

**STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL PISTON
DAN PENGEMBANGAN PROTOTIPE PISTON
BERBASIS LIMBAH PISTON BEKAS**



TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik
Mesin pada program Pascasarjana Universitas Diponegoro**

Disusun oleh:

**NURHADI
NIM. L4E 008 011**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2010**

LEMBAR PENGESAHAN
STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL PISTON DAN PENGEMBANGAN
PROTOTYPE PISTON BERBASIS LIMBAH PISTON BEKAS

Disusun oleh:

NURHADI
NIM. L4E 008 011

Program Studi magister Teknik Mesin

Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal,

Ketua

Dr. Ir. A.P Bayuseno, M.Sc.
NIP. 196205201989021001

Pembimbing I

Co. Pembimbing II

Dr. Ir. A.P Bayuseno, M.Sc.
NIP. 196205201989021001

Dr. Sri Nugroho, ST., MT
NIP. 197501181999031001

ABSTRAK

STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL PISTON DAN PENGEMBANGAN PROTOTYPE PISTON BERBASIS LIMBAH PISTON BEKAS

**NURHADI
NIM. L4E 008 011**

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. Salah satu kasus kerusakan adalah keausan piston. 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.

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: Prototipe piston, Material limbah piston, Temperatur penuangan, piston bekas murni.

ABSTRACT

STUDY CHARACTERISTICS OF PISTON MATERIAL AND DEVELOPMENT OF PROTOTYPE PISTON BASED ON WASTE PISTON

**NURHADI
NIM. L4E 008 011**

The problems faced by entrepreneurs in the field of transportation at this time is a problem the availability of spare parts and spare parts at high cost. Engine prime can be maintained if, is coupled with maintenance and replacement of spare parts on regular basis or the improper use. Based on the problem, research on the field of innovation spare parts for quality mass transportation, reliable and inexpensive need developing. One problem is the wear of piston causing damage. To reduce consumption of aluminum need to require recycling of aluminum. In this research the focus of the problems is to study about the material characterization of piston and piston prototype development based waste Piston.

The experiment was conducted on the pouring temperature variations of 700, 750, 800°C, the piston alloy compositions are: 75% waste piston + 25% ADC 12, 50% waste piston + 50% ADC 12, 25% waste piston + 75% ADC 12 and as a control waste piston pure and ADC 12 pure. Material characterization of the piston prototype was conducted including the chemical composition, microstructure, hardness, porosity and roughness.

The results of prototype material and development of piston prototype based waste piston shows best with 64.5 HRB hardness, low porosity 4.613 and roughness before machining is the product 1.58 achieved of the composition of 25% waste piston + 75% ADC 12 with the pouring temperature of 700°C.

Keywords: Prototype of the piston, the piston of waste material, pouring temperature, the former pure piston.

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Diponegoro dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dan mengikuti aturan HAKI yang berlaku di Universitas Diponegoro. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya. Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Direktur Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

KATA PENGHANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala Rahmat, Taufik serta Hidayah-Nya sehingga tesis berjudul “Studi Karakteristik Material Piston Dan Pengembangan Prototipe Piston Berbasis Limbah Piston Bekas” dapat terselesaikan. Walaupun hasilnya tidak sempurna jika dibandingkan dengan karya-karya besar yang lain, namun hasil bukanlah tujuan yang utama, tetapi proses pembelajaran yang pernah dijalani menjadi suatu hal yang utama bagi penulis. Karena disanalah pengalaman dan nilai-nilai luhur itu ada, walaupun tidak dapat diukur dengan angka namun sangat bermakna. Pengalaman yang telah terjadi mudah-mudahan dapat menjadi refleksi, internalisasi, dan proyeksi bagi masa yang akan datang.

Penulisan tesis ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik yang secara langsung dan tidak langsung, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Bayuseno, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak mengarahkan dan memberikan bimbingan serta masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Sri Nugroho, selaku Co-Pembimbing yang telah memberikan koreksi dan bantuan selama penulis melakukan penulisan tesis ini.
3. Seluruh Dosen dan Karyawan Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Mesin UNDIP.
4. Pak Solechan, Pak Fuad Abdilla, Ari dan Yusuf sebagai rekan penelitian yang sudah banyak membantu.
5. Pak Herman Saputro, S.Pd, MT yang kami anggap Sebagai Co. pembimbing III yang telah banyak membantu dalam praktek maupun penulisan.
6. Bapak Yusuf Umardani, ST, MT yang telah banyak membantu memberikan pengarahan pada proses pengecoran dan pembuatan cetakan.
7. Spesial buat keluarga besarku, anak dan istri tercintaku yang selalu setia dan tulus memberikan doa, dorongan dan semangat kepada penulis.

8. Rekan–rekan mahasiswa Pasca Sarjana Jurusan Teknik Mesin UNDIP yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis

Penulis menyadari sebagai manusia bahwa masih banyak kekurangan dalam tesis ini. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan tesis ini. Terakhir semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi para pembaca. Amin.

Semarang, Agustus 2010

Penulis

MOTTO

- Hidup adalah sekolah tempat dimana kita bisa mendapatkan segala sesuatunya dengan belajar, berusaha, bersaing dengan keras untuk menjadi yang terbaik diantara yang paling baik
- Hidup akan semakin indah bila kita mempunyai hati yang bersih, jiwa yang santun sehingga hati dan pikiran kita bercahaya
- Orang yang berbahagia adalah orang yang selalu bersyukur, sedangkan orang yang menderita adalah orang yang kecewa karena hasil yang tidak sesuai dengan keinginannya

PERSEMBAHAN

- Allah yang senantiasa melindungi dan memberi rahmat dan hidayahNya hingga selesainya tesis ini
- Istri dan anak tercintaku yang selalu mendorong, memberi semangat dan mendoakanku agar selalu sukses dalam mencapai cita-cita
- Orang-orang yang memberikan andil banyak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, terima kasih banyak

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
MOTTO	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Originalitas Penelitian.....	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJUAN PUSTAKA	7
2.1. Landasan Teori.....	7
2.1.1. Piston.....	7
2.1.2. Paduan Aluminium.....	9
2.2. Desain Piston.....	11

2.3. Peleburan Al-Si.....	14
2.4. Cacat porositas.....	17
2.5. Kekasaran Permukaan.....	18
2.6. Penelitian Yang Relevan.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Material Penelitian.....	23
3.2. Peralatan Penelitian	25
3.3. Pengujian Sifat Mekanis dan Struktur Mikro.....	25
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	28
3.5. Analisa Data.....	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Studi Karakteristik Material Piston Asli Daihatsu Hi-jet 1000.....	33
4.1.1. Kekerasan material piston Daihatsu Hi-Jet 1000.....	33
4.1.2. Komposisi kimia material piston asli Daihatsu Hi-Jet 1000.....	34
4.1.3. Struktur Mikro Material piston Daihatsu Hi 1000.....	35
4.2. Studi Desain Piston dan Cetakan Piston Daihatsu Hi-Jet 1000.....	36
4.3. Kualitas Hasil Peleburan Piston Bekas.....	42
4.3.1. Hasil identifikasi kualitas hasil peleburan piston bekas.....	42
4.3.2. Pembahasan Identifikasi kualitas hasil peleburan piston bekas..	45
4.4. Pengecoran Piston Berbasis Limbah Material Piston Bekas dengan Penambahan ADC 12.....	46
4.4.1. Pengujian komposisi kimia piston berbasis limbah material piston bekas dengan penambahan ADC 12.....	47
4.4.2. Pengujian struktur mikro material piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12.....	49
4.4.3. Pengujian kekerasan piston berbasis limbah material piston bekas dengan penambahan ADC 12.....	57
4.4.4. Pengukuran porositas material piston berbasis limbah piston	

bekas.....	60
4.5. Proses Permesinan Piston Berbasis Material Limbah Piston Bekas dengan Penambahan ADC 12.....	65
4.5.1. Pengujian kekerasan permukaan piston hasil permesin.....	66
4.5.2. Pengujian kekerasan permukaan piston hasil permesinan.....	67
4.6. Studi komparasi karakteristik piston asli daihatsu dengan piston baru berbasis limbah piston bekas.....	68
4.6.1. Perbandingan komposisi kimia.....	68
4.6.2. Perbandingan kekerasan.....	69
4.6.3. Perbandingan Struktur mikro.....	69
4.6.4. Perbandingan porositas.....	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1. Kesimpulan.....	72
5.2. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Spesifikasi Alat – Alat Penelitian

- A.1 Rockwell Hardness Tester HR-150A
- A.2 DM6802B Digital Termometer
- A.3 Mikroskop Olympus BX 41M
- A.4 Timbangan Merek Satorius
- A.5 Mitutoyo Surf-tester SJ-201P Roughness Tester
- A.6 ADC 12
- A.7 Komposisi paduan Piston Daihatsu Hi-jet 1000
- A.8 Komposisi paduan Piston bekas
- A.9 Komposisi paduan ADC 12
- A.10 Komposisi paduan 25% piston bekas + 75% ADC 12
- A.11 Komposisi paduan 50% piston bekas + 50% ADC 12
- A.12 Komposisi paduan 75% piston bekas + 25% ADC 12

Lampiran B Data Dan Perhitungan

- B.1 Perhitungan Uji Kekerasan Rockwell
- B.2 Perhitungan Uji Porositas
- B.3 Perhitungan kekasaran

Lampiran C Dokumentasi Penelitian

- C.1 Cetakan piston
- C.2 Material Piston Bekas & ADC 12
- C.3 Prototipe Piston & Spesimen Uji
- C.4 Proses peleburan material & pemanasan awal cetakan
- C.5 Permesinan untuk pembuatan specimen uji
- C.6 Pengujian Kekerasan
- C.7 Pengujian Porositas
- C.8 Pengujian Kekasaran
- C.9 Piston Hasil Pengecoran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerusakan pada piston.....	2
Gambar 1.2	Grafik diskripsi rencana pembelian kendaraan dan realisasi pembelian.....	3
Gambar 2.1	Bagian-bagian piston.....	7
Gambar 2.2	Celah antara piston dan silinder ruang bakar.....	10
Gambar 2.3	Ketebalan kepala piston.....	11
Gambar 2.4	Ketinggian t_{land} kepala piston.....	12
Gambar 2.5	Jarak antara t_{land} dengan alur ring.....	13
Gambar 2.6	Ukuran piston dari perhitungan.....	14
Gambar 2.7	Diagraf fasa Al-Si.....	14
Gambar 2.8	Proses Pembuatan piston.....	17
Gambar 2.9	Tekstur permukaan benda kerja.....	18
Gambar 2.10	Simbol pernyataan spesifikasi permukaan	21
Gambar 3.1	Piston Daihatsu Hi-jet 1000 buatan Jepang.....	23
Gambar 3.2	Limbah piston bekas yang berasal dari motor bensin.....	24
Gambar 3.3	Material ADC 12.....	24
Gambar 3.4	Dapur peleburan limbah piston bekas.....	25
Gambar 3.5	Pembuatan specimen uji.....	29
Gambar 3.6	Mikroskop Olympus BX416.....	26
Gambar 3.7	Rockwell Hardness Tester.....	27
Gambar 3.8	Alat uji porositas.....	27
Gambar 3.9	Mesin CNC Turning.....	36
Gambar 3.10	Mitutoyo Surftest SJ-201P Roughness Tester.....	28
Gambar 3.11	Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 4.1	Struktur mikro material piston Daihatsu Hi-Jet 1000 dengan perbesaran mikroskop 1000X.....	36
Gambar 4.2	Hasil identifikasi geometri piston Daihatsu Hi-Jet 1000.....	37
Gambar 4.3	Desain 3D cetakan piston Daihatsu Hi-Jet 1000.....	39

Gambar 4.4.	Prototipe cetakan piston dengan menggunakan bahan kayu	39
Gambar 4.5	Cetakan piston dengan bahan baja.....	40
Gambar 4.6	Hasil uji coba cetakan piston dengan bahan paraffin (lilin).....	41
Gambar 4.7	Cacat–cacat hasil coran piston akibat desain piston yang kurang mampu alir	42
Gambar 4.8	Struktur mikro hasil pengecoran material limbah piston bekas dengan perbesaran mikroskop 1000X (Pengecoran I & II).....	45
Gambar 4.9	Hasil pengecoran piston berbasis limbah material piston bekas dengan variasi penambahan ADC 12 dan temperatur penuangan...	47
Gambar 4.10	Pembuatan spesimen untuk pengujian-pengujian.....	47
Gambar 4.11	Hasil pengamatan struktur mikro material piston berbasis limbah piston bekas pada temperatur penuangan 700°C dengan perbesaran 1000x.....	51
Gambar 4.12.	Hasil pengamatan struktur mikro piston berbasis limbah piston bekas pada temperatur penuangan 750°C dengan perbesaran 1000x.....	53
Gambar 4.13.	Hasil pengamatan struktur mikro material piston berbasis limbah piston bekas pada temperatur penuangan 800°C dengan perbesaran 1000x.....	55
Gambar 4.14	Diagram fasa paduan Al-Si.....	56
Gambar 4.15	Skematis laju pembekuan logam coran	56
Gambar 4.16	Pengujian material piston berbasis limbah material piston bekas...	58
Gambar 4.17.	Grafik porositas material piston berbasis limbah material piston bekas.....	62
Gambar 4.18	Grafik Kelarutan Hidrogen pada Logam Aluminium.....	64
Gambar 4.19	Hasil permesinan pengecoran piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12.....	65
Gambar 4.20	Grafik kekasaran permukaan hasil proses permesinan.....	67
Gambar 5.1	Struktur mikro hasil pengecoran ulang limbah piston bekas.....	73
Gambar 5.1	Cetakan piston Daihatsu hasil <i>reverse engineering</i>	73

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Komoditas impor dalam kurun waktu Januari – Mei 2005 – 2006.....	2
Tabel 2.1	Angka kekasaran menurut ISO atau DIN 4763.....	8
Tabel 3.1	Diskripsi pengambilan data.....	8
Tabel 4.1	Nilai Pengujian kekerasan <i>Rockwell</i> B material piston Daihatsu Hi-Jet 1000.....	33
Tabel 4.2	Hasil uji komposisi material piston Daihatsu Hi-Jet 1000.....	34
Tabel 4.3	Komposisi paduan AA. 333.0.....	35
Tabel 4.4	Sifat mekanik paduan AA. 333.0.....	35
Tabel 4.5	Nilai pengujian kekerasan <i>Rockwell</i> B material limbah piston bekas	42
Tabel 4.6	Hasil uji komposisi material limbah piston bekas.....	44
Tabel 4.7	Hasil uji komposisi material piston berbasis limbah piston bekas.....	48
Tabel 4.8	Komposisi paduan Aluminium AA 333.0.....	48
Tabel 4.9	Komposisi ADC 12.....	48
Tabel 4.10.	Hasil pengujian kekerasan piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 pada temperatur Penuangan 700°C.	57
Tabel 4.11.	Hasil pengujian kekerasan material piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 pada temperatur penuangan 750°C.....	57
Tabel 4.12.	Hasil pengujian kekerasan material piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 pada temperatur penuangan 800°C.....	57
Tabel 4.13.	Perbandingan nilai kekerasan paduan 50% PB + 50 % ADC dengan 75% PB + 25 % ADC.....	59
Tabel 4.14.	Perhitungan <i>apparent density</i> (ρ_s) dan porositas sampel hasil pengecoran piston dengan material limbah piston bekas pada temperatur penuangan 700°C.....	61
Tabel 4.15	perhitungan <i>apparent density</i> (ρ_s) dan porositas sampel hasil Pengecoran piston dengan material limbah piston bekas pada temperatur penuangan 750°C.....	61

Tabel 4.16.	perhitungan <i>apparent density</i> (ρ_s) dan porositas sampel hasil pengecoran piston dengan material limbah piston bekas pada temperatur penuangan 800°C.....	61
Tabel 4.17.	perhitungan <i>apparent density</i> (ρ_s) dan porositas sampel Piston Daihatsu Hi-Jet 1000.....	62
Tabel 4.18.	Hasil pengujian kekasaran permukaan piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 pada temperatur penuangan 700°C...	66
Tabel 4.19.	Hasil pengujian kekasaran permukaan piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 pada temperatur penuangan 750°C...	66
Tabel 4.20.	Hasil pengujian kekasaran permukaan piston berbasis limbah piston bekas dengan penambahan ADC 12 pada temperatur penuangan 800°C	66
Tabel 4.21.	Hasil pengujian kekasaran permukaan piston Daihatsu.....	67
Tabel 4.22.	Perbandingan komposisi kimia piston asli Daihatsu dengan komposisi piston baru berbasis material piston bekas.....	68
Tabel 4.23.	Perbandingan kekerasan piston Daihatsu dengan kekerasan piston baru berbasis material piston bekas.....	69
Tabel 4.24.	Perbandingan porositas piston Daihatsu dengan kekerasan piston baru berbasis material piston bekas.....	71

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali Pada halaman
ADC	<i>Aluminium die casting</i>	6
AA	<i>Aluminum Association</i>	10
CLA	<i>Center line average</i>	18
CNC	<i>Computer numerical control</i>	28
HRB	<i>Hardness Rockwell B</i>	33
ASM	<i>America Society of Material</i>	35
JIS	<i>Japanese Industrial Standart</i>	35
ASTM	<i>Amirica standart of testing material</i>	37
STDEV	<i>Standart Deviasi</i>	66
PB	Piston Bekas	71
 Lambang		
Al	<i>Aluminium</i>	2
Si	<i>Silicon</i>	2
P	Tekanan	12
D	Diameter	12
s	Tegangan yang diijinkan	12
t_1	Ketebalan kepala piston	12
h_1	Kedalaman alur ring piston	12
t_r	Ketebalan radial alur ring piston	12
t_{land}	Jarak antara kepala piston dengan alur pertama	13
R_a	Kekasaran rata-rata	18
R_i	<i>Kekerasan rata-rata</i>	20
f	<i>Feed</i>	20

r	<i>Radius</i>	20
ρ_0	<i>True density</i>	60
P_s	<i>Density</i>	60
M_p	<i>Berat piknometer</i>	60
M_{p+A}	<i>Berat piknometer yang diisi aquades</i>	60
M_s+A	<i>Berat massa sampel dalam piknometer</i>	60
M_{p+s+A}	<i>Berat massa sampel dalam piknometer yang telah dimasukkan aquades</i>	60