

Analisis Kerusakan Kepala Silinder Blok Mesin Pada Kendaraan Jenis Minibus Kapasitas 1500 CC

Ahmad Zayadi¹⁾ Sungkono²⁾ Masyhuri³⁾

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional Jakarta 12520.

³, Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN)

*Corresponding Author: zayadahmad43@gmail.com

Abstract - Four-wheeled vehicles are one of the commonly used modes of transportation. The vehicle engine has a cylinder head to place the valves and cooling mantle. Damage to the cylinder head will disrupt the engine's working system for a long time. The damaged will take a long time for the repair process. The cylinder head is usually damaged at a mileage of 80,000 km. The damage experienced by the cylinder head is the emergence of a rough sound in the engine, the mixing of cooling water into the combustion chamber and the temperature rises quickly, in this study a study will be conducted on the damage that occurs to the cylinder head. Based on the results of macrostructure testing, corrosion occurs due to engine cooling fluid, besides that there is a deposit that is very strong and corrosive to the cylinder head on the engine block, microstructure testing shows the presence of (black) deposits which are thought to affect the corrosion process, dendrite grains and rods in the microstructure do not change grain size. Based on the hardness test results show the hardness value of the damaged surface of 102.22 HV and the hardness value of the undamaged surface of 102 HV based on the damage to the engine block cylinder head is not caused by material deformation due to mechanical and thermal loads. The results of the chemical composition test of the cylinder head that was damaged decreased Al 1.1%, Si 0.11%, Cu 0.37, Fe 0.088% and Mg 0.081% and the decrease in the chemical composition of the constituent elements of the material was caused by the interaction of water with the surface of the cylinder head which was characterized by the formation of oxides of Al, Si, Cu, Fe, and Mg. Based on the test results, cylinder head damage is more due to lack of maintenance of the engine block.

Kata Kunci: *cylinder head*, amage analysis, macrostructure testing, microstructure testing

II. PENDAHULUAN

I. Latar Belakang

Mobil merupakan kebutuhan penting bagi hampir seluruh kalangan di Indonesia. Masyarakat kini menggunakan mobil pribadi, taxi *online*, angkutan umum dan sebagainya untuk bepergian dan bekerja. Seiring berjalannya waktu dan kemajuan teknologi di Dunia otomotif, mobil menawarkan beberapa kelebihan selain dapat memungkinkan penggunaannya untuk memenuhi dan menjangkau keperluan yang di butuhkan, aspek kenyamanan serta keamanan berkendara adalah kelebihan utamanya^[1].

Salah satu jenis mobil yang banyak di gunakan masyarakat ialah kendaraan jenis minibus, kendaraan jenis minibus sendiri terbilang sudah banyak beroperasi saat ini contohnya pada kendaraan jenis minibus Toyota kijang tahun pembuatan 2005. Kendaraan jenis ini banyak menawarkan kelebihan yaitu kapasitas jumlah penumpang lebih banyak, isi silinder lebih besar dengan kapasitas 1500cc dan tenaga jauh lebih besar serta bahan bakar yang lebih irit.

Seiring berjalannya waktu dan usia pakai kendaraan jenis minibus terdapat gejala-gejala yang di timbulkan pada saat beroperasi. Beberapa jenis keluhan diantaranya terdengar suara kasar pada bagian mesin, berkurangnya tenaga pada kendaraan, memuncaknya suhu temperatur pada mesin dan terjadinya ketidaksempurnaan pembakaran bahan bakar pada ruang bakar^[2].

Salah satu penyebab keluhan tersebut yaitu terjadinya kerusakan pada bagian kepala silinder khususnya pada bagian mantel pendingin. Pada bagian kepala silinder terdapat adanya korosi pada bagian mantel pendingin tempat laju aliran air pendingin dikarenakan kepala silinder yang terus menerus dialiri air pendingin dan mendapat tekanan akibat kompresi. Kepala silinder itu sendiri berperan penting pada sistem kerja mesin dikarenakan tempat bercampurnya

bahan bakar yang dikompresikan menjadi energi gerak. Apabila kepala silinder mengalami kerusakan dampak yang terjadi adalah bercampurnya air pendingin ke dalam ruang bakar sehingga mengganggu sistem pembakaran, timbulnya suara kasar pada bagian mesin dan aliran air pendingin mesin tidak akan maksimal dikarenakan laju aliran air pendingin tidak sempurna^[3].

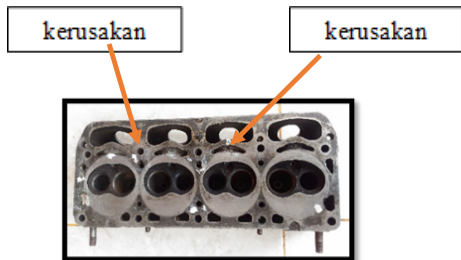
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengetahui penyebab kerusakan yang terjadi pada kepala silinder yang ditandai adanya korosi^[4]^[5]. Metode dari pada penelitian ini yaitu mengamati metalografi untuk mengetahui makro struktur dan mikro struktur pada kepala silinder yang mengalami kerusakan dan tidak rusak, dan Pengujian komposisi kimia untuk mengetahui komposisi kimia dari material kepala silinder yang mengalami kerusakan^[6].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian analisis kerusakan kepala silinder blok mesin secara umum merupakan tata cara penelitian yang direalisasikan dalam pemeriksaan dan pengujian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus, yang diawali dengan melakukan pengumpulan informasi dan dokumentasi berupa data-data *engineering*, data manufaktur dan kronologis dari kepala silinder blok mesin pada kendaraan jenis *Minibus* tersebut^[7].

2.1 Bahan dan Alat /Instrumen Pengujian

Bahan yang digunakan pada penelitian/pengujian adalah kepala silinder blok mesin untuk kendaraan *minibus* yang mengalami cacat atau korosi. Bahan penelitian lain yang digunakan adalah resin dan pengeras untuk mbingkai spesimen uji, kertas amplas, alumina dan larutan nital 2%. kepala silinder blok mesin yang dijadikan dalam pengujian ditunjukkan pada gambar di bawah ini^[8]^[9].



Gambar 2.1 Komponen kepala silinder

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Mesin gergaji digunakan untuk memotong kepala silinder blok mesin kendaraan Minibus sebagai bahan dalam pembuatan sampel.
- Mesin potong untuk digunakan membuat sampel
- Mesin gerinda dalam poles untuk meratakan dan menghaluskan permukaan sampel.
- Mikroskop optik digunakan untuk pengamatan mikro struktur sampel.
- Micro *Vickers* untuk menentukan kekerasan mikro sampel.
- Spektrometer* digunakan untuk menentukan komposisi kimia sampel.



A



B



C



D



E



F

Gambar 2.2 Peralatan penelitian analisis kerusakan kepala silinder blok mesin kendaraan Minibus
 a. *Cutting wheel*, b. Alat *grinding*,
 c. Alat *polishing*, d. Mikro *vickers*,
 e. Mikroskop optik, f. *Spectrometer*

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur pengujian untuk analisis kerusakan kepala silinder blok mesin pada kendaraan Minibus terdiri dari pemilihan lokasi sampel, pembuatan sampel, dan pengujian sampel.

Pemilihan Lokasi Sampel

Dalam pemilihan lokasi sampel diperhatikan pada :

- Jumlah sampel sedikit mungkin.
- Informasi yang diperoleh dari sampel tersebut adalah sedikit mungkin susunan hal tersebut, maka dipilih 3 (tiga) lokasi sampel pada meterial kepala silinder, yaitu:
 - Sampel pada lokasi kepala silinder.
 - Sampel di daerah lokasi kepala silinder.
 - Sampel jauh dari lokasi kepala silinder. Sampel ini mewakili material induk kepala silinder kendaraan Minibus.

Cara Kerja

Tahapan yang dilakukan dalam preparasi sampel untuk analisis kerusakan kepala silinder blok mesin untuk kendaraan Minibus sebagai berikut: Pembuatan sampel.

Pembuatan sampel dilakukan sebagai berikut :

- Pegas dipotong pada 3 lokasi yaitu daerah patahan, dekat patahan dan jauh dari lokasi patahan
- Sampel langkah (a) masing-masing dipotong menggunakan mesin potong untuk membuat spesimen uji metalografi, spesimen uji kekerasan mikro, spesimen uji komposisi kimia.
- Preparasi spesimen uji berikutnya tergantung jenis pengujiannya.

Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian metalografi ini adalah^[10] :

1. Pembentukan dan pencetakan sampel.
Pembentukan dan pencetakan sampel dilakukan dengan cara dingin, Pencetakan ini menggunakan bubuk *Tekhnovit* atau *acryfix* yang dicampur dengan cairan pengeras dengan perbandingan tertentu kemudian dituang dalam wadah sampel. Pemasakan campuran cairan dalam wadah memerlukan waktu satu jam. Selanjutnya sampel yang sudah berbingkai dikeluarkan dari wadah.
2. Pemberian tanda.
Bingkai spesimen uji diberi tanda dengan menggunakan grafit. Hal ini bertujuan untuk membedakan sampel satu dengan lainnya.
3. Proses *grinding*.
 - a) Spesimen uji di ampelas menggunakan kertas silikon karbida (SiC) dengan berbagai tingkat kekasaran yaitu 180 sampai dengan 1200 menggunakan mesin gerinding dengan kecepatan (300 rpm). Selama pengampelasan sampel dialiri air bersih secara kontinyu.
 - b) Setiap penggantian tingkat kekasaran ampelas, spesimen uji dicuci dengan air bersih. Selanjutnya spesimen uji diputar posisi 90°.
 - c) Proses penggerindaan spesimen uji berakhir apabila telah diperoleh permukaan yang halus.
4. Poles (*polishing*)
Sampel uji pasca gerinding selanjutnya dipoles menggunakan mesin polishing dengan kecepatan 300 rpm. Pada pemolesan ini digunakan alumina. Proses pemolesan spesimen uji dilakukan hingga halus dan mengkilap seperti cermin. Selanjutnya spesimen dicuci dan dikeringkan.

5. Etsa (*Etching*)

Spesimen uji pasca poles dietsa menggunakan larutan nital dengan metode usap.

6. Pengambilan gambar mikro (mikrografi)

Spesimen uji pasca etsa diamati mikrostrukturnya menggunakan perbesaran 100x dan 500x. Mikrografi terpilih yang mempunyai informasi yang jelas disimpan dan dicetak untuk selanjutnya dianalisis.

Tujuan pengujian kekerasan material kepala silinder adalah untuk mengetahui nilai kekerasan permukaan sampel uji pada daerah yang tidak cacat dan daerah yang cacat dan daerah yang jauh dari cacat. Tahapan dalam pengujian kekerasan metode *Vickers* adalah sebagai berikut^{[11][12]}:

1. Bersihkan permukaan indenter dan tempat dudukan sampel.
2. Bersihkan sampel dengan pengamplasan, kemudian letakkan sampel pada dudukan uji sampel.
3. Pilih pembebanan yang sesuai dengan bahan uji.
4. Putar kepala silinder dudukan sampel hingga menyentuh indenter, jarum kecil
Pada lingkaran dalam menunjukkan pada angka 3 (ditandai dengan titik merah).
5. Lakukan penekanan selama 15 detik hingga berhenti.
6. Jarum pada lingkaran dalam dan luar akan bergerak.
7. Putar kepala silinder kembali ke tempat dudukan sampel menjauh dari indenter.
8. Proses indentasi selesai, ukur panjang diagonal rata-rata indentasi.
9. Baca indentasi yang diperoleh dan hitung nilai kekerasan.

Analisa komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung pada material kepala silinder blok mesin yang mengalami patah. Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Konstruksi B2TKS BPPT Serpong.

Tahapan dalam pengujian komposisi kimia sampel kepala silinder blok mesin dengan spektrometer adalah^{[13][14]} :

1. Permukaan sampel uji dihaluskan dengan pengamplasan atau digerinda, kemudian diletakkan di tempat sampel.
2. Semprot permukaan material sampel dengan gas argon kemurnian 99,99 %.

III. HASIL DAN KESIMPULAN

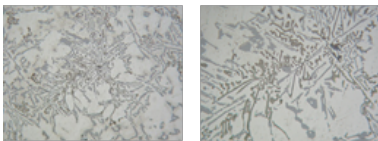
Penelitian yang dilakukan terhadap kerusakan kepala silinder blok mesin kendaraan jenis minibus kapasitas 1500 cc, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengukuran dimensi benda uji, pemeriksaan visual, makrostruktur, mikrostruktur, pengujian kekerasan dan pengujian komposisi kimia. Kegiatan pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium B2TKS BPPT Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan.

Makrostruktur

Pengujian makrostruktur dilakukan pada daerah kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan. Pemeriksaan makrostruktur dilakukan dengan mikroskop stereo perbesaran 12x dan 50x.

Mikrostruktur

Pengamatan mikrostruktur terhadap kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan, ditunjukkan pada (Gambar 3.1)



Gambar 3.1. Mikrostruktur sampel 1 bagian ujung permukaan sisi kiri atas kepala silinder blok mesin 1500 cc. (Etsa: *Dix's keller reagent*)

Kekerasan

Pengujian kekerasan material kepala silinder blok mesin dilakukan pada 6 (enam) lokasi, yaitu bagian kepala

3. Lokasi pengujian terhadap sampel dilakukan pada kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan.
4. Cetak komposisi kimia material kepala silinder yang mengalami kerusakan pasca uji dengan spektrometer.

silinder yang mengalami rusak 500x dan yang tidak mengalami kerusakan. Pengujian kekerasan pada masing-masing sampel dilakukan sebanyak 6 titik seperti ditunjukkan (Gambar 3.1) lokasi uji kekerasan untuk sampel kepala silinder yang mengalami kerusakan diperlihatkan pada (Gambar 3.1).

Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia material dilakukan dengan menggunakan *spektrometer* untuk mengetahui kandungan unsur penyusun material kepala silinder. Data uji komposisi kimia material kepala silinder ditunjukkan pada Tabel 4.2. Kandungan unsur padu utama material kepala silinder blok mesin yang tidak rusak adalah 86,3% AL, 8,93% Si, 3,74% Cu, 0,817 Fe dan 0,475 Mg. Berdasarkan komposisi unsur padu tersebut diketahui bahwa material kepala silinder blok mesin terbuat dari paduan Al-Cu-Si.

Pembahasan

Penelitian dilakukan terhadap kerusakan kepala silinder blok mesin kendaraan jenis minibus kapasitas 1500 cc, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengukuran dimensi benda uji, pemeriksaan visual, makrostruktur, mikrostruktur, pengujian kekerasan dan pengujian komposisi kimia. Kegiatan pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium B2TKS BPPT Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan.

Makrostruktur

Commented [hw1]: Hasil dan analisis

Commented [hw2]: Bold

Pengujian makrostruktur dilakukan pada daerah kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan. Pemeriksaan makro struktur dilakukan dengan mikroskop stereo perbesaran 12x dan 50x, pada (**Gambar 3.2**)



Gambar 3.2 Makro struktur permukaan kepala silinder pada blok mesin mengalami korosi.

Keterangan gambar:

- a. Area bagian permukaan ujung sisi kiri kepala silinder (sampel 1) yang mengalami korosi. (Perbesaran : 25x)
- b. Area bagian permukaan kepala silinder blok mesin sisi tengah kiri (sampel 2) yang mengalami korosi. (Perbesaran : 25x)

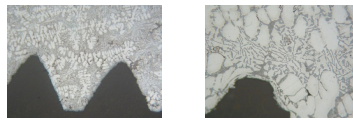
Pembahasan :

Kerusakan yang terjadi di bagian permukaan kepala silinder blok mesin berupa serangan korosi pada kepala silinder blok mesin, korosi terjadi akibat fluida pendingin mesin, terlihat adanya deposit yang melekat sangat kuat dan bersifat korosif. Pada Gambar 4.2 a,b, memperlihatkan adanya kerusakan pada permukaan kepala silinder blok mesin minibus 1500 cc. Kerusakan pada permukaan kepala silinder tersebut karena terjadi korosi pada permukaan materialnya. Korosi ini di duga karena interaksi antara air pendingin mesin yang terlihat adanya deposit (produk korosi) yang melekat pada permukaan kepala silinder. Korosi yang terjadi pada material kepala silinder karena pemeliharaan terhadap blok mesin tidak dilakukan secara berkala, sehubungan dengan kepala silinder tersebut kotor dan dengan bertambahnya umur pemakaian maka terjadi korosi galvanis yang berlanjut pada korosi celah. Meskipun kepala silinder terbuat dari material paduan Aluminium yang tahan terhadap korosi, tetapi dengan kondisi permukaannya yang tidak terawat dengan baik ditambah

dengan adanya air pendingin maka berdampak pada serangan korosi di permukaan kepala silinder.

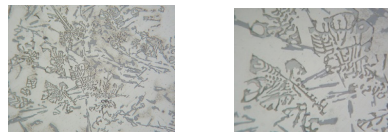
Mikrostruktur

Pengamatan mikro struktur terhadap kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan, ditunjukkan pada (**Gambar 3.3**)



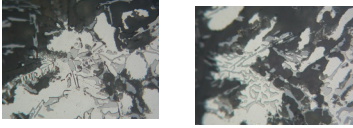
Gambar 3.3 Mikro struktur sampel 1 bagian ujung permukaan sisi kiri atas kepala silinder blok mesin 1500 cc. (Etsa: Dix's keller reagent)

Pada **Gambar 3.3** Memperlihatkan mikro struktur sampel pada daerah paling ujung kepala silinder (sampel 1) berupa butir-butir campuran dendrit dan batang.



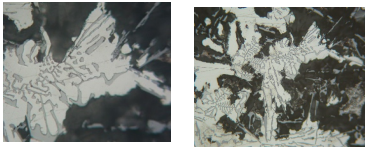
Gambar 3.4 Memperlihatkan sampel 2 sisi tengah kiri permukaan atas kepala silinder blok mesin minibus 1500 cc. (Etsa: Dix's keller reagent)

Pada **Gambar 3.4**, terlihat adanya endapan (hitam) yang di duga mempengaruhi proses korosi, butiran dendrit dan batang dalam mikrostruktur sampel 2 tidak mengalami perubahan ukuran butir. Hal ini menunjukkan kerusakan permukaan kepala silinder tidak diakibatkan oleh beban mekanik dan thermal, tetapi oleh reaksi kimia antara air pendingin dengan permukaan material kepala silinder.



Gambar 3.5 Mikrostruktur sampel sisi tengah kanan permukaan atas blok mesin minibus 1500 cc (sampel 3). (Etsa: *Dix's keller reagent*)

Pada **Gambar 3.5** memperlihatkan sampel sisi tengah kanan permukaan kepala silinder atas blok mesin (sampel 3). Pada (**Gambar 3.5**) terlihat adanya endapan yang diduga endapan yang terdapat dalam mikro struktur sampel 3 berkelompok dan menyebar, sedangkan endapan pada sampel 2 mengumpul. Pada (**Gambar 3.5**) tidak adanya perbedaan bentuk dan ukuran butir dendrit dan batang. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan permukaan kepala silinder hanya diakibatkan oleh reaksi kimia air pendingin mesin pada kepala silinder dan bukan karena beban mekanik dan thermal.

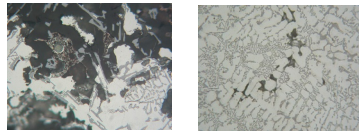


Gambar 3.6 Mikrostruktur sampel 4 sisi tengah paling kanan permukaan atas kepala silinder blok mesin minibus 1500 cc. (Etsa: *Dix's keller reagent*.)

Pada **Gambar 3.6** memperlihatkan sampel sisi tengah paling kanan permukaan atas kepala silinder blok mesin minibus 1500 cc, pada (**Gambar 3.6**) terlihat adanya endapan yang diduga endapan yang terdapat dalam mikrostruktur sample 4 berkelompok dan menyebarkan endapan pada (**Gambar 3.6**) endapan yang terjadi dalam mikrostruktur sample 4 lebih banyak mengumpul dibandingkan dalam endapan mikrostruktur sampel 3 dan 2. Hal ini berarti korosi yang terjadi dalam

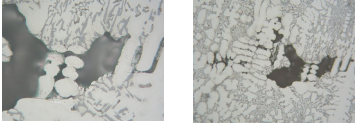
permukaan sampel 4 lebih parah dibandingkan korosi pada sampel 3 dan 2.

Dalam mikrostruktur sampel 4 tidak terjadi perubahan bentuk dan ukuran butir dendrit dan batang. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan kepala silinder hanya diakibatkan interaksi kimia antara air pendingin dengan material kepala silinder sehingga menyebabkan terjadinya korosi pada permukaan kepala silinder. Pada (**Gambar 3.6**) tidak terlihat adanya perubahan bentuk dan ukuran butir dendrit dan batang dalam mikro struktur sampel 4. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan permukaan kepala silinder tidak diakibatkan beban mekanik dan thermal.



Gambar 3.7 Mikrostruktur sampel sisi paling atas bagian kanan permukaan atas kepala silinder blok mesin minibus 1500cc. (Etsa: *Dix's keller reagent*)

Pada **Gambar 3.7** memperlihatkan sampel sisi paling atas bagian kanan permukaan atas kepala silinder blok mesin minibus 1500cc, pada (**Gambar 3.7**) terdapat adanya endapan yang terdapat dalam mikrostruktur sampel 5 berkelompok dan menyebar sedangkan endapan pada (**Gambar 3.7**) endapan yang terjadi dalam mikrostruktur sampel 5 lebih sedikit dibandingkan dengan endapan dalam mikrostruktur sampel 4,3,2 dan 1. Hal ini berarti korosi yang terjadi dalam permukaan sampel 5 lebih sedikit dibandingkan korosi pada sampel 4,3,2 dan 1, dalam mikrostruktur sampel 5 tidak terjadi perubahan bentuk dan ukuran butir dendrit dan batang. Hal ini menunjukkan kerusakan kepala silinder hanya diakibatkan interaksi kimia antara air pendingin dengan material kepala silinder sehingga menyebabkan terjadinya korosi pada permukaan kepala silinder.



Gambar 3.8 Area yang tidak terkena serangan korosi (Etsa : *dix's keller reagent*)

Pengujian mikrostruktur juga dilakukan di area terdekat sekitar area yang tidak terjadi korosi pada material blok mesin. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 3.8** Memberikan informasi bahwa area permukaan blok mesin tidak mengalami serangan korosi cekung tetapi pada daerah tersebut terdapat berupa dendrit Al-SiMg, terdapat cacat porositas. Etsa: *Dix's keller reagent* Kepala silinder minibus 1500 cc pada (Gambar 4.7) tidak terlihat adanya endapan dalam mikrostruktur sampel 6. Hal ini menunjukkan sampel 6 yaitu di lokasi dekat dengan tempat busi tidak terjadi korosi di permukaannya. Berdasarkan (Gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7) terlihat bahwa korosi paling parah terjadi pada sampel 4 dan tidak terjadi korosi pada sampel 6. Hal ini disebabkan lokasi sampel 4 berdekatan dengan aliran masuk air pendingin dan lokasi sampel 4 merupakan tempat yang sulit dibersihkan dalam proses pemeliharaan mesin.

Kekerasan

Pengujian kekerasan material kepala silinder blok mesin dilakukan pada 6 (enam) lokasi, yaitu bagian kepala silinder yang mengalami kerusakan dan yang tidak mengalami kerusakan. Pengujian kekerasan pada masing-masing sampel dilakukan sebanyak 5 titik.

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa kekerasan rata-rata material kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan adalah 100,3 HV (sampel 1), 100,6 HV (sampel 2), 95,6 HV (sampel 3), 107,6 HV (sampel 4), 107 HV (sampel 5), dan 102 HV untuk sampel yang tidak mengalami kerusakan, kekerasan material kepala silinder yang mengalami

kerusakan sebesar 95,6 HV sampai 107,6 HV dalam uji kekerasan dengan metode Vickers perbedaan ± 5 dianggap sama karena faktor terhadap Panjang diagonal jejak indenter, oleh karena itu dari sisi kekerasan material kepala silinder baik yang mengalami kerusakan maupun tidak rusak tidak ada perbedaan yang signifikan, sehingga kekerasan material dianggap sama. Sehubungan dengan hal tersebut maka kerusakan kepala silinder blok mesin tidak disebabkan oleh deformasi material akibat beban mekanik atau thermal.

Komposisi Kimia

Tabel 3.1 Hasil uji kekerasan material kepala silinder blok mesin minibus.

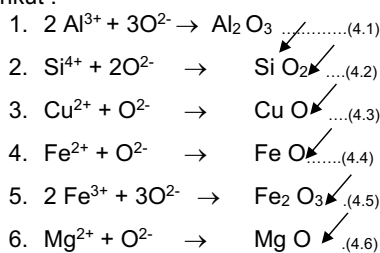
No.	NILAI KEKERASAN, HV					
	1	2	3	4	5	6
	Blok mesin yang rusak					Blok yang tidak rusak
1	99	108	95	103	110	102
2	103	97	97	110	101	102
3	99	97	95	110	110	102
Rerata	100,3	100,6	95,6	107,6	107	102

Pengujian komposisi kimia material dilakukan dengan menggunakan *spektrometer* untuk mengetahui kandungan unsur penyusun material kepala silinder. Data uji komposisi kimia material kepala silinder ditunjukkan pada Tabel 4.2. Kandungan unsur pepadu utama material kepala silinder blok mesin yang tidak rusak adalah 86,3% AL, 8,93% Si, 3,74% Cu, 0,817 Fe dan 0,475 Mg. Berdasarkan komposisi unsur pepadu tersebut diketahui bahwa material kepala silinder blok mesin terbuat dari paduan Al-Cu-Si.

Tabel 3.2 Data komposisi kimia kepala silinder blok mesin minibus 1500 cc

No.	Unsur	Blok mesin yang rusak	Blok mesin yang tidak rusak
		Kandungan unsur(% berat)	Kandungan unsur (% berat)
1	Al	85.2	86.3
2	Si	8.82	8.93
3	Cu	3.37	3.74
4	Fe	0.729	0.817
5	Mn	0.493	0.494
7	Mg	0.394	0.475
6	Cr	0.0044	0.0044
7	Zn	0.0257	0.0257
8	Ni	0.0050	0.0050
9	V	0.0049	0.0049
10	Ti	0.0225	0.0225
11	Bi	< 0.0100	< 0.0100
12	Sn	< 0.0050	< 0.0050
13	Pb	< 0.0050	< 0.0050
14	Co	< 0.0020	< 0.0020

Dari **Tabel 3.2** diketahui bahwa komposisi kimia material kepala silinder yang mengalami kerusakan dan tidak mengalami kerusakan terdapat beberapa unsur penyusun yang mempunyai perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan komposisi utama untuk material kepala silinder yang mengalami kerusakan dan penurunan Al 1,1%, Si 0,11%, Cu 0,37%, Fe 0,088%, dan Mg 0,081% adanya penurunan komposisi kimia unsur penyusun material tersebut diakibatkan oleh interaksi antara air dengan permukaan material kepala silinder yang ditandai dengan terbentuknya oksida dari Al, Si, Cu, Fe, dan Mg. Sesuai dengan reaksi kimia sebagai berikut :



Senyawa oksida yang terbentuk pada permukaan material kepala silinder dapat dianalisis dengan menggunakan difraktometer sinar X.

IV Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan pengkajian data hasil penelitian terhadap kerusakan kepala silinder blok mesin jenis minibus 1500 cc dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Makro struktur terdapat adanya endapan yang menempel pada permukaan sampel kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan.
2. Mikro struktur sampel kepala silinder blok mesin yang mengalami kerusakan berupa butir dendrit, butir benang dan endapan, mikro struktur sampel 4 paling banyak dibandingkan sampel 1,2,3, dan 5 tidak ada perubahan bentuk dan ukuran butir dalam mikro struktur sampel 1 sampai dengan 5
3. Tidak ada perbedaan kekerasan yang signifikan antara material kepala silinder yang mengalami kerusakan dan tidak.
4. Adanya penurunan komposisi unsur Al, Si, Cu, Fe, Mg, pada material kepala silinder yang mengalami kerusakan karena berinteraksi dengan air pendingin dengan membentuk senyawa oksida. Faktor utama yang menyebabkan kerusakan material kepala silinder adanya korosi.

V. DAFTAR REFERENSI

- [1] Russell Stuart., Peter Norvig, *Artificial Intelligence a Modern Approach Third Edition*, Pearson Education, New Jersey, 2010.
- [2] Wahyu, B,U. 2008. Pengaruh penambahan modifier stronsium dan phosphor serta proses perlakuan panas pada sifat mekanik dan struktur mikro alumunium AC8H untuk produk piston. Tesis. Fakultas teknik program studi metalurgi dan material universitas Indonesia. Depok.
- [3] Bramer, Max. *Principles of Data Mining*, Springer, London, 2007.
- [4] Armi dan Muhammad, *penjelasan Metode Naïve Bayes*. 2005.
- [5] Wood, C.J., "Developments in Nuclear Power Plant Water Chemistry", *Prosiding 8th International Conference on Water Chemistry of Nuclear Reactor System*, Bournemouth, Vol.1, 2000.
- [6] *Pedoman Reparasi Mesin Seri K*". Jakarta: PT. Toyota Astra Motor. 1996.
- [7] Anonim. 1996. "New Step 1 Training Manual". Jakarta: PT. Toyota Astra Motor. 1995. "Step 2 Engine Group". Jakarta: PT. Toyota Astra Motor. 1991.
- [8] *Pedoman Reparasi Mesin Seri 5K, 7K*". Jakarta: PT. Toyota Astra Motor. Reynolds William. C. 1991. "Engineering Thermodynamics". Jakarta: Erlangga
- [9] Northop, R.S. 1997. "Servis Auto Mobil". Bandung: Pustaka Setia.
- [10] Pippenger John, Tyler Hicks, *Industrial Hydraulics*, 1979, Singapore, McGraw-Hill Book Company.
- [11] Anonim, *Buku Pedoman Perbaikan dan Informasi Teknik Mesin 1500 cc*, Pt Astra Daihatsu Motor Technical Service Division, Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik. (edisi kedua)*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [12] Mcnaughton, K.J., "Selecting Materials For Process Equipment", *Chemical Engineering*, McGraw-Hill Publications Co, New York.
- [13] Uhlig, H., "The Corrosion Hand Book", The Electrochemical Society Inc. John Willey & Sons.
- [14] Bohner, Max, *Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik*, Verlag Europa Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co., Duesslberger Strasse 23, 42781 Hanan-Gruiten, 27 Auflage 2008.
- [15] Arismunandar Wiranto, *Motor Bakar Torak*, Edisi ke empat, Penerbit ITB Bandung, 1988.