

FENOMENA TERJADINYA KERUSAKAN PADA MATERIAL BATANG PISTON

THE PHENOMENON OF DAMAGE TO THE PISTON ROD MATERIAL

M. N. Setia Nusa

Peneliti Bidang Pengujian Material
Balai Besar Teknologi Kekuatan dan Struktur-BPP Teknologi
e-mail: setia.nusa@bppt.go.id

Abstrak

Terjadi kerusakan dan pecah pada area *bushing* dan patah pada batang *connecting rod*. Dilakukan penelitian untuk mengetahui penyebab kerusakan tersebut dengan metode *fractography*, *metalography*, uji kekerasan dan uji komposisi kimia dan secara visual. Ditemukan indikasi kerusakan berawal pada daerah *bushing* dengan awal retak (*initial crack*) dan penjalaran retak (*crack propagation*) juga beberapa retak rambut, ini bentuk patah fatik dan menyebabkan patah pada batang *connecting rod* dengan ciri patah ulet (*ductile fracture*). Patah fatik akibat dari benturan halus yang berlangsung beberapa lama akibat dari rongga *bushing* yang longgar karena kurangnya pelumasan atau pelumasan yang kurang sempurna.

Kata kunci :Connecting Rod – Pelumasan – Longgar – Retak – Pecah

Abstract

An investigation is conducted to find the cause of failure on the con rod by methods of fractography, metallography, hardness test, chemical composition and visual examination. It is found an indication that the failure is initiated at bushing area with an initial crack and crack propagation and also same microcrack, formed as fatigue fracture, causing fracture of connecting rod with a characteristic of ductile fracture. Fatigue fracture is caused by soft impact that lasting for long time due to gap existence in the bushing caused by lack of lubrication or imperfect lubrication.

Keyword :Connecting Rod – Lubrication – Gap – Crack – Failure.

Diterima (received) : 1 April 2016, Direvisi (Revised) : 12 Oktober 2016, Disetujui (Accepted) : 28 November 2016

PENDAHULUAN

Penelitian dilakukan pada batang piston atau *connecting rod*, karena beberapa kali kejadian atau rusaknya batang piston ini pada saat kendaraan beroperasi, *connecting rod* ini adalah bagian dari *Crankshaft* atau poros engkol biasanya mekanik juga menyebutnya kruk as, bagian pada mesin yang mengubah gerak vertikal/horizontal dari piston menjadi gerak rotasi (putaran) ¹⁰. Sebagai batang penyambung adalah *connecting rod* atau *con rod* berfungsi untuk memindahkan gaya yang mendorong piston, dan piston memindahkan tekanan hasil

pembakaran campuran bahan bakar dan udara melalui *con rod* ke *crankshaft*. Biasanya piston-piston dilengkapi dengan tiga ring di sekelilingnya. Dua ring utama adalah ring kompresi. Ring tersebut menyekat celah diantara piston dan dinding silinder. ring tersebut dirancang untuk mencegah agar gas bertekanan tinggi dari proses pembakaran mengalir melewati piston. Ring ketiga pada piston adalah ring oli yang berfungsi untuk mencegah oli pelumas pada dinding-dinding silinder masuk ke ruang pembakaran¹. Ring piston yang telah aus di kendaraan seringkali dapat terdeteksi melalui emisi gas buang yang

berasap. Permasalahan yang timbul yaitu pada posisi tempat bearing yang kecil area bushing terjadi kerusakan/ pecah akibat terjadinya benturan halus beberapa lama dan gesekan sampai patah fatik dan berdampak pada patahnya batang *connecting rod*^{6]}. Material *Connecting Rod* yang digunakan dengan spesifikasi JIS G 4106 class S Mn 433.

Kerusakan terhadap permukaan dari patahan/ fracture mengungkapkan bahwa penyebab kegagalan adalah beban dan retak yang terlebih dahulu dimulai dari bagian atas batang piston, titik inisiasi keretakan berada dibagian dasar kelima dari ujung peretaka^{2]}.

Sesuai dengan fungsi piston, maka piston harus mempunyai beberapa persyaratan yaitu:

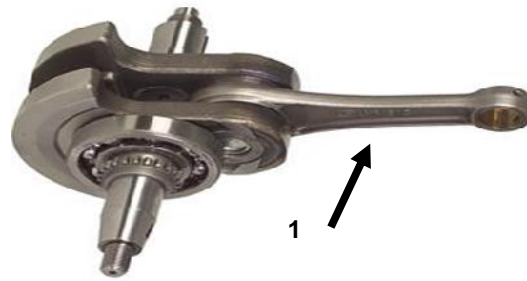
- Tahan terhadap tekanan dan temperatur yang tinggi terutama pada bagian puncaknya yang terkena tekanan yang besar saat piston melakukan kerja.
- Mempunyai berat jenis yang rendah, sehingga bobot piston menjadi ringan pada saat bekerja.
- Harus mempunyai koefisien muai yang rendah.
- Tahan terhadap kerusakan akibat gesekan, tidak bersifat korosif serta abrasif.

Oleh karena itu dengan dilakukannya penelitian ini dan ditemukannya penyebab terjadinya kerusakan pada connecting rod atau batang piston tersebut, tentunya dapat dijadikan acuan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sama pada produk yang akan datang dan sekaligus meningkatkan kualitas pada produk.

BAHAN DAN METODE

Adapun bahan dan data-data teknis dari *connecting rod* adalah sebagai berikut :

No	Komponen	
1	Component	Connecting Rod
2	Model	3516 TA
3	Serial Number	025Z04601
4	Problem Date	9 Dec 2012
5	HM Problem	90285
6	Installed Date	21 Jun 2010
7	HM Installed	74077
8	Component Life	16208 Hrs

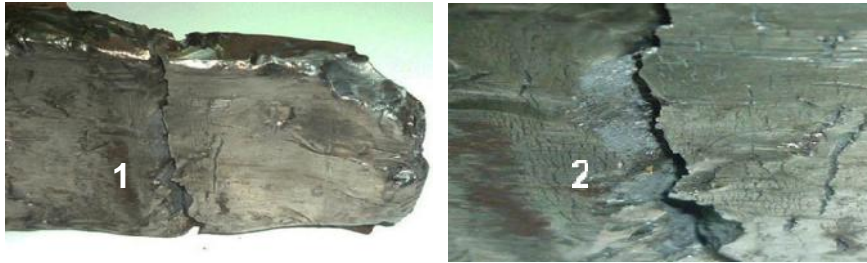


Gambar 1.
Rangkaian Connecting Rod



Gambar 2.
Connecting Rod yang di analisis pada bushing (A) dan batang piston (B).

Pada gambar 1 merupakan connecting rod secara utuh dalam kondisi terpasang dengan rangkaian sistem kerjanya, sedangkan pada gambar 2 merupakan connecting rod yang mengalami kerusakan dan yang menjadi bahan dalam analisis kerusakannya, terjadi kerusakan pada bushing (gambar 2 A) dan kerusakan pada batang piston pada gambar 2 B.

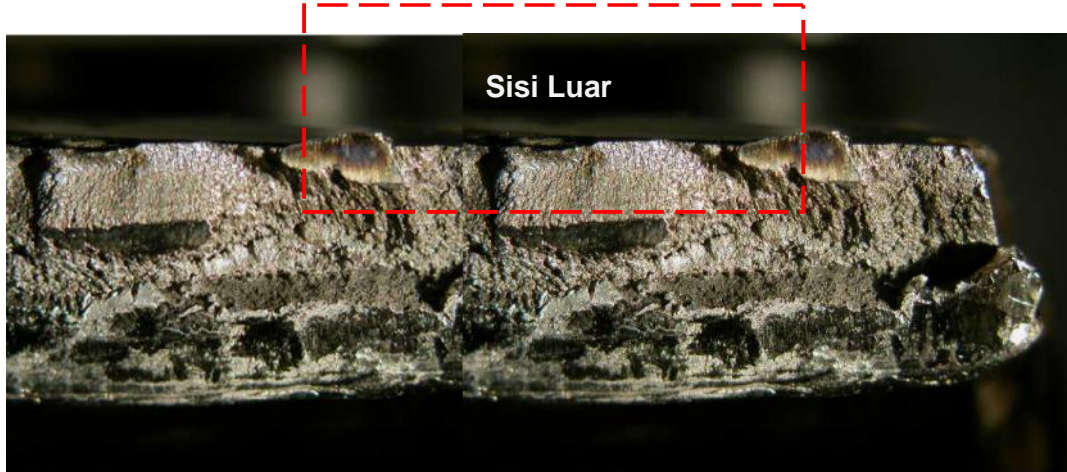


Gambar 3.

Patahan pada *bushing* no.1 & 2 merupakan patah akibat benturan yang berulang hingga menimbulkan adanya retak-retak sebelum patah

Pada gambar 3 sub gambar 1 dan sub gambar 2 memperlihatkan kerusakan yang terjadi pada daerah *bushing*, merupakan patah akibat dari benturan yang berulang-ulang sehingga menimbulkan retak-retak sebelum patah. Sedangkan pada gambar 4

menunjukkan ciri patahan dari *bushing* yang memperlihatkan indikasi radial mark patah fatik pada permukaan patahannya seperti yang terlihat pada pola patah pada gambar 11.



Gambar 4.

Permukaan patahan pada *bushing* yang memperlihatkan adanya radial mark patah fatik.

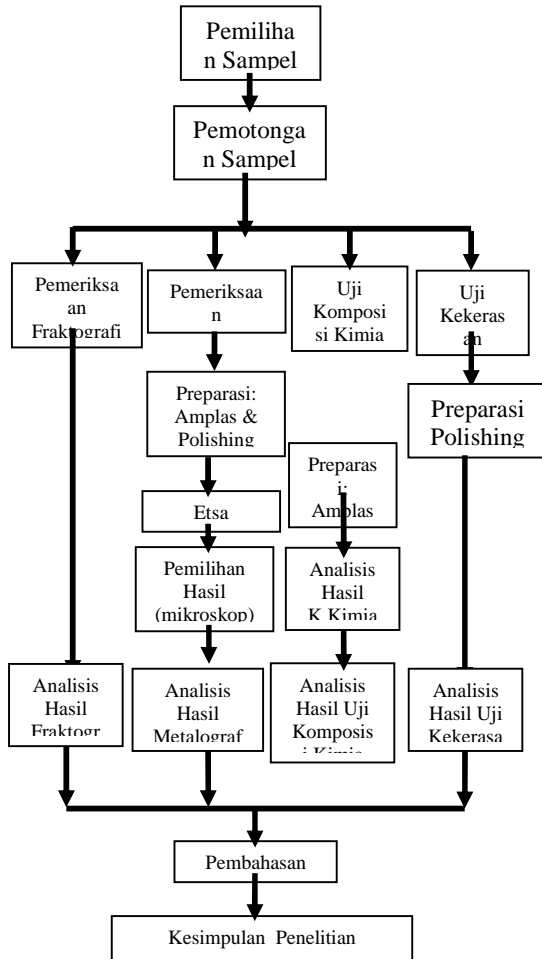
Pemeriksaan Visual dan makro fractografi

Pemeriksaan visual dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik kerusakan dan menentukan daerah awal penyebab kerusakan yang nantinya dipilih untuk pemeriksaan lebih mendalam, metode pemeriksaan visual ini dilakukan dengan mengamati kondisi area yang rusak secara cermat dan didokumentasikan dengan gambar menggunakan kamera.

Sedangkan pemeriksaan makrografi menggunakan mikroskop stereo untuk mengidentifikasi awal kerusakan di permukaan daerah yang rusak, sehingga area tersebut dapat diamati pada perbesaran yang lebih besar dibandingkan pemeriksaan visual dan didapatkan informasi lebih jelas dengan perbesaran sampai dengan 25X. Pemeriksaan makrografi mengacu pada standard ASTM E 340-00.

METODE

Diagram tahapan penelitian yang dilakukan adalah seperti di bawah ini



Pemeriksaan metalografi merupakan suatu metode pemeriksaan yang dilakukan untuk mengamati strukturmikro dengan menggunakan mikroskop optik pada area yang rusak lebih detail dan dianggap mewakili serta area sekitarnya untuk dilakukan analisis kerusakan, pemeriksaan metalografi dilakukan juga untuk memeriksa kemungkinan adanya *void*, retak mikro, ataupun cacat mikro lainnya yang mungkin berpengaruh sebagai penyebab kerusakandan pecahnya kebocoran *connecting rod*. Hasilnya lalu didokumentasikan dengan kamera digital. Persiapan benda uji metalografi mengacu pada standard ASTM E 3-01. Selanjutnya dilakukan proses mikro etsa sampel uji yang mengacu pada standard ASTM E 407-01 dimana larutan yang digunakan adalah Nital2%.

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan di area yang dianggap normal dengan area sekitar patahan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat Frank finotest dengan nilai kekerasan dalam skala *Vickers* dengan

metode yang digunakan indentasi *Vickers microhardness* mengacu pada ASTM E92.

Pengujian komposisi kimia material *Connecting rod* untuk mengetahui unsur yang digunakan apakah sesuai atau tidak dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Pemeriksaan komposisi kimia mengacu pada standard ASTM E 415-99a, dengan menggunakan *Metorex Arc-Met 930SP*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Visual

Pada metal jalan sisi luar yang bersinggungan dengan *connecting rod* terdapat goresan-goresan cacat lokal /friction (gambar 6), sedangkan pada sisi dalamnya ditemukan perbesaan warna (gambar 5), kedua indikasi ini disebabkan oleh gesekan-gesekan kasar atau gesekan terjadi akibat pelumasan yang tidak sempurna^[10].



Gambar 5.

Cacat-cacat yang terdapat pada metal jalan crankshaft, terlihat perbesaan warna pada sisi dalam.



Gambar 6.

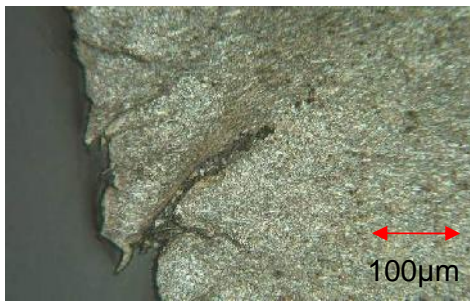
Sisi luar metal jalan yang bersinggungan dengan *connecting rod* mengalami cacat lokal (friction).

Pemeriksaan visual dan makrografi pada komponen *connecting rod* yang mengalami kerusakan menunjukkan bahwa kerusakan berawal pada area *bushing* dan ditemukan adanya radial mark patah fatik^[5] (gambar 4), dan terlihat patah akibat benturan yang berulang hingga menimbulkan adanya retak-retak sebelum patah (gambar 3).

Bentuk patahan di area *bushing piston* ini diawali dari permukaan luar (*initial crack*) dan diikuti penjaralan retak ke arah permukaan dalam yang merupakan ciri patah statis (*static fracture*)^[3].

Untuk mengetahui penyebab kerusakan didapat dari beberapa faktor^[11]:

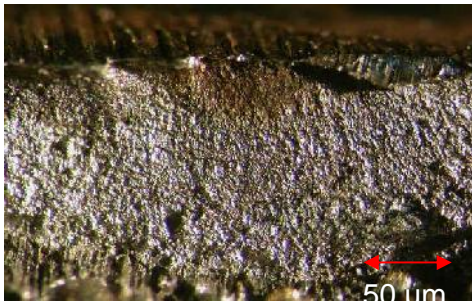
- Kekerasan batang torak dan pena engkol
- Kelonggaran antara batang engkol dan bantalan pena engkol, lebih dari batas yang ditentukan.
- Tegangan tinggi dilokasi yang kritis.
- Desain batang torak.
- Kelangkaan minyak pelumas di bidang luncur antar muka.



Gambar 7.

Cacat/retak patah sisa pada sisi luar, terlihat adanya deformasi struktur mikro akibat beban bentur.

Pemeriksaan Mikrostruktur



Gambar 8.

Patahan *bushing* yang memperlihatkan adanya *initial crack* dari daerah tengah dan ke tepi dan diteruskan patah *radial mark* secara bertahap.

Permukaan patahan pada batang piston terlihat pada gambar 4 merupakan indikasi dari patah akibat benturan. Sedangkan kerusakan yang terjadi berbentuk fatik dan terlihat alur patah *radial mark* seperti yang terlihat pada pola patah gambar 11 dengan struktur mikro berupa martensit halus (*massive martensite*) seperti yang terlihat pada Gambar 10^[8] di sekitar permukaan luar patahan, juga terlihat adanya retak rambut (*micro crack*) dan deformasi plastik di area

patahan tidak terlihat cukup signifikan seperti yang terlihat pada Gambar 11, kecuali deformasi yang terjadi pada patahan di area batang. Komponen telah mengalami proses *heat treatment* karena struktur mikro yang terbentuk martensit halus^[7]. Adanya proses treatment juga terlihat dari hasil uji kekerasan di beberapa area patahan yang cenderung cukup merata yaitu antara 302–367HV.

Pada gambar 9 struktur mikro sisi luar dan gambar 10 struktur mikro bagian dalam, dimana struktur mikronya adalah martensit pengaruh temperatur tinggi dan ditemukan retak-retak.



Gambar 9.

Struktur mikro bushing sisi luar, Etsa: Nital 2%



Gambar 10.

Struktur mikro martensit sisi dalam bushing ditemukan retak-retak (*secondary crack*). Etsa Nital 2%

Tabel 1.

Hasil Uji Komposisi Kimia Connecting Rod JIS G 4106 Class S Mn 433

Benda Uji	Hasil / Result		JIS G 4106 Class SMn 433
Kode	Unsur	Wt %	
C	Fe	97.74	
O	S	0.010	0.030
N	C	0.29	0.30 – 0.36
N	Si	0.28	0.15-0.35
E	Mn	1.38	1.20 – 1.50
C	Cr	0.11	
T	Ni	0.021	
I	Mo	0.030	
N	Cu	0.035	
G	Al	0.044	
R	V	0.0029	
O	Nb	0.0043	
D	Ti	0.044	

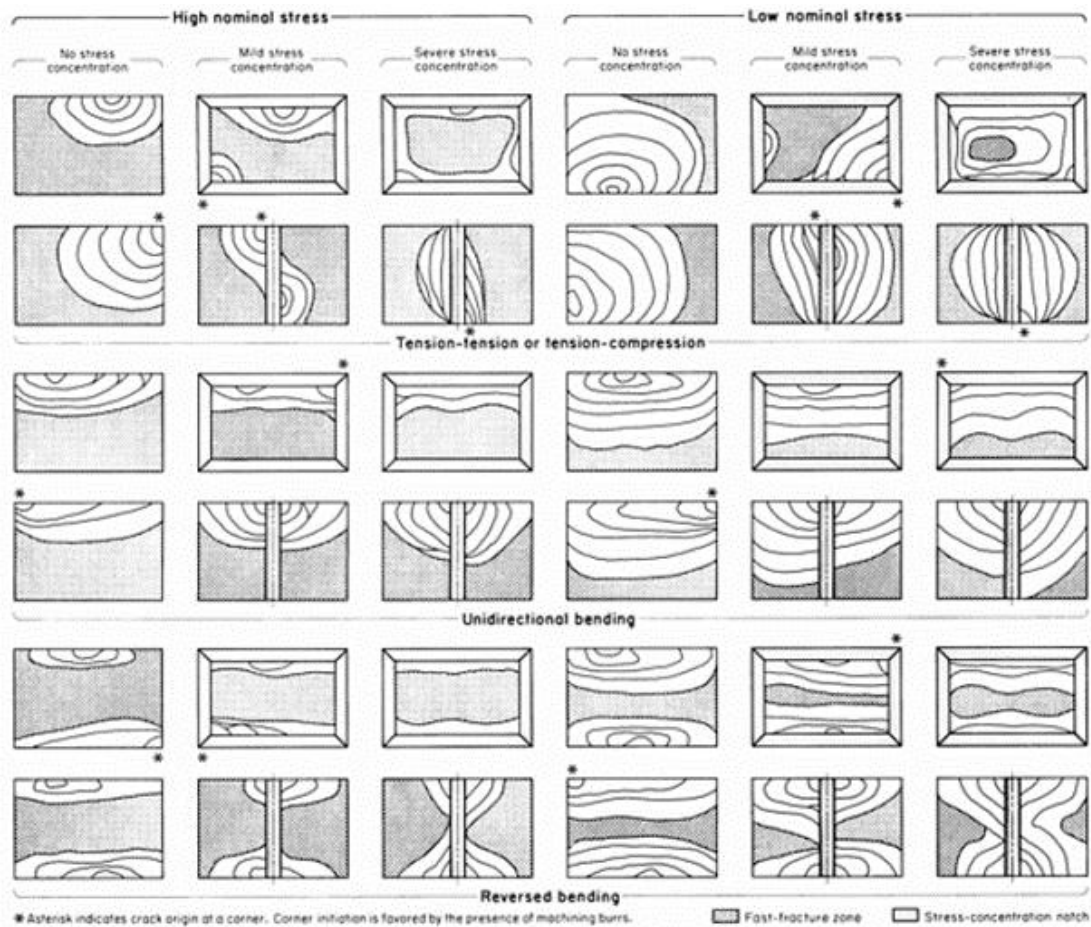
Hasil komposisi kimia pada tabel 1 memperlihatkan bahwa material connecting

rod yang diperiksa ternyata sesuai dengan JIS G 4106 class SMn 433 dengan mengacu pada standard utama sulfur, carbon, silicon dan mangan yang kesemuanya masuk dalam standard material tersebut.

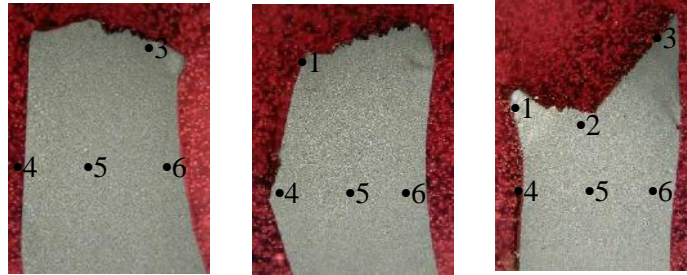
Tabel 2.
Hasil Uji Kekerasan Connecting Rod

NO.	HARDNESS VALUE (HV)		
	Sampel no.1	Sampel no.2	Sampel no.3
1	313	353	367
2	321	341	229
3	341	328	345
4	302	345	313
5	328	336	336
6	332	345	328
Rata-rata	328	341	336

Hasil uji kekerasan connecting rod pada 3 sampel uji dan masing-masing sampel dilakukan 6 titik pengujian kekerasan terdapat pada gambar 12. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kekerasan berkisar antara 229 sampai dengan 367 HV, hasil yang di rekomendasikan dalam standard uji pada JIS G 4106 class S Mn 433 tidak ada, namun dari hasil ini bisa diambil kesimpulan bahwa kekerasan yang ada saat ini cukup merata dan tidak ada nilai yang ekstrim sekali sehingga tidak perlu analisa khusus dari hasil uji kekerasan ini.



Gambar 11 .
Pola permukaan patah lelah dari berbagai beban.



Gambar 12.
Lokasi Uji Kekerasan (HV)

PEMBAHASAN



Gambar 13.
Patahan batang piston akibat benturan.

Dari hasil pemeriksaan komposisi kimia menunjukkan bahwa Material yang digunakan adalah JIS G 4106 Class SMn 433 (Tabel.1), sesuai dengan material yang direkomendasikan untuk *connecting rod* dan pemeriksaan secara visual dan metalografi didapat hasil struktur mikro martensit halus, juga terdapat retak rambut pada area patah fatik *bushing*^[8]. Kerusakan berawal pada *connecting rod* di area *bushing* (gambar 4)^[5], dari bentuk permukaan patahan, patahan diawali dengan terbentuknya beberapa initial crack yang membuat menjadi retak fatik (perambatan retak) yang cukup luas dan hampir mencapai setengah dari penampang *connecting rod* di bagian *bushing* (gambar.4), dan ditemukan dua area perambatan patah lelah yang berbeda luas^{4]}. Terjadinya patah lelah dengan indikasi tersebut disebabkan oleh spin ruang *bushing* yang berbenturan akibat keausan / gesekan yang cukup signifikan hingga membentuk jarak antara *bushing* dengan permukaan diameter dalamnya (longgar), keausan tersebut disebabkan oleh kurangnya lubrikasi atau pelumasan (gambar 5 dan 6). Setelah retak merambat cukup besar dan penampang sisa tidak dapat menahan beban / load sehingga terjadi patahan akhir. Kegagalan tersebut diikuti oleh patah statik akibat benturan pada batang *connecting rod*. Bentuk patah lelah terlihat pada pengikat batang engkol dan menunjukkan indikasi yang

jelas bahwa adanya striasi “beach mark” patah lelah yang berawal dipuncak pada salah satu celah di sepanjang takikan ulir^{2]}. Dari bentuk permukaan patahan merupakan ciri dari patah getas (*brittle fracture*) dan terlihat jelas bahwa retak/patah terjadi di mulai dari permukaan diameter luar menuju ke permukaan diameter dalam (gambar 4). Sedangkan, patahan di area batang *connecting rod* (gambar 8) merupakan ciri dari patah yang ulet (*ductile fracture*)^{5]}. Dengan ditemukannya tahapan retak yaitu awal retak (*initial crack*) dan penjalaran retak (*crack propagation*), beberapa retak rambut (*micro crack*) di area *bushing* piston, maka indikasi kerusakan komponen *connecting rod* dimulai dari area *bushing* piston.^{10]} Terjadinya kerusakan awal di area *bushing piston* diakibatkan permukaan diameter dalam mengalami keausan yang cukup signifikan hingga membentuk jarak antara *bushing* dengan permukaan diameter dalamnya (longgar). Adanya kelonggaran di area tersebut menimbulkan benturan-benturan antara *bushing* dengan permukaan diameter dalam sehingga menyebabkan retak-retakan di sekitar area benturan.

SIMPULAN

Dari hasil pemeriksaan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa kerusakan berawal pada metal jalan ditemukan goresan-goresan pada sisi luar dan pebesaran warna pada sisi dalam akibat dari kurangnya pelumasan, sehingga diameter dalam mengalami keausan dan menjadi longgar. Longgarnya diameter dalam akan menimbulkan benturan-benturan yang halus pada gerak piston di area *bushing*, sehingga menyebabkan retak-retakan di sekitar area benturan.

Pada *bushing* ditemukan indikasi awal retak (*initial crack*) dan penjalaran retak (*crack propagation*), beberapa retak rambut (*micro crack*)^[7], sedangkan pada patahnya

komponen *connecting rod*, berawal pada lokasi *bushing* berbentuk patah fatik yang ber akibat patahnya *bushing* ini berdampak pada patahnya batang *connecting rod* yang merupakan patah ulet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rekan-rekan di B2TKS BPPT yang sangat membantu dalam kerjasama pengambilan data, terutama pengambilan data metalografi dan NDT yang tentunya menjadi kunci dalam penelitian dan analisa dari permasalahan ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dhole Vassant J "Prof.R.Kharde, Prof.U.N.Gujar. "Fracture Split Connecting Rod for Automative Engines." International Journal of Engineering Research and Development vol 4, November 2012.
2. Shaharash Khare, O.P.Singh, K.Bapanna Dora, C.Sasun, "Spalling Investigation of Connecting Rod" Engineering Failure Analysis 19 – 2012
3. Ktari A, Hadar N, Ayedi HF, *Fatigue Fracture Expertiseof train engine crank shaft, Engineering Failure Analysis 2011.*
4. S.Griza, F.Bertoni, G.Zanon, A.Reguly, T.R. Strohaecker. "Fatigue in Engine Connecting Rod Due to Forming Laps". Engineering Failure Analysis 16 - 2009
5. 5 Engineering *Fatigue in engine connecting rod bolt due to forming laps.* 2009 S. Griza *, F. Bertoni, G. Zanon, A. Reguly, T.R. Strohaecker
6. 6 Heintz P. Bloch Fred K Geitner, "Machinery Failure Analysis and
7. Troubleshooting" Gulf Publishing
8. Company, Houston. Texas 1997
9. 7 Roger Rabb "Fatigue Failure of a Connecting Rod" Engineering Failure Analysis vol 3 no 1, 1996
10. Mc Namara, J.F., O.Sullivan, Richard A. 1991. "Durability and Failure in
11. Engineering Materials". *Proceeding of the 5th Irish Fracture Conference.*
12. N. French, *Metallurgical failures in fossil fired boilers, tahun 1993 Second Edition.*
13. Arismunandar, Wiranto, Tsuda, Koichi. 1997. Motor Diesel Putaran Tinggi. Jakarta: PT Pradnya Pratama.
14. Boetarta, 2000. Mengatasi Mesin Kerusakan Diesel. Jakarta:
15. Puspa Swara Daryanto ,1994. Teknik Servis Mobil. Jakarta: Pt Reneka Cipta.
16. Dermana, danu.1999. Merawat dan Memperbaiki Motor Diesel. Jakarta: Puspa Swara.