. Hasil pengujian komposisi kimia

No.	Elemen	Hasil (% berat)		
		Patah	Tidak Patah	Standar (AISI 4145)
1	Fe	96,6	96,8	balance
2	C	0,49	0,44	0,43-0,49
3	Si	0,29	0,22	0,10-0,35
4	Mn	0,94	0,85	0,85-1,10
5	Cr	1,10	1,05	0,80-1,10
6	Ni	0,069	0,081	max 0,25
7	Mo	0,16	0,19	0,15-0,25
8	S	0,015	0,014	max 0,040
9	P	0,024	0,028	max 0,035

Berdasarkan Tabel.2. yang menyajikan data komposisi kimia dapat diketahui nilai kandungan komposisi penyusun poros. AISI 4145 adalah baja paduan sedang yang aplikasi rekayasa umumnya mencakup komponen yang terpapar pada regangan berat. Aplikasi AISI 4145 digunakan pada komponen pembuat poros, roda gigi, baut, dan material teknik lainnya. AISI 4145 juga dapat digunakan dalam kondisi mengeras karena pengaruh kerja bagian-bagian mesin yang terpapar pada keausan berat. Pada material yang patah didapat nilai komposisi kimia penyusun poros sebagian besar masih pada batas standar AISI 4145. Perbandingan material patah dan tidak patah didapatkan nilai komposisi penyusunnya lebih tinggi. Kadar karbon terjadi peningkatan nilai yang dapat menaikkan nilai kekerasan poros. Nilai karbon dari material yang patah berada pada nilai standar maksimal AISI 4145

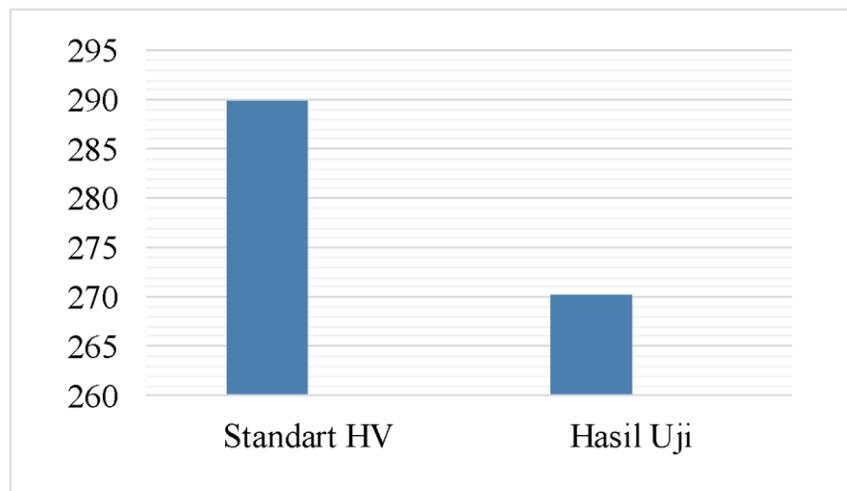
(b). *Vickers Hardness Test*

Nilai kekerasan material uji hasil pengujian kekerasan *Vickers* kemudian dirata-rata dan disajikan pada Tabel.3.

Tabel.3. Pengujian kekerasan Vickers

Spesimen	Pengujian Vickers	Standar (HV)
Material poros pompa yang patah	270	290
	269	
	272	
Rata-rata	270,33	

Nilai tersebut didapat dengan melakukan pengujian kekerasan dengan cara menekan benda uji atau spesimen. Penekanan dilakukan dengan indentor intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat. Nilai besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136° yang disebut metode Vickers Hardness Test. Pembebanan diberikan dengan gaya tekan sebesar 0,3 kgf dan waktu pembebanan atau dwell time 12 detik. Pengujian dilakukan pada spesimen dengan jumlah 3 spesimen yang diambil dari material yang patah. Penekanan dilakukan dengan jarak antar titik pengujian berjarak 1 mm sebanyak 20 titik pada tiap spesimen. Berdasarkan tabel nilai kekerasan tersebut dapat dibuat sebuah grafik distribusi pengujian kekerasan seperti dapat dilihat pada gambar.3.

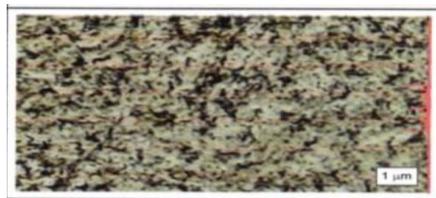


Gambar.3. Nilai kekerasan material uji dan AISI 4145

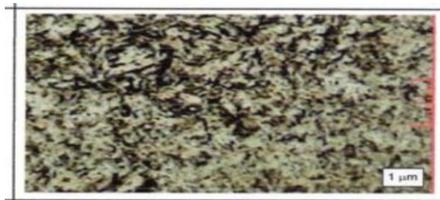
Berdasarkan grafik gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan material uji memiliki nilai kekerasan sebesar 270.33 HV. Untuk standar kekerasan material AISI 4145 adalah sebesar 290 HV. Jika dilihat pada material poros yang patah nilai kekerasan mengalami penurunan yang tajam sebesar 19,67 HV jika dibandingkan dengan standar material AISI 4145 (kekerasannya 290 HV). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh panas dan tarikan yang dialami oleh poros dibagian ujung. Akibat dari panas adalah terjadinya perubahan fasa *martensit* ke *pearlit* sedangkan akibat dari tarikan adalah terjadinya mulur pada ujung poros maka bagian ujung poros mengalami distorsi sehingga terjadi perubahan bentuk.

(c). Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro diperlukan untuk memperkuat data bahwa hasil pengujian kekerasan itu benar. Hasil pengujian struktur mikro ditampilkan pada gambar 4 menggunakan perbesaran 400x dan 600x. Pengambilan gambar pada pengujian struktur mikro ini adalah pada daerah permukaan patahan bisa dilihat pada gambar.4. Pengujian struktur mikro menggunakan etsa *Nital*.



(1)



(2)



(3)

**Gambar.4. Struktur mikro area poros yang patah
(1) Uji Spesimen 1; (2) Uji Spesimen 2; (3) Uji Spesimen 3**

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat struktur mikro spesimen material poros pada patahan mempunyai fasa *pearlit* (Calister & Rethwisch, 2009). Apabila dilihat dari struktur mikro, material poros yang patah tersebut telah mengalami perubahan fasa dari *martensit temper* ke *pearlit* hal ini disebabkan karena adanya panas berlebih sehingga mengakibatkan fasa poros tidak stabil dan bertransformasi ke fasa *pearlit*. Efek dari perubahan fasa tersebut mengakibatkan kekerasan poros mengalami penurunan sehingga poros tidak kuat menerima beban tarik, akibatnya ujung poros mengalami mulur sehingga juga terjadi distorsi.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian pada material poros pompa yang mengalami kegagalan berupa patah diperoleh beberapa kesimpulan. Kesimpulan tersebut merupakan hasil analisa dari pengujian spesimen. Kesimpulan yang didapat dari penelitian kegagalan poros pompa pendingin air laut adalah:

1. Komposisi kimia material poros pompa yang mengalami patah terdapat banyak perbedaan dengan nilai standar AISI 4145. Kandungan komposisi kimia tersebut ada yang lebih tinggi atau bahkan lebih rendah dari standar AISI 4145.
2. Nilai kekerasan material poros yang patah pada pengujian *Vickers Hardness Test*. terjadi penurunan yang cukup drastis jika dibandingkan dengan nilai standar *Hardness Vickers*.
3. Struktur mikro spesimen material poros pada patahan mempunyai fasa *pearlit* (Callister & Rethwisch, 2009). Apabila dilihat dari struktur mikro, material poros yang patah tersebut telah mengalami perubahan fasa dari *martensit temper* ke *pearlit* hal ini disebabkan karena adanya panas berlebih sehingga mengakibatkan fasa poros tidak stabil dan bertransformasi ke fasa *pearlit*.

Saran yang diberikan untuk memperpanjang usia operasional pompa dan penelitian selanjutnya yang relevan, antara lain:

1. Pengoperasian pompa pendingin air laut perlu dilakukan manajemen operasi jam kerja pompa. Hal ini dilakukan untuk mengatur beban kerja pompa dan mengurangi pembebanan secara terus menerus.
2. Mengurangi beban kerja pompa dan panas yang terjadi secara kontinyu untuk mengurangi perubahan kondisi material yang menjadi penyebab penurunan kekuatan material.

Perlu dilakukan penelitian dan pengujian pada kasus yang serupa, agar diperoleh hasil penelitian dan pengujian yang lain yang bermanfaat pada bidang ilmu material poros

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada rekan – rekan di Polimarin Semarang yang membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alduqri. Y.A.A. 2010. *Case study report: failure analysis of centrifugal pump shaft*. Universiti Teknologi Malaysia.
- [2] Callister W, D. dan Rethwisch. D. G. 2008. *Fundamentals of Materials Science and Engineering: Application and Processing of Metal Alloys*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [3] J. J. Kim and J. D. Lee, Kor. J. Met. Mater. 46, 809 (2008).
- [4] Heishin Pump.co.ltd, *Instruction Manual Book*, 200
- [5] Anish,2019, *General Overview of Central Cooling System on Ships*. Marine Insight. United Kingdom.
- [6] ASM Handbook Volume 9., Vander, Voort, 2004, *Metallography and Microstructure*, ASM International, Material Parks.
- [7] ASM Handbook, Vol. 12, Fractography, ASM International, Materials Park, OH, 1987.
- [8] ASM Volume 6., 1993. “*Welding, Brazing, And Soldering*.” “The ASM Handbook

Committee.

- [9] ASTM E384-99., 2002, *Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials*, ASTM International.
- [10] D. J. Wulpi, *Understanding How Components Fail*, American Society for Metals, Materials Park, OH, 1985.
- [11] Djafrie, S., 1986. *Metalurgi Mekanik. Terjemahan dari Mechanical Metallurgy*, Erlangga, Jakarta.
- [12] Johan Handoyo (2016:85) dalam buku yang berjudul *Motor diesel*
- [13] *Metals Handbook: Fractography and Atlas of Fractographs*, Vol. 9, 8th edition,
- [14] P. Van Maanen, 2002, *Motor Diesel Kapal*, hal 8.1, Noutech.