

**L. P. Hartono,  
H. Purwanto,  
S. M. B. Respati**

Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Wahid Hasyim  
Semarang  
Jl Menoreh Tengah X/22  
Semarang

e-mail:  
lilik\_polines06@yahoo.co.id  
helmy\_uwh@yahoo.co.id  
sri.bondan.respati@gmail.com

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

*Pengecoran merupakan salah satu bagian dari proses produksi, dimana bahan dalam kondisi cair dituang atau dicetak dengan tekanan dalam sebuah rongga cetakan dengan bentuk tertentu dan dibiarkan sampai berubah menjadi padat atau membeku. 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 pada aluminium daur ulang dengan menggunakan proses semi solid dengan melakukan variasi tekanan 10,19 MPa, 25,47 MPa dan 35,66 MPa pada temperatur penekanan 320°C. Pada hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan pada variasi tekanan 35,66 MPa cacat porositasnya lebih sedikit dan struktur silikonnya lebih rapat dibandingkan variasi tekanan 10,19 MPa dan 10,19 MPa. Kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan pada spesimen pada variasi tekanan 35,66 MPa mempunyai kekerasan paling tinggi yaitu 93 BHN.*

**Kata Kunci:** *pengecoran semi solid, aluminium, Al daur ulang, struktur mikro, kekerasan*

### **PENDAHULUAN**

Penggunaan aluminium sebagai komponen kendaraan bermotor sangat bervariasi meliputi pada blok mesin, bagian badan (rangka), lingkaran roda, peralatan rumah tangga, konstruksi, komponen otomotif dan pesawat terbang (*aerospace*). Pemakaian aluminium diperkirakan pada masa mendatang masih terbuka luas baik sebagai material utama maupun material pendukung dengan ketersediaan biji aluminium di bumi yang melimpah. Penggunaan aluminium dan paduannya ini dikarenakan sifatnya yang ringan, massa jenis kecil, tahan terhadap korosi, daya hantar listrik yang baik, jika dipadu dengan unsur dan diproses dengan metode tertentu akan mempunyai sifat fisis dan mekanis yang unggul, mampu meningkatkan sifat mekanis, mampu cor (*castability*), mampu mesin dan kuat setelah dipadu dengan material lain seperti silikon, mangan, dan tembaga. Dengan metode *semi solid* diharapkan mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh tekanan terhadap struktur mikro pada proses *semisolid-casting*

pada paduan aluminium daur ulang.

2. Mengetahui pengaruh tekanan terhadap kekerasan pada proses *semisolid-casting* pada paduan aluminium daur ulang.

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Martinez dkk (2000) melakukan penelitian terhadap paduan aluminium yang dilebur dalam dapur induksi (*induction furnace*) pada suhu 856-875°C. Kemudian logam cair dituang ke dalam rongga cetakan dalam kondisi telah mengalami *drop temperature* hingga temperatur menjadi 700-800°C. Untuk mengurangi timbulnya *thermal shock*, pada cetakan permanen (*permanent mould*) sebelumnya dilakukan pemanasan awal (*preheated*) pada suhu sekitar 260°C. Surdia (2000) menyatakan pada pengecoran *rheo* bahan setengah padat *non-dendrit* hasil tungku dicetak langsung pada mesin pengecoran cetak, sedangkan pada pengecoran tikso bahan setengah padat dari tungku dibuat ingot terlebih dahulu, kemudian ingot dipotong-potong sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Selanjutnya potongan ingot tersebut dipanaskan lagi sampai mencapai

keplastisannya tertentu yang kemudian diproses langsung pada mesin cor cetak

### 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 teknik pengecoran dan teknik pembentukan logam. Tetapi dapat juga dikatakan sebagai pengembangan pengecoran cetak (*die casting*).

Dalam teknik pengecoran cairan logam kental dipergunakan sifat tiktropi 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*.

### New Rheocasting Process

Proses pengecoran material semi padat yang di perkenalkan dan di patenkan oleh UBE Industries Ltd. Pengecoran *New Rheo Casting Process* (NRC) mengkombinasikan proses pengecoran cetakan vertical yang umum dengan fasilitas yang menyatu untuk produksi material bulat, yang di

produksi korea selatan dengan bermacam-macam pendinginan dan satu stasiun pemesanan induksi. Tidak seperti *Thixocasting* dan *Thixomolding* konvensional, tidak ada material pelopor khusus yang di butuhkan, NRC memungkinkan pengecoran aluminium untuk di produksi pada industri otomotif dengan kualitas tinggi dan ringan juga mempunyai beragam produksi dengan harga ekonomis.

### Semi Solid Rheocasting

Proses yang mengembangkan campuran semi padat dari baja lebur dalam sebuah mesin pengecoran . Ini adalah sebuah keuntungan yang besar dari pada *Thixocasting* hasilnya dalam persediaan pengecoran lebih murah, dalam bentuk lain campuran pengecoran yang akan memungkinkan peredaran kembali secara langsung.

### Metode Rheocasting

Scamans dan Fan (2005) metode *rheocasting* digunakan untuk menghasilkan *semi-solid metal*. Logam yang dicairkan pada temperatur cair (*liquidus*) atau diatas temperatur cair (*superheat*) akan melewati fasa *semi-solid metal* (SSM) sebelum mencapai temperatur solidus. Jika pada fasa semi-solid ini logam cair diberikan gaya geser berupa putaran maka struktur mikro yang seharusnya berbentuk kolumnar atau dendritik akan terpotong akibat gaya ini, sehingga struktur kolumnar tidak akan terbentuk dan menjadi struktur mikro yang berupa potongan-potongan dari struktur kolumnar tersebut, struktur ini biasa disebut struktur *globular*. Setelah mengalami pengadukan logam *semi-solid* langsung diproses dalam pengecoran tekanan tinggi (*high-pressure die casting*), komponen yang akan dihasilkan akan memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan hasil proses pengecoran tekan konvensional yang bahan bakunya logam cair karena aliran turbulen lebih sedikit terjadi pada saat logam mengisi cetakan. Dengan demikian komponen yang dihasilkan akan sedikit mengandung gas dan inklusi oksida. Hal ini disebabkan viskositas logam *semisolid* lebih besar daripada logam cair

### Pembekuan logam

Surdia (2000) menyatakan pembekuan logam dimulai dari bagian yang bersentuhan dengan cetakan, saat panas dari logam cair diserap oleh cetakan sehingga logam mendingin hingga mencapai titik beku kemudian muncul inti-inti kristal. Bagian dalam coran mendingin lebih

lambat daripada bagian luar, sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah bagian dalam coran dan terbentuklah struktur kolom.

### Paduan Aluminium

Penggunaan paduan aluminium-silikon dalam pengecoran sangat banyak digunakan karena fluiditas tinggi, mampu cor baik, densitas rendah dan properti mekanik mudah dikontrol. Penambahan aluminium dengan silikon hingga 11% disebut *hypoeutectic*, 11-13% disebut eutektik, dan di atas 13% disebut *hypereutectic*. Paduan lain yang sering ditambahkan seperti Fe, Cu, Mg, Ni, Zn bertujuan untuk mendapatkan hasil pengecoran atau properti mekanik yang optimum.

Pada saat solidifikasi Al-Si hipoeutektik 7% Si didinginkan dari fasa cair pada suhu  $T_s$  akan terbentuk struktur dendrit yang ukurannya kecil saat mencapai suhu  $T_1$ . Perbedaan temperatur antara  $T_s$ - $T$  disebut temperatur *superheat*. Solidifikasi tidak terjadi pada temperatur tunggal  $T_1$  saja melainkan akan membeku sempurna setelah melewati temperatur *eutectic* ( $T_e$ ). Pada saat temperatur *liquidus* ( $T_1$ ), dendrit tumbuh dan mengalami pengintian yang lebih banyak hingga mencapai temperatur eutektik ( $T_e$ ).

Bentuk struktur dendrit dapat terlihat pada akhir pembentukan struktur mikro aluminium. Pengecualian terjadi pada paduan aluminium eutektik (11-13% Si) dimana solidifikasi terjadi pada temperatur eutektik. Pada temperatur eutektik semua sisa *liquid* akan membeku menjadi aluminium-silikon eutektik dalam paduan biner.

### Temperatur Liquidus dan Solidus Paduan Aluminium

Dobrzanski, et al (2006) menyatakan bahwa paduan aluminium-silikon *hypoeutectic* akan melalui tiga tahap reaksi solidifikasi selama proses solidifikasi, berawal dari pembentukan dendritik aluminium dan diikuti pembentukan dua fasa utama eutektik. Adanya paduan dan elemen pengotor seperti: Cu, Mg, Mn, dan Fe menjadikan karakteristik metalografi lebih kompleks. Reaksi yang terjadi selama proses solidifikasi pada paduan AlSiXCuX (3XX) adalah sebagai berikut:

1. Dendri  $\alpha$ -aluminium primer terbentuk pada 620-580°C. Temperatur eksak sangat bergantung pada jumlah konsentrasi Si dan Cu di dalam paduannya.
2. Pada temperatur 570-555°C campuran eutektik Si dan  $\alpha$ -aluminium, diikuti meningkatnya pembekuan Cu dari bentuk liquid. Fasa yang kaya Fe juga dapat

mengendap temperature ini.

3. Fasa  $Mg_2Si$  dan  $Al_8Mg_3Fe$   $Si_6$  mulai menjadi presipitat pada temperature rata-rata 540°C.
4. Penurunan temperatur di ikuti presipitasi  $Al_2Cu$  dan  $Al_{15}Mg_8Cu_2Si_6$  terjaditemperature antara 500-470°C.

### Struktur Mikro

Hubungan antara struktur mikro dengan sifat mekanik logam dipengaruhi oleh kuantitas fasa, ukuran fasa dan pengaruh bentuk fasa. Paduan Al-Si memiliki kombinasi karakteristik yang baik antara lain *castability*, ketahanan korosi yang baik (*good corossion resistance*), ketahanan aus (*wear resistance*), dan mampu mesin yang baik (*machinability*). Sifat mekanik pada dasarnya dikontrol oleh struktur mikro dari logam coran tersebut.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan suatu komposisi dari aluminium cor sangat dimungkinkan dengan mengoptimasi ukuran butir, struktur eutektik, ukuran sel, serta ukuran dan distribusi dari fasa intermetalik sehingga didapatkan sifat mekanik yang diinginkan. Penurunan kekuatan tarik yang kecil terjadi pada aluminium A356 dengan meningkatnya ukuran butir. Semakin besar ukuran butir, nilai kekerasannya semakin menurun.

Sifat mekanik aluminium juga dipengaruhi oleh ukuran sel dendrit (*dendrite cell size*). Tegangan tarik *ultimate* dan nilai elongasi mengalami penurunan dengan meningkatnya ukuran sel dendrit. Struktur eutektik dan ukuran sel pada aluminium paduan terdapat *dendrite fibers*, yang dapat ditingkatkan sifat mekaniknya melalui perlakuan panas.

### Kekerasan

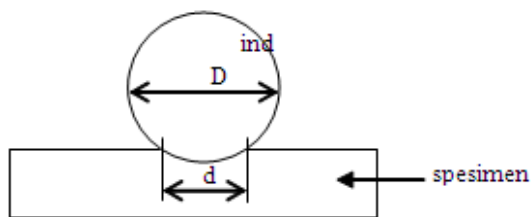
Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*Frictional force*), dalam hal ini bidang keilmuan yang berperan penting mempelajarinya 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 (*specimen*).

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 dan Alat Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan adalah daur ulang Aluminium, pasir cetak, tungku pengecoran, kowi, thermometer digital, blower, penjepit, sarung tangan, alat uji kekerasan, alat uji struktur mikro.

### Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini yaitu paduan aluminium yang berasal dari Alumunium daur ulang. Paduan Al-Si setelah dilakukan komposisi kimia yang terkandung dalam Alumunium daur ulang dapat ditentukan termasuk dalam paduan aluminium *hypoeutectic*.

### Alat-alat Penelitian

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

### Langkah-langkah Penelitian

#### Rancang Bangun Alat hidrolik.

Alat hidrolik ini digunakan untuk menekan cetakan yang berisi cairan setengah padat paduan aluminium daur ulang dengan variasi tekanan

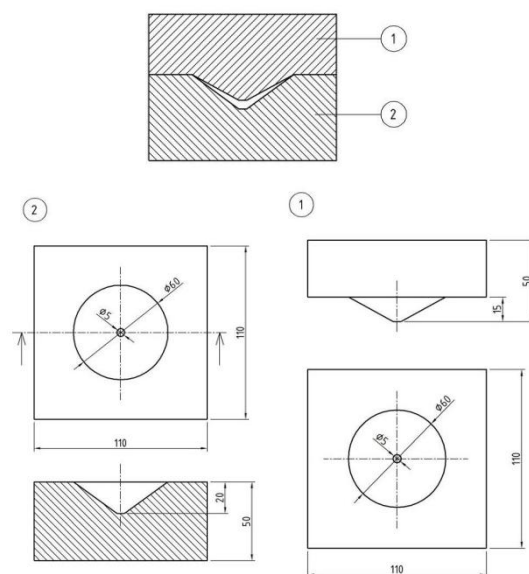
10,19 MPa, 25, 47 MPa dan 35,66 MPa. Terlihat pada Gambar 2



**Gambar 2.** Alat hidrolik

### Pembuatan Cetakan

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



**Gambar 3.** Desain Cetakan

### Pembuatan Ingot

Bertujuan untuk mengontrol volume cairan logam.

### Proses Peleburan

Ingot dilebur dalam krusibel 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 Peleburan

### Proses Penuangan

Aluminium cair di tuangkan pada cetakan dan dilakukan penekanan pada temperatur 320 °C. Pada temperatur logam 320 °C dilakukan penekanan dengan variasi tekanan 10,19 MPa, 25,47 MPa, dan 35,66 MPa. Dari hasil proses ini nanti akan di teliti sifat fisis dan mekanisnya. Dapat dilihat pada Gambar 5.

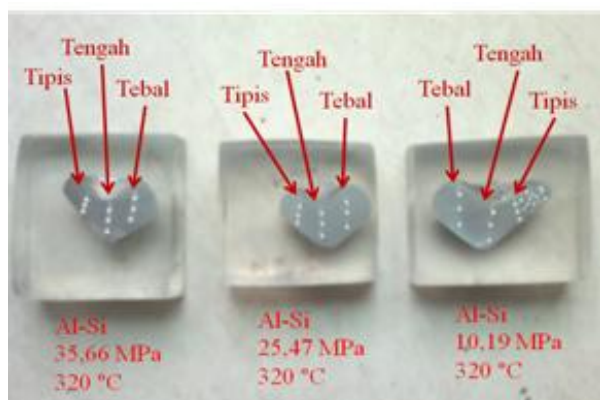


**Gambar 5.** Proses Penuangan

### 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 di Laboratorium Material Teknik Unwahas.

Spesimen uji kekerasan dibuat dengan dimensi permukaan 10 x 10 mm<sup>2</sup> 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 Hardness). Bola indentor yang digunakan berdiameter 1,588 mm dengan pembebanan 100 kg dan indentasi selama 15 detik. Masing-masing spesimen diuji 9 kali yaitu pada posisi samping tipis 3 kali, posisi tengah 3 kali dan posisi samping tebal 3 kali. Spesimen uji ditunjukkan seperti pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Spesimen Uji metaalografi dan kekerasan

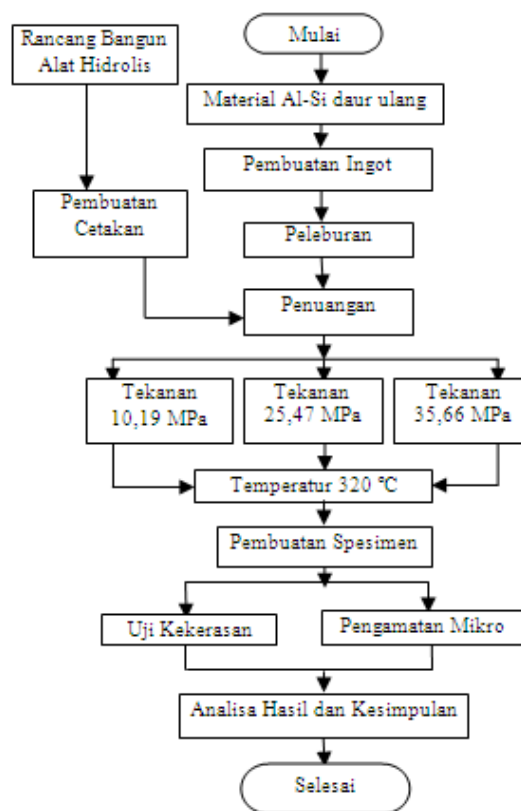
**Tabel 1.** Keterangan gambar spesimen

Spesimen`	Penekanan	Letak
A	10,19 MPa	A1 = Tipis
		A2 = Tengah
		A3 = Tebal
B	25,47 MPa	B1 = Tipis
		B2 = Tengah
		B3 = Tebal
C	35,66 MPa	C1 = Tipis
		C2 = Tengah
		C3 = Tebal

Alasan menggunakan temperatur logam pada saat penekanan 320 °C karena pada saat kondisi logam sudah padat tetapi perubahan struktur mikro masih bisa di lakukan pada temperatur 320 °C, bila di bandingkan melakukan penekanan pada temperatur kamar 25 °C maka perubahan struktur mikro tidak bisa optimal.

### Diagram Alir Penelitian

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



**Gambar 7.** Diagram Alir Penelitian



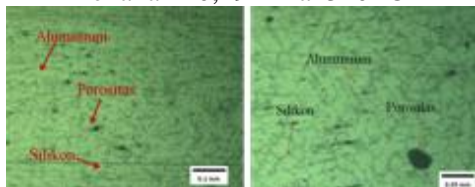
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Struktur Mikro

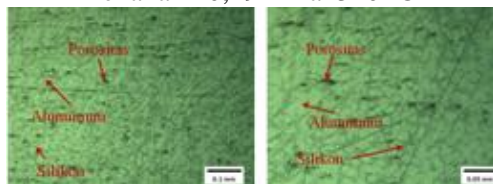
Pengamatan struktur mikro dengan tiga variasi tekanan yaitu pada tekanan 10,19 MPa, 25,47 MPa, dan 35,66 MPa pada pengecoran daur ulang aluminium dengan temperatur logam pada saat penekanan konstan 320 °C seperti ditunjukkan pada Gambar 8 sampai 16



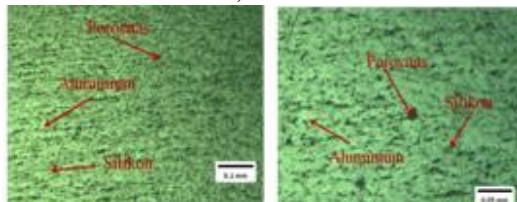
**Gambar 8.** Struktur Mikro Pada Spesimen A1  
Tekanan 10,19 MPa 320 °C



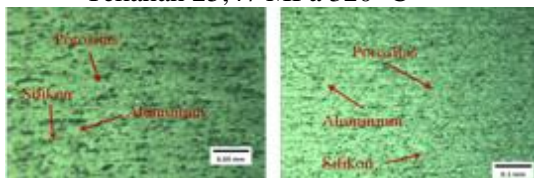
**Gambar 9.** Struktur Mikro Pada Spesimen A2  
Tekanan 10,19 MPa 320 °C



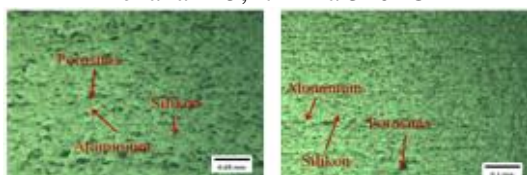
**Gambar 10.** Struktur Mikro Pada Spesimen A3  
Tekanan 10,19 MPa 320 °C



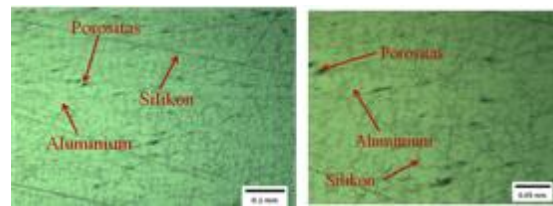
**Gambar 11.** Struktur Mikro Pada Spesimen B1  
Tekanan 25,47 MPa 320 °C



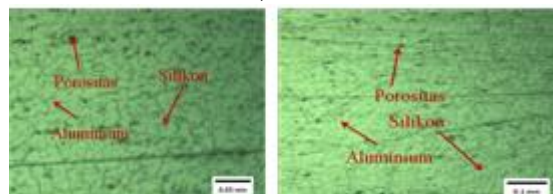
**Gambar 12.** Struktur Mikro Pada Spesimen B2  
Tekanan 25,47 MPa 320 °C



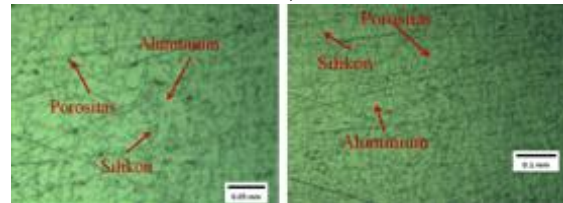
**Gambar 13.** Struktur Mikro Pada Spesimen B3  
Tekanan 25,47 MPa 320 °C



**Gambar 14.** Struktur Mikro Pada Spesimen C1  
Tekanan 35,66 MPa 320 °C



**Gambar 15.** Struktur Mikro Pada Spesimen C2  
Tekanan 35,66 MPa 320 °C



**Gambar 16.** Struktur Mikro Pada Spesimen C3  
Tekanan 35,66 MPa 320 °C

Gambar 8-10, adalah struktur mikro pada spesimen variasi tekanan 10,19 MPa dan temperatur penekanan 320 °C. Pada spesimen variasi tekanan 10,19 Mpa pada bagian tipis, gambar kiri terlihat porositasnya terdapat di bagian tipis dan struktur dendritnya lebih kecil dan rapat, sedangkan pada bagian gambar kanan porositasnya terdapat di bagian tipis dan struktur dendritnya lebih besar. Pada spesimen variasi tekanan 10,19 Mpa pada bagian tengah gambar sebelah kiri masih terdapat porositas yang kecil dan struktur dendritnya lebih halus dan rapat, sedangkan gambar sebelah kanan porositasnya lebih besar dan struktur dendritnya lebih besar dan halus. Pada spesimen variasi tekanan 10,19 Mpa bagian tebal, gambar sebelah kiri porositasnya kecil terdapat diseluruh permukaan dan struktur dendritnya kecil dan kasar, sedangkan gambar sebelah kanan porositasnya lebih besar struktur dendritnya besar dan halus.

Gambar 11-13, adalah struktur mikro pada spesimen variasi tekanan 25,47 MPa dan temperatur penekanan 320 °C. Pada spesimen variasi tekanan 10,19 Mpa pada bagian tipis, gambar kiri terlihat porositasnya kecil diseluruh permukaan dan struktur dendritnya lebih kecil dan rapat, sedangkan pada bagian gambar kanan porositasnya besar dan struktur dendritnya lebih besar. Pada spesimen variasi tekanan 10,19 Mpa pada bagian tengah gambar sebelah kiri masih

terdapat porositas yang kecil dan struktur dendritnya lebih halus dan rapat, sedangkan gambar sebelah kanan porositasnya lebih besar dan struktur dendritnya lebih besar dan halus. Pada spesimen variasi tekanan 10,19 MPa bagian tebal, gambar sebelah kiri porositasnya terdapat dibawah dan struktur dendritnya kecil dan kasar, sedangkan gambar sebelah kanan porositasnya lebih besar struktur dendritnya besar dan halus.

Gambar 14-15, adalah struktur mikro pada spesimen variasi tekanan 35,66 MPa dan temperatur penekanan 320 °C. Pada spesimen variasi tekanan 35,66 MPa pada bagian tipis, gambar kiri terlihat porositasnya kecil diseluruh permukaan dan struktur dendritnya lebih kecil dan rapat, sedangkan pada bagian gambar kanan porositasnya besar dan struktur dendritnya lebih besar. Pada spesimen variasi tekanan 35,66 MPa pada bagian tengah gambar sebelah kiri masih terdapat porositas yang kecil dan struktur dendritnya lebih halus dan rapat, sedangkan gambar sebelah kanan porositasnya lebih besar dan struktur dendritnya lebih besar dan halus. Pada spesimen variasi tekanan 35,66 MPa bagiankanan, gambar sebelah kiri porositasnya kecil dan struktur dendritnya kecil dan kasar, sedangkan gambar sebelah kanan porositasnya lebih besar struktur dendritnya besar dan halus.

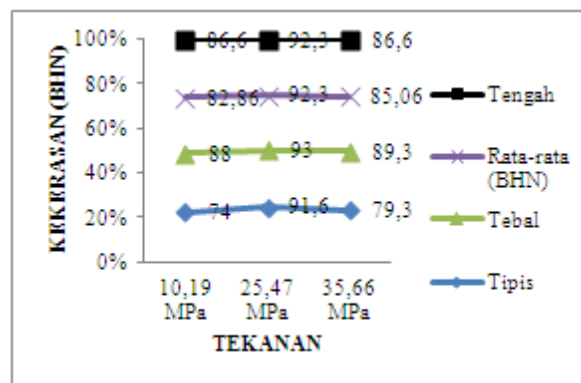
Dari hasil pengamatan struktur mikro dari ketiga hasil cetakan dengan variasi tekanan yaitu tekanan 10,19 MPa, 25,47 MPa, dan 35,66 MPa dengan temperatur penekanan 320 °C, maka diambil perbedaan dari masing-masing gambar struktur foto mikro adalah cacat porositas terjadi akibat gas yang terbawa dalam logam cair selama pencairan terjebak didalam rongga cetakan. Hasil struktur mikro pada Spesimen A dengan tekanan 10,19 MPa dan temperatur penekanan 320 °C cacat porositasnya terdapat dibagian bawah dan tepi coran dari sistem cetakan, sedangkan cacat porositas pada Spesimen B dengan tekanan 25,47 MPa dan temperatur penekanan 320 °C cacat porositasnya terdapat pada bagian tengah dan seluruh permukaan coran dari sistem cetakan. Kemudian pada Spesimen C dengan tekanan 35,66 MPa dan temperatur penekanan 320 °C cacat porositas paling sedikit coran dari sistem cetakan. Jadi hasil struktur mikro pada Spesimen C lebih sedikit cacat porositasnya dibandingkan dengan Spesimen A dan paling banyak cacat porositasnya terdapat pada Spesimen B yang terdapat pada seluruh permukaan coran.

### Uji Kekerasan Brinell

**Tabel 2.** Grafik Uji Kekerasan *Brinell* dan Variasi Tekanan 10,19 MPa, 25,47 MPa, dan 35,66 MPa

Penekanan	Letak	Titik			Rata-rata	Rata-rata BHN
		1	2	3		
10,19 MPa	Tipis	68	85	69	74	
25,47 MPa	Tipis	90	89	81	86.6	82.86
35,66 MPa	Tipis	82	90	92	88	
10,19 MPa	Tengah	92	94	89	91.6	
25,47 MPa	Tengah	90	97	90	92.3	92.3
35,66 MPa	Tengah	88	96	95	93	
10,19 MPa	Tebal	76	83	79	79.3	
25,47 MPa	Tebal	89	87	83	86.6	85.06
35,66 MPa	Tebal	85	93	90	89.3	

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 2.



**Gambar 16.** Grafik Uji Kekerasan *Brinell* dan Variasi Tekanan 10,19 MPa, 25,47 MPa, dan 35,66 MPa

Gambar 16. menunjukkan bahwa kekerasan rata-rata pada spesimen variasi tekanan 35,66 MPa mempunyai kekerasan paling tinggi yaitu 93 BHN dibandingkan dengan spesimen variasi tekanan 10,19 MPa dan Tekanan 25,47 MPa yaitu 74 BHN dan 89,3 BHN. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi variasi tekanan akan menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi pada proses pengecoran *semi solid*, begitu pula sebaliknya semakin rendah tekanan akan menghasilkan kekerasan yang rendah pada proses pengecoran *semi solid*. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi tekanan akan mengakibatkan penekanan yang lebih keras dan hasil dari pengecoran akan lebih keras karena pemadatan struktur mikronya lebih rapat begitu pula sebaliknya jika tekanan lebih kecil maka akan

mengakibatkan penekanan yang kurang begitu keras karena struktur mikronya kurang memadat sehingga kekerasannya kurang.

Pada Grafik diatas juga menunjukkan bahwa letak titik kekerasan tertinggi terdapat pada titik-tengah yaitu sebesar 92,3BHN. Hal ini dikarenakan posisi tengah adalah posisi yang paling mendapatkan penekanan paling yang kuat pada saat proses pencetakan pada pengecoran *semi solid*. Dan paling terendah 82,86 BHN pada titik tipis.

Hubungan antara kekerasan dengan struktur mikro adalah semakin banyak porositas pada proses pengecoran maka kekerasannya akan semakin rendah hal ini ditunjukkan pada spesimen penekanan 10,19 MPa, dan bila porositasnya semakin sedikit pada proses pengecoran maka kekerasannya akan makin tinggi hal ini ditunjukkan pada spesimen penekanan 35,66 MPa

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan ;

1. Hasil struktur mikro pada variasi tekanan 10,19 MPa cacat porositasnya lebih besar dan struktur dendritnya lebih besar ukurannya bila dibandingkan dengan tekanan 35,66 MPa dan 25,47 MPa
2. Hasil pengujian kekerasan terlihat bahwa kekerasan pada spesimen variasi tekanan 35,66 MPa mempunyai kekerasan paling tinggi yaitu 93 BHN dan terletak pada titik tengah yaitu 92,3 BHN.
3. Semakin tinggi variasi tekanan maka semakin tinggi pula kekerasannya karena penekanan yang lebih besar.

### Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan bahan material yang berbedasebagai pembandingan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penekanan pada temperatur logam 577 °C – 660 °C

## DAFTAR PUSTAKA

Dobrzanski, L.A., Maniara, R., and Sokolowski, J.H., 2006, *The Effect of Cast Al-Si-Cu Alloy Solidification Rate on Alloy Thermal characteristics*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Vol 17, Issue 1-2.

Martinez, K.M., 2000, *Effect of Mold Coating on The Thermal Fatigue in Al Permanent Mold Casting*, AFS transaction.

Scamans, G. and Fan, Z., 2005, Twin roll rheocasting of aluminum alloys, *Light Metal Age* 63 (6) : 6- 9

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