

## PENGARUH TEMPERATUR BAHAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA PROSES SEMI SOLID CASTING PADUAN ALUMINIUM DAUR ULANG

M. Chambali, H. Purwanto, S. M. B. Respati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl Menoreh Tengah X/22 Semarang

e-mail: chamcham.chambali@gmail.com; helmy\_uwh@yahoo.co.id; sri.bondan.respati@gmail.com

### Abstrak

*Pengecoran logam kental atau semi solid casting merupakan bagian dari pengecoran bertekanan, dimana logam ditekan kedalam cetakan dalam kondisi hampir membeku. Banyak industri pengecoran aluminium terutama industri kecil menengah dalam pembuatan produk atau komponen menggunakan material daur ulang dengan metode pengecoran tuang, sehingga akan berpengaruh terhadap penurunan sifat materialnya. Dengan metode semi solid diharapkan mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil struktur mikro dan kekerasan dengan melakukan variasi temperatur tuang 200 °C, 250 °C, dan 300 °C dengan tekanan 35,7 MPa pada cetakan berbentuk die punch dengan mekanisme hidrolis, pada proses semi solid casting. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan pada variasi temperatur 200 °C cacat porositasnya lebih sedikit dan struktur silikonnya lebih rapat dibandingkan variasi temperatur 250 °C dan 300 °C. Kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan pada spesimen variasi temperatur 200 °C mempunyai kekerasan paling tinggi yaitu 91,2 BHN*

**Kata kunci:** pengecoran semi solid, al-si daur ulang, struktur mikro, kekerasan.

### PENDAHULUAN

Pengecoran logam kental atau *semi solid* merupakan bagian dari pengecoran bertekanan, dimana logam ditekan kedalam cetakan dalam kondisi hampir membeku. Pengecoran *semi solid* paduan aluminium memiliki banyak manfaat dalam dunia otomotif dan komponen *aerospace*. Teknologi otomotif dan *aerospace* ini memakai paduan aluminium atas dasar ringan tapi kuat dan bernilai ekonomis. Banyak industri pengecoran aluminium terutama industri kecil menengah dalam pembuatan produk menggunakan material daur ulang dengan metode pengecoran daur ulang, sehingga akan berpengaruh terhadap penurunan sifat materialnya. Dengan metode *semi solid* diharapkan mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh temperatur material pada saat penekanan terhadap struktur mikro  
Pada proses *semi solid casting* paduan aluminium daur ulang.
2. Mengetahui pengaruh temperatur material pada saat penekanan terhadap kekerasan pada proses *semi solid casting* paduan aluminium daur ulang.

Surdia (2000) menyatakan pengecoran *rheocasting* merupakan teknik pengecoran yang memberikan perlakuan pada logam cair sebelum menjadi benda coran dalam mesin cor cetak. Proses yang dilakukan yaitu dengan memutar logam cair yang sedang membeku agar butir-butir *dendrit* terpotong sehingga terbentuk butir baru yang bulat (*globular*). Struktur mikro logam coran terdiri dari butir-butir kristal primer *non dendrit* berbentuk bulat dikelilingi fase *eutektik*. Perubahan struktur mikro ini memberikan sifat-sifat coran terutama sifat mekanik yang lebih baik.

### Proses Pengecoran

Surdia (2000) pengecoran logam merupakan proses yang melibatkan pencairan logam, membuat cetakan, menuang, membongkar dan membersihkan logam. Dalam mencairkan logam dapat digunakan berbagai macam tanur seperti kupola atau tanur induksi frekuensi rendah dipergunakan untuk besi cor, tanur busur listrik atau tanur induksi busur tinggi dipergunakan untuk baja cor dan tanur kurs untuk paduan tembaga atau paduan coran ringan, karena tanur-tanur ini dapat menghasilkan logam yang baik dan sangat ekonomis untuk pengecoran logam-logam tersebut.

### **Semi Solid Casting**

Pengecoran logam kental atau *semi solid casting* merupakan pengecoran dengan tekanan dimana logam ditekan kedalam cetakan dalam kondisi hampir membeku. Teknik pengecoran ini juga dikenal sebagai pengecoran *reo* dan pengecoran *tikso* (*rheocasting* dan *thixocasting*).

Teknik pengecoran tersebut merupakan teknik pembuatan antara, yaitu antara teknik pengecoran dan teknik pembentukan logam. Tetapi dapat juga dikatakan sebagai pengembangan pengecoran cetak (*die casting*).

Dalam teknik pengecoran cairan logam kental dipergunakan sifat tikstropi bahan logam yang berbentuk bubuk/*slury*, yaitu bahwa viskositasnya sangat menurun dengan meningkatnya laju geseran yang juga tergantung pada waktu. *Slury* logam ini sebagai bahan pengganti logam cair yang diproses benda coran dalam mesin cor cetak. *Slury* logam itu sendiri dibuat dengan jalan memutar logam cair yang sedang membeku sehingga terjadi geseran yang mengakibatkan *agitasi* terhadap terjadinya butir-butir *dendrit*. Butir-butir *dendrit* terpotong-potong sehingga terjadi butir bulat yang menyerupai bola. Hasil akhir setelah pembekuan, struktur mikro logam coran terdiri dari butir-butir kristal primer non *dendrit* berbentuk bulat dikelilingi fasa *eutektik*.

### **Pembekuan Logam**

Pada cairan logam murni jika didinginkan secara perlahan maka pembekuan terjadi pada temperatur yang konstan, temperatur ini disebut titik beku. Dalam pembekuan logam cair, pada permulaan tumbuh inti kristal, kemudian kristal-kristal tumbuh disekeliling inti tersebut, akhirnya seluruhnya ditutupi oleh butir kristal sampai logam cair habis. Ukuran butir kristal tergantung pada laju pengintian dan pertumbuhan inti. Kalau laju pertumbuhan lebih besar dari laju pengintian, maka didapat kelompok butir yang besar dan kalau laju pengintian lebih besar dari laju pertumbuhan inti maka didapat kelompok butir yang halus.

### **Paduan Aluminium**

Coran paduan aluminium adalah ringan dan merupakan penghantar panas yang baik sekali. Al-Si, Al-Cu-Si, dan Al-Si-Cu-Ni-Mg adalah deretan paduan aluminium yang banyak dipergunakan untuk bagian-bagian mesin dan merupakan paduan yang banyak dipergunakan karena tahan panas.

Paduan aluminium khususnya aluminium silikon sangat banyak digunakan. Paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian kecil, penghantar yang baik untuk listrik dan panas, mampu cor baik, densitas rendah dan properti mekanik mudah dikontrol. Penambahan aluminium dengan silikon hingga 11% disebut *hypoeutectic*, 11-13 % disebut *eutectic*, dan diatas 13% disebut *hypereutectic*.

### **Struktur Mikro**

Pengamatan struktur mikro adalah salah satu cara untuk mengetahui struktur kristal dalam coran. Ukuran butir dan orientasi matrik paduan serta *Secondary Dendrite Arm Spacing* (SDAS) dapat diamati dengan foto mikro. Pengambilan foto mikro dengan menggunakan mikroskop optik metalurgi dilakukan dengan beberapa kali perbesaran. Ukuran dan bentuk struktur butir akan sangat berpengaruh terhadap karakter sifat bahan terutama kekuatan, kekerasan dan ketangguhan.

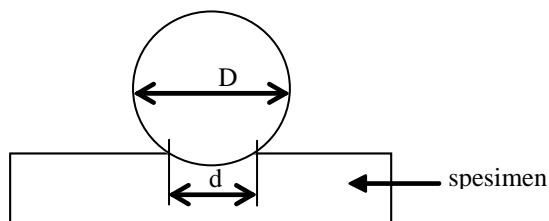
### **Kekerasan**

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami pergesekan (*Frictional force*), dalam hal ini bidang keilmuan yang berperan penting mempelajarinya adalah Ilmu Bahan Teknik (*Metallurgy Engineering*). Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (*identor*) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (*speciment*).

Ketahanan bahan terhadap indentasi secara kualitatif menunjukkan kekuatannya. Skala yang lazim dalam pengujian antara lain skala *Brinell*, *Vickres*, *Rockwell* dan *Knop*. Kekerasan skala *Brinell* (BHN) cenderung menunjukkan korelasi yang cukup linier terhadap bahan tertentu, termasuk paduan aluminium.

Skema pengujian *Brinell* ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Indentor dan Spesimen Brinell

**METODOLOGI PENELITIAN**

Metode penelitian merupakan suatu cara yang digunakan dalam penelitian sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

**Bahan Penelitian**

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini yaitu Al daur ulang.

**Alat-Alat Penelitian**

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian inia adalah *mold* atau cetakan berbentuk *die punch*, press hidrolik, termokopel dan termometer, dapur peleburan, kowi, ladell, sarung tangan, blower, tang penjepit, arang kayu, alat pengujian kekerasan dan alat pengamatan struktur mikro.

**LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN**

**Rancang Bangun Alat hidrolis.**

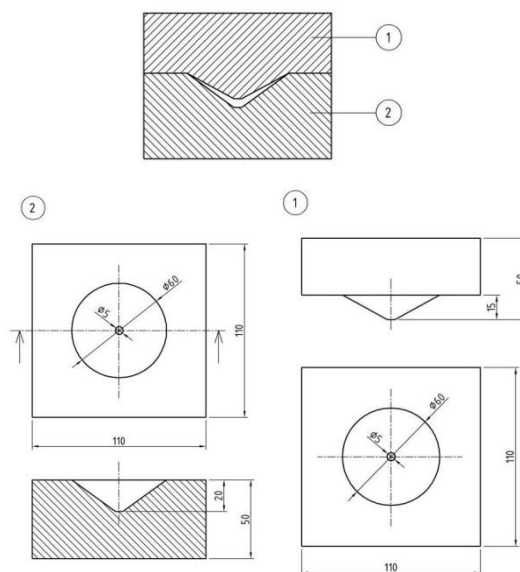
Alat hidrolis ini digunakan untuk menekan cetakan yang berisi cairan setengah padat paduan aluminium daur ulang. Terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat Hidrolis

**Pembuatan Cetakan**

Cetakan terbuat dari besi cor dibuat dengan proses bubut. Dimensi cetakan terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Dimensi Cetakan

**Pembuatan Ingot**

Bertujuan untuk mengontrol volume cairan logam.

**Proses Peleburan**

Ingot dilebur dalam kowi pada dapur peleburan dengan menggunakan bahan bakar arang kayu. Penambahan dan pengaturan panas dengan menggunakan blower. Paduan dicairkan pada titik cairnya pada temperatur 660°C. Dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Proses Saat Peleburan Coran

**Proses Penuangan**

Setelah proses peleburan, proses selanjutnya adalah proses penuangan paduan aluminium daur ulang dalam cetakan. Didalam cetakan paduan dibiarkan temperaturnya turun pada variasi temperatur 200 °C, 250°C dan 300°C sebelum dilakukan penekanan. Penekanan tetap yaitu 35,7 MPa. Dari hasil proses ini nanti akan diteliti sifat fisis dan mekanisnya. Dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Penuangan

**Pembuatan Spesimen Uji**

Setiap variasi penelitian dibuat spesimen uji metalografi dan uji kekerasan. Spesimen uji metalografi kemudian di resin serta permukaan dihaluskan dengan amplas dan autosol. Foto mikro menggunakan mikroskop metalografi dengan perbesaran 100 dan 200 kali di Laboratorium Material Teknik Unwahas. Masing-masing spesimen difoto 6 kali yaitu posisi samping kanan 2 kali, posisi tengah 2 kali dan posisi samping kiri 2 kali.

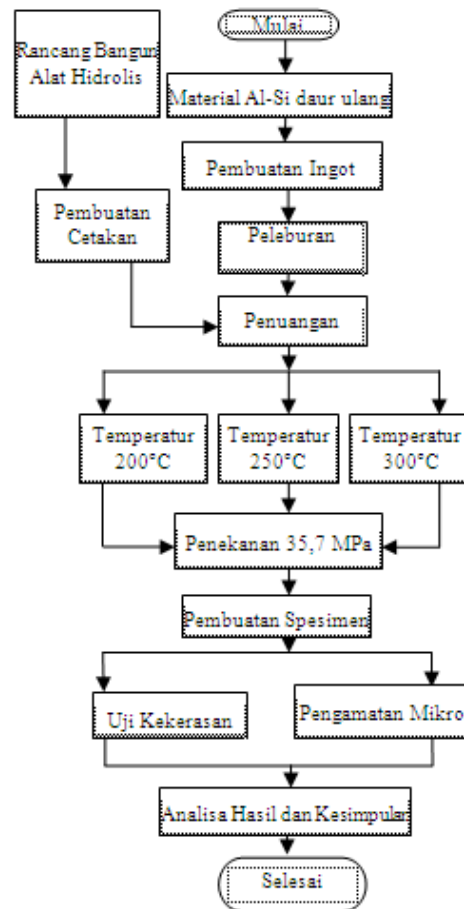
Spesimen uji kekerasan dibuat dengan di resin serta permukaan di haluskan dengan amplas dan autosol (menggunakan spesimen uji metalografi). Pengujian kekerasan spesimen dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan Brinell (*Brinell Hardeness*). Bola indentor yang digunakan berdiameter 1,588 mm dengan pembebanan 100 kg. Masing-masing spesimen diuji 9 kali yaitu pada posisi samping kanan 3 kali, posisi tengah 3 kali dan posisi samping kanan 3 kali.



Gambar 6. Spesimen uji metalografi dan kekerasan

**Diagram Alir Penelitian**

Alur kegiatan yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada digram alir Gambar 7.

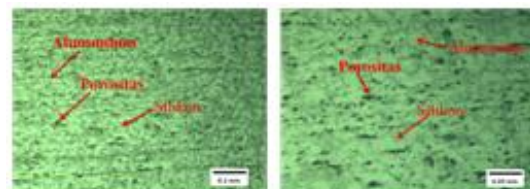


Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

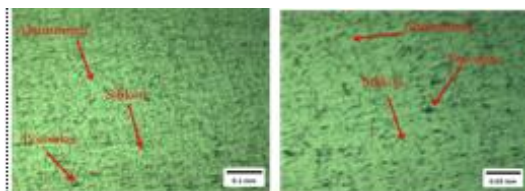
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengamatan Struktur Mikro**

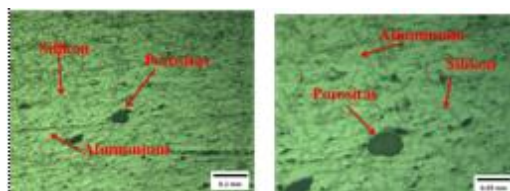
Hasil pengamatan struktur mikro dengan tiga variasi temperatur yaitu 200<sup>0</sup>C, 250<sup>0</sup>C dan 300<sup>0</sup>C dengan tekanan tetap 35,7 MPa pada pengecoran *semi solid* paduan aluminium daur ulang dapat dilihat pada Gambar 8. sampai 16.



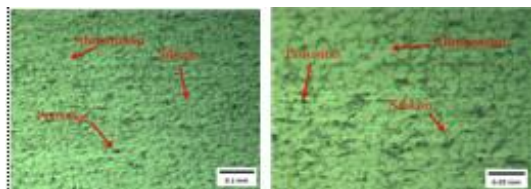
Gambar 8. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 200<sup>0</sup>C tepi kanan



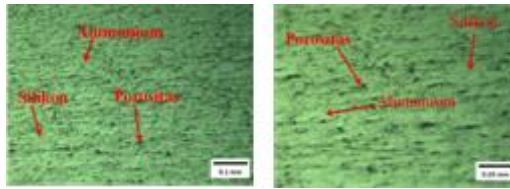
Gambar 9. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 200°C tengah



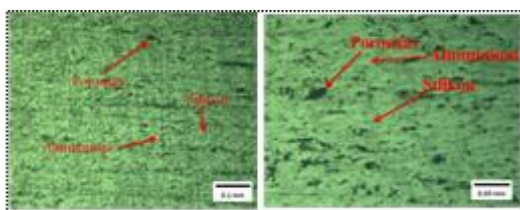
Gambar 14. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 300°C tepi kanan



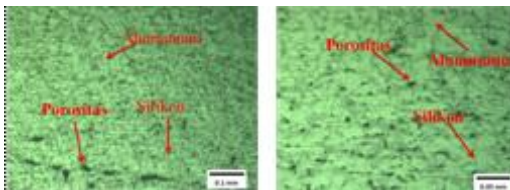
Gambar 10. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 200°C tepi kiri



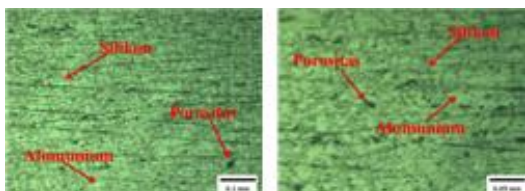
Gambar 15. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 300°C tengah



Gambar 11. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 250°C tepi kanan

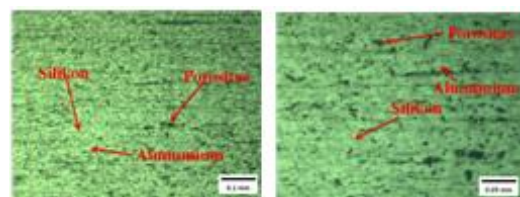


Gambar 16. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 300°C tepi kiri



Gambar 12. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 250°C tengah

Gambar 8, 9, 10, adalah struktur mikro pada spesimen variasi temperatur 200°C. Pada spesimen variasi temperatur 200°C bagian tepi kanan terlihat ada porositas yang berbentuk bintik-bintik kecil dan struktur silikon berbentuk serpih. Pada spesimen variasi temperatur 200°C bagian tengah masih terdapat porositas tetapi lebih sedikit dibandingkan bagian tepi kanan dan kiri dan struktur silikon berbentuk serpih serta makin rapat. Sedangkan pada spesimen variasi temperatur 200°C bagian tepi kiri terdapat porositas berbentuk bintik-bintik kecil dan struktur silikonnya berbentuk serpih.



Gambar 13. Struktur Mikro pada spesimen temperatur 250°C tepi kiri

Gambar 11, 12, 13, adalah struktur mikro pada spesimen variasi temperatur 250°C. Pada spesimen variasi temperatur 250°C bagian tepi kanan terlihat porositas lebih besar tetapi tidak merata di semua bagian. Struktur silikonnya berbentuk serpih. Pada spesimen variasi temperatur 250°C bagian tengah porositas lebih sedikit di bandingkan tepi kanan dan tepi kiri dan struktur silikonnya lebih halus lagi dibandingkan tepi kanan dan tepi kiri. Sedangkan pada spesimen variasi temperatur 250°C bagian tepi kiri terdapat porositas kecil

dan besar ditengah dan pinggir. Struktur silikonnya berbentuk serpih dan lebih longgar dibandingkan tepi kanan dan tepi kiri.

Gambar 14, 15, 16, adalah struktur mikro pada spesimen variasi temperatur 300°C. Pada spesimen variasi temperatur 300°C bagian tepi kanan terdapat porositas dibagian tengah dan pinggir berbentuk bulat dan besar. Struktur silikonnya lebih halus dan lebih longgar dibandingkan variasi temperatur 200°C dan 250°C. Pada spesimen variasi temperatur 300°C tengah terdapat porositas dan struktur silikonnya berbentuk serpih. Sedangkan pada spesimen variasi temperatur 300°C tepi kiri masih ada porositas di pinggir dan di tengah. Struktur silikonnya. Semakin halus struktur silikon pada variasi temperatur 300°C disebabkan oleh semakin tingginya logam cair.

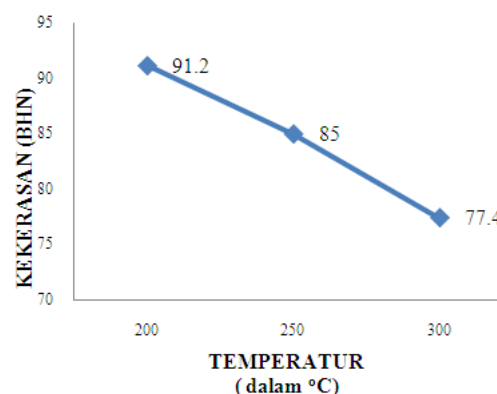
Dari hasil pengamatan struktur mikro pada ketiga variasi temperatur tersebut cacat porositas terjadi akibat gas yang terbawa dalam logam cair selama pencairan terjebak didalam rongga cetakan selama pembekuan. Hasil struktur mikro pada variasi temperatur 200°C cacat porositasnya lebih sedikit dan lebih kecil dibandingkan variasi temperatur 250°C dan 300°C. Struktur silikonnya berbentuk serpih dan lebih rapat dibandingkan variasi temperatur 250°C dan 300°C. Pada variasi temperatur 250°C porositas lebih besar ukurannya dari variasi temperatur 200°C tapi tidak merata. Struktur silikonnya lebih longgar dan lebih halus dibandingkan variasi temperatur 250°C dan 300°C. Sedangkan pada variasi temperatur 300°C terdapat porositas dengan ukuran lebih besar dibandingkan variasi temperatur 200°C dan 250°C. Struktur silikonnya lebih longgar dibandingkan variasi temperatur 200°C dan 250°C. Secara umum variasi temperatur 300°C struktur silikonnya kecenderungannya semakin halus dibandingkan dengan variasi temperatur 200°C dan 250°C seiring dengan peningkatan temperatur tuangnya.

### Uji Kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester* Model HR-150A. Dari hasil pengujian data dimasukkan kedalam tabel sehingga di dapatkan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Uji Kekerasan *Brinell* pada variasi temperatur 200°C, 250°C, dan 300°C dengan tekanan 35,7 MPa**

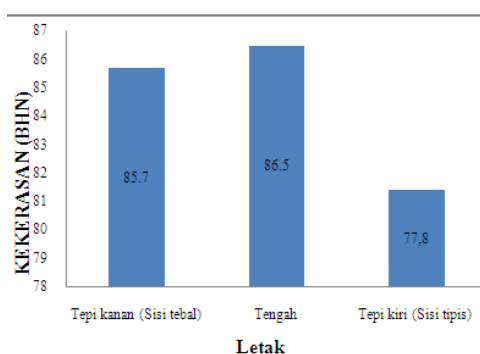
Spesimen	Letak	Titik			Rata-rata	Rata-rata (BHN)
		1 (atas)	2 (tengah)	3 (bawah)		
Variasi temperatur 200°C	Tepi kanan	90	94	91	91,6	91,2
	Tengah	90	95	91	92,0	
	Tepi kiri	91	92	87	90,0	
Variasi temperatur 250°C	Tepi kanan	84	89	86	86,3	85,0
	Tengah	86	89	88	87,6	
	Tepi kiri	83	82	79	81,3	
Variasi temperatur 300°C	Tepi kanan	75	83	80	79,3	77,4
	Tengah	76	84	80	80,0	
	Tepi kiri	70	76	73	73,0	



**Gambar 17. Grafik uji kekerasan *Brinell* variasi temperatur 200°C, 250°C, dan 300°C dengan tekanan 35,7 MPa**

**Tabel 2. Uji Kekerasan *Brinell* pada posisi letak**

Letak	Spesimen variasi temperatur			Rata-rata (BHN)
	200°C	250°C	300°C	
Tepi kanan (Sisi tebal)	91,6	86,3	79,3	85,7
Tengah	92,0	87,6	80,0	86,5
Tepi kiri (Sisi tipis)	79,3	81,3	73,0	77,8



**Gambar 18. Grafik uji kekerasan *Brinell* pada posisi letak**

Gambar 17. menunjukkan bahwa kekerasan rata-rata pada spesimen variasi temperatur 200°C mempunyai kekerasan paling tinggi yaitu 91,2 BHN dibandingkan dengan spesimen variasi temperatur 250°C dan 300°C yaitu 85,0 BHN dan 77,4 BHN. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah variasi temperatur akan menghasilkan menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi pada proses pengecoran *semi solid*. Hal ini disebabkan karena semakin rendah variasi temperatur akan mengakibatkan pembekuan yang lebih cepat karena dengan pembekuan yang lebih cepat akan menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi.

Gambar 18. menunjukkan bahwa letak kekerasan tertinggi terdapat pada posisi tengah yaitu sebesar 86,5 BHN. Hal ini dikarenakan posisi tengah adalah posisi yang paling banyak mendapatkan tekanan pada saat proses pencetakan pada pengecoran *semi solid*.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan analisa dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Variasi temperatur tuang pada proses *semi solid casting* berpengaruh terhadap hasil

struktur mikro yaitu pada variasi temperatur 200°C cacat porositasnya lebih sedikit dibandingkan dengan variasi temperatur 250°C dan 300°C dan struktur silikonnya lebih rapat dibandingkan dengan variasi temperatur 250°C dan 300°C. Secara umum variasi temperatur 300°C struktur silikonnya kecenderungannya semakin halus dibandingkan dengan variasi temperatur 200°C dan 250°C seiring dengan peningkatan temperatur tuangnya.

2. Hasil pengujian kekerasan terlihat bahwa kekerasan pada spesimen variasi temperatur 200°C mempunyai kekerasan paling tinggi yaitu 91,2 BHN dibandingkan dengan spesimen variasi temperatur 250°C dan 300°C yaitu 85,0 BHN dan 77,4 BHN. Posisi letak kekerasan tertinggi terdapat pada posisi tengah yaitu sebesar 86,5 BHN. Hal ini dikarenakan posisi tengah adalah posisi yang paling banyak mendapatkan tekanan pada saat proses pencetakan pada pengecoran *semi solid*.

## Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan bahan material yang berbeda sebagai perbandingan.
2. Desain cetakan perlu disempurnakan yaitu dengan diberi tangkai agar pada saat pemanasan cetakan tidak mengalami kesulitan memanaskan cetakannya.
3. Cetakan harus dipanaskan lagi, agar logam cair tidak cepat membeku.

## DAFTAR PUSTAKA

- Surdia T., Chijiwa K., 2000, *Teknik Pengecoran Logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta