

OPTIMALISASI TEMPERATUR TUANG TERHADAP STRUKTUR MIKRO PADUAN Al-Si DENGAN MENGGUNAKAN CETAKAN PASIR

Dwi Nevia Febriani

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : dwifebriani1@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Aluminium adalah salah satu contoh logam yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Aluminium memiliki sifat tahan terhadap korosi, ringan, penghantar panas yang baik, dapat ditempa, dan memiliki titik cair yang rendah, sehingga aluminium baik untuk proses pengecoran. Ada banyak variabel yang dapat mempengaruhi sifat mekanis hasil coran, diantaranya yaitu temperatur tuang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur tuang terhadap struktur mikro pada hasil coran paduan Al-Si dengan menggunakan cetakan pasir. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur tuang pada saat proses pengecoran. Temperatur tersebut yaitu sebesar 680°C, 705°C, 730°C, 755°C, dan 780°C. Bahan baku pada proses pengecoran ini adalah paduan Al-Si dengan komposisi silikon sebesar 5% serta menggunakan cetakan pasir yang dibuat dengan mencampurkan 9 kg pasir gunung, 0,5 kg semen, 0,5 kg kalsium, 0,5 kg bentonit, dan 0,15 tetes tebu yang selanjutnya dibuat mal didalamnya dan di jemur hingga kering selama 2 hari dan logam cair dituangkan kedalam cetakan. Hasil coran selanjutnya dilakukan uji struktur mikro. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur tuang pada proses pengecoran maka lebar dendrit akan semakin besar, dan unsur Si membentuk pulau-pulau yang semakin besar, serta cacat porositas pada material semakin banyak. Yang berarti semakin tinggi temperatur tuang, maka ketangguhan material semakin menurun.

Kata kunci: aluminium, paduan Al-Si, pengecoran logam, temperatur tuang, cetakan pasir, struktur mikro.

Abstract

Aluminium is one of the most widely used metal samples in the industrial world. Aluminum has corrosion resistance, light weight, good heat conductor, can be forged, and has low liquid point, so aluminum is good for foundry process. There are many variables that can affect the mechanical properties of castings, such as casting temperatures. This study aims to determine the effect of pouring temperature on impact strength and micro structure on Al-Si alloy castings by using sand molds. This research was conducted by varying the casting temperature during the casting process. The temperatures are 680 ° C, 705 ° C, 730 ° C, 755 ° C, and 780 ° C. The raw material of this casting process is Al-Si alloy with 5% as silicone composition and using sand mold made by mixing 9 kg of mountain sand, 0.5 kg of cement, 0.5 kg of calcium, 0.5 kg of bentonite and 0, 15 drops of sugarcane which then made the mall inside and in the drying for dry for 2 days and the liquid metal poured into the mold. The result of casting is then done by micro structure test. The results of the microstructure test show that the higher the casting temperature in the casting process the larger the dendrite width will be, and the Si elements form larger islands, and the porosity defects in the material are increasing. This causes the result of impact testing to decrease. Which means the higher the casting temperature, the material toughness decreases.

Keywords: aluminium, Al-Si alloy, metal casting, casting temperature, sand mold, micro structure.

PENDAHULUAN

Pengecoran logam merupakan salah satu proses pembuatan benda dengan cara mencairkan logam dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam cetakan. Cetakan yang biasanya digunakan untuk proses pengecoran adalah cetakan pasir, karena dengan cetakan pasir benda yang dihasilkan lebih bervariasi. Bahan untuk pasir cetak sangat beragam, seperti pasir sungai, pasir laut, dan pasir gunung. Pasir sungai dan laut yang memiliki kandungan lumpur dan garam yang dapat

menyebabkan coran melepuh dan keropos. Pasir gunung dipilih karena selain murah dan mudah untuk didapat pasir gunung juga mengandung campuran lempung merata yang tinggi dan kebanyakan dapat dipakai setelah dicampur dengan air. Pasir gunung memiliki kemampuan lebih kuat dalam mengikat air, sehingga baik digunakan untuk proses pengecoran. Beberapa alternatif sebagai inovasi pada pengecoran logam kini terus dikembangkan, baik dengan penambahan saluran udara pada cetakan, variasi pada saluran penuangan, variasi pada pola

cetakan, variasi temperatur penuangan, dan lain sebagainya. Dalam proses pengecoran logam yang biasanya digunakan adalah aluminium, karena aluminium memiliki titik cair yang cukup rendah.

Temperatur tuang pada proses pengecoran logam merupakan salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanis benda, sehingga benda hasil coran memiliki kekuatan fisik yang baik. Temperatur tuang yang terlalu rendah dapat menyebabkan logam cair membeku terlebih dahulu pada saluran masuk, sehingga rongga pada cetakan tidak terisi penuh oleh cairan logam dan adanya rongga udara pada hasil coran. Dan jika temperatur tuang terlalu tinggi, maka dapat menyebabkan penyusutan pada benda hasil coran.

Aluminium adalah salah satu logam *nonferro* yang memiliki titik cair sebesar 660°C. Aluminium (Al) memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah memiliki berat jenis yang ringan, ketahanan terhadap korosi, dan hantaran listrik yang baik. Adapun sifat dasar dari aluminium (Al) murni adalah memiliki sifat mampu cor yang baik dan sifat mekanik yang jelek. Aluminium murni memiliki sifat mekanik yang jelek, maka untuk proses pengecoran sebaiknya aluminium dicampur dengan unsur-unsur lain seperti tembaga (Cu), silikon (Si), mangan (Mn), magnesium (Mg) dan sebagainya. Aluminium murni sangat lunak dan tidak kuat, tetapi dapat dicampur dengan Tembaga, Magnesium, Silikon, Mangan, dan unsur-unsur lainnya untuk dapat membentuk sifat-sifat yang menguntungkan. Penambahan unsur silikon pada paduan aluminium banyak digunakan karena memiliki sifat mampu alir yang baik, pada saat proses pembekuan hampir tidak terjadi retak. Sehingga penambahan unsur Si ini diperlukan untuk menambah sifat mekanis dari aluminium. Paduan Al-Si ini banyak digunakan sebagai bahan cor maupun paduan tempa atau pada *pulley*.

Pengaplikasian pada *pulley* dengan menggunakan paduan Al-Si ini ditujukan agar dapat meningkatkan sifat mekanis pada *pulley*. *Pulley* yang baik harus memiliki sifat mekanis yang baik. Untuk dapat mengetahui sifat mekanik dari *pulley* yang telah dicor tersebut, maka dapat dilakukan dengan pengujian struktur mikro.

Struktur mikro merupakan salah satu jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Dengan analisa struktur mikro, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, besar butir, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat fisis sangat mempengaruhi struktur mikro logam.

KAJIAN PUSTAKA

Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop, permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksikan dengan

reagen kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan *etching*.

Untuk mengetahui sifat dari suatu logam, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap logam dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, kita dapat meramalkan struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu.

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

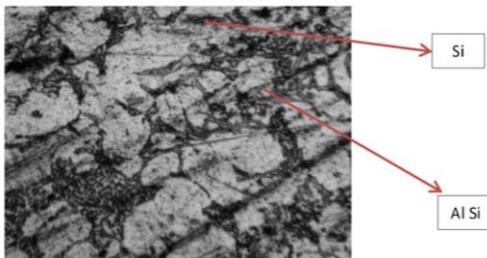
Mekanisme pembentukan dendrit dapat dijelaskan melalui suatu teori yaitu teori pembekuan (*solidofication theory*). Teori ini menyatakan bahwa selama proses pembekuan, dimana terjadi perubahan fasa cair menjadi padat, logam akan terkristalisasi sehingga atom-atom menyusun diri mereka sendiri dalam keteraturannya. Proses kristalisasi ini dimulai dari keadaan yang disebut nuklei. Nuklei terbentuk ketika logam cair mencapai temperatur 600°C dan bertambah besar ukurannya dengan sangat cepat sehingga atom-atom aluminium dapat menyusun dirinya sendiri disekitar nuklei tersebut. Pertumbuhan nuklei tersebut terus bertambah hingga akhirnya berhenti dikarenakan kristal tetangga. Satu nuklei yang mempunyai keteraturan atom-atom disekitarnya disebut dengan butir.

Biasanya, struktur yang terbentuk pada proses pengecoran logam cair adalah kolumnar dan *equiaxed*. Struktur kolumnar adalah daerah struktur butir hasil pengecoran logam cair dimana berbentuk memanjang dengan arah yang sama sebagai hasil dari persaingan pertumbuhan selama pembekuan. Bentuknya yang memanjang disebabkan bahwa secara umum pertumbuhan nuklei dan proses kristalisasi terjadi dengan arah yang berlawanan dengan perpindahan panasnya. Struktur ini biasanya terjadi pada bagian yang bersentuhan dengan dinding cetakan. Sedangkan struktur *equiaxed* adalah suatu struktur butir hasil pengecoran logam cair dimana sering ditemukan pada bagian tengah ingot dimana daerah ini mempunyai arah butir yang berbeda satu dengan yang lainnya. Hal ini dikarenakan bahwa proses pembentukan nuklei terjadi secara menyebar.

Namun, tak selamanya proses kristalisasi menghasilkan bentuk kolumnar ataupun *equiaxed*. Tak jarang bentuk dendrit ditemukan pada produk pengecoran. Dendrit merupakan suatu struktur khas pada produk hasil pengecoran dimana berbentuk seperti pohon cemara yang tumbuh dalam keadaan *undercooled*. Bentuk ini tumbuh dikarenakan bahwa secara termodinamika, pertumbuhan kristal lebih disukai pada sisi sudut dari kristal yang sedang tumbuh, yang berbentuk kubus, daripada daerah pusatnya.

Kumpulan dari struktur dendrit-dendrit yang berawal dari nukleus disebut dengan butir. Besar butir tergantung laju pendinginan pada saat proses pengerjaan panas dan pengerjaan dingin, sewaktu logam dibentuk. Logam dengan butiran yang halus umumnya memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih baik dibanding logam berbutir kasar. Karena pada proses deformasi yang dialaminya, logam berbutir halus memiliki hambatan slip

yang lebih besar dibanding yang berbutir kasar. Selain itu logam berbutir halus tidak mudah retak sewaktu dicelup (didinginkan dengan tiba-tiba). Logam berbutir kasar lebih mudah pemesisannya, lebih mudah dikeraskan melalui perlakuan panas, memiliki daya hantar panas dan listrik yang lebih baik serta merata tingkat kekerasannya. Dalam padatan, pengendapan atau presipitasi terjadi jika konsentrasi salah satu solid berada diatas batasan kelarutan pada host padat, karena misalnya quenching cepat atau implantasi ion, dan suhu cukup tinggi bahwa difusi dapat menyebabkan pemisahan menjadi presipitat. Berikut ini adalah contoh struktur mikro paduan Al-Si pada pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir dan pembesaran 250x.



Gambar 1. Struktur mikro paduan Al-Si

METODE

Jenis Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui struktur mikro paduan Al-Si dengan variasi temperatur tuang.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium $\alpha\beta\gamma$ Landung Sari, Malang, Jawa Timur.
- Waktu Penelitian
Penelitian ini dilakukan mulai bulan Desember 2017 sampai dengan bulan April 2018.

Rancangan penelitian

- Cetakan Pasir
Pembuatan cetakan pasir dengan mal berbentuk spesimen berupa *pulley*.



Gambar 2. Mal *pulley*

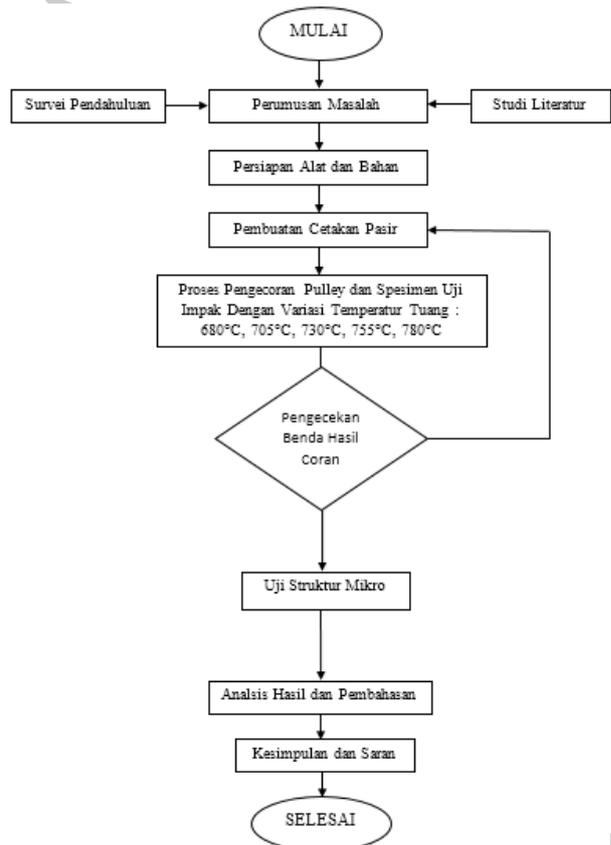
- Variasi Temperatur Tuang
Ingot Al-Si di lebur ditunggu peleburan yang menggunakan *thermocontrol* dengan variasi temperatur tuang sebesar 680°C, 705 °C, 730 °C, 755

°C dan 780 °C. Al-Si cair dituang ke dalam cetakan pasir.

- Uji Struktur Mikro

Sebelum melakukan foto struktur mikro benda kerja dipoles. Pemolesan dilakukan dengan cara mengampelas bagian permukaan benda kerja sampai halus kemudian di *autosol* agar mengkilap dan ditetesi cairan *etsa* dan alkohol. Setelah itu dilakukan foto struktur mikro pada permukaan. Bandingkan setiap foto struktur mikro ditiap temperaturnya. Bagaimana perbedaan ukuran besar butir dan bentuk dari batas butir ditiap temperaturnya.

- *Flowchart* Penelitian



Gambar 3. *Flowchart* Proses Penelitian

Penelitian diawali dengan survey pendahuluan dan studi literatur sehingga ditemukan rumusan masalah. Setelah itu dilakukan persiapan penelitian dan membuat cetakan pasir. Proses pengecoran dilakukan dengan variasi temperatur tuang sebesar 680°C, 705 °C, 730 °C, 755 °C dan 780 °C. kemudian diuji struktur mikronya sehingga didapatkan hasil. Hasil uji dianalisis dan kemudian disimpulkan.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk mempelajari variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2013).

- Variabel terikat:
 - Foto struktur mikro
- Variabel bebas:
 - Temperatur tuang pada proses pengecoran sebesar 680°C, 705°C, 730°C, 755°C dan 780°C.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :
 - Material yang digunakan pada proses pengecoran adalah paduan Al-Si.
 - Cetakan yang digunakan pada proses pengecoran adalah cetakan pasir.
 - Model saluran tuang pada proses pengecoran menggunakan riser.
 - Proses peleburan logam dilakukan di tungku peleburan listrik yang dilengkapi dengan *thermo control*.

Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

- Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
 - Tungku peleburan
 - Rangka cetakan pasir
 - Timbangan
 - Mal spesimen *pulley*
 - Pipa
 - Sekrup dan baut
 - Sarung tangan
 - Penjepit
 - Ladel
- Bahan yang digunakan dalam pengecoran adalah Aluminium dengan paduan Silikon sebesar 5%.
- Instrumen yang digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut:
 - Mikroskop untuk uji struktur mikro

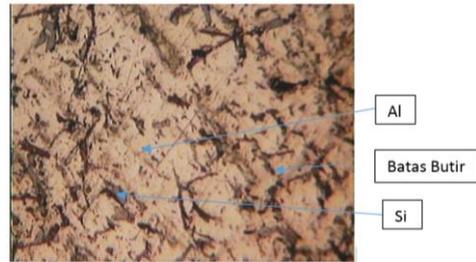
Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara menelaah data dari hasil pengujian yang berupa nilai (kuantitatif) dan disajikan dalam bentuk tabel serta ditampilkan dalam bentuk grafik. Langkah berikutnya dilakukan analisis kualitatif, yaitu mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2013).

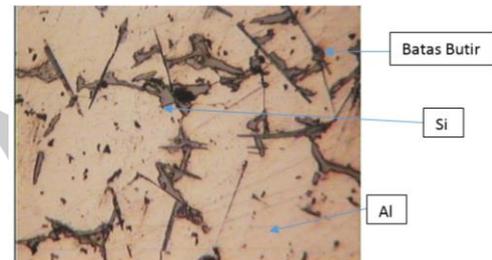
HASIL DAN PEMBAHASAN

- Hasil Uji Struktur Mikro

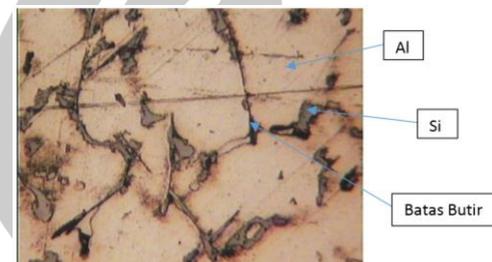
Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk melihat apakah terjadi perbedaan struktur mikro pada hasil coran dengan variasi temperatur tuang pada saat proses pengecoran. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada kelima spesimen pada masing-masing temperatur tuang. Pembesaran gambar struktur mikro dilakukan sampai 400x dan hasil foto struktur mikro dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



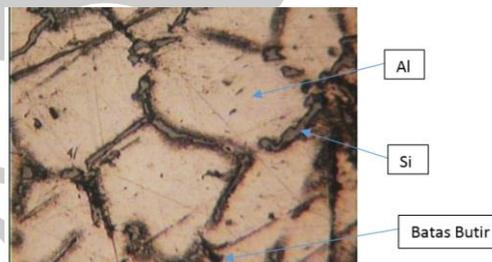
Gambar 3. Foto struktur mikro pada temperatur 680°C



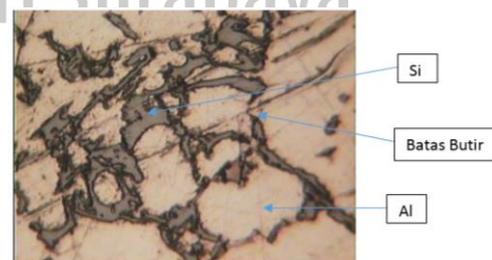
Gambar 4. Foto struktur mikro pada temperatur 705°C



Gambar 5. Foto struktur mikro pada temperatur 730°C



Gambar 6. Foto struktur mikro pada temperatur 755°C



Gambar 7. Foto struktur mikro pada temperatur 780°C

Hasil foto struktur mikro pada logam coran menunjukkan adanya perbedaan. Secara keseluruhan

struktur dari logam hasil coran memiliki bentuk struktur mikro berupa struktur *dendrite* yang menjadi ciri khas struktur mikro dari logam paduan Al-Si. Terlihat pada temperatur 680°C batas butir yang terbentuk sudah cukup jelas namun ukurannya tidak teratur, namun persebaran unsur Si pada temperatur ini sudah merata, karena pada temperatur 680°C ini unsur Si yang terkandung dalam Al sendiri sudah terlarut dan berbentuk cair.. Sedangkan pada temperatur 705°C batas butir terlihat paling jelas dan jarak serta ukuran dendrite yang rapat dibandingkan dengan temperatur lainnya, unsur Si dalam temperatur ini sudah mulai membentuk pulau-pulau kecil, namun tidak terlalu berpengaruh pada kekuatan materialnya karena bentuk pulau-pulau unsur Si pada temperatur 705°C ini masih seragam dan kecil. Pada temperatur tuang 730°C terlihat batas butir yang semakin melebar dan jarak dendrite yang semakin melebar pula, serta unsur Si membentuk pulau-pulau yang lebih besar dari temperatur sebelumnya. Pada temperatur tuang 755°C bentuk batas butir semakin mengecil, unsur Si membentuk pulau-pulau yang semakin besar, dan jarak dendrite yang semakin melebar dari temperatur sebelumnya serta porositas yang terlihat semakin banyak. Porositas ini dapat disebabkan karena terlalu tingginya temperatur penuangan, sehingga pembekuan material semakin lama dan ada udara yang terjebak saat pembekuan cairan logam tersebut. Pada temperatur tuang 780°C banyaknya porositas yang terjadi karena temperatur penuangan yang terlalu tinggi, serta mengumpulnya unsur Si atau unsur Si yang membentuk pulau semakin besar dan persebarannya tidak merata. Jarak dendrite yang semakin melebar dan porositas yang terjadi paling banyak dibandingkan dengan temperatur-temperatur lainnya. Hasil pengujian struktur mikro ini sesuai dengan penelitian dari I GN Liladipta Pinatih, dkk yang menyatakan bahwa : semakin tinggi temperatur tuang bentuk dendrit semakin pipih, membulat dan mengecil, bahkan serta jarak antar dendrite semakin besar dan melebar. Kecacatan yang tampak adalah cacat *blow hole / gas porosity* yang menunjukkan terdapatnya udara yang terperangkap pada saat pengecoran produk.

I GN Liladipta Pinatih, dkk meneliti tentang : “Kekuatan Impak dan Struktur Mikro Hasil Coran Paduan Aluminium Silikon (Al-7%Si) Dengan Variasi Temperatur Tuang”. Penelitian ini menggunakan material paduan Al-Si dengan persentase Si sebesar 7% dan proses pengecoran menggunakan cetakan pasir dengan variasi temperatur tuang 700°C, 750°C, dan 800°C. Hasil dari penelitian ini yaitu hasil yang paling baik terdapat pada temperatur tuang 700°C dimana gambar terlihat dengan jelas, bentuk butiran terlihat lebih rapat bergaris-garis dan memanjang dan tebal, sehingga jika dilihat secara visual dan dibandingkan dengan temperatur yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur tuang maka jarak antar dendrite pada struktur mikro semakin merenggang dan pada struktur mikro bentuk permukaan semakin rata dan halus yang didominasi oleh permukaan yang semakin banyak memantulkan cahaya.

PENUTUP

Simpulan

Hasil penelitian studi temperatur tuang terhadap struktur mikro paduan Al-Si dengan menggunakan cetakan pasir dapat disimpulkan bahwa:

- Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur tuang maka jarak antar dendrite akan semakin melebar, persebaran unsur Si yang tidak merata membentuk pulau-pulau yang semakin besar, dan semakin banyak porositas yang dijumpai.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka diberikan saran sebagai berikut:

- Suhu lingkungan pada saat proses penuangan cairan logam kedalam cetakan lebih diperhatikan.
- Permukaan benda uji struktur mikro harus benar-benar halus agar hasil foto mikro terlihat dengan jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM International Handbook. 1992. *Volume 15 Casting*.
- Davis, Harmer E., George Earl Troxell, George F. W. Hauck. 1982. *The Testing Of Engineering Materials*, edisi keempat, McGraw-Hill New York.
- Ir. Drs. Budiyanto. 2008. *Pengaruh Temperatur Penuangan Paduan Al-Si (Seri 4032) Terhadap Hasil Pengecoran* (ejournal.itn.ac.id/index.php/flywheel/article/download/489/258/, diakses pada 8 November 2017 pukul 13.59).
- K. Roziqin, H. Purwanto, dkk. *Pengaruh Model Sistem Saluran Pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Coran Pulli* (<https://media.neliti.com/.../114152-ID-pengaruh-model-sistem-saluran-pada-prose.pdf>, diakses pada 9 November pukul 15.30).
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta.
- Surdia Tata, Shinroku Saito., 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*, cetakan keempat, PT Pradnya Paramita Jakarta.
- Surdia Tata, Kenji Chijiwa., 1991. *Teknik Pengecoran Logam*, cetakan keenam, PT Pradnya Paramita Jakarta.
- Wijaya, Mohammad Tofa. 2017. *Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium* (<https://jurnal.umk.ac.id/index.php/simet/article/view>

[ewFile/933/816](#), diakses pada 8 November 2017
pukul 08.00).



UNESA
Universitas Negeri Surabaya