

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan dengan proses pengecoran metode *die casting* atau menggunakan cetakan logam. Bahan yang digunakan adalah piston bekas dan aluminium bekas. Proses pengecoran dilakukan dengan variasi suhu cetakan yaitu : 200°C, 300°C dan 400°C. Logam coran dalam proses pengecoran ini dilebur dalam tungku peleburan dengan bahan bakar gas. Tungku ini hanya mempunyai satu ruangan yaitu daerah kruss untuk tempat mencairkan logam.



Gambar 4.1 Dapur peleburan

Logam cair dan logam yang akan dicairkan terdapat dalam ruangan yang sama. Bagian atas dari tungku ini terbuka lebar, sehingga memudahkan pengisian logam yang akan dilebur. Proses peleburan dimulai dengan memasukkan bahan baku aluminium bekas dan potongan-potongan piston bekas, kemudian apabila

sudah benar-benar cair dengan sempurna barulah dimasukkan Ti-B setelahnya. Setelah seluruh bahan ini mencair secara homogen, maka logam cair telah dapat dituang ke dalam cetakan.



Gambar 4.2 Cetakan logam (*Die Casting*)

Berikut dibawah ini merupakan tabel komposisi bahan peleburan yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 4.1 Komposisi bahan baku peleburan

Keterangan	Komposisi Bahan Pembuat <i>Screw</i>		
	Aluminium	Piston bekas	Ti-B
%	40	60	2,5
Kg	0,8	1,2	0,05

Mutu atau kualitas dari suatu produk pengecoran tergantung dari keadaan (kondisi) logam cair yang digunakan dalam proses pencetakan, karena semakin baik komposisi dari logam cair, semakin baik mutu atau kualitas dari hasil corannya. Semakin homogen logam cair, semakin baik hasil corannya.

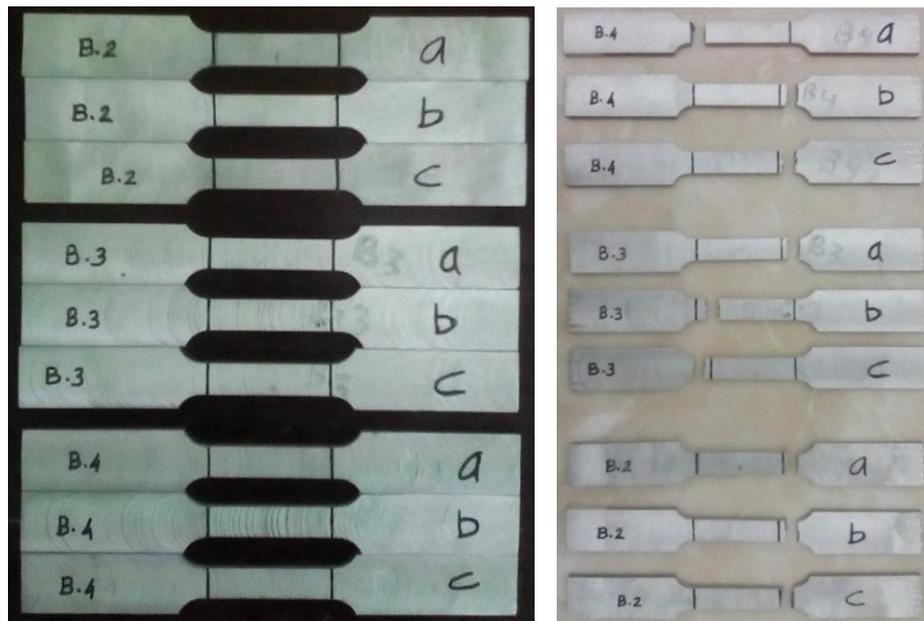


Gambar 4.3 Proses penuangan logam cair kedalam cetakan

#### 4.2 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Bahan, Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan serta deformasi plastis yang terjadi pada spesimen paduan Al-(Al-Si) + Ti-B, dengan menggunakan variasi suhu cetakan untuk bahan pembuatan poros berulir (*screw*). Spesimen uji mengacu ASTM E8M, dengan alat uji *Universal Testing Machine*, dengan kapasitas alat maksimum 200 kN.

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui deformasi plastis yang terjadi pada spesimen hasil peleburan untuk bahan pembuatan poros berulir (*screw*). Berikut dibawah ini adalah gambar spesimen pengujian tarik pada saat sebelum dilakukan pengujian tarik dan setelah dilakukan pengujian tarik:



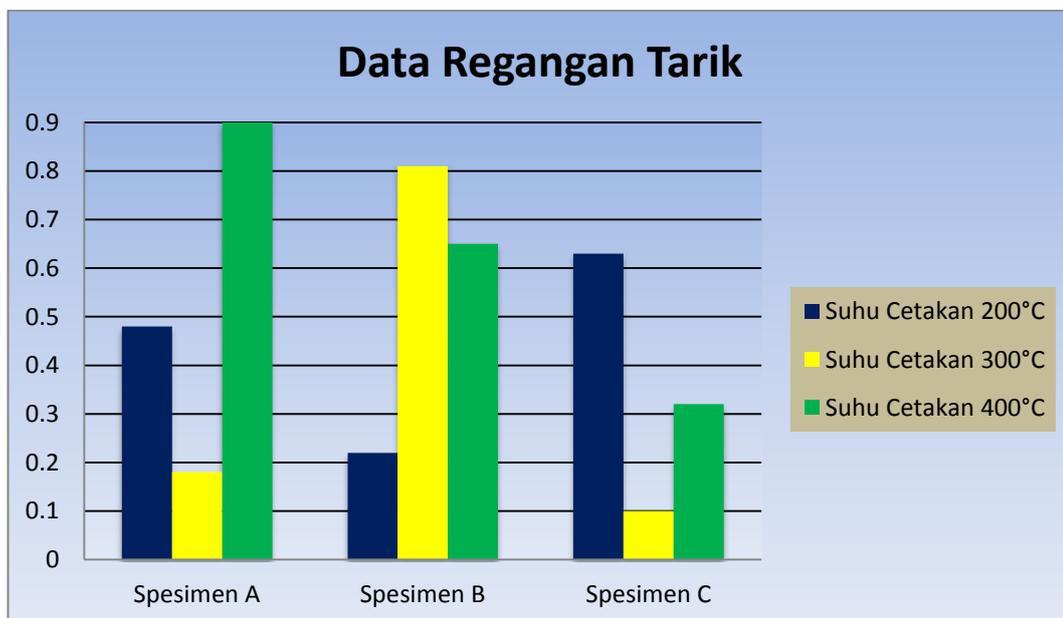
Gambar 4.4 Spesimen uji tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik, dari spesimen hasil pengujian tarik dapat diamati bahwa pada spesimen hasil peleburan tersebut saat dilakukan pengujian tarik tidak terdapat pengecilan penampang sampai bahan spesimen tersebut patah, hal ini disebabkan karena struktur butiran benda cor lebih kasar dibandingkan dengan pembentukan material dengan proses lain, sifat mekanik logam yang demikian menunjukkan bahwa logam hasil coran tersebut tidak dapat dibentuk atau dideformasi plastis. Dari hasil pengujian tarik diatas maka didapatkan data hasil pengujian tarik pada tabel dibawah ini sebagai berikut:

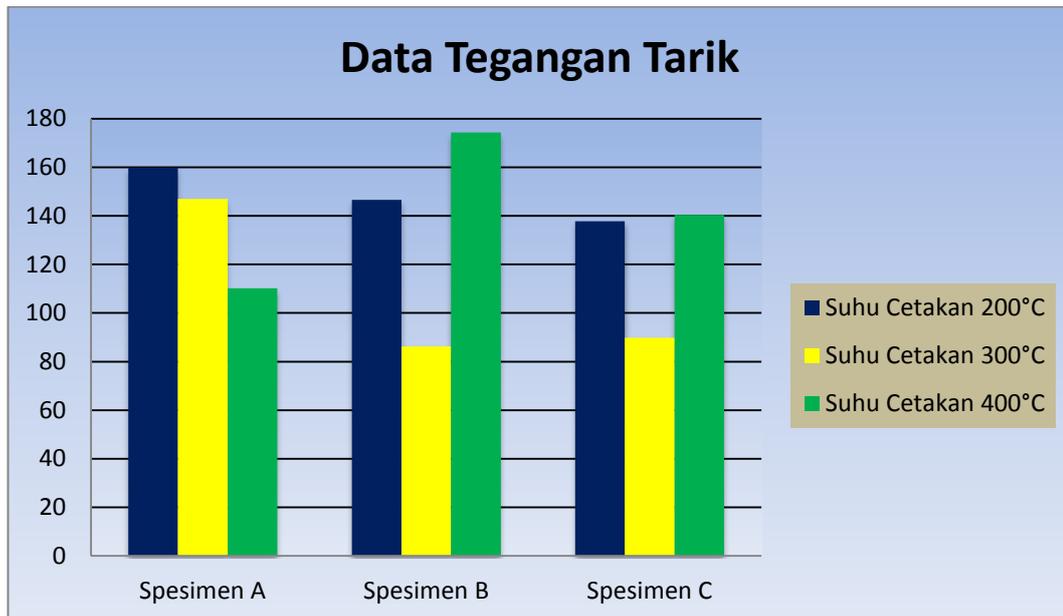
Tabel 4.2 Hasil pengujian tarik

No.	Kode spes.	Lebar (mm)	Tebal (mm)	(Lo) (mm)	(Lf) (mm)	( $\Delta L$ ) (mm)	P Max. (kN)	Reg. ( $\epsilon$ ) (%)	Teg. ( $\sigma$ ) (MPa)
1	B.2 - a	12,51	4,03	49,81	50,05	0,24	8,06	0,48	159,87
2	B.2 - b	12,44	3,96	49,49	49,60	0,11	7,22	0,22	146,56
3	B.2 - c	12,33	3,99	49,46	49,77	0,31	6,78	0,63	137,81
4	B.3 - a	12,52	3,99	50,15	50,24	0,09	7,34	0,18	146,93
5	B.3 - b	12,64	3,97	49,51	49,91	0,40	4,33	0,81	86,29
6	B.3 - c	12,7	3,99	50,05	50,10	0,05	4,55	0,10	89,79
7	B.4 - a	12,45	3,87	50,06	50,51	0,45	5,31	0,90	110,21
8	B.4 - b	12,35	3,86	49,32	49,64	0,32	8,31	0,65	174,32
9	B.4 - c	12,59	3,84	49,71	49,87	0,16	6,79	0,32	140,45

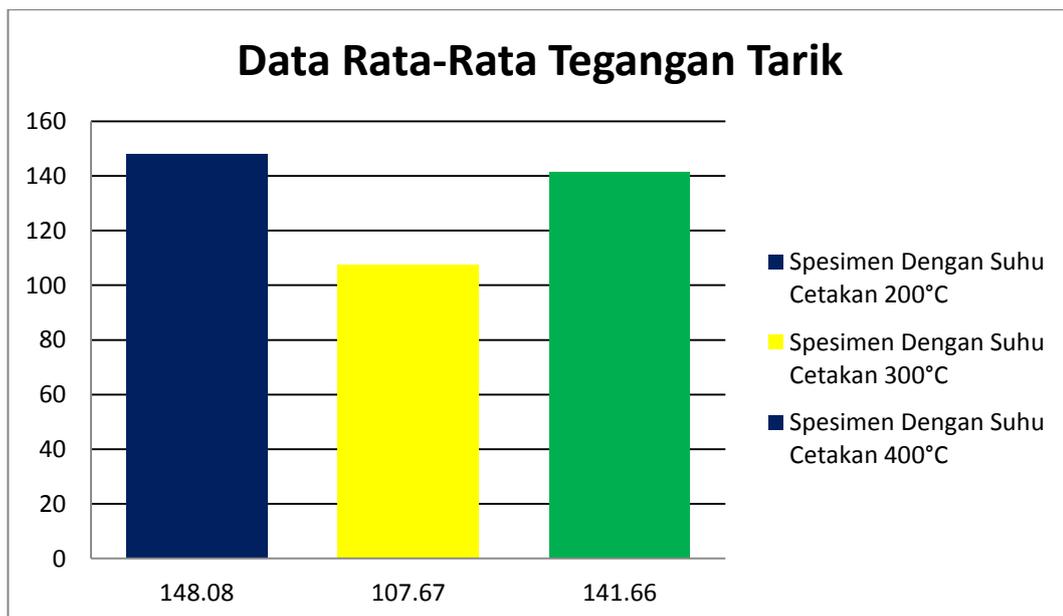
Berikut dibawah ini merupakan gambar grafik regangan dan tegangan dan juga grafik kekuatan tarik rata-rata hasil pengujian tarik pada spesimen paduan Al-(Al-Si) + Ti-B dengan variasi suhu cetakan 200°C, 300°C dan 400°C:



Gambar 4.5 Grafik regangan tarik



Gambar 4.6 Grafik tegangan tarik



Gambar 4.7 Grafik rata-rata kekuatan tarik

Pada tabel hasil pengujian tarik diatas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekuatan tarik pada pemanasan suhu cetakan 200°C adalah 148,08 MPa, kemudian pada suhu pemanasan cetakan 300°C adalah 107,67 MPa, dan pada

suhu pemanasan cetakan 400°C adalah 141,66 MPa. Data tersebut diatas menunjukkan bahwa perlakuan pemanasan cetakan dengan suhu 200°C pada hasil pengecoran aluminium paduan dengan penambahan 2,5% Ti-B menghasilkan tegangan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan variasi pemanasan cetakan dengan 200°C pada hasil pengecoran aluminium paduan dengan penambahan 2,5% Ti-B dengan suhu 300°C dan 400°C. Pada pengujian yang dihasilkan sifat material yang baik untuk pembuatan poros berulir (*screw*) haruslah merupakan bahan paduan yang kuat dan tahan aus. Pada pengujian kali ini didapatkan sifat material yang paling bagus dengan perlakuan pemanasan cetakan dengan suhu 200°C.

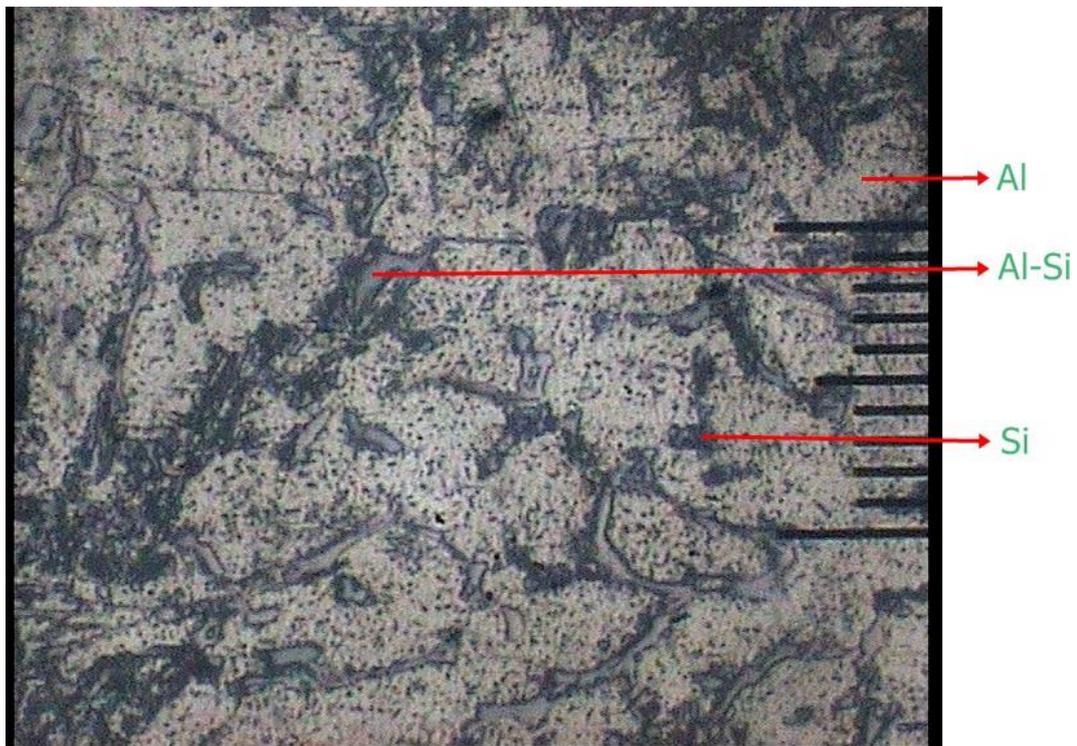
### **4.3 Hasil Pengujian Struktur Mikro**

Pengamatan strukturmikro dimaksudkan untuk memperoleh gambaran strukturmikro pada permukaan spesimen hasil pengecoran yang telah dibuat. Pekerjaan ini meliputi persiapan spesimen melalui tahapan: pemotongan, diresin (untuk pembuatan pegangan), diampelas, *polishing* dan pemberian cairan kimia (etsa) sebelum bahan ditempatkan dibawah lensa obyektif mikroskop optik. Pengujian mikrostruktur ini dilakukan untuk aluminium paduan dengan penambahan unsur penghalus butir Ti-B dengan variasi suhu cetakan yaitu dengan suhu 200°C, 300°C dan 400°C dengan alat uji *Metallurgical Microscope Invertgo Tipe*.

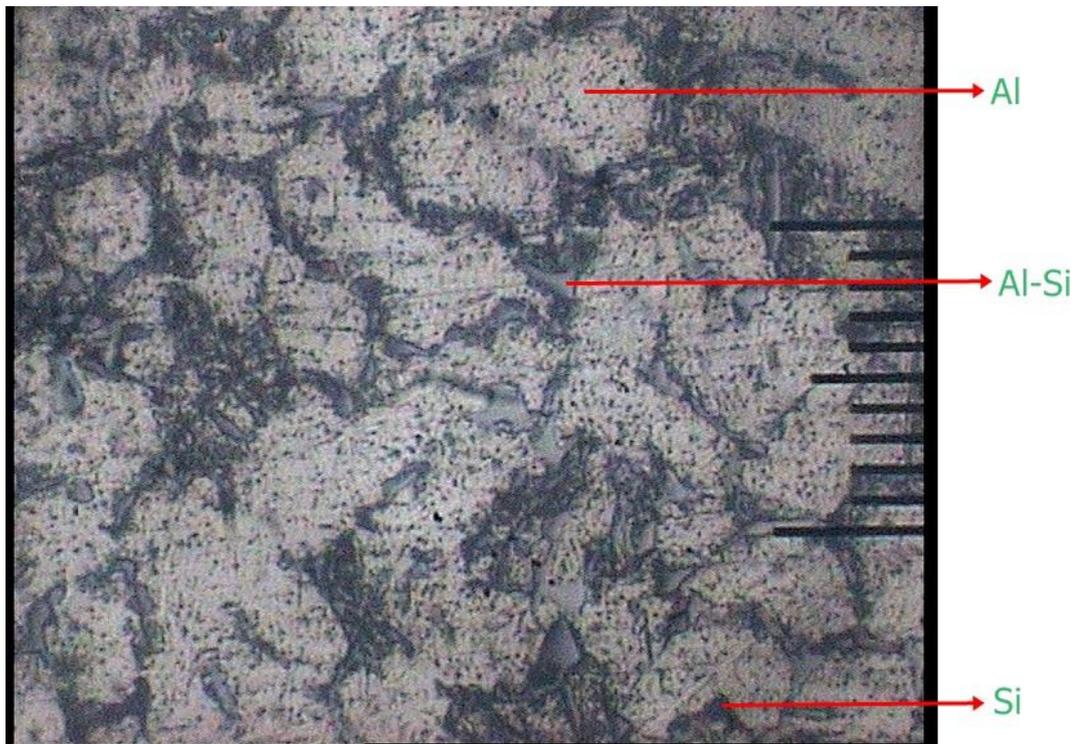
Pengamatan perubahan struktur mikro dari hasil peleburan diamati dengan pengujian metalografi yang dilakukan pada daerah permukaan logam. Sebelum

pengujian dilakukan siapkan spesimen uji dengan cara memotong sampel sesuai ukuran kemudian dibingkai dengan resin dan selanjutnya dilakukan pengamplasan. Pengamplasan dilakukan dengan kertas amplas yang bertingkat kekasarannya sedangkan pemolesan dilakukan dengan autosol dan kain bludru.

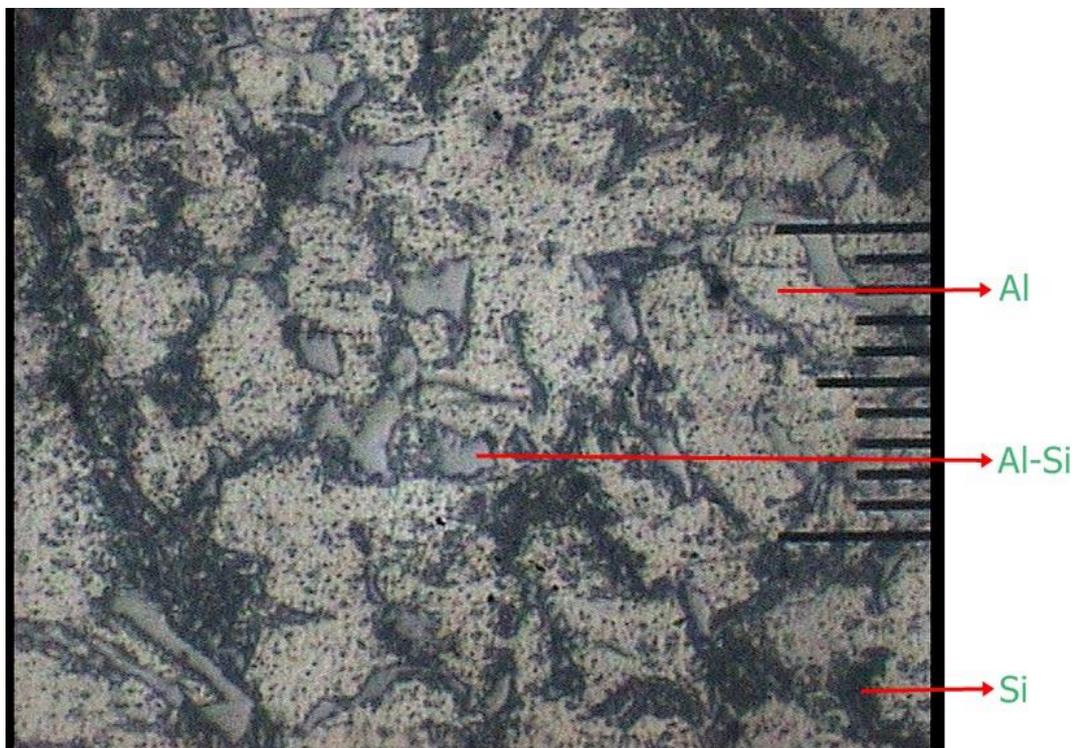
Sampel yang telah mengkilap dietsa dengan larutan etsa asam NaOH+Air 50%, selanjutnya diamati struktur mikronya dengan mikroskop optik. Berdasarkan data hasil pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200X. Berikut adalah hasil dari pengamatan struktur mikro:



Gambar 4.8 Foto struktur mikro spesimen Al-(Al-Si) + Ti-B pada variasi suhu cetakan 200°C (pembesaran 200X)



Gambar 4.9 Foto struktur mikro spesimen Al-(Al-Si) + Ti-B pada variasi suhu cetakan 300°C (pembesaran 200X)



Gambar 4.10 Foto struktur mikro spesimen Al-(Al-Si) + Ti-B pada variasi suhu cetakan 400°C (pembesaran 200X)

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pada aluminium paduan daur ulang dengan menggunakan cetakan logam untuk pembuatan poros berulir (*screw*) terbentuk beberapa fasa, diantaranya fasa Al, Si dan fasa Al-Si. Adapun karakteristik dari fasa-fasa tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fasa Al (berwarna terang) adalah larutan padat primer.
2. Fasa Al-Si (berwarna kelabu terang). Fasa ini terbentuk karena jumlah prosentase silikon (Si) lebih besar dari magnesium (Mg). Pada umumnya akan dapat meningkatkan tingkat kekerasan dan dapat menghambat laju korosi.
3. Fasa Si (berwarna kehitam-hitaman) yaitu fasa *hypereutectic* silikon yang membentuk fasa silikon primer. Fasa tersebut memberikan ketahanan aus yang tinggi dan porositas yang rendah.

Pola *nodles* silikon (berwarna hitam lebih gelap) dalam paduan aluminium yang membentuk dendrit-dendrit panjang tersebar merata pada semua spesimen, teramati pada permukaan spesimen. Tidak ditemukan porositas dipermukaan hasil pengecoran, apabila terdapat porositas, hal ini disebabkan oleh dua jenis yaitu porositas penyusutan dengan bentuk tidak teratur dan porositas gas berbentuk lingkaran. Namun porositas ditinjau dari ukuran ada dua, yaitu porositas makro dan mikro. Porositas penyusutan dengan bentuk tidak teratur ini disebabkan oleh ketidakmampuan/kekurangan silikon eutektik untuk menetralkan penyusutan dan kontraksi panas (deformasi) selama proses pembekuan. Selama pembekuan terjadi proses *feeding* dimana silikon eutektik yang terbentuk akan melingkungi butir dendrit dan bersirkulasi ke semua sistem struktur.

Bagian dari struktur yang tidak terisi atau dialiri silikon eutektik akan muncul sebagai porositas penyusutan. Kekosongan ini disebabkan oleh tiga hal yaitu: 1) silikon eutektik yang terbentuk sedikit (sehingga tidak mampu mengisi semua rongga yang ada), 2) Sulitnya logam cair mengalir dalam struktur dendritik pada rongga cetakan yang kecil, 3) proses pembekuan logam cair yang terjadi dalam waktu yang bersamaan, sehingga proses *feeding* saat proses pembekuan tidak terjadi. Opsi ini memungkinkan untuk terjadinya porositas penyusutan yang akan menjadi inisial retak. Selain itu temperatur tuang dan cetakan yang tinggi akan mengakibatkan pembekuan lambat, sehingga tersedia tegangan-regangan penyusutan dan kontraksi panas yang besar untuk perkembangan retak panas intergranular. Retak panas ini berkembang dengan arah tidak beraturan dan membentuk cabang-cabang mengikuti silikon eutektik pada batas butir dendrit Al-Si.

Struktur mikro bergantung pada jumlah unsur dalam paduan. Struktur mikro paduan aluminium-silikon bergantung pada jumlah kandungan silikon dalam aluminium. Paduan hypo-eutectoid aluminium-silikon terdiri dari fase utama aluminium dengan *fiber* silikon terdistribusi pada matrik aluminium. Sedangkan pada struktur mikro paduan hypo-eutectoid aluminium-silikon, fasa silikon terbentuk sebagai fasa utama partikel-partikel campuran dan *fiber* silikon.

Penambahan unsur silikon dapat menambah sifat mekanik suatu paduan aluminium, disebabkan karena saat penambahan unsur silikon, terjadi peningkatan komposisi silikon, hal ini akan meningkatkan jumlah silikon eutektik dan memperbesar kemampuan *feeding* saat pembekuan, sehingga akan menurunkan

kemungkinan munculnya retak panas intergranular, transformasi dan penjalaran retak panas. Selain itu, jika jumlah silicon dalam paduan Al-Si semakin besar, maka panjang retak panas intergranular dan indeks retak panas yang dihasilkan akan semakin kecil.

Hasil penelitian struktur mikro pada spesimen akibat perlakuan pemanasan menggunakan variasi suhu cetakan pada paduan aluminium dengan menggunakan mikroskop optik pada perbesaran 200 kali menunjukkan bahwa semua spesimen memiliki distribusi dan bentuk struktur butiran fasa Al-Si yang cenderung menggumpal dengan ukuran butiran yang besar dan jarak antar butirannya meregang. Dan rata-rata fasa yang paling merata pembentukannya pada struktur mikro adalah fasa Al.

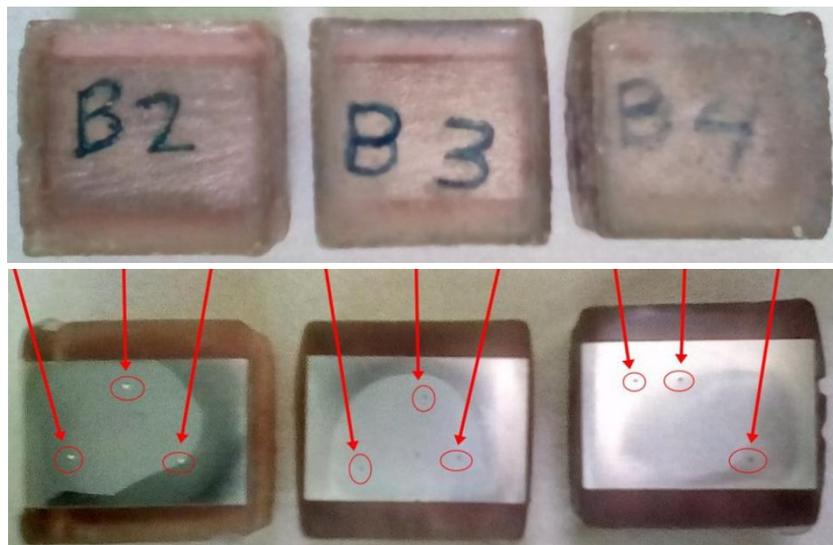
Penghalus butir atau Ti-B memberikan pengaruh positif pada pembentukan poros berulir (*screw*) antara lain:

1. Distribusi porositas: Ketika penghalus butir digunakan dapat mengurangi jumlah porositas yang terjadi. Penambahan penghalus butir dapat memproduksi distribusi porositas yang baik secara seragam.
2. Distribusi intermetalik: Pada paduan yang mengandung fasa eutektik dengan jumlah yang banyak, seperti Al-Si, tidak diharapkan bahwa penghalus butir akan mempengaruhi distribusi fasa intermetalik. Fasa intermetalik merupakan fasa kedua yang mengendap pada struktur mikropaduan aluminium paduan, yang terbentuk sebagai akibat dari komposisi kimia yang melebihi batas kelarutannya. Keberadaan fasa ini sangat dipengaruhi oleh komposisi dan mekanisme pembentukan yang terjadi.

3. Sifat mekanik: Sifat seperti kekuatan tarik dan elongasi meningkat dengan adanya penghalus butir. Pada paduan Al-Si yang utama adalah meningkatkan distribusi porositas.

#### 4.4 Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pada pengujian kekerasan spesimen untuk material bahan pembuatan poros berulir (*screw*) menggunakan uji kekerasan *vickers*. Pengujian kekerasan *vickers* dilakukan di Laboratorium Bahan, Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pada pengujian kekerasan ini dilakukan sebanyak 9 titik, dengan alat uji *Vickers Hardness Tester*, dengan pembebanan 30 Kg. Sedang satuan pengukuran diagonal jejak indentor dalam mm. Berikut dibawah ini adalah gambar spesimen hasil pengujian kekerasan *vickers* pada saat setelah dilakukan pengujian kekerasan *vickers*:



Gambar 4.11 Spesimen uji kekerasan *vickers*

Dari hasil pengujian kekerasan spesimen pada gambar diatas maka didapatkan data hasil pengujian kekerasan pada tabel dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data hasil pengujian kekerasan *vickers*

No.	Kode Spes.	Posisi Titik Uji	d1 (mm)	d2 (mm)	d Rata-Rata (mm)	Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )
1	B2	Bidang permukaan atas	0,76	0,77	0,765	95,1	95,1
			0,75	0,76	0,755	97,6	
			0,78	0,77	0,775	92,6	
2	B3	Bidang permukaan atas	0,80	0,80	0,800	86,9	88,8
			0,77	0,78	0,775	92,6	
			0,80	0,80	0,800	86,9	
3	B4	Bidang permukaan atas	0,80	0,79	0,795	88,0	86,2
			0,82	0,82	0,820	82,7	
			0,79	0,80	0,795	88,0	

Berdasarkan data hasil uji kekerasan *vickers* pada tiga spesimen hasil peleburan yang telah ditambah unsur Ti-B sebesar 2,5% dapat dianalisa sebagai berikut:

1. Spesimen dengan variasi suhu cetakan 200°C

Dari hasil pengujian kekerasan *vickers* yang telah dilakukan diperoleh harga kekerasan tertinggi 97,6 Kg/mm<sup>2</sup>, sementara kekerasan terendah 92,6 Kg/mm<sup>2</sup> dan kekerasan rata-rata diperoleh 95,1 Kg/mm<sup>2</sup>.

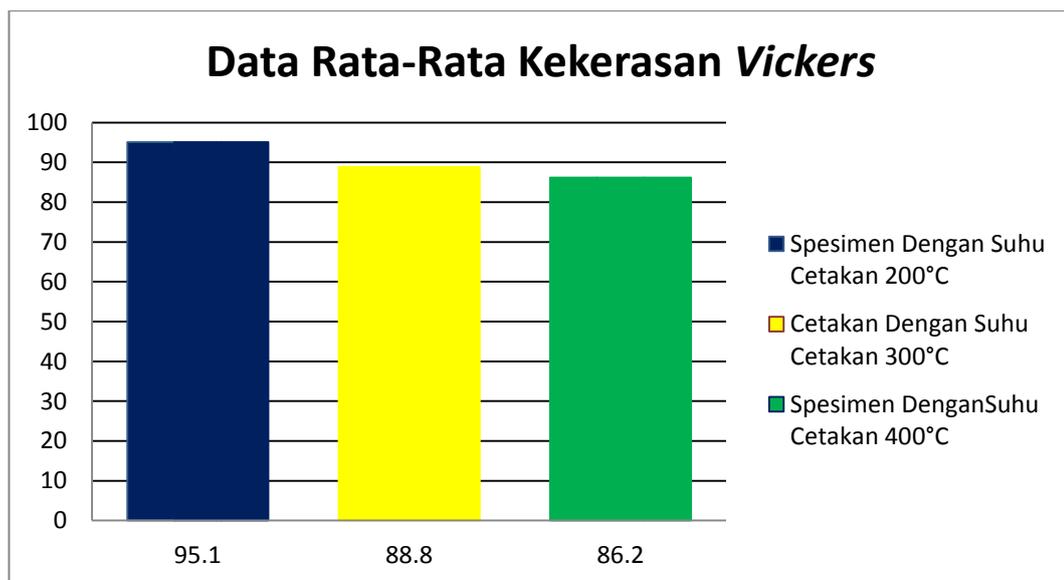
2. Spesimen dengan variasi suhu cetakan 300°C

Dari hasil pengujian kekerasan *vickers* yang telah dilakukan diperoleh harga kekerasan tertinggi 92,6 Kg/mm<sup>2</sup>, sementara kekerasan terendah 86,9 Kg/mm<sup>2</sup> dan kekerasan rata-rata diperoleh 88,8 Kg/mm<sup>2</sup>.

3. Spesimen dengan variasi suhu cetakan 400°C

Dari hasil pengujian kekerasan *vickers* yang telah dilakukan diperoleh harga kekerasan tertinggi 88,0 Kg/mm<sup>2</sup>, sementara kekerasan terendah 82,7 Kg/mm<sup>2</sup> dan kekerasan rata-rata diperoleh 86,2 Kg/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian kekerasan *vickers* diatas, menggunakan variasi suhu cetakan pada aluminium paduan dapat mempengaruhi tingkat kekerasan pada spesimen uji. Didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan variasi suhu cetakan 200°C dengan paduan Al-(Al-Si) + Ti-B untuk pembuatan poros berulir (*screw*) didapatkan nilai kekerasan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan variasi suhu cetakan 300°C dan 400°C, yaitu didapatkan nilai kekerasan sebesar 95,1 Kg/mm<sup>2</sup>. Ini berarti semakin tinggi nilai tegangan tarik, maka semakin tinggi pula angka kekerasannya. Dari hasil tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini sebagai berikut:



Gambar 4.12 Grafik rata-rata kekerasan *vickers*

Dapat dilihat pada grafik diatas paduan yang mengalami perlakuan panas pada suhu cetakan 200°C terlihat angka kekerasannya paling tinggi, angka kekerasan ini dipengaruhi oleh media pendingin.