



REKAYASA MESIN *TILT CASTING* DAN PENELITIAN PENGARUH TEMPERATUR PENUANGAN DAN KECEPATAN KEMIRINGAN CETAKAN TERHADAP SIFAT MEKANIK PADUAN ADC 12

Musyafak*, Suyitno**, Mudjijana**

*Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin

** Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gajah Mada

Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung, Telp dan Fax (022) 2013789 dan 2013788

e-mail: musyafak11@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (a) merancang, membuat, dan uji coba mesin *tilt casting*, (b) mengkaji pengaruh temperatur penuangan dan kecepatan kemiringan cetakan *tilt casting* terhadap keberhasilan pengecoran, uji kekerasan *Brinell* dan uji keausan coran paduan ADC 12. Metode dari penelitian ini adalah eksperimen. Wadah tuang berisi logam ADC 12 dimasukkan ke dalam dapur listrik untuk dicairkan. Dapur listrik dilengkapi dengan kontrol temperatur. Temperatur penuangan adalah temperatur dapur listrik mulai dibuka sampai mesin *tilt casting* membutuhkan waktu 10 detik. Siapkan mesin *tilt casting* beserta pemanasnya dan pindahkan wadah tuang berisi logam cair menuju cetakan yang sudah dilengkapi dengan pengarah. Operasikan mesin *tilt casting* untuk melakukan proses penuangan. Mesin *tilt casting* pada posisi *parting line* cetakan vertikal akan berhenti secara otomatis menggunakan *switch*. Mesin *tilt casting* juga dapat bervariasi kecepatan kemiringan cetakan menggunakan *inverter*. Mesin *tilt casting* dibuat untuk pengambilan spesimen. Variabel temperatur tuang 790; 810; 830; 850 °C. Variabel kecepatan kemiringan cetakan 6; 9; 12; 15 (°/detik). Cetakan logam dipanaskan 250° C menggunakan pemanas listrik. Jumlah spesimen 16 buah untuk uji kekerasan dan 16 buah untuk uji keausan. Penelitian ini diaplikasikan pada pengecoran pijakan pedal gas, rem, dan kopling mobil yang dapat digunakan beberapa jenis mobil. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan temperatur sampai dengan 830° C dapat meningkatkan kekerasan *Brinell*, apabila lebih dari itu, maka kekerasan menurun. Keausan paling rendah terdapat pada temperatur 810° C dan kecepatan kemiringan cetakan 15 (°/detik).

Kata kunci: *Tilt; casting*, ADC 12

Abstract

The aims of this research are to (a) design, manufacture, and test the engine tilt casting, (b) assess the effect of pouring temperature and slope-speed casting molds tilt towards the success of casting, Brinell hardness test, and ADC 12 alloy castings wear test. The method of this research is experiment. Casting container containing ADC12 metal is inserted into furnace to liquefied. Furnace is equipped with a temperature control. Pouring temperature is the temperature of furnace while it was opened up until tilt casting machine takes 10 seconds. Prepare the tilt casting machine and casting furnace and move the container containing the liquid metal into molds that have been equipped with the steering. Operate the tilt casting machine to do the casting process. Tilt casting machine, while in the position of the vertical mold parting line, stops automatically using switches. Tilt casting machine can also be vary by means of the mold sloping speed, by using an inverter. Tilt casting machine is made to capture specimens. Castings temperature variable are 790, 810, 830, 850 °C. Mold tilt speed variable are 6; 9; 12; 15 (°/sec). Metal mold is heated 250° C using electric heaters. The number of specimens are 16 pieces for hardness testing and 16 pieces for wear test. This research was applied to the casting of the gas, brake, and clutch pedal that can be used by several types of cars. The results showed that the increase in temperature up to 830° C can increase the Brinell hardness, but if more than that, then the hardness decreases. Wear and tear are on the lowest at temperature of 810° C and the tilt speed of the mold of 15 (° / sec).

Key words: Tilt; casting; ADC 12



1. PENDAHULUAN

Teknologi baru diciptakan untuk membuat produk-produk dalam jumlah banyak dan kompleks. Produk dibuat menggunakan berbagai proses. Proses yang biasa digunakan antara lain: tekuk, pemesinan, pengelasan, pembentukan, dan pengecoran. Produk-produk yang kompleks lebih efisien diproses menggunakan pengecoran.

Pengecoran gravitasi merupakan pengecoran yang paling sederhana. Pengisian logam cair ke dalam cetakan dapat dilakukan dengan proses penuangan. Cetakan dapat dibuat dari logam maupun pasir. Proses ini sederhana sehingga banyak dilakukan di industri kecil maupun menengah. Kelemahan dari proses ini adalah manual, sehingga prosesnya tidak seragam. Kelemahan proses dapat diatasi menggunakan pengecoran dengan cara dimiringkan atau diputar (*tilt casting*).

Tilt casting merupakan pengecoran gravitasi dengan memiringkan cetakan. Kecepatan kemiringan adalah untuk mengatur kecepatan aliran logam cair ke dalam rongga cetakan. Variabel kecepatan kemiringan dan temperatur penuangan pada pengecoran logam paduan dapat mempengaruhi sifat mekanik (Hamzah dkk, 2001; Harding dan Campbell, 2004).

Mesin *tilt casting* berfungsi untuk mengatur kecepatan kemiringan cetakan. Kecepatan kemiringan digerakkan oleh motor listrik AC. Putaran motor listrik AC dapat divariasikan menggunakan inverter. Jadi mesin *tilt casting* itu dianggap penting untuk memiringkan cetakan secara kontinu dan kecepatan kemiringannya dapat divariasikan.

Produk pengecoran paduan aluminium banyak digunakan pada dunia otomotif. Paduan aluminium bersifat ringan, anti karat, dan dapat diproses. ADC 12 merupakan paduan aluminium silikon dengan kandungan silikon 9,6 % sampai dengan 12 % (*Pacific World Alloy*). Kandungan silikon yang cukup besar dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik paduan. Hal ini perlu untuk diteliti.

Penelitian ini diaplikasikan pada pengecoran pijakan pedal gas, rem, dan kopling mobil yang dapat digunakan beberapa jenis mobil. Cetakan dibuat dari logam. Penelitian ini dapat digunakan di industri-industri pengecoran aluminium sebagai pedoman untuk menentukan sifat mekanik paduan aluminium.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Merancang, membuat dan uji coba mesin *tilt casting*

Mengkaji pengaruh temperatur penuangan dan kecepatan kemiringan cetakan *tilt casting* terhadap keberhasilan pengecoran, kekerasan dan keausan coran paduan ADC 12.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan dapat digolongkan menjadi tiga jenis. Pertama: penuangan dengan cara memiringkan ladle (Ndaliman, dkk, 2007). Kedua: penuangan dengan cara memiringkan cetakan (Hamzah, dkk, 2001). Ketiga: penuangan dengan cara memiringkan wadah tuang yang bersatu menempel pada cetakan (Harding dan Campbell, 2004).

Penuangan logam cair Al-Si ke dalam rongga cetakan dapat mempengaruhi sifat mekanik coran paduan aluminium tersebut. Kecepatan penuangan identik dengan kecepatan kemiringan cetakan. Kecepatan kemiringan cetakan yang cepat dapat mereduksi kecepatan pendinginan dan menaikkan struktur ukuran butiran logam. Kecepatan kemiringan cetakan yang cepat juga dapat menimbulkan turbulensi dan udara terjebak, akibatnya terjadi cacat gelembung pada coran. Hal itu dapat menurunkan sifat mekanik coran (Harding dan Campbell, 2004).

Kemampuan mengalir logam cair Al-Si sangat menentukan proses pengisian dalam pengecoran. Temperatur logam cair yang tinggi dapat meningkatkan kemampuan mengalir logam cair tersebut (Bouska, 2008).

2.1. Paduan Aluminium Silikon

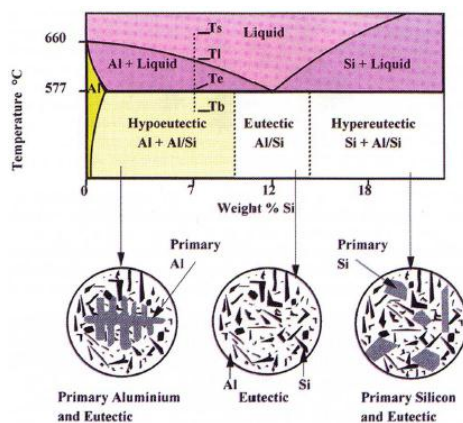
Paduan aluminium silikon merupakan campuran aluminium, silikon, dan logam lainnya. Aluminium sebagai unsur utama. Silikon dan logam lainnya termasuk unsur penambah. Silikon merupakan unsur penambah yang paling dominan. Paduan aluminium mempunyai sifat-sifat antara lain: ringan, anti karat, dan dapat diproses untuk meningkatkan sifat mekanik (Callister, 1994). Ingot paduan ADC 12 termasuk paduan aluminium silikon, karena mempunyai unsur paduan 9,6 – 12% Si; 1,5 – 3,5 % Cu; 1,3 % Fe mak; 1,0 % Zn mak; 0,5% Mn mak; 0,5% Ni mak, 0,3% Mg mak; 0,3% Su mak; dan sisanya adalah aluminium (*Pacific World Alloy*).

Paduan Al-Si dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu *hypoeutectic*, *eutectic*, *hypereutectic*. Paduan Al-Si *hypoeutectic* mempunyai kandungan silikon hingga 11%. Paduan Al-Si *eutectic* mempunyai kandungan silikon 11% sampai dengan



13%. Paduan Al-Si *hypereutectic* mempunyai kandungan silikon lebih besar dari 13%.

Proses pembekuan paduan Al-Si dengan kandungan 7% Si dari fase cair (*liquid phase*) sampai fase padat (*solid phase*). Pendinginan paduan Al-Si fase cair berada pada temperatur cair (T_s) sampai di atas temperatur pembekuan (T_1). Pendinginan paduan Al-Si berlanjut di daerah T_1 sampai temperatur *eutectic* (T_e) akan terjadi nukleasi dan pertumbuhan *dendrite*. Pendinginan berakhir sampai di bawah T_e , *dendrite* akan membentuk struktur butir akhir. Diagram fase dan struktur mikro aluminium silikon dapat dilihat pada gambar 2.1 (Saeid, 2007).



Gambar 2.1. Diagram fase dan struktur mikro aluminium silikon

2.2. Pengecoran

Pengecoran adalah proses manufaktur dengan menuangkan logam cair ke dalam rongga cetakan. Logam cair di dalam cetakan dibiarkan sampai membeku. Logam cair yang membeku kemudian dikeluarkan dari cetakan (Paul, dkk, 2003).

Proses pengecoran dapat dilakukan dengan berbagai metode antara lain yaitu *die casting*, sentrifugal, dan gravitasi. Pengecoran *die casting* yaitu logam cair dimasukkan ke dalam cetakan menggunakan proses injeksi. Pengecoran sentrifugal yaitu logam cair dimasukkan ke dalam cetakan yang berputar untuk memanfaatkan gaya sentrifugal (Surdia, 2006). Pengecoran gravitasi yaitu logam cair dimasukkan ke dalam cetakan memanfaatkan gaya gravitasi bumi (Ndaliman, dkk, 2007).

Paduan Al-Si cair dituangkan ke dalam cetakan dapat mempengaruhi sifat mekanik coran. Sudut kemiringan cetakan semakin besar akan menurunkan sifat mekanik aluminium silikon. Sudut kemiringan cetakan semakin besar juga mengurangi laju pendinginan dan dapat

meningkatkan ukuran struktur butir logam (Hamzah, dkk, 2001; Dobrzanski, dkk, 2006).

2.3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan *Brinell* dilakukan dengan cara material uji ditekan dengan bola baja diameter 10 mm dan beban 3000 kgf. Pembebanan untuk logam lunak dikurangi hingga tinggal 500 kgf. Pembebanan dilakukan biasanya selama 30 detik. Parameter-parameter dasar pada pengujian *Brinell* ditunjukkan pada gambar 2.3. Hasil pembebanan adalah diameter lekukan. Diameter lekukan diukur dua kali pada jejak yang berarah tegak lurus, menggunakan mikroskop daya rendah. Diameter lekukan kemudian dirata-rata. Pengukuran nilai kekerasan *Brinell* adalah besar beban dibagi dengan luas permukaan lekukan. Pengukuran nilai kekerasan tersebut ditunjukkan pada persamaan 2.1 (Djaprie, 1993).

$$BHN = \frac{P}{(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{\pi Dt} \quad \dots\dots (2.1)$$

Dengan,

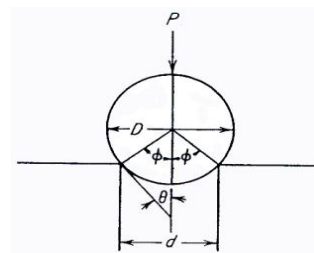
BHN = angka kekerasan *Brinell* (HB)

P = beban (kg)

D = diameter bola (mm)

d = diameter lekukan (mm)

t = kedalaman jejak (mm)



Gambar 2.2. Parameter-parameter dasar pada pengujian *Brinell*

2.4. 2.4 Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan cara material uji ditekan dengan *disc* yang berputar sampai aus. Dimensi jejak keausan diukur menggunakan mikroskop daya rendah. Nilai keausan dihitung menggunakan rumus dari *Ogoshi High Speed Universal Wear* ditunjukkan pada persamaan 2.2

$$Ws = B b_o^3 / 8 r P_o l_o \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan,



W_s = Keausan spesifik (mm^2/kg)
 B = tebal *disc* pemutar (mm)
 b_o = lebar abrasi (mm)
 r = jari-jari *disc* pemutar (mm)
 P_o = beban (kg)
 l_o = jarak abrasi (mm)

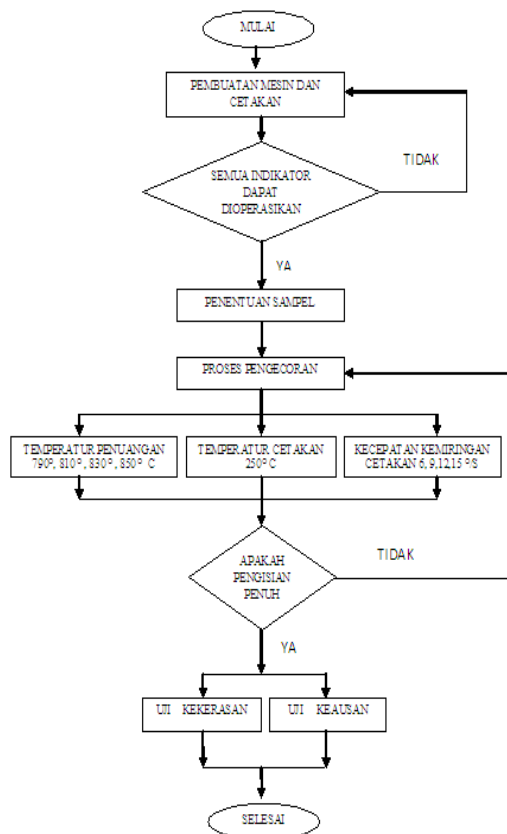
3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Pembuatan mesin untuk menunjang penelitian ini. Unit analisis dari penelitian ini adalah material, temperatur penuangan dan kecepatan kemiringan cetakan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan ADC 12.

Metode penelitian ini terdiri dari diagram alir penelitian, bahan, coran, peralatan yang digunakan, prosedur pengujian, pengambilan data dan analisis dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini.

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian yang dilalui seperti gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah paduan aluminium berupa ingot ADC 12 berupa batangan seberat $\pm 5,7$ kg. Ingot ADC 12 dilakukan uji *spectrometer* mempunyai unsur paduan seperti tabel 3.1.

Tabel 3.1 Paduan Unsur Ingot ADC 12

Unsur	% w	Unsur	%w
Si	10,83122	Cr	0,02367
Fe	0,87654	Ni	0,15429
Cu	1,85918	Pb	0,05673
Mn	0,19512	Sn	0,01655
Mg	0,2653	Na	0,00127
Zn	0,86363	Sb	0,00649
Ti	0,02452	Al	84,82549

3.3. Coran

Coran yang dihasilkan penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Coran

3.4. Peralatan yang Digunakan

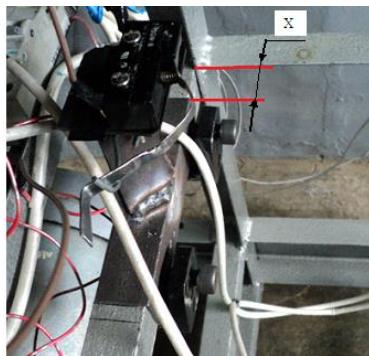
Alat-alat yang digunakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Mesin tilt casting

Mesin *tilt casting* ini dibuat peneliti sebagai pendukung jalannya penelitian. Mesin tersebut berfungsi untuk memiringkan cetakan. Kecepatan kemiringan cetakan dapat divariasikan sesuai kebutuhan. Mesin *tilt casting* dan *switchnya* ditunjukkan pada gambar 3.3 dan 3.4.



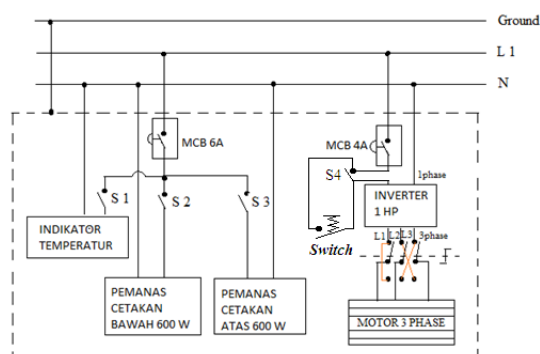
Gambar 3.3. Mesin tilt casting



Gambar 3.4. Switch dan jarak X

b. Instalasi kelistrikan mesin tilt casting

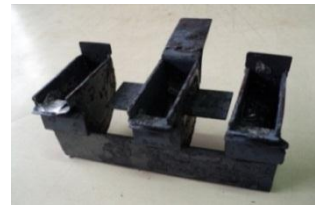
Instalasi kelistrikan mesin *tilt casting* yang digunakan seperti ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Instalasi kelistrikan

c. Wadah tuang

Wadah tuang merupakan wadah logam cair untuk proses penuangan. Wadah tuang ini dipasang pada cetakan yang sudah dilengkapi dengan pengarah untuk mempermudah pelepasan dan pemasangan. Wadah tuang ditunjukkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Wadah tuang

d. Cetakan

Cetakan terdiri dari cetakan atas dan cetakan bawah ditunjukkan pada gambar 3.7 dan gambar 3.8. Cetakan dapat dibuka dan ditutup serta dilengkapi pengarah berupa dua buah poros. Cetakan ini termasuk cetakan logam yang terbuat dari bahan baja karbon rendah St 37.



Gambar 3.7. Cetakan atas



Gambar 3.8. Cetakan bawah

e. Pengukur temperatur

Alat pengukur temperatur menggunakan termokopel sebagai pendeteksi indikator temperatur.

3.5. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Siapkan mesin *tilt casting* pada posisi *parting line* cetakan membentuk sudut 20 derajat meninggalkan arah horizontal. Posisi wadah tuang membuka ke atas. Kecepatan kemiringan cetakan sudah ditentukan sesuai pengambilan data yang diinginkan
- Panaskan cetakan dengan menghidupkan *handle* ke posisi ON. Temperatur cetakan dapat dilihat pada indikator penunjuk temperatur pemanas
- Wadah tuang berisi logam aluminium dimasukkan ke dalam pemanas listrik untuk,



mencairkan logam sesuai temperatur yang diinginkan

- d. Pindahkan wadah tuang berisi logam cair menuju cetakan yang sudah dilengkapi dengan pengarah. Temperatur cetakan sesuai yang diinginkan
- e. Operasikan mesin *tilt casting* dengan memutar *handle* pengatur arah kemiringan cetakan. Putar ke kanan artinya cetakan bergerak melakukan proses penuangan. Mesin *tilt casting* pada posisi *parting line* cetakan vertikal akan berhenti secara otomatis
- f. Cairan logam didiamkan sampai membeku kurang lebih satu menit
- g. Operasikan kembali mesin *tilt casting* dengan menghidupkan *handle switch* ke posisi ON. Cetakan bergerak terus sampai posisi *parting line* cetakan horizontal, kemudian hentikan mesin dengan memutar *handle* ke posisi awal. Buka cetakan dan coran menggunakan *ejector*. Proses selesai

Kembalikan cetakan ke posisi awal dengan memutar *handle* pengatur arah kemiringan cetakan ke kiri. Cetakan bergerak kembali menuju posisi awal cetakan. Hentikan mesin dengan memutar *handle* ke posisi awal dan matikan *handle switch* ke posisi OFF

4. HASIL DAN DISKUSI

Hasil dan diskusi percobaan yang dilakukan adalah :

4.1 Sampel Coran

Sampel-sampel coran dilakukan uji kekerasan *Brinell* dan uji keausan ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2.

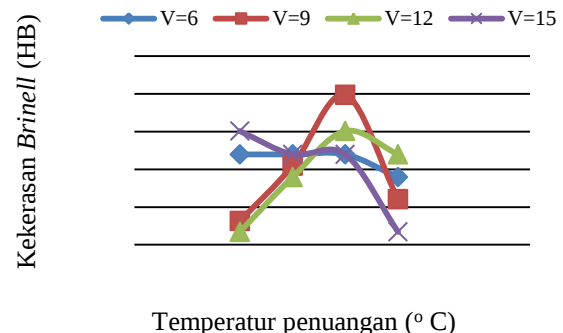
Tabel 4.1 Data kekerasan *Brinell* (HB)

T. Tuang (T= ° C)	Kecepatan kemiringan cetakan (V = ° / detik)			
	6	9	12	15
790	74,8	71,3	70,7	76,0
810	74,8	74,2	73,6	74,8
830	74,8	77,9	76,0	74,8
850	73,6	72,4	74,8	70,7

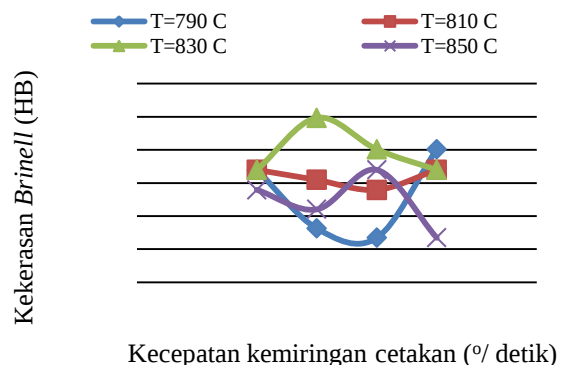
Tabel 4.2 Data keausan (mm²/kg)

T. Tuang (° C)	Kecepatan kemiringan cetakan (V= ° / detik)			
	6	9	12	15
790	1,6E-5	1,1E-5	1,1E-5	8,8E-6
810	8,8E-6	1,0E-5	1,4E-5	5,8E-6
830	6,3E-6	8,1E-6	6,6E-6	7,5E-6
850	7,1E-6	6,6E-6	8,4E-6	6,8E-6

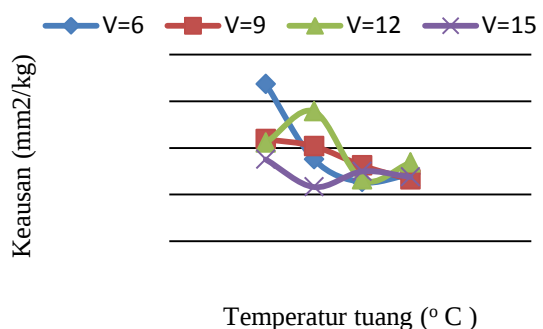
Grafik dari data di atas ditunjukkan pada gambar 4.1; 4.2; 4.3; dan 4.4



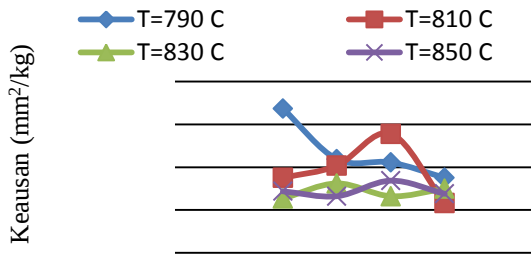
Gambar 4.1 Grafik kekerasan *Brinell* vs Temperatur penuangan



Gambar 4.2 Grafik kekerasan *Brinell* vs Kecepatan kemiringan cetakan



Gambar 4.3. Grafik keausan vs Temperatur penuangan



Gambar 4.4. Grafik keausan vs kecepatan kemiringan cetakan

Analisis menunjukkan bahwa kekerasan *Brinell* maksimum hasil coran 77,9 HB terdapat pada

kecepatan kemiringan cetakan 9 (°/detik), temperatur penuangan 830° C. Peningkatan temperatur sampai dengan 830°C dapat meningkatkan kekerasan *Brinell*, apabila lebih dari itu, maka kekerasan menurun. Kecenderungan semakin tinggi temperatur penuangan semakin rendah tingkat keausan. Keausan paling rendah $5,8 \times 10^{-6}$ (mm²/kg) terdapat pada temperatur 810° C dan kecepatan kemiringan cetakan 15 (°/detik).

4.2 Uji Coba Switch

Data uji coba *switch* pada mesin *tilt casting* ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data uji coba *switch*

Kecepatan kemiringan (°/ detik)	Jarak X (mm)	Sudut akhir saat cetakan berhenti (derajat)					Range	Rata-rata	Analisis
		1	2	3	4	5			
6	26	89	89	89	89	89	0	89	Handal
9	26	90	90	90	90	90	0	90	
12	26	91	91	91	91	91	0	91	
15	26	92	92	92	92	92	0	92	

X= Jarak dudukan *switch* ke rangka mesin terdekat

4.3 Kehandalan Kecepatan Kemiringan dan Sudut Akhir Pemberhentian Cetakan

Data kehandalan kecepatan kemiringan dan sudut akhir pemberhentian cetakan ditunjukkan pada tabel 4.4. Data ini handal dapat digunakan untuk melakukan percobaan.

Tabel 4.4 Data kehandalan kecepatan kemiringan dan sudut akhir pemberhentian cetakan

Kecepatan kemiringan (°/ detik)	Jarak X (mm)	Sudut akhir saat cetakan berhenti (derajat)					Range	Rata-rata	Analisis
		1	2	3	4	5			
6	34,5	90	90	90	90	90	0	90	Handal
9	26	90	90	90	90	90	0	90	Handal
12	18,5	90	90	90	90	90	0	90	Handal
15	11,3	90	90	90	90	90	0	90	Handal

X= Jarak dudukan *switch* ke rangka mesin terdekat

5. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil percobaan, perancangan dan pembuatan mesin *tilt casting* sudah handal dan dapat digunakan untuk percobaan.
- Peningkatan temperatur sampai dengan 830o C dapat meningkatkan kekerasan *Brinell*, apabila

lebih dari itu, maka kekerasan menurun. Kecenderungan semakin tinggi temperatur penuangan semakin rendah tingkat keausan. Keausan paling rendah $5,8 \times 10^{-6}$ (mm²/kg) terdapat pada temperatur 810o C dan kecepatan kemiringan cetakan 15 (o/detik).

**Daftar Pustaka**

- [1] Bouska, O. 2008, "The Effect of Different Casting Parameters on The Relationship Between Flowability, Mould Filling Capacity and Cooling Conditions of Al-Si Alloys", *Metalurgija-Journal of Metallurgy*, pp. 17-30.
- [2] Callister, Jr. and William, D., 1994, "Materials Science and Engineering An Introduction", Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [3] Djaprie, S. 1993, "Metalurgi Mekanik", Edisi Ketiga, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [4] Dobrzański. L.A., Maniara, R., and Sokolowski, J.H., 2006, "The effect of cast Al-Si-Cu alloy solidification rate on alloy thermal characteristics", *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Volume 17, Issue 1-2, pp. 217-220.
- [5] Hamzah. E., Dody, P., and M.Z.M. Ghazoli. M.Z.M, 2001, "Effect of Mould Tilt Angles on the Mechanical Properties of As-Cast Aluminum Alloy", Elsevier, Malaysia.
- [6] Harding, J.MI. R.A, And Campbell, J., 2004, "Effects of the Entrained Surface Film on the Reliability of Castings", *Metallurgical and Materials Transactions A*, Volume 35A, pp. 2893-2901.
- [7] Ndaliman, Muhammad, B., and Pius, AP, 2007, "Behavier of Aluminium Alloy Castings under Different Pouring Temperatures and Speeds", *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, ISSN 1583-1078, Issue 11, pp.71-80.
- [8] Ogoshi High Speed Universal Wear, "Instruction Manual Testing Machine Type OAT-U", Tokyo
- [9] Pacific World Alloy," The Best Quality for Aluminium Alloy Ingot", ISO 9001 : 2000.
- [10] Paul, D.O., Black, J.T., and Kohser. RA., 2003, "*Materials and Processes in Manufacturing*", edition 9, Wiley, Wikimedia Project.
- [11] Rzychon, T. and Kiebus, A., 2007, "The Influence of Pouring Temperature on The Microstructure and Fluidity of AE42 Alloy", *Archives of Materials Science and Engineering*, Volume 28, Issue 10, pp. 601-604.
- [12] Saeid, F.S.M., 2007, "Effect of Material Structure Machining Characteristic of Hypereutectic Al-Si Alloy", A Projetc Report for the aword of degree of Master of Engineering, Faculty of Mechanical Engineering Universiti Teknologi Malaysia.
- [13] Surdia, T. 2006, "Teknik Pengecoran Logam", PT Pradnya Paramita, Jakarta, Indonesia.