

PENGARUH VARIABLE WAKTU (AGING HEAT TREATMENT) TERHADAP PENINGKATAN KEKERASAN PERMUKAAN DAN STRUKTUR MIKRO KEPALA PISTON SEPEDA MOTOR HONDA VARIO

R. Bagus Suryasa Majanasastra¹⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Mesin - Universitas Islam 45 Bekasi

Email: bagus.suryasa@gmail.com

ABSTRAK

Konsumsi bensin Premium pada Honda Vario menimbulkan knocking dalam silinder mesin. Knocking adalah peristiwa pembakaran dalam motor bensin yang terlalu awal, sehingga menimbulkan ledakan luar biasa yang dapat merusak kepala piston sampai menjadi bolong. Untuk mencegah kerusakan tersebut kepala piston perlu ditingkatkan kekerasannya. Untuk meningkatkan kekerasan tsb, dalam penelitian ini digunakan metode aging heat treatment. Variasi waktu penahanan yang digunakan adalah 2 Jam, 4 Jam dan 5 Jam dengan temperatur 100 °C, 155 °C dan 200 °C. Dari penelitian ini diperoleh bahwa material Piston Honda Vario buatan Honda memiliki kekerasan sebesar 74 HrB dengan unsur Aluminium (Al) 83,65% dan Silikon (Si) 10,20%. Ternyata material skrap velg racing kendaraan roda empat yang dilebur tidak dapat didaur ulang secara langsung sebagai bahan baku pengecoran piston Honda Vario karena kandungan komposisi kimia unsur Silikon (Si) dibawah 8% berdasarkan standard AA 333.0. Penambahan aluminium alloy AC4B minimal 40% dalam skrap velg sebagai bahan baku pengecoran piston Honda Vario yang dapat meningkatkan kandungan unsur Silikon (Si) diatas 8%, yaitu 8,20%. Temperatur pengecoran yang menghasilkan kekerasan yang paling tinggi adalah temperatur pengecoran pada 730°C, dari ketiga temperatur pengecoran (690°C, 730°C, 770°C). Dengan proses perlakuan panas, kekerasan material piston Honda Vario berbahan baku 60% skrap velg + 40% AC4B meningkat, sehingga memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari kekerasan piston Honda Vario buatan Honda (74 HrB). Proses perlakuan panas aging yang menghasilkan peningkatan kekerasan terbesar adalah perlakuan panas dengan temperatur aging 155°C dengan waktu aging 2, 4 dan 5 jam. Perlakuan panas (artificial aging) menyebabkan perubahan bentuk struktur mikro piston Honda Vario berbahan baku 60% skrap velg dan 40% AC4B, baik pada temperatur pengecoran 690°C, 730°C dan 770°C.

Kata kunci : piston, kekerasan, aging heat treatment, struktur mikro

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang Masalah

Penggunaan bahan bakar Premium pada Honda Vario dapat menimbulkan peristiwa knocking dalam silinder mesin. Peristiwa knocking adalah peristiwa terbakarnya bahan bakar lebih awal dari waktu yang seharusnya, yaitu sebelum busi menyala. Hal ini dapat menimbulkan ledakan luar biasa yang merusak kepala piston hingga menjadi bolong dalam jangka panjang. Untuk mencegah kerusakan tersebut kepala piston perlu ditingkatkan kekerasannya dari yang sudah ada. Salah satu metode peningkatan kekerasan tersebut adalah dengan mengatur waktu penahanan pada proses Aging Heat Treatment. Variasi waktu penahanan yang digunakan adalah 2 Jam, 4 Jam dan 5 Jam pada temperatur Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C dan 200 °C. Setelah itu, untuk mengetahui perbedaan tingkat kekerasan, maka dilakukan uji kekerasan dengan Brinell Hardness (HrB) dan uji metallography untuk mengetahui struktur mikronya.

1.2. Perumusan Masalah

Peristiwa knocking pada motor bensin, dapat menyebabkan kerusakan kepala piston hingga bolong. Untuk mencegah kerusakan tersebut perlu dilakukan peningkatan kekerasan kepala piston. Proses *Aging Heat Treatment* dapat digunakan untuk meningkatkan kekerasan kepala piston.

1.3. Batasan Masalah

1. Bahan baku piston Honda Vario yang di uji adalah aluminium alloy dari skrap velg racing kendaraan roda empat dan AC4B
2. Pengecoran dilakukan pada temperatur pengecoran 690 °C, 730 °C dan 770 °C
3. Aging Heat Treatment dilakukan pada temperatur 100 °C , 155 °C dan 200 °C dan waktu penahanan 2 jam, 4 jam dan 5 jam

1.4 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan komposisi (rasio) bahan baku skrap velg racing kendaraan dan aluminium alloy AC4B yang memenuhi standard JIS A.333.0 untuk pembuatan piston Honda Vario.
2. Menghasilkan temperatur pengecoran yang optimal dalam pembuatan piston Honda Vario berbahan baku skrap velg racing dan AC4B
3. Menghasilkan temperatur dan waktu penahanan pada aging heat treatment yang optimal dalam peningkatan kekerasan piston Honda Vario berbahan baku skrap velg dan AC4B.

1.5 Manfaat Penelitian

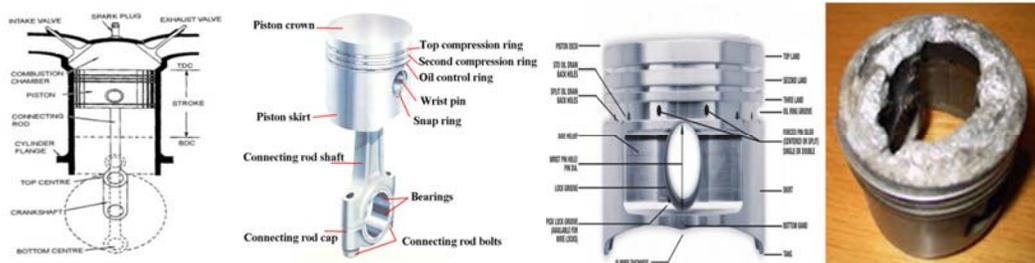
Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Sebagai bahan masukan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi material dan bagi industri-industri pengecoran dalam produksi piston berbahan baku skrap, tetapi dengan kualitas yang tinggi, yang memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi.
- b. Bermanfaat dalam usaha mendapatkan tingkat kekerasan paduan aluminium yang sesuai kebutuhan melalui variasi temperatur dan waktu penahanan *aging heat treatment*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Piston

Piston atau torak adalah komponen utama dalam motor bensin. Piston mengalami beban yang besar selama mesin hidup, yaitu mendapat tekanan tinggi saat melakukan langkah kompresi dan mendapat pemanasan tinggi dan tekanan tinggi saat pembakaran dan saat langkah kerja. Oleh karena itu, material yang dibutuhkan piston merupakan material dengan spesifikasi khusus, yaitu paduan Aluminium Silikon (Al-Sil). material ini dipilih karena memiliki kekuatan tinggi, koefisien muai rendah, dan juga memiliki daya tahan terhadap abrasi dan korosi.



(a) Piston dalam silinder (b) Bagian-bagian piston (c). Kepala Piston (d). Piston rusak akibat knocking
Gambar 2.1. Piston Motor Bakar Torak dan Piston yang rusak akibat knocking

Penyebab kerusakan piston adalah penggunaan bahan bakar yang tidak sesuai dengan rasio kompresi mesin, sehingga menyebabkan knocking. Penyebab lainnya adalah ke-ausnya piston, disebabkan oleh penggunaan oli mesin yang tidak terjaga mutu dan volumenya. Pada gambar 2.1. diperlihatkan berbagai piston.

2.2. Paduan Aluminium (*Aluminium Alloy*)

Aluminium adalah logam bukan besi yang pemakaiannya paling banyak di dunia, dimana pemakaiannya sekitar 24 juta ton/tahun. Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm^3 , dengan sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm^3), tembaga (8.93 g/cm^3) dan kuningan (8.53 g/cm^3), mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, memiliki kekuatan yang dapat ditingkatkan dan tahan terhadap korosi pada berbagai lingkungan, termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia. Metode yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kekuatan aluminium adalah dengan **Pengerasan Regang** dan **Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)**. Metode yang lain adalah dengan penambahan unsur-unsur lain ke dalam aluminium, antara lain tembaga, mangan, silisium, magnesium, seng, nikel dan lain-lain. Aluminium dengan penambahan unsur unsur lain ini disebut **Aluminium Alloy (Aluminium Paduan)**. Salah satu jenis Aluminium Alloy adalah Paduan Aluminium Silikon (Al-Sil).

Paduan Aluminium-Silikon (Al-Si) ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921. Paduan Al-Si yang telah diperlakukan panas dinamakan *Silumin*. Sifat-sifat *silumin* sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Paduan Al-Si umumnya dipakai dengan 0,15%–0,4% Mn dan 0,5 % Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan (solution heat treatment), quenching, dan aging dinamakan *Silumin* α , dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan *silumin* β . Paduan Al-Si yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas. Bahan paduan ini biasa dipakai untuk torak motor. (Tata & Saito, 1992).

2.3. Diagram Fase Paduan Aluminium-Silikon

Diagram fasa Paduan Aluminium-Silikon ditunjukkan pada Gambar 2.3. Diagram ini digunakan sebagai pedoman untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran paduan Al-Si. Kandungan silikon pada diagram fase Aluminium-Silikon ini terdiri dari 3 macam yaitu :

- Hipoeutectic yaitu apabila terdapat kandungan silikon < 11.7 % dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite (alpha) kaya aluminium, dengan struktur eutektik sbg tambahan.
- Eutectic yaitu apabila kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% sampai 12.2%. Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari cair ke padat).
- Hypereutectic yaitu apabila komposisi silikon diatas 12.2 % sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik yaitu: 1. Ketahanan aus paduan meningkat. 2. Ekspansi termal yang rendah. 3. Memiliki ketahanan retak panas (hot trearing) yang baik.

Kandungan silikon dalam paduannya berkisar antara 5 – 23 % wt. Strukturnya bisa hipoeutektik (1.65 – 12.6 wt % Si), eutektik (12.6 wt % Si), dan hipereutektik (> 12.6 wt % Si) tergantung dari persentase silikon dalam paduannya seperti pada Gambar 2.3. Dalam ketiga jenis paduan aluminium-silikon tuang ini (hipoeutektik, eutektik, hipereutektik) terdapat α -Al yang merupakan komposisi utama dari paduan Al-Si tuang. Paduan aluminium-silikon tuang paling sering ditemui dalam fasa hipoeutektik dan eutektik. Unsur silikon dalam paduan tersebut dapat meningkatkan ketahanan korosi dan aus, meningkatkan karakteristik casting dan machining pada paduan.

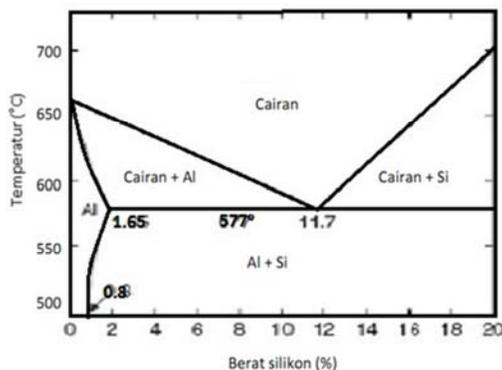
Fungsi lain dari unsur silikon dapat mereduksi koefisien ekspansi termal dari paduan Aluminium. Selama pemanasan terjadi, pemuai volume paduan tidak terlalu besar. Hal ini akan menjadi sangat penting saat proses pendinginan dimana akan terjadi penyusutan volume paduan Aluminium (ASM International, 1993).

2.4. Perlakuan Panas (Heat Treatment)

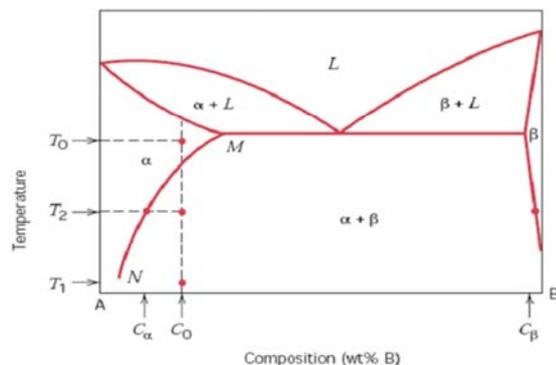
Salah satu cara perlakuan panas pada logam paduan aluminium adalah dengan penuaan keras (age hardening). Melalui penuaan keras, logam paduan aluminium akan memperoleh kekuatan dan kekerasan yang lebih baik. Istilah penuaan keras (age hardening) telah dibakukan dari istilah istiah sebelumnya yang sering digunakan misalnya pemuliaan atau penemperan keras. Pada paduan aluminium, *age hardening* dibedakan atas *age hardening* dalam keadaan dingin dan *age hardening* dalam keadaan panas. Penuaan keras (*age hardening*) berlangsung dalam tiga tahap yaitu:

a. Tahap Perlakuan Panas Pelarutan (Solution Heat Treatment)

Tahap pertama dalam proses age hardening yaitu solution heat treatment atau perlakuan panas pelarutan. Solution heat treatment yaitu pemanasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur 550°C-560° C dan dilakukan penahanan atau holding sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja (Schonmetz, 1990). pada tahap solution heat treatment terjadi pelarutan fasa-fasa yang ada, menjadi larutan padat. Tujuan dari solution heat treatment itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen. Proses solution heat treatment dapat dijelaskan dalam gambar 2.3 dimana logam paduan aluminium pertama kali dipanaskan dalam dapur pemanas hingga mencapai temperatur T1. Pada temperatur T1 fase logam paduan aluminium akan berupa kristal campuran α dalam larutan padat. Pada temperatur T1 tsb. pemanasan ditahan beberapa saat agar didapat larutan padat yang mendekati homogen.



Gambar 2.2 Diagram fasa Al-Si



Gambar 2.3. Diagram fase pemanasan logam paduan

b. Tahap Pengejukan Pendinginan (Quenching)

Quenching dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Pendingin dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (505° C) ke temperatur

yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan quenching adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada solution heat treatment dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Pada tahap quenching akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution*) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. Pada proses quenching tidak hanya menyebabkan atom terlarut tetap ada dalam larutan, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom tetap besar. Adanya kekosongan atom dalam jumlah besar dapat membantu proses difusi atom pada temperatur ruang untuk membentuk **Zona-Guinier-Preston (Zona GP)**. Zona Guinier-Preston (Zona GP) adalah kondisi didalam paduan dimana terdapat agregasi atom padat atau pengelompokan atom padat. (Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1992).

c. Tahap Penuaan (Aging).

Setelah solution heat treatment dan quenching tahap selanjutnya dalam proses age hardening adalah aging atau penuaan. Perubahan sifat-sifat dengan berjalanya waktu pada umumnya dinamakan aging atau penuaan. Aging atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (natural aging) dan penuaan buatan (artificial aging).

Penuaan alami (natural aging) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di age hardening dalam keadaan dingin. Natural aging berlangsung pada temperatur ruang antara 15°C - 25°C dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Penuaan buatan (artificial aging) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di age hardening dalam keadaan panas. Artificial aging berlangsung pada temperatur antara 100°C - 200°C dan dengan lamanya waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam. (Schonmetz, 1990).

Pada tahap artificial aging dalam proses age hardening dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses age hardening. Salah satu variasi tersebut adalah variasi temperatur artificial aging. Temperatur artificial aging dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan paduan aluminium (150°C), di bawah temperatur pengkristalan atau di atas temperatur pengkristalan logam paduan aluminium. (Schonmetz, 1990). Penuaan buatan (artificial aging) berlangsung pada suhu antara 100°C - 200°C .

Pengambilan temperatur artificial aging pada temperatur antara 100°C - 200°C akan berpengaruh pada tingkat kekerasan sebab pada proses artificial aging akan terjadi perubahan-perubahan fasa atau struktur. Perubahan fasa tersebut akan memberikan sumbangan terhadap pengerasan. Urut-urutan perubahan fasa dalam proses artificial aging adalah sebagai berikut :

(a). Larutan Padat Lewat Jenuh (*Super Saturated Solid Solution α*)

Setelah paduan aluminium melawati tahap solution heat treatment dan quenching maka akan didapatkan larutan padat lewat jenuh pada temperatur kamar. Pada kondisi ini secara simultan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Setelah pendinginan atau quenching, maka logam paduan aluminium menjadi lunak jika dibandingkan dengan kondisi awalnya.

(b). Zona [GP 1]

Zona [GP 1] adalah zona presipitasi yang terbentuk oleh temperatur penuaan atau aging yang rendah dan dibentuk oleh segregasi atom Cu dalam larutan padat lewat jenuh atau *super saturated solid solution α* . (Smith, 1995) Zona [GP 1] akan muncul pada tahap mula atau awal dari proses artificial aging. Zona ini terbentuk ketika temperatur artificial aging dibawah 100°C atau mulai temperatur ruang hingga temperatur 100°C dan Zona [GP 1] tidak akan terbentuk pada temperatur artificial aging yang terlalu tinggi. Terbentuknya Zona [GP 1] akan mulai dapat meningkatkan kekerasan logam paduan aluminium (Smith, 1995). Jika artificial aging ditetapkan pada temperatur 100°C , maka tahap perubahan fasa hanya sampai terbentuknya zona [GP 1] saja. Proses pengerasan dari larutan padat lewat jenuh sampai terbentuknya zona [GP 1] biasa disebut dengan pengerasan tahap pertama.

(c). Zona [GP 2] atau Fasa Θ''

Setelah temperatur artificial aging melewati 100°C ke atas, maka akan mulai muncul fasa Θ'' atau zona [GP 2]. Pada temperatur 130°C akan terbentuk zona [GP2] dan apabila waktu penahanan artificial agingnya terpenuhi maka akan didapatkan tingkat kekerasan yang optimal (Smith, 1995). Biasanya proses artificial aging berhenti ketika sampai terbentuknya zona [GP 2] dan terbentuknya fasa antara yang halus (presipitasi Θ''), karena setelah melewati zona [GP 2] maka paduan akan kembali menjadi lunak kembali. Jika proses artificial aging berlangsung sampai terbentuknya fasa Θ'' atau zona [GP 2], maka disebut dengan pengerasan tahap kedua. Gambar 2.5. menunjukkan terbentuknya kembali fasa keseimbangan pada proses aging aluminium-tembaga (Al-Cu) sehingga paduan akan kembali ke fasa awal yaitu θ .

(d). Fasa Θ'

Kalau paduan aluminium dinaikan temperatur aging atau waktu aging diperpanjang tetapi temperaturnya tetap, maka akan terbentuk presipitasi dengan struktur kristal yang teratur yang berbeda dengan fasa Θ' . Fasa

ini dinamakan fasa antara atau fasa Θ' . Terbentuknya fasa Θ' ini masih dapat memberikan sumbangan terhadap peningkatan kekerasan pada paduan aluminium. Peningkatan kekerasan yang terjadi pada fasa Θ' ini berjalan sangat lambat.

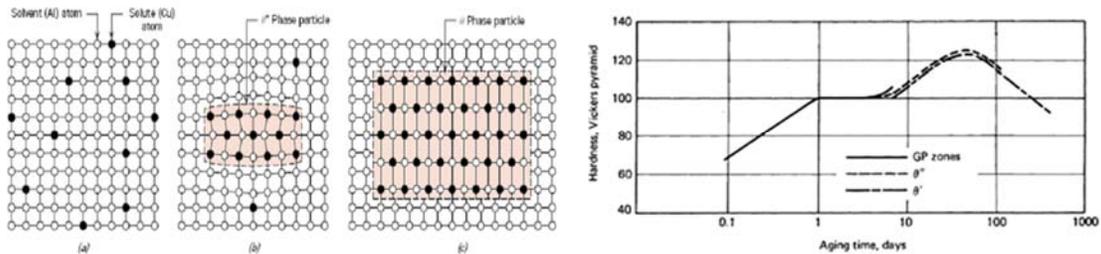
(e). Fasa Θ

Apabila temperatur dinaikan atau waktu penuaan diperpanjang, maka fasa Θ' berubah menjadi fasa Θ . Jika fasa Θ terbentuk maka akan menyebabkan paduan aluminium kembali menjadi lunak. Sementara waktu penahanan dalam artificial aging merupakan salah satu komponen yang dapat mempengaruhi hasil dari proses age hardening secara keseluruhan. Seperti halnya temperatur, waktu penahanan pada tahap artificial aging akan mempengaruhi perubahan struktur atau perubahan fasa paduan aluminium. Sehingga pemilihan waktu penahan artificial aging harus dilakukan dengan hati-hati.



Gambar 2.4. Urut-urutan perubahan fasa dalam proses artificial aging

Hubungan antara waktu (aging) dengan kekerasan paduan aluminium diawali oleh proses perubahan fasa yang terbentuk pada proses precipitation hardening dimana fasa berawal dari supersaturated solute solution, setelah proses quenching. Kemudian paduan akan mengalami penuaan atau munculnya presipitat baru seiring bertambahnya waktu, Hubungan antara waktu (aging) dengan kekerasan dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 2.5. :

(a) supersaturated solute solution, (b) fasa Θ'' mulai terbentuk precipitate (Al-Cu), (c) fasa keseimbangan Θ Al-Cu

Gambar 3.6. : Waktu (aging) Versus Kekuatan dan Kekerasan Paduan Aluminium (Smith, 1995).

Dalam kurva penuaan tersebut, pada awal-awal tahap artificial aging struktur atau fasanya masih berupa larutan padat lewat jenuh (Super Saturated Solid Solution). Seiring dengan penambahan waktu penuaan atau ketika penuaan sampai di daerah under aged, maka mulai terbentuk zona presipitat zona [GP 1] dan paduan aluminium menjadi agak kuat dan keras. Ketika waktu aging ditambah lagi maka akan masuk dalam daerah peak aged. Pada daerah peak aged presipitat mengumpul atau mulai terbentuk zona [GP2] dan fasa antara yang halus (fasa Θ'). Jika fasa-fasa tersebut mulai terbentuk maka akan didapatkan tingkat kekerasan dan kekuatan logam paduan aluminium yang optimal. Apabila setelah mencapai peak aged (puncak penuaan) waktu artificial aging masih ditambah lagi maka akan masuk dalam daerah over aged. Pada daerah over aged ini akan didapatkan fasa Θ , jika fasa Θ ini terbentuk maka akan menyebabkan paduan aluminium menjadi lunak kembali dan berkurang kekerasannya (Smith, 1995).

2.6. Penelitian Yang Relevan

Chiang (2009), Pengaruh kekerasan pada *precipitation hardening* pada paduan aluminium A.6061 dengan perlakuan T6 dengan angka kekerasannya hingga mencapai 121 HV pada temperatur aging 185°C, Ramli (2000), Perlakuan aging pada temperatur 210°C paduan aluminium A6061 nilai kekerasan maksimum terjadi pada waktu aging 4 jam dengan kenaikan rata-rata 4%. Soejono,dkk (2002), Penelitian tentang pengaruh tekanan dan temperatur die proses squeeze casting terhadap kekerasan dan struktur mikro pada material piston komersial bekas, yang dapat memperbaiki kekerasan sebesar 5,29% setelah dilakukan perlakuan panas T6. Tan Fai, (2009), Pengaruh *Precipitation* pada proses perlakuan panas terhadap kekuatan mekanik paduan aluminium A.6061-T6 dengan temperatur aging 195°C angka kekerasannya 195 HV. Wittaya, (2008), Pengaruh solution treatment pada mikrostruktur dan sifat-sifat mekanik paduan Al12Si-1,5Cu-Ni-Mg dengan memvariasikan perlakuan T5 dan T6 dengan kekerasan 96 dan 106 HB. Zeren,(2008), Pengaruh heat treatment pada paduan aluminium bahan baku piston, temperatur solution treatment 500°C ($\pm 10^{\circ}C$) waktu tahan 5 jam, dilanjutkan perlakuan aging dengan temperatur 180 °C ($\pm 10^{\circ}C$) waktu tahan 9 jam mampu menaikkan angka kekerasannya hingga 65%.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Material Penelitian

3.1.1 Piston Honda Vario Buatan Pabrik Honda

Pemilihan Piston Honda Vario Buatan Pabrik Honda bertujuan untuk mendapatkan data pembandingan.



Gbr 3.1 Piston Honda Vario Buatan Pabrik Honda & Spesifikasi; 3.2 Skrap Velg ; 3.3 Paduan Aluminium AC4B;

3.1.2 Paduan Aluminium Skrap Velg Racing sebagai Bahan Baku Peleburan

Velg racing bekas atau sering disebut skrap velg racing, dari bahan aluminium akan digunakan sebagai salah satu bahan baku pembuatan piston Honda Vario.

3.1.3 AC4B (Paduan Al-Si) sebagai Bahan Baku Tambahan Dalam Peleburan

Penambahan AC4B atau paduan Al-Si seperti pada gambar 3.3 digunakan untuk meningkatkan kualitas piston berbahan baku skrap velg racing. Perusahaan “Manaksia Aluminium Company Limited” memproduksi paduan aluminim AC4B untuk bahan baku industri.

3.2. Peralatan Penelitian

3.2.1. Cetakan Piston Honda

Cetakan piston dibuat dari baja karbon rendah yang digunakan dengan cara penuangan material logam

3.2.2 Dapur Peleburan (Furnace Chamber)

Furnace Chamber ini digunakan untuk melakukan peleburan bahan baku yaitu skrap velg dan material AC4B hingga mencair. Disamping itu *Furnace Chamber* ini digunakan untuk perlakuan panas pada specimen percobaan. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut :

a). Temperatur alat 30–1000 °C, b). Waktu penundaan 0–10000 menit, c). Milik Lab. Mesin Unisma Bekasi



Gbr 3.4. Cetakan Piston, Gbr 3.3a. *Furnace Chamber*, Gbr 3.3b. Saat menyala, Gbr. 3.4 Brinell Hardness Tester

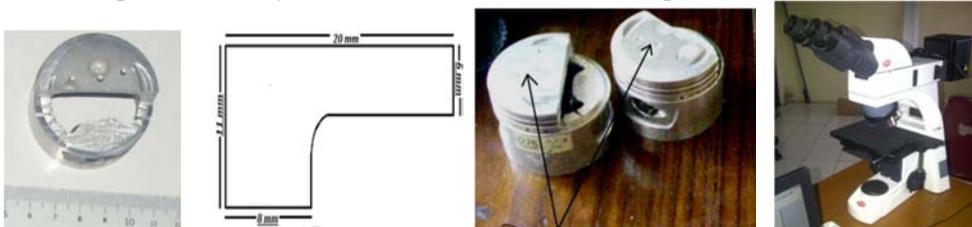
3.2.3 Alat Uji Kekerasan

Uji kekerasan digunakan *Brinell Hardness Tester*, bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (bola baja) yang ditekankan terhadap permukaan material uji

3.2.4 Alat Uji Sifat Mekanis dan Struktur Mikro

a. Spesimen Uji, Piston di potong membentuk specimen uji struktur mikro, kekerasan, komposisi kimia.

b. Mikroskop Elektronik, digunakan untuk melihat struktur mikro, pembesaran 1000 x



Gbr 3.5. Piston Honda Vario dipotong menjadi Spesimen Uji, Titik Uji Kekerasan dan Mikroskop Elektronik

3.3. Tahapan Penelitian

Tahap 1 : Studi Pustaka tentang AL-Si dan piston Honda Vario 110 cc

Tahap 2 : Karakterisasi piston “Honda Vario” buatan Honda (Uji Komposisi Kimia, Kekerasan, Struktur Mikro)

Tahap 3 : Pembuatan Cetakan Piston “Honda Vario”

Tahap 4 : Peleburan, Pencetakan Piston Honda Vario Berbahan Baku Skrap Velg dan Karakterisasi

Tahap 5: Peleburan dan pengecoran piston Honda Vario berbahan baku skrap velg + aluminium alloy AC4B 20%, 40 %, 60% dan 80% dan temperatur pengecoran 690 °C, 730 °C dan 770 °C

Tahap 6 : Karakterisasi dilakukan terhadap seluruh Piston Honda Vario hasil pengecoran

Tahap 7 : Penentuan Komposisi Bahan Baku Skrap Velg dan AC4B

Tahap 8 : Penentuan Jenis Standard Paduan Aluminium pada material piston hasil pengecoran

Tahap 9 : Menentukan Jenis Perlakuan Panas Piston Honda Vario Berbahan baku Skrap Velg + AC4B, menurut ASM Metal HandBook Vol.4 Pada Paduan Aluminium Type A.333.0

Tahap 10 : Proses Perlakuan Panas

Tahap perlakuan panas terdiri dari berbagai proses yaitu :

1. **Proses Solution Heat Treatment** yaitu memanaskan specimen pada temperatur 505°C dengan waktu tahan 12 jam (ASM vol. 4)
2. **Proses Quenching** yaitu mendinginkan dengan cepat specimen yang telah dipanaskan dengan media air temperatur 65-100°C selama 10–20 detik (ASM vol.4)
3. **Proses Aging** yaitu memanaskan kembali specimen dengan memvariasikan temperatur (100°C, 155 °C dan 200 °C) serta waktu tahan yang bervariasi yaitu 2, 4 dan 5 jam. Variasi temperatur aging dan waktu tahan seperti dalam Table 3.7
4. **Proses Pendinginan Udara** specimen yang telah di aging

Tahap 11: Karakterisasi material piston Honda Vario berbahan baku skrap Velg+AC4B yang telah mendapat perlakuan panas. Tujuan dari karakterisasi ini adalah mengetahui karakter material yang telah mengalami perlakuan panas dengan pengujian kekerasan dan sruktur mikro.

Tahap 12: Studi banding karakteristik piston Honda Vario buatan Honda dengan piston Honda Vario berbahan Baku Skrap Velg+AC4B yang telah mendapat perlakuan panas.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Piston Honda Vario Buatan Honda

Piston Honda Vario buatan Honda dilakukan Uji Kekerasan, Komposisi dan Struktur Mikro. Hasilnya sbb :

4.1.1 Kekerasan Material Piston Honda Vario Buatan Honda

Tabel 4.1.1 Hasil Uji Kekerasan Material Piston Honda Vario Buatan Honda

Pengujian ke	Kekerasan (Hr.B)	(Hr- \bar{Hr})	(Hr- \bar{Hr}) ²
1	74.2	2.2	4.84
2	74.5	0.5	0.25
3	73.5	0.5	0.25
4	75.0	1.0	1.00
5	72.8	1.2	1.44
Rata rata	74.0	JUMLAH	7.78

$$\text{Kekerasan Rata}^2 = 74,0 \text{ Hr.B; Kesalahan Absolut } \delta = \sqrt{\frac{\sum(Hr-\bar{Hr})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{7.78}{5(5-1)}} = \sqrt{0.389} = 0,6237 \text{ Hr.B}$$

Jadi Kekerasan Piston Honda Vario Buatan Honda = **74 ± 0,6237 HrB**

4.1.2 Komposisi Kimia Material Piston Honda Vario Buatan Honda

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa material piston Honda Vario buatan Honda mempunyai komposisi utama unsur 84,19 % Aluminium (Al) dan 10,7% Silikon (Si).

Tabel 4.1.2. Hasil Uji Komposisi Kimia Piston Honda Buatan Honda

Unsur	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Sn	Ti	Ca
Komposisi %	83,650	10,200	0,495	0,975	0,046	1,21	0,0385	2,140	0,022	0,0678	0,0145

Berdasarkan pada hasil uji komposisi kimia tersebut, material piston Honda Vario buatan Honda dapat dikelompokkan kedalam material Aluminium type AA.333.0 (ASM Volume 15 : 1992) Dimana Aluminium Alloy AA.333.0 mempunyai komposisi kimia dan sifat mekanis sbb :

Tabel 4.1.3 Komposisi Kimia Aluminium Alloy Type A.333.0 (Standard AA) (ASM Metal HandBook Vol.4)

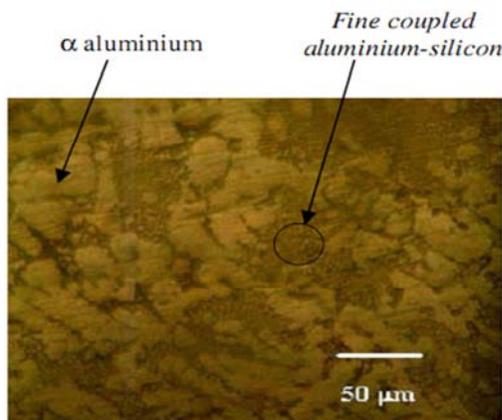
Standard	Nama	Komposisi (%)											Pengotor Lain	
		Al	Si	Cu	Ni	Fe	Mg	Mn	Ti	Cr	Sn	Pb		Zn
AA	333.0	Sisanya	8-10	3-4	≤0.5	≤1.0	0.03-0.5	≤0.5	≤0.25	-	-	-	≤1.0	≤0.5

Tabel 4.1.4 Sifat Mekanik Aluminium Alloy A.333.0

Alloy Standard	Temper	Ultimate Tensile Strength		0.2% Offset Yield Strength		Elongation in 50 mm (2 inch) %	Hardness	
		MPa	ksi	MPa	ksi		HB	Hr.B
A.333.0	T6	290	42	207	30	1.5	105	67

4.1.3 Struktur Mikro Material Piston Honda Vario Buatan Honda

Hasil uji struktur mikro pada material piston Honda Vario buatan Honda (Gambar 4.1.1.) menunjukkan bahwa unsur Silikon (Si) berbentuk seperti serpihan melebar dan memanjang, tersebar merata diantara aluminium (Al).



Gambar 4.1.1 Struktur mikro material piston sepeda motor buatan Honda

4.2 Pengaruh Penambahan Material Aluminium Alloy AC4B Terhadap Peningkatan Kekerasan Piston Honda Vario Berbahan Baku Skrap Velg

Tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah menambahkan material aluminium alloy type AC4B pada skrap velg yang ada. Dengan penambahan aluminium alloy AC4B ini diharapkan dapat meningkatkan kandungan unsur Silikon (Si) hingga mencapai minimal 8% , sesuai komposisi kimia standard aluminium paduan A.333.0. Komposisi kimia piston Honda Vario berbahan baku skrap velg dan penambahan aluminium alloy AC4B dalam peleburan dan pengecoran ini adalah dalam Tabel 4.3.1 berikut ini :

Tabel 4.3.1. Komposisi Kimia Aluminium Alloy AC4B (Dalam %)

Material	AL	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Cr	Pb	Sn	Ti
AC4B	84,70	10,74	0,83	2,06	0,23	0,25	0,91	0,06	0,03	0,12	0,03	0,03

Setelah terbentuk piston selanjutnya dilakukan pembuatan spesimen untuk keperluan pengujian-pengujian guna mendapatkan data-data tentang komposisi kimia, kekerasan, dan struktur mikro.

4.2.1 Komposisi Kimia Material Piston Honda Vario Berbahan Baku Skrap Velg dengan Penambahan Aluminium Alloy AC4B

Hasil pengujian komposisi kimia terhadap material piston berbahan baku Skrap Velg dengan penambahan aluminium paduan AC4B dapat dilihat pada Tabel 4.3.1.

Tabel 4.2.1. Hasil Uji Komposisi Kimia Piston Honda Vario Berbahan Baku Skrap Velg & AC4B

Komposisi Material		Komposisi Kimia (Dalam %)										
SkrapVelg	AC4B	AL	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti
80%	20%	87,75	7,15	0,77	1,42	0,359	0,360	0,037	0,004	1,20	0,008	0,049
60%	40%	85,26	8,20	0,89	1,36	0,352	0,456	0,065	0,665	0,89	0,033	0,031
40%	60%	84,00	8,90	0,72	0,98	0,159	0,925	0,041	1,703	0,42	0,028	0,054
20%	80%	83,10	9,20	0,76	1,12	0,098	1,358	0,022	4,145	0,11	0,035	0,042

Berdasarkan Tabel 4.3.1.1. terilustrasi bahwa penambahan material Aluminium Alloy AC4B dalam peleburan dan pengecoran akan meningkatkan jumlah Si dalam Piston Honda Vario berbahan baku skrap ini. **Jumlah Si minimal 8% terpenuhi sesuai standard A.333.0. pada saat penambahan material AC4B diatas 40 %, yaitu diperoleh Si sebesar 8,20%.**

4.3. Peningkatan Kekerasan Piston Honda Vario Berbahan Baku 60% Skrap Velg + 40 % AC4B Dengan Aging Heat Treatment (Perlakuan Panas Aging)

Berdasarkan hasil uji komposisi kimia, material bahan baku piston dari 60% Skrap Velg dan 40% AC4B, masuk dalam kategori Aluminium Alloy A.333.0. Sedangkan untuk Aluminium Alloy A.333.0 mempunyai standar perlakuan panas seperti terlihat pada Tabel 4.4.1.

Tabel 4.3.1. Standart Perlakuan Panas Paduan A.333.0 (ASM Volume 15)

Alloy	Temper	Type of Casting	Solution Heat Treatment			Aging Treatment		
			Temperatur		Time	Temperatur		Time
			^o C	^o F	(h)	^o C	^o F	(h)
333.0	T6	P	505	950	6-12	155	310	2-5

4.3.1. Aging Heat Treatment (Perlakuan Panas Aging) Piston Honda Vario Berbahan Baku 60% Skrap Velg & 40%AC4B

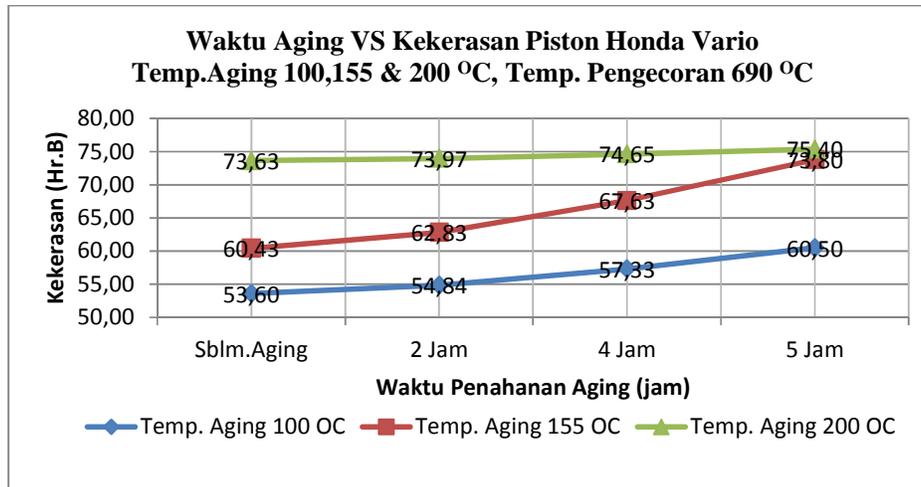
4.3.1.1. Uji Kekerasan Piston Berbahan Baku 60% Skrap Velg dan 40% AC4B Hasil Proses Perlakuan Panas Aging

Hasil Uji kekerasan piston berbahan baku 60% Skrap Velg dan 40% AC4B setelah proses perlakuan panas aging dengan variasi temperatur dan waktu aging, diperoleh hasil sbb :

Tabel 4.3.2.1 Hasil Uji Kekerasan Piston Berbahan Baku 60% Skrap Velg dan 40% AC4B Dengan Temperatur

Pengecoran 690 °C, Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C, 200 °C

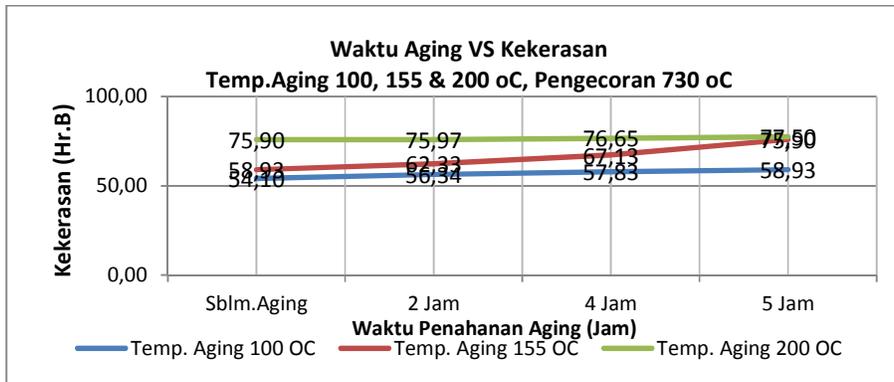
Temperatur Pengecoran 690 °C					Pertambahan Kekerasan
Temp. Aging	Sblm.Aging	2 Jam	4 Jam	5 Jam	
Temp. Aging 100 °C	53,60	54,84	57,33	60,50	6,90
Temp. Aging 155 °C	60,43	62,83	67,63	73,80	13,37
Temp. Aging 200 °C	73,63	73,97	74,65	75,40	1,77



Gambar 4.3.2.1a Grafik Waktu Aging VS Kekerasan Piston 60% Skrap Velg & 40% AC4B Dengan Temperatur Pengecoran 690 °C dan Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C, 200 °C

Tabel 4.3.2.2 Hasil Uji Kekerasan Piston Berbahan Baku 60% Skrap Velg dan 40% AC4B Dengan Temperatur Pengecoran 730 °C Setelah Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C, 200 °C

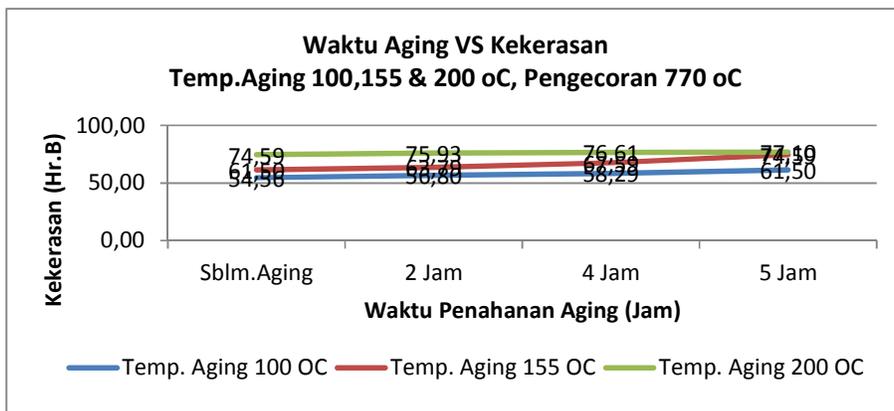
Temperatur Pengecoran 730 °C					Pertambahan Kekerasan
Temp. Aging	Sblm.Aging	2 Jam	4 Jam	5 Jam	
Temp. Aging 100 °C	54,10	56,34	57,83	58,93	4,83
Temp. Aging 155 °C	58,93	62,33	67,13	75,90	16,97
Temp. Aging 200 °C	75,90	75,97	76,65	77,50	1,60



Gambar 4.3.2.2a Grafik Waktu Aging VS Kekerasan Piston 60% Skrap Velg & 40% AC4B Dengan Temperatur Pengecoran 730 °C dan Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C, 200 °C

Tabel 4.3.2.3 Hasil Uji Kekerasan Piston Berbahan Baku 60% Skrap Velg dan 40% AC4B Dengan Temperatur Pengecoran 770 °C, Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C, 200 °C

Temperatur Pengecoran 750 °C					Pertambahan Kekerasan
Temp. Aging	Sblm.Aging	2 Jam	4 Jam	5 Jam	
Temp. Aging 100 °C	54,56	56,80	58,29	61,50	6,94
Temp. Aging 155 °C	61,50	63,79	67,59	74,59	13,09
Temp. Aging 200 °C	74,59	75,93	76,61	77,10	2,51



Gambar 4.3.2.3a Grafik Waktu Aging VS Kekerasan Piston 60% Skrap Velg & 40% AC4B Dengan Temperatur Pengecoran 770 °C dan Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C, 200 °C

Tabel 4.3.2.4 Hasil Uji Kekerasan Piston Berbahan Baku 60% Skrap Velg dan 40% AC4B Temperatur Pengecoran 690 °C, 730 °C, 770 °C, Aging Heat Treatment 100 °C, 155 °C, 200 °C

Temperatur Pengecoran (°C)	Kekerasan Sblm Perlakuan Panas (HrB)	Kekerasan Sesudah Perlakuan Panas									Peningkatan Kekerasan (HrB)
		Temp. & Waktu Aging			Temp. & Waktu Aging			Temp. & Waktu Aging			
		100 °C 2 Jam	100 °C 4 Jam	100 °C 5 Jam	155 °C 2 Jam	155 °C 4 Jam	155 °C 5 Jam	200 °C 2 Jam	200 °C 4 Jam	200 °C 5 Jam	
690	53,60	54,84	57,33	60,5	62,83	67,63	73,8	73,97	74,65	75,40	21,80
730	54,10	56,34	57,83	58,93	62,33	67,13	75,9	75,97	76,65	77,50	23,40
770	54,56	56,80	58,29	61,5	63,79	67,59	74,59	75,93	76,61	77,10	22,54
Rata²	54,09	55,99	57,82	60,31	62,98	67,45	74,76	75,29	75,97	76,67	22,58

4.3.1.2. Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan Material Piston 60% Skrap Velg dan 40% AC4B Hasil Perlakuan Panas Aging (Aging Heat Treatment)

Berdasarkan pada Tabel 4.4.2.1 sampai Tabel 4.4.2.3, hasil pengujian kekerasan material piston 60%PB + 40% AC4B, dapat diperoleh beberapa hal sbb :

- 1) Proses perlakuan panas dapat meningkatkan kekerasan piston Honda Vario dengan komposisi material 60% Skrap Velg + 40% AC4B, baik pada temperatur pengecoran 690 °C, 730 °C dan 770 °C. Perlakuan panas yang menghasilkan pertambahan kekerasan terbesar adalah perlakuan panas dengan temperatur aging 155 °C dengan waktu aging 2, 4 dan 5 jam, yaitu sebesar 16,67 Hr.B. Terjadi pada Piston dengan temperatur pengecoran 730 °C.
- 2) Setelah proses perlakuan panas nilai kekerasan material piston Honda Vario 60% Skrap Velg + 40% AC4B meningkat dan beberapa piston memiliki kekerasan diatas kekerasan piston Honda Vario buatan Honda (74 Hr.B), antara lain yang tertinggi mencapai kekerasan sebesar 77,50 Hr.B.
- 3) Dari grafik pada Gambar 4.4.2.1b; 4.4.2.2b; 4.4.2.3b menunjukkan bahwa pada temperatur aging 155 °C, terjadi pertambahan kekerasan yang paling besar, dibandingkan dengan temperatur aging 100°C dan 200 °C. Jadi pertambahan kekerasan optimal piston Honda Vario 60% Skrap Velg +40% AC4B didapatkan pada temperatur aging 155 °C.

Menurut kurva aging dari *Smith (Strength or Hardness vs Time, 1993:466)* seperti dalam gambar dibawah ini, didapatkannya temperatur aging 155 °C sebagai temperatur yang optimum dikarenakan pada temperatur tersebut merupakan titik *peak aged*, dimana ukuran dan distribusi precipitation untuk penguatan paduan sudah mencapai titik optimum.

Pada perlakuan panas piston Honda Vario 60% Skrap Velg +40% AC4B, tercapainya kekerasan optimum pada temperatur aging tertentu, disebabkan terbentuknya presipitat metastabil yang optimal yang menghalangi pergerakan dislokasi.

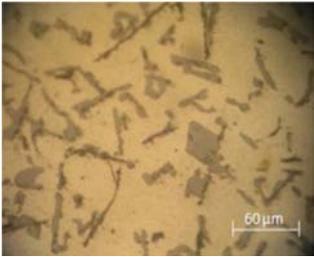
- 4) Dari Gambar 4.4.2.1b; 4.4.2.2b dan 4.4.2.3b juga dapat diketahui bahwa dengan penambahan waktu aging, kekerasan yang dihasilkan meningkat. Dalam penelitian ini, penambahan kekerasan tertinggi didapat dari waktu aging 5 jam. Hal ini dikarenakan pada waktu permulaan aging, Zona GP yang terbentuk terus berkembang baik dari segi ukuran, maupun jumlah sesuai dengan bertambahnya waktu aging.

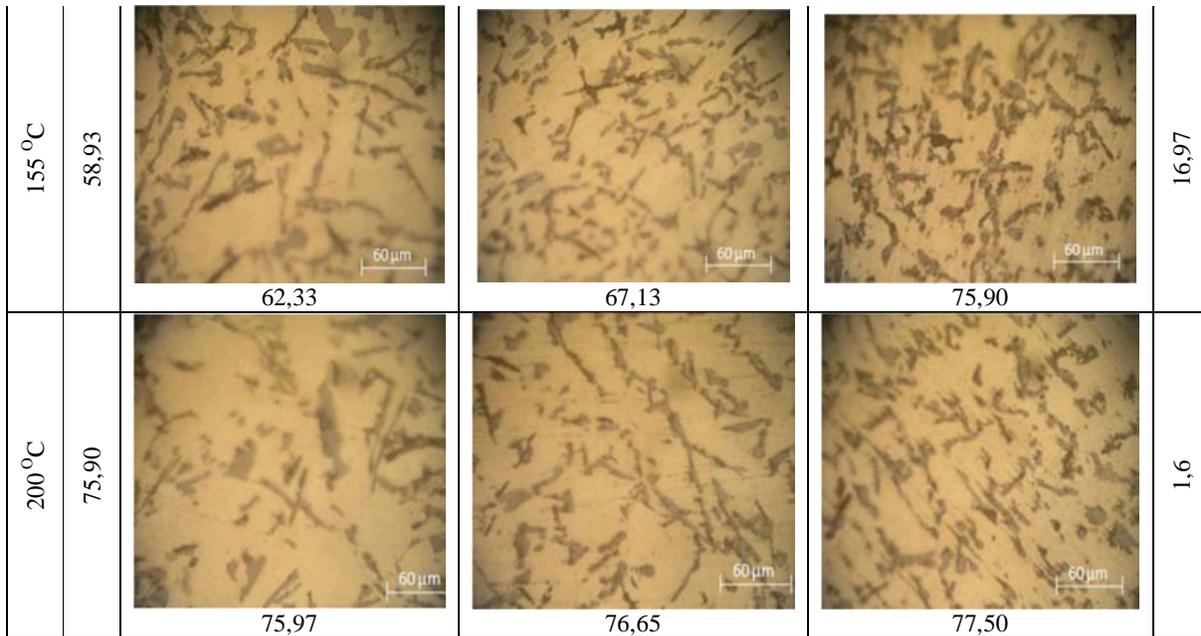
4.3.3. Uji Struktur Mikro Material Piston Honda Vario 60% Skrap Velg+40%AC4B Setelah Proses Perlakuan Panas Aging

4.3.3.1 Hasil Uji Struktur Mikro Material Piston Honda Vario 60% Skrap Velg + 40%AC4B Setelah Proses Perlakuan Panas Pada Temperatur Penuangan 690 °C, 730 °C, dan 770 °C

Hasil pengamatan stuktur mikro terhadap material piston Honda Vario 60%PB + 40% AC4B setelah proses perlakuan panas, pada temperatur pengecoran 730 °C terlihat pada Gambar 4.18

Tabel Struktur Mikro Piston Honda Vario Berbahan Baku 60% Skrap Velg + 40% AC4B Temperatur Pengecoran 730 °C setelah Proses Aging

Temperatur Pengecoran 730°C					
Temp.Aging	Sblm Aging	2 Jam	4 Jam	5 Jam	Pertambahan Kekerasan
100 °C	54,56				4,37



Tabel Kekerasan Piston Honda Vario Berbahan Baku 60% Skrap Velg + 40% AC4B Temperatur Pengecoran 690 °C, 730 °C, 770 °C Setelah Proses Aging

Temperatur Pengecoran (°C)	Kekerasan Sblm Perlakuan Panas (HrB)	Kekerasan Sesudah Perlakuan Panas									Peningkatan Kekerasan (HrB)
		Temp. & Waktu Aging			Temp. & Waktu Aging			Temp. & Waktu Aging			
		100 °C 2 Jam	100 °C 4 Jam	100 °C 5 Jam	155 °C 2 Jam	155 °C 4 Jam	155 °C 5 Jam	200 °C 2 Jam	200 °C 4 Jam	200 °C 5 Jam	
690	53,60	54,84	57,33	60,5	62,83	67,63	73,8	73,97	74,65	75,40	21,80
730	54,10	56,34	57,83	58,93	62,33	67,13	75,9	75,97	76,65	77,50	23,40
770	54,56	56,80	58,29	61,5	63,79	67,59	74,59	75,93	76,61	77,10	22,54
Rata-2	54,09	55,99	57,82	60,31	62,98	67,45	74,76	75,29	75,97	76,67	22,58

4.4 Perbandingan Material Piston Honda Vario Berbahan Baku Skrap Velg dengan Material Piston Honda Vario Buatn Honda

Perbandingan karakteristik hasil perlakuan panas material piston Honda Vario 60% Skrap + 40% AC4B dengan piston asli Honda Vario buatan Honda dan standar paduan A. 333.0 dapat diuraikan sbb:

4.4.1 Perbandingan Komposisi Kimia

Komposisi kimia kandungan Silikon (Si) dalam aluminium alloy dari skrap velg sebagai bahan baku pembuatan Piston Honda Vario, akan meningkat dengan penambahan aluminium alloy AC4B. Hasil perbandingan komposisi kimia ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.1.1

Tabel 4.5.1. Perbandingan Komposisi Kimia Material Piston Honda Vario Berbahan Baku 60% Skrap Velg + 40% AC4B Dengan Piston Honda Vario Buatn Honda, Standar AA 333.0 dan Standard JIS AC4B.

Standard/Material Piston Honda Vario	Komposisi Kimia (%)									
	AL	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Sn	Ti
Standar JIS AC4B	Sisanya	7-10	≤1.0	2-4	≤0.5	≤0.5	≤0.2	≤0.35	≤0.1	
Standar AA 333.0	Sisanya	8-10	≤1.0	3-4	≤0.5	0.03-0.5	-	≤0.5	-	
Buatan Honda	83,65	10,200	0,495	0,975	0,046	1,21	0,0385	2,140	0,022	0,0678
60%Skrap Velg + 40% AC4B	85,26	8,200	0,890	1,360	0,352	0,456	0,065	0,665	0,033	0,031

4.4.2 Perbandingan Kekerasan

Mula mula material piston Honda Vario berbahan baku 100% skrap Velg memiliki kekerasan rata-rata 50,77 HrB, kemudian mengalami peningkatan menjadi rata rata 54,84 HrB, setelah bahan bakunya ditambahkan paduan aluminium AC4B pada saat peleburan sehingga komposisinya 60% skrap velg dan 40% AC4B. Peningkatan kekerasan juga terjadi setelah dilakukan heat treatment (perlakuan panas) menjadi rata-rata 76,67 HrB. Peningkatan kekerasan Honda Vario akibat penambahan 40 % AC4B rata rata sebesar 4,07 HrB. Sedangkan peningkatan kekerasan akibat heat treatment rata rata sebesar 21,83 HrB. Total peningkatan kekerasan rata rata adalah 25,90 Hr.B

Tabel 4.5.2. Perbandingan Kekerasan Material Piston Honda Vario Hasil Penelitian

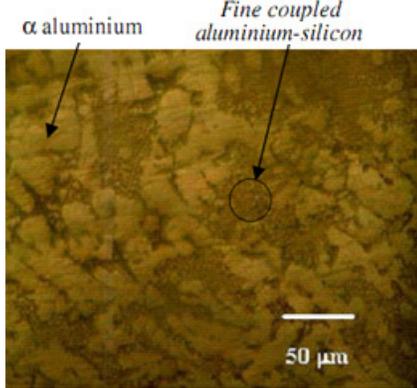
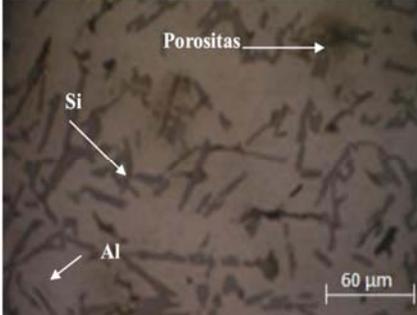
No.	Standard / Material	Keterangan	Kekerasan (Hr.B)
1	Standar AA 333.0		67,00
2	Piston Honda Vario Buatan Honda		74,00
3	Piston Honda Vario Berbahan 100 % Skrap Velg	Tanpa Heat Treatment	50,77
4	Piston Honda Vario 60%Skrap Velg + 40% AC4B	Tanpa Heat Treatment	54,84
5	Piston Honda Vario 60%Skrap Velg + 40% AC4B	Dengan Heat Treatment	76,67

Dari Tabel 4.5.2. menunjukkan bahwa nilai kekerasan piston Honda Vario berbahan baku skrap velg aluminim paduan dapat ditingkatkan dengan menambahkan 40 % aluminium AC4B sebesar 4,07 HrB dan dengan perlakuan panas (Heat Treatment) 100 °C selama 2+4+5 Jam, 155 °C selama 2+4+5 Jam dan 200 °C selama 2+4+5 Jam dapat meningkatkan nilai kekerasan rata rata sebesar 21,83 Hrb. Total peningkatan kekerasan rata rata adalah 25,90 Hr.B

4.4.3 Perbandingan Struktur Mikro

Pada struktur mikro material piston Honda Vario berbahan 60% skrap velg dan 40% AC4B setelah mendapat perlakuan panas terlihat unsur Silikon (Si) dalam matrik Aluminium (Al) tersusun lebih rapat dan tersebar merata. Bentuk struktur mikro ini diperoleh setelah material piston Honda Vario berbahan baku 60% skrap velg dan 40 % AC4B mendapat perlakuan panas aging terutama dengan temperatur 155 OC dan waktu 5 jam

Tabel 4.5.3. Perbandingan Struktur Mikro Material Piston Honda Vario Buatan Honda dengan Piston Honda Vario Berbahan Baku Skrap Velg dengan Penambahan AC4B dan Perlakuan Panas Aging 100, 155 dan 200°C, dan berbagai temperatur pengecoran

	
<p>Piston Honda Vario Buatan Honda</p>	<p>Piston Honda Vario 100% Skrap Velg, Tanpa Perlakuan Panas, Temperatur Pengecoran 730 °C</p>
	
<p>Piston Honda Vario 60% Skrap Velg+ 40% AC4B, Tanpa Perlakuan Panas, Temp.Pengecoran 730 °C</p>	<p>Piston Honda Vario 60% Skrap Velg+ 40% AC4B, Dengan Pelakuan Panas Aging 155°C, Waktu 5 Jam dan Temp. Pengecoran 690 °C</p>

	
Piston Honda Vario 60% Skrap Velg+ 40 % AC4B, Dengan Pelakuan Panas Aging 155 ^o C, Waktu 5 Jam dan Temp. Pengecoran 730 ^o C	Piston Honda Vario 60% Skrap Velg+ 40 % AC4B, Dengan Pelakuan Panas Aging 155 ^o C, Waktu 5 Jam dan Temp. Pengecoran 770 ^o C

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Material Piston Honda Vario buatan Honda memiliki kekerasan sebesar 74 HrB dengan komposisi kimia, utamanya pada unsur Aluminium (Al) 83,65% dan Silikon (Si) 10,20%.
2. Material skrap velg racing kendaraan roda empat tidak dapat didaur ulang secara langsung sebagai bahan baku pengecoran piston Honda Vario karena kandungan komposisi kimia unsur Silikon (Si) dibawah 8% berdasarkan standard AA 333.0
3. Peningkatan kandungan aluminium alloy AC4B sebesar 20%, 40%, 60% maupun 80% dalam skrap velg sebagai bahan baku pengecoran piston Honda Vario dapat meningkatkan kandungan unsur Silikon (Si) dan dapat meningkatkan kekerasan material piston Honda Vario. Kandungan minimal AC4B yang dapat memenuhi Standar AA 333.0 (komposisi kimia Silikon (Si) minimal 8%) adalah 40% AC4B, yaitu paduan aluminium ALSIL dengan kandungan Silikon (Si) 8,20%.
4. Pada material piston Honda Vario berbahan baku 60% skrap velg + 40% AC4B, Temperatur pengecoran yang menghasilkan kekerasan yang paling tinggi adalah temperatur pengecoran pada 730^oC, dari ketiga temperatur pengecoran (690^oC, 730^oC, 770^oC).
5. Dengan proses perlakuan panas, kekerasan material piston Honda Vario berbahan baku 60% skrap velg + 40% AC4B meningkat, sehingga beberapa hasil pengujian memiliki kekerasan yang sama dan sebagian lebih tinggi atau diatas kekerasan piston Honda Vario buatan Honda (74 HrB). Proses perlakuan panas yang menghasilkan nilai kekerasan terbesar adalah perlakuan panas dengan temperatur aging 155^oC dengan waktu aging 2, 4 dan 5 jam.
6. Perlakuan panas dengan temperatur aging 100^oC sampai 155^oC cenderung menghasilkan nilai kekerasan yang meningkat. Perlakuan panas dengan temperatur aging diatas 155^oC sampai 200^oC, cenderung menghasilkan nilai kekerasan yang menurun. Kekerasan optimal didapatkan pada temperatur aging 155^oC.
7. Variasi proses perlakuan panas (artificial aging) menyebabkan perubahan bentuk struktur mikro material piston Honda Vario berbahan baku 60% skrap velg dan 40% AC4B, pada temperatur pengecoran 690^oC, 730^oC, 770^oC.

5.2. Saran

1. Pada piston Honda Vario berbahan baku skrap velg, ditemukan impuriti. Timbulnya Impurity terutama karena faktor kebersihan sehingga untuk penelitian selanjutnya, perlu pembersihan skrap yang baik.
2. Penggunaan skrap velg yang ekonomis tapi masih memenuhi standard Standar AA 333.0 dalam penelitian ini adalah pada paduan 60% skrap velg + 40 % AC4B. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hal ini tidak terlalu jauh dibandingkan 40% skrap velg+60 % AC4B. Perlu penelitian selanjutnya untuk komposisi paduan 40% skrap velg + 60% AC4B.

6. Daftar Pustaka

- ASM International. *All Rights Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas Microfractographs*, 2004
- ASM Handbook, Volume 2, 3, 4, 8, 9 and 15
- Amstead, BH, Philip F.Ostwald & Myron L.Begemen. *Teknologi Mekanik.*, terj. Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta, 1987
- Budinski. *Engineering Materials Properties and Selection*. PHI: New Delhi, 2001, pp.517–536.
- Cole,GS & AM Sherman. *Light weight materials for automotive applications,Material Characterization*. 1995,35(1) pp. 3–9.
- Callister, W. *Fundamental of Materials Science and Engineering*. Jhon Wiley & Son Inc, 2001.
- Durrant, G., M. Gallerneault and B. Cantor. *Squeeze cast aluminum reinforced with mild steel inserts*. J Mater Science, 1996, 31 pp. 589–602.
- Djuana, Yiyi Komar. *Pengaruh Temperatur Aging terhadap kekuatan mekanik paduan Al-Cu 2024 untuk komponen teleskop peluncur roket*. Puslitbang LIPI, Jakarta, Indonesia, 2002.
- Dobrzanski, L.A., W. Borek and R. Maniara. *Influence of the crystallization condition on Al-Si-Cu casting alloys Structural*. Konarskiego, Poland MM Resources Limited , China, 2006.
- Duskiardi, Soejono Tjitro. *Pengaruh Tekanan dan Temperatur Die Proses Squeeze Casting Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Material Piston Komersial Lokal*.

- Eided, Wittaya. *Effect of Solution Treatment and Sr-Modification on Microstructural and Mechanical Properties of Al-Si Piston alloys*. Bangkok, 2007
- Ginting, Immanuel. *Penguatan dengan penghalusan butir pada paduan Hypoeutektik Al-Si 9,4 % Si*. LIPI, Kompleks Puspiptek, Serpong, Tangerang, 1998
- Gwotzdz, Kwapisz. 2008, "Influence of Ageing Process on the Microstructural and Mechanical properties Al9%Si 3% Cu and 9% Si-0,4% Mg, Jopkoping Swewen, 2008
- Haque, M. M., et al. *Study on wear properties of aluminum – silicon piston alloy*. J. Material Processing Technology , 2001, 118 pp. 69–73.
- Haizhi, Ye *An overview of the development of Al-Si Alloys based material for Engine Applications*. Alberta, Canada, 2002.
- Muzaffer, Zeeren. *The effect heat treatment on aluminium based Piston Alloys*. Kocaeli University, Turkey, 2006.
- Srivastava, V.A. and R. Shivpuri. *Intermetallic Formation and Its Relation to Interface Mass Loss and Tribology in Die Casting Dies*, Elsevier B.V. New Zealand, 2003, p.2233
- Smith, F. William. *Material Science and engineering*. (Second Ed.). New York: Mc Graw-Hill Inc, 1995.
- Subiyanto, Hari dan Subowo. *Pengaruh temperatur penuangan aluminium A-356 pada proses pengecoran terhadap sifat mekanis dan struktur mikro coran*, Jakarta, Indonesia, 2008
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. *Pengetahuan Bahan Teknik* (ed.kedua). Jakarta: Pradnya Paramita, 1992.
- Surdia, Tata dan K. Cijiwa. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 1991.
- Smallman, R.E. *Metalurgi Fisik Modern*. Jakarta: Gramedia, 1985.
- Suhariyanto. *Perbaikan Sifat Mekanik Paduan Aluminium (A356.0) dengan Menambahkan TiC*. 2007