

PENGARUH TEMPERATUR TUANG TERHADAP POROSITAS, STUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN DARI ALUMINIUM RONGSOK BALING-BALING KAPAL MENGGUNAKAN PENGECORAN EVAPORATIF

Jumalik¹⁾, Rudi Siswanto²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan selatan, 70714

Telp. 0511 - 4773858

Email: Jumalik07@gmail.com

Abstract

Aluminum and its alloys are the second largest metal material used after steel. Aluminum applications and alloys are very diverse, ranging from buildings, vehicle bodies, engine components, components to ships, to applications on aircraft. The strength and hardness of aluminum alloys are high, one application of aluminum as a component on a ship is as a material for making propellers on traditional fishing boats, more specifically aluminum alloy. Used aluminum can be obtained from the remnants of the industry making aluminum doors, windows and frames, making aluminum racks and storefronts, and other products with aluminum profile as the main material. many of them use aluminum alloy scrap as their main casting material to reduce their production costs. Evaporative or casting casting using Styrofoam or lost foam casting patterns is casting using a pattern of materials that can evaporate when exposed to molten metal heat. Casting uses a temperature of 650°C, 700°C, 750°C, 800°C. The results of casting temperature can affect porosity, microstructure, and hardness.

Keywords: *Pour Temperature, Propellers, Evaporative Metal Casting*

PENDAHULUAN

Aluminium adalah logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Sebenarnya, aluminium berkarat dengan cepat membentuk aluminium oksida (Al_2O_3). Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium (Rogo dkk, 2012). Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertamakali direkusi sebagai logam oleh HC Oersted ditahun 1825. Bijih bauksit adalah bahan utama pembuatan aluminium yang terdapat didalam batuan dalam kerak bumi. Di dalam bebatuan tersebut aluminium masih berbentuk silikat dan komponen laon yang lebih kompleks, karena komponen aluminium yang begitu kompleks tersebut makanya diperlukan penelitian lebih dari 60 tahun untuk menemukan cara yang ekonomis untuk membuat aluminium dari bijih bauksit (Surdia. T., Saito,S., 1995). Aluminium dan paduannya adalah material logam ke dua terbanyak yang digunakan setelah baja. Aplikasi aluminium dan paduannya sangat beragam, mulai dari bangunan, bodi kendaraan, komponen mesin, komponen pada kapal, hingga aplikasi pada pesawat. Kekuatan dan kekerasan paduan aluminium tergolong tinggi, Salah satu aplikasi aluminium sebagai komponen pada kapal adalah sebagai bahan pembuatan *propeller* pada perahu nelayan tradisional, lebih spesifik adalah paduan aluminium (Suyanto dkk 2016).

Namun adanya penumpukan aluminium bekas yang tidak diolah dengan baik dapat mengotori lingkungan sehingga diperlukan upaya untuk mendaur ulang sampah aluminium bekas supaya dapat dimanfaatkan kembali seperti sebelumnya maupun menjadi produk baru (Fasya dkk, 2015). Aluminium bekas bisa didapatkan dari sisa-sisa industri pembuatan pintu, jendela, dan kusen aluminium, pembuatan rak dan etalase aluminium, serta produk lain dengan bahan utama aluminium profil. banyak yang memanfaatkan *skrap* paduan aluminium sebagai bahan utama pengecoran untuk menekan biaya produksi mereka (Suyanto dkk 2016).

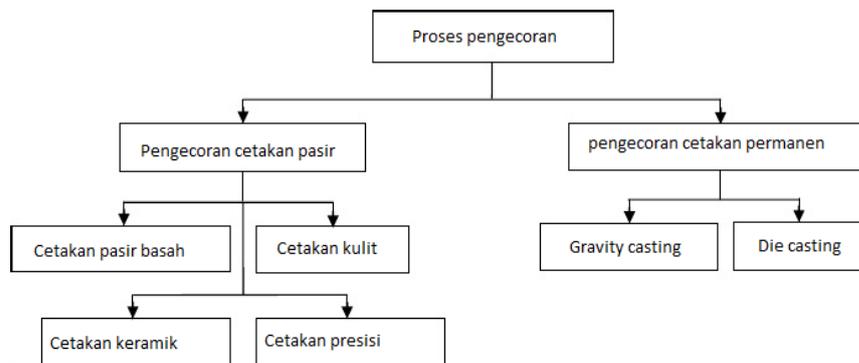
Pengecoran *evaporatif* atau pengecoran dengan menggunakan pola *styrofoam* atau *lost foam casting* adalah pengecoran dengan menggunakan pola dari bahan yang dapat menguap jika terkena panas logam cair (Ashar dkk, 2012).

Temperatur tuang merupakan salah satu variabel dari sekian banyak variabel yang terdapat pada proses pengecoran. Variabel ini penting karena jika temperatur tuang terlalu rendah maka rongga cetakan tidak akan terisi penuh dimana logam cair akan membeku terlebih dahulu pada saluran masuk, dan jika temperatur tuang terlalu tinggi maka hal ini akan mengakibatkan penyusutan dan kehilangan akurasi dimensi coran. Temperatur tuang adalah salah satu unsur penting yang harus diperhatikan dalam memproduksi produk pengecoran yang berkualitas tinggi, karena faktor ini sangat berpengaruh terhadap kualitas coran yang meliputi mikrostruktur dan sifat mekanis sehingga didapatkan hasil coran yang mempunyai sifat fisik yang baik (Wijaya dkk 2017).

Dari permasalahan diatas penulis ingin meneliti pengaruh temperatur tuang terhadap uji porositas, mikrostruktur dan kekerasan dengan temperatur tuang 650°C, 700°C, 750°C, 800°C dan memanfaatkan limbah dari aluminium baling – baling kapal Negara dan Surabaya menjadi suatu produk yang bernilai ekonomis dan bisa digunakan kembali dalam bentuk dan fungsi yang berbeda.

Pengecoran Logam

Karakteristik pengecoran meliputi proses peleburan logam hingga mencair, proses penuangan logam cair kedalam cetakan dan proses pembekuan. Ketiga proses tersebut sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis dari produk cor yang dihasilkan (Bahtiar dan Soemardji, 2012). Ada beberapa macam contoh pengecoran diantaranya adalah pengecoran mold casting pengecoran ini cetakan nya dapat dipakai berulang kali terbuat dari logam dan grafi pengecoran ini umumnya dikerjakan dengan mesin untuk mendapatkan kualitas yang bagus. Pengecoran centrifugal casting pengecoran ini menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar dan akibatnya gaya centrifugal logam cair akan termampatkan sehingga diperoleh benda kerja tanpa cacat, pengecoran ini digunakan untuk pengecoran plastic, keramik, beton dan semua logam. Pengecoran die casting proses ini mempergunakan tekanan dalam memasukkan logam cair ke dalam rongga cetakan dan dengan di bawah tekanan dibiarkan membeku.

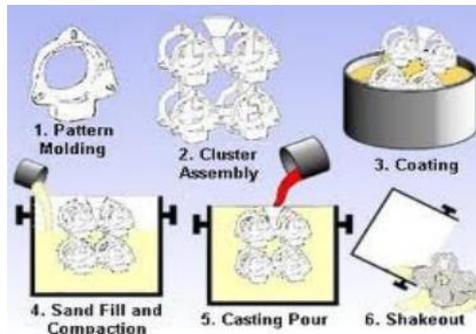


Gambar 1. Diagram Pengecoran

Pengecoran Evaporative

Pengecoran *evaporative* merupakan suatu metode pengecoran dengan menggunakan *polystyrene foam* sebagai pola cetakan yang dibenamkan dalam pasir cetak. Logam cair akan mengisi pola cetakan setelah pola cetakan menguap akibat panas. Kemampuan logam cair mengisi pola cetakan *polystyrene foam* dengan kerapatan rendah lebih baik dibanding dengan *polystyrene foam* dengan kerapatan tinggi. Pola cetakan dengan kerapatan *polystyrene foam* rendah mendapatkan estetika coran yang baik dibanding pola cetakan dengan *polystyrene foam* kerapatan tinggi, hal ini terjadi karena *polystyrene foam* yang rendah memiliki tekanan balik (*backpressure*) yang rendah dibanding pola cetakan *polystyrene foam* yang tinggi. (Karim, 2010). Pengecoran cetakan pasir dengan metode *lost foam* ini adalah salah satu metode pengecoran yang sering tak terhindarkan dari cacat. Golongan cacat pengecoran ada beberapa macam, antara lain *cold shuts*, *hot tears*, *retak*, *inklusi*, *mis-run*, porositas, dan penyusutan mikro.

Pengecoran *lost foam* memiliki banyak keuntungan. Cetakan dari pola berbahan *polystyrene foam* mudah dibuat dan murah. Pasir yang digunakan dapat dengan mudah digunakan lagi karena tidak menggunakan pengikat.



Gambar 2. Pengecoran *Evaporative*

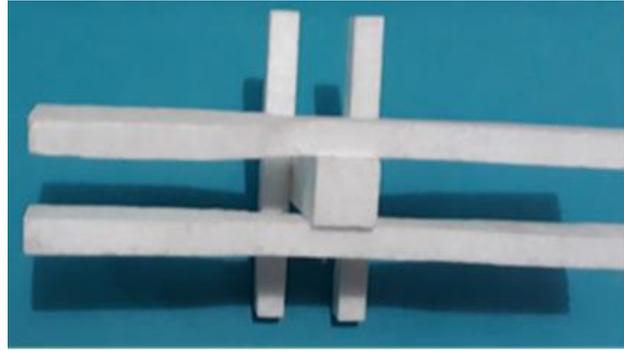
Aluminium

Aluminium adalah logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Sebenarnya, aluminium berkarat dengan cepat membentuk aluminium oksida (Al_2O_3). Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium (Rogo dkk, 2012). Aluminium dan paduannya adalah material logam ke dua terbanyak yang digunakan setelah baja. Aplikasi aluminium dan paduannya sangat beragam, mulai dari bangunan, bodi kendaraan, komponen mesin, komponen pada kapal, hingga aplikasi pada pesawat. Kekuatan dan kekerasan paduan aluminium tergolong tinggi, Salah satu aplikasi aluminium sebagai komponen pada kapal adalah sebagai bahan pembuatan *propeller* pada perahu nelayan tradisional, lebih spesifik adalah paduan aluminium (Suyanto dkk 2016).

Cetakan

Adapun bagian – bagian dalam cetakan yang perlu disiapkan sebelum penuangan cairan logam (coran), yaitu sebagai berikut :

- Pola



Gambar 3. Pola *Styrofoam*

- Pasir cetak



Gambar 4. Pasir Cetak

- Rangka cetak

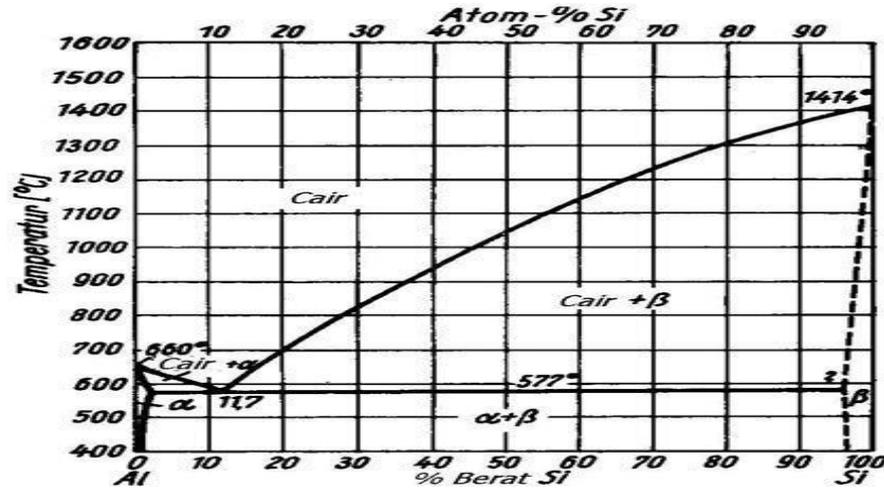


Gambar 5. Rangka Cetak Dari Kayu

Temperatur Tuang

Temperatur tuang merupakan salah satu variabel dari sekian banyak variabel yang terdapat pada proses pengecoran. Variabel ini penting karena jika temperatur tuang terlalu rendah maka rongga cetakan tidak akan terisi penuh dimana logam cair akan membeku terlebih dahulu pada saluran masuk, dan jika temperatur tuang terlalu tinggi maka hal ini akan mengakibatkan penyusutan dan kehilangan akan keakuratan dimensi coran. Temperatur tuang adalah salah satu unsur penting yang harus diperhatikan dalam memproduksi produk pengecoran yang

berkualitas tinggi, karena faktor ini sangat berpengaruh terhadap kualitas coran yang meliputi mikro struktur dan sifat mekanis sehingga didapatkan hasil coran yang mempunyai sifat fisik yang baik. Bentuk dari diagram fasa dari paduan Al ditunjukkan sebagaimana Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Fasa Al-Si

Kandungan silika pada diagram fasa Al-Si ini terdiri dari 3 macam sebagai berikut:

- a. Hipoeutectic yaitu apabila terdapat kandungan silika kurang dari 11,7% dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite kaya aluminium, dengan struktur eutetik sebagai tambahan.
- b. Eutectik yaitu apabila kandungan silika yang terkandung didalam sekitar 11,7% sampai 12,6% pada komposisi ini Al-Si dapat membeku secara langsung dari fasa cair kepadat.
- c. Hypereutectic yaitu apabila komposisi silika diatas 12,6% sehingga kaya akan silika dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Keberadaan Kristal silika primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik sebagai berikut:
 - 1) Ketahanan aus paduan meningkat.
 - 2) Ekspansi termal rendah.
 - 3) Memiliki ketahan retak panas yang baik.

Pengujian

- a. Porositas

Porositas adalah suatu cacat (*void*) pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan paduan aluminium adalah gas hidrogen. Keberadaan porositas menunjukkan bahwa produk cor ini tidak kontinyu. Semakin banyak porositas maka produk ini semakin tidak aman untuk dijadikan bahan untuk membuat komponen mesin yang bergerak. Pengujian porositas dipermukaan sampel coran aluminium dilakukan dengan menggunakan cairan *dye penetrant* (Pratiwi, 2012). Untuk menghitung besarnya porositas suatu material, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$p ap = p liquid \times \frac{w s}{w s - w sb} \quad (1)$$

di mana:

- $p ap$ = massa jenis aktual (gram/cm³)
 $w s$ = berat di udara (gram)

w_{sb} = berat didalam air (gram)
 p_{liquid} = massa jenis cairan (gram/cm³)

Porositas:

$$P\% = \left(1 - \frac{p_{ap}}{p_{th}}\right) \times 100\% \quad (2)$$

di mana:

P% = porositas
 p_{ap} = massa jenis aktual (gram/cm³)
 p_{th} = massa jenis teoritis (gram/cm³)

b. **Struktur mikro**

Pengamatan struktur mikro adalah salah satu cara untuk mengetahui struktur kristal dalam coran. Pengambilan foto mikro dengan mikroskop optik metalurgi. Ukuran dan bentuk struktur butir akan sangat berpengaruh terhadap karakter sifat bahan terutama kekuatan, kekerasan dan ketangguhan (Ashar dkk, 2012). Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui sifat dari suatu logam, setiap logam dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda, dengan melalui fasa, kita dapat meramalkan struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu, dan dari struktur mikro kita dapat melihat:

1. Ujuran dari butiran
2. Distribusi fasa yang terdapat dalam material logam
3. Pengotor yang terdapat dalam material

Dari struktur mikro juga dapat memprediksi sifat mekanik dari suatu material sesuai dengan yang kita inginkan.

c. **Kekerasan Vickers**

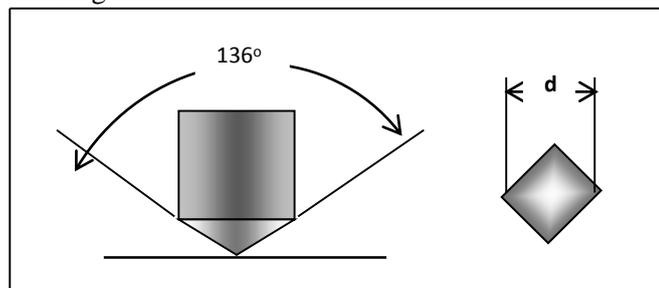
Pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Angka kekerasan piramida intan (DPH) atau angka kekerasan *Vickers* (VHN atau Hv), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$VHN = 1,8544 \cdot P/d^2 \quad (3)$$

di mana:

P = beban yang bekerja pada penetrator intan (kg)
d = panjang diagonal rata-rata bekas penekan (mm)

Pada hasil pengujian, lekukan yang benar yang dibuat oleh penumbuk piramida intan harus berbentuk bujur sangkar. Waktu yang diperlukan untuk penekanan 15 detik, dengan beban 1 – 120 kg.



Gambar 7. Indentor Vickers

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. paduan Al (*scrap*) baling-baling kapal Negara dan baling-baling kapal Surabaya dilebur dalam tungku *krusibel* kemudian dituang dengan temperatur (650, 700, 750 dan 800)°C dalam cetakan selanjutnya ditahan dalam pasir cetak dengan waktu 20 menit. Hasil pengecoran (coran) dibuat spesimen, kemudian diuji di laboraorium untuk mengetahui porositas, kekerasan dan struktur mikro.

Variabel Penelitian

Pengecoran dilakukan menggunakan metode pengecoran tuang (tanpa tekanan) dengan variasi temperatur tuang (650 °C 700 °C, 750 °C dan 800 °C). dan jenis material daur ulang (baling-baling kapal Negara dan baling-baling kapal Surabaya). Secara lebih jelas sebagaimana ditunjukkan dibawah ini. Rencana variabel penelitian: variabel bebas, terikat dan kontrol.

Variabel Bebas

1. Jenis material : paduan Al baling – baling kapal Negara dan baling – baling kapal Surabaya.
2. Temperatur tuang (650 °C 700 °C, 750 °C, dan 800°C).

Variabel Terikat

1. Porositas.
2. Kekerasan.
3. Strukturmikro.

Variabel Kontrol

1. Pendinginan temperatur tuang.
2. Ukuran pasir dan volume pasir dalam cetakan.
3. Waktu tunggu dalam cetakan 20 menit.
4. Rangka cetak.
5. Pola styrofoam.

Persiapan

Jalannya penelitian dilakukan melalui beberapa tahap termasuk persiapan. Persiapan yang dilakukan sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya antara lain :

- a. Peralatan



(a) Blower Keong

(b) Tungku Kursibel

Gambar 8. (a) Blower Keong. (b) Tungku Kursibel

b. Bahan



(a)



(b)

Gambar 9. (a) Baling – Baling Kapal Negara. (b) Baling – Baling Kapal Surabaya

Pemotongan Dan Pembersihan Material

Pemotongan bahan dilakukan agar material yang akan dilebur muat dimasukkan kedalam cawan pelebur.



(a)



(b)

Gambar 10. (a) Pemotongan Material. (b) Pembersihan Material

Peleburan Dan Penuangan



Gambar 11. (a) Peleburan Material. (b) Penuangan material yang sudah mencair

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengecoran

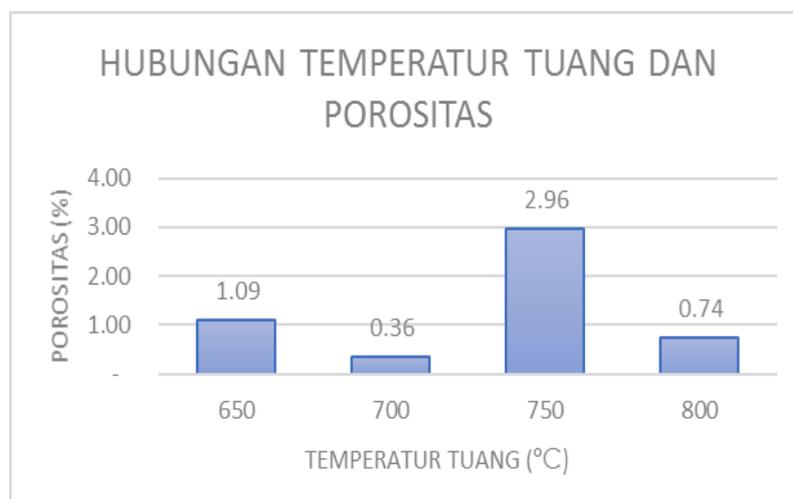
Hasil pengecoran yang telah dilakukan seperti terlihat dalam Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengecoran

Data Hasil Pengujian Porositas Baling – Baling Kapal Negara

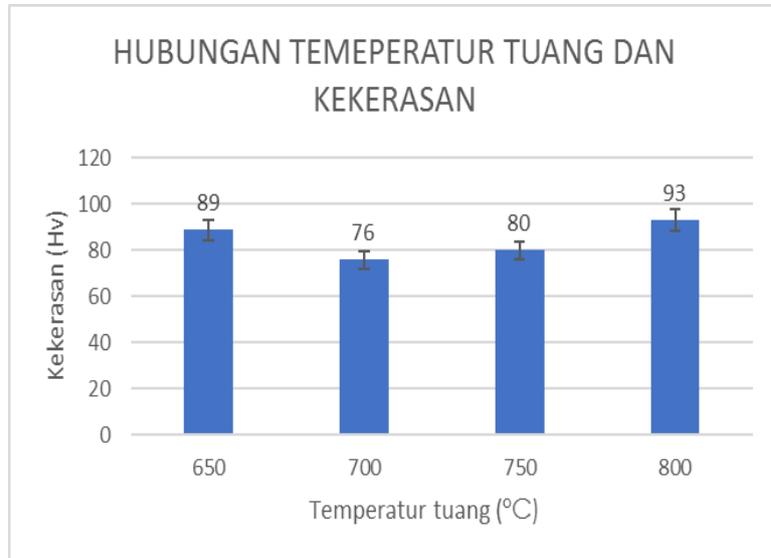
Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui tingkat porositas yang dialami oleh material coran ulang dan di dapatkan data seperti terlihat dalam Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Pengujian Porositas Baling – Baling kapal Negara

Data Hasil Pengujian Kekerasan Baling – Baling Kapal Negara

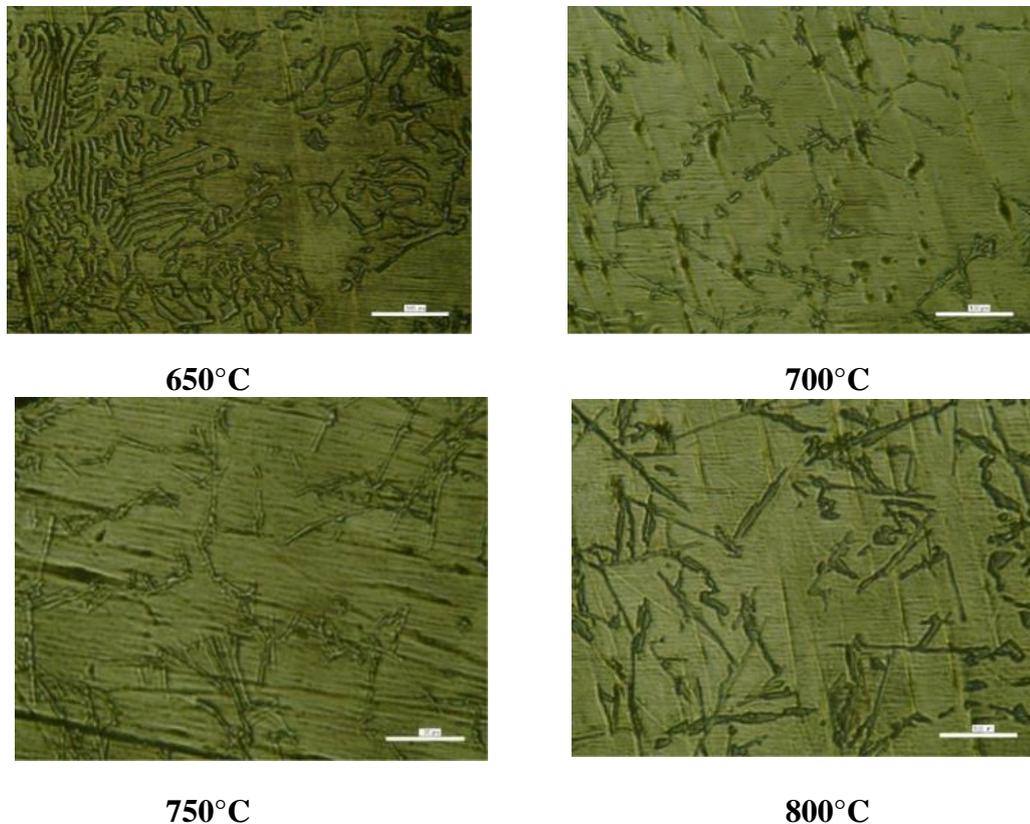
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan yang dimiliki oleh material coran di dapat data seperti terlihat dalam Gambar 14.



Gambar 14. Hasil Pengujian Kekerasan Baling – Baling Kapal Negara

Data Hasil Pengujian Strukturmikro Baling – Baling Kapal Negara

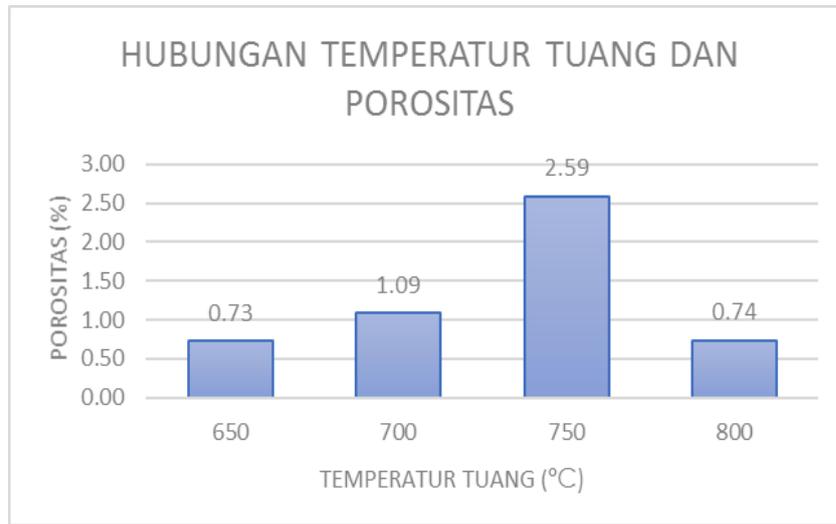
Pengujian strukturmikro dilakukan untuk mengetahui strukturmikro dari setiap temperatur tuang, adapun hasil pengujian seperti terlihat dalam Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Pengujian Struktuk Mikro Baling – Baling Kapal Negara

Data Hasil Pengujian Porositas Baling – Baling Kapal Surabaya

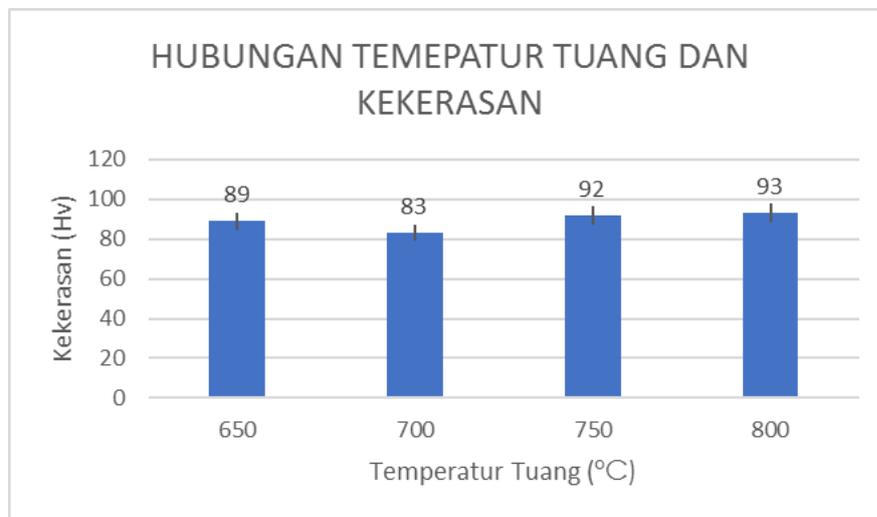
Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui tingkat porositas yang dialami oleh material coran ulang dan di dapatkan data seperti terlihat dalam Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Pengujian Porositas Baling – Baling Kapal Surabaya

Data Hasil Pengujian Kekerasan Baling – Baling Kapal Surabaya

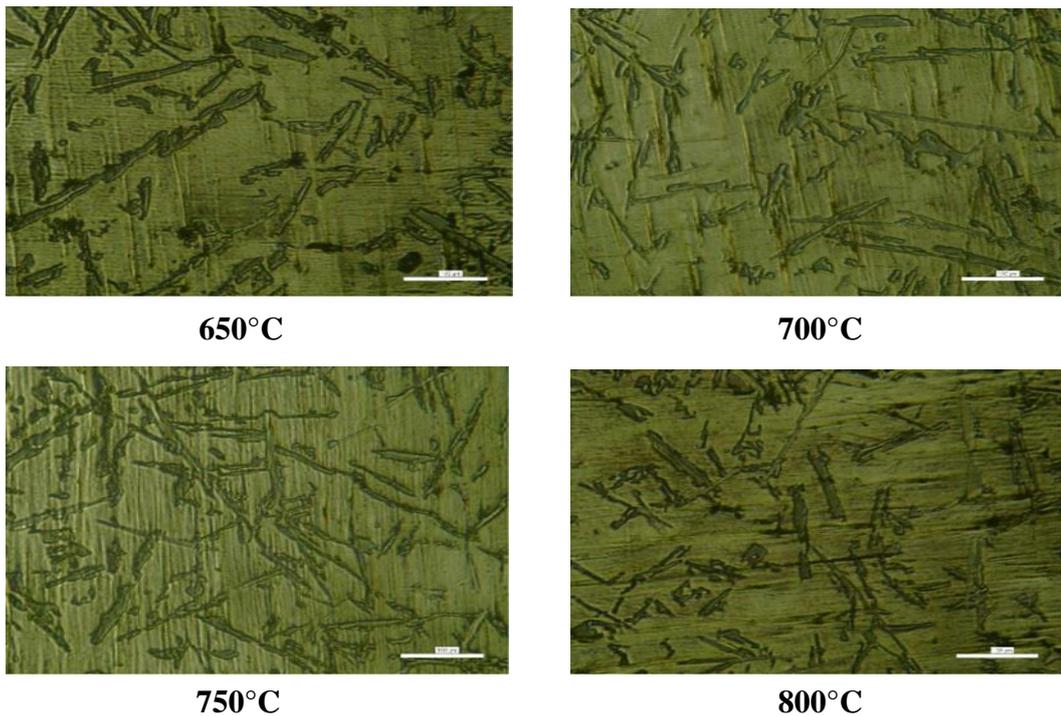
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan yang dialami oleh material coran ulang dan di dapatkan data seperti terlihat dalam Gambar 17.



Gambar 17. Hasil Pengujian Kekerasan Baling – baling Surabaya

Data Hasil Pengujian Strukturmikro Baling – Baling Kapal Surabaya

Pengujian strukturmikro dilakukan untuk mengetahui tingkat strukturmikro yang dialami oleh material coran ulang dan di dapatkan data seperti terlihat dalam Gambar 18.



Gambar 18. Hasil Pengujian Mikrostruktur Baling – Baling Kapal Surabaya

Pembahasan

Baling – Baling Kapal Negara

Dari Gambar 15 dapat dilihat pada material baling-baling kapal Negara ketika temperatur tuang 650°C spesimen I1 mempunyai mikrostruktur dalam kondisi fasa Si *Hipoeutectic* yang banyak dan merata dan tingkat kekerasannya 89 kg/mm² dengan porositas 1,09% dan pada spesimen I2 mempunyai mikrostruktur fasa Si *Hipoeutectic* kurang dan tidak merata terlihat *dentrite* yang banyak, ketika temperatur tuang 700°C mempunyai tingkat kekerasan yaitu 76 kg/mm² dengan porositas 0.36%. terlihat dari gambar 15 bagian A2 *dentrite* mulai berkurang dan struktur mulai merata. Pada spesimen I3 temperatur tuang 750°C kekerasan meningkat menjadi 80 kg/mm² dengan porositas 2,96% dengan mikrostruktur fasa Si *Hipoeutectic* banyak dan tidak merata dan *dentrite* berkurang. Pada spesimen I4 temperatur tuang 800°C mikrostrukturnya fasa Si *Hipoeutectic* banyak dan merata memiliki kekerasan 93 kg/mm² dan porositas 0.74%. Dapat dilihat semakin tinggi temperatur tuang maka porositas juga semakin meningkat, salah satu penyebab terjadinya porositas adalah adanya gas *hydrogen* dan proses pembekuan, dimulai dari bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan dimana inti *kristal* mulai tumbuh dan bulit-butir itu memanjang, itu artinya semakin lama logam mengalami pembekuan dalam cetakan maka porositas semakin tinggi (Raharjo dkk 2011). hasil terbaik pada 800°C dengan tingkat kekerasan tertinggi dan nilai porositas hanya 0.74% pada jenis material ini cenderung getas karena menurut hermawan,dkk (2013) baling-baling kapal negara mengandung Si, yang menyebabkan sifat material menjadi keras. Hubungan struktur mikro dengan porositas di pengujian struktur mikro pembesaran 101 kali, masih belum bisa melihat porositas pada spesimen ini terbukti dari penelitian yang dilakukan oleh darsin,dkk (2010) yang melakukan penelitian Analisis sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium 5083 bahwa pada penelitiannya menggunakan pembesaran 500 kali baru porositas dapat terlihat.

Baling – Baling Kapal Surabaya

Dari Gambar 18 dapat dilihat pada material baling-baling Surabaya pada spesimen J1 mempunyai mikrostuktur *Hipoeutectic* yang kurang merata dan kekerasan 89 kg/mm² dengan porositas 0,73%, pada spesimen J2 temperatur tuang 700°C terlihat banyak *dendrite* sehingga kekerasan menurun menjadi 83 kg/mm² dengan porositas 1,09%. Dan pada spesimen J3 temperatur tuang 750°C *dendrite* mulai berkurang dan kekerasan meningkat menjadi 92 kg/mm² dengan porositas 2.59% dan pada spesimen J4 temperatur tuang 800°C memiliki kekerasan 93 kg/mm² dengan porositas 0.74%. kekerasan yang berbeda-beda karna ada nya pengaruh temperatur tuang dan porositas, semakin rendah temperatur tuang semakin turun juga tingkat kekerasannya disebabkan oleh nilai porositas yang meningkat, namun pada suhu 750°C kekerasan dan porositas menurun menjadi 83 kg/mm² dan 1,09%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan pengaruh temperatur tuang terhadap porositas terlihat dari hasil penelitian pada material baling – baling kapal Negara dan baling – baling kapal Surabaya semakin tinggi temperatur tuang maka tingkat porositas nya semakin tinggi, temperatur tuang berpengaruh terhadap struktur mikro terlihat struktur fasa Si *hipoeutectik* hadir diantara *dendrite* Al dari serpihan pendek menjadi serpihan panjang dan tebal dan kekerasan terlihat dari penelitian pada baling – baling kapal Negara dan baling – baling kapal Surabaya semakin tinggi temperatur tuang maka tingkat kekerasan juga semakin tinggi tingkat kekerasannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashar dkk, 2012.”*Analisis Pengaruh Model Sistem Saluran Dengan Pola Styrofoam Terhadap Sifat Fisis Kekerasan Produk Puli Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang*”. momentum. vol 8 no.1 jurnal teknik mesin fakultas teknik universitas wahid hasyim. semarang.
- Bahtiar & Soemardji Leo, 2012, “*Pengaruh Temperatur Tuang Dan Kandungan Silicon Terhadap Nilai Kekerasan Paduan Al-Si*”, Universitas Tadulako.
- Brown, J. R, 1992 *The lost foam casting poroses, netallurgy Matrial*”. Vol 8 pp-550-555.
- Darsin Mahos, Sallahudin Junus, Yopi Indra Tiawan, 2010” *Analisis sifat mekanik dan struktur mikro aduan Al 5083 akibat pengelasan metal Inert gas (mig) dengan variasi srehat dan post heat*’, jurnal, universitas Jember, Jember.
- Fasya, Hafizh, Aulia, 2015, “*Analisis Proses Pengecoran Squeeze Terhadap Cacat Porositas Produk Flens Motor Sungai*”, *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 4, No. 1, pp. 6 – 12.
- Hermawan dkk, 2013, “ *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem Dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang*”, Momentum, Vol-9 No.2, Jurnal Teknik Mesin Ft Universitas Wahid Hasyim: Semarang. ISSN 0216-7395.
- Karim Ivan Junaidy Abdul, 2012,”*Pengaruh Temperatur Tuang serta Ukuran Ayakan Pasir terhadap Cacat Porositas dan Blowhole Coran Al-Si7 yang Dicor dengan Metode Evaporative*”, Proceedings Seminar Nasional Energi erbarukan & Produksi Bersih 2012 Universitas Lampung (UNILA), Bandar Lampung, ISSN 0016087403,hal. 71-73
- Kim, K, and Lee, K 2005, *effect of Process parameters on porosity in aluminium losr foam process, journal Material Scripta Technology*, Vol. 21 No 5, pp. 681-685.
- Kumar, S, Kumar P,Shan H.S. 2007 *Effect of evaporative pattern casting process parameters on the suraface roughness of Al-7% Si alloy castings, journal of materials processing technology, vol. 182*. Pp 12-18.

- Kusharjanta bambang, wahyupurworaharjo, joko santoso, 2012, “*pengaruh bentuk penampang runner terhadap cacat porositas dan nilai kekerasan produk cor aluminium cetakan pasir*”. Mekanika, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Lal, S., Khan, R. H., 1998, Current status of vacuum sealed molding process, *Indian Foundry Journal*, Vol. 27, pp.12–18.
- Mu’afax ferdiaz dinov, budi harjanto, suharno, 2013, “*pengaruh media pendingin terhadap kekerasan dan struktur mikro hasil remelting Al-Si berbasis limbah piston bekas dengan perlakuan degasing*”, *Jurnal Nosel* Vol 1, No 3, UNS kampus Jl Ahmad Yani 200, Surakarta.
- Raharjo dkk, 2011, “*Analisis Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Sifat Mekanik Paduan Aluminium ADC 12*”, *jurnal teknik mesin fakultas teknik universitas muhammadiyah semarang* ISBN. 978-602-99334-0-6
- Rogo Geger Kokok Cong, Suharno, Yadiono, 2012, “*Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Hasil Remelting Aluminium Tromol Supra X Dengan Cetakan Logam*”, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS.
- Shin S. R. Lee Z. H. 2014” Hidrogen Gas Pick Up Of Alloy Melt During Lost Foam Casting”. *Journal of Material science* Vol 39 1536-1569.