



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 1 Tahun 2025 Page 2825-2835

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Kajian Karakteristik Terhadap Material Dalam Pengembangan Prototipe Berbasis Limbah Piston Bekas

Saloom Hilton Siahaan^{1✉}

Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar

E-mail : saloomhsiahaan@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Untuk mengurangi konsumsi aluminium tersebut perlu dilakukan daur ulang limbah aluminium. Pada penelitian ini fokus masalah yang ingin dipelajari adalah tentang studi karakterisasi material piston dan pengembangan prototipe piston berbasis limbah piston bekas. Masalah yang dihadapi oleh pengusaha dibidang transportasi saat ini adalah masalah ketersediaan suku cadang dan harga suku cadang kendaraan yang tinggi. Mesin bisa terjaga prima jika, ditunjang dengan perawatan dan penggantian suku cadang secara berkala atau yang sudah tidak layak pakai. Bertolak dari masalah tersebut maka, penelitian dibidang inovasi suku cadang alat transportasi masal yang berkualitas, handal dan murah perlu dikembangkan dimana salah satu kasus kerusakan adalah keausan piston. Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan variasi temperatur penuangan 700, 750, 800°C, komposisi paduan piston yaitu: 75% piston bekas + 25% ADC 12, 50% piston bekas + 50% ADC 12, 25% piston bekas + 75% ADC 12 dan sebagai kontrol piston bekas murni dan ADC 12 murni. Karakterisasi material hasil prototipe piston yang dilakukan meliputi uji komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan, porositas dan kekasaran. Hasil prototipe material piston dan pengembangan prototipe piston berbasis limbah piston bekas yang terbaik dengan kekerasan 64,5 HRB, porositas terendah 4,613 dan kekasaran setelah machining paling baik 1,58 dicapai pada komposisi 25% piston bekas + 75% ADC 12 dengan temperatur penuangan 700°C.

Kata kunci : *Material Limbah Piston , Prototipe Piston, Temperatur Penuangan, Berbasis Limbah Piston Bekas*

Abstract

To reduce aluminum consumption, aluminum waste needs to be recycled. In this study, the focus of the problem to be studied is the study of piston material characterization and piston prototype development based on used piston waste. The problem faced by entrepreneurs in the transportation sector today is the problem of spare part availability and high vehicle spare part prices. The engine can be maintained optimally if it is supported by periodic maintenance and replacement of spare parts or those that are no longer suitable for use. Based on this problem, research in the field of innovation of quality, reliable and cheap mass transportation spare parts needs to be developed where one of the cases of damage is piston wear. The research was carried out with variations in pouring temperature of 700, 750, 800oC, the composition of the piston alloy is: 75% used piston + 25% ADC 12, 50% used piston + 50% ADC 12, 25% used piston + 75% ADC 12 and as a control pure used piston and pure ADC 12. The characterization of the piston prototype material carried out includes chemical composition tests, microstructure, hardness, porosity and roughness. The results of the piston material prototype and the development of the piston prototype based on the best used piston waste with a hardness of 64.5 HRB, the lowest porosity of 4.613 and the best roughness after machining of 1.58 were achieved at a composition of 25% used piston + 75% ADC 12 with a pouring temperature of 700oC.

Keywords: Piston Waste Material, Piston Prototype, Pouring Temperature, Based On Used Piston Waste

PENDAHULUAN

Mesin bisa terjaga prima jika, ditunjang dengan perawatan dan penggantian suku cadang secara berkala atau yang sudah tidak layak pakai. Apa yang terjadi saat ini sungguh sangat memprihatinkan, dimana alat-alat transportasi massal yang ada beroperasi dengan kondisi dibawah standart kelayakan jalan serta mengesampingkan kenyamanan dan keselamatan penumpang.

Masalah yang dihadapi oleh pengusaha dibidang transportasi saat ini adalah masalah ketersediaan suku cadang dan harga suku cadang kendaraan yang tinggi. Idealnya sebuah alat transportasi (bus, angkot, dan taksi) dikatakan layak dan aman untuk beroperasi jika mempunyai kondisi mesin yang prima.

Hal ini merupakan salah satu penyebab mengapa alat transportasi massal di Indonesia kurang diminati oleh masyarakat sebagai alat bantu menuju ke kantor, sekolah, dan tempat-tempat yang lain. Kurang berhasilnya alat transportasi massal saat ini bisa dilihat dari masih banyaknya motor dan kendaraan pribadi yang ada di jalan saat-saat jam kerja atau jam sekolah. Masalah kenyamanan dan keselamatan saat ini banyak dijadikan sebagai alasan

mengapa masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi.

Untuk mendukung agar alat transportasi massal yang ada bisa memiliki kenyamanan dan keselamatan yang tinggi maka, salah satu usaha adalah dengan tersedianya suku cadang yang berkualitas, handal dan aman digunakan serta harga yang terjangkau. Bertolak dari masalah tersebut maka, penelitian dibidang inovasi suku cadang alat transportasi masal yang berkualitas, handal dan murah perlu dikembangkan.

Salah satu kasus kerusakan pada suku cadang yang sering ditemui pada alat transportasi massal selama ini adalah keausan piston. Keausan pada piston dikarenakan kondisi kerja piston yang bekerja menahan suhu yang tinggi, tekanan yang besar dan gaya gesek secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama, sehingga piston mengalami keausan (Gambar 1). Hal inilah yang menyebabkan komponen piston perlu dilakukan penggantian dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan penggunaan.



Gambar 1. Kerusakan pada piston (www.Metalurgi.com)

Penggunaan aluminium pada industri otomotif terus meningkat sejak tahun 1980 (Budinski, 2001). Banyak komponen otomotif yang terbuat dari paduan aluminium, diantaranya adalah piston, blok mesin, *cylinder head*, *valve* dan lain sebagainya. Penggunaan paduan aluminium untuk komponen otomotif dituntut memiliki kekuatan yang baik. Di Indonesia saat ini industri otomotif berkembang dengan pesat, hal ini ditandai dengan banyaknya kendaraan bermotor dan mobil yang ada.

Tuntutan akan kebutuhan paduan aluminium yang terus meningkat dan keterbatasan biji aluminium yang ada, merupakan masalah yang harus dicari solusinya. Karena masalah ketersediaan bahan baku biji aluminium ini akan menyebabkan terganggunya proses produksi pada industri-industri pengguna logam aluminium, termasuk industri pembuatan piston. Untuk mengatasi masalah keterbatasan bahan baku piston tersebut salah satu usaha yang dimungkinkan adalah dengan melakukan daur ulang limbah piston bekas. Agar piston hasil

daur ulang bisa digunakan dengan baik, aman dan handal, maka perlu dilakukan studi lebih lanjut tentang daur ulang limbah piston bekas menjadi material piston baru.

Pada penelitian ini fokus masalah yang ingin dipelajari adalah tentang studi karakterisasi material piston original dan bagaimana membuat piston baru berbasis material limbah piston bekas dengan kualitas yang sama atau mendekati dengan kualitas piston original, khususnya untuk alat transportasi massal angkutan kota (angkot) dengan mesin Daihatsu Hi-Jet 1000.

METODE PENELITIAN

1. Material Penelitian

Material yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

a. Material piston original Daihatsu Hi-Jet 1000 buatan Jepang

Untuk mendapatkan data yang relevan dengan tututan piston pada mesin Daihatsu Hi-Jet 1000, Pada studi karakterisasi material yang digunakan adalah piston asli buatan Jepang. Dipilihnya piston original buatan Jepang juga berfungsi untuk keperluan identifikasi geometri dan pengembangan desain piston dan cetakan piston Daihatsu Hi-Jet 1000.

b. Limbah piston bekas yang digunakan adalah piston motor bensin.

Agar tidak terjadi perbedaan komposisi paduan material hasil peleburan limbah piston bekas yang signifikan maka, limbah piston yang didaur ulang adalah limbah piston motor bensin

c. ADC 12

Untuk meningkatkan kualitas material limbah piston bekas digunakan sebagai bahan material piston, dilakukan penambahan material Al- Si atau ADC 12 produksi *MME Resources Limited, Cina*

2. Peralatan Penelitian

a. Cetakan yang berbentuk *Gravity Mold*

Cetakan piston adalah suatu cetakan yang terbuat baja karbon rendah yang digunakan untuk membuat piston menggunakan teknik pengecoran gravitasi pada waktu penuangan material logam. Cetakan ini merupakan pengembangan desain piston dan cetak.

b. Dapur peleburan.

Dapur peleburan limbah piston bekas merupakan hasil desain dan kreasi sendiri yang dilengkapi barner dengan bahan bakar gas LPG

c. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur temperatur pemanasan cetakan, temperatur penuangan dan lain-lain

3. Pengujian Sifat Mekanis dan Struktur Mikro

a. Pembuatan spesimen uji

Pada penelitian ini spesimen yang digunakan untuk proses pengujian berasal dari pengecoran berbentuk piston. Dari bentuk piston kemudian di bentuk spesimen-spesiman untuk uji struktur mikro, kekerasan, komposisi dan porositas

b. Uji struktur mikro

Untuk melihat struktur mikro yang terjadi dilihat dengan alat Mikroskop Olympus BX 416

c. Pengujian kekerasan

Alat uji kekerasan yang digunakan adalah *Rockwell Hardness Tester*. Pengujian kekerasan bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda penguji (dapat berupa bola baja atau kerucut diamon) yang ditekankan terhadap permukaan material uji

d. Pengujian porositas

Alat uji porositas yang digunakan adalah berupa timbangan dengan merek *Satorius* (Gambar 9) digunakan untuk mendapatkan data % porositas dari material piston baru berbasis material limbah piston bekas

e. Permesinan

Mesin CNC bubut yang digunakan pada penelitian ini untuk membentuk piston adalah CNC *Lathe Trun Master TMC 320* dengan sistem controlnya SIEMENS 802 S.

f. Pengujian Kekasaran

Untuk mengetahui kekasaran yang dihasilkan dari proses permesinan piston digunakan *Mitutoyo Surf-test SJ-201P Roughness Tester*

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa data

a. Tahap I: Studi karakterisasi material piston original Daihatsu Hi-Jet 1000 buatan Jepang

Data dari hasil karakteristik material piston original diperoleh: komposisi material, struktur mikro dan kekerasan yang selanjutnya dianalisis dengan metode deskriptif analisis.

b. Tahap II: Studi Desain piston dan desain cetakan piston Dihatsu Hi-Jet 1000.

Data yang diperoleh dari studi desain piston dan desain cetakan piston Dihatsu Hi-Jet 1000 serta pengujian cetakan piston dianalisis dengan metode deskriptif analisis.

c. Tahap III: Pengecoran piston berbasis material piston bekas dengan penambahan ADC 12 dan variasi temperatur penuangan 700, 750 dan 800 °C

Pada pengecoran piston berbasis material piston bekas dengan penambahan material ADC 12 terdapat variasi persentase penambahan ADC 12 dan temperatur penuangan dapat disajikan seperti pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Diskripsi pengambilan data

Temperatur Penuangan Variasi penambahan ADC 12	700 °C	750 °C	800 °C
	75 % piston bekas + 25% ADC 12	Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas
50 % piston bekas + 50% ADC 12	Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas
25 % piston bekas + 75% ADC 12	Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas
100% piston bekas (Kontrol)	Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas
100% ADC 12 (Kontrol)	Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas	Uji struktur Uji Komposisi mikro Uji kekerasan Uji porositas

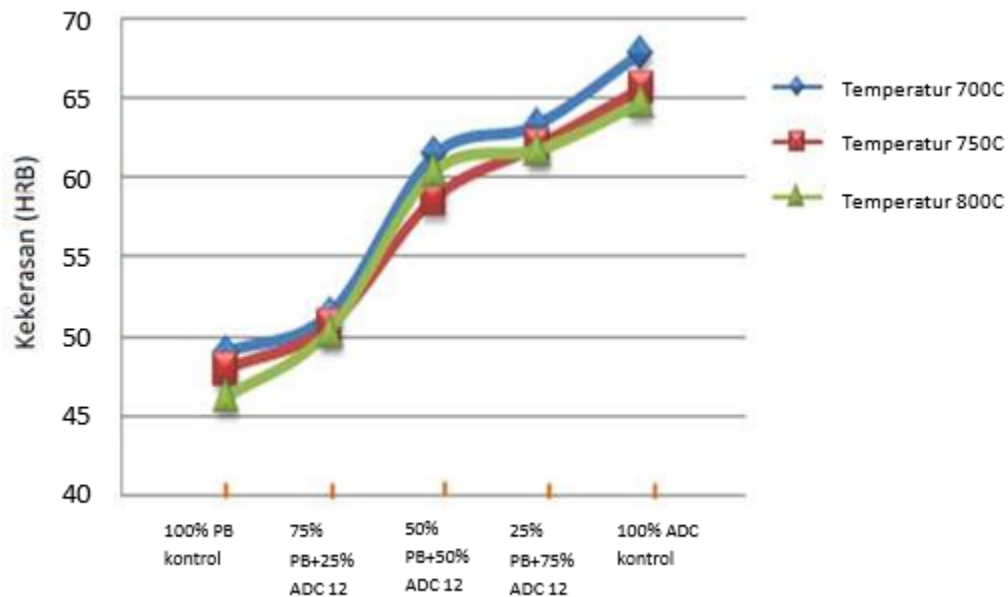
d. Tahap IV: Proses permesinan piston

Pada tahap ini dilakukan proses permesinan piston hasil pengecoran berdasar studi literatur dan penelitian tentang parameter-parameter permesinan yang cocok untuk

material Al-Si.

- e. Tahap V: Studi Komparasi karakteristik piston original dengan piston baru berbasis limbah piston bekas

Pada tahap ini dilakukan studi perbandingan karakteristik piston original dengan piston baru berbasis limbah piston bekas berdasarkan pada parameter-parameter seperti komposisi paduan, struktur mikro, kekerasan dan porositas.



Gambar 2. Pengujian material piston berbasis limbah material piston bekas

Dari grafik pada Gambar 2, pengujian kekerasan piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 diperoleh beberapa data sebagai berikut:

- 1) Pada paduan 75% PB + 25 % ADC 12 baik pada temperatur penuangan 700, 750 dan 800°C merupakan paduan yang memiliki nilai kekerasan yang paling rendah yaitu 51,4; 50,6; dan 50,3 HRB.
- 2) Hasil kekerasan terendah ini berada sedikit diatas kontrol I (paduan 100% PB). Sedangkan paduan 25% PB + 75% ADC 12 baik pada temperatur penuangan 700, 750 dan 800°C merupakan paduan yang memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 63,5; 64,5; dan 61,5 HRB. Nilai kekerasan tertinggi pada 25% PB + 75% ADC 12 masih lebih rendah jika dibandingkan dengan Kontrol II 100% ADC. Sehingga untuk meningkatkan kekerasan perlu dilakukan *treatment* untuk meningkatkan kekerasan.
- 3) Dari grafik pada Gambar 4.14 dapat terlihat bahwa nilai kekerasan antara paduan 50% PB + 50 % ADC dan 75% PB + 25 % ADC memiliki perbedaan yang tidak begitu besar.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka, bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil studi pengecoran ulang piston bekas dapat disimpulkan beberapa hal seperti:
 - a. Kekerasan hasil pengecoran ulang limbah piston bekas masih dibawah kekerasan piston Daihatsu Hi-Jet yaitu 49,9 – 50,4HRB.
 - b. Komposisi kimia hasil pengecoran ulang limbah piston bekas khususnya untuk kandungan % Si juga masih dibawah komposisi piston Daihatsu Hi-Jet dan standar paduan aluminium AA. 333.0 yaitu pengecoran I 86,27% Al; 7,78 % Si dan pengecoran II 87,82 % Al; 7,76 % Si.
 - c. Dari pengamatan struktur mikro hasil pengecoran ulang limbah piston bekas memiliki unsur Si yang lebih sedikit dan tersebar tidak merata (Gambar 5.1). Hal ini berbeda sekali dengan bentuk struktur mikro piston Daihatsu Hi-Jet yang memiliki unsur Si yang tersebar merata.
2. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah piston bekas tidak bisa didaur ulang secara langsung sebagai material piston. Agar limbah piston bekas dapat dimanfaatkan menjadi material piston perlu dilakukan usaha perbaikan kualitas hasil coran, khususnya kualitas kekerasan, komposisi dan struktur mikro yang merupakan struktur dasar material piston.
3. Pada penelitian ini, konsep dasar yang digunakan dalam studi pembuatan cetakan piston adalah *reverse engineering* (rekayasa balik). Dimana dari hasil *reverse engineering* tersebut didapatkan hasil desain cetakan
4. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa penambahan ADC 12 terhadap material limbah piston bekas memiliki pengaruh terhadap peningkatan % Si, perbaikan struktur mikro dan sifat kekerasan material pada hasil pengecoran limbah material piston menjadi material piston baru. Persentase penambahan ADC 12 yang dibutuhkan agar kualitas piston baru dengan berbasis material limbah piston bekas bisa sama atau mendekati kualitas piston original adalah paduan 50% PB +50% ADC12 dan paduan 75 % PB + 25% ADC 12.
5. Pengaruh variable-variabel dalam pengecoran teradap kualitas hasil pengecoran piston Daihatsu Hi-Jet 1000 adalah sebagai berikut:
 - a. Seiring dengan meningkatnya temperatur penuangan (700, 750 dan 800°C) menyebabkan hasil kekerasan semakin menurun. Dimana pada temperatur 700°C menghasilkan kekerasan yang paling tinggi disetiap kelompok paduan. Hal ini disebabkan pada temperatur 700°C memiliki laju pembekuan yang paling cepat

- dibandingkan dengan temperatur penuangan yang lain.
- b. Penambahan ADC 12 dapat mengurangi adanya porositas, dimana seiring dengan penambahan ADC 12 porositas yang terjadi semakin berkurang.
 - c. Seiring dengan meningkatnya temperatur penuangan menyebabkan porositas semakin meningkat. Dimana pada temperatur 700°C menghasilkan porositas yang paling rendah disetiap kelompok paduan.
 - d. Pada temperatur penuangan 700°C didapatkan harga kekasaran permukaan yang paling baik, baik pada paduan 75% PB + 25 ADC 12, 50% PB + 50 ADC 12, 25% PB + 75 ADC 12, Kontrol I 100% PB dan Kontrol II 100% ADC12. Hal ini dikarenakan pada temperatur penuangan 700 °C merupakan paduan yang memiliki bentuk kristal paling rapat dan juga memiliki porositas yang paling rendah.
6. Perbandingan karakteristik piston Daihatsu dengan piston baru berbasis limbah piston bekas dapat diuraikan sebagai berikut:
- a. Hasil pengecoran piston bekas dengan penambahan ADC12 khususnya untuk paduan 50% PB + 50% ADC dan 25% PB + 75% ADC dapat masuk dalam standar AA. 333.0 atau JIS AC8B, akan tetapi jika dibandingkan dengan piston Daihatsu komposisi kimia piston dengan material limbah piston bekas masih dibawahnya, khususnya pada % Si.
 - b. Hasil pengujian kekerasan terhadap piston baru berbasis material limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 didapatkan hasil dibawah kekerasan material piston baru masih dibawah kekerasan material piston Daihatsu.
 - c. Dari pengamatan struktur mikro dengan penambahan ADC 12 pada proses pengecoran limbah piston bekas memberi dampak positif terhadap bentuk unsur Si pada struktur mikro piston baru khususnya pada paduan 50% PB + 50% ADC dan 25% PB + 75% ADC. Hasil ini jika dibandingkan dengan struktur mikro piston Daihatsu memperlihatkan bentuk yang hampir sama khususnya untuk paduan 50% PB + 50% ADC dan 25% PB + 75% ADC pada temperatur penuangan 700 dan 750°C.
 - d. Hasil pengujian porositas terbaik adalah 4,613% diperoleh pada kondisi eksperimen: temperatur penuangan 700°C dan pada paduan 25% PB + 75% ADC. Hasil terbaik ini jika dibandingkan dengan porositas pada piston Daihatsu masih lebih besar, karena persentase porositas pada piston Daihatsu adalah 2,357.

DAFTAR PUSTAKA

- American Foundry's Society, 1992, "Proceedings of 3rd International Conference of Molten Aluminum", Orlando, Florida.
- ASM International, 1993, "ASM Specialty Handbook: Aluminium and Aluminium Alloys", Ohio.
- Budinski., 2001, "Engineering Materials Properties and Selection," PHI New Delhi, pp. 517–536
- Anastasiou, K.S., 2002, "Optimization of the Aluminium Die Casting Process based on the Taguchi Method", Proc. I Mech E Vol. 216 Part B: J. Engineering Manufacture, Loughborough UK, pp. 969-976.
- ASTM Standards, 2003, "Metal Test Methods and Analytical Procedures", volume 03.01, West Conshohocken United States.
- Colangelo, V.J., 1995, "Analysis of Metallurgical Failures", 2nd Edition, John Wiley & Sons, Singapore
- Choi, J.I., Park, H.J., Kim, J.H., Kim, S.K., 2005, "A Study on Manufacturing of Aluminium Automotive Piston by Thixoforging", International Journal Manufacture Technology, Springer-Verlag London Ltd, pp. 32-40.
- Callister, W., 2001, "Fundamental of Materials Science and Engineering", John Wiley & Son Inc
- Campbell, J., 2000, "Casting", Birmingham
- Chen, Z. W., 2003, "Skin Solidification During High Pressure Die Casting of Al- 11Si-2Cu-1Fe Alloy", Materials Science and Engineering A348, pp.145- 153.
- Doehler, H., "Die Casting", McGraw Hill Book Company, New York.
- Duskiardi, Tjitro, S., 2002, Pengaruh Tekanan dan Temperatur Die Proses Squeeze Casting terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Material Piston Komersial Lokal, Jurnal Teknik Mesin Vol. 4 No. 1 April 2002, Universitas Kristen Petra Surabaya, pp. 1-5.
- Durrant, G., Gallerneault, M., Cantor, B.,1996, "Squeeze cast aluminum reinforced with mild steel inserts" J Mater Science, 31 pp. 589–602.
- Kim, W. J., *et al* 2005, "Corrosion performance of plasma sprayed Cast Iron coatings on Aluminum alloy for automotive component," Surface coating and Technology, 200 pp 1162-67
- McClein, S.T., 1997, "A Study of Porosity Quantification Techniques in Aluminium Alloy Casting", Mississippi