

# STUDI KASUS ANALISIS KEGAGALAN BAUT *CONNECTING ROD* MESIN DIESEL GENERATOR KAPAL

Khaeroman, W. A Putranto

Politeknik Maritim Negeri Indonesia  
Jl. Pawiyatan Luhur I/1, Bendan Duwur, Semarang

Emai: khoer@polimarin.ac.id, wahyu\_ap@polimarin.ac.id

## Abstrak

Kapal laut adalah alat transportasi yang digunakan untuk mengangkut barang-barang baik kebutuhan pokok maupun kebutuhan industri dan juga untuk mengangkut orang-orang serta berfungsi menghubungkan dari satu pulau ke pulau yang lain. Tenaga penggerak kapal pada umumnya adalah mesin diesel sebagai tenaga penggerak utama dengan berbagai variasi mesin diesel. Pada mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), salah satu komponen terpenting di dalamnya adalah batang piston (*connecting rod*). *Connecting rod* berfungsi menerima tenaga dari piston yang diperoleh dari pembakaran dan meneruskannya ke poros engkol (*crank shaft*). Pada *connecting rod* terdapat *bolt connecting rod* berfungsi untuk merapatkan *connecting rod cap* yang menghubungkan *connecting rod* dengan *crank shaft*. Telah terjadi kegagalan pada *bolt connecting rod* (patah) pada mesin diesel kapal. Kemudian dilakukan analisa untuk mengetahui penyebab kegagalan *bolt connecting rod*. Pada proses analisa ini didahului dengan berbagai macam pengujian seperti uji komposisi kimia, uji kekerasan, uji mikrografi, uji makrografi dan uji SEM. Apabila telah ditemukan penyebab kegagalan *bolt connecting rod* maka akan diberikan rekomendasi agar kejadian tersebut tidak terulang lagi

**Kata Kunci:** kegagalan, baut, *connecting rod*, mesin diesel, kapal

## Abstract

*Ships are a means of transportation used to transport goods both basic needs and industrial needs and also to transport people also use transportation from one island to another. Ship propulsion in general is a diesel engine The main driving force with a variety of diesel engines. In an internal combustion engine, one of the most important components in it is the piston rod (connecting rod). The connecting rod is ready to receive power from the piston obtained from combustion and returned to the crankshaft (crankshaft). On the connecting rod there is a bolt connecting the rod used to get the connecting rod connecting the connecting rod with the crankshaft. There has been damage to the bolt connecting the rod (broken) to the diesel engine of the ship. Then an analysis is performed to determine the cause of the failure of the bolt connecting the rod. In this analysis process, preceded by various kinds such as chemical composition tests, trials, micrographic tests, macrographic tests and SEM tests. If the cause of the bolt connecting the stem is found, a recommendation will be given so that the incident does not happen again*

**Keyword:** failure, bolt, *connecting rod*, diesel engine, ship

## 1. PENDAHULUAN

Kapal laut adalah alat transportasi laut yang digunakan untuk mengangkut barang-barang baik kebutuhan pokok maupun kebutuhan industri dan juga untuk mengangkut orang-orang serta berfungsi menghubungkan dari satu pulau ke pulau yang lain.

Kebutuhan terhadap kondisi mesin diesel sebagai tenaga penggerak utama adalah sangat mutlak sehingga faktor efisiensi dalam pengoperasian kapal dapat tercapai secara maksimal.

Pada mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), salah satu komponen

terpenting di dalamnya adalah batang piston (*connecting rod*). *Connecting rod* berfungsi menerima tenaga dari piston yang diperoleh dari pembakaran dan meneruskannya ke poros engkol (*crank shaft*). Bagian-bagian dari *connecting rod* adalah sebagai berikut:



Keterangan:

1. Rod eye
2. Piston pin bushing
3. Shank
4. Cap
5. Rod bolt and nuts
6. Conneting rod bearing

**Gambar 1.** *Connecting rod* (Susanto, 2014)

*Bolt connecting rod* berfungsi untuk merapatkan *connecting rod cap* yang menghubungkan *connecting rod* dengan *crank shaft*. *Bolt* selalu mengalami beban tegangan tinggi yang berulang-ulang karena inersia dari piston dan *connecting rod*. Oleh karena itu pengencangan *bolt* (kekencangan/torquencya) harus sesuai.

*Conneting rod assembly* bergerak *reciprocating* dengan kecepatan tinggi sehingga bila beratnya tidak tepat akan berpengaruh besar pada *engine balancer*. Berat *connecting rod assembly* harus sesuai dengan spesifik *tolarace*. Perbedaan berat antara *connecting rod* satu dengan lainnya di dalam mesin tidak boleh melebihi batas yang diijinkan [1].

*Bolt connecting rod* biasanya terbuat dari baja paduan. Sifat-sifat baja dapat diatur melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) [2].

(Pada penelitian ini akan dibahas mengenai kegagalan yang terjadi pada *bolt connecting rod* mesin diesel generator kapal di pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Untuk menelusuri penyebab terjadinya kerusakan dengan metoda, "Visual / Fraktografi, Metalografi, Uji Kekerasan, Analisa Komposisi Kimia,

**2. METODE**

Metode pemeriksaan dan acuan pengujian meliputi:

- a. ASTM E407, untuk acuan Uji Komposisi Kimia [3].
- b. ASM vol.12 Fractography, untuk acuan pemeriksaan Visual [4].
- c. ASTM E 3, untuk uji Metalografi [5].
- d. ASTM E18, untuk acuan Uji Kekerasan HRC [6].



**Gambar 2.** Baut *connecting rod*

Bahan yang akan diuji adalah baut *connecting rod* baut tidak patah dan patah. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 2.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Analisa komposisi kimia**

Untuk mengetahui komposisi kimia baut patah dan baut tidak patah perlu dilakukan uji komposisi kimianya. Unsur-unsur kimia material baut patah, baut tidak patah dan standard material AISI 4145 dapat dilihat pada Tabel 1

**Tabel 1** Komposisi kimia material baut patah, baut utuh dan standard material AISI 4145

No.	Elemen	Hasil (% berat)		Standar (AISI 4145)
		Patah	Tidak Patah	
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	1,1	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

Dari hasil pengujian komposisi kimia (baut patah dan baut tidak patah) kemudian setelah dibandingkan dengan data spesifikasi material standar AISI 4145 ternyata diperoleh data

spesifikasi baut tersebut masuk kedalam spesifikasi material AISI 4145 (*Low alloy steel*).

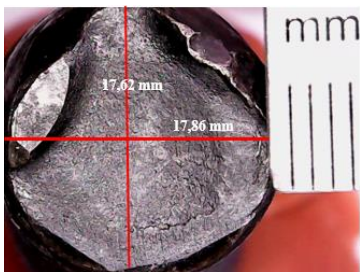
### 3.2. Pemeriksaan Visual dan Makrografi



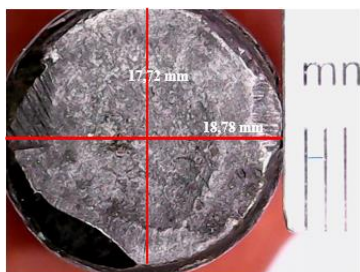
**Gambar 3.** Pernukaan ujung baut patah

Pemeriksaan visual pada baut patah tidak menunjukkan adanya gejala kerusakan seperti retak, *void*, porositas, dan lain lain, seperti yang terlihat pada gambar 3.

Pengujian dilanjutkan dengan uji makrografi menggunakan mikroskop optik makro. Hasil dari pengujian ini bisa dilihat pada gambar 4 dan 5 untuk baut patah dan baut tidak patah.



**Gambar 4.** Pernukaan ujung baut patah



**Gambar 5.** Pernukaan ujung baut tidak patah

Hasil pemeriksaan makrografi pada permukaan baut patah dan baut tidak patah memperlihatkan kontur permukaan yang sama.

Dari hasil pengamatan tersebut bisa disimpulkan bahwa baut yang patah ternyata tidak patah hanya mengalami distorsi (pengecilan ukuran diameter karena mulur). Dari foto makro tersebut bisa dilihat baut mengalami mulur karena adanya tarikan dari murnya (lihat gambar 4 dan 5).

### 3.3. Pengujian Kekerasan HRC

Pengujian kekerasan pada baut patah dan baut tidak patah dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat kekerasannya [7]. Untuk mengetahui kekerasan suatu benda uji bisa menggunakan pengujian Brinell, pengujian kekerasan Vickers dan pengujian kekerasan Rockwell [8] Schonmetz (1985),. Pada penelitian ini menggunakan *Rockwell Hardness Tester*. Hasil uji kekerasannya dapat dilihat pada Tabel 2.

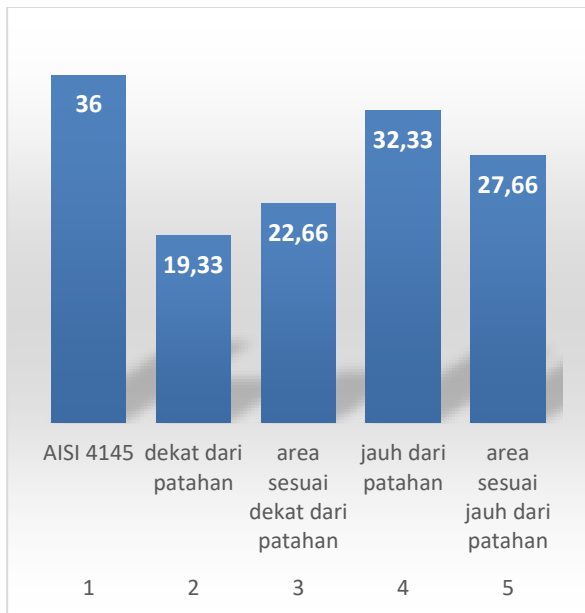
**Tabel 2** Hasil uji kekerasan HRC

No.	Spesimen	Pengujian HRC			Rata-rata	AISI 4145
		1	2	3		
1	<b>Baut patah</b>					
	a. Dekat dari patahan	18	21	19	19,33	30-36
	b. Jauh dari patahan	32	34	31	32,33	30-36
2	<b>Baut tidak patah</b>					
	a. Area sesuai dekat dari patahan	23	26	19	22,66	30-36
	b. Area sesuai jauh dari patahan	29	23	31	27,66	30-36

Dari hasil pengujian kekerasan spesimen material baut patah dan baut tidak patah, pada bagian ujungnya menunjukkan nilai kekerasan masing-masing material adalah 19,33 HRC dan 22, 66 HRC. Hal ini menunjukkan kesesuaian terhadap nilai kekerasan mikrostruktur fasa *pearlit* [8].

Sedangkan pada bagian dekat kepala baut, pada baut patah dan baut tidak patah menunjukkan nilai kekerasan masing-masing material adalah 32,23 HRC, dan 27,66 HRC. Hal ini menunjukkan kesesuaian terhadap nilai kekerasan mikrostruktur fasa martensite temper [9].

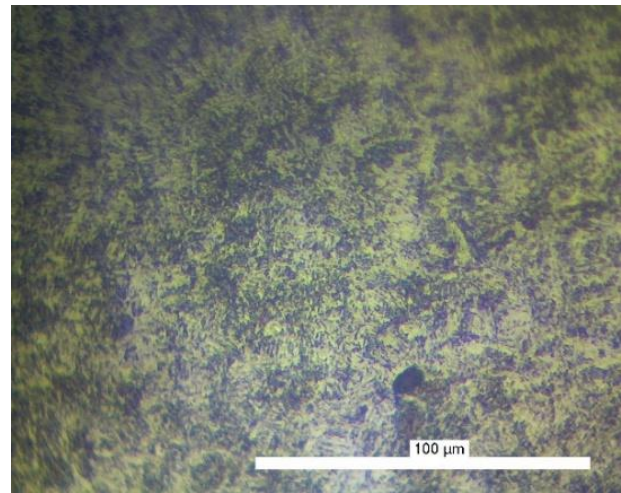
Dari nilai kekerasan tersebut dapat dibuat sebuah grafik distribusi kekerasan seperti terlihat pada gambar 6.



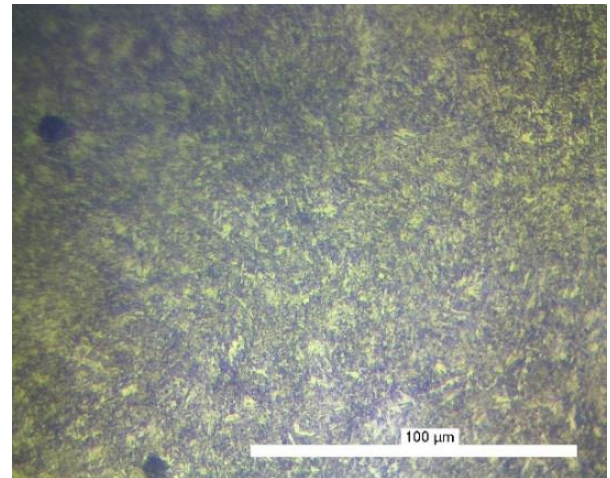
**Gambar 6.** Nilai kekerasan baut patah, baut tidak patah dan standar material AISI 4145

### 3.4. Pengujian Mikrografi

Pemeriksaan struktur mikro dilakukan pada penampang baut patah dan baut tidak patah. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa mikrostruktur kedua baut tersebut pada bagian ujungnya masing-masing berupa *pearlit* [9], seperti yang terlihat pada gambar 7 dan 8 dengan perbesaran 600x.

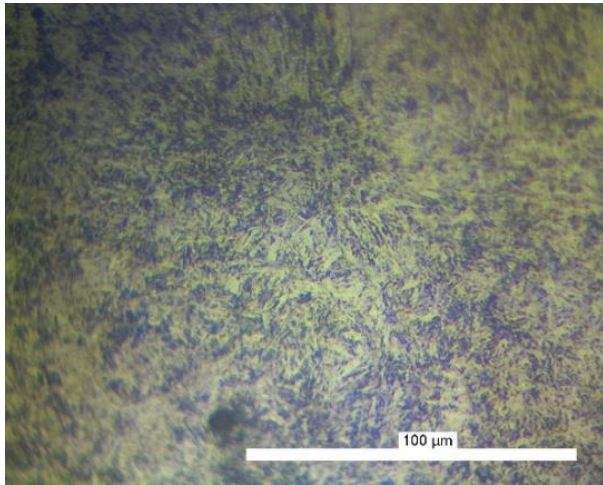


**Gambar 7.** Struktur mikro baut patah (dekat patahan)

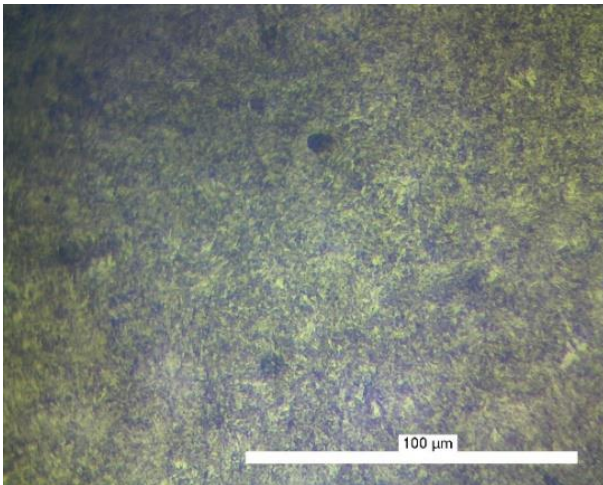


**Gambar 8** Struktur mikro baut utuh (area sesuai dengan dekat dari patahan)

Sedangkan pada bagian dekat kepala baut pada baut patah dan baut tidak patah masing-masing fasanya adalah *martensite temper* [10], seperti yang terlihat pada gambar 9-10 dengan perbesaran 600x.



**Gambar 9.** Struktur mikro baut suspek patah jauh dari patahan



**Gambar 10.** Struktur mikro baut utuh (area sesuai dengan jauh dari patahan)

Apabila dilihat dari struktur mikronya, baut yang patah tersebut telah mengalami perubahan fasa dari *martensit temper* ke *pearlit* hal ini disebabkan karena adanya panas berlebih sehingga mengakibatkan fasa baut tidak stabil dan bertransformasi ke fasa *pearlit*. Efek dari perubahan fasa tersebut mengakibatkan kekerasan baut mengalami penurunan sehingga baut tidak kuat menerima beban tarik, akibatnya ujung baut mengalami mulur sehingga juga terjadi distorsi.

#### 4. KESIMPULAN

Material *bolt connecting rod* yang patah telah dianalisa dengan beberapa pengujian seperti pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian visual, pengujian makrografi dan pengujian mikrografi.

Penyebab terjadinya kegagalan *bolt connecting rod* (suspek patah) adalah karena panas berlebih dan adanya beban tarik dari *connecting rod*. Efek panas berlebih berakibat pada perubahan fasa yaitu dari fasa martensit menjadi fasa pearlit sehingga kekerasan material juga mengalami penurunan yaitu dari 32,33 HRC menjadi 19,33 HRC. Efek beban tarik berakibat pada ujung baut menjadi mulur dan mengakibatkan terjadinya distorsi (perubahan bentuk ujung baut).

Untuk kasus seperti ini direkomendasikan agar dilakukan pengecekan pelumasan secara rutin sehingga efek panas berlebih tidak terjadi dan apabila sudah saatnya penggantian pelumas harus segera diganti.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan mengucapkan terima kasih secara bersungguh-sungguh kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Dengan harapan semoga jurnal ini dapat bermanfaat bagi dunia akademisi dan praktisi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Deri. 2011. basic-engine-component-part-7 di <http://teknisiberat.blogspot.com/2011/12/basic-engine-component-part-7.html> (diakses 16 juli).
- [2] Budinski, K. G., 1989, Engineering Materials Properties and Selection, 3rd ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey
- [3] ASTM, "ASTM E340-2016, Standard Test Method for Optical Emission Vacuum Spectrometric Analysis of Carbon and Low-Alloy Steel, vol. i. pp. 1–13, 2016

- [4] ASM Metal Handbook, 2002, Volume 12, Fractography, ASM International.
- [5] ASTM, “ASTM E3-2016, Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens,” ASTM Standards, vol. i. pp. 1–12, 2016.
- [6] ASTM, “ASTM E18-2016, Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials,” ASTM Standards, vol. i. pp. 1–43, 2016.
- [7] Chen, Hsing-Sung, et.al., 2006. “*Failure Analysis of Bolts on an End Flange of A Steam Pipe*”, Engineering Failure Analysis, 13, pp. 656-66
- [8] Schonmetz, Alois, Karl Gruber, terjemahan Eddy D. Hardjapamekas, 1985, Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam, Angkasa, Bandung
- [9] W. D. Callister and D. G. Rethwisch. 2009. *Materials Science and Engineering: An Introduction*, pp. 992
- [10] J. and D. G. R. william D. Callister. 2015. *fundamentals of materials science and engineering*, vol. 1