

## KEKUATAN TARIK DAN POROSITAS *HANDLE REM* HASIL PROSES PENGECORAN ULANG MATERIAL DAUR ULANG PISTON DENGAN VARIASI TEMPERATUR PREHEATING CETAKAN

Putu Hadi Setyarini\*, Wahyono Suprpto dan Dyan Kusuma RP

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. MT Haryono 167, Malang 65145.

\*Email: putu\_hadi@ub.ac.id

### Abstrak

Aluminium merupakan salah satu bahan yang sering digunakan dalam komponen komponen otomotif, salah satunya adalah piston. Piston biasanya terbuat dari paduan AlSi. Salah satu cara untuk mendaur ulang aluminium bekas adalah dengan proses pengecoran, dimana untuk memperbaiki sifatnya dipadukan unsur lainnya yaitu magnesium. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari temperatur cetakan terhadap karakteristik kekuatan tarik dan porositas pada produk *handle rem*. Temperatur cetakan yang digunakan adalah 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, dan 350°C. Diharapkan dengan adanya variasi temperatur dapat mengurangi kelarutan gas hidrogen sehingga mempengaruhi nilai porositas. Piston bekas dan magnesium dileburkan pada temperatur 750°C. Cetakan yang digunakan adalah cetakan permanen yang menggunakan alas baja yang difungsikan untuk menyerap panas. Hasil dari penelitian menunjukkan adanya pengaruh temperatur cetakan terhadap karakteristik kekuatan tarik dan porositas. Pengambilan data porositas menggunakan uji piknometri pada spesimen tiap variasi temperatur. Hasil dari pengujian piknometri didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur cetakan menyebabkan semakin rendahnya nilai porositas. Nilai porositas tertinggi didapatkan pada temperatur cetakan 150°C sebesar 6.638% pada *handle* kiri dan 3.533% pada *handle* kanan, nilai porositas terendah didapatkan pada temperatur cetakan 350°C sebesar 3.012% pada *handle* kiri dan 1.519% pada *handle* kanan. Pengujian kekuatan tarik menggunakan standar ASTM ASTM B 557 – 02. Dalam pengujian kekuatan tarik didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur cetakan menyebabkan nilai kekuatan tarik. Kekuatan tarik tertinggi didapatkan pada temperatur cetakan 150°C sebesar 279.393 MPa dan nilai kekuatan tarik terendah didapatkan pada temperatur cetakan 350°C sebesar 114.121 MPa.

**Kata kunci:** porositas, kekuatan tarik, pengecoran ulang, temperatur preheating cetakan

### 1. PENDAHULUAN

Menurut Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) data penjualan sepeda motor di Indonesia pada bulan Januari hingga bulan Juni 2018 mencapai 3.002.753 unit, dimana merek motor Jepang mendominasi pasar Indonesia, yaitu Honda. Jumlah kendaraan bermotor di Kota Malang dilansir melalui Badan Pusat Statistik Kota Malang terdapat sejumlah 456.693 unit kendaraan bermotor roda dua.

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi meliputi peralatan rumah tangga, konstruksi, komponen otomotif dan pesawat terbang (*aerospace*). Pemakaian aluminium diperkirakan pada masa mendatang masih terbuka luas baik sebagai material utama maupun material pendukung dengan ketersediaan biji aluminium di bumi yang melimpah. Aluminium disamping mempunyai massa jenis kecil, tahan terhadap korosi, daya hantar listrik yang baik, jika dipadu dengan unsur dan diproses dengan metode tertentu akan mempunyai sifat fisis dan mekanis yang unggul. Komponen otomotif sebagian besar menggunakan paduan aluminium silikon (Al-Si) yang proses produksinya menggunakan proses pengecoran. Silikon (Si) merupakan salah satu unsur yang jika dipadu dengan aluminium mampu meningkatkan sifat mekanis, mampu cor (*castability*), dan mampu mesin (Surdia, 1993)

Piston merupakan salah satu bagian dari kendaraan bermotor. Piston memiliki peran penting dalam proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar. Maka dari itu piston memiliki beberapa sifat yang harus dimiliki, antara lain piston memiliki sifat refraktori, tahan korosi, dan memiliki koefisien muai yang rendah. Dalam pemilihan bahan piston pabrik menggunakan bahan paduan Aluminium Silikon. Cara yang dapat digunakan untuk memperbaiki kelemahan aluminium adalah dengan memadukannya dengan unsur lain, baik dengan kombinasi dua unsur atau lebih logam.

Magnesium merupakan unsur kedelapan yang melimpah keberadaannya selain itu magnesium merupakan unsur paling banyak ketiga yang terlarut dalam air laut. Logam ini merupakan logam ringan, logam ini merupakan logam yang mudah dicor dan dimesin tetapi memiliki kekerasan lebih dari aluminium. (Surdia, 1993). Dengan menambahkan unsur magnesium pada paduan aluminium akan meningkatkan sifat mekanik dari aluminium berupa kekerasan (Karomi, 2016)

Salah satu cara untuk mengurangi barang bekas atau limbah adalah dengan mendaur ulangnya. Salah satu contoh barang bekas atau limbah yang kita temui dengan jumlah yang banyak dan harga yang relatif rendah adalah aluminium bekas. Dalam proses daur ulangnya dapat ditambahkan unsur paduan atau tambahan untuk menyesuaikan sifat yang diinginkan sehingga daur ulang barang bekas dapat bersaing dengan produk dari aluminium baru. Salah satu produk yang dibuat dari aluminium adalah *handle* rem motor. *Handle* rem yang sering kita temui dipasar memiliki harga yang cukup tinggi dan juga memiliki kekurangan dimana mudah patah. Maka dari itu diperlukan *handle* rem yang memiliki kualitas yang lebih baik dan juga memiliki harga yang lebih murah dari harga pabrik.

Salah satu cara mendaur ulang dan juga menambahkan unsur paduan aluminium adalah dengan cara melakukan pengecoran logam. Pengecoran logam adalah salah satu proses manufaktur. Pada proses ini terdapat rangkaian proses peleburan atau pencairan logam di dalam tungku peleburan. Dilanjutkan dengan penuangan logam cair pada cetakan (Suprpto, 2017). Hasil dari proses coran salah satunya ditentukan oleh fluiditas logam cair. Setelah rongga cair mengalir dan mengisi rongga cetakan, proses selanjutnya disebut dengan solidifikasi.

Cetakan permanen merupakan cetakan yang digunakan berkali kali hingga cetakan mengalami kerusakan. Kerusakan pada cetakan disebabkan oleh *thermal fatigue* atau *creep*. Macam macam hasil produk cetakan permanen diantara lain adalah dalam bidang otomotif. Cetakan permanen biasanya terbuat dari baja maupun besi cor. Untuk mendapatkan hasil coran yang berkualitas dari cetakan permanen dibutuhkan suatu cara, dimana dibutuhkan control temperatur pada cetakan, atau biasa disebut dengan *preheating* cetakan. Untuk bahan yang terbuat dari baja maupun besi cor temperatur cetakan terbaik adalah berkisar 600 F / 348.889°C (Heine,1987). Proses ini digunakan untuk menjaga agar perbedaan temperatur aluminium cair yang dituang dengan cetakan tidak terpaut jauh. Sehingga akan diperoleh fluiditas aluminium yang tinggi. Sehingga dapat mengurangi kecepatan pendinginan. Karena itu dapat mengurangi kemungkinan cacat yang terjadi seperti cacat porositas. Cacat porositas merupakan cacat yang disebabkan oleh kelarutan gas hidrogen, dimana semakin tinggi temperatur meningkatkan gas kelarutan gas hidrogen (Beeley,2001)

Dilakukan pengujian kekuatan tarik dilakukan karena dengan pengujian ini kita dapat mengetahui karakteristik kekuatan tarik. Sehingga didapatkan berbagai sifat mekanik dari suatu pengujian tarik. Seperti contoh kita dapat mengetahui kekuatan kejut dan bending. Dari penelitian ini diharapkan didapatkan temperatur yang sesuai dalam mendapatkan kekuatan tarik dan porositas yang baik.

## 2. METODOLOGI

Variabel bebas yang digunakan untuk penelitian ini adalah temperatur cetakan coran dengan suhu 150°C, 200°C, 250°C, 300°C dan 350°C. Variabel terikat pada penelitian ini adalah mengamati porositas dan kekuatan tarik pada hasil proses pengecoran spesimen *handle* rem material daur ulang piston ditambahkan magnesium. Variabel terkontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan yang digunakan merupakan daur ulang piston yang ditambahkan dengan magnesium yang dileburkan pada temperatur 750°C dan dicetak pada cetakan permanen yang dialasi oleh material baja. Kemudian dilakukan pengujian komposisi dilakukan dengan menggunakan *spectro lab*, pada Tabel 1 ditunjukkan hasil dari pengujian tersebut.

Aluminium daur ulang piston dan magnesium dileburkan menggunakan tungku peleburan. Cetakan permanen dilakukan pemanasan dengan variasi temperatur yang ditentukan menggunakan burner. Lalu logam cair dituangkan pada cetakan hingga mengalami *solidifikasi*. Untuk memudahkan pelepasan logam ketika mengalami solidifikasi, sebelum cetakan dipanasi cetakan terlebih dahulu diberi oli pada permukaan cetakan.

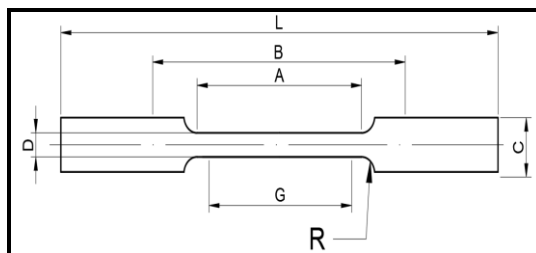
**Tabel 1. Data Uji Komposisi**

Unsur	Massa Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	% berat (%)
Si	2.329	14.3
Fe	7.874	0.468
Mg	1.738	7.37
Zn	7.14	0.234
Na	0.968	0.00009
Ni	8.908	0.565
P	1.823	0.0005
Sb	6.697	0.0449
Be	1.85	0.00009
Bi	9.78	0.0018
Cu	8.96	2.36
Mn	7.21	0.181
Cr	7.19	0.0184
Ti	4.506	0.0344
Ca	1.55	0.00083
Pb	11.34	0.0047
Sn	7.365	0.0307
Sr	2.64	0.0012
Zr	6.52	0.0029
Cd	8.65	0.0011
Al	2.7	74.4

Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban tarik pada spesimen uji secara perlahan hingga spesimen mengalami patahan. Kekuatan tarik, regangan, diukur pada pengujian ini. Pengujian tarik pada hasil coran merupakan hal yang penting dikarenakan untuk mengetahui pengaruh dari proses pendinginan dan pembekuan. Pada pengujian kekuatan tarik menggunakan standar ASTM B 557-02. Dimensi spesimen kekuatan tarik dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 2.

**Tabel 2 Dimensi Spesimen Uji Tarik**

	Ukuran (mm)
G - Panjang Pemusatan Tegangan Spesimen	50,8
D - Diameter	6,35
R - <i>Fillet</i>	76,2
A - Panjang Pengecilan Spesimen	557,15
L - Panjang Total Spesimen	228,6
B - Panjang Antar Cekaman	114,3
C - Diameter Akhir Spesimen	9,525



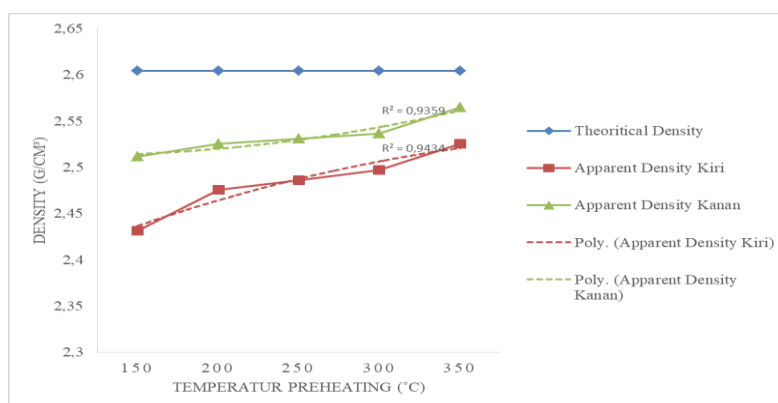
**Gambar 2. Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik**

Sebelum spesimen hasil coran dihitung nilai porositas, spesimen terlebih dahulu dilakukan *finishing* untuk menyamakan dimensi setiap spesimen. Setelah itu, dilakukan uji piknometri pada *pulley* untuk mencari nilai berat *pulley* di udara ( $W_s$ ), berat keranjang di dalam air ( $W_b$ ), berat *pulley* dan keranjang di dalam air ( $W_{sb}$ ).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perhitungan porositas terlebih dahulu menghitung nilai *theoretical density* dan *apparent density*. *Theoretical density* dapat dihitung menggunakan rumus ASTM-E 252-84 dibawah ini, sebelum nya dilakukan uji komposisi untuk mengetahui nilai persentase kandungan unsur pada hasil pengecoran.

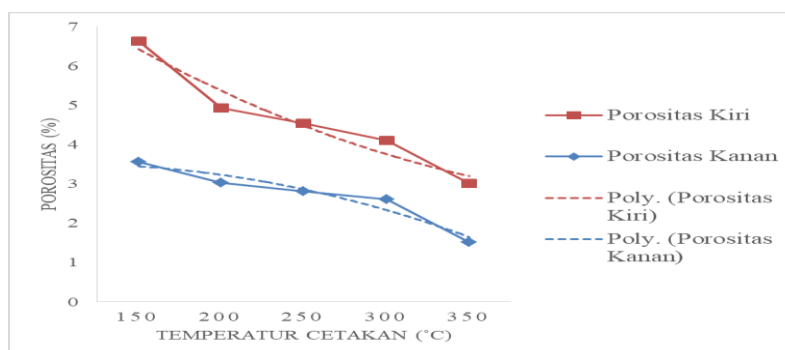
Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai *theoretical density* sebesar  $2.604 \text{ g/cm}^3$ . Sementara itu *apparent density* didapatkan dari perhitungan berat spesimen di udara ( $W_s$ ), berat spesimen di air ( $W_{sb}$ ), dan berat keranjang di air ( $W_b$ ). Berat keranjang di air dianggap 0 dikarenakan sebelum ditimbang spesimen keranjang di 0 kan terlebih dahulu. *Apparent density* dapat dihitung menggunakan rumus ASTM-B 311-93. Setelah didapatkan nilai *apparent density* dari setiap variasi temperatur cetakan. *Theoretical density* dibandingkan dengan nilai *apparent density*. Dari perhitungan *apparent density* didapatkan bahwa nilai *apparent density* berada dibawah dari nilai *theoretical density*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat porositas yang terbentuk dari hasil pengecoran.



**Gambar 3. Grafik Pengaruh Temperatur Cetakan terhadap Density**

Dapat diketahui pula, bahwa perbedaan temperatur cetakan akan mempengaruhi nilai dari *apparent density*, dimana semakin tinggi temperatur cetakan akan meningkatkan *apparent density* benda hasil coran. Perbedaan ini disebabkan akibat adanya perbedaan temperatur antara cetakan dengan logam cair. Semakin kecilnya perbedaan temperatur antara logam cair dan cetakan menyebabkan semakin kecilnya kelarutan hidrogen dalam logam cair. Semakin sedikit kelarutan hidrogen terhadap logam cair menyebabkan semakin kecilnya cacat porositas yang terjadi pada beda hasil pengecoran. Sedikitnya porositas menyebabkan benda hasil coran lebih padat, sehingga memiliki nilai *apparent density* yang semakin tinggi.

Nilai *theoretical density* dan *apparent density* rata-rata kemudian dibandingkan untuk mengetahui persentase porositas dari *pulley*



**Gambar 4. Grafik pengaruh temperatur *preheating* terhadap porositas**

Setelah mengetahui *apparent density* dan *theoretical density* pada benda hasil pengecoran, dapat diketahui nilai porositas pada benda hasil coran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa temperatur pemanasan pada cetakan mempengaruhi nilai porositas benda hasil pengecoran. Untuk pemanasan cetakan dilakukan pada temperatur 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, dan 350°C.

Hal tersebut dapat terjadi karena semakin tinggi temperatur cetakan akan menyebabkan nilai porositas dari benda hasil pengecoran mengalami penurunan. Nilai porositas tertinggi didapatkan pada temperatur cetakan 150°C sebesar 6.638% pada *handle* kiri dan 3.533% pada *handle* kanan, nilai porositas terendah didapatkan pada temperatur cetakan 350°C sebesar 3.012% pada *handle* kiri dan 1.519% pada *handle* kanan. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan waktu solidifikasi pada proses solidifikasi, dimana semakin jauhnya temperatur cetakan dan temperatur logam cair menyebabkan semakin cepatnya waktu solidifikasi. Semakin lambat proses solidifikasi menyebabkan logam cair dapat terdistribusi merata, sehingga menyebabkan semakin kecilnya cacat porositas. Selain itu waktu solidifikasi juga mempengaruhi kelarutan gas hidrogen pada logam cair, semakin cepat proses solidifikasi menyebabkan semakin besarnya nilai kelarutan gas hidrogen.

Pengujian kekuatan tarik dilakukan pada hasil pengecoran daur ulang piston yang ditambah dengan magnesium menggunakan *universal testing machine*. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada tiga spesimen, kemudian dirata-rata dan dibandingkan nilai kekuatan tarik. Untuk data pengujian kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 3.

Dilihat pada Tabel 3 bahwa, terdapat pengaruh dari temperatur cetakan terhadap kekuatan tarik benda hasil pengecoran. Temperatur cetakan mempengaruhi kekuatan tarik dari material, dimana semakin besar temperatur cetakan akan menurunkan kekuatan tarik dari material tersebut. Diperoleh hasil bahwa temperatur cetakan 350°C memiliki kekuatan tarik rata-rata terkecil yaitu 114.121 MPa dan temperatur cetakan 150°C memiliki rata-rata kekuatan tarik terbesar yaitu 279.393 MPa. Perbedaan kekuatan tarik dan regangan yang dimiliki oleh material dipengaruhi oleh waktu solidifikasi. Waktu solidifikasi akan mempengaruhi bentuk dan dimensi dari suatu material. Seperti contoh perbedaan temperatur dari cetakan dan logam cair yang rendah akan menyebabkan proses solidifikasi yang semakin cepat. Semakin cepat proses solidifikasi dari pengecoran menyebabkan butiran tidak memiliki waktu untuk berkembang. Sehingga butiran yang terbentuk akan memiliki dimensi yang semakin kecil seiring semakin cepatnya proses *solidifikasi* (Rahayu, 2018). Bentuk butir yang semakin besar pada suatu material menyebabkan material memiliki sifat mekanik yang lebih ulet sehingga memiliki kekuatan tarik yang rendah.

**Tabel 3 Kekuatan Tarik Tiap Spesimen**

Spesimen	Temperatur Cetakan (°C)	Beban Maksimum (N)	Tegangan Maksimum (MPa)	Rata – Rata (MPa)	Regangan (%)	Rata - Rata (%)
A	150	9410.272	297.023	279.393	3.552	4.401
		9118.400	287.810		4.068	
		8026.531	253.347		5.584	
B	200	7687.248	242.638	223.304	5.647	4.541
		7285.367	229.953		4.408	
		6251.485	197.320		3.568	
		4315.809	136.223		5.832	
C	250	4464.457	140.915	132.014	6.132	5.999
		3767.104	118.904		6.033	
		3891.523	122.831		11.237	
D	300	3949.214	124.652	120.443	9.782	9.293
		3606.905	113.847		6.859	
		2967.586	93.668		17.401	
E	350	3882.244	122.538	114.121	14.677	14.981
		3396.902	126.157		12.874	

#### 4. KESIMPULAN

- Spesimen *handle* rem hasil pengecoran memiliki nilai *apparent density* rata-rata yang lebih rendah daripada *theoretical density* yang mengindikasikan adanya porositas di dalam spesimen *handle* rem, sehingga menyebabkan nilai *apparent density* menurun. Sementara itu, semakin bertambahnya temperatur cetakan permanen menyebabkan nilai *apparent density* rata-rata semakin tinggi, dikarenakan nilai kelarutan hidrogen yang semakin kecil. Penambahan temperatur cetakan permanen, dapat mengurangi nilai porositas pada setiap kenaikan temperatur sebesar 50 °C. Porositas terbesar terjadi pada temperatur 150°C yaitu dengan besar porositas 6.638% pada *handle* rem kiri dan 3.553% pada *handle* rem kanan, adapun juga porositas terkecil terjadi pada temperatur cetakan 350°C yaitu dengan besar porositas 3.012% pada *handle* rem kiri dan 1.519% pada *handle* rem kanan. Porositas diperhitungkan dalam kualitas hasil pengecoran karena porositas merupakan cacat yang timbul dari proses pengecoran logam.
- Seiring dengan bertambahnya temperatur cetakan, maka menurunkan nilai kekuatan tarik. Nilai kekuatan tarik tertinggi terjadi pada temperatur 150°C yaitu sebesar 279.393 MPa dan nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada temperatur 350°C yaitu sebesar 114.121 MPa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Standard B 311 – 93. (2002). *Standad Test Methods for Void Content of Reinforced Plastics*. Philadelphia: ASTM International
- ASTM Standard B 557 – 02. (2003). *Standard Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products*. Philadelphia: ASTM International
- ASTM Standard E 252 – 84. (1999). *Standard Test Method for Thickness of Thin Foil and Film by Weighting*. Philadelphia: ASTM International
- Beeley, P. (2001). *Foundry Technology (2<sup>nd</sup> Ed.)*. Great Britain: Butterworth - Heinemam
- Dieter, G. (1986) *Mechanical Metallurgy*. Maryland: McGraw Hill Book
- Heine, R.W. (1987). *Principle of Metal Casting*. New Delhi: McGraw Hill Publishing Company LTD

- Kalpakjian, S. (1991). *Manufacturing Engineering and Technology*. Massachusetts: Adison-Wesley Publish Company
- Karomi, K.S. (2016). Analisis Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium Terhadap Tingkat Kekerasan, Struktur Mikro dan Kekuatan Impact pada Velg Aluminium. Solo : Prodi Pendidikan Teknik Mesin UNS.
- Rahayu, P. (2018). Pengaruh Temperatur Preheating Cetakan Terhadap Porositas dan Mikrostruktur Coran Paduan Aluminium. Malang : Teknik Mesin UB.
- Suprpto, W. (2017). *Teknologi Pengecoran Logam*. Malang: UB Press
- Surdia, T. & Chijiwa, K. (1996). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradyna Paramita
- Surdia, T. & Saito, S. (1993). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Balai Pustaka