

**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN
TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO
HASIL REMELTING Al-Si BERBASIS LIMBAH PISTON BEKAS
DENGAN PERLAKUAN DEGASSING**

Ferdiaz Dinov Mu'afax, Budi Harjanto, S.T., M.Eng., Suharno, S.T., M.T.

Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS
Kampus UNS Pabelan Jl. Ahmad Yani 200, Surakarta, Telp/Fax. 0271 718419

E-mail: ferdiazdinov@gmail.com

The purpose of this study was (1) Determine the effect of the variation media cooling to hardness remelting of Al-Si based used piston waste with degassing treatment, (2) Determine the effect of the variation cooling media to micro structure remelting of Al-Si based used piston waste with degassing treatment, (3) Determine the effect of the optimal cooling media results hardness and micro structure remelting of Al-Si based used piston waste with degassing treatment. This study used an experimental method that uses a single independent variable factor (media cooling variation) and two-factor variable (hardness and microstructure). Objects in this study using the results of remelting of Al-Si piston former waste. Data analysis techniques in this study using descriptive data analysis results graphically illustrate the tables and histograms as well as images of micro structures. Input parameters in analyzing the data include: variations in the cooling medium (water well, oil SAE 40 and salt liquid), micro structure, and hardness. The results showed a change in the level of hardness and the micro structure formed. From the hardness test results obtained the highest level of hardness in the media cooling well water 86.83 BHN respectively towards the lows of the cooling medium salt liquid at 83.63 BHN, media SAE 40 oil cooler for 63.24 BHN, and the non-quenching at low 54.22 BHN. Microstructure test shows the micro structure consists of the formation of Al that is soft (low hardness) and Si as an addition to the level of hardness that affect resilience, the size of the grains of different suggesting that different levels of hardness coupled. So we get the greater amount Si then the resulting hardness will increase.

Keywords: *media cooling variation, Al-Si, hardness, micro structure*

PENDAHULUAN

Aluminium (Al) adalah bahan logam yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Material aluminium dipergunakan dalam bidang yang luas, contohnya untuk peralatan rumah tangga, konstruksi pesawat terbang, dan konstruksi

mobil. Material ini sangat menarik bagi dunia industri, karena memiliki sifat yang ringan, ketahanan korosi yang tinggi, densitas yang rendah, dapat dibentuk dengan baik, serta memiliki daya konduktivitas yang tinggi, baik konduktivitas panas maupun listrik.

Aluminium menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Material ini merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Keterbatasan aluminium akhirnya membuat produsen untuk berpikir kreatif dengan cara memanfaatkan limbah hasil pengolahan aluminium, yang disebut *remelting*. Tujuan dari *remelting* adalah untuk mengefisiensi bahan yang telah ada, dengan harga yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan aluminium murni.

Remelting dapat digunakan untuk mendapatkan material dengan sifat yang diinginkan, dengan cara mengubah sifat dari material awal. Meskipun produk hasil *remelting* tidak seperti hasil olahan dari *ingot*, namun hal ini masih dipertahankan dengan banyak pertimbangan. Ada beberapa keuntungan dari hasil *remelting*, antara lain harganya yang relatif murah bagi skala *home industry*. Kelemahan *remelting* adalah ketangguhannya menurun seiring dengan perlakuan *remelting* yang dilakukan (Aris Budiono, 2004). Maka dari itu harus dilakukan proses lanjutan setelah mendapatkan benda hasil coran dari bahan bekas tersebut. Beberapa perlakuan yang dapat dilakukan yaitu dengan perlakuan *degassing* dan *quenching*.

Proses *degassing treatment* aluminium dilakukan dengan cara pemberian *degasser* pada cairan logam yang bertujuan untuk meminimalisasi

pembentukan gas dan mereduksi hidrogen pada logam cair (Brown, 1994:127). Kendala yang dihadapi dalam melakukan *degassing* adalah sulitnya dalam pengadaan bahan, serta biaya yang sangat mahal. Namun dari hasil pengamatan sebuah *home industry* pengecoran aluminium di Karanganyar, Jawa Tengah, dapat dijumpai penggunaan *dry cell* bekas sebagai *degasser*. Menurut Agita Wirasmara (2006) penambahan serbuk *dry cell* dengan persentase berat yaitu 0,15%, 0,25%, dan 0,30% terhadap berat logam aluminium menyatakan bahwa penambahan serbuk *dry cell* yang mendekati optimal untuk menciptakan produk cor tanpa cacat yaitu persentase 0,30%. Penelitian ini dalam menggunakan persentase pemakaian *dry cell* juga menggunakan persentase 0,30 % terhadap berat logam aluminium.

Setiap logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan. Piston hasil daur ulang agar bisa digunakan dengan baik dan aman, maka perlu dilakukan *treatment* (perlakuan) untuk memperbaiki sifat aluminium piston hasil pengecoran ulang. Perubahan sifat tersebut dapat memperbaiki sifat logam dan juga mampu merusak sifat logam yang ada didalamnya. Perubahan sifat ini salah satunya tergantung dari media pendingin

yang digunakan pada saat proses pendinginan. Fokus masalah yang ingin dipelajari dalam penelitian ini adalah perlakuan panas (*heat treatment*) pada paduan aluminium dengan pemilihan media pendingin yang tepat sebagai upaya memperbaiki sifat mekanis logam dalam segi kualitas.

LANDASAN TEORI

Aluminium (Al)

Aluminium merupakan logam *non ferro* yang memiliki sifat ringan dan tahan karat. Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekanisnya dan mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silikon, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat merubah sifat paduan aluminium (Surdia, 1991).

Sifat-sifat yang penting dengan memilih aluminium sebagai bahan adalah ringan, tahan korosi, dan merupakan konduktor panas dan listrik yang baik (Davis, 1993: 743).

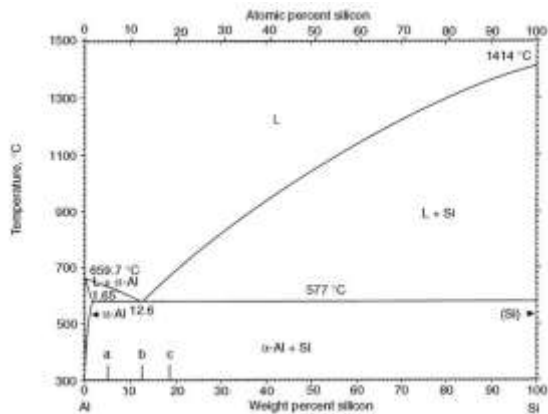
Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan, sifat – sifat mekanisnya, sifat mampu cornya yang dapat diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Macam-macam unsur paduan

aluminium dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Paduan Al-Si

Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik, tahan korosi, dapat diproses dengan permesinan dan dapat dilas. Kandungan silikon pada diagram fasa Al-Si ini terdiri dari 3 macam, yaitu:

- 1) *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 sebagai tambahan.
- 2) *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 fasa cair ke padat).
- 3) *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:
 - a) Ketahanan aus paduan meningkat.
 - b) Ekspansi termal yang rendah.
 - c) Memiliki ketahanan retak panas (*hot trearing*) yang baik.



Gambar 1. Diagram fasa paduan Al-Si
(Sumber: ASM Internasional, 2004)

Karakteristik Piston

Piston yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah torak adalah komponen penting dalam kendaraan bermotor, karena piston memegang peranan penting dalam proses pembakaran dalam ruang bakar yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima hentakan pembakaran pada ruang bakar silinder liner.

Sementara penyebab utama kerusakan komponen ini adalah ausnya piston yang disebabkan oleh kurang disiplinnya pemakai kendaraan dalam merawat kendaraan terutama dalam pengecekan oli mesin. Jika oli mesin dibawah standar volume yang harus dipenuhi maka piston akan mudah aus karena pelumasnya kurang.

Baterai Kering (*Dry Cell*)

Definisi baterai kering adalah suatu sumber energi listrik yang diperoleh dengan konversi langsung dari energi kimia

dan memiliki elektrolit yang tidak dapat tumpah, dan dapat dipakai dalam segala posisi (Dewan Standart Nasional Indonesia, 1990)

Berdasarkan penelitian dari Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya, didapatkan keterangan kandungan kimia pada serbuk *dry cell* bekas dari baterai ABC tipe R 20 S. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa serbuk *dry cell* bekas mengandung NH₄Cl sebanyak 5,95 % berat, NH₃ sebanyak 0,25 % berat, MnO₂ sebanyak 7,86 % berat, MnO₂O₃ sebanyak 62,28 % berat, Zn sebanyak 0,18 % berat, C sebanyak 2,76 % berat, ZnCl₂ sebanyak 15,6 % berat, H₂O sebanyak 4,85 % berat.

Remelting

Bahan baku pengecoran pada industri kecil tidak selamanya menggunakan bahan murni (aluminium *ingot*), tetapi menggunakan aluminium skrap atau *reject materials* dari pengecoran sebelumnya. Proses peleburan logam yang sebelumnya pernah dicor dinamakan *remelting*.

Proses ini banyak dilakukan pada industri kecil mengingat jumlah *reject material* yang harganya relatif murah jika dibandingkan dengan bahan murni (*ingot*). *Reject materials* juga lebih efisien memanfaatkan bahan aluminium yang telah ada, meskipun hasilnya tidak sebagus

pengecoran dengan bahan murni namun masih dapat digunakan untuk benda coran yang mendapat perlakuan gaya yang tidak begitu besar. Untuk benda coran pelek misalnya, dalam penggunaannya sering mendapatkan beban kejut. Oleh karena itu produk tersebut harus mendapat jaminan terhadap kerusakan retak-lelah dan usia pakai (*life time*) yang lama.

Degassing

Degassing adalah proses pengikatan senyawa hidrogen yang terjadi pada proses peleburan logam aluminium. Hidrogen adalah senyawa terpenting yang mempengaruhi terjadinya cacat porositas pada produk coran. Titik lebur aluminium adalah 660°C. Bila suhu cairan aluminium dibawahnya akan terjadi pembekuan yang cepat sehingga hasil coran tidak akan sempurna.

Penambahan serbuk *dry cell* dengan persentase berat yaitu 0,15%, 0,25%, dan 0,30% terhadap berat logam aluminium menyatakan bahwa penambahan serbuk *dry cell* yang mendekati optimal untuk menciptakan produk cor tanpa cacat yaitu persentase 0,30% (Agita Wirasmara, 2006).

Quenching

Quenching (pengerasan) adalah suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas austenit yang homogen. Untuk mendapatkan kehomogenan ini maka austenit perlu waktu pemanasan yang

cukup. Secara cepat baja dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja. Media *quenching* dapat berupa oli, air, udara, larutan garam sesuai dengan material yang di-*quenching*. Dimana kondisi sangat mempengaruhi tingkat kekerasan. Pada *quenching*, proses yang paling cepat akan menghasilkan kekerasan tertinggi.

Media Pendingin

Proses *quenching* dilakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media udara, air sumur, oli dan larutan garam. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin di sebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam itu. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan cepat lebih banyak dari pendinginan lambat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar, terjebak dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga kekerasannya meningkat.

Pengujian Komposisi Kimia

Uji komposisi merupakan pengujian yang berfungsi untuk mengetahui seberapa

besar atau seberapa banyak jumlah suatu kandungan yang terdapat pada suatu logam, baik logam ferro maupun logam non ferro.

Pengujian Kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan *Brinell* menggunakan penumbuk (indentor/penetrator) yang terbuat dari bola baja. Metode ini dilakukan dengan cara bahan diindentasi dengan indentor pada permukaan benda uji dengan beban tertentu kemudian diukur bekas penekanan yang terbentuk (Callister, 2000).

Angka kekerasan *brinell* (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diameter jejak. BHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$BHN = \frac{P}{\left(\frac{\pi D}{2}\right)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

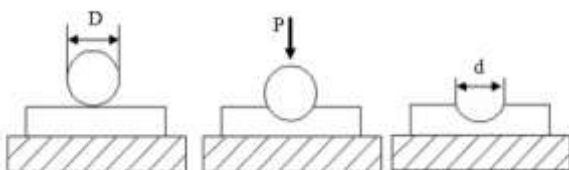
Keterangan:

BHN : Angka Kekerasan *Brinell* (BHN)

P : Beban yang digunakan (kg)

D : Diameter bola baja (mm)

d : Diameter bekas penekanan (mm)



Gambar 2. Skema pengujian *brinell*

Pada Gambar 2. terlihat bahwa benda kerja ditekan menggunakan bola indentor yang berdiameter (D), dan kemudian dilakukan pembebanan setelah selesai pembebanan kemudian bekas dari tekanan indentor diukur diameter lubangnya (d).

Diameter bola baja D (mm)	Beban (kgf)				
	30 D ²	10 D ²	5 D ²	12,5 D ²	D ²
10	3000	1000	500	-125	-100
5	750	-250	-125	-	-
Daerah kekerasan yang cocok untuk pengukuran	160-450	53-200	26-100	7-25	5-26
Bahan yang diukur	Logam keras (baja, besi cor)	Paduan tembaga, paduan aluminium keras	Tembaga, paduan aluminium	Logam lunak, timah dan lainnya	

Gambar 3. Tabel Standar Pengujian *Brinell* ASTM E10-12 Material Aluminium dan Paduan Aluminium

Pengujian Struktur Mikro

Metalografi adalah pengujian spesimen dengan menggunakan mikroskop atau pembesaran beberapa ratus kali, bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro. Pada hal ini, struktur logam dan paduannya dengan pengujian metalografi. Kita dapat mengetahui struktur dari suatu logam dengan memperjelas batas-batas butir logam.

METODE PENELITIAN

Material penelitian merupakan bahan atau objek yang diteliti untuk diambil datanya.

1. Piston bekas

Piston bekas merupakan salah satu komponen dalam suatu kendaraan bermotor yang sudah tidak dipakai sebagaimana fungsinya.



Gambar 4. Piston bekas sepeda motor

2. Dry Cell

Dry cell yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *dry cell* bekas tipe R 20 S.



Gambar 5. *Dry cell* bekas tipe R 20 S

3. Media Pendingin

Media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: air sumur, oli SAE 40 dan larutan garam.

Untuk peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Dapur Peleburan Coran

Dapur yang digunakan dengan menggunakan dapur sistem kowi, yaitu dapur yang terbuka dengan bahan

bakar yang tidak tertutup. Kowi terbuat dari bahan baja di las, sedangkan bahan bakar dari arang kayu.



Gambar 6. Dapur Peleburan Coran

2. Ladle

Ladle adalah alat bantu menyerupai sendok yang berukuran besar digunakan untuk mengambil logam cair dari tungku ke dalam cetakan. Bahan untuk membuat alat ini yaitu terbuat dari stainless steel atau baja.

3. Termokopel

Termokopel adalah alat untuk menunjukkan berapa derajat panas dari aluminium yang telah melebur. Penelitian ini menggunakan *digital thermometer KW06-283* dengan kisaran - 58pF ~ 2000pF dan ketelitian $\pm 0.5\% \pm 2pC$.



Gambar 9. *Digital Thermometer*
KW06-283

4. *Sand Casting (Cetakan Pasir)*

Proses pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*) yang dilakukan dengan sistem *open riser* yaitu dengan keadaan cetakan terbuka.

5. *Alat Pengujian Komposisi Bahan*

Alat uji untuk mengetahui komposisi bahan dari aluminium dalam penelitian ini menggunakan alat "*spektrometer metal scan*" dengan merk "*arun metal scan*" nomor seri 00203351.



Gambar 12. *Spektrometer Metal Scan*

6. *Alat Pengujian Kekerasan (Brinell)*

Alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan pada

pengujian kekerasan *Brinell* adalah "*electronic brinell hardness tester HB-3000C*". Permukaan spesimen yang akan diuji harus relatif halus, rata, bersih dari debu atau kerak.



Gambar 13. *Electronic Brinell*
Hardness Tester HB-3000C

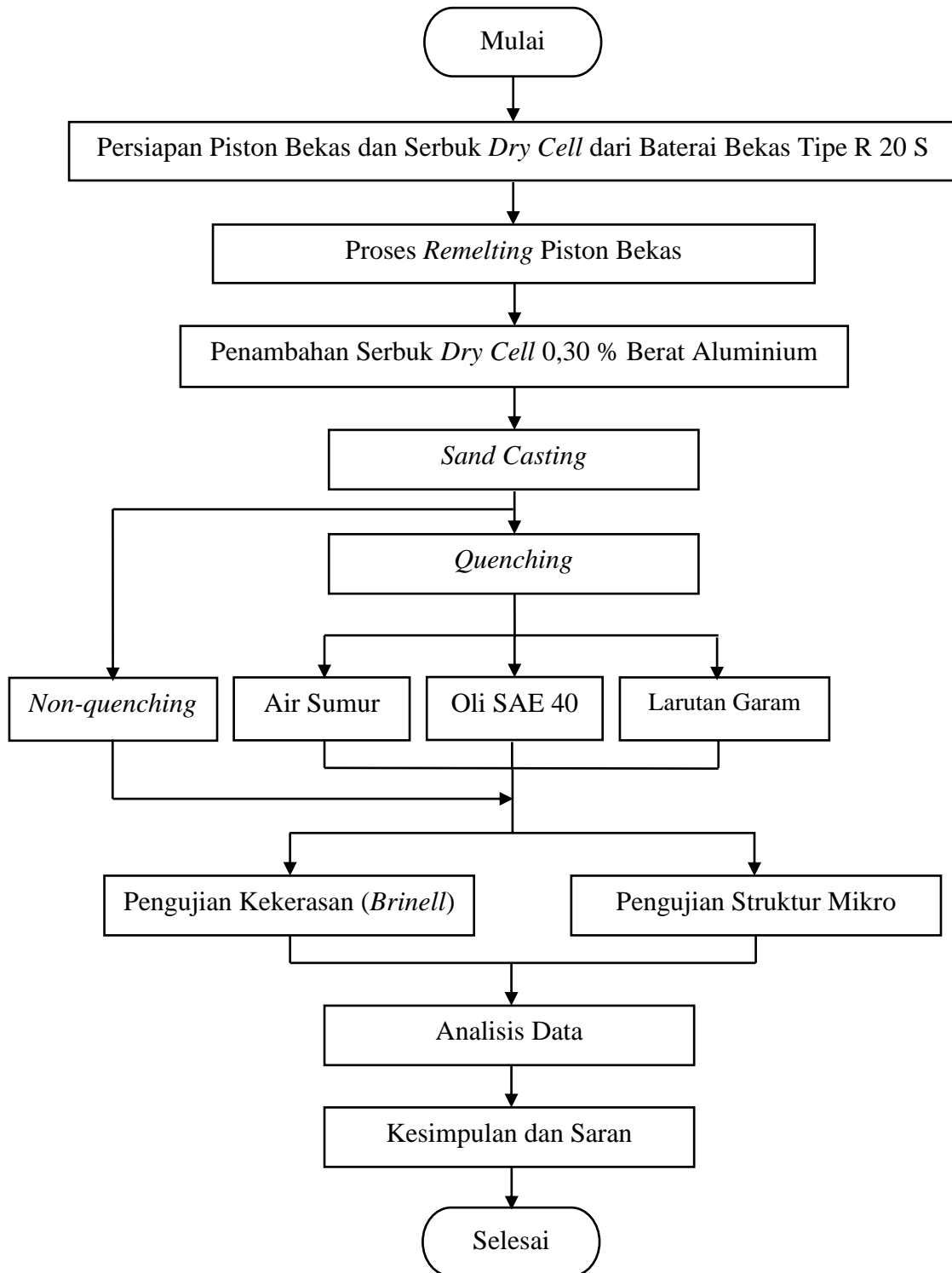
7. *Alat Pengujian Struktur Mikro (Metalografi)*

Alat uji untuk menganalisa struktur mikro dalam penelitian ini menggunakan alat "*metallurgical microscope with inverted (olympus PME 3)*", dengan perbesaran 20x sampai 500x skala foto satu strip 10 μm .



Gambar 14. *Metallurgical Microscope*
With Inverted (Olympus PME 3)

Tahap eksperimen dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan diagram alir eksperimen sebagai berikut:



Gambar 15. Diagram Alir Penelitian

Prosedur Penelitian

1. Menimbang piston bekas dan serbuk *dry cell*.
2. Memeriksa dan membersihkan tungku (*crucible*) dan *ladle*.
3. Memasukkan piston bekas yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam *crucible*
4. Menyalakan api yang sebelumnya sudah ditaburi bahan bakar berupa arang kayu di sekeliling *crucible*.
5. Menyalakan *blower* yang sudah dipasang
6. Membuat cetakan pasir
7. Memeriksa temperatur piston bekas yang sudah mencair menggunakan alat *digital thermometer KW06-283* sampai menunjukkan suhu 660°C .
8. Mencampurkan serbuk *dry cell* 0,30% berat aluminium yaitu sebesar 3 gram
9. Mengambil terak yang mengambang dipermukaan cairan logam
10. Menuangkan cairan logam kedalam cetakan.
11. Memasukkan spesimen hasil cor kedalam gelas secara cepat (*quech*) dengan masing-masing volume dari variasi media pendingin sebanyak 200 ml.
12. Spesimen hasil cor dihaluskan permukaan atas dan bawah menggunakan mesin bubut konvensional.
13. Melakukan pengujian komposisi bahan aluminium menggunakan *spektrometer metal scan*.
14. Melakukan pengujian struktur mikro menggunakan *metallurgical microscope with inverted (olympus PME 3)*.
15. Melakukan pengujian kekerasan *Brinell* menggunakan *electronic brinell hardness tester HB-3000C* pada setiap spesimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Berdasarkan hasil pengujian komposisi, maka dapat diketahui beberapa unsur yang menunjukkan kandungan unsur kimia yang terdapat pada hasil *remelting* Al-Si piston bekas.

Unsur	Sampel Uji	
	12/S1543 (%)	Deviasi
Al	87,36	0,1905
Si	9,74	0,198
Fe	0,765	0,0015
Cu	1,11	0,0500
Mn	0,0325	0,0009
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	0,0150	<0,0000
Ni	0,0885	0,0304
Zn	<0,0100	<0,0000
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	<0,1000	<0,0000
Pb	0,0558	0,0019
Be	0,0002	0,0000
Ca	0,0040	0,0012
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	*0,716	*0,0259

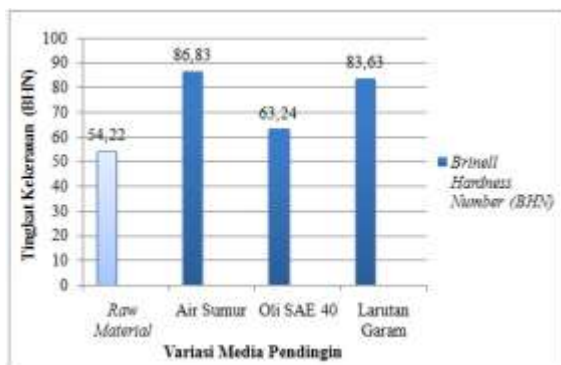
1. Tingkat Kekerasan pada Hasil Remelting Al-Si Piston Bekas dengan Perlakuan Degassing

Data hasil nilai kekerasan (BHN) dari setiap hasil pengujian nilai kekerasan untuk setiap variasi media pendingin udara, air sumur, oli SAE 40 dan larutan garam.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Nilai Kekerasan Rerata pada Hasil Remelting Al-Si Piston Bekas (BHN)

Variasi Media Pendingin	Hasil Kekerasan Brinell
Non-quenching	54,22 BHN
Air Sumur	86,83 BHN
Oli SAE 40	63,24 BHN
Larutan Garam	83,63 BHN

Berdasarkan Tabel 1 data hasil pengukuran nilai kekerasan tersebut agar mudah dalam pembacaannya, yaitu dengan ditabulasikan dalam bentuk grafik diagram batang (histogram).

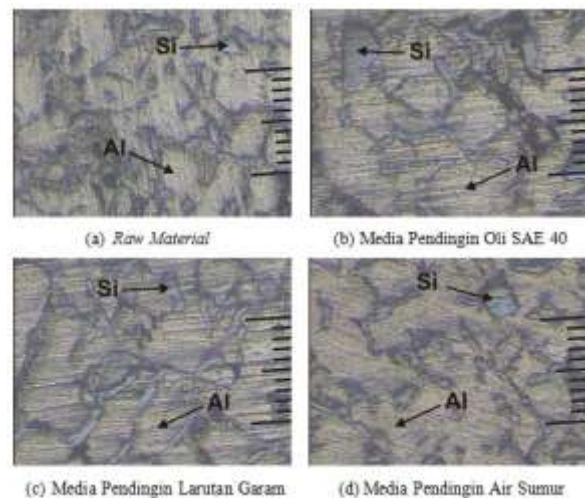


Gambar 16. Histogram Hasil Pengukuran Nilai Kekerasan Rerata pada Hasil Remelting Al-Si Piston Bekas (BHN)

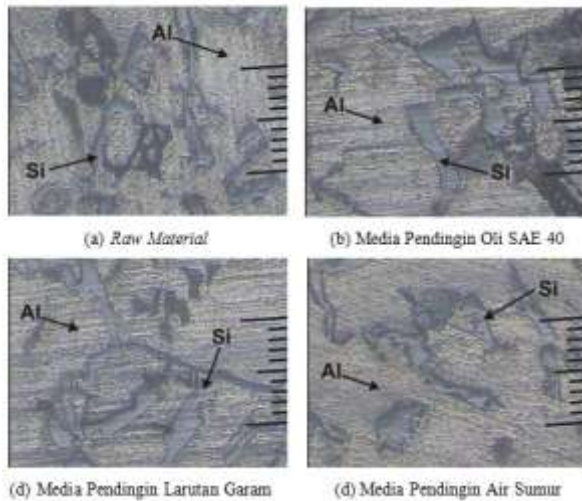
Pada spesimen *non-quenching* memiliki nilai kekerasan sebesar 54,22 BHN. Nilai kekerasan pada spesimen

perlakuan panas *quenching* oleh media pendingin oli SAE 40 sebesar 63,24 BHN atau meningkat 16,62 % terhadap *non-quenching*, nilai kekerasan pada spesimen perlakuan *quenching* oleh media pendingin larutan garam sebesar 83,63 BHN atau meningkat 54,24 % terhadap *non-quenching*. Nilai kekerasan tertinggi pada spesimen perlakuan panas *quenching* oleh media pendingin air sumur sebesar 86,83 BHN atau meningkat 60,14 % terhadap *non-quenching*.

2. Struktur Mikro pada Hasil Remelting Al-Si Piston Bekas dengan Perlakuan Degassing



Gambar 17. Foto Struktur Mikro Spesimen Perlakuan Panas *Quenching* Perbesaran 100X



Gambar 18. Foto Struktur Mikro Spesimen Perlakuan Panas *Quenching* Perbesaran 200X

Pada hasil pengamatan struktur mikro pada setiap spesimen perlakuan panas *quenching* terdapat dua struktur yaitu Al dan Si serta diikuti dengan porositas yang terjadi. Dimana struktur Al bersifat lunak (kekerasan rendah) dan struktur Si bersifat elastis (liat). Struktur Al dan Si terbentuk dari hasil pengecoran piston bekas yang didinginkan dengan variasi media pendingin, sehingga menyebabkan pembentukan fasa Al dan Si dengan bentuk butir kristal berbeda-beda yang menandakan bahwa tingkat kekerasan berbeda.

Pembentukan struktur Si yang terbentuk merata dan halus akibat proses *quenching* dengan media yang tepat maka kekerasan akan meningkat. Hubungan erat ini antar pembentuk struktur Al terhadap struktur Si dipengaruhi oleh suhu, fasa yang dialami, proses *quenching*, laju

pendinginan dan karakter media pendingin. Sehingga bahwa semakin banyak struktur Si maka nilai kekerasan yang dihasilkan meningkat.

Pembahasan

1. Spesimen *Non-quenching*

Pembentukan butir pada struktur Al berbentuk kasar dan tidak teratur. Struktur Si yang bersifat ulet, bentuk luasan yang tampak kecil tetapi tidak tumbuh secara sempurna. Oleh karena hal tersebut nilai kekerasan yang dihasilkan sebesar 54,22 BHN.

2. Spesimen Perlakuan Panas *Quenching* oleh Media Pendingin Oli SAE 40

Pembentukan butir Al sedikit lebih halus dengan ditandai adanya alur yang tersebar merata diantara pertumbuhan struktur Si yang terhambat. Bentuk luasan dan butir struktur Si pada spesimen ini terlihat besar-besar disebabkan belum sempat tersebar karena tertahan oleh media pendingin oli SAE 40 pada saat diberi perlakuan *quenching*, namun sudah mengalami pertumbuhan. Maka hal ini dapat dilihat dari hasil uji kekerasan sebesar 63,24 BHN

3. Spesimen Perlakuan Panas *Quenching* oleh Media Pendingin Larutan Garam

Pembentukan butir struktur Al terlihat lebih halus dengan ditandai adanya

alur yang tersebar merata merata diantara pertumbuhan struktur Si. Bentuk luasan dan butir struktur Si pada spesimen ini terlihat kecil-kecil pada beberapa titik-titik pertumbuhan, sehingga pembentukan struktur Si telah mengalami pertumbuhan yang signifikan meskipun belum tersebar secara merata. Hal tersebut dibuktikan berdasarkan nilai kekerasan yang dihasilkan pada spesimen ini yaitu sebesar 83,63 BHN

4. Spesimen Perlakuan Panas *Quenching* oleh Media Pendingin Air Sumur

Penyebaran butir dan alur pada struktur Al terlihat paling halus. Bentuk luasan struktur Si terlihat berbentuk kecil-kecil dengan penyebaran yang merata dan pertumbuhan struktur Si yang baik sehingga tingkat keuletan tinggi, menandakan kekerasan spesimen ini tinggi. Sehingga dapat dibuktikan dari nilai kekerasan yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 86,83 BHN.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan panas *quenching* dengan pemberian variasi media pendingin (air sumur, oli SAE 40 dan larutan garam) mempengaruhi tingkat kekerasan hasil

remelting Al-Si berbasis limbah piston bekas dengan perlakuan *degassing*.

Dari hasil pengamatan struktur mikro, dapat diketahui pembentukan dan penyebaran komposisi struktur Al dan struktur Si pada setiap spesimen perlakuan panas *quenching* disebabkan oleh perbedaan karakter media pendingin yang dikenai pada spesimen, sehingga berdampak halus dan meratanya struktur Al dan struktur Si pada spesimen.

Dari hasil pengujian kekerasan dan hasil pengamatan struktur mikro, spesimen dengan media pendingin air sumur memiliki struktur mikro dengan permukaan spesimen paling halus dan penyebaran struktur Si yang banyak maka tingkat kekerasan pada spesimen dengan media pendingin air sumur paling tinggi.

2. Saran

- a. Pengujian dan pengamatan untuk menghasilkan tingkat kekerasan yang paling tinggi dan struktur mikro yang baik dapat dilakukan dengan menentukan media pendingin air sumur dengan kekerasan sebesar 86,83 BHN.
- b. Untuk penelitian berikutnya yang sejenis agar tidak menggunakan suhu spesimen 350⁰C pada saat proses *quenching*, berdasarkan diagram fasa Al-Si dapat diketahui bahwa pada suhu 577⁰C kristal Al-Si sudah

terbentuk. Sehingga disarankan dalam melakukan perlakuan *quenching* pada suhu tersebut (setelah logam cair Al-Si dituang kedalam cetakan, langsung diberi perlakuan *quenching*).

- c. Bagi peneliti yang akan melakukan penelitian yang relevan di masa mendatang baiknya untuk mengambil foto mikro spesimen dengan memperhatikan daerah terjadinya perbedaan tingkat terbentuknya struktur mikro agar dapat diketahui karakteristik fisis hasil *remelting* Al-Si piston bekas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang sudah membantu dalam penelitian ini, terutama kepada Budi Harjanto, S.T., M.Eng. selaku pembimbing I dan Suharno, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran kepada penulis selama melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

[ASTM]. American Standard Test Method. (1993). *ASTM and Their Specifications for Petroleum Products and Lubricants*. Philadelphia: ASTM.

Annual Books of ASTM. ASTM Standard E10-08, Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials.

ASM International. (2004). All Rights Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas Microfractographs.

Brown, Jhon. R. (1994). *The Foseco Foundryman's Handbook (10th edition)*. Oxford. London.

Callister Jr., W.D., (2000). "Fundamentals of Materials Science and Engineering", Interactive Text, John Wiley & Sons, Fifth Edition, pp. 416, 417, 177 – 181.

Davis, J.R. *ASM Speciality Handbook: Aluminum dan Aluminum Alloys*, (Ohio: Davis & Associated, 1993)

Davis, JR, et al. (1998). *Casting (Metal Handbook Vol.15)*. Ohio. American Society of Materials.

Dewan Standarisasi Nasional. (1990). SNI 04-2051-1990. *Baterai Kering*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Suherman, Wahid. (1987). *Pengetahuan Bahan*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sepuluh November.

Supriyanto, (2009). *Analisis Hasil Pengecoran Aluminium dengan Variasi Media Pendingin*. Jana Teknika.

Surdia Tata, Kenji Chijiwa. (2000). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Wirasmara, Agita. (2006). *Pengaruh Penambahan Serbuk Baterai Bekas Pada Pengecoran Al dengan Cetakan Pasir*, Inoversitas Petra.

