
**PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR ULANG
ALUMINIUM (AL-MG) MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR
SILIKA DENGAN ZAT PENGIKAT BENTONIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK**

Andana Putra Ichsan, Ginanjar Dwi
Saputro, Elisa Sulistyorini
Program Studi Teknik Mesin, Universitas
17 Agustus 1945 Surabaya

Email : andanaputra14@gmail.com,
anjarsintara13@gmail.com,
elisasulistyorini@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Aluminium kini banyak diaplikasikan dan digunakan dalam kegiatan industri karena bobotnya yang ringan dan kekuatan mekanik yang baik. Penggunaan aluminium tidak hanya terbatas pada penggunaan aluminium baru tetapi juga aluminium bekas. Aluminium memiliki sifat mudah dibentuk. Titik leleh logam ini adalah $\pm 660^{\circ}\text{C}$. Material yang digunakan dalam proses pengecoran logam adalah aluminium daur ulang dengan paduan magnesium menggunakan teknik pengecoran pasir (Sand Casting) silikon sederhana yang dipadukan dengan pengikat bentonit. Penelitian ini diawali dengan pembuatan tiga cetakan pasir kuarsa yang disesuaikan dengan rasio pengikat berupa bentonit (8%; 8,5 sampai 9%), setelah itu logam cair dituangkan ke dalam cetakan dengan pasir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur pengecoran terhadap sifat mekanik cetakan pasir silikon berbahan aluminium daur ulang (Al-Mg) dengan bahan pengikat bentonit. Pengaruh beberapa variasi pengikat pasir pengecoran dapat ditentukan terhadap kualitas hasil pengecoran. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan beberapa pengujian yaitu: Uji kerusakan cetakan atau cacat coran, uji struktur mikro dan uji kekerasan. Cacat pengecoran terdeteksi secara visual. Pengujian struktur mikro diamati dengan mikroskop optik untuk lebih memahami struktur logam hasil pengecoran. Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan Rockwell. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh temperatur pengecoran cetakan pasir silika yang terbuat dari bahan daur ulang (Al-Mg) dengan bahan pengikat bentonit terhadap sifat mekanik.

Kata-kata kunci: Aluminium, Pasir cetak, Zat Pengikat, Sifat Mekanik.

ABSTRACT

Due to its light weight and good mechanical strength, aluminum is now widely used and used in industrial activities. The use of aluminum is not limited to using old aluminum as well as using new aluminum. Aluminum has a tendency to bend. The melting point of this metal is $\pm 660^{\circ}\text{C}$. The materials

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....

used in the metal casting process are recycled aluminum containing magnesium alloys using a simple silicon sand casting technique combined with a bentonite binder. In this research, we first made three quartz sand molds with a binder ratio of bentonite (8%, 8.5-9%), and poured molten metal into them together with sand. The purpose of this study is to analyze the effect of casting temperature on the mechanical properties of silicon sand molds made from recycled aluminum (Al-Mg) with bentonite binder. The influence of several variations of foundry sand binders on the quality of casting results can be determined. Several tests were performed to find out. Inspection for mold damage and casting defects, structural inspection, hardness inspection. Casting defects are detected visually. Microstructural examinations were observed with an optical microscope to better understand the metallic structure of the casting results. Hardness measurements were made using a Rockwell hardness tester. From this study, it is expected to know the effect of pouring temperature on the mechanical properties of quartz sand molds made of recycled material (Al-Mg) containing bentonite binder.

Keywords: Aluminum, Molding sand, Binder, Mechanical Properties.

Pendahuluan

Aluminium memainkan peran penting dalam dunia metalurgi karena dapat ditempa. Logam ini memiliki titik leleh $\pm 660^{\circ}\text{C}$, ketahanan korosi yang baik dan sifat logam lainnya yang baik. Juga untuk meningkatkan kekuatan mekanik dapat dikombinasikan sendiri atau dengan Cu, Mn, Mg, Si, Zn, Ni, dll. untuk dapat mencapai sifat baik lainnya, seperti koefisien pemuaian yang rendah, ketahanan aus, ketahanan korosi, dsb.

Maraknya penggunaan aluminium menghasilkan limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan. Selain itu, bahan baku produksi aluminium sangat terbatas dan biaya produksinya tinggi. Aluminium bekas atau aluminium yang rusak selama pengecoran harus didaur ulang. Salah satu metode daur ulang adalah dengan meleburkan kembali aluminium atau aluminium akibat cacat produksi menjadi bahan baku kembali.

Pada umumnya industri atau usaha kecil dan menengah di bidang pengecoran logam khususnya dari bahan aluminium daur ulang menggunakan teknik yang sederhana yaitu pengecoran pasir (sand casting). Selama pemakaian, cetakan pasir hanya digunakan sekali untuk pengecoran (disposable), kemudian cetakan harus dilakukan ulang untuk proses selanjutnya yang tentunya membutuhkan biaya (Firdaus, 2010).

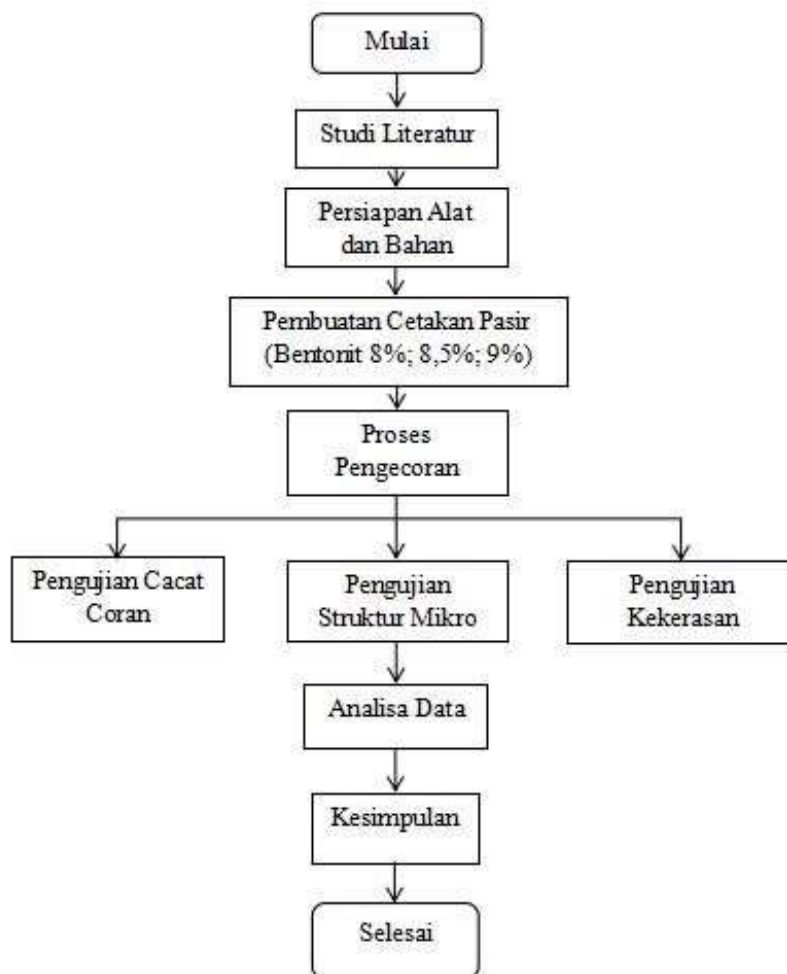
Pengecoran juga merupakan seni tertua dalam pengerjaan logam menjadi koin dan mungkin sebelum pemotongan seperti yang ditemukan pada artefak kuno yang menunjukkan keahlian luar biasa dalam membentuk benda logam dengan menuangkan logam cair (molten metals)

ke dalam bentuk tertentu dalam cetakan pasir khusus (Sudjana, 2008). Penelitian ini diawali dengan pembuatan tiga buah cetakan pasir kuarsa dengan konsentrasi pengikat yang disesuaikan dalam bentuk bentonit (8%; 8,5 - 9%). Kemudian logam cair dituangkan ke dalam cetakan pasir. Akhirnya, pengujian struktural dan pengujian kekerasan dilakukan.

Peneliti menganalisis bagaimana pengaruh temperatur pengecoran pada sampel aluminium menggunakan cetakan pasir silika dengan bahan pengikat bentonit dengan variasi 8%; 8,5%; dan 9% sifat mekanik dari pengecoran yang dihasilkan. Garis kesalahan terdeteksi secara visual. Pemeriksaan struktur mikro yang dipantau secara mikroskopis untuk lebih memahami struktur logam dari pengecoran yang dihasilkan. Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan Rockwell.

Metode

A. Diagram Alir Penelitian



PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Alat dan Bahan

❖ Alat

1. Pola



Gambar 2. Pola

Pola adalah model atau replika dari suatu benda atau bagian yang dibuat dengan proses pengecoran. Pola digunakan untuk proses pencetakan.

2. Tungku Peleburan



Gambar 3. Tungku Peleburan

Tungku pelebur berfungsi sebagai alat yang melebur alumunium. Tungku lebur yang digunakan berbahan bakar gas yang di salurkan menggunakan heating torch.

3. Blower



Gambar 4. Blower

Blower merupakan sebuah alat atau mesin yang dipakai buat menambah atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialiri kedalam suatu ruang tertentu.

4. Kotak Kerangka Cetak



Gambar 5. Kotak Kerangka Cetak

Kotak cetak berfungsi sebagai wadah untuk meletakkan pasir cetak dan pola. Kotak cetak terbuat dari kayu dengan pengunci agar kotak cetakan tidak bergeser.

5. Perata Cetakan Pasir



Gambar 6. Perata Cetakan Pasir

Berfungsi untuk meratakan pasir di kotak kerangka cetakan

6. Pipa



Gambar 7. Pipa

Digunakan untuk membuat lubang saluran masuk pada cetakan untuk aluminium cair.

7. Termometer Suhu

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....



Gambar 8. Thermometer Sensor

Thermometer sensor berfungsi sebagai alat untuk mengetahui dan juga mengukur temperatur peleburan aluminium dan penuangan aluminium cair.

8. Palu Karet



Gambar 9. Palu Karet

Digunakan untuk melonggarkan pola dari cetaknya atau juga untuk melonggarkan inti dari kotaknya.

9. Gerenda



Gambar 10. Gerenda

Digunakan untuk memotong dan memoles/merapikan spesimen.

10. Cawan Tuang



Gambar 11. Cawan Tuang

Digunakan untuk membawa dan menuangkan cairan logam alumunium kedalam cetakan.

11. Kertas Gosok



Gambar 12. Kertas gosok

Kertas gosok digunakan dalam menggosok permukaan spesimen yang terdapat bagian kasar menjadikan permukaan yang lebih halus dengan caranya menggosokkan bagian atas kasar ke bagian atas spesimen.

12. Timbangan



Gambar 13. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk mengukur berat spesimen.

❖ Bahan

1. Aluminium Daur Ulang



Gambar 14. Aluminium Daur Ulang

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....

Alumunium daur ulang digunakan sebagai bahan pembuatan produk yang di lebur dalam tungku peleburan.

2. Magnesium



Gambar 15. Magnesium

Magnesium digunakan sebagaibahan campuran paduan pembuatan produk yang di lebur dalam tungku peleburan.

3. Residu/Bio Solar



Gambar 16. Residu/Bio Solar

Residu/Bio Solar digunakan sebagai bahan bakar peleburan cairan logam.

4. Pasir Silika



Gambar 17. Pasir Silika

Pasir silika digunakan sebagai bahan baku dari pembuatan cetakan dengan pengikat Resin. Pasir yang didapat, terlebih dahulu diayak untuk mendapat ukuran pasir yang halus, hal ini dilakukan agar hasil dari pengecoran memiliki permukaan yang rata.

5. Bentonit



Gambar 18. Bentonit

Bentonit digunakan sebagai bahan pengikat pasir silika. Bentonite akan dicampur dengan pasir silika halus kemudian diberi air sedikit demi sedikit dan di aduk hingga merata.

Hasil dan Pembahasan

Proses pengecoran menggunakan metode sand casting. Proses ini diawali dengan membuat pola dengan material kayu panjang 10 cm, lebar 4 cm, tebal 4 cm. Proses peleburan aluminium dengan magnesium (kadar Mg = 12,25% dan kadar Al = 87,75%) menggunakan blower berbahan bakar solar. Selama proses peleburan logam cair melewati cetakan (panjang saluran masuk 18 cm), sehingga pintu cetakan harus disiapkan agar tidak mengganggu aliran massa panas. Temperatur pemanasan bahan disesuaikan dengan variasi temperatur moulding yang diharapkan yaitu 650°C, 700°C, dan 750°C.

A. Cacat Coran

Cacat Coran yang tampak pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Cacat Lubang Jarum



Gambar 19. Cacat Lubang Jarum (650°C)

Faktor Penyebab Cacat Coran Lubang Jarum : Logam jarum teroksidasi, Semakin rendah temperatur penuangan maka akan kurang kering dari hasil cetakan, dan juga Permeabilitas pasir cetak tersebut akan kurang sempurna.

- Cacat Ekor Tikus Tak Menentu

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....



Gambar 20. Cacat Ekor Tikus Tak Menentu (700°C)

Faktor penyebab cacat ekor tikus tak menentu : Kecepatan penuangan terlalu lambat, Pelapisan dari cetakan yang terlalu tebal, Lubang angin pada cetakan yang kurang.

➤ Cacat Rongga Penyusutan



Gambar 21. Cacat Rongga Penyusutan (650°C, 700°C)

Faktor penyebab cacat rongga penyusutan : Cetakan pasir membentuk sudut-sudut tajam, Sulitnya proses pengisian dari saluran masuk dikarenakan terdapat perubahan secara mendadak.

➤ Cacat Lubang Gas



Gambar 22. Cacat Lubang Gas (650°C, 700°C, 750°C)

Faktor penyebab cacat lubang gas yaitu berasal dari alat-alat yang digunakan pada proses dari cairan logam yang menyerap gas dan pengecoran logam (cetakan, inti) maka seketika cairan tersebut akan membeku yang menyebabkan gas yang terperangkap tersebut akan membuat lubang - lubang.

➤ Cacat Rongga Udara



Gambar 23. Cacat Rongga Udara (750°C)

Faktor penyebab cacat rongga udara : Cetakan kurang kering.

➤ Cacat Penyusutan Dalam



Gambar 24. Cacat Penyusutan Dalam (650°C)

Faktor penyebab cacat penyusutan dalam proses peletakan penambah dan perencanaan yang tidak sempurna.

B. Hasil Uji Struktur Mikro

➤ 650°C Bentonit 8%



Gambar 25. 650°C Bentonit 8%

$$\text{Presentase perlit} = \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{titik}} \times 100\% \text{ Jumlah}$$

$$= \frac{60}{100} \times 100\% = 60\%$$

$$\text{Presentase ferrit} = 100\% - \text{presentase perlit}$$

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....

$$= 100\% - 60\% = 40\%$$

- 650°C Bentonit 8,5%



Gambar 26. 650°C Bentonit 8,5%

$$\begin{aligned} \text{Presentase perlit} &= \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{titik}} \times 100\% \text{ Jumlah} \\ &= \frac{68}{100} \times 100\% = 68\% \\ \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 68\% = 32\% \end{aligned}$$

- 650°C Bentonit 9%



Gambar 27. 650°C Bentonit 9%

$$\begin{aligned} \text{Presentase perlit} &= \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{Jumlah titik}} \times 100\% \\ &= \frac{58}{100} \times 100\% = 58\% \\ \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 58\% = 42\% \end{aligned}$$

- 700°C Bentonit 8%

Gambar 28. 700⁰C Bentonit 8%

$$\begin{aligned} \text{Presentase perlit} &= \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{Jumlah titik}} \times 100\% \\ &= \frac{45}{100} \times 100\% = 45\% \\ \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 45\% = 55\% \end{aligned}$$

- 700⁰C Bentonit 8,5%

Gambar 29. 700⁰C Bentonit 8,5%

$$\begin{aligned} \text{Presentase perlit} &= \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{titik}} \times 100\% \text{ Jumlah} \\ &= \frac{47}{100} \times 100\% = 47\% \\ \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 47\% = 53\% \end{aligned}$$

- 700⁰C Bentonit 9%



PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....

Gambar 30. 700⁰C Bentonit 9%

$$\begin{aligned}\text{Presentase perlit} &= \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{titik}} \times 100\% \text{ Jumlah} \\ &= \frac{44}{100} \times 100\% = 44\% \\ \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 44\% = 56\%\end{aligned}$$

➤ 750⁰C Bentonit 8%



Gambar 31. 750⁰C Bentonit 8%

$$\begin{aligned}\text{Presentase perlit} &= \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{titik}} \times 100\% \text{ Jumlah} \\ &= \frac{41}{100} \times 100\% = 41\% \\ \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 41\% = 59\%\end{aligned}$$

➤ 750⁰C Bentonit 8,5%



Gambar 32. 750⁰C Bentonit 8,5%

$$\text{Presentase perlit} = \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{titik}} \times 100\% \text{ Jumlah}$$

$$= \frac{27}{100} \times 100\% = 27\%$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 27\% = 73\% \end{aligned}$$

➤ 750°C Bentonit 9%



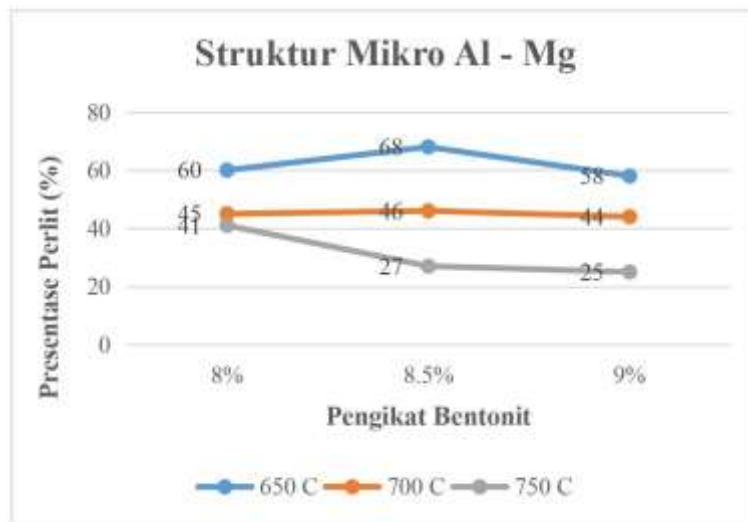
Gambar 33. 750°C Bentonit 9%

$$\text{Presentase perlit} = \frac{\text{jumlah fasa perlit}}{\text{Jumlah titik}} \times 100\%$$

$$= \frac{25}{100} \times 100\% = 25\%$$

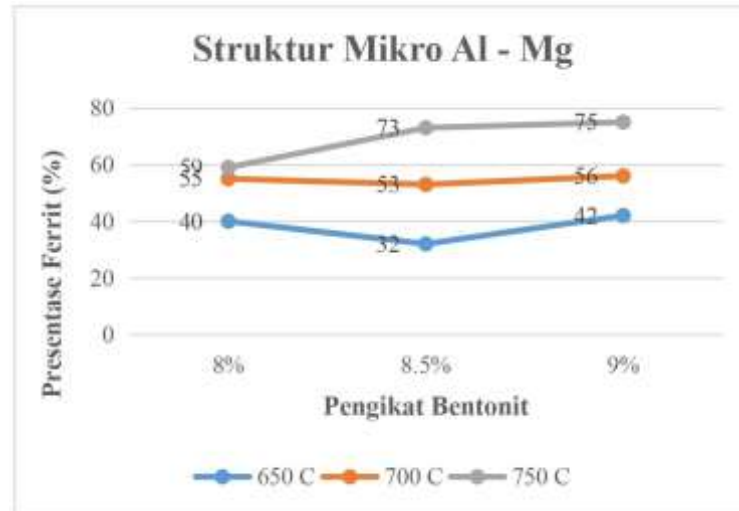
$$\begin{aligned} \text{Presentase ferrit} &= 100\% - \text{presentase perlit} \\ &= 100\% - 25\% = 75\% \end{aligned}$$

❖ Grafik dan Analisa Data



Gambar 34. Grafik Fasa Perlit

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....



Gambar 35. Grafik Fasa Ferrit

Dari data pengujian struktur mikro di atas yang telah dilakukan menggunakan alat uji mikroskop optik 500X di laboratorium material Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Tampak dari hasil tersebut pada spesimen paduan Al-Mg didapat presentase rata-rata perlit :

- Tertinggi 68% pada suhu temperatur 650⁰C menggunakan bahan pengikat bentonit 8,5%
- Terendah 25% pada suhu temperatur 750⁰C menggunakan bahan pengikat bentonit 9%

sedangkan untuk presentase rata-rata ferrit :

- Tertinggi 75% pada suhu temperatur 750⁰C dengan bahan pengikat bentonit 9%
- Terendah 32% pada suhu temperatur 650⁰C dengan bahan pengikat bentonit 8,5%.

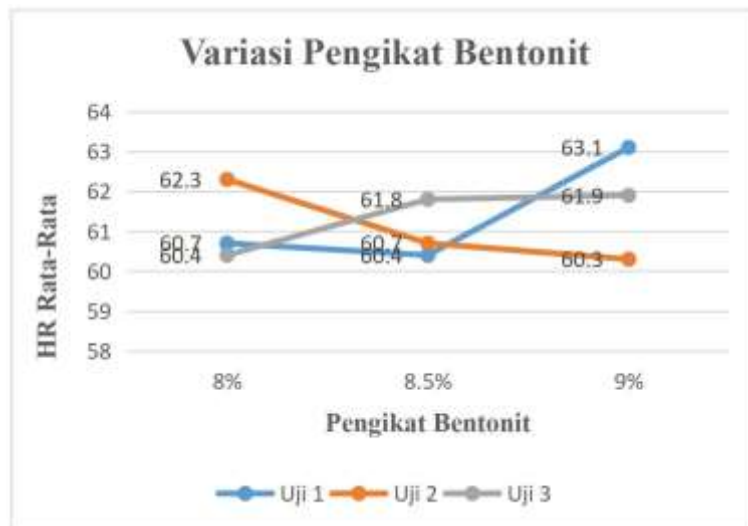
Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi dari temperatur tuang yang semakin tinggi sehingga presentase rata-rata perlit mengalami penurunan, akan tetapi berbeda dengan presentase rata-rata ferrit yang mengalami kenaikan.

C. Hasil Uji Kekerasan

Tabel 1. Nilai Rata-Rata (Variasi Pengikat Bentonit)

Spesimen	Variasi Pengikat Bentonit		
	8%	8,5%	9%

	$\frac{57 + 64,3 + 61}{3} = \frac{182,3}{3} = 60,7$	$\frac{59,1 + 59,3 + 63}{3} = \frac{181,4}{3} = 60,4$	$\frac{61 + 65,8 + 62,6}{3} = \frac{189,4}{3} = 63,1$
Uji 1			
Uji 2	$\frac{63,5 + 61,8 + 61,6}{3} = \frac{186,9}{3} = 62,3$	$\frac{55,5 + 60,1 + 66,5}{3} = \frac{182,1}{3} = 60,7$	$\frac{57,1 + 61,3 + 62,6}{3} = \frac{181}{3} = 60,3$
Uji 3	$\frac{56,6 + 64 + 60,6}{3} = \frac{181,2}{3} = 60,4$	$\frac{59,6 + 63,5 + 62,5}{3} = \frac{185,6}{3} = 61,8$	$\frac{58,5 + 61,8 + 65,5}{3} = \frac{185,8}{3} = 61,9$



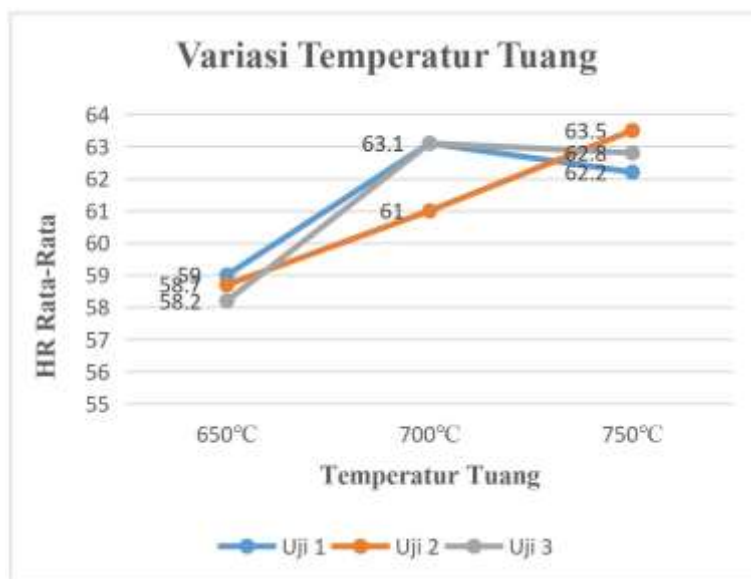
Gambar 36. Grafik Variasi Pengikat Bentonit

Dari tabel pengujian kekerasan dengan variasi zat pengikat bentonit di atas yang telah dilakukan menggunakan alat uji hardnes rockwell di laboratorium material Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya disimpulkan bahwa nilai kekerasan 63,1 HRC pada spesimen dengan zat pengikat bentonit 9% lebih tinggi dibandingkan dengan zat pengikat bentonit 8% dan 8,5% yaitu 62,3 HRC dan 61,8 HRC, namun perbedaan selisih nilai kekerasan dari beberapa variasi tersebut tidak terlalu signifikan terhadap spesimen.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata (Variasi Temperatur Tuang)

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....

	$\frac{57 + 59,1 + 61}{3} = \frac{177,1}{3} = 59$	$\frac{64,3 + 59,3 + 65,8}{3} = \frac{189,4}{3} = 63,1$	$\frac{61 + 63 + 62,6}{3} = \frac{186,6}{3}$
Uji 2	$\frac{63,5 + 55,5 + 57,1}{3} = \frac{176,1}{3} = 58,7$	$\frac{61,8 + 60,1 + 61,3}{3} = \frac{183,2}{3} = 61$	$\frac{61,6 + 66,5 + 62,6}{3} = \frac{190,7}{3} = 63,5$
Uji 3	$\frac{56,6 + 59,6 + 58,5}{3} = \frac{174,7}{3} = 58,2$	$\frac{64 + 63,5 + 61,8}{3} = \frac{183,3}{3} = 63,1$	$\frac{60,6 + 62,5 + 65,5}{3} = \frac{188,6}{3} = 62,8$
Variasi Temperatur Tuang			
Spesimen	650 ⁰ C	700 ⁰ C	750 ⁰ C
Uji 1			= = 62,2



Gambar 37. Grafik Variasi Temperatur Tuang

Dari tabel pengujian kekerasan dengan variasi temperatur tuang di atas yang telah dilakukan menggunakan alat uji hardness rockwell di laboratorium material Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya disimpulkan bahwa temperatur tuang yang semakin tinggi pada spesimen maka akan semakin tinggi nilai kekerasan yang didapat. Temperatur tuang dengan 750⁰C mendapat nilai kekerasan 63,5 HRC, sedangkan kekerasan untuk temperatur tuang 650⁰C dan 700⁰C yaitu 59 HRC dan 63,1 HRC, namun perbedaan selisih nilai kekerasan dari beberapa variasi tersebut tidak terlalu signifikan terhadap spesimen.

Kesimpulan

Setelah melakukan serangkaian proses penelitian tersebut, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak kandungan bentonit yang dicampur pada cetakan pasir maka akan mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi.
2. Temperatur penuangan mempunyai pengaruh terhadap hasil spesimen paduan Al-Mg khususnya bagian tingkat kekerasan dan tingkat kekerasan yang paling tinggi pada temperatur tuang sebesar 750⁰C yaitu tingkat kekerasannya 63,5 HRC.
3. Variasi temperatur penuangan dan variasi zat pengikat bentonit mempunyai pengaruh terhadap perubahan sifat mekanik dan hasil coran pada bahan paduan Al-Mg.
4. Dengan penambahan magnesium pada paduan aluminium, dapat diketahui sebagian besar matriks yang terbentuk pada struktur mikro adalah perlit dan ferrit.

Daftar Pustaka

- LogamCeper. (2014, Agustus 18). Pasir Cetak dalam Pengecoran Logam. Diambil dari Website: <https://logamceper.com/pasir-cetak-dalam-pengecoranlogam/>
- Ardra,biz. (2019). Teknologi Pengecoran Logam, Casting, foundry. Diambil dari Website: <https://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/teknologi-pengecoranlogam/>
- Hendarenda. (2017, Juli 6). Casting(Pengecoran). Diambil dari website : <https://materialengineeringranggaagung.wordpress.com/2017/07/06/casting-pengecoran/>

PENGARUH TEMPERATUR TUANG BERBAHAN DAUR....

- Baim7ulu. (2012, Oktober 8). Teknik Mesin Material. Diambil dari Website:
<http://baim7ulu.blogspot.com/2012/10/definisi-pengecoran-logam>.
- Diambil dari website : [html://Drs, Tiwan, ST, MT](html://Drs,Tiwan,ST,MT). (2010). Modul berjudul “Teknik Pengecoran Logam”. Yogyakarta.
- L. P. Hartono, H. Purwanto, S. M. B. Respati. (2012). Pengaruh Tekanan Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Proses Semi Solid Casting Pada Paduan Aluminium Daur Ulang. Semarang R,
- Gunarto. (2018). Bab II Tinjauan Pustaka.
Diambil dari website :<http://eprints.polsri.ac.id/5644/3/BAB%20II.pdf>
- Surdia, T., & Saito, S. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik. Book, 4(Pengetahuan Bahan Teknik), 374.
- M, Fachri. (2020). Pengaruh Pengikat Cetakan Pasir Terhadap Kualitas Produk Pulley Berbahan Aluminium Daur Ulang. Medan.
Diambil dari website : [https://doi.org/10.1016/S0733-8619\(03\)00096-3](https://doi.org/10.1016/S0733-8619(03)00096-3)
- Surdia, T., Dan Chijjiwa, K. (2006). Teknik Pengecoran Logam Cetakan Kesembilan, Pt. Pradnya Pratama, Jakarta.
- Sudjana, H. (2008). Teknik Pengecoran Logam Jilid 3. Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Pembinaan Sekolah Kejuruan.
Diambil dari website :
<https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/download/3358/2510>