

Pengaruh Variasi Penambahan Silikon Dan Temperatur Tuang Terhadap Kekuatan Impak Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran (Al-Si) Dengan Metode Sand Casting

I Made Wisma Cita, I Ketut Gede Sugita dan Dewa Ngakan Putra Negara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pengecoran logam merupakan manufaktur dalam pembuatan suatu produk dengan cara menuangkan logam cair yang sudah dipanaskan kedalam cetakan yang dibentuk sesuai dengan pola yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh temperatur tuang terhadap ketangguhan impak dan struktur mikro hasil pengecoran paduan aluminium silikon dengan menggunakan metode cetakan pasir. Bahan utama penelitian ini adalah aluminium dan silikon, kemudian dilebur dan dituang ke dalam cetakan dengan variasi temperatur tuang dari 700°C, 750°C dan 800°C dengan penambahan persentase silikon sebesar 7%, 9% dan 11%. Pengujian impak menggunakan alat uji impak Charpy (ASTM E23), foto struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan nilai impak tertinggi didapat pada temperatur tuang 750°C paduan (Al-11%Si) dengan nilai rata-rata sebesar 0,063 Nm/mm² dan nilai terendah pada paduan (Al-7%Si) temperatur tuang 800°C dengan nilai rata-rata sebesar 0,045 Nm/mm². Struktur mikro yang terbentuk dari logam paduan aluminium coran secara umum memiliki bentuk struktur mikro berupa struktur dendrite.

Kata kunci : Pengecoran, Aluminium silikon, Temperatur tuang, Ketangguhan Impak, Struktur mikro.

Abstract

Metal casting is a manufacture in the manufacture of a product by pouring heated molten metal into a mold that is formed according to the desired pattern. The purpose of this study was to investigate the effect of pour temperature on the impact toughness and microstructure of casting silicon aluminum alloy using sand molding method. The main ingredients of this research are aluminum and silicon, then melted and poured into molds with pour temperature variations of 700 °C, 750 °C and 800 °C with the addition of silicon percentages of 7%, 9% and 11%. Impact testing using Charpy impact test equipment (ASTM E23), microstructure photos were carried out using an optical microscope. The results showed that the highest impact value was obtained at a pouring temperature of 750 °C alloy (Al-11% Si) with an average value of 0.063 Nm / mm² and the lowest value in the alloy (Al-7% Si) pour temperature of 800 °C with an average value average of 0.045 Nm / mm². The micro structure formed from cast aluminum alloy metal in general has the form of microstructure in the form of dendrite structure.

Keyword : casting, Aluminium silicon, pour Temperature, Impact strength, microstrusture.

1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan zaman yang pesat, maka tidak bisa dipungkiri lagi kebutuhan manusia terhadap berbagai teknologi sangat diperlukan dalam mempermudah kegiatan sehari-hari misalnya kendaraan roda dua maupun roda empat. Berbagai industri otomotif berlomba-lomba mengembangkan teknologi yang ramah lingkungan, efisien dan tentunya murah agar produk yang di kembangkan bisa di terima oleh masyarakat. Keberadaan aluminium sangat penting bagi industri otomotif sebab manfaatnya sangat banyak untuk pembuatan suku cadang kendaraan seperti blok mesin, piston, komponen transmisi dll, salah satu produk berbahan aluminium lainnya yaitu velg.

Kegunaan velg yang begitu penting, tidak dipungkiri lagi sering mengalami kegagalan pada saat pemakaiannya. Faktor terbesar yang sangat mempengaruhi kerusakan velg ialah adanya beban berlebih maupun kecepatan kendaraan yang tinggi ketika melewati jalan yang rusak (berlubang) sehingga terjadi gaya impak yang mengakibatkan

velg mengalami deformasi. Karakteristik dari velg memiliki sifat mekanik yang ulet dan ketangguhannya harus tinggi agar tidak mudah mengalami deformasi saat pemakaiannya. Bahan utama dari pembuatan velg yaitu aluminium, karena aluminium memiliki keuletan dan ketangguhan yang rendah, maka dari itu logam aluminium dipadukan dengan silikon, dimana paduan ini dapat meningkatkan kekuatan aluminium yang rendah.

Logam aluminium ini merupakan logam paduan dengan silikon sebagai paduan utamanya. Logam paduan aluminium silikon merupakan logam yang memiliki sifat mampu cor dan mampu alir yang baik, mempunyai permukaan yang bagus, serta tanpa kegetasan panas. Paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, berat jenisnya ringan, koefisien pemuaian kecil, serta sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Pada titik eutektic 577°C, 11,7% Si sangat baik untuk paduan tuang karena titik cairnya rendah.[1] Penelitian ini diharapkan mendapatkan nilai kekuatan impak pada paduan Aluminium Silikon dengan penambahan persentase

silikon sebesar 7%Si, 9%Si dan 11%Si sebagai objek utama penelitian, diperkuat dengan analisa secara metallography dengan melakukan pengujian struktur mikro menggunakan variasi temperatur tuang 700°C, 750°C, dan 800°C dengan metode pengecoran *sand casting*.

2. Dasar Teori

2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Logam cair akan dituangkan atau ditekan ke dalam cetakan yang memiliki rongga cetak (*cavity*) sesuai dengan bentuk atau desain yang diinginkan.

Setelah logam cair memenuhi rongga cetak dan tersolidifikasi, selanjutnya cetakan disingkirkan dan hasil cor dapat digunakan penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan, akan terjadi rangkaian kejadian dalam cetakan tersebut. Pada umumnya proses pembekuan akan terjadi pada dinding cetakan (logam cair pada dinding cetakan) dan menuju pusat coran. Setelah pepadatan selesai akan terjadi proses pendinginan sampai mencapai suhu kamar (*ambient*).

2.2 Aluminium

Alumunium merupakan logam non ferro yang bahan dasarnya adalah bauksit dan kreolit. Melalui cara bayer diperoleh tanah tawas lalu tanah tawas direduksi menjadi alumunium melalui elektrolisa. Dari urutan penggunaan logam paduan alumunium yang menempati urutan kedua setelah penggunaan logam besi dan baja, dan urutan pertama untuk logam non ferro. [2]

2.3 Silikon (Si)

Silikon (Si) merupakan unsur yang paling berlimpah di kerak bumi, dan silikon menempati urutan kedua setelah oksigen dimana silikon mencakup 25% dari kandungan kerak bumi. Silikon (Si) tidak ditemukan bebas di alam, tetapi muncul sebagian besar di kulit bumi dalam bentuk silikat dan silikon dioksida (*silica*). antara lain: memiliki Berat jenis 2.3290 g/cm^3 , temperatur lebur (*boiling point*) 1410°C , *Ultimate strength*nya 40- 50 N/m^2 , dan tak berwarna. Unsur silicon dan senyawa intermetaliknya banyak digunakan sebagai paduan untuk membentuk aluminium magnesium, tembaga, dan logam lainnya yang memiliki ketahanan tinggi.

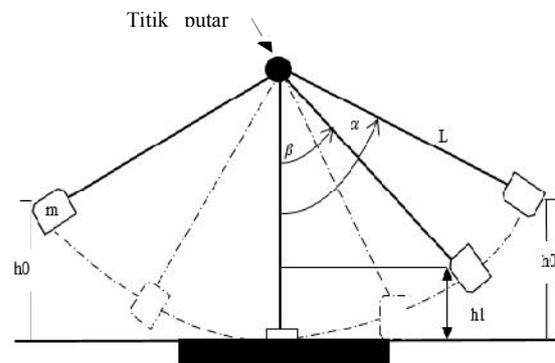
Silikon murni berwujud padat seperti logam karena sifatnya seperti yang diatas silikon banyak digunakan sebagai unsur yang ditambahkan dalam paduan, terutama dipadukan dengan unsur aluminium yang membentuk paduan aluminium silikon (Al-Si). [3]

2.4 Uji Impak

Skematik dari pengujian impak ditunjukkan pada gambar 1, dimana W adalah berat dari pendulum

(kgf), m adalah massa (kgm), h_0 adalah tinggi awal (m), h_1 adalah tinggi akhir (m), L adalah panjang lengan (m), α adalah sudut awal ($^\circ$), dan β adalah sudut akhir ($^\circ$).

Uji impak dilakukan untuk menguji kekuatan suatu material terhadap pemberian beban secara tiba-tiba persatuan luas bidang material uji dengan cara mengukur perubahan energi potensial yang diserap material dari sebuah palu besar yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Bentuk berupa patahan material yang terjadi selanjutnya dianalisa secara visual apakah material itu ulet atau kah getas. Besarnya energi yang diserap tergantung pada keuletan bahan uji dan dinyatakan dalam satuan Nm / mm^2 . Dalam pengujian impak ada 2 jenis metode pengujian yaitu metode Izod dan metode Charpy, pada penelitian ini menggunakan metode Charpy.



Gambar 1. Ilustrasi Uji Impak

Penggunaan pengujian impak metode charpy memiliki dimensi $10 \times 10 \times 55 \text{ mm}$ dan memiliki takik (*notch*) berbentuk V dengan sudut 45° dengan kedalaman 2mm ditengah. Pengujian ini didasarkan pada "*standard method of tention testing metallic materials*" dari ASTM Designation E23 "*Annual Book Of ASTM Standars*" American Society For Testing And Materials. [4]

Rumus *Impact Strenght* adalah:

$$I_s = E/A \quad (1)$$

Dimana I_s adalah *Impact strenght* (Nm/mm^2), E adalah energi yang diserap (Nm), dan A adalah luas penampang benda uji (mm^2)

Dimana :

$$E = E_1 - E_0 \quad (2)$$

E adalah energi yang diserap (Nm), E_1 adalah energi akhir (Nm) <diukur saat ada benda uji>, E_0 adalah energi awal (Nm) <diukur tanpa benda uji>, E_0 adalah $W \cdot h_0 = W \cdot L \cdot (1 - \cos \alpha)$ dan $E_1 = W \cdot h_1 = W \cdot L \cdot (1 - \cos \beta)$

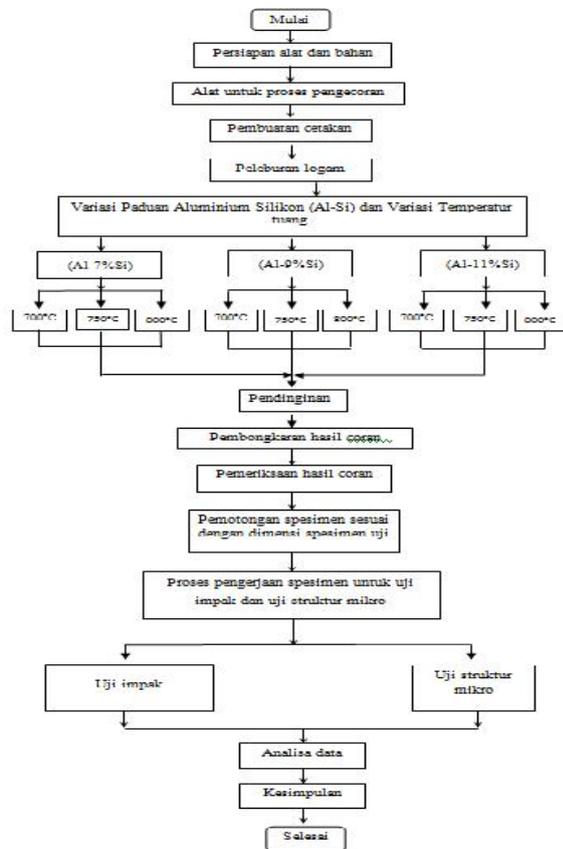
2.5 Uji Struktur Mikro

Struktur Mikro atau metalografi adalah suatu bentuk susunan struktur yang terbentuk pada material

logam dan ukurannya sangat kecil dan tidak beraturan, bentuknya berbeda-beda tergantung pada unsur dan proses yang dialami pada saat pembentukannya [5]. Dalam pengamatan struktur mikro, dapat terlihat fasa-fasa dalam suatu material. Fasa adalah suatu daerah dimana pada rentang dan komposisi tertentu mempunyai sifat yang sama. Antara fasa satu dengan fasa yang lain akan dibatasi oleh batas fasa. Di dalam struktur mikro terdapat istilah butir, butir adalah kumpulan sel satuan yang mempunyai arah dan orientasi gerak yang sama yang dilihat dari arah dua dimensi. Batas butir adalah daerah perbatasan antara butir yang satu dengan butir yang lainnya, dimana pada daerah batas butir ini adalah daerah yang tidak stabil.

3. Metode Penelitian

3.1 Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini, dilihat pada Gambar 3 yaitu: (a) aluminium, (b) silicon, (c) arang kayu, (d) pasir cetak



Gambar 3. Bahan-Bahan Penelitian

2. Alat Penelitian

- Alat Pengecoran Spesimen
 - a. Dapur Peleburan
 - b. Kowi
 - c. Blower
 - d. Timbangan Digital
 - e. Tang Panjang
 - f. Cetakan Pasir
- Alat Uji Spesimen Hasil Pengecoran
 - a. Alat Uji Impak (*Impact test*)
 - b. Mikroskop optic
 - c. *Thermocouple*

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Proses penelitian dilaksanakan dengan cara pembuatan spesimen lalu dilakukan pengujian, setelah itu dijelaskan mendetail pada setiap tahapannya. Pelaksanaan penelitian dimulai dari penyiapan alat serta bahan-bahan untuk di jadikan spesimen kemudian dilanjutkan dengan pembuatan cetakan, peleburan logam, penuangan kecetakan, pendinginan dan pengukuran temperatur menggunakan *thermocouple*. Pembongkaran spesimen, proses pemeriksaan hasil coran dilanjutkan dengan pembuatan spesimen sesuai dengan standar untuk penelitian dimana uji impact menggunakan ASTM E-23 kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian dan pengambilan data.

Pengujian dan pengambilan data dilakukan di laboratorium teknik mesin universitas udayana.

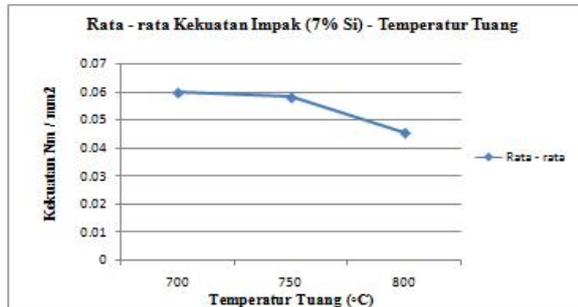
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Uji Impak

Tabel 1. Data Hasil Uji Impak (Al-7%Si)

| Paduan Al-7%Si | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|------------|------------|--------------|---------------------|-----------------------------------|---|-------|-------|
| Temperatur Penuangan | Spec. | E_0 (Nm) | E_1 (Nm) | $A_{(mm^2)}$ | $E(E_1 - E_0)$ (Nm) | $I_2 (E/A)$ (Nm/mm ²) | $I_2 \text{ rata-rata}$ (Nm/mm ²) | | |
| | | 700°C | 1 | 0,4 | 5,2 | 82 | 4,8 | 0,058 | 0,059 |
| | 2 | 0,4 | 5,5 | 84,24 | 5,1 | 0,060 | | | |
| | 3 | 0,4 | 5,3 | 81,32 | 4,9 | 0,060 | | | |
| 750°C | 1 | 0,4 | 5 | 83 | 4,6 | 0,055 | 0,058 | | |
| | 2 | 0,4 | 4,9 | 73,47 | 4,5 | 0,061 | | | |
| | 3 | 0,4 | 4,9 | 78,4 | 4,5 | 0,057 | | | |
| 800°C | 1 | 0,4 | 4,5 | 87 | 4,1 | 0,047 | 0,045 | | |
| | 2 | 0,4 | 4,4 | 86 | 4 | 0,046 | | | |
| | 3 | 0,4 | 4,2 | 90,1 | 3,8 | 0,042 | | | |

Tabel 1 menunjukkan data spesimen uji impact (Al-7%Si) dapat dibuat dalam bentuk grafik terlihat pada gambar 4.



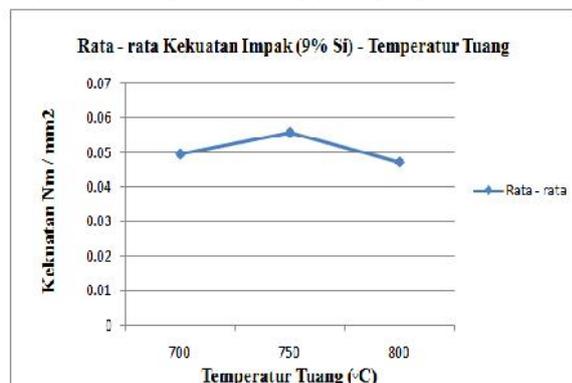
Gambar 4. Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Impact Terhadap Temperatur Tuang (Al-7%Si)

Dari gambar 4 menunjukkan kesimpulan rata-rata kekuatan impact paling tinggi di dapatkan paduan aluminium silikon (Al-7%Si) yaitu pada temperatur 700°C sebesar 0,059 Nm/mm², dan mengalami penurunan pada temperatur tuang 750°C dengan nilai sebesar 0,058 Nm/mm², sedangkan kekuatan impact terendah terdapat pada temperatur tuang 800°C sebesar 0,045 Nm/mm². Jadi berdasarkan grafik pada gambar 4 semakin tinggi temperatur tuang semakin rendah kekuatan impactnya.

Tabel 2. Data hasil uji Impact (Al-9%Si)

| Paduan Al-9%Si | | E ₀ (Nm) | E ₁ (Nm) | A _{mm²} | E (E ₁ - E ₀) (Nm) | I _s (E/A) (Nm/mm ²) | I _s Rata ² (Nm/mm ²) |
|----------------------|-------|---------------------|---------------------|-----------------------------|---|--|--|
| Temperatur Penuangan | Spec. | | | | | | |
| 700°C | 1 | 0,4 | 4,5 | 83,83 | 4,1 | 0,048 | 0,049 |
| | 2 | 0,4 | 4,4 | 76,23 | 4 | 0,052 | |
| | 3 | 0,4 | 4,2 | 79 | 3,8 | 0,048 | |
| 750°C | 1 | 0,4 | 5,2 | 85,05 | 4,8 | 0,056 | 0,055 |
| | 2 | 0,4 | 4,9 | 88,58 | 4,5 | 0,050 | |
| | 3 | 0,4 | 5 | 75,92 | 4,6 | 0,050 | |
| 800°C | 1 | 0,4 | 4 | 83 | 3,6 | 0,043 | 0,047 |
| | 2 | 0,4 | 4,1 | 80,58 | 3,7 | 0,045 | |
| | 3 | 0,4 | 4,4 | 76 | 4 | 0,052 | |

Dari tabel 2 ditunjukkan data hasil uji impact (Al-9%Si) yang di tabelkan dapat dibuat grafiknya gambar 5. sehingga menunjukkan hasil dari kekuatan impact dan temperatur tuang pada pengecoran Al-Si.



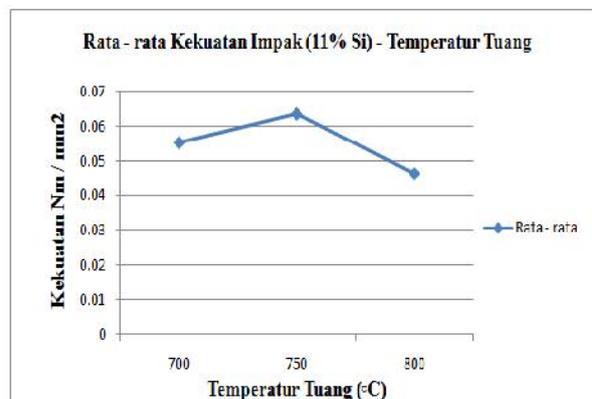
Gambar 5. Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Impact Terhadap Temperatur Tuang (Al-9%Si)

Dari gambar.5 menunjukkan rata-rata nilai kekuatan impact pada paduan aluminium silikon (Al-9%Si) dengan temperatur tuang 700°C sebesar 0,045 Nm/mm², pada temperatur tuang 750°C sebesar 0,055 Nm/mm², dan pada temperatur tuang 800°C sebesar 0,047 Nm/mm². dimana nilai impact tertinggi pada temperatur tuang 750°C dan nilai impact terendah pada temperatur tuang 800°C. Maka dari itu dengan bertambahnya persentase silikon pada paduan aluminium silikon juga meningkatkan kekuatan impactnya.

Tabel 3. Data hasil uji Impact (Al-11%Si)

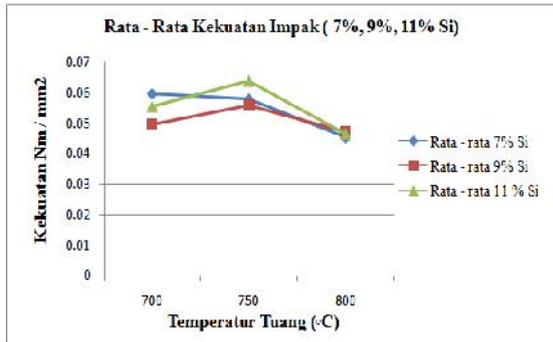
| Paduan Al-11%Si | | E ₀ (Nm) | E ₁ (Nm) | A _{mm²} | E (E ₁ - E ₀) (Nm) | I _s (E/A) (Nm/mm ²) | I _s Rata ² (Nm/mm ²) |
|----------------------|-------|---------------------|---------------------|-----------------------------|---|--|--|
| Temperatur Penuangan | Spec. | | | | | | |
| 700°C | 1 | 0,4 | 4,5 | 79,8 | 4,1 | 0,051 | 0,055 |
| | 2 | 0,4 | 4,5 | 70 | 4,1 | 0,058 | |
| | 3 | 0,4 | 4,7 | 76,63 | 4,3 | 0,056 | |
| 750°C | 1 | 0,4 | 6,1 | 85 | 5,7 | 0,067 | 0,063 |
| | 2 | 0,4 | 6,1 | 94,16 | 5,7 | 0,060 | |
| | 3 | 0,4 | 5,9 | 86,7 | 5,5 | 0,063 | |
| 800°C | 1 | 0,4 | 4,5 | 88,81 | 4,1 | 0,046 | 0,046 |
| | 2 | 0,4 | 4,1 | 79 | 3,7 | 0,046 | |
| | 3 | 0,4 | 4,1 | 79,56 | 3,7 | 0,046 | |

Dari tabel 3 menunjukkan data yang telah ditabelkan menunjukkan hubungan antara temperatur tuang terhadap kekuatan impact dengan variasi penambahan silikon (Al-11%Si) spesimen uji impact yang dapat dibuat grafik terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Impact Terhadap Temperatur Tuang (Al-11%Si)

Dari gambar 6 rata-rata kekuatan impact pada paduan aluminium silikon (Al-11%Si) dengan variasi temperatur tuang, menunjukkan bahwa penambahan persentase silikon mendapatkan nilai tertinggi pada temperatur tuang 750°C sebesar 0,063Nm/mm² dan nilai terendah pada temperatur tuang 800°C sebesar 0,046Nm/mm², dan pada temperatur tuang 700°C sebesar 0,055Nm/mm², penambahan persentase 11% silikon tidak mempengaruhi kekuatan impact dengan temperatur tuang yang tinggi.



Gambar.7 Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Impak Terhadap Temperatur Tuang (7%, 9%, 11% Si)

4.2 Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro ini yang dilihat sebanyak 9 buah spesimen dari paduan aluminium silikon dengan persentase silikon (7%Si, 9%Si, 11%Si) dengan variasi temperature tuang 700°C, 750°C, dan 800°C. dimulai dengan melakukan *grinding* atau pengamplasan Proses selanjutnya yang dilakukan adalah proses *polishing*, proses ini dilakukan untuk menghilangkan goresan tipis di permukaan spesimen dengan cara menggosokkan spesimen ke permukaan kain. Setelah proses polishing selesai dan permukaan spesimen telah menjadi berkilau maka bisa diuji struktur mikro dengan pembesaran 20x

Tabel 4. Foto Mikro Struktur (Al-7%Si)

| No | Temperatur Tuang | Foto Mikro | Keterangan |
|----|------------------|------------|-------------------------|
| 1 | 700°C | | Fasa Al-Si porositas |
| 2 | 750°C | | Fasa Al-Si porositas |
| 3 | 800°C | | Fasa Al-Si porositas |

7%Si) dengan temperatur tuang 700°C menunjukkan terdapat batas butir yang kecil, sehingga jarak antar butir menjadi sangat dekat. Terlihat semakin tinggi temperatur tuang bentuk dendrite terlihat pipih dan

semakin rapat, cacat yang terlihat adalah cacat porositas.

Tabel 5. Foto Mikro Struktur (Al-9%Si)

| No | Temperatur Tuang | Foto Mikro | Keterangan |
|----|------------------|------------|-------------------------|
| 1 | 700°C | | Fasa Al-Si porositas |
| 2 | 750°C | | Fasa Al-Si porositas |
| 3 | 800°C | | Fasa Al-Si porositas |

Tabel. 5 struktur mikro paduan (Al-9%Si) dengan variasi temperatur tuang 700°C, 750°C, 800°C memperlihatkan bentuk butiran dan batas butir tidak beraturan dan terlihat jelas, semakin tinggi temperatur tuang bentuk dendrite semakin pipih dan cacat porositas gas lebih banyak terlihat.

Tabel 6. Foto Mikro Struktur (Al-11%Si)

| No | Temperatur Tuang | Foto Mikro | Keterangan |
|----|------------------|------------|-------------------------|
| 1 | 700°C | | Fasa Al-Si porositas |
| 2 | 750°C | | Fasa Al-Si porositas |
| 3 | 800°C | | Fasa Al-Si porositas |

gas porositas yang menunjukkan terdapatnya udara yang terperangkap pada saat pengecoran spesimen.

5. Simpulan

Berdasarkan pada pengujian dan analisa data sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada paduan (Al-7%Si) temperatur tuang berpengaruh pada kekuatan impak, karena semakin tinggi temperatur tuang, semakin rendah kekuatan impaknya. Setelah ditambahkan presentase silikon sebesar 9%, dan 11% kekuatan impaknya meningkat sampai temperatur tuang 750°C dan menurun pada temperatur tuang 800°C, kekuatan impak tertinggi (0,063Nm/mm²) diperoleh pada temperatur tuang 750°C (Al-11%Si).
2. Pengamatan struktur mikro menunjukkan semakin banyak persentase silikon maka semakin rapat dan jelas garis antar butir, Terlihat juga cacat porositas akibat dari perlakuan temperatur tuang yang semakin tinggi dan bentuk dendrite semakin pipih.

Daftar Pustaka

- [1] Suharto, 1995, *Teori Dan Pengaturan Teknik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [2] Setyawan, S., 2006, *Pengaruh variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran terhadap tingkat kekerasan paduan aluminium silikon (Al-Si)*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [3] Surdia, Tata. & Saito, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- [4] *Annual Book Of ASTM Standards E23-82. Standard Test Methods For Notched Bar Impact Testing Of Metallic Materials*. USA.
- [5] ASM Handbook Committee, 2002, *Fractography and Atlas Fractographs*, 8th Edition. USA

