

## ANALISIS KERUSAKAN RADIATOR SEPEDA MOTOR 150cc

### FAILURE ANALYSIS OF 150cc MOTOR CYCLE RADIATOR

Amin Suhadi

Peneliti pada Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, BPPT  
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang 15314  
Tel. (021)-7560565; Fax. (021)-7560903  
e-mail : aminsuhadi@gmail.com

#### Abstrak

Sepeda motor yang mempunyai kapasitas mesin relatif besar memerlukan pendingin yang efisien agar ketika beroperasi tidak mengalami panas yang berlebihan sehingga dapat merusak mesin tersebut. Jika sepeda motor dengan kapasitas mesin kecil cukup menggunakan pendingin udara, maka sepeda motor dengan kapasitas mesin besar menggunakan pendingin dengan sistem cairan, dan dikenal dengan nama radiator. Jika radiator rusak maka proses pendinginan tidak berjalan dengan baik sehingga berpotensi terjadi kebakaran pada mesin. Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap kebocoran yang terjadi pada sebuah radiator sepeda motor 150cc, dengan tujuan untuk mencari penyebab kerusakan dari radiator tersebut agar kerusakan serupa tidak terjadi pada produk sepeda motor yang sejenis. Analisa yang dilakukan meliputi pemeriksaan permukaan patahan dengan cara analisa makro fraktografi, pemeriksaan struktur mikro, pemeriksaan komposisi kimia, pemeriksaan kekerasan dan pemeriksaan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) serta pemeriksaan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectrometer*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa retak dan patahnya penopang radiator disebabkan adanya beban dinamis atau getaran yang terjadi pada konstruksi tersebut dan dipikul oleh pelat penopang radiator. Bukti dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa karet yang berfungsi sebagai peredam getaran radiator pada posisi atas telah aus dan kendur sehingga fungsi peredaman tidak optimum lagi, sehingga pelat penopang radiator retak dan retaknya merambat ke kisi kisi yang berisi cairan pendingin dan mengakibatkan kebocoran.

Kata Kunci : radiator, pendingin, mesin, bocor

#### Abstract

*Motorcycle with relatively high capacity engine needs efficient cooling system to avoid overheating and engine damage. Usually air cooling system is used for low engine capacity motor cycle, but this system is not sufficient for high capacity engine. Therefore, liquid cooling system which called radiator is selected. If radiator is not working properly the engine become overheated and has potential to be burned. In this research deep analysis is conducted on leakage radiator of 150cc motor cycle, and the aim of this research is to find the root cause of failure of the radiator to prevent similar cases occur on other motorcycle. Analysis that were done consist of macro fractography on surface fracture, microstructure analysis, chemical composition testing, hardness testing, micro fractographic analysis using SEM (*Scanning Electron Microscopy*) and spot chemical analysis using EDS (*Energy Dispersive Spectrometer*). Experimental result indicates that crack and leakage of the radiator was caused by dynamic load or vibration which occurred at the construction of radiator support. The evidence that was found after examination confirm that a rubber which has a function of vibration absorbance at top position is worn out and loose, so that its function is not optimum. As a result, a crack developed at radiator supporter and then propagated to the radiator grill which has liquid cooler inside became leak.*

*Keywords : radiator, cooler, engine, leak*

Diterima (received) : 16 Juni 2017, Direvisi (reviewed) : 10 Juli 2017, Disetujui (accepted) : 1 Agustus 2017

## PENDAHULUAN

Sepeda motor yang mempunyai kapasitas mesin 150cc dengan konfigurasi 4 klep dengan sistem *fuel injection* mampu menghasilkan daya maksimum 12,2 kW/8500 rpm dan torsi maksimum 14,5 Nm/7500 rpm. Mesin dengan daya yang besar tersebut dapat diperoleh dari proses pembakaran yang cukup besar dan optimum, namun dampaknya selain menghasilkan tenaga juga mengeluarkan panas yang sangat tinggi, karena itu membutuhkan pendinginan yang efisien agar tidak terjadi pemanasan berlebih ketika mesin menyala. Jika radiator rusak maka sistem pendinginan tidak berjalan dengan baik sehingga berpotensi terjadi kebakaran pada mesin.

Sistem pendingin merupakan salah satu sistem yang paling penting pada mesin sepeda motor. Fungsi dari sistem pendingin pada mesin antara lain:<sup>1,2)</sup>

1. Berguna untuk menyerap panas pada bagian-bagian mesin agar tidak terjadi panas berlebih sehingga akan mengurangi tingkat kerusakan dan keausan pada komponen mesin
2. Berguna untuk menjaga temperatur mesin pada suhu kerjanya yang ideal.

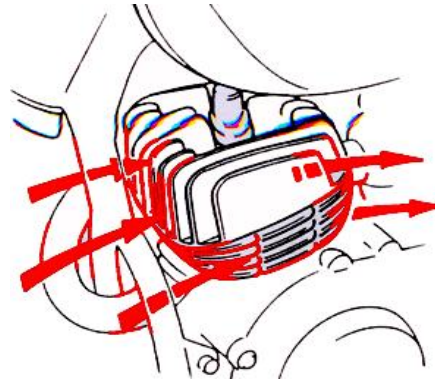
Sistem pendingin pada mesin sepeda motor bermacam-macam berdasarkan bahan yang digunakan untuk pendinginannya, yaitu sistem pendinginan menggunakan udara dan sistem pendinginan menggunakan cairan (air).

### Pendinginan menggunakan udara

Untuk mengoptimalkan pendinginan pada sistem pendinginan menggunakan pendingin udara, pada bagian blok silindernya dilengkapi dengan sirip-sirip. Sirip-sirip ini berfungsi menambah permukaan bidang gesek dengan udara sehingga pemindahan panas dari dalam mesin ke udara berlangsung lebih banyak demikian juga sebaliknya efek sentuhan udara dingin dari luar ke mesin juga lebih banyak (Gambar 1)<sup>3)</sup>.

Cara kerja dari sistem pendinginan udara ini adalah sangat sederhana, yaitu panas yang ditimbulkan oleh mesin akan disalurkan dan dipindahkan ke dinding-dinding silinder, kemudian disalurkan ke sirip-sirip pada blok

silinder dan selanjutnya didinginkan oleh udara luar melalui proses pemindahan panas. Penggunaan sistem pendinginan dengan udara ini banyak diaplikasikan pada sepeda motor dengan kapasitas mesin kecil.



Gambar 1.

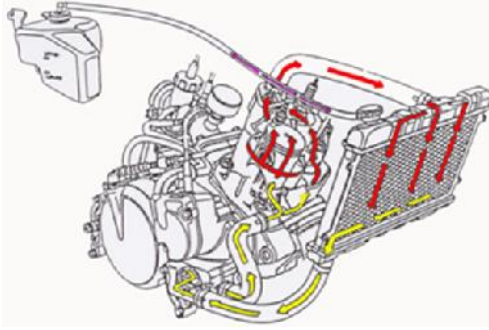
Aliran udara pada sistem pendingin udara mesin sepeda motor (tanda panah)<sup>1,2)</sup>

Sifat-sifat yang dimiliki oleh sistem pendinginan dengan udara:

- ) Memiliki konstruksi mesin yang sederhana
- ) Suara yang ditimbulkan akibat gesekan udara pada sirip-sirip lebih keras
- ) Pendinginan kurang merata karena bagian mesin yang langsung terkena hembusan udara akan mendapatkan pendinginan yang lebih
- ) Perawatan mudah dan jarang sekali terdapat masalah pada sistem pendinginan yang menggunakan udara

### Sistem pendinginan dengan air

Pada sistem pendinginan menggunakan air terdapat beberapa komponen diantaranya radiator dan tutup radiator, kipas, selang air, pompa air, *water jacket*, dan *thermostat*.



Gambar 2.  
Skema sistem pendinginan air pada mesin  
sepeda motor <sup>1-3)</sup>

Sistem pendinginan mesin motor dengan menggunakan air, pendinginannya dilakukan dengan cara diberikan rongga-rongga berisi air yang disirkulasikan oleh pompa air pada sekeliling silinder dan kepala silinder. Air yang telah menyerap panas mesin dialirkan ke radiator untuk didinginkan melalui kisi-kisi radiator dan aliran udara yang melalui radiator (Gambar 2).

Cara kerja dari sistem pendinginan menggunakan air adalah sebagai berikut:<sup>4)</sup>

- Ketika keadaan mesin masih dingin dan kemudian mesin dinyalakan maka air hanya bersirkulasi pada bagian mesin saja dan tidak disalurkan ke radiator, hal ini dikarenakan *thermostat* yang masih belum membuka. Karena air tersebut hanya bersirkulasi pada mesin maka temperatur mesin akan cepat naik untuk mencapai temperatur pembakaran yang ideal.
- Ketika keadaan mesin sudah panas kira-kira sudah mencapai temperatur 80-90°C maka *thermostat* akan membuka. Karena *thermostat* membuka maka air yang bersirkulasi pada mesin akan disalurkan melewati radiator untuk didinginkan oleh kipas pendingin. Air yang panas dilewatkan melalui radiator ini bertujuan untuk mencegah panas yang berlebih pada mesin sehingga mesin dapat dijaga temperatur kerjanya.

Sistem pendingin pada sepeda motor dengan kapasitas mesin kecil biasanya menggunakan sistem pendinginan udara sudah cukup karena panas yang dihasilkan dari mesin tersebut tidak terlalu tinggi. Sedangkan pada sepeda motor dengan kapasitas mesin besar digunakan sistem pendingin air dengan menggunakan radiator (Gambar 3).



Gambar 3.  
Contoh sepeda motor 150cc dengan sistem  
pendingin tipe cairan (tanda panah)<sup>1,2)</sup>

Konstruksi sistem pendingin air lebih rumit dibanding sistem pendingin udara sehingga diperlukan bentuk struktur yang tepat agar tidak mudah rusak. Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap kebocoran yang terjadi pada sebuah radiator sepeda motor 150cc. Tujuan penelitian adalah untuk mencari akar penyebab kerusakan dari radiator tersebut agar kerusakan serupa tidak terjadi pada produk sepeda motor yang sejenis<sup>3,4)</sup>.

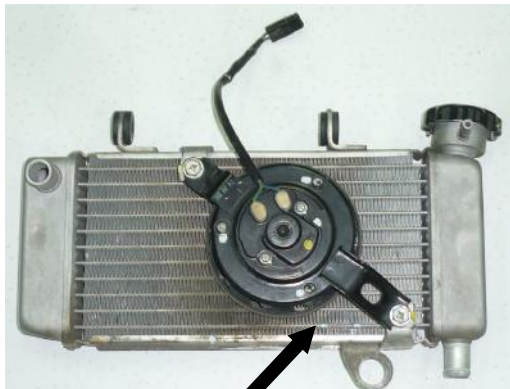
## BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini analisa kerusakan dilakukan terhadap radiator pada sebuah sepeda motor 150cc dengan posisi radiator diletakkan dibagian depan mesin (Gambar 4).



Gambar 4.  
Kedudukan radiator pada rangka sepeda  
motor

Pada bagian belakang radiator diletakkan kipas untuk membantu pendinginan dengan posisi seperti pada Gambar 5.



Gambar 5.  
Kipas yang dikaitkan pada bagian belakang radiator.

Kipas akan aktif dan bekerja sesuai dengan pengaturan pada sistem pendingin tersebut. Lokasi saluran air yang bocor terletak pada pipa air ke 2 dari bawah di posisi radiator bagian belakang dibawah kipas (berhadapan dengan mesin), panjang retak  $\pm 93$  mm (tanda panah pada Gambar 5).

#### Data Data Teknis Sepeda motor

Tipe mesin : SOHC berpendingin air  
 Silinder : tunggal  
 Kapasitas : 149,8 cc  
 Daya maks. : 12,2 kW/8500 rpm  
 Torsi maks. : 14,5 Nm/7500 rpm  
 Bahan radiator : paduan aluminium

#### Metode Penelitian

Metode penelitian terhadap kerusakan radiator sepeda motor digunakan metode tulang ikan, yaitu mengkaji dari semua aspek yang memungkinkan menjadi penyebab kerusakan, kemudian dipilih dari yang paling potensial menjadi penyebab utama dijadikan dasar untuk meneliti lebih dalam. Tahapan tahapannya adalah sebagai berikut <sup>5)</sup>:

- Pemeriksaan visual: yaitu pengamatan awal terhadap permukaan patahan yang masih asli dimana belum pernah terbentur atau terkontaminasi oleh elemen atau benda lain. Pemeriksaan ini tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi titik awal dari retak.
- Fraktografi makro: adalah pemeriksaan lebih fokus pada awal retak dan daerah perambatan retak menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran makro. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan jenis retak dan jenis patahan yang terjadi.
- Fraktografi mikro: yaitu mengamati lebih dalam permukaan patahan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk menkonfirmasi dan

mendalami temuan jenis patahan yang ditemukan dari pemeriksaan makro.

- Metalografi: adalah pemeriksaan dengan alat mikroskop optik dengan perbesaran mikro untuk mengamati struktur mikro dan kemungkinan adanya cacat mikro yang tidak terdeteksi oleh alat lain atau adanya inklusi atau cacat yang dapat menjadi titik lemah dari radiator.
- Pengujian kekerasan: adalah pengujian mekanis mikro untuk memeriksa kondisi kekerasan terkini yang mungkin dapat memberikan informasi tentang perubahan sifat mekanis yang telah terjadi.
- Pengujian komposisi kimia: adalah untuk menelusuri kesesuaian komposisi kimia dengan standar. Selain itu juga digunakan untuk mengamati kemungkinan elemen pengotor yang mempunyai peran penting dalam penurunan sifat mekanis dan kemungkinan berperan dalam terbentuknya awal retak.

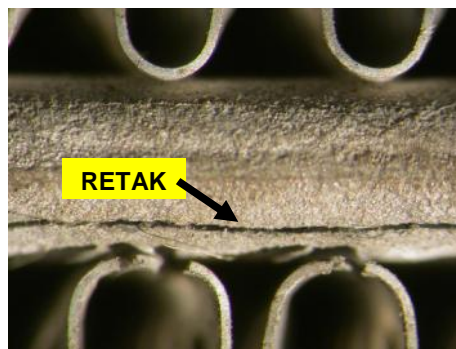
Data data tersebut kemudian dianalisa dan dikembangkan serta dibandingkan dengan spesifikasi untuk mencari penyebab kerusakan.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian dengan pemeriksaan dan pengujian dapat dirinci sebagai berikut.

##### Pemeriksaan Visual.

Dari pemeriksaan visual didapat fakta bahwa letak kerusakan radiator sepeda motor yang mengalami retak dan bocor terjadi pada pipa air ke 2 dari bawah di posisi belakang dekat kipas (berhadapan dengan mesin), panjang retak  $\pm 93$  mm (Gambar 5). Jika lokasi tersebut diamati lebih teliti terlihat jelas retakan tidak saja mengakibatkan kebocoran tapi juga putusya sirip sirip pendingin yang terjadi pada beberapa tempat (Gambar 6).



Gambar 6.  
Perbesaran dari Gambar 5 pada lokasi retak di bawah kipas, terlihat dengan jelas retak dan sirip pendingin yang putus.

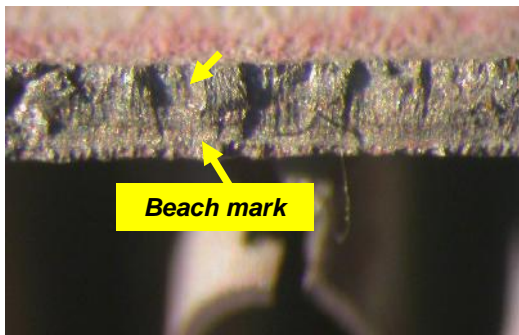
Pemeriksaan visual pada permukaan dalam pipa hanya terdapat deposit dari fluida, namun tidak ditemukan adanya bukti terjadinya proses korosi (Gambar 7).



Gambar 7.  
Foto kondisi permukaan bagian dalam radiator terdapat kerak dari endapan air radiator.

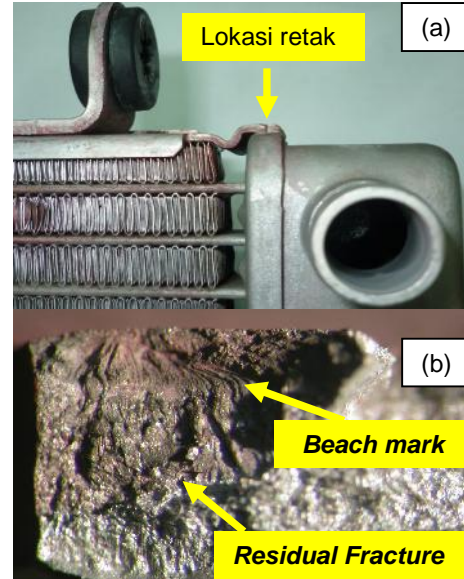
#### Pemeriksaan fraktografi

Hasil pemeriksaan fraktografi pada permukaan patahan dari pipa air menunjukkan bahwa retak dimulai dari sisi dalam disebabkan beban dinamis yang ditimbulkan oleh getaran. Bentuk permukaan patahan berupa patah lelah, terlihat adanya alur garis pantai (*beach mark*)<sup>6-8)</sup>(Gambar 8).



Gambar 8.  
Foto makro permukaan patahan menunjukkan ciri khas patah lelah (*fatigue*) dengan adanya *beach mark* dan patah sisa.

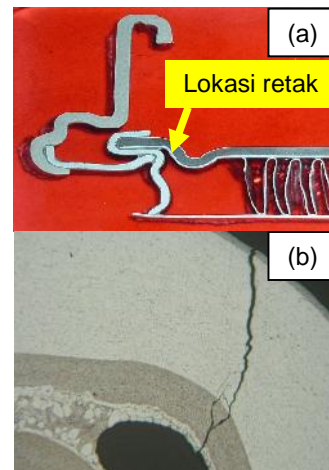
Selain itu pemeriksaan fraktografi menunjukkan juga terjadi retak pada rangka pelat radiator pada bagian atas kiri dan kanan, posisi retak dekat dengan penggantung radiator. Bentuk patahan mempunyai ciri khas dari patah lelah (*fatigue fracture*)<sup>9-11)</sup> yaitu terdapat *beach mark* dan patah sisan (Gambar 9).



Gambar 9.  
Lokasi retak pada kerangka radiator (a), dan permukaan retak dengan ciri khas patah lelah pada retak tersebut (b).

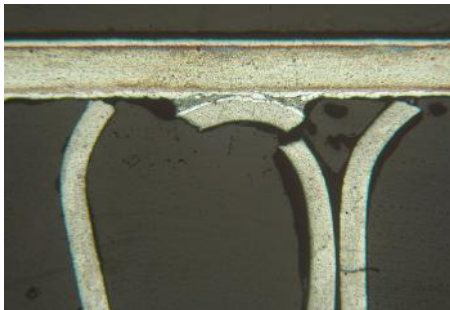
#### Pemeriksaan metalografi

Hasil pemeriksaan metalografi pada sampel 1 potongan melintang pada daerah *water inlet* dilokasi rangka pelat radiator yang mengalami retak menunjukkan bahwa struktur mikro berupa Al-Si dan mengalami retak dari bagian luar dengan bentuk retak memotong butir (*transgranular cracking*). Pemeriksaan metalografi pada sampel 2 yang terletak di material sirip pendingin potongan memanjang pipa air menunjukkan adanya retak akibat getaran dan beban tekuk<sup>12,13)</sup>(Gambar 10).



Gambar 10.  
Potongan melintang lokasi retak pada sirip pendingin (a), struktur mikro pada daerah retak dan bentuk retak trans granular (b).

Pemeriksaan metalografi pada sampel 3 pipa air potongan melintang pada daerah retak menunjukkan struktur mikro yang sama dengan lokasi lain (Gambar 11).



Gambar 11.  
Potongan melintang pipa saluran air di daerah retak ber struktur sama dengan daerah lain yaitu paduan Al Si.

**Hasil pengujian kekerasan**

Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan pada pelat rangka dan pipa air (benda uji A) menunjukkan bahwa pada pelat rangka terdapat perbedaan nilai kekerasan antara bagian yang tipis dengan nilai kekerasan rata rata 18.6 HV, sedangkan pada bagian lain mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dengan rata rata 38 HV (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa pada pelat rangka telah terjadi deformasi pada bagian tertentu sehingga mengalami pengerasan regang (*strain hardening*). Pada pengujian kekerasan di daerah pipa (sampel B dan C) didapat nilai yang sama, yaitu dengan kekerasan rata rata sekitar 20 – 22 HV.

Tabel 1.  
Hasil uji kekerasan benda uji

NO.	Nilai Kekerasan HV		
	A	B	C
1	18.5	19.0	20.7
2	18.7	20.5	23.2
3	37.0	20.5	23.8
4	39.0	21.2	23.0
5	39.0	20.0	21.7
Rata rata	<b>30.44</b>	<b>20.24</b>	<b>22.48</b>

Catatan:

- A: benda uji pelat rangka
- B: benda uji pipa air dekat retakan
- C: benda uji pipa air daerah lain

**Hasil pengujian komposisi kimia**

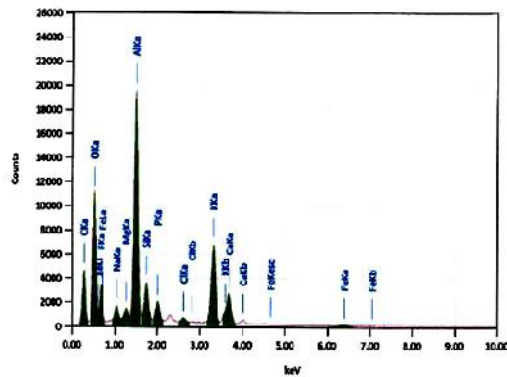
Hasil pengujian komposisi kimia terlihat bahwa material yang diuji merupakan paduan

dengan bahan dasar Aluminium dengan beberapa unsur pepaduan yang didominasi oleh unsur Mn sebesar 1.07 % (Tabel 2).

Tabel 2.  
Hasil pengujian komposisi kimia

No	Unsur	% Berat
1	Si	0.316
2	Fe	0.397
3	Cu	0.481
4	Mn	1.070
5	Mg	0.000
6	Cr	0.010
7	Ni	0.008
8	Zn	0.206
9	Sn	0.134
10	Ti	0.030
11	Pb	0.057
12	V	0.010
13	Co	0.005
14	Al	97.26

Dari hasil pemeriksaan komposisi kimia menggunakan metode EDS terlihat bahwa tidak ada elemen yang mencurigakan yang dapat menjadi petunjuk yang dapat menyebabkan sumber terjadinya retak (Gambar 12).

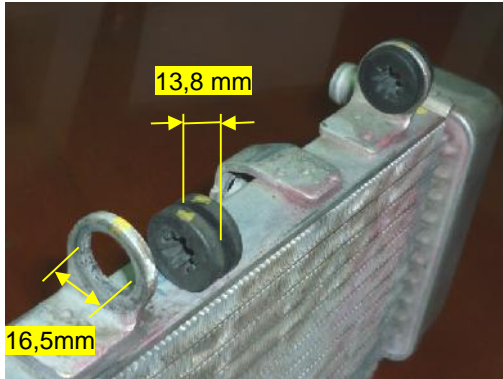


Gambar 12.  
Hasil pemeriksaan komposisi kimia pada permukaan patahan dengan EDS

**Pembahasan**

Dari hasil semua pemeriksaan dan analisa didapatkan bukti nyata bahwa awal retakan dimulai dari pelat *support* dari radiator yang patah kemudian merambat ke tempat lainnya. Pengamatan lebih dalam terhadap konstruksi sistem radiator ini diperoleh bukti bahwa retak dan patahnya *support* radiator disebabkan adanya beban dinamis atau getaran yang terjadi pada konstruksi tersebut dan dipikul oleh pelat *support* radiator tersebut.

Beroperasinya beban dinamis ini dibuktikan dari pengamatan pada permukaan patahan yang menunjukkan adanya patah lelah (*fatigue fracture*) dengan terlihat adanya *beach marks*<sup>12,14</sup>.



Gambar 13.

Hasil pengamatan terhadap perbedaan diameter karet peredam getaran dengan lubang dudukan karet pengikat radiator

Sumber getaran yang berasal dari kipas angin, serta dari mesin dan juga dari pengoperasian motor seharusnya diredam oleh karet penghubung yang melekat pada penopang radiator. Bukti dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa karet yang berfungsi sebagai peredam getaran radiator pada posisi atas telah aus dan kendur sehingga fungsi peredaman tidak optimum lagi. Hasil pengukuran dimensi lubang pelat (16,5 mm) dengan diameter badan karet (13,8 mm) mempunyai perbedaan cukup besar (Gambar 13).

Akibat dari kendurnya karet peredam tersebut dan tidak terdapat peredam getaran yang lain, maka getaran tetap diteruskan ke radiator dan akhirnya penopang radiator retak. Menurut Tajabadi<sup>14</sup>) getaran dan benturan dapat mengakibatkan luka menyerupai takikan (*notch*) pada konstruksi sehingga jika getaran terus berlangsung takikan ini dapat menjadi awal retak pada konstruksi. Dalam kondisi tersebut, karena getaran tetap berlangsung maka retak merambat terus dan akhirnya sampai pada pipa air sehingga pipa air juga ikut retak mengikuti mekanisme yang sama dan akhirnya bocor<sup>10-12</sup>).

## SIMPULAN

Dari bukti-bukti yang diperoleh dan berdasarkan analisa terhadap bukti-bukti tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kebocoran dan keretakan radiator diawali dari

aus dan kendurnya karet peredam pada bagian atas sehingga fungsi peredam getaran tidak optimal. Karena tidak adanya peredam lain maka getaran diteruskan ke penopang radiator dan karena penopang radiator menahan beban berat dari radiator maka keretakan terus menjalar ke pipa air radiator dan akhirnya terjadi patah lelah dan bocor.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala B2TKS BPPT, Bp.Sudarmadi ST,MT, Kepala Bidang Kajian Material B2TKS Bp.Dr.Ing.H.Agus Suhartono, dan Bp.Sutarjo ST,MM untuk pemberian ijin dan pelaksanaan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Biermann, Arnold E.; Ellerbrock, Herman H., Jr (1939). *The design of fins for air-cooled cylinders* (pdf). NACA. Report N<sup>o</sup>. 726.
2. P V Lamarque: *The Design of Cooling Fins for Motor-Cycle Engines*. Report of the Automobile Research Committee, Institution of Automobile Engineers Magazine, March 1943 issue, and also in "The Institution of Automobile Engineers Proceedings, XXXVII, Session 1942-43, pp. 99-134 and 309-312.
3. Julius Mackerle, M. E., *Air-cooled Automotive Engines*, Charles Griffin & Company Ltd., London, 1972.
4. ...., <https://andigunawan1207.wordpress.com/2013/12/12/sistem-pendinginan-sepeda-motor/> diakses pada 3 Agustus 2017 jam:09.17
5. ...., *Failure Analysis and Prevention*, Tenth Edition, American Society for Metals, ASM HAND BOOK Vol 11, Ohio, 2002.
6. Peng D, Jones R. Crack growth at fastener holes containing intergranular cracking, *Engineering Fracture Mechanics*; 2015.
7. Man J, Valtr M., AFM and SEM-FEG study on fundamental mechanisms leading to fatigue crack initiation. *International Journal of Fatigue*, vol.11, 2014.
8. Dieter, G.E., *Mechanical Metallurgy*, McGraw-Hill, 1988, p.375-431.
9. Fuchs, H.O., Stephens, R.I., *Metal Fatigue in Engineering*, John Wiley & Sons, New York, 2013.

10. Sandor, B.I., *Fundamental of Cyclic Stress and Strain*, The University of Wisconsin Press, Madison, 2014.
11. Evans R. The fatigue life prediction for structure with surface scratch considering cutting residual stress. *Engineering Fracture Mechanics* 2014.
12. ...., *Metal Fatigue Damage Mechanisms, Detection, Avoidance and Repair*, American Society for Testing and Materials, ASTM Spec. Tech. Publ. 495, 2014.
13. Karabaya.S, Ertürkb A.T, Zerenc M., Yamano luc R., Karakulak E., *Failure Analysis of Wire-breaks in Aluminum Conductor Production and Investigation of Early Failure Reasons of Transmission Lines*, *Engineering Failure Analysis Journal*, vol.83 (2018) pp.47-56.
14. Tajabadi M.S, *Metallurgical failure analysis of a cracked aluminum 7075 wing internal angle*, *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, vol.7 (2016), pp.9-16.