

# ANALISA SIFAT KARAKTERISTIK BLOK SILINDER LINER BAHAN ALUMINIUM SILIKON

Sasi Kirono, Agung Julianto

Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jurusan Teknik Mesin

## ABSTRAK

Blok liner silinder merupakan bagian dari blok silinder yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses kerja engine. Dimana pada bagian ini terjadi proses kerja proses kerja hisap, kompresi, kerja dan buang. Oleh karena itu agar tidak terjadi kebocoran kompresi yang disebabkan oleh gesekan antara ring piston dan dinding liner silinder, diperlukan dinding liner silinder yang mempunyai nilai kekerasan yang tinggi dan nilai keausan yang rendah. Karena apabila terjadi kebocoran kompresi diruang bakar hal ini dapat berakibat pada tenaga yang dikeluarkan motor menjadi berkurang dan juga selain itu system pembakaran diruang bakar juga menjadi tidak sempurna dimana pelumnas atau oli mesin juga ikut terbakar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik sifat mekanik dan struktur mikro blok silinder liner bahan aluminium dan silikon. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan (brinell), pengujian keausan (ogoshi), dan pengujian struktur mikro. Pada pengujian komposisi kimia dihasilkan kandungan unsur terbesar adalah Al 76,140% dan silikon 13,898%. Dengan kandungan silikon <12% menempatkan blok silinder aluminium dan silikon berada pada fasa hipereutektik. Dan dengan pengujian kekerasan (brinell) didapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 151,5 HB, dengan nilai kekerasan yang cukup tinggi ini bisa dipastikan bahwa blok liner silinder mempunyai keausan yang kecil. Tetapi dengan nilai kekerasan yang didapat hal ini tidak dimungkinkan untuk blok silinder bahan aluminium silikon dilakukan proses reparasi over size atau korter terhadap dinding liner blok silinder. Hal ini sangat berbeda bila dibandingkan dengan blok silinder liner pada umumnya.

*Kata kunci : Blok, Silinder, Liner, Sifat, Mekanis*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan sepeda motor sebagai alat transportasi memerlukan perawatan yang rutin seiring dengan pemakaiannya. Sepeda motor yang perawatannya kurang dapat menimbulkan kerusakan pada komponen atau part dari sepeda motor tersebut. Contoh komponen yang rutin perawatannya adalah blok silinder liner. Perawatannya dengan mengganti oli atau pelumas mesin, penggantian oli atau pelumas dapat mengurangi gaya gesekan yang terjadi antara ring piston dan dinding liner, sehingga dapat memperpanjang umur pakai blok silinder dan ring piston. Blok silinder yang rusak dapat terjadi kebocoran kompresi diruang bakar hal ini dapat berakibat pada tenaga yang dikeluarkan motor menjadi berkurang dan juga selain itu sistem pembakaran diruang bakar juga menjadi tidak sempurna dimana pelumas atau oli mesin juga ikut terbakar dan pembuangan dari pembakaran diruang bakar atau knalpot menjadi berasap. Selain itu diperlukan juga dinding liner silinder yang mempunyai nilai kekerasan yang tinggi dan nilai

keausan yang rendah, agar tidak mudah terjadi kebocoran kompresi yang disebabkan oleh gesekan antara ring piston dan dinding liner silinder. Blok silinder yang sudah rusak akibat gaya gesekan antara ring piston dan dinding liner terdiri dari 2 jenis berdasarkan sifat mampu direparasi, pertama adalah blok silinder yang dapat direparasi, kedua adalah blok silinder yang tidak dapat direparasi. Blok silinder jenis pertama apabila terjadi kerusakan atau keausan pada dinding liner dapat direparasi melalui proses *over size* (pembesaran) pada blok liner silinder, kedua adalah blok silinder yang tidak dapat direparasi, jadi apabila terjadi kerusakan pada dinding liner silinder atau keausan blok tersebut harus diganti dengan yang baru. Blok silinder jenis kedua ini terbuat dari bahan aluminium silikon dan paduannya. Pada blok silinder liner bahan aluminium silikon dan paduannya ini pihak produsen memberi garansi selama 5 tahun atau 50.000 Km jarak tempuh. Dimana pada jarak tempuh inilah dinding liner silinder harus tahan terhadap keausan atau gesekan dari ring piston. Tujuan penelitian ini diharapkan dapat diketahui sifat mekanis dari bahan paduan aluminium dan silikon. Dengan menganalisa dari hasil pengujian berupa, uji keausan, uji kekerasan, uji komposisi kimia, dan uji struktur mikro. Sehingga dapat diketahui faktor-faktor penyebab kekuatan sifat mekanis blok silinder liner aluminium silikon. Dari hasil analisa ini semoga dapat dijadikan dasar pengembangan dalam perencanaan mesin yang lebih baik.

## 2. LANDASAN TEORI

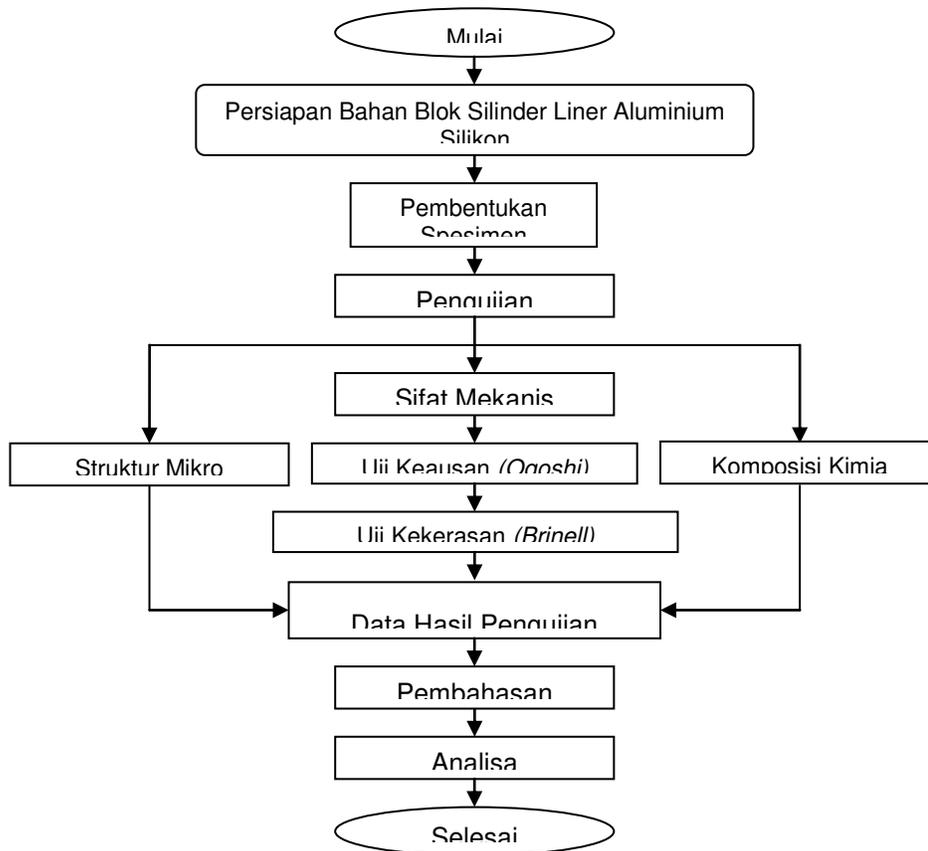
Menurut John Lenny Jr, 2011, fasa *hypereutectic* silikon Al-Si paduan lebih jenuh dengan silikon, dan selama pembentukan paduan partikel larut dalam aluminium cair dan menjadi tidak dapat dipisahkan. Namun, di atas titik jenuh dikenal sebagai titik *eutectic* silikon akan tidak larut tapi agak mengendap dalam bentuk kristal. Biasanya, ini titik jenuh dalam aluminium terjadi kira-kira pada 12% konsentrasi silikon. *hypereutectic* Al-Si paduan berkisar dari 12% sampai 20% atau lebih dalam konsentrasi silikon. Partikel dasar silikon dari *hypereutectic* Al-Si paduan yang mengkristal dari cetakan selama proses pengecoran. Hasil kristalisasi akan meningkatkan ketahanan pakai material, Di daerah blok liner silinder. Menurut W. Kasprzak, dkk, 2010, Sifat tribological blok silinder dikendalikan oleh ukuran kristal silikon yang utama, distribusi, dan paparan tinggi dari matriks aluminium. Kekerasan blok silinder diperlakukan panas utamanya ditentukan oleh volume paduan AL-Si dan fasa *eutectic* silikon. Selain kekerasan dari aluminium matriks, sebagian besar dikendalikan oleh Cu dan Mg melalui proses presipitasi *hardening*. Menurut Gallardo Valteirra, 2008, komposisi paduan aluminium silikon yang memenuhi syarat manufaktur dan kinerja untuk liner silinder blok menggunakan proses pengecoran berbiaya rendah seperti cetakan pasir silika. Paduan terdiri dalam persen berat: Si 13% - 14%, Cu 2,3-2,7%, 0,1% - 0,4% Fe, 0,1% - 0,45% Mn, 0,1% - 0,30% Mg, 0,1% - 0,6% Zn, 0,05% - 0,11% Ti, 0,4% - 0,8% Ni, 0,01% - 0,09% Sr, dan sisanya menjadi aluminium paduan apapun. Paduan ini memiliki karakteristik mesin yang sangat baik, memberikan permukaan halus secara signifikan, dan meningkatkan nilai produksi blok silinder. Biaya manufaktur blok silinder berkurang di sekitar 40% dibandingkan dengan menggunakan paduan komersial saat ini. sebelum yang memerlukan material besi sebagai bahan baku dinding liner. Unsur Si primer yang hadir secara substansial seragam tersebar, dan unsur tembaga tidak terpisah selama proses pengerasan dan pendinginan. Menurut Soleh Setiawan, 2006, pengaruh variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran terhadap tingkat kekerasan paduan aluminium silikon (Al-Si). Dengan variasi penambahan tembaga (Cu) maka akan mempengaruhi tingkat kekerasan paduan aluminium silikon (Al-Si) pada setiap jenis cetakan yang berbeda. Tingkat kekerasan yang optimal untuk paduan aluminium silikon (Al-Si)

yaitu pada penambahan tembaga 8% dengan jenis cetakan logam. Dari penelitian ini dapat dijadikan dasar pengembangan penelitian selanjutnya, yang relevan dengan masalah yang dibahas dalam penelitian ini. Disamping itu, sebagai bukti tingkat kekerasan logam paduan aluminium silikon (Al-Si) dipengaruhi oleh variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran. Dan juga masih banyak dipengaruhi variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran terhadap variable-variabel yang lain. Menurut Bondan T. Sofyan, Sari Susanti, dan Ridwan R. Yusfranto, 2008, paduan aluminium banyak dipakai pada aplikasi otomotif, karena berat jenisnya yang rendah dan ketahanan korosinya yang baik. Karena alasan ekonomis, proses pengecoran produk otomotif selalu memakai *scrap* dalam komposisi yang cukup besar, yang mengakibatkan fluktuasi kandungan unsur paduan, seperti antara lain Zn. Studi ini mempelajari peran Zn sebesar 1 dan 9 wt. % di dalam proses pengerasan presipitasi paduan aluminium AA319. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Zn sebesar 1 dan 9 wt. % pada paduan AA319 meningkatkan kekerasan dan kekuatan.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Langkah-langkah Metode Penelitian

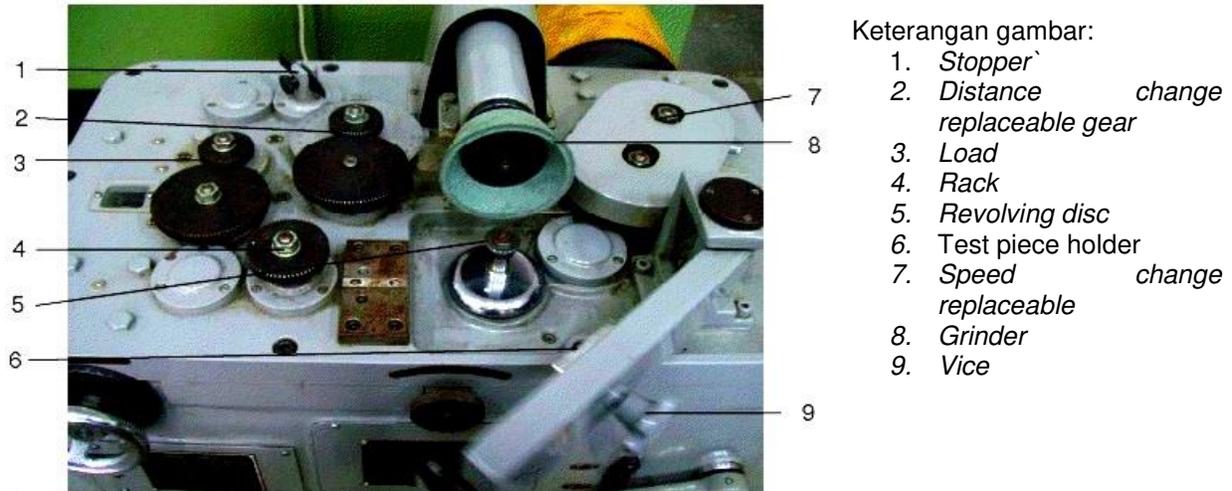
Dari hasil pengujian akan dianalisa dan dibahas berdasarkan hubungan terhadap komposisi kimia, kekerasan, keausan dan struktur mikro. Maka proses analisa akan dimulai dari pengumpulan data dari spesimen yang akan diuji, agar mempermudah melakukan proses penelitian maka terlebih dahulu dibuat diagram alir (*Flow Chart*) sebagai acuan untuk melakukan proses pengujian sampai analisa data.



### 3.1.Persiapan Pengujian

#### 3.1.1 Pengujian Keausan

Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui laju keausan yang terjadi terhadap beban yang diperoleh dari mesin pengujian keausan, sehingga akan diperoleh nilai laju keausan yang berbeda sehingga dapat dibandingkan nilai laju keausannya.



Gambar 1. Alat Pengujian Keausan (M. Awaludin, 2012)

Metode yang digunakan adalah metode *ogoshi*, dimana specimen uji menerima beban gesek dan cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan *revolving disc* dengan sample uji secara berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan sample uji. Besar jejak gesekan pada sample uji itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat laju keausan pada sample uji.

Dalam penerapan metode ini memerlukan beberapa tahap yang harus dilakukan dengan baik sebelum, sedang berlangsung maupun setelah proses selesai. Berikut ini yang harus dipersiapkan sebelum pengujian keausan dilakukan:

1. Lembar data pengujian.
2. Alat untuk menghitung (kalkulator)
3. Alat tulis menulis.
4. Spesimen material atau bahan sesuai dengan standart pengujian yang dilakukan.

#### 3.1.2 Pengujian *Metalografi* (Struktur Mikro)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari bentuk struktur mikro dari logam, termasuk didalamnya besar butiran dan arah struktur dari benda uji menggunakan *mikroskop optik* dengan pembesaran 500× dan 800×. Struktur mikro tersebut sangat menentukan sifat mekanis logam uji. Metode pengujian metalografi ini memerlukan persiapan yang cukup teliti dan cermat, agar dapat diperoleh hasil pengujian yang baik. Oleh sebab itu perlu dilakukan beberapa proses pengerjaan pada benda uji yang akan diamati.



Gambar 2. Alat Pengamatan *Metalografi* (M. Awaludin, 2012)

#### 4. DATA DAN ANALISA PENGUJIAN

##### 4.1. Data Hasil Uji Komposisi Kimia

Data hasil uji komposisi kimia blok silinder liner Al-Si menggunakan *SPARK OES*, komposisi kimianya dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia

<u>Unsur</u> <i>Element</i>	<u>Kadar %</u> <i>Centent%</i>
Si	13,898
Fe	1,400
Cu	6,993
Mn	0,411
Mg	0,279
Zn	0,730
Ni	0,267
Sn	0,861
Al	76,140

Berdasarkan pada hasil pengujian komposisi kimia pada benda uji blok silinder liner Al-Si diketahui bahwa memang kandung unsur yang banyak dipakai adalah Al 76.140% dan Si 13.898%, Tetapi melihat hasil dari pengujian tersebut ada kandung unsur tambahan yang persentasenya tidak jauh dari kandungan unsur Si, yaitu Cu 6,993% dan Sn 0.861.

Dari hasil pengujian komposisi kimia didapat Blok Silinder liner Al-Si memiliki kadar silikon diata <12,6% maka fasa yang terbentuk ialah fasa *Hipereutektik*. Berdasarkan data *ASM Internasional (2004)*, dalam paduan Al-Si terdapat 3 fasa yang terjadi yaitu:

1. *Hipoeutektik* = terdapat kandungan silikon <12,2%.
2. *Eutektik* = terdapat kandungan silikon sekitar 12,2% sampai 12,6%.
3. *Hipereutektik* = terdapat kandungan silikon >12,6%.

Biasanya, selain mengandung sekitar 20% silikon, paduan ini juga mengandung tembaga (>3%) dan magnesium (>0,5%) untuk meningkatkan kekerasan paduan dan kekuatan dalam kondisi perlakuan panas melalui pengendapan  $\text{Cu}_2\text{Al}$  dan  $\text{Mg}_2\text{Si}$  fase. Selain itu, fosfor (>0,01%) ditambahkan untuk membantu mencapai ukuran seragam, bentuk, dan distribusi kristal silikon primer bernukleus oleh partikel  $\text{AlP}_3$  selama pembekuan. Silinder blok paduan ini memiliki kombinasi yang baik dari ketahanan aus, konduktivitas termal, dan kepadatan yang rendah. Secara khusus, konsentrasi silikon lebih tinggi (>4% lebih dari pada konvensional 390 alloy) meminimalkan ekspansi termal sekaligus meningkatkan termal konduktivitas, sehingga meningkatkan kinerja mesin pendingin. Pengujian pada mesin yang sebenarnya mengungkapkan bahwa suhu permukaan blok silinder liner mengalami penurunan sebesar  $30^\circ\text{C}$ , dan konsumsi bahan bakar berkurang setengah dibandingkan dengan besi berlapis aluminium silinder. (W. Kasprzak, dkk, 2010)

#### 4.2 Data Hasil Uji Kekerasan (*Brinell*)

Uji kekerasan *Brinell* dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas serta variasi pendinginan terhadap nilai kekerasan dan spesimen asli yang diuji. Prinsip pengujian *Brinell* adalah permukaan spesimen ditekan dengan penetrator bola baja dengan diameter 2,5 mm, beban dan waktu pembebanan tertentu.



Gambar 3. Pengujian Kekerasan (*Brinell*) 10 Titik pada Blok Silinder Liner Al-Si

Dari hasil pengujian kekerasan *brinell* setelah diambil 10 titik penekan menggunakan bola baja 2.5 mm dengan beban penekanan 62,5 kgf dapat diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Kode Sampel	No Uji	Kekerasan Brinell (HB)	Keterangan
Blok Silinder Liner Al-Si	1	157,3	Pogram Kekerasan Brinell (HB :10) Indentor Bola Ø 2,5mm Beban 62,5 Kgf
	2	147,8	
	3	147,0	
	4	151,0	
	5	147,8	
	6	152,8	
	7	149,4	
	8	149,4	
	9	156,6	
	10	155,5	
Rata-rata		151,5	

Setelah mendapat hasil dari pengujian kekerasan diketahui bahwa jarak terdekat dari dinding liner mempunyai kekerasan lebih dibanding dengan jarak terjauh dari dinding liner blok. Hal ini dimaksudkan agar daerah dinding sekitar dinding mempunyai kekerasan yang lebih, agar lebih lama mengalami keausan, Gambar 4.3. Kekerasan daerah sekitar blok silinder dikarenakan adanya proses hardening presipitasi Al dan paduannya.

Pada pengujian kekerasan data hasil nilai kekerasan dengan metode brinell yang sudah dirata – ratakan pada benda uji yaitu blok silinder liner Al-Si sebesar 151,5 HB. Nilai Kekerasan ini cukup tinggi, dan mengingat tentang nilai rata-rata kekerasan yang didapat dan adanya proses hardening terhadap dinding liner blok silinder. Dua hal inilah yang sangat mempengaruhi tidak dapatnya blok liner silinder direparasi *over size* atau korter (pembesaran diameter liner silinder blok).

#### 4.3 Data Hasil Uji Keausan (*Ogoshi*)

Pengujian keausan yang telah dilakukan, bertujuan untuk mengetahui nilai ketahanan terhadap keausan dari material tersebut. Besar laju keausan menentukan ketahanan aus material tersebut. Semakin kecil nilai laju keausan material, maka semakin besar ketahanan aus material tersebut. Sebaliknya, semakin besar nilai laju keausan, maka semakin rendah ketahanan aus material tersebut. Nilai rata-rata keausan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Rata-rata Keausan (*Ogoshi*) pada Blok Silinder Liner Al-Si

Kode Sampel	Lebar Jejak Rata-rata (b) [mm]	Tebal Cincin (B) [mm]	Diameter Cincin (d) [mm]	Beban (P) [Kg]	Jarak Luncur (x) [m]	Kecepatan [m/s]	Spesifik Abrasi [mm <sup>3</sup> /mm]
1	3,08	3	30	12,64	400	1,96	$1,2134729 \times 10^{-6}$

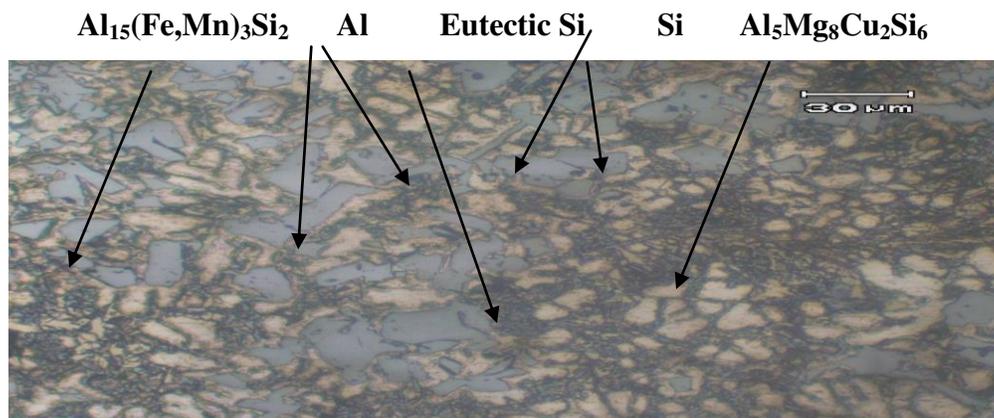
Hasil nilai spesifik abrasi  $1,2134729 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$  adalah nilai rata-rata dari 3 titik pengujian *ogoshi* yang telah dilakukan.

dari Tabel 4.3 menunjukkan nilai rata-rata keausan yang dimiliki blok silinder liner Al-Si sebesar  $1,2134729 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ . Pada dasarnya nilai keausan suatu material berbanding lurus dengan nilai kekerasan suatu material.

Keausan didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif, sedangkan kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan material terhadap gaya penekanan dari material yang lebih keras. Oleh sebab itu, semakin keras suatu material, maka semakin sulit pula terjadinya kehilangan material sebagai akibat pergerakan terhadap material. Hal ini berarti nilai keausan blok silinder liner Al-Si juga dipengaruhi unsur paduan aluminium.

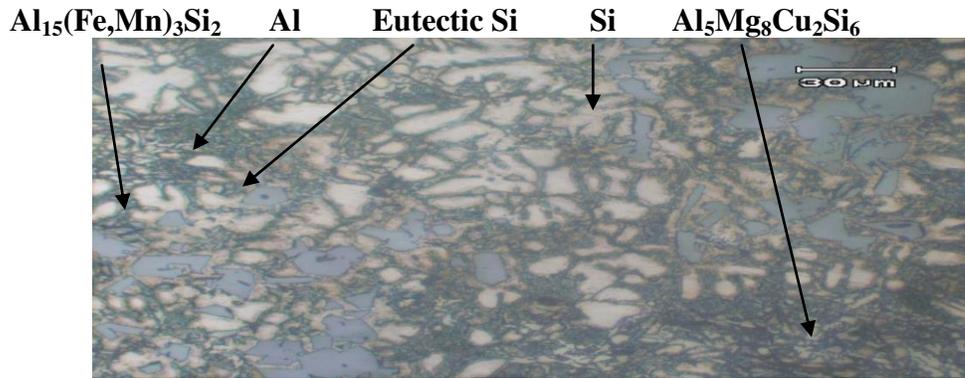
#### 4.4 Data Hasil Uji Struktur Mikro (Metalografi)

Pada pengujian struktur mikro adalah untuk mengetahui butiran-butiran yang terdapat pada cast piston dan forged piston yang sudah di etsa kellers reagent dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200 $\times$  dan 400 $\times$ .



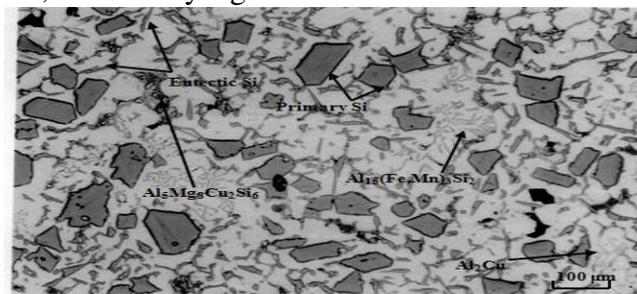
Gambar 4. Foto Struktur Mikro Blok Silinder Al-Si Searah Dinding Liner dengan Etsa *Kellers Reagent* Pembesaran 400 $\times$

Berdasarkan pengamatan foto struktur mikro pada blok silinder liner posisi searah dengan dinding liner diketahui bahwa terlihat yang (berwarna abu-abu) adalah matriks aluminium yang merupakan unsur utama pembentuk blok silinder liner Al-Si. Dan untuk yang (berwarna abu-abu gelap) adalah unsur paduan utama pada blok silinder liner Al-Si yaitu silikon.  $\text{Al}_{15}(\text{Fe},\text{Mn})_3\text{Si}_2$  (berwarna merah), terbentuk karena pemberian unsur silikon yang berlebihan sehingga sisa silikon yang tidak larut sebagian ada yang membentuk partikel bebas. Partikel bebas ini adalah fasa *eutectic* Si berbentuk jarum dan (berwarna abu-abu gelap), juga karena penambahan unsur Fe dapat meningkatkan ketahanan aus dan struktur  $\text{Al}_{15}(\text{Fe},\text{Mn})_3\text{Si}_2$  terbentuk karena adanya unsur Fe dan Mn kedalam paduan Al-Si.  $\text{Al}_5\text{Mg}_8\text{Cu}_2\text{Si}_6$  (berwarna hitam) karena dipengaruhi unsur Mg.



Gambar 5. Foto Struktur Mikro Blok Silinder Al-Si Tegak Lurus Dinding Liner dengan Etsa *Kellers Reagent* Pembesaran 400x.

Berdasarkan pengamatan foto struktur mikro pada blok silinder liner posisi tegak lurus dengan dinding liner diketahui unsur kimia yang terbentuk dan warna yang dihasilkan masih sama dengan posisi searah blok silinder liner. Pada foto struktur mikro blok silinder posisi tegak lurus penyebaran unsur silikon kurang merata bila dibandingkan dengan foto struktur mikro blok silinder liner posisi searah, hal inilah yang membedakan.



Gambar 6. Foto Struktur Mikro Fasa *hypereutectic* Al-Si (Guijun Xue, 2009)

Foto Struktur mikro blok silinder liner posisi searah dan tegak lurus dinding liner, setelah diamati dan dibandingkan foto struktur mikro Guijun Xue, 2009, memiliki perbedaan dimana pada foto struktur mikro yang telah dilakukan banyak terlihat unsur paduan  $Al_5Mg_8Cu_2Si_6$ .

Unsur Mg dalam paduan memiliki sifat yaitu menambahkan kekuatan dan daya lentur dan membantu proses rekristalisasi unsur Al. kalau sedikit Mg ditambahkan ke dalam Al, pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini di sebabkan karena senyawa  $Mg_2Si$  berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari system biner semu dengan Al. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibanding dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik untuk mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dsb, dan sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa. (Sumber Surdia T dan Shinroku Saito, 2012)

## 5.1.KESIMPULAN

1. Dari Hasil uji dan Struktur mikro dan komposisi kimia pada blok liner silinder bahan Al-Si terlihat bahwa penyebaran butir jumlah silikon tersebar merata. Serta mengandung unsur silikon <12,6 % dan menempatkannya pada fasa hypereutectic silikon dimana fasa ini memiliki sifat mekanis kehanan aus yang sangat baik.

2. Dari hasil pengujian kekerasan brinell dan keausan (ogoshi) didapat nilai rata-rata kekerasan sebesar 151.5 HB dan  $1,2134729 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ . Tingginya nilai kekerasan dikarenakan proses perlakuan panas didaerah dinding liner silinder yang menghasilkan presipitat yang cukup banyak sehingga bertindak sebagai penghalang dislokasi. Dan diketahui juga bahwa jarak terdekat dari dinding liner mempunyai kekerasan lebih dibanding dengan jarak terjauh dari dinding liner blok. Hal ini dimaksudkan agar daerah sekitar dinding liner blok Al-Si mempunyai ketahanan keausan yang tinggi, dan daerah terjauh dari dinding liner blok Al-Si dapat membantu melepas panas lebih cepat. Dari hasil pengujian kekerasan ini bisa dipastikan bahwa blok silinder Al-Si dapat dipaki dengan usia penggunaan yang cukup lama.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, ASM Handbook, 1993, *Forming and Forging*, Asm International, Material Park, 9th Edition Vol 14.
2. Anonim, ASM International, 2004, *All Rights Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys*, Atlas Microfractographs,
3. Anonim, ASTM International, 2009, *Casting design and performance*, ASTM International, material park.
4. Kasprzak, W, 2010, Energy-Efficient Tempers for Aluminum Motorcycle Cylinder Block.
5. Lenny, John Jr, 2011, Replacing the Cast Iron Liners for Aluminum Engine Cylinder Blocks: A Comparative Assessment of Potential Candidates.
6. Shankar. S dan Riddle Y.W, 2004, Eutectic Solidification of Aluminum-Silicon Alloys.
7. Surdia, T dan Shinroku Saito, 2012, Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta, PT Balai Pustaka.
8. Xue G, 2009, Tribological Studies of Eutectic Al-Si Alloys Used for Automotive Engine Blocks Subjected to Sliding Wear Damage.
9. Bondan T. Sofyan, Sari Susanti, dan Ridwan R. Yusfranto, 2008 Peran 1 dan 9 wt. % dalam proses pengerasan presipitasi paduan aluminium AA319, Vol 12 No. 1 Jurnal Teknologi, pp.48-54.
10. Valtierra G, 2008, Wear-Resistant Aluminum Alloy for Casting Engine Blocks with Linerless Cylinders. Patent Application Publication No. WO 2008/053363 A2.
11. <http://www.anneahira.com/komponen-mesin-sepeda-motor.htm>. diunduh 20 Maret 2014, pukul 14.04.
12. <http://anton-rivai.blogspot.com/2011/11/cylinder-liner.html>. diunduh 20 Maret 2014, pukul 15.55.
13. <http://proud2rideblog.com/2012/06/04/harga-diasil-silinder-lebih-murah-masak-sihhh/>. diunduh 21 Maret 2014, pukul 10.23.
14. <http://pubon.blogspot.com/2013/03/pengertian-cylinder-dan-cylinder-block.html>. diunduh 20 Maret 2014, pukul 12.37.
15. <http://ridertua.com/2012/06/17/cylinder-durability-diasil-scem-electrofussion-spiny-sleeve/>. diunduh 21 maret 2014, pukul 15.08.

