

ADC 12 SEBAGAI MATERIAL SEPATU REM MENGGUNAKAN PENGECORAN HIGH PRESSURE DIE CASTING DENGAN VARIASI TEMPERATUR PENUANGAN

Athanasius Priharyoto Bayuseno, Nasrudin Arif Chamdani*
 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
 *Email: nac_ham_dan91@yahoo.com

ABSTRAK

Kebutuhan penggunaan sepatu rem semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sepeda motor. Produksi sepatu rem tidak hanya dilakukan oleh produsen skala besar tetapi juga dilakukan oleh industri kecil menengah. Tantangan yang dialami oleh industri kecil menengah adalah bagaimana agar dapat bersaing dengan industri besar dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan teknologi dibidang pengecoran logam. Metode yang sering digunakan oleh industri kecil dan menengah adalah metode pengecoran gravitasi, tetapi hasilnya masih belum memenuhi standar kualitas yang diinginkan, sehingga salah satu solusinya adalah dengan menggunakan metode lain yaitu HPDC (*High Pressure Die Casting*). Bahan yang digunakan adalah ADC12 yang merupakan paduan Aluminium dengan komposisi Silikon < 12%. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah temperature tuang (700°C, 750°C, dan 800°C). Kualitas pengecoran dapat dilihat dari sifat fisis dan sifat mekanisnya dengan cara melakukan karakterisasi material, yaitu : uji kekerasan , uji densitas , uji porositas , dan pengamatan struktur mikro. Setelah dilakukan pengujian densitas, porositas, dan kekerasan pada sepatu rem ADC12 hasil pengecoran HPDC didapatkan data Densitas rata-rata pada temperatur penuangan 700°C, 750°C, dan 800°C berturut-turut sebesar 1.566 gr/cm³, 1.573 gr/cm³, dan 1.575 gr/cm³. Porositas rata-rata pada temperatur penuangan 700°C, 750°C, dan 800°C berturut-turut sebesar 11.8%, 11.4%, dan 11.3%. Nilai kekerasan rata-rata pada temperature penuangan 700°C, 750°C, dan 800°C berturut-turut sebesar 43.33 HRB, 45.44 HRB, dan 46.36 HRB. Hasil analisis struktur mikro menunjukkan bahwa persebaran Si semakin merata seiring dengan kenaikan temperature penuangan.

Kata Kunci: HPDC (*High Pressure Die Casting*), ADC12, Densitas, Porositas

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan alat transportasi terus meningkat diikuti dengan meningkatnya industri otomotif dalam negeri khususnya produksi sepeda motor , berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) produksi sepeda motor pada tahun 2007 sebanyak 4,7 juta, tahun 2008 sebanyak 6,28 juta, tahun 2009 sebanyak 5,8 juta, tahun 2010 sebanyak 7,39 juta, dan tahun 2011 sebanyak 8,4 juta unit, maka tidak mengherankan apabila jumlah total sepeda motor Indonesia hingga saat ini mencapai lebih dari 85 juta unit. Peningkatan jumlah sepeda motor tersebut, akibat meningkatnya daya beli masyarakat dan juga banyak kemudahan untuk memiliki sepeda motor baru atau bekas. Dampak dari meningkatnya sepeda motor tentunya menarik industri pengecoran untuk memproduksi komponen suku cadang sepeda motor.

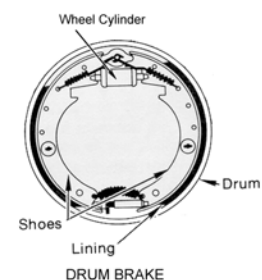
Piranti penghenti laju (rem) adalah salah satu suku cadang yang ada di sepeda motor dan merupakan golongan suku cadang habis pakai (*fast moving*) yang harus dilakukan penggantian baru apabila masa pakainya telah habis . Salah satu bagian dari piranti penghenti laju yaitu sepatu rem , sepatu rem berfungsi sebagai tempat melekatnya kampas rem.

Kebutuhan penggunaan sepatu rem semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sepeda motor. Produksi sepatu rem tidak hanya dilakukan oleh produsen skala besar tetapi juga dilakukan oleh industri kecil menengah. Tantangan yang dialami oleh industri

kecil menengah adalah bagaimana agar dapat bersaing dengan industri besar dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan teknologi dibidang pengecoran logam. Oleh karena itu pada penelitian ini akan di teliti sifat mekanis dan sifat fisis dari sepatu rem dengan bahan dasar ADC12 dengan berbagai variasi temperature penuangan, pembentukannya melalui proses HPDC (*High Pressure Die Casting*).

Penelitian yang dilakukan merupakan pembahasan hasil pengecoran HPDC dengan bahan baku ADC 12. Pengujian-pengujian yang akan dilakukan antara lain pengujian kekerasan, pengujian densitas dan porositas serta struktur mikro. Sehingga hasil penelitian yang telah dilakukan diharapkan bisa bermanfaat bagi dunia industri kecil dalam pembuatan sepatu rem dengan material ADC 12.

Penggambaran bagian sepatu rem sebagai berikut:



Gambar 1. Letak Sepatu Rem pada Komponen Rem Tromol

Karakteristik ADC12

ADC 12 paduan aluminium dan Silikon 12% digunakan sebagai bahan untuk membuat sepatu rem. ADC 12 memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Memiliki berat yang relatif ringan.
2. Tahan terhadap korosi.
3. Konduktivitas termal tinggi.
4. Lunak tapi kuat sehingga apabila kampas rem habis, sepatu rem tidak merusak drum.
5. Ulet sehingga jarang ditemukan retakan.

High Pressure Die Casting (HPDC)

Pengecoran HPDC adalah proses pengecoran dengan cara menginjeksikan logam cair ke dalam cetakan dan memberikan tekanan selama pembekuan dalam ruang tertutup (Masnur, 2008).

High Pressure Die Casting (HPDC) merupakan salah satu jenis dari pengecoran dengan tekanan dimana logam cair dibekukan pada tekanan yang tinggi diantara cetakan (*dies*) dan piston hidrolik pada ruang tertutup. Proses pengecoran ini pada dasarnya mengkombinasikan antara proses pengecoran dan proses penempaan (akibat adanya tekanan).

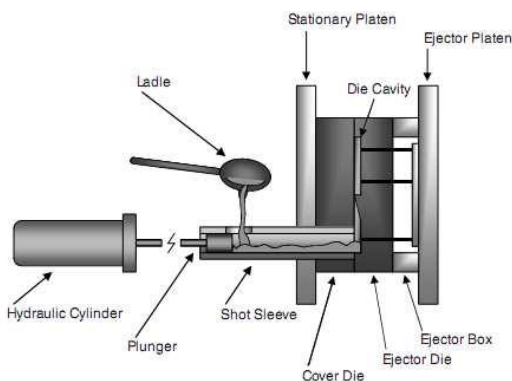
Parameter utama proses pengecoran dengan tekanan adalah:

1. temperatur ruang
2. temperatur cetakan
3. tekanan
4. komposisi logam cairan
5. volume logam cairan

(Ghomashchi dan Vikrov, 2000).

Pengaruh dari masing-masing parameter tersebut akan mempengaruhi terhadap sifat fisik dan mekanik benda yang dicor seperti ukuran butir, porositas, kekerasan, kekuatan tarik, dan adanya segregasi.

Pada proses HPDC, logam cair diinjeksikan dengan tekanan tinggi hingga masuk ke dalam cetakan. Tampilan skematis pengecoran HPDC dapat dilihat pada Gambar 2. Tekanan yang digunakan biasanya diatas 7 Mpa, dimana peralatannya terdiri dari dua plat vertikal yang terletak saling berhadapan. Dua plat tersebut adalah *fix plate* dan *moveable plate* sehingga cetakan bisa dibuka dan ditutup untuk melepaskan benda hasil coran setelah proses.



Gambar 2. Tampilan Skematis Pengecoran HPDC. [3]

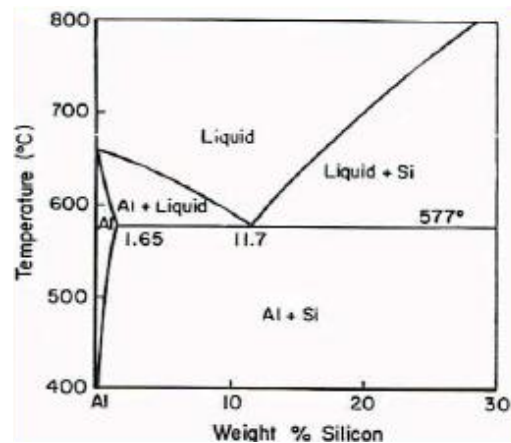
Setelah cetakan dilapisi dengan cairan pelapis untuk menghindari menempelnya produk pada cetakan (*colloidal graphite*), kemudian cetakan dirapatkan dan logam cair dituangkan kedalam *chamber*, kemudian didorong masuk ke dalam *cavity die* menggunakan *plunger* yang digerakkan oleh silinder hidrolik. Setelah logam membeku, cetakan dibuka dan selanjutnya produk dikeluarkan dari cetakan menggunakan *pin ejectors*.

Aluminium dan Paduannya

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma) [2]. Struktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik [2]. Aluminium memiliki beberapa kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibanding dengan logam lain seperti besi dan baja. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas 2,7 g/cm³ [11]. Selain sifat-sifat tersebut Aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadu dengan logam lain bisa mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain : ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium.

Paduan Al-Si

Paduan Al-Si merupakan material yang memiliki sifat mampu cor yang baik, dapat diproses dengan permesinan, dan dapat dilas. Paduan Al-Si cocok digunakan pada pengecoran HPDC (*High Pressure Die Casting*). Diagram fasa paduan Al-Si ditunjukkan pada Gambar 2.4 dimana diagram fasa ini digunakan sebagai pedoman umum untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran Al-Si.



Gambar 3. Diagram Fasa Al-Si. [4]

Jenis paduan Al-Si menurut kandungan silicon sesuai diagram fasa Al-Si terdiri dari 3 macam, yaitu:

a. *Hypoeutectic*

Paduan Al-Si disebut *Hypoeutectic* yaitu apabila pada paduan tersebut terdapat kandungan silicon < 11.7% dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite (alpha) yang kaya akan aluminium dengan struktur eutektik sebagai tambahan.

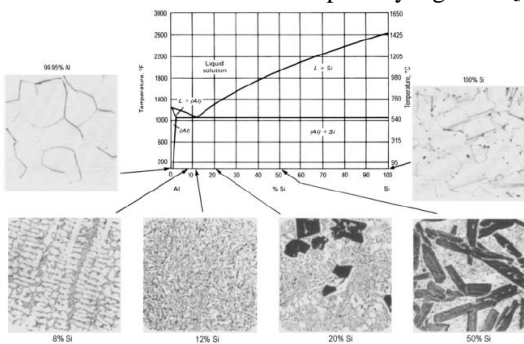
b. *Eutectic*

Paduan Al-Si disebut *Eutectic* yaitu apabila pada paduan tersebut terdapat kandungan silicon sekitar 11.7% sampai 12.2%. Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fasa cair ke fasa padat).

c. *Hypereutectic*

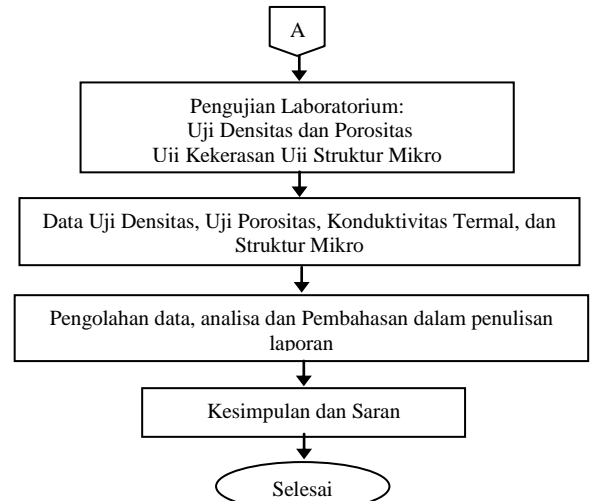
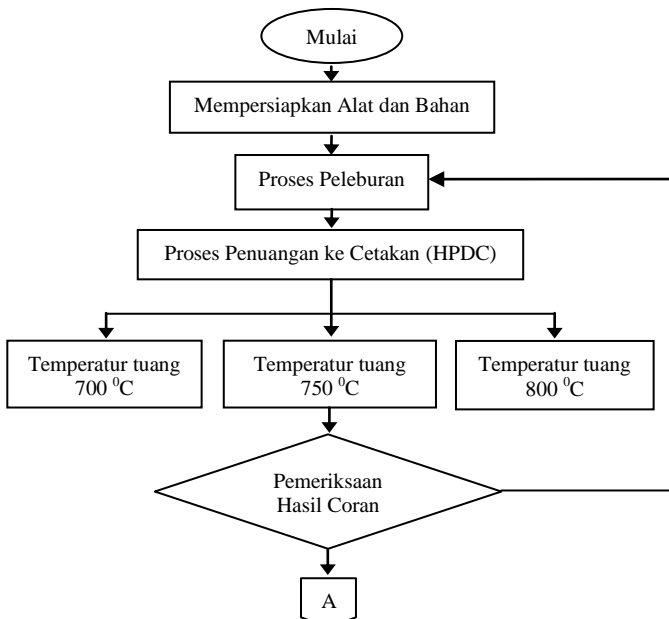
Paduan Al-Si disebut *Hypereutectic* yaitu apabila pada paduan tersebut terdapat kandungan silicon lebih dari 12.2% sehingga kaya akan kandungan silicon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Dengan adanya struktur Kristal silicon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik sebagai berikut:

1. Ketahanan aus paduan meningkat.
2. Ekspansi termal rendah.
3. Memiliki ketahanan retak panas yang baik. [4]



Gambar 4. struktur mikro Al-Si. [10]

METODE PENELITIAN



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Keterangan:

1. Mempersiapkan Alat Dan Bahan
Persiapan yang diperlukan antara lain, menimbang ADC 12 sesuai dengan masa yang dibutuhkan, menyambung tungku, tabung gas LPG dan selang krusibel, menyiapkan alat HPDC, kowi, pengaduk, Thermocouple dan display.
2. Proses Pengecoran
Proses pengecoran dilakukan di kampus Teknik Mesin UNDIP menggunakan tungku krusibel dengan berbahan bakar LPG.
3. Proses Penuangan ke cetakan (HPDC)
Proses Penuangan dilakukan pada 3 variasi temperatur yang berbeda yaitu 700°C, 750°C, 800°C.
4. Pemeriksaan Hasil Coran
Spesimen hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari Porositas dan kesempurnaan dimensi hasil coran.
5. Pengujian Laboraturium
Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari spesimen uji. Pengujian laboratorium ini meliputi:
 - a. Uji densitas dan porositas dilakukan dengan menggunakan neraca digital merk sarforious. Hal ini bertujuan untuk menentukan massa jenis spesimen uji pada keadaan kering dan keadaan basah didalam air dan juga besarnya porositas yang terjadi pada spesimen uji tersebut.
 - b. Uji kekerasan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari masing-masing spesimen uji dengan menggunakan *Rockwell Hardness Tester* (Skala HRB).
 - c. Uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Hal ini bertujuan untuk melihat struktur mikro pada spesimen uji.
6. Pengolahan Data, Analisa dan Pembahasan

Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi, dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik, dan tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.

7. Kesimpulan dan Saran

Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan analisa dan memberi saran untuk lanjutan dari penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Material ADC12

Hasil uji komposisi menunjukkan bahwa material ADC12 mempunyai paduan unsur utama 85,37 % Al dan 10,637% Si . Adapun hasil lengkap pengujian komposisi material ADC12 Produksi PT. Pinjaya Mojokerto disajikan pada Tabel 1 .

Tabel 1. Hasil uji komposisi material ADC12

Unsur	Prosentase (%)	Unsur	Prosentase (%)
Si (%)	10.637	Cr (%)	0.0385

Fe (%)	0.83	Pb (%)	0.072
Cu (%)	1.8	Sn (%)	0.046
Mn (%)	0.092	Ti (%)	0.017
Mg (%)	0.268	Be (%)	< 0.001
Zn (%)	0.78	Ca (%)	0.002
Ni (%)	0.042	Na (%)	< 0.001
Sb (%)	< 0.000	Al (%)	85.37
Sr (%)	< 0.000		

Berdasarkan pada komposisi paduan, material ADC12 diatas dapat dikelompokkan kedalam paduan aluminium ingot untuk die casting kelas 12 berdasarkan JIS 2118-2006.

Hasil Uji Densitas dan Porositas

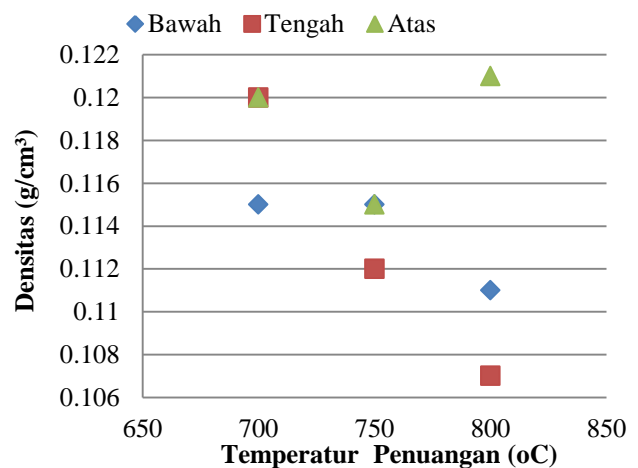
Data yang dihasilkan dalam pengujian merupakan hasil pengukuran pada spesimen yang dihasilkan dari proses HPDC dengan temperatur yang berbeda. Dari data tersebut data digunakan untuk mengetahui pengaruh proses HPDC terhadap nilai porositas dan densitas yang dihasilkan. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Porositas dan Densitas

Temperatur Penuangan	700°C			750 °C			800 °C		
	bawah	tengah	atas	bawah	tengah	atas	bawah	tengah	atas
massa kering (gr)	2.72	1.61	1.25	1.98	1.64	1.65	2.1	2.41	1.28
massa basah (gr)	0.99	0.58	0.45	0.72	0.6	0.6	0.77	0.89	0.46
densitas (air 1 gr/cm ³)	1.572	1.563	1.563	1.571	1.577	1.571	1.579	1.586	1.561
densitas rata-rata	1.566			1.573			1.575		
porositas (%)	11.5	12	12	11.5	11.2	11.5	11.1	10.7	12.1
porositas rata-rata	11.8%			11.4%			11.3%		
densitas teoritis Al-Si	1.776			1.776			1.776		

Porositas

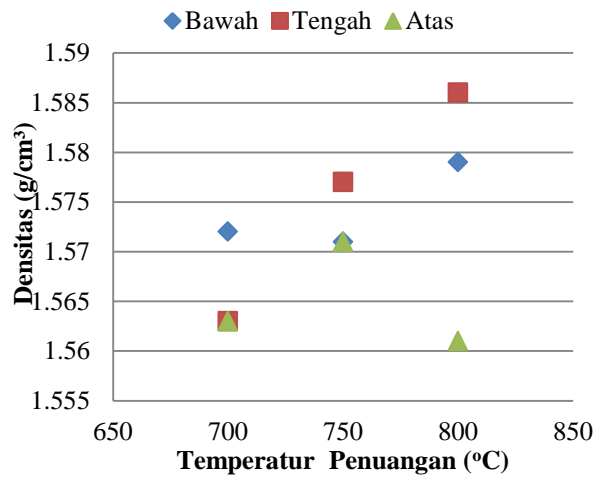
Dengan melakukan perhitungan maka didapatkan nilai porositas pada masing-masing spesimen. Spesimen dengan temperatur penuangan 700°C mempunyai porositas sebesar 11.8% dan semakin mengecil pada spesimen dengan temperatur penuangan 800°C dengan porositas sebesar 11.3%. Peningkatan nilai porositas disebabkan karena makin rendah temperatur tuang , maka gradient temperatur logam cair dan cetakan makin rendah pula, sehingga laju pembekuan makin lambat. Rendahnya temperatur penuangan ,akan menghasilkan *secondary dendrite arm spacing* (SDAS) yang semakin besar, sehingga jarak struktur makin besar, yang memungkinkan ukuran butir makin kasar, semakin panjang lengan dendrite mengakibatkan porositas terjebak diantaranya. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk kurva pada Gambar 4.1.



Gambar 3. Grafik Hasil Porositas terhadap temperatur penuangan dan posisi pengukuran

Densitas

Dengan data yang dihasilkan pada spesimen yang sama pada pengujian porositas pada Tabel 2. dapat digunakan untuk menghitung nilai densitas pada spesimen. Penggunaan spesimen yang sama dalam perhitungan nilai porositas dan nilai densitas tersebut digunakan untuk membandingkan pengaruh variasi temperatur penuangan yang mengakibatkan porositas mengecil terhadap nilai densitas yang dihasilkan. Gambar 4. memperlihatkan hasil yang diperoleh dari pengujian densitas pada berbagai variasi temperatur tuang.



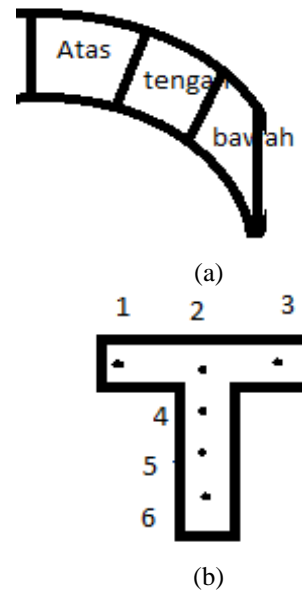
Gambar 4. Grafik Hasil Densitas terhadap temperatur penuangan dan posisi pengukuran ADC12

Nilai densitas pada pengujian terlihat cenderung meningkat seiring bertambahnya temperatur tuang, akan tetapi juga terjadi penurunan pada temperatur 800°C bagian atas sepatu rem. Pada teori terjadi proses difusi antar butir akan berpengaruh pada peningkatan nilai densitas. Dengan kenaikan densitas tersebut

menyebabkan volume spesimen mengecil sedangkan temperatur tidak berpengaruh pada massa spesimen, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai densitas selalu berkebalikan dengan nilai porositasnya

Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada temperatur penuangan 700°C, 750°C dan 800°C didapatkan hasil seperti terlihat pada Tabel 3. Berikut ini adalah gambar pengujian dilakukan pada bagian atas, tengah, dan bawah sepatu rem, masing-masing specimen mengalami 6 kali uji kekerasan sesuai pada gambar 5. (b).

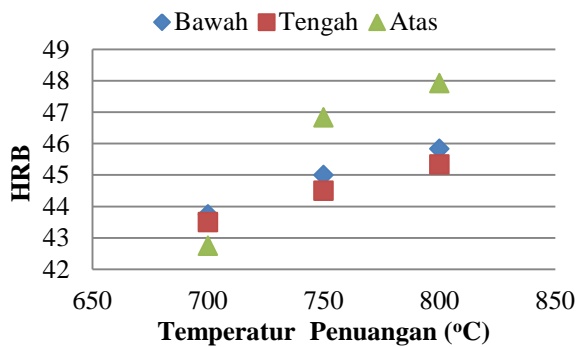


Gambar 5. (a) Posisi specimen dan (b) Posisi penitikan

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan sepatu rem dengan bahan ADC 12 pada temperatur penuangan 700°C, 750°C, dan 800°C. (Skala HRB)

Temperatur Penuangan	700°C			750°C			800°C		
	bawah	tengah	atas	bawah	tengah	atas	bawah	tengah	atas
1	47	44	41	43	42	46.5	46	44	45
2	43	43	39	42	39	42	45	44	43
3	47	44	43	44	45	47.5	44	46	46
4	41	43.5	45.5	45.5	46.5	50	46	47	52
5	42	44	45	48	49	46	46	46	50.5
6	42.5	42.5	43	47.5	45.5	49	48	45	51
Rata-rata per bagian	43.75	43.5	42.75	45	44.5	46.83	45.83	45.33	47.92
Rata-rata	43.33			45.44			46.36		

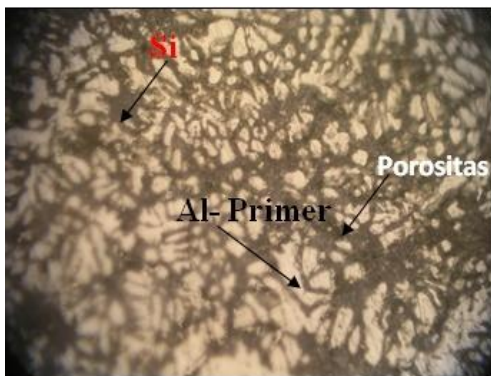
Dari rata-rata hasil pengujian kekerasan di atas dapat disajikan dalam grafik seperti pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Grafik Hasil nilai kekerasan terhadap temperatur penuangan dan posisi pengukuran ADC12

Gambar 6. memperlihatkan hasil yang diperoleh dari pengujian kekerasan pada berbagai variasi temperatur penuangan dan pada tiga posisi pengujian yang berbeda. Nilai kekerasan semakin meningkat dengan bertambahnya temperatur penuangan. Pada data besarnya kekerasan pada posisi atas selalu menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari posisi tengah maupun bawah, hal ini disebabkan pada posisi atas adalah daerah yang terkena tekanan secara langsung dari proses HPDC. Walaupun pada data nilai kekerasan pada temperatur penuangan 700°C posisi atas nilai kekerasannya lebih rendah dari posisi lainnya.

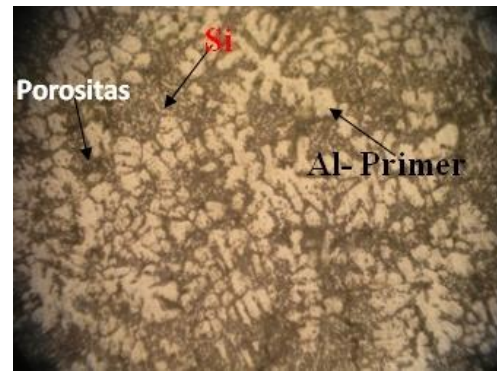
Hasil Pengujian Mikrografi



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Hasil Pengamatan Struktur Mikro ADC12 dengan temperatur penuangan (a) 700 °C, (b) 750 °C, dan (c) 800°C.

Pada pengamatan stuktur mikro terhadap material ADC12 setelah proses, diperoleh beberapa data seperti berikut:

1. Variasi temperatur penuangan menyebabkan perubahan bentuk struktur mikro paduan Al-Si. Hal ini terlihat baik pada temperatur penuangan 700°C, 750°C dan 800°C dimana terdapat perbedaan bentuk struktur mikro. Perubahan yang terjadi akibat proses pemanasan yang diberikan memberi peluang butir untuk bergerak dan menata letaknya, sehingga bentuk struktur butir pada masing-masing temperatur penuangan berbeda-beda.
2. Pada temperatur penuangan 700°C, 750°C dan 800°C, seiring dengan bertambahnya temperatur penuangan bentuk matrik Si menjadi tertata dan kelihatan lebih rapat. Semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan presipitat bertambah besar dan jumlah juga bertambah banyak, hal ini menyebabkan jarak antar partikel presipitat semakin rapat. Presipitat yang rapat inilah yang kemudian bertindak sebagai penghalang terjadinya dislokasi William, (1993:464-466). Sehingga ketika terjadi deformasi maka, akan sulit terjadi dislokasi. Hasil struktur mikro ini memperkuat hasil pengujian kekerasan dimana seiring bertambahnya temperatur penuangan, kekerasan paduan ADC12 menjadi meningkat.
3. Dari pengamatan struktur mikro temperatur penuangan 700°C, 750°C dan 800°C, menunjukkan adanya porositas pada masing-masing foto hasil pengamatan. Pada spesimen dengan temperatur penuangan 700°C terdapat lebih banyak porositas dibandingkan dengan temperatur penuangan 750°C dan 800°C. Rendahnya temperatur penuangan, akan menghasilkan *secondary dendrite arm spacing* (SDAS) yang semakin besar, sehingga jarak struktur makin besar, yang memungkinkan ukuran butir makin kasar, semakin panjang lengan dendrite mengakibatkan porositas terjebak diantaranya, sehingga pada temperatur penuangan 700°C banyak terdapat porositas.
4. Pada temperatur 700°C terlihat persebaran Si yang tidak merata, bahkan terlihat seperti terbentuk Si-

primer, seperti kita ketahui Si-primer tidak dapat terbentuk pada material ADC12, karena Si-primer hanya terbentuk pada paduan Al-Si dengan komposisi Si >12.6%. Seiring bertambahnya temperatur penuangan menyebabkan persebaran Si semakin merata. Si yang terpisah secara luas (*large divorced*) menjadi tersebar secara halus di antara fase aluminium (*finecoupled aluminium-silicon*) pada temperatur 800°C. Sebagaimana kita ketahui Si lebih merata dan tersebar pada semua permukaan menyebabkan kekerasan permukaan lebih tinggi. Hasil struktur mikro ini memperkuat hasil pengujian kekerasan dimana seiring bertambahnya temperatur penuangan kekerasan ADC12 menjadi meningkat.

KESIMPULAN

1. Setelah dilakukan pengujian densitas, porositas, dan kekerasan pada sepatu rem ADC12 hasil pengecoran HPDC didapatkan data :
 - Densitas rata-rata pada temperatur penuangan 700°C, 750°C, dan 800°C berturut-turut sebesar 1.566 gr/cm³, 1.573 gr/cm³, dan 1.575 gr/cm³.
 - Porositas rata-rata pada temperatur penuangan 700°C, 750°C, dan 800°C berturut-turut sebesar 11.8%, 11.4%, dan 11.3%.
 - Nilai kekerasan rata-rata pada temperature penuangan 700°C, 750°C, dan 800°C berturut-turut sebesar 43.33 HRB, 45.44 HRB, dan 46.36 HRB.
2. Dari data hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:
 - Kenaikan temperatur penuangan berpengaruh pada kenaikan nilai densitas dan penurunan nilai porositas, hal ini diperkuat dengan penurunan porositas yang terlihat pada pengamatan struktur mikro spesimen.
 - Kenaikan temperatur penuangan mengakibatkan nilai kekerasan ADC 12 meningkat, hal ini disebabkan Si yang terpisah secara luas (*large divorced*) menjadi tersebar secara halus di antara fase aluminium (*finecoupled aluminium-silicon*) sehingga persebaran Si semakin merata.

REFERENSI

1. http://google.com/picture/Brake_shoe. "Brake shoe". (Juli 2012).
2. <http://id.wikipedia.org/wiki/Komponenrem>. "Komponen rem tromol". (Juli 2012)
3. <http://prospekindustry.com.blogspot.com/2012/03/macam-macam-pengecoran.html>. "Macam-macam pengecoran" (Juli 2012)
4. Lauki, Hans Ivar. 2004. "High Pressure Die Casting of Aluminium and Magnesium Alloys". Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
5. Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1992. "Pengetahuan Bahan Teknik. (edisi kedua). Jakarta: Pradnya Paramita.
6. Smith, F. Wiliam. 1995. "Material Science and Engineering. (second edition)". New York: Mc Graw-Hill Inc.
7. Ghomashchi & Vikrov. 2000. "High Pressure Die Casting".
8. Callister Jr, William. D. 1994. "Material Science and Engineering". 7rd edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
9. ASM Metals Handbook Volume 9 – Metallography and Microstructure 2004.
10. D. Rajnovi, L. Sidjanin. 2007. "Characterization of Microstructure in Commercial Al-Si Piston Alloy". Berlin.
11. Surdia, T. dan Cijiwa K. 1991. "Teknik Pengecoran Logam". Jakarta: PT Pradnya Paramita.
12. Panitia Teknik ICS 77 – 01 .2007. "(SNI) Paduan aluminium ingot untuk die casting". Jakarta
13. Bhusan Rajesh Kumar, Sudhir Kumar, (2009), *Optimisation of Porosity of 7075 Al Alloy 10% SiC Composite Produced by Stir Casting Process Through Taguchi Method*, India.