



## Analisis Pengaruh Suhu *Preheating* 125°C, 150°C Dan 200°C Hasil Pengecoran Logam Terhadap Terjadinya *Hot Tearing* Menggunakan Material Aluminium 6061

Emin Haris<sup>1</sup>, Leo Van Gunawan<sup>2</sup>, Muhammad Luthfi<sup>3</sup>, Abdul Rakhman<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Prodi D3 Teknik Mesin Jurusan Teknik Politeknik Negeri Indramayu

<sup>1</sup>emin\_haris@polindra.ac.id, leovangunawan@polindra.ac.id<sup>2</sup>, mhm.luthfi@polindra.ac.id<sup>3</sup>,

<sup>2</sup>abdul.rakhman260101@gmail.com

### Abstrak

Industri pengecoran aluminium telah mengalami banyak inovasi dan kreativitas untuk mempertahankan keberadaannya. Pengecoran logam adalah proses dimana logam cair yang panas dituangkan ke dalam cetakan yang berisi potongan berlubang atau rongga dengan bentuk jadi yang diinginkan. Proses dari pengecoran dengan cetakan permanen adalah *preheating* cetakan coran sebelum dilakukan proses penuangan. Hal ini dilakukan agar temperatur cetakan coran mengalami peningkatan, sehingga perbedaan antara temperatur cetakan dengan temperatur aluminium yang akan dituang tidak terlalu jauh. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi atau mencegah terjadinya *hot tearing* dengan cara menaikkan suhu *preheating* pada cetakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu *preheating* 200°C tidak mengalami penyusutan pada hasil pengecoran logam. Sedangkan di suhu *preheating* 125°C dan 150°C terdapat cacat *hot tearing defect* dan terdapat penyusutan. sedangkan pada variasi suhu *preheating* 200°C hanya terdapat cacat penyusutan. Hasil pengujian kekerasan vickers menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu *preheating* nilai kekerasan hasil pengecoran akan semakin meningkat, didapat nilai kekerasan vickers tertinggi pada variasi suhu *preheating* 200°C sebesar 69,55 HV, sedangkan pada variasi suhu *preheating* 150°C didapatkan nilai kekerasan vickers sebesar 68,51 HV, dan pada variasi suhu *preheating* 125°C didapatkan nilai kekerasan vickers yaitu sebesar 67,04 HV. Hasil yang didapat dari pengujian metalografi adalah pada aluminium 6061. dilihat dari struktur mikro pada variasi *preheating* 200°C butiran denrite terlihat lebih kecil dibandingkan dengan variasi *preheating* 125°C dan variasi *preheating* 150°C, Dapat di simpulkan semakin tinggi suhu *preheating* maka kerapatan denrite akan semakin baik.

Kata Kunci: Aluminium 6061, Cacat *hot tearing*, Pre heating

### Abstract

The aluminum casting industry has experienced a lot of innovation and creativity to maintain its existence. Metal casting is a process by which hot molten metal is poured into a mold containing hollow pieces or cavities of the desired finished shape. The process of casting with a permanent mold is *preheating* the casting mold before the casting process is carried out. This is done so that the temperature of the casting mold increases, so that the difference between the temperature of the mold and the temperature of the aluminum to be poured is not too great. This study aims to overcome or prevent *hot tearing* by increasing the *preheating* temperature in the mold. The test results show that the *preheating* temperature of 200°C does not experience shrinkage in the metal casting results. Whereas at *preheating* temperatures of 125°C and 150°C there are *hot tearing defects* and there is shrinkage. whereas at the *preheating* temperature variation of 200°C there are only shrinkage defects. The results of the vickers hardness test showed that the higher the *preheating* temperature, the hardness value of the casting product will increase. The highest vickers hardness value was obtained at the 200°C *preheating* temperature variation of 69.55 HV, while at the 150°C *preheating* temperature variation, the vickers hardness value was 68.51 HV. and at a variation of the *preheating* temperature of 125°C, the vickers hardness value is 67.04 HV. The results obtained from metallographic testing are aluminum 6061. Judging from the microstructure at the 200°C *preheating* variation, the denrite grains look smaller than the 125°C *preheating* variation and the 150°C *preheating* variation. It can be concluded that the higher the *preheating* temperature, the better the denrite density.

Keywords: Aluminum 6061, *Hot tearing defects*, Pre heating

## 1. PENDAHULUAN

Industri pengecoran aluminium telah mengalami banyak inovasi dan kreativitas untuk mempertahankan keberadaannya, selain itu aluminium merupakan logam yang lunak, ringan, tahan korosi yang memiliki sifat konduktivitas termal dan listrik yang baik dan mudah dibentuk, dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi di pasaran. Penting untuk diketahui bahwa paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar yang berbeda di beberapa negara. Penggunaan aluminium dan paduan aluminium dalam dunia industri terus berkembang dan di zaman modern ini memaksa manusia untuk melakukan pekerjaan perkerajaan untuk memenuhi kebutuhan yang semakin kompleks, dan proses rekayasa yang sangat vital karena merupakan elemen dasar untuk menciptakan sesuatu yang berguna dalam kebutuhan konstruksi dan otomotif. Secara umum, paduan aluminium diklasifikasikan menjadi dua kelompok yakni paduan aluminium cor dan paduan aluminium tempa (Aliyudin & Mahendra, 2017).

Aluminium banyak digunakan dalam industri otomotif karena kepadatannya yang rendah, sifat mekanik yang baik, dan ketahanan terhadap korosi. Aluminium tidak terlepas dari berbagai cacat yang terjadi selama pengecoran seperti porositas, penyusutan, hot tearing dan delaminasi. Hot tearing adalah cacat umum yang biasa ditemui dalam proses pengecoran dan juga merupakan salah satu parameter utama untuk menentukan castability suatu paduan. Hot tearing terbentuknya retak makroskopis atau cacat retak pada produk cetakan akibat penyusutan panas. Hot tearing umumnya dikenal sebagai hot cracking, hot brittle dan shrinkage brittle (Bambang, 2017).

Pengecoran logam adalah proses dimana logam cair yang panas dituangkan ke dalam cetakan yang berisi potongan berlubang atau rongga dengan bentuk jadi yang diinginkan (Aulia, 2021).

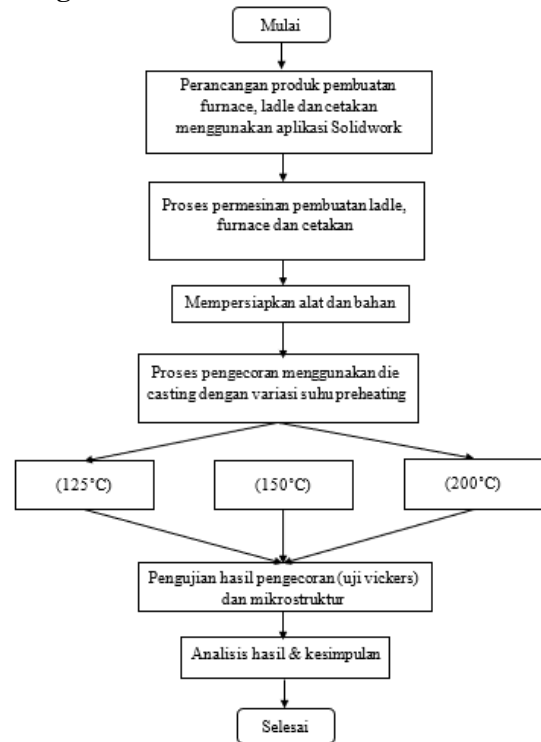
Proses dari pengecoran dengan cetakan permanen adalah preheating cetakan coran sebelum dilakukan proses penuangan. Hal ini dilakukan agar temperatur cetakan coran mengalami peningkatan, sehingga perbedaan antara temperatur cetakan dengan temperatur aluminium yang akan dituang tidak terlalu jauh (Shalihah, 2018).

Aluminium 6061 adalah bahan logam yang memadukan magnesium dan silikon sebagai elemen paduan utama. Paduan ini memiliki sifat mekanik yang baik dan ketahanan korosi. Komposisi Aluminium 6061 adalah Aluminium (Al) = 97,61%,

Silikon (Si) = 0,65%, Besi (Fe) = 0,26%, Tembaga (Cu) = 0,18%, Mangan (Mn) = 0,07%, Magnesium (Mg) = 1 %, Zinc (Zn) = 0,11 %, Chromium (Cr) = 0,05%, dan Titanium (Ti) = 0,07% (Hosea Kurniawan, 2020).

## 2. METODE

### Diagram Alir



**Gambar 1** Alur Flowchart

Penelitian ini diawali dengan melakukan kajian literatur dimulai untuk mengumpulkan informasi melalui jurnal-jurnal dan buku-buku yang berkaitan dengan pokok skripsi ini.

Sebelum masuk ke proses pengecoran dengan variasi suhu preheating 125°C, 150°C dan 200°C. Penulis terlebih dahulu membuat alat bantu pengecoran seperti *furnace ladle* dan cetakan, sebelumnya mendesain *furnace, ladle* dan cetakan dengan menggunakan aplikasi *solidwork* 2021. Pendesainan ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana alat ini akan bekerja pada proses pengecoran logam untuk memastikan bahwa tungku peleburan memiliki ukuran yang tepat untuk menampung material yang akan dilebur.

Setelah dilakukan pendesainan produk kemudian pembuatan ladle menggunakan material Baja as S45c kemudian di bubut untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan hingga berukuran Ø 98mm, Ø dalam 64mm, panjang 152 mm. Selanjutnya pembuatan *furnace* menggunakan kaleng dengan

diameter 280 mm dan tinggi 255 mm dan didalam kaleng tersebut berisi coran menggunakan semen anti panas, setelah semuanya sudah kering proses selanjutnya pengecatan menggunakan pilok sapporo HT01 *hi-temp black ultimate*. Setelah pembuatan furnace selesai proses selanjutnya Pembuatan cetakan grafit die casting menggunakan material baja ss400 dengan ukuran 16x100x150 proses selanjutnya dibuatlah cetakan menggunakan mesin cnc milling. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan pada saat proses pengecoran logam. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ada tungku peleburan / *Furnace, burner lpg, ladle, capitan, cetakan permanen, infrared thermometer, thermocouple*. Kemudian bahan yang digunakan yaitu aluminium 6061.

Pengecoran logam proses pembuatan produk dengan menggunakan logam cair yang dituangkan kedalam cetakan tetap, sebelum di tuangkan kedalam cetakan cetakan *grafity die casting* harus dipanaskan terlebih dahulu menggunakan elektrik heater kemudian di dinginkan untuk membentuk produk yang di inginkan. Dengan memfariasikan suhu *preheating* pada cetakan Suhu 125°C, 150°C dan 200°C, untuk mengurangi kontraksi logam saat dicetak dan mencegah terjadinya kecacatan pada produk. Pengujian kekerasan *vickers* dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan setiap sampel hasil pengecoran logam yang telah di *preheating*. Dan pengujian metalografi yaitu untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada material.

Hasil eksperimen pengecoran variasi suhu *preheating* 125°C, 150°C dan 200°C, terdapat cacat pengecoran logam. Dan dilakukan pengujian *vickers* dan metalografi untuk mengetahui hasil kekerasan pada setiap spesimen yang berbeda-beda dan untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada setiap spesimen.

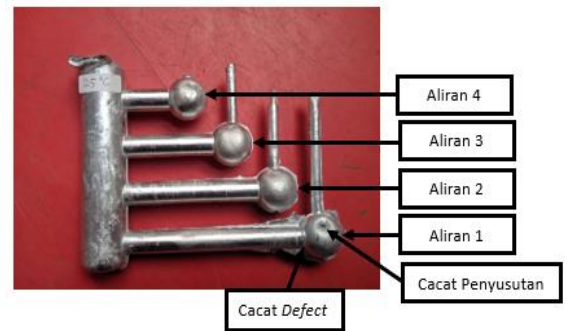
Hasil dan data yang telah didapatkan dari hasil eksperimen tersebut kemudian dimasukkan dan di tulis ke dalam sebuah karya tulis ilmiah berupa skripsi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa visual

Analisa visual dengan cara pengamatan benda hasil pengecoran logam. Dari hasil pengamatan tersebut diperoleh data dari setiap spesimen kemudian dilakukan perbandingan data yang sudah diperoleh.

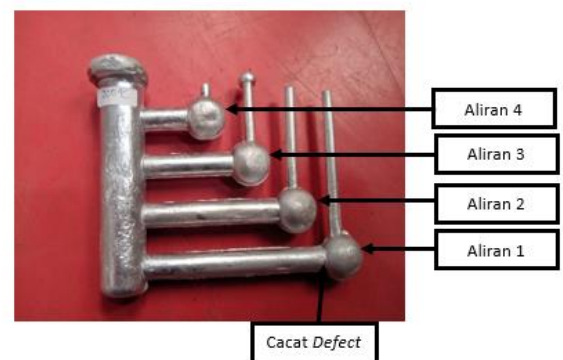
Pada pengamatan visual didapat hot tearing penyusutan pada masing-masing spesimen seperti di bawah ini:



**Gambar 2** Hasil Pengecoran Logam Variasi Suhu Preheating 125°C



**Gambar 3.** Hasil Pengecoran Logam Variasi Suhu Preheating 150°C



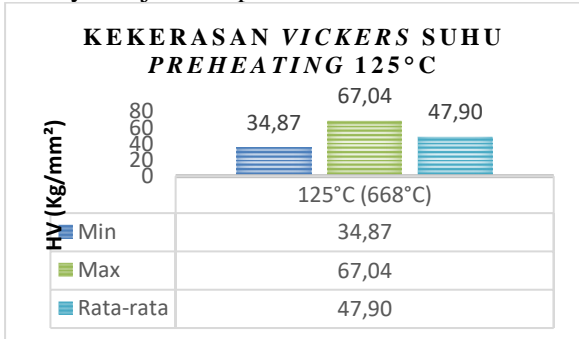
**Gambar 4.** Hasil Pengecoran Logam Variasi Suhu Preheating 200°C

Dapat dilihat pada gambar diatas hasil produk pengecoran logam dari variasi suhu *Preheating* 125°C dan 150°C memiliki cacat penyusutan dan cacat *defect* untuk variasi suhu *preheating* 200°C tidak mengalami penyusutan

Cacat penyusutan yang terjadi termasuk jenis cacat penyusutan luar yaitu penyusutan yang menghasilkan lubang dipermukaan benda hasil pengecoran. Dari ketiga gambar produk pengecoran di atas, semua produk pengecoran didapat cacat hot tearing di bagian laju aliran 1 dan penyusutan luar pada bagian bola hasil pengecoran di suhu 125°C dan 150°C. Cacat penyusutan luar ini dapat diakibatkan dari temperatur *preheat* pada cetakan terlalu rendah. Sehingga terjadi penyusutan pada pembekuan logam cair, semakin tinggi temperatur *preheating* pada

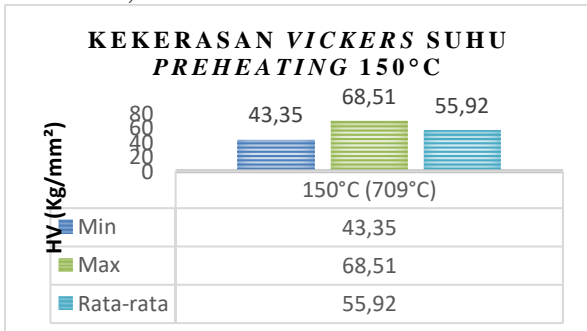
cetakan maka semakin kecil cacat penyusutan yang akan terjadi.

Pengujian kekerasan vickers dilakukan secara teliti mulai dari benda uji hasil pengecoran logam pada variasi preheating suhu terendah 125°C, 150°C, dan 200°C. Hasil pengujian yang dilakukan masing masing jenis benda uji dan setiap laju aliran sebanyak tujuh kali penitikan.



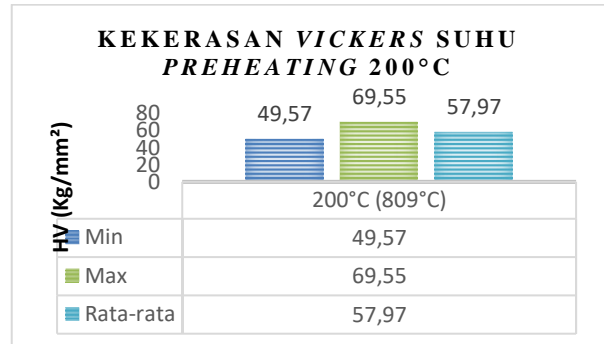
**Gambar 5.** Diagram Kekerasan Vickers suhu Preheating 125°C

Setelah melakukan pengujian kekerasan maka dihasilkan data nilai kekerasan, data nilai kekerasan dapat dilihat pada gambar 4.4 nilai kekerasan vickers hasil pengecoran logam yang dilakukan preheating suhu terendah 125°C didapatkan nilai kekerasan vickers terbesar pada laju aliran ke 3 yaitu 67,04 HV. Dengan nilai rata-rata hasil pengujian kekerasan vickers yaitu sebesar 47,90 HV. Dan nilai minimum sebesar 34,87 HV.



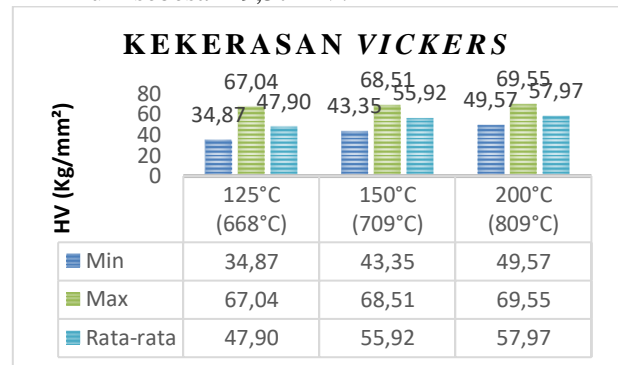
**Gambar 6.** Diagram Kekerasan Vickers suhu Preheating 150°C

Pada Gambar 4.5 diatas terdapat nilai kekerasan vickers hasil pengecoran logam yang dilakukan preheating suhu sedang 150°C didapatkan nilai kekerasan vickers terbesar pada laju aliran ke 4 yaitu 68,51 HV. Dengan nilai rata-rata hasil pengujian kekerasan vickers yaitu sebesar 55,92 HV. Dan nilai minimum sebesar 43,35 HV.



**Gambar 7.** Diagram Kekerasan Vickers suhu Preheating 200°C

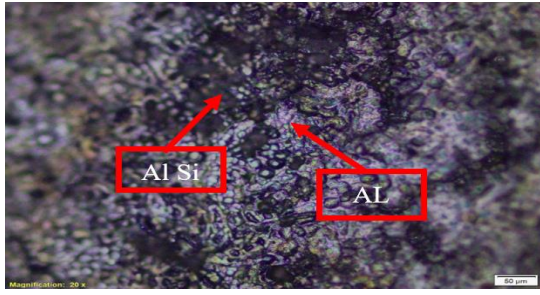
Pada gambar 4.6 diatas terdapat nilai kekerasan vickers hasil pengecoran logam yang dilakukan preheating suhu tertinggi 200°C didapatkan nilai kekerasan vickers terbesar pada laju aliran ke 4 yaitu 69,55 HV. Dengan nilai rata-rata hasil pengujian kekerasan vickers yaitu sebesar 57,97 HV. Dan nilai minimum sebesar 49,57 HV.



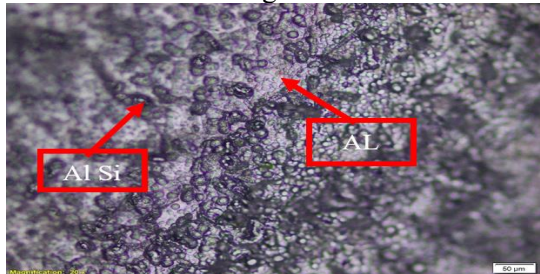
**Gambar 8.** Diagram Perbandingan Variasi Suhu Preheating

Pada gambar 3.7 terdapat nilai minimum, maximum, dan rata-rata kekerasan vickers hasil pengecoran logam dengan variasi suhu preheating 125°C, 150°C, 200°C. Dimana nilai kekerasan vickers maksimum terdapat pada variasi suhu preheating 200°C yaitu sebesar 69.55 HV karena semakin tinggi nilai suhu preheating maka semakin tinggi nilai kekerasan vickers. Sebaliknya nilai minimum kekerasan vickers terdapat pada variasi suhu preheating 125°C yaitu sebesar 34.87 HV dikarenakan suhu preheating yang digunakan terlalu rendah.

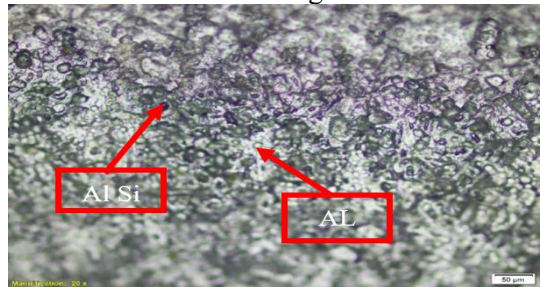
Pengujian Metalografi untuk mengetahui struktur mikro material 6061 hasil produk pengecoran dengan variasi suhu 125°C, 150°C dan 200°C. Pengujian di lakukan dengan bantuan alat uji Mikroskop Olympus BX3M. pengujian dilakukan dilakukan dengan lensa pembesaraan 20x. berikut adalah hasil gambar dari setiap 50µm<sup>2</sup>:



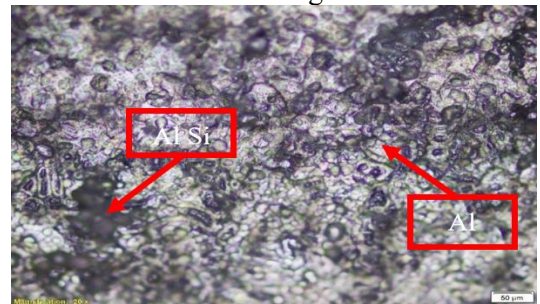
**Gambar 9.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 125°C Aliran 1



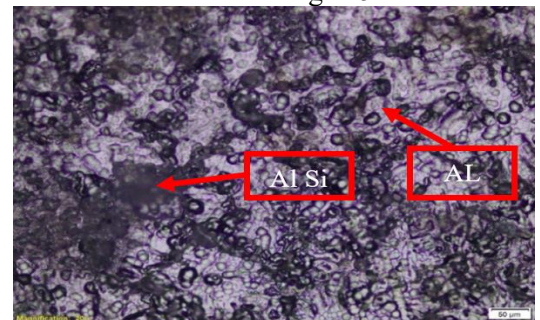
**Gambar 10.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 125°C Aliran 2



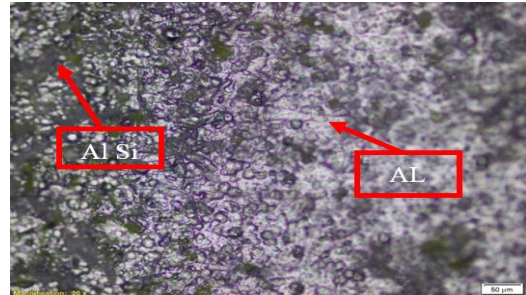
**Gambar 11.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 125°C Aliran 3



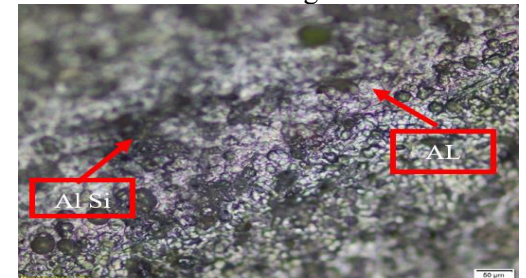
**Gambar 12.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 125°C Aliran 4



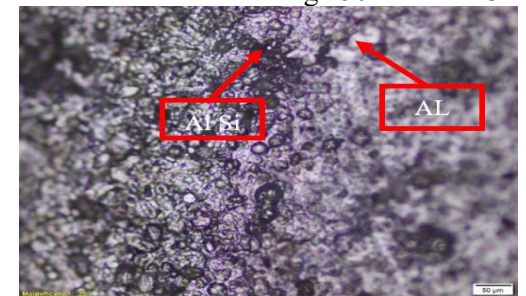
**Gambar 13.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 150°C Aliran 1



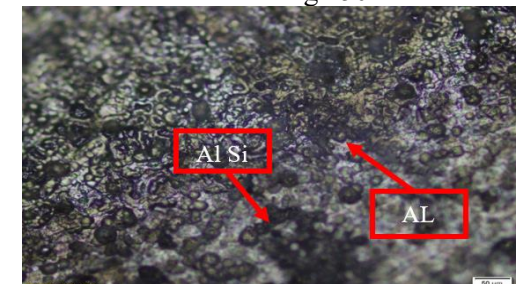
**Gambar 14.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 150°C Aliran 2



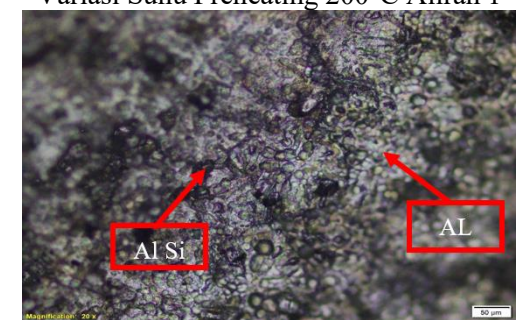
**Gambar 15.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 150°C Aliran 3



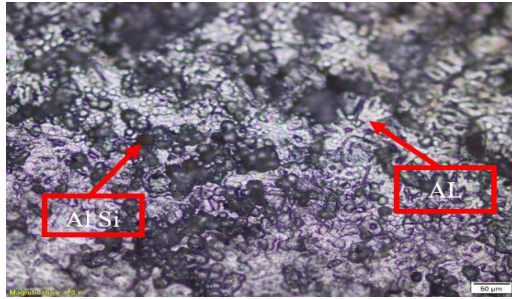
**Gambar 16.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 150°C Aliran 4



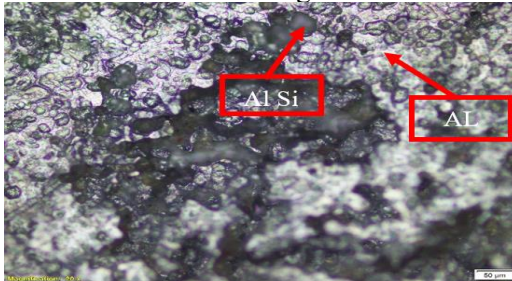
**Gambar 17.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 200°C Aliran 1



**Gambar 18.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 200°C Aliran 2



**Gambar 19.** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 200°C Aliran 3



**Gambar 3.19** Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Suhu Preheating 200°C Aliran 4

Dari hasil pengujian struktur mikro dengan variasi suhu preheating 125°C, 150°C, dan 200°C dengan pembesaran 20x 50µm<sup>2</sup> terlihat struktur mikro berbentuk denrite. Perbedaan struktur mikro hasil pengecoran variasi suhu preheating terlihat pada ukuran dan kerapatan denrite. Pada variasi suhu preheating 125°C terlihat tidak terlalu rapat antara Al dan Al Si. Dari hasil struktur mikro variasi suhu preheating 150°C terlihat sedikit lebih rapat antara Al dan Al Si di dibandingkan dengan hasil uji suhu Preheating 125°C. Dan hasil struktur mikro variasi suhu preheating 200°C terlihat lebih rapat antara Al dan Al Si di dibandingkan dengan hasil uji suhu Preheating 125°C, dan 150°C.

Dari ketiga variasi suhu preheating 125°C, 150°C, dan 200°C hasil pengujian mikro struktur material 6061 terlihat pula perbedaan fasa dimana fasa Al berwarna putih terang lebih dominan karena material yang digunakan termasuk Al murni, fasa Al Si lebih hitam kelabu. Jadi semakin tinggi suhu preheating maka semakin rapat denrite yang di dihasilkan.

## 4. PENUTUP

### 1. Kesimpulan

Pada penelitian analisis pengaruh suhu preheating 125°C, 150°C dan 200°C hasil pengecoran logam terhadap terjadinya hot tearing menggunakan material aluminium 6061 dapat disimpulkan bahwa

- Mengatasi atau mencegah terjadinya cacat hot tearing adalah dengan cara menaikkan suhu preheating pada cetakan karena semakin tinggi

suhu preheating pada cetakan maka semakin kecil cacat yang dihasilkan.

- Pada variasi suhu preheating 125°C dan 150°C yaitu terdapat cacat defect dan penyusutan pada hasil pengecoran logam. Sedangkan pada variasi suhu preheating 200°C hanya terdapat cacat penyusutan. Cacat penyusutan ini berupa lubang pada hasil pengecoran, cacat penyusutan dapat diakibatkan dari temperatur preheat pada cetakan terlalu rendah. temperatur preheating cetakan mempengaruhi hasil pengecoran semakin tinggi temperatur preheating cetakan, maka cacat hot tearing defect, shrinkage yang terjadi akan semakin kecil.
- Pada pengujian kekerasan vickers didapat nilai kekerasan hasil pengecoran logam dengan variasi suhu preheating 125°C didapatkan nilai kekerasan vickers terbesar yaitu 67,04 HV. Setelah di naikan suhu preheating pada cetakan pada suhu 150°C mengalami kenaikan pada laju aliran ke 4 yaitu sebesar 68,51 HV. Dan mengalami kenaikan kembali pada suhu preheating 200°C didapatkan nilai kekerasan vickers terbesar pada laju aliran ke 4 yaitu 69,55 HV. Jadi semakin tinggi suhu preheating maka semakin besar hasil kekerasan.
- Pada pengamatan Metalografi kerapatan logam dari suhu Preheating 125°C, 150°C dan 200°C. Dapat di simpulkan semakin tinggi suhu Preheating kerapatan denrite maka akan semakin baik.

## 2. Saran

- Diperlukanya penelitian lebih lanjut mengenai cacat hot tearing pada proses pengecoran logam dengan menambahkan modul pemanas yang lebih tinggi lagi, agar mendapat produk hasil pengecoran yang baik dengan cacat seminimal mungkin.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, R., & dkk. (2018). UJI KEKERASAN DENGAN MENGGUNAAN ALAT MICROHARDNESS VICKERS PADA BERBAGAI JENIS MATERIAL TEKNIK. [ejournal.unsrat.ac.id](http://ejournal.unsrat.ac.id).
- Akhyar. (2017, Februari). Kerentanan Robek Panas Paduan Aluminium Menggunakan Cetakan CRCM-Horizontal.
- ali, M., satrijo, j., & ari, b. s. (2018). Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft)

- setelah Proses Quenching. [ejournal3.undip.ac.id](http://ejournal3.undip.ac.id), 201.
- Aliyudin, Q. M., & Mahendra, S. A. (2017). ANALISIS WARNA DAN KEKERASAN DARI PEMBERIAN KADAR GARAM (NaCl) PADA. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2017 - [core.ac.uk](http://core.ac.uk), 45.
- Amalia, Y. (2021). PENGARUH KANDUNGAN SILICON (Si) TERHADAP CACAT HOT TERING YANG DIHASILKAN DALAM PRODUK ALUMINIUM. [jurnal.upnyk.ac.id](http://jurnal.upnyk.ac.id).
- Andi, F. D. (2014). TEHNIK PELAKSANAAN PENELITIAN KUANTITATIF. [jurnal.umpar.ac.id](http://jurnal.umpar.ac.id).
- Aulia, H. R. (2021, 11 16). Pengecoran Logam – Definisi, Teknik, Proses, dan Kelebihan. Retrieved from WIRA: <https://wira.co.id/pengecoran-logam/>
- BAMBANG TJIROSO, D. S. (2016). Pengaruh komposisi kimia dan kecepatan kemiringan cetakan terhadap kerentanan Hot Tearing pada. [etd.repository.ugm.ac.id](http://etd.repository.ugm.ac.id).
- Bambang, .. T. (2017). Pengaruh Variasi Komposisi Kimia dan Kecepatan Kemiringan Cetakan Tilt Casting Terhadap Kerentanan Hot Tearing Paduan Al-Si-Cu. [journal.itny.ac.id](http://journal.itny.ac.id), 372.
- Choi, Y. (2021, juni 28). Residual Life Prediction For Induction Furnace by Sequential Encoder With s-Convolutional LSTM. [mdpi.com](http://mdpi.com).
- DANY, I. D. (2019). Analisa Biaya Difrensial Dalam Pengambilan Keputusan Pengadaan Blower Penyaring Udara. [repository.unim.ac.id](http://repository.unim.ac.id).
- DI, D. I. (2019). Analisa Biaya Difrensial Dalam Pengambilan Keputusan Pengadaan Blower Penyaring Udara. [repository.unim.ac.id](http://repository.unim.ac.id).
- Hosea Kurniawan, A. W. (2020). Pengaruh Media Pendingin Air Tawar, Air Coolant, dan Udara Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Sambungan Las MIG (Metal Inert Gas) dan MAG (Metal Active Gas) Aluminium 6061. [ejournal3.undip.ac.id](http://ejournal3.undip.ac.id), 581.
- Iman Dirja, M. A. (2019). RANCANG BANGUN PEMANAS AIR (WATER HEATER) DENGAN MENGGUNAKAN BATERAI BERBASIS ARDUINO PRO MINI. [journal.unpas.ac.id](http://journal.unpas.ac.id).
- Joko Prihartono, I. N. (2022). PERANCANGAN ALAT UJI KEKERASAN METODE BRINELL DAN ROCKWELL BERDASARKAN VDI 2221. [ejournal.istn.ac.id](http://ejournal.istn.ac.id), 36.
- Magazine, A. (2022, November). Pengertian dan Fungsi Dimmer AC.
- Ningsih, S. (2021, maret 10). Mengenal jenis Blower dan Fungsinya .
- PAMBUDI, A. C. (2020). PENGARUH PREHEATING CETAKAN PERMANEN TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA PEMBUATAN PRODUK HANDPRESS KANCING BUNGKUS DENGAN MATERIAL ALUMINIUM. [eprints.ums.ac.id](http://eprints.ums.ac.id), 2.
- Robert Denti Salindeho, J. S. (2013). PEMODELAN PENGUJIAN TARIK UNTUK MENGANALISIS SIFAT MEKANIK MATERIAL. [ejournal.unsrat.ac.id](http://ejournal.unsrat.ac.id), 2.
- Saif. (2023, Mei 26). 15 berbagai jenis proses pengecoran.
- Saifulah Arief, R. (2019). ANALISIS TUNGKU PELEBUR ALUMINIUM MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR ARANG DAN GAS. [eprints.uniska-bjm.ac.id](http://eprints.uniska-bjm.ac.id).
- Saptaji. (2020, November 18). COBA DIMMER AC 2000W DAN 4000W.
- Scweber, B. (2022, februari 7). Dasar-dasar pemanasan Induksi, bagian 2 Prinsip.
- Shalihah, A. R. (2018). PENGARUH TEMPERATUR PREHEATING CETAKAN PERMANEN TERHADAP CACAT CORAN PULLEY ALUMINIUM. [repository.ub.ac.id](http://repository.ub.ac.id), 13.
- Surdia Tata, S. S. (1984). Buku Pengetahuan Bahan Teknik . Jakarta : Pradnya Paramita .
- Syahrani Awal, d. (2018). ANALISIS KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN SMAW STAINLESS STEEL 312 DENGAN VARIASI ARUS LISTRIK. [jurnal.untad.ac.id](http://jurnal.untad.ac.id), 819.
- Tan, E., Dispinar, D., Tekin, G., & Atlihan, G. (2022). Sıcak Yırtılmanın Alüminyum Alaşımlarının Metal Kalitesine Sıcak Yırtılmanın Alüminyum Alaşımlarının Metal Kalitesine Sıcak Yırtılmanın Alüminyum Alaşımlarının Metal Kalitesine Sıcak Yırtılmanın Alüminyum Alaşımlarının Metal Kalitesine Belirlenmesi. [dergipark.org.tr](http://dergipark.org.tr).