

Analisis Kerusakan Katup pada Mesin Diesel 9 L21/31 *Internal Combustion Engine*

Ridwan Usman

Universitas Indraprasta PGRI. Jakarta

Telp. (021) 7818718-78835253 Fax.(021) 29121071 Hp.08176466177

Website: www.unindra.ac.id, Email : university@unindra.ac.id

Abstrak

Kerusakan katup buang (*exhaust valve*), pada mesin diesel L9 21/31. Unit 9 silinder 3 akibat proses pembakaran tidak sempurna, pembebanan termal, peningkatan panas berlebih (*overheated*) dan kelelahan material yang mengakibatkan patahan, retakan serta pengendapan deposit di daerah piringan katup. Untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan beberapa pengujian dilakukan seperti pengamatan visual makro, analisis komposisi kimia, kekerasan mikro dengan vickers, fraktografi, metalografi, patahan dengan SEM dan analisis kualitatif deposit dengan EDX. Hasil analisis komposisi kimia unsur pada material dasar katup (*valve*) terbuat dari baja Martensitic paduan Cr-Si. Dipengaruhi adanya kandungan Karbon berlebih dan perbedaan kekerasan antara lapisan dan material dasar HAZ katup buang (*exhaust valve*) akan bersifat rapuh dan tidak tahan terhadap temperatur tinggi.

Kata kunci : Kegagalan katup, Diagram sebab akibat (*fishbone*) dan analisis pengujian material

1 PENDAHULUAN

Perusahaan yang bergerak di bidang Pembangkit Listrik Tenaga Diesel PLTD (PLTD). Dalam data pengoperasional menggunakan mesin diesel, terjadi kegagalan terutama pada katup buang (*exhaust valve*)^[1].

Dari sampel yang diambil terjadi kegagalan sekitar 90% patah pada katup buang di Unit 9 silinder 3 (tiga) mengalami diskolorasi akibat panas (*head discolorasi*), setelah pengoperasian pada suhu 416°C pada katup buang dan katup hisap pada mesin diesel 9 L21/31.

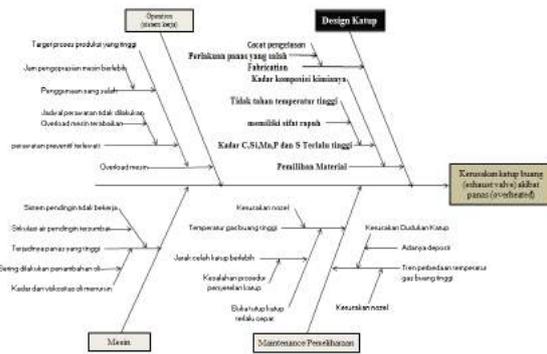
Temperatur rata-rata yang terjadi pada katup hisap (*inlet valve*) sekitar 250°C sampai dengan 275°C sedangkan pada katup buang (*exhaust valve*) sekitar 700°C sampai dengan 760°C. Perbedaan ini disebabkan pada katup hisap (*inlet valve*) hanya dilewati gas bersih yang dingin sehingga temperaturnya rendah sedangkan katup buang (*exhaust valve*) terus-menerus dilewati oleh gas bekas yang panas^[2].

Katup berfungsi untuk membuka dan menutup saluran hisap dan saluran buang. Tiap silinder

dilengkapi dengan dua katup yang masing-masing adalah katup hisap dan katup buang. Jenis operasi mekanisme katup terdiri dari pegas katup, paduan batang dorong, lengan rocker, tappets, diagram katup timing, didesain untuk mengetahui proses campuran udara dan bahan bakar di dalam mesin silinder dan memaksa membuang keluar sisa pembakaran pada waktu yang tepat, beberapa sistem kontrol diperlukan untuk mengatur katup^[2].

Ada beberapa faktor penyebab terjadinya kegagalan seperti pembebanan termal, peningkatan panas berlebih (*overheated*) dan kelelahan material yang mengakibatkan patah, retakan serta pengendapan deposit akibat panas yang tinggi terutama di daerah lapisan piringan katup buang.

Faktor-faktor penyebab ini dapat ditunjukkan dengan diagram “tulang ikan” (*Fishbone Diagram*) di bawah ini untuk mengetahui penyebab utama (*sebab*) yang mempengaruhi akibat panas berlebih (*overheated*) di daerah lapisan permukaan katup buang (*exhaust valve*) dan karakteristik kualitas (*akibat*) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab tersebut^[3].



Gambar 1 Diagram sebab akibat terjadinya patahan akibat panas (overheated) di daerah lapisan permukaan katup buang (exhaust valve)

Identifikasi penyebab kegagalan sangat penting untuk menghindari kegagalan melalui desain berlebih dengan menggunakan faktor keselamatan yang besar. Desain kurang baik sudah barang tentu akan menimbulkan kegagalan dini. Oleh karena itu, sebaiknya pada desain awal kita membatasi desain berlebih kita menggunakan faktor keselamatan terbatas dan perbatasan lain yang sejenisnya. Perlu kiranya kita memeriksa berbagai data pengujian dan menelaah asal kegagalan, karena hal ini jelas akan memberikan petunjuk yang memerlukan penelaahan khusus^[3].

2 LANDASAN TEORI

Proses pembakaran di dalam silinder selanjutnya akan menimbulkan tekanan pembakaran yang diteruskan untuk menekan torak. Akibatnya adanya tekanan ini torak akan mengubah tekanan tersebut menjadi gaya. Gaya ini selanjutnya diteruskan ke batang torak yang nantinya akan menyebabkan berputarnya poros engkol berputarnya poros engkol ini akan menyebabkan timbulnya tenaga putar dan tenaga putar.^[4]

• Perbandingan Kompresi (*Compression Ratio*)

Perbandingan kompresi mesin ditentukan oleh piston *displacement* dan *clearance volume*. Perbandingan kompresi mesin diesel berkisar antara 14 : 1 sampai 24 : 1. Untuk mendapatkan CR (*compression ratio*) rumusnya adalah :

$$CR = \frac{\text{Piston Displacement} + \text{Clearance Volume}}{\text{Clearance Volume}}$$

$$CR = \frac{PD + CV}{CV} \quad (1)$$

Harga besaran dari perbandingan kompresi pada suatu mesin sangat berpengaruh pada besarnya volume ruang bakar, di mana apabila volume pada ruang bakar mengecil, maka harga perbandingan kompresi akan membesar atau sebaliknya. Apabila harga perbandingan kompresi membesar, maka akan memperbesar pula harga tekanan kompresinya yang selanjutnya akan menaikkan tekanan pembakarannya sehingga daya mesin yang dihasilkan juga besar^[4].

Pada spesifikasi mesin terdapat nilai dari perbandingan kompresi, sehingga untuk mengetahui *clearance volume* dapat diketahui dengan rumus:

$$CV = \frac{\text{Piston Displacement}}{\text{Compression Ratio} - 1} \quad (2)$$

$$CV = \frac{PD}{CR - 1} \quad (3)$$

• Perhitungan Mesin *Displacement*

Mesin *displacement* merupakan piston *displacement* di kalikan jumlah silinder pada sebuah mesin. Tekanan kompresi mesin berpengaruh terhadap besarnya volume ruang dan tekanan dalam ruang bakar, sehingga berdampak terhadap beban yang diterima oleh katup masuk dan buang dalam silinder, volume silinder dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA), dimana :

Displacement = Luas permukaan silinder x *stroke* atau

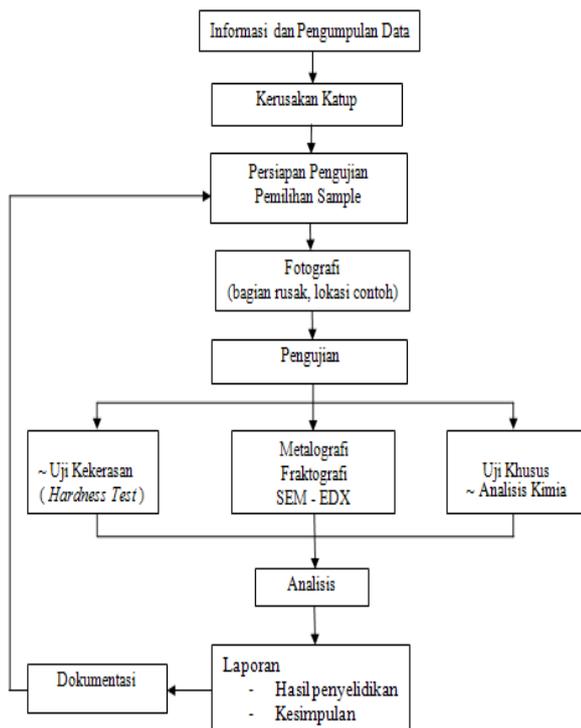
$$\begin{aligned} \text{Displacement} &= \pi \times r^2 \times L \times n \\ \text{Total Displacement} &= D \times n \quad (4) \end{aligned}$$

Dimana :

- $\pi = 3,14$ atau $\frac{2222}{717}$
- $r = \frac{1}{2}$ diameter silinder
- $L = \text{Stroke}$
- $n = \text{Jumlah cylinder pada engine}$

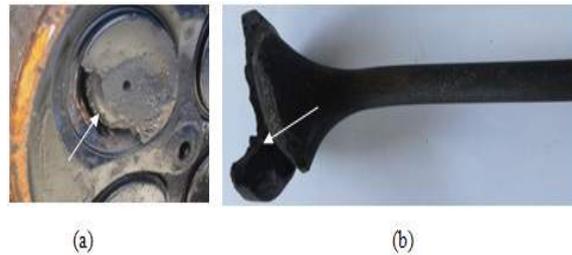
3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan material dari komponen katup buang (*exhaust valve*) pada mesin diesel 9 L21/31 yang digunakan sebagai generator Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Adapun tahapan proses dalam menyelidiki kerusakan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian Kerusakan Katup Buang [5]

Pada penelitian ini, telah terjadi kegagalan berupa turunnya tekanan kompresi gas engine 9 L21/31 saat beroperasi pada 5000-6000 HM. Di pengaruhi oleh kondisi kerusakan berupa rompal (*cowak*), pada lapisan piringan katup buang dan adanya pengendapan *deposite* baik pada katup buang dan juga pada katup hisap setelah dikeluarkan dari kepala silinder mesin.



Gambar 3 (a) Kepala silinder mesin (*cylinder head machine*) (b) Katup buang mengalami rompal (tanda panah) dengan lapisan *deposite* dipermukaan.

Analisis data pada pengujian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap pengumpulan data dan tahap pengolahan data. Sampel di ambil dari kegagalan katup yang mengalami pembebanan termal karena suhu tinggi dan tekanan di dalam silinder nomor 3 (*tiga*) yang mengalami patahan akibat panas berlebih (*overheated*) didaerah lapisan piringan katup dan juga adanya pengendapan (*deposit*) baik pada katup buang (*exhaust valve*) ataupun katup masuk (*inlet valve*)^[5].

Pengumpulan data meliputi kegiatan pengambilan data sampel terhadap 2 (dua) komponen katup buang (*exhaust valve*) yaitu komponen katup rusak dan tidak rusak serta sebagai pengambilan data perbandingan data sampel 1 (*satu*) katup masuk. Untuk tahap berikutnya menganalisis dan mengidentifikasi faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kegagalan komponen katup^[6].

Gambar sampel di ambil dari kegagalan katup yang mengalami pembebanan termal karena suhu tinggi dan tekanan di dalam silinder. Kondisi kegagalan karena suhu yang tinggi pada sifat mekanik bahan dan korosi terlihat berupa patahan (*cowak*) pada lapisan katup buang serta adanya pengendapan (*deposit*) baik pada katup buang (*exhaust valve*) atau katup hisap (*inlet valve*).



Gambar 4 Sampel katup hisap (inlet valve) pada permukaan katup terjadi deposite dan retakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini diuji secara langsung dengan memilih dan pengambilan sampel potongan dari bagian katup masuk (inlet valve) dan katup keluar (exhaust valve).

Pada penelitian ini menggunakan beberapa tahap analisis yaitu Metalografi, Fraktrografi, uji kekerasan (Hardness test), komposisi Spectrometry dan SEM-EDX^[8].

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berkaitan dengan pemeriksaan secara visual dan bentuk pengujian dari ketiga sampel valve (1 valve mengalami rusak dan 2 valve kondisi tidak rusak). Pemeriksaan struktur mikro (Metalografi) pada lokasi yang rusak maupun tidak rusak sebagai pembandingan untuk mencari akar masalah kerusakan dan analisis komposisi kimia untuk mengetahui jenis material katup (valve).

Analisis Material Katup Buang (Exhaust Valve)

Material Dasar katup buang (exhaust valve) harus memiliki sifat tahan temperatur tinggi, memiliki koefisiensi ekspansi panas yang tinggi dan bersifat panas yang tinggi, tahan aus, ketahanan terhadap kejutan panas, ketahanan korosi tinggi dan bersifat ringan^[2]. Selain itu adanya kenaikan dan penurunan temperatur pada katup dari data DAR (Data Analisis Record) pada temperatur 416 °C material katup buang (exhaust valve) mengalami kerusakan patahan dan deposit. Sedangkan deposit yang terbentuk pada katup buang berasal dari reaksi bahan bakar dan oli sebagai pelumasan selama pembakaran Sulfur Dioksida, Sulfur Trioksida, Sodium Oksida dan Panadium

Pentaoksida. Pada temperatur 550 °C garam-garam deposit akan mencair sebagai akibat korosi pada katup buang (exhaust valve)^[9].

Makro Visual

Analisis struktur makro untuk mengetahui adanya permasalahan cacat (segregasi) dari unsur-unsur Fosfor (P), Sulfur (S) dan lain-lain, Serta adanya inklusi, rongga udara, rongga penyusutan dan lainnya. Makro visual dilakukan pada permukaan patahan pada piringan katup buang (exhaust valve) seperti ditunjukkan pada Gambar 5. dibawah ini.



Gambar 5 Foto makro (exhaust valve) sampel katup A kondisi patah



Gambar 6 Foto makro retak memperlihatkan menjalar melalui batas antara daerah yang dikeraskan dengan material dasar HAZ

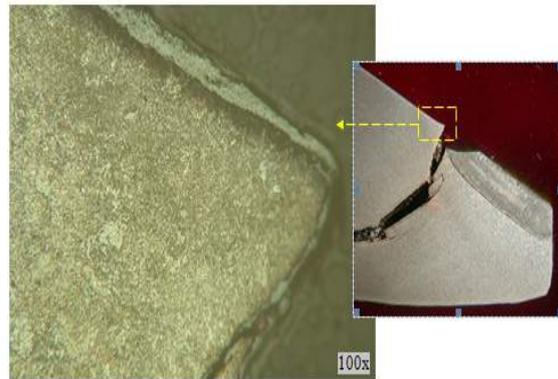
Hasil pemeriksaan visual menunjukkan separuh dari kepala katup (*valve*) pecah atau bagian yang mendapat benturan dengan blok mesin dan bidang yang pecah menghambat/menahan pergerakan kerja katup (*valve*) yang berakibat batang katup bengkok. Bagian sampel A katup (*valve*) yang patah berawal antara bidang singgung dengan casing blok mesin. Bentuk retak menjalar melingkar pada daerah yang dikeraskan dengan material dasar (HAZ) Hal ini akan mengarah pada terjadinya permukaan patahan ditemukan adanya bentuk patah leleh^[10].

1. Metalografi

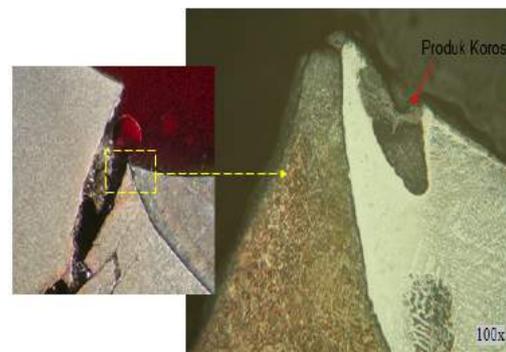
Analisis metalografi dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu: Pengamatan Struktur Mikro dan Pengamatan Struktur Makro.

Tujuan analisis struktur makro untuk mengetahui adanya permasalahan cacat (*segregasi*) dari unsur-unsur Fosfor (P), Sulfur (S) dan lain-lain. Adanya *inklusi*, rongga udara, rongga penyusutan dan lain sebagainya. Analisis struktur mikro dilakukan dengan menggunakan Normal - Mikroskop dengan pembesaran lebih dari 20 : 1 (20x)^[11].

Pengujian dilakukan pada lapisan piringan komponen katup buang (*exhaust valve*) adalah pengamatan visual makro struktur mikro pada katup buang (*exhaust valve*). Analisis berawal dari struktur material mengalami proses pengerjaan/perlakuan panas (seperti *treatment*, *quenching*, *normalization*, *hardening* dan sebagainya), pengerjaan dingin, proses pengelasan dan lain-lain. Sedangkan mikro mengungkapkan permukaan patahan halus dengan *beach mark* dan *ratchet mark*. Patahan *bending fatigue* berasal dari atas, permukaan beban *tensile* dari kepala katup. Makro visual dilakukan pada permukaan patahan pada piringan katup buang (*exhaust valve*) seperti ditunjukkan pada Gambar 7. dibawah ini.

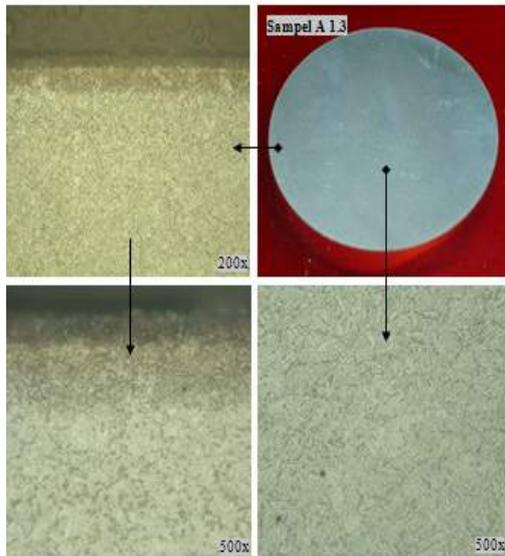


Gambar 7 Pembesaran Gambar 6. struktur mikro pada daerah patah antara material dasar (HAZ) dengan material penambah (las).^[11]



Gambar 8 Daerah las terdapat produk korosi

Pemeriksaan dengan analisis mikro mengungkapkan permukaan patahan halus dengan *beach mark* dan *ratchet mark*. Patahan *bending fatigue* berasal dari atas, permukaan beban *tensile* dari kepala katup. Ditunjukkan pada Gambar 7. pada patah antara material dasar (HAZ) dengan material penambah terkena temperatur tinggi sehingga, melemahkan besi dan menyebabkan kepala katup untuk melengkung berlebihan di bawah tekanan tinggi di dalam cylinder. Retakan berawal dari titik tertinggi stress berkonsentrasi pada bagian bawah *fillet radius*. Retakan mengikuti alur grain, karena alur grain mengikuti bentuk fisik dari bentuk kepala retakan adalah melingkar. Daerah pada Gambar 8. titik arah panah menunjukkan pengaruh daerah las temperatur tinggi terjadi produk korosi^[12].



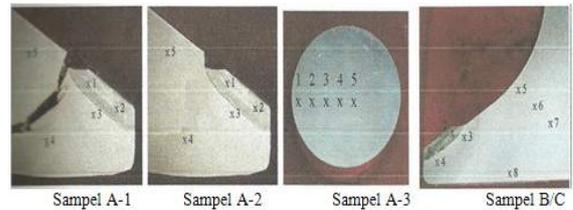
Gambar 9 Struktur mikro material batang katup (valve) (sampel A 1.3). Etsa: kalling reagent

Pada Gambar 9. struktur mikro material batang katup (valve) berupa matrik bainit butir karbida menyebar merata pada permukaan juga mengalami perpindahan panas. Pada daerah tepi mengalami pengerasan permukaan. Analisis kandungan deposit dan mengakibatkan dibatang katup (valve) mengalami bengkok memperlihatkan bentuk bengkok benturan berulang-ulang dengan dudukan katup [13].

Karakteristik struktur patahan atau retakan logam pada daerah las/stelite komponen katup buang (exhaust valve) akibatnya oleh beban yang diterima akibat dari temperatur tinggi dan korosi diakibatkan oleh bahan bakar akibat pembakaran yang tidak sempurna Pada Gambar 9. bentuk serangan korosi tegak lurus bidang material las.

2. Uji Kekerasan (Hardness Test)

Bertujuan menentukan kekerasan katup buang (exhaust valve) menentukan bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136 Derajat, yang ditentukan pada permukaan material uji tersebut. Uji kekerasan dilakukan pada masing-masing sampel potongan hasil metalografi.

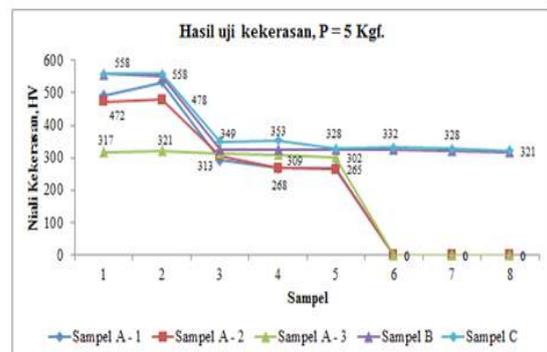


Gambar10 Pengambilan titik-titik uji kekerasan pada masing-masing sampel

Pengujian dilakukan mulai dari area lapisan permukaan titik sampel A-1 katup buang (exhaust valve) patahan, titik sampel katup buang tidak mengalami rusak dan batang sampel katup titik sampel A-3 serta titik sampel B/C permukaan katup masuk (inlet valve) yang tidak mengalami kerusakan. Permukaan sampel yang akan diuji, dipersiapkan sesuai dengan untuk pengujian metalografi dan dengan menggunakan teknik pengujian berdasarkan standar nilai kekerasan vickers (HV). Hasilnya disajikan pada tabel 1. berikut ini :

Tabel 1 Hasil uji kekerasan, P = 5 Kgf.

Nomor	NILAI KEKERASAN, HV				
	Sampel A - 1	Sampel A - 2	Sampel A - 3	Sampel B	Sampel C
1	492	472	317	558	558
2	532	478	321	550	558
3	293	306	313	325	349
4	269	268	309	325	353
5	271	265	302	325	328
6	-	-	-	325	332
7	-	-	-	321	328
8	-	-	-	317	321

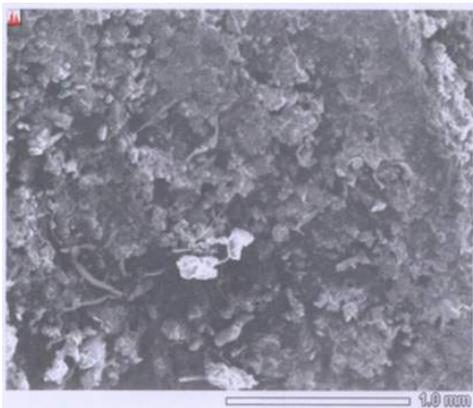


Gambar 11 Grafik hasil uji kekerasan

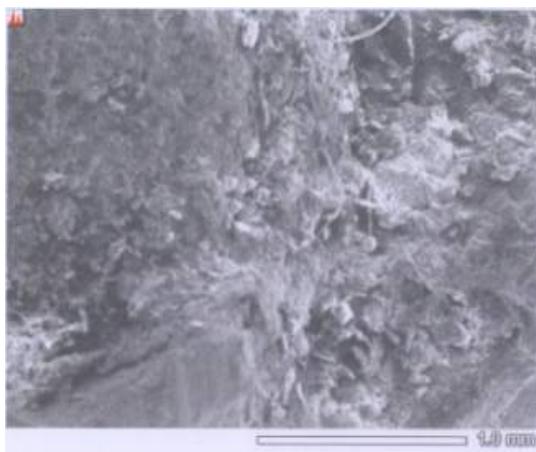
Fraktografi

Untuk melihat kecenderungan daerah patahan merupakan kegagalan yang disebabkan oleh fenomena lelah ataupun keausan maka dilakukan pengujian SEM pada permukaan patahan tersebut posisi pengambilan sampel seperti ditunjukkan pada Gambar 1., dilakukan pada sebagian permukaan patahan piringan katup buang (*exhaust valve*). Sampel sebelumnya dibersihkan dari kotoran dengan sikat gigi secara hati-hati untuk menjaga keutuhan permukaan patahan tersebut [12].

Hasil fraktografi dengan SEM pada permukaan patahan di area lapisan piringan katup buang ditunjukkan pada Gambar 12 dan 13 .



Gambar 12 Fraktografi hasil SEM yang mengalami diskolorasi dan terjadi deposit yang menempel pada bagian bawah katup buang (*exhaust valve*), di sampel di lokasi titik 1



Gambar 13 Fraktografi hasil EDX di lokasi titik 3

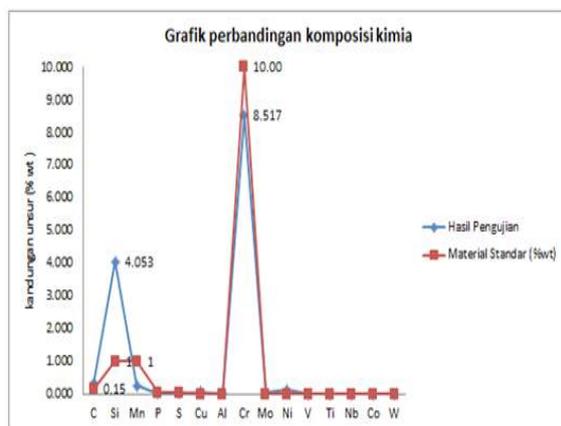
Dari hasil pengujian SEM dan EDX di atas menggambarkan bahwa katup buang (*exhaust valve*) telah mengalami perlakuan panas yakni akibat adanya kenaikan temperatur di dalam silinder nomor 3. Analisis SEM dan komposisi kimia atau EDX menunjukkan telah terjadi proses oksidasi pada permukaan material katup buang (*exhaust valve*). Dari Gambar 12. permukaan di titik lokasi 1 terlihat adanya pembentukan struktur iron-oxide yakni terbentuknya morfologi seperti lepidocrocite (γ -FeOOH), yakni pengaruh temperatur pada tingkatan korosi dari baja AISI 304 dan stainless steel AISI 444 dengan minyak mentah pada baja karbon [12].

5 Pengujian Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi bahan katup komposisi paduan dasar yang merupakan *steel low alloyed* seperti dilihat hasil pengujian komposisi kimia Kadar Karbonnya melebihi komposisi, standar AISI 504. Adapun penyebab kandungan Karbon berlebih pada bahan katup buang (*exhaust valve*) akan bersifat rapuh, tidak tahan terhadap temperatur berlebih. Sehingga pengaruh korosi dari dampak bahan bakar sebagai bentuk pengaruh temperatur tinggi. Adapun hasil pengujian komposisi kimia yang dilakukan pada sampel katup buang (*exhaust valve*) dengan menggunakan Spektrometer Analiser dengan standar uji AISI 504, di sajikan pada tabel 2. di bawah ini :

Tabel 2 Perbandingan Komposisi Kimia Standar AISI 504 dan Sampel Material Dasar Katup Buang.

No	Unsur	*Kandungan (%)		
		Titik Lokasi 1	Titik Lokasi 2	Titik Lokasi 3
1	C	58,22	45,07	52,47
2	O	13,13	14,58	20,14
3	Mg	0,26	1,62	0,40
4	Al	2,01	20,96	2,25
5	Si	1,63	1,46	2,22
6	S	3,47	0,65	2,96
7	Ca	1,73	1,36	1,51
8	V	0,76	0,89	0,50
9	Cr	1,23	1,58	0,95
10	Fe	14,51	10,52	14,23
11	Cu	3,06	1,30	2,37



Gambar 14 Grafik Perbandingan komposisi Kimia Standar AISI 504 dan Sampel Material Dasar Katup Buang

Dari analisis komposisi di tabel 2. diatas terdapat perbedaan antara kandungan hasil material yang di uji dan standar AISI 504 Nilai Karbon (C) hasil uji lab = 0,323 %, sedang standar C = max 0,15 %. Kadar C melebihi standar berpengaruh terhadap ketahanan austenitik, karbon mempunyai sifat keras tetapi getas. Secara keseluruhan komposisi baja campuran besi dan karbon jika kadarnya melebihi

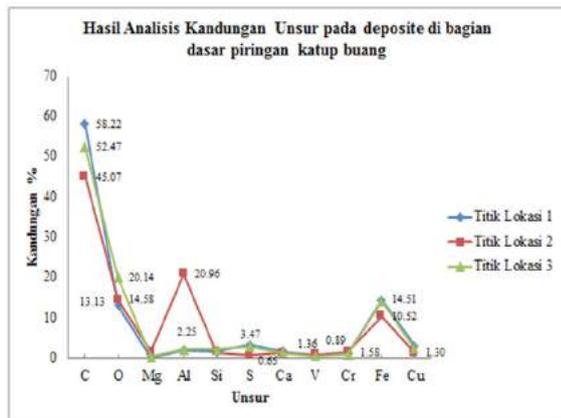
dari komposisi standar maka akan berpengaruh terhadap kekuatan katup buang (*exhaust valve*) dan karbon mempengaruhi kekerasan baja, dan mengandung unsur-unsur lain (paduan) Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Silikon (Si), Belerang (S), dan Posfor (P) maka dari komposisi kimia dan *heat treatment* berpengaruh terhadap sifat akhir dari katup buang (*exhaust valve*)^[12].

3. Analisis Komposisi Kimia untuk Lapisan Deposite Katup

Analisis komposisi kimia pada deposite atau skala yang melekat pada piringan katup buang (*exhaust valve*) di ambil di 3 (tiga) lokasi yang berbeda dengan menggunakan analisa kualitatif dengan EDX (*energy dispersive x-ray spectroscopy*). Sampel di analisis dengan alat SEM-EDX pada (*accelerated voltage*) sebesar 20 kV untuk mengetahui kandungan unsurnya dan dilakukan pada perbesaran 50X^[11]

Tabel 3 Hasil Analisis Kandungan Unsur pada deposit di bagian dasar piringan katup buang

NO	Unsur	Kandungan Unsur Hasil Pengujian B2TKS (%wt)	Standar AISI 504 (%wt)
1	C	0,323	Max. 0,15
2	Si	4,053	Max. 1,0
3	Mn	0,266	Max. 1,0
4	P	0,015	Max. 0,04
5	S	0,028	Max. 0,04
6	Cu	0,057	-
7	Al	0,019	-
8	Cr	8,517	8.00 - 10.00
9	Mo	0,042	8.00 - 10.00
10	Ni	0,125	-
11	V	0,012	-
12	Ti	0,011	-
13	Nb	0,005	-
14	Co	<0,002	-
15	W	<0,002	-



Gambar 15 Grafik Hasil Uji Komposisi Kimia deposit dasar piringan katup buang

Komposisi kimia material dasar katup buang (*exhaust valve*) harus memiliki sifat tahan temperatur tinggi, memiliki koefisien ekspansi panas yang tinggi, tahan aus, ketahanan terhadap kejutan panas, ketahanan korosi tinggi dan bersifat ringan. Material dasar katup buang (*exhaust valve*), yang umum digunakan adalah baja tahan karat austenitik dengan penambahan nitrogen (21-2N, 21-4N), baja martensitik dengan paduan dasar Cr atau Si dan baja cor austenitik dengan ketahanan cor dan permesinan yang baik.

Dari analisis komposisi kimia di tabel 3. diatas terdapat perbedaan antara kandungan hasil material yang diuji dan standar AISI 504 Nilai Karbon(C) hasil uji = 0,323 %; sedangkan standar C = max 0,15 %.Kadar C melebihi standar berpengaruh terhadap ketahanan austenitik. Karbon mempunyai sifat keras tetapi getas, mampu menjalani reaksi-reaksi kimia seperti reaksi *Substitusi* (penggantian), reaksi *Adisi* (penambahan) dan reaksi *Eliminasi* (pengurangan) dapat di pakai sebagai lem atau zat perekat dan mempunyai sifat tahan gesek. Berikutnya kadar Silikon(Si) hasil uji = 4,053 %; sedangkan standar = max 1,0 %. Kelebihan silikon mempunyai sifat elastis/ keuletannya tinggi tetapi juga menambah kekerasan dan ketajaman pada baja. Dan Mangan (Mn) hasil uji = 0,266; sedangkan standar Mn = max 1,0 %. Kurang dari standar, hal ini akan berpengaruh terhadap sifat yang tahan terhadap gesekan dan tahan tekanan (*impact load*) [13].

Berikutnya kandungan Posfor (P) = 0,015 %; standar max 0,04 % dan Sulfur/Belerang (S) = 0,028 %; standar max 0,04 % serta Cromium (Cr) = 8,517 %; standar 8.00 – 10.00 % Molybdenum (Mo) = 0,042 standar 8.00 – 10.00 %, berpengaruh terhadap sifat ulet dan tahan terhadap bahan kimia dan untuk mengatasi korosi, unsur yang dicampurkan kedalam baja untuk mengatasi kerusakan pada temperatur tinggi (dapat mencapai 1200°C) [13].

Secara keseluruhan komposisi baja campuran Besi dan Karbon jika kadarnya melebihi dari komposisi standar maka akan berpengaruh terhadap kekuatan katup buang (*exhaust valve*), kandungan Karbon mempengaruhi kekerasan baja, dan mengandung unsur-unsur lain (paduan) Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Silikon (Si), Belerang (S), dan Posfor (P). Maka dari komposisi kimia dan *heat treatment* berpengaruh terhadap sifat akhir dari katup buang (*exhaust valve*) [13].

5SIMPULAN

Kerusakan pada piringan katup buang (*exhaust valve*) mengalami korosi temperatur tinggi yang mengakibatkan timbulnya fenomena korosi fatik. Kronologis kerusakan pada lapisan piringan katup terjadi dengan beberapa tahapan, dan berdasarkan hasil pengujian, pengolahan data dan analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kerusakan pada piringan katup buang (*exhaust valve*) karena adanya lapisan oksida atau kotoran (*oxide debris*) yang diakibatkan hasil dari bahan bakar atau sisa pembakaran yang tidak sempurna, dipicu oleh peningkatan temperatur saat proses pembakaran yang akan menghasilkan partikel-partikel oksida yang halus dan keras (*oxide glazes*).
2. Ketika lapisan piringan katup buang (*exhaust valve*) terangkat dan bergeser dengan kedudukan katup, partikel-partikel *oxide glazes* tersebut menimbulkan

tegangan kontak yang tinggi dan menjadi sangat abrasif terhadap permukaan material kontak.

1. Efek dari panas yang tinggi diakibatkan oleh sistem pembakaran (komposisi bahan bakar dan udara) sistem pelumasan, sistem pendingin tidak bekerja secara maksimal
2. Dari analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa material batang torak mengalami diskolorasi karena panas, karakteristik lapisan kerak yang terbentuk halus dan mudah untuk dibersihkan.

KEPUSTAKAAN

- [1]. Ir. Djiteng Marsudi, 2005, *Pembangkit Energi Listrik*, Jakarta: Erlangga.
- [2]. B Dinesh Prabu. 2013. "*Valve & Valve Mechanism*". Melalui [www.google.com/Handbook 8.html](http://www.google.com/Handbook%208.html) [11/28/2013].
- [3]. Kartika Ika dkk. 2010. "*Analisa Kerusakan Lapisan Kobalt pada Piringan Katup Buang Mesin Diesel*". *Majalah Metalurgi*. V25.3, ISSN 0126-3188/ hal 119-128.
- [4]. Marlon Hetharia, 2012. "Analisa Pengaruh Kapasitas Udara untuk Campuran Bahan Bakar Terhadap Prestasi Mesin Diesel" *ARIKA*, Vol.06, No.1 ISSN : 1978 – 1105.
- [5]. "*Penghantar Ilmu Logam*". UPT LUK (B2TKS) BPPT, Serpong.
- [6]. Yildiz, 2010. "*Investigation of exhaust valve failure in heavy – duty diesel engine*" *Guzi University Journal of Science GUJ Sci*. 23 (4): 493-499.
- [7]. ASM Metal Handbook : Volume 9. 1985. "*Metallography and Microstructure*", ASM International Handbook Committee. Ohio , 2004.
- [8]. T Becker William and J. Shipley Roch. 2002 *Faikure Analysis and Prevention*. Volume 10 of the *ASM Handbook* The Volume was prepared under the direction of the ASM Handbook Committee.
- [9]. Yuvraj K lavhale, 2014. "*Overview of failure trend of inlet & exhaust valve*" *IJMET* Volume 5, Issue 3, March, pp.104-113.
- [10]. ASM Metal Handbook : Volume 12. "*Fractography*". was Published. in 1987 ASM International Handbook Committee.
- [11]. Caesarvery. 2012 . "*Pengujian Komposisi Spectrometry*". Melalui www.google.com/blogspot.com/gc-ms-html.22/12/14
- [12]. ASM Metal Handbook : Volume 19 "*Fatigue And Fracture*". was published in 1996 ASM International Handbook Committee.
- [13] Richard H.G & Wrighton "*Practical Microscopical Metallograohy*" chapman Hall Ltd. 1971.