

Karakterisasi Pengecoran Paduan Al-Si-TiB dengan Variabel Suhu Die Casting

Muhammad Abdus Shomad^{1*)}, Andika Wisnujati¹, Mudjijana¹

¹Program Studi Teknik Mesin Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya Geblagan Tamantirto Bantul 55183 Daerah Istimewa Yogyakarta

*abdusshomad@umy.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i3.15438>

ABSTRACT

This study describes the microstructure phase and the hardness value produced in metal casting with variations in metal mold temperature with the addition of Ti-B elements. Gravity casting, a technique that relies solely on gravity, is used for casting metals. This objective of this study to determine the mechanical properties characterization of specimens using die casting molds by varying the mold temperature between 250°C, 350°C, 450°C and the addition of 0.05% Ti-B alloying elements. In addition, this research can determine the right temperature for metal casting by gravity casting method. The material used in this research is recycle piston Al-Si (series 4xxx). The results of hardness testing at a temperature of 250°C have produced 123.9 HVN. The microstructure of the Al-Si-TiB alloy material has dense grain boundaries. This is because the casting with the addition of the TiB element functions as a grain refiner and reduces porosity in the microstructure. So, the smaller the porosity, the stronger the hardness of the specimen or material. This is because at low mold temperatures, the metal casting process will freeze faster, resulting in higher hardness. In addition, the increasing temperature of the die casting mold has a tendency to change the eutectic structure of silicon to primary silicon.

Key words : aluminum alloy, gravity casting, titanium-boron, varying mold temperature

PENDAHULUAN

Aluminium dikelompokkan sebagai salah satu logam yang sangat luas penggunaannya untuk manufaktur di bidang manufaktur. Unsur aluminium mempunyai karakteristik yang tahan terhadap korosi logam, dan sebagai konduktor panas yang baik, menyebabkan aluminium menjadi salah satu bahan logam untuk industri manufaktur di dunia yang banyak digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin seperti piston sepeda motor, velg, dan lain sebagainya. Aluminium seri 4xxx paling banyak adalah pada paduan Al-Si dan pada umumnya dipakai di komponen kendaraan bermotor, karena memiliki keunggulan daripada aluminium alloy yang lain. Paduan Al-Si memiliki berat yang lebih ringan dibanding dengan besi dan baja, *corrosion resistance* yang baik, tahan terhadap *hot tearing*, dan sifat mampu mesin dan las yang baik (Campbell, 2015; DebRoy *et al.*, 2018; Shin *et al.*, 2016). Paduan bahan dan proses pada pengecoran akan mempunyai pengaruh yang besar pada struktur mikro dari aluminium paduan.

Microstructure pada paduan aluminium dapat ditingkatkan sifatnya melalui penambahan elemen tertentu pada paduan Al-Si diharapkan dapat memperbaiki sifat mampu cor (*castability*), sifat mekanik dan mampu mesin yang baik (*machinability*) (Haqqi & Irfai, 2018).

Pengecoran logam adalah salah satu proses manufaktur tertua dan paling tradisional. Proses pengecoran ini terbagi kedalam beberapa tahapan yaitu: peleburan, paduan, pencetakan, penuangan, pemadatan, dan finishing (Salonitis *et al.*, 2016). Perlakuan panas juga dapat ditambahkan dalam proses pengecoran tersebut karena untuk memperoleh sifat mekanik yang diinginkan dan menghilangkan tegangan sisa dari produk cor (Campbell, 2015). Selain kerumitannya, pengecoran juga dicirikan oleh intensitas energinya. Lebih khusus lagi, sejumlah besar energi dibutuhkan untuk proses peleburan, yang menyumbang sekitar 55% dari konsumsi energi keseluruhan proses (Papanikolaou *et al.*, 2018). Logam memiliki sifat dalam keadaan solid jika dalam suhu kamar (Himarosa *et al.*, 2022). Logam melebur dengan jalan dipanaskan hingga mencapai temperatur

Article History:

Received: Jun, 10th 2022; **Accepted:** December, 5th 2022

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

Cite this as:

Shomad, A.S., Wisnujati, A & Mudjijana. (2022). *Karakterisasi Pengecoran Paduan Al-Si-TiB*. Rekayasa 15 (3). 300-307 pp.
doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i3.15438>.

© 2022 Shomad

lelehnya. Logam melebur pada temperatur yang tinggi, dan pada proses pembekuannya terdapat proses pengintian kristal. Pada peleburan logam, sifat kekentalan bergantung pada temperaturnya, kekentalan akan rendah apabila temperatur peleburan logam semakin tinggi (Suprpto, 2017), tertulis pada Tabel 1. Beberapa keunggulan dari pengecoran logam antara lain dapat membuat benda yang menyerupai benda aslinya dengan interval ukuran coran yang luas, menghasilkan benda dengan bentuk sederhana maupun rumit, pembuatan prototype produk (Suprpto, 2019).

Penelitian oleh (Harmanto *et al.*, 2016) tentang pengecoran tuas rem sepeda motor dengan variabel temperatur cetakan logam. Hasilnya adalah terbentuknya sebuah *die casting* yang memiliki luaran berupa *handle* rem pada kendaraan roda dua dan hasil analisis dari pengaruh pada temperatur cetakan logam terhadap kekerasan bahan. Nilai yang makin tinggi pada temperatur cetakan logam akan memiliki nilai kekerasan yang semakin rendah. Temperatur tuang 100°C memiliki nilai rerata kekerasan adalah 41 HRB, sedangkan pada temperatur 300°C memiliki nilai kekerasan rata-rata 29,7 HRB. Pengecoran logam oleh (Haqqi & Irfai, 2018) meneliti tentang proses porositas pada hasil pengecoran logam dengan variabel temperatur cetakan yang menyatakan bahwa korelasi yang didapatkan antara porositas terhadap temperatur cetakan bahan coran adalah linear negatif. Hal tersebut memiliki arti bahwa porositas akan memiliki nilai kecil seiring dengan meningkatnya temperatur cetakan. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Wisnujati & Sepriansyah, 2018) melakukan pengecoran paduan aluminium dengan variabel temperatur *molding* dan perlakuan panas terhadap cetakan logam (*dies*) yaitu 450°C dan 500°C. Tegangan tarik maksimum rata-rata sebesar 774,74 N/mm² dihasilkan pada pemanasan suhu cetakan 450°C. Pengamatan visual pengujian struktur mikro diperoleh stuktur berupa silikon austenit dengan bentuk visual jarum dan silikon primer yang berbentuk partikel kecil yang akan membuat ketahanan aus material semakin tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Lowther *et al.*, 2017) tentang pembekuan hasil coran aluminium 319 dengan menggunakan *die casting*. Laju proses pembekuan dengan media udara terbuka didapatkan hasil bahwa menggunakan bantuan media *wet sand* dengan nilai kekerasannya 68 BHN

dan nilai UTS 241,89 MPa, kemudian dengan menggunakan media udara terbuka didapatkan nilai kekerasan sebesar 62 BHN dan nilai UTS 224,03 MPa dan dengan media *dry sand* nilai kekerasan sebesar 54 BHN dan nilai UTS 190,9 MPa. Kemudian (Kurniawan & Isranuri, 2016) meneliti tentang perlakuan paduan Al-Mg dibuat melalui proses pengecoran. Bahan baku dari paduan yang digunakan dengan melakukan perbandingan Aluminium dan Magnesium. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa modulus elastisitas paduan Al-Mg (komposisi: 98% Al-2% Mg) adalah 4,44 GPa. Untuk paduan 96%-4%, nilainya 4,46 GPa, dan untuk paduan 94%-6% 3,56 GPa. Hasil terbaik dicapai dengan campuran 96% -4%, yaitu 4,46 GPa. Penelitian (Qohar *et al.*, 2017) telah menemukan porositas aluminium-silikon (Al-Si) memiliki nilai minimum 0,0147 atau 1,47 persen pada permeability 31,62 cm³/menit dan suhu 680°C, dan nilai maksimum 0,0614 atau 6,14%, pada permeability 22,29 cm³/menit dan suhu 780°C. Massa jenis terpadat adalah 2,633 g/cm³, yang terletak pada permeability 31,62 cm³/menit dan suhu 680°C, sedangkan massa jenis teringan adalah 2,509 g/cm³, yang memiliki permeability 22,29 cm³/menit dan suhu 780°C. Penelitian oleh (Mizhar & Fauzi, 2016) menyelidiki pengaruh penambahan unsur Mg terhadap nilai kekerasan, kekuatan tumbukan, dan mikrostruktur paduan Al-Si (Al-Si), yang mengakibatkan peningkatan kekerasan dan kekuatan tumbukan. Struktur mikro 100% Mg Al-Si dipengaruhi oleh perkembangan Mg, yang menyebabkan perubahan struktur menjadi genap dan terbentuknya senyawa intermetalik Mg₂Si, yang menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih besar.

Analisis pengaruh konfigurasi cetakan atas dan bawah terhadap sifat mekanik paduan aluminium 6063-T5 pada proses pengecoran pasir, menghasilkan kekuatan tarik ultimate (UTS) 4,08% -18,78% lebih tinggi dan persentase perpanjangan lebih tinggi 5,98% -20,60%. Temperatur penuangan dan luas ingate telah diidentifikasi sebagai parameter proses paling signifikan yang mempengaruhi kekuatan tarik ultimate dan persentase perpanjangan (Raza *et al.*, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hasil pengecoran aluminium silicon dari bahan *recycle* piston sepeda motor dengan variabel pemanasan suhu cetakan logam 250°C,

350°C, dan 450°C serta dengan penambahan unsur 0,05% Titanium-Boron (Ti-B).

METODE PENELITIAN

Material pengecoran yang digunakan pada penelitian ini yaitu aluminium dari bahan *recycle* piston dipadukan dengan unsur titanium-boron sebesar 0,05%. Unsur Al-Si yang cukup tinggi pada pengecoran *recycle* piston digunakan untuk mendapatkan paduan yang akan memperbaiki sifat kekerasannya. Penambahan unsur Ti-B (Titanium-Boron) dilakukan dengan cara mencampurkan pada saat peleburan logam *recycle* piston. Kemudian dilakukan pemanasan pada cetakan *die casting* bersuhu 250°C, 350°C, dan 450°C, sehingga pada saat dilakukan proses pengecoran, hasilnya akan mampu untuk memperbaiki karakterisasi aluminium paduan yang mempunyai kekuatan yang lebih baik dibanding tanpa perlakuan apapun (Zuo et al., 2014). Piston adalah salah satu *part* kendaraan hasil proses pengecoran yang banyak diproduksi. Sifat mekanik yang baik dimiliki oleh piston hasil pengecoran logam paduan aluminium pada suhu tinggi, yaitu diatas suhu 400°C (Manasijevic et al., 2013). Piston adalah komponen kunci dari mesin dalam sebuah kendaraan bermotor. Piston bekerja dengan mentransfer output gaya dari gas yang mengembang di dalam silinder ke poros engkol, yang memberikan momentum rotasi ke *flywheel*. Sistem seperti ini dikenal sebagai mesin *reciprocating*. Piston memiliki ketahanan terhadap tekanan, suhu, dan putaran yang tinggi (Wisnujati & Shomad, 2019; Wisnujati et al., 2022).

Tabel 1. Koefisien kekentalan cairan logam

Bahan	Titik Cair (°C)	Berat Jenis Gr/cm ³	Koefisien Kekentalan Gr/cm.Detik	Koefisien Kekentalan Kinematik cm ² /Detik
Air	0	0,998	0,01005	0,01006
Air raksa	-38,9	13,56	0,0154	0,00114
Plumbum	327	10,55	0,0165	0,00156
Zeng	420	6,21	0,0316	0,00508
Aluminum	660	2,35	0,0055	0,00234
Cuprum	1.083	7,84	0,031	0,00395
Besi	1.537	7,13	0,000	0,00560

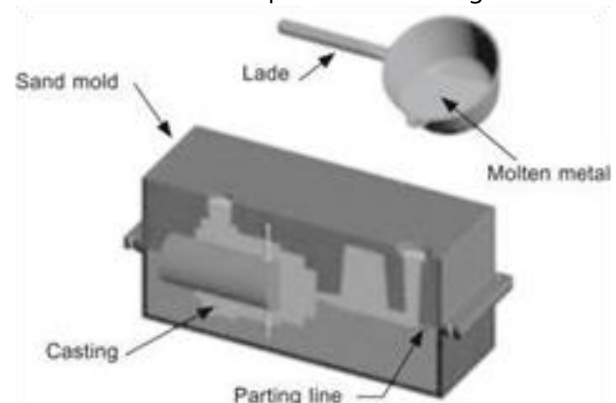
Gravity casting

Pengecoran gravitasi adalah salah satu proses tertua yang diketahui untuk fabrikasi logam dan paduan logam. Ini melibatkan penuangan logam cair dari tungku krusibel ke dalam cetakan hanya di bawah gaya gravitasi, tanpa menggunakan gas bertekanan, vakum, atau gaya sentrifugal (Powell

et al., 2021). Logam cair dituangkan ke dalam lubang vertikal (*sprue*) dan mengalir melalui bagian bawah *lade* dan secara horizontal sepanjang *runner* tunggal ke dalam rongga pengecoran. Rongga vertikal besar di atas *runner* pada Gambar 1 ini adalah *riser* yang menyediakan *reservoir* logam cair untuk memberi *feed casting* selama pemadatan. Pelaksanaan pengecoran dilakukan di IKM Logam Nitikan Umbulharjo, Yogyakarta.



Gambar 1. Dapur Peleburan Logam



Gambar 2. Skema Pengecoran Gravitasi

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pengecoran paduan Al-Si antara lain: cetakan *die casting*, tungku krusibel, kowi, *burner*, *blower* dan termometer infrared untuk mengukur temperatur cetakan *die casting*. Cetakan yang digunakan terbuat dari bahan logam seperti pada Gambar 3 dibawah. Cetakan jenis *die casting* (logam) pada umumnya digunakan oleh industri manufaktur yang jumlah produksinya sangat besar dan kompleks, sehingga pembuatan cetakannya dapat digunakan untuk beberapa tahun kedepan.

Pembuatan *die casting* pada dasarnya dibuat dari material yang kualitasnya lebih baik daripada logam coran. Cetakan logam tidak akan terkikis

oleh logam coran jika bahan dari cetakan logam lebih kuat daripada logam coran yang akan dituang. Proses pembuatan coran harus dikerjakan melalui beberapa tahapan yaitu peleburan logam, membuat cetakan, penuangan coran, pembongkaran dan *finishing* coran. Proses pencairan logam pada pengecoran terdapat berbagai cara dan model tungku peleburan yang dipakai. Pada umumnya tungku peleburan berupa induksi frekuensi rendah digunakan untuk besi cor, kemudian tungku peleburan induksi frekuensi tinggi pada umumnya digunakan untuk pengecoran baja tuang dan tungku peleburan *krus* digunakan untuk peleburan paduan tembaga atau pengecoran paduan ringan (Rachmawati & Wisnujati, 2017).



Gambar 3. Cetakan *Die Casting* untuk Spesimen Uji

Bahan-bahan yang digunakan antara lain: piston bekas, sebagai bahan baku pembuatan spesimen uji. Kemudian penambahan unsur paduan Titanium Boron (Ti-B) 0,05% dari total bahan coran aluminium dari limbah piston bekas.



Gambar 4. (a) Piston bekas (*recycle*) untuk pembuatan *specimen* uji, (b) Unsur Titanium Boron (Ti-B) sebagai paduan pengecoran

Pengujian Metalografi (Struktur Mikro)

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk memeriksa sifat fisik material yaitu: bentuk dan komposisi struktur mikro dari spesimen material

cor aluminium (Lowther *et al.*, 2017). Metalografi adalah Teknik pengujian pengamatan secara visual pada struktur mikro yang terjadi di permukaan *specimen* logam (Dahlan & Rusiyanto, 2021). Tahapan pengujian metalografi yang pertama adalah pada permukaan logam dilakukan pengamplasan spesimen yang memiliki ukuran 30mm x 30mm x 30mm, kemudian dilakukan proses kimiawi berupa pengetsaan logam dengan cairan asam pada permukaan *specimen*, lalu dilakukan proses pengamatan dengan *Reflected Metallurgical Microscope* pebesaran 100x. Setelah proses tersebut selesai kemudian dilakukan pengamatan hasil gambar visual pada lensa okuler.



Gambar 5. *Reflected Metallurgical Microscope*

Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan dilakukan untuk menganalisa material logam paduan Al-Si yang ditambahkan unsur Ti-B sebesar 0,05%. Tujuannya adalah untuk mengukur tingkat ketahanan material terhadap perubahan bentuk atau deformasi plastik. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kekerasan logam antara lain adalah jenis bahan, tingkat paparan panas dan kondisi permukaan logam (Islam & Al-Janani, 2019). Pengujian kekerasan Vickers ini memakai alat uji yaitu Micro Vickers merek Buehler menggunakan pembebanan sebesar 10 kgf dengan durasi selama 10 detik. Vickers hardness number (VHN) adalah nilai kekuatan dari benda uji terhadap beban pada tiap luas penampang yang menerima pembebanan (Surdia & Saito, 2000). VHN dapat diperoleh dari persamaan 1 sebagai berikut:

$$VHN = \frac{\left(2P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

Dengan P adalah pembebanan yang diberikan (kg), α adalah sudut puncak indenter sebesar 136° , dan d adalah panjang diagonal rata-rata (mm).



Gambar 6. Alat Pengujian Kekerasan Vickers

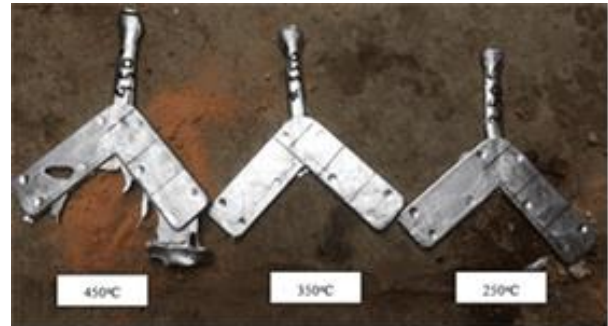
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan peleburan logam yang pertama adalah peleburan bahan baku aluminium. Kemudian setelah bahan logam aluminium melebur, tambahkan piston bekas dan Ti-B yang sudah terpotong menjadi beberapa bagian. Pada proses peleburan ini, bahan baku pengecoran berupa *recycle* piston dengan penambahan unsur Ti-B sebesar 0,05% untuk mengetahui karakterisasi dari paduan hasil coran aluminium dengan variable suhu *die casting* 250°C , 350°C , and 450°C . Pembentukan spesimen pengujian harus dibentuk sesuai dengan ketentuan alat pengujiannya. Dalam pengujian kekerasan, untuk ukuran spesimen di pengujian tersebut tidak ada ketentuan atau standarnya, tetapi pada umumnya dimensi ukurannya yaitu $30 \times 30 \times 30$ mm (Gambar 7). Sedangkan pengujian mikro struktur sama halnya dengan pengujian kekerasan, akan tetapi permukaan harus halus dan rata.

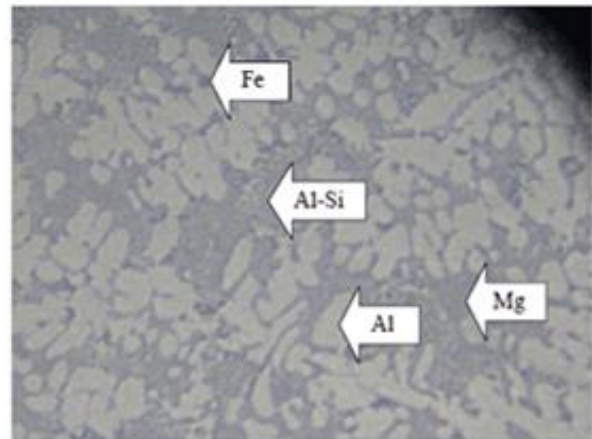
Pengamatan Hasil Pengujian Struktur Mikro (Metalografi)

Metalografi pada logam memiliki pengaruh kuat karakterisasi dan keberhasilan pengecoran logam dan paduan. Pengamatan visual metalografi diperlukan untuk menentukan dan menganalisa mikrostruktur. Selain itu pengamatan metalografi digunakan untuk melihat struktur mikro dari paduan bahan logam yaitu persentase fasa, dan

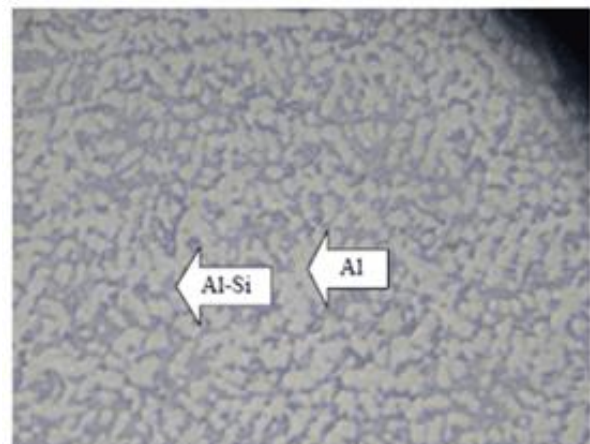
ukuran butiran. Metalografi juga memberikan informasi tentang bentuk dan distribusi fasa kedua dan inklusi non metalik serta karakteristik *micro-structural* dari paduan logam pada hasil pengecoran aluminium.



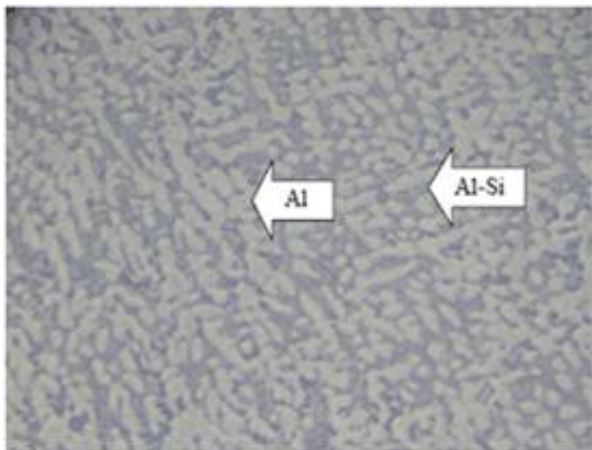
Gambar 7. Spesimen Uji dengan Variabel Suhu Die Casting



Gambar 8. Struktur mikro specimen uji dengan suhu *die casting* 250°C



Gambar 9. Struktur mikro specimen uji dengan suhu *die casting* 350°C



Gambar 10. Struktur mikro specimen uji dengan suhu *die casting* 450°C

Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro diatas pada Gambar (7-9) adalah matrik dengan variable suhu 250°C, 350°C, and 450°C serta penambahan unsur Ti-B sebesar 0,05%. Dapat dilihat bahwa penambahan 0,05% TiB dapat terlihat pada foto mikro. Gambar (7-9) dapat terlihat bahwa terlihat bahwa struktur partikel dengan warna kelabu, yang dikelilingi oleh unsur Mg berwarna hitam, sedangkan pada TiB bercampur dengan matriknya sebagai penghalus butir. Variasi suhu cetakan logam *die casting* dan penambahan elemen Ti-B dari specimen pengecoran logam untuk gambar di atas ada beberapa fase unsur yang terbentuk, diantaranya fase Al (berwarna terang) merupakan larutan padat primer. Fase Al-Si (abu-abu terang), fase ini terbentuk dikarenakan persentase jumlah Si (silikon) yang lebih signifikan dibandingkan TiB (titanium-boron).

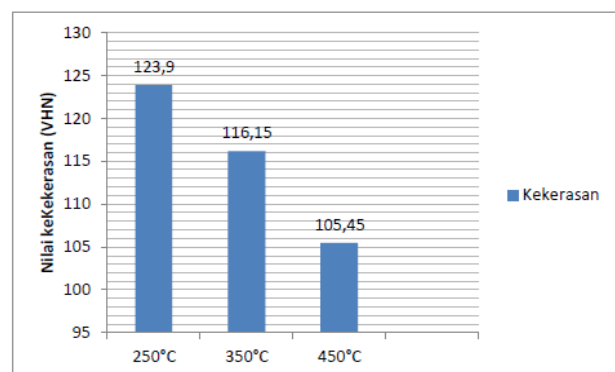
Secara umum hasil penambahan unsur TiB dalam proses pengecoran *gravity casting* aluminium akan membantu meningkatkan kerapatan material dan sebagai penghalus butir pada struktur mikro paduan aluminium. *Microstructure* paduan aluminium yang diamati dengan mikroskop optik perbesaran 100 kali menunjukkan bahwa struktur butir paduan aluminium dengan penambahan unsur Ti-B semakin kecil dan rapat serta akan berpengaruh pada sifat mekanik specimen uji. Struktur mikro bahan paduan Al-Si-TiB terutama terdiri dari fasa primer (α -Al) dan campuran *eutectic* Al-Si, jumlah varietas *eutectic* tergantung pada tingkat Si, keberadaan unsur Mg dalam paduan mengarah kepada pembentukan senyawa intermetalik pada struktur mikro paduan fasa intermetalik yang terbentuk adalah Mg_2Si

Pengujian Kekerasan Vickers (*Vickers Hardness*)

Pada pengujian kekerasan, *specimen* diuji menggunakan metode kekerasan *vickers*. Menggunakan alat *microvickers hardness tester* model *Karl Frank GMBH Type 38505 Buehler*. Distribusi uji kekerasan dilakukan pada 3 (tiga) titik disetiap specimen dengan variasi temperatur *die casting* 250°C, 350°C, and 450°C, maka dilakukan 9 kali penekanan indentor. Specimen yang akan dilakukan proses pengujian melalui tahapan persiapan terlebih dahulu, specimen uji diampas dengan nomer ampas 100 mesh hingga 2000 mesh, sehingga kondisi permukaan merata dan posisi tegak lurus terhadap bidang uji.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan specimen

Material	Distribusi kekerasan	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d ₃ (mm)	VHN	Rata-Rata VHN
Spesimen 250°C	1	0,0040	0,0038	0,0015	123,6	123,9
	2	0,0037	0,0038	0,0014	132,4	
	3	0,0041	0,0039	0,0016	115,8	
Spesimen 350°C	1	0,0039	0,0040	0,0015	123,6	116,5
	2	0,0044	0,0040	0,0017	109,1	
	3	0,0041	0,0041	0,0016	115,8	
Spesimen 450°C	1	0,0043	0,0042	0,0018	103	105,5
	2	0,0040	0,0040	0,0016	115,8	
	3	0,0047	0,0042	0,0019	97,57	



Gambar 11. Grafik Nilai Kekerasan (VHN)

Pada grafik hasil pengujian kekerasan Gambar 11 diatas terlihat bahwa pada paduan Al-Si-TiB dengan suhu pemanasan *die casting* 250°C menghasilkan nilai kekerasan sebesar 123,9 VHN. Kemudian nilai kekerasan menunjukkan angka 116,15 VHN pada suhu 350°C. Pada suhu cetakan *die casting* 450°C didapatkan angka kekerasan sebesar 105,45 VHN. Dari hasil tersebut diatas terlihat bahwa angka kekerasan paduan Al-Si-TiB pada variabel suhu *die casting* 250°C mempunyai

nilai tertinggi dari variasi suhu *die casting* lainnya. Maka, disimpulkan bahwa kekerasan optimal didapatkan pada suhu 250°C. Pengaruh dari nilai kekerasan aluminium-silikon dengan penambahan unsur 0,05% Ti-B didapatkan nilai kekerasan optimal. Sehingga variasi suhu cetakan logam *die casting* berbanding terbalik dengan nilai kekerasan yang dihasilkan. Berdasarkan hasil kekerasan pada grafik diatas menunjukkan bahwa semakin rendah variasi temperatur cetakan *die casting*, akan menghasilkan nilai kekerasan VHN yang tinggi. Hal tersebut disebabkan pada suhu cetakan yang rendah, proses pembekuan logam coran akan semakin cepat sehingga menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi. Selain itu, peningkatan temperatur cetakan *die casting* memiliki kecenderungan mengubah struktur eutektik silikon menjadi silikon primer (Drihandono & Budiyanto, 2017).

KESIMPULAN

Hasil pengujian bahan paduan Al-Si dengan penambahan unsur Ti-B 0,05% dan pemanasan suhu *die casting* 250°C menghasilkan nilai kekerasan *Vickers* 123,9 VHN. Kemudian pada pengamatan visual hasil pengujian struktur mikro diperoleh gambaran bahwa struktur yang terbentuk pada logam paduan Al-Si-TiB adalah fase *hypereutectic* silikon yang membentuk fasa silikon primer. Paduan Al-Si hipereutektik adalah paduan aluminium yang mengandung setidaknya 12,6% berat Si. Hal ini diperlukan untuk secara merata mengontrol ukuran dan distribusi partikel Si primer dalam paduan Al-Si hipereutektik. Paduan Al-Si-TiB tersebut diatas dapat memperbaiki sifat-sifat Aluminium untuk pembuatan spare part kendaraan maupun untuk industri manufaktur lainnya dikarenakan fasa tersebut memberikan ketahanan aus yang tinggi dan porositas yang rendah.

Pada penelitian ini, variabel yang digunakan terdiri dari 2 parameter yaitu penambahan unsur Ti-B dan variasi suhu cetakan, sehingga karakterisasi material hasil coran kurang maksimal. Untuk menghindari kekurangan tersebut maka pada penelitian berikutnya disarankan untuk ditambahkan variabel lain seperti variasi Ti-B atau menurunkan *hot treatment* terhadap cetakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, J. (2015). *Complete casting handbook: metal casting processes, metallurgy, techniques and design*: Butterworth-Heinemann.
- Dahlan, A., & Rusiyanto, R. (2021). Pengaruh Penambahan Unsur Aluminium Murni pada Bahan Aluminium Scrap Terhadap Ketangguhan Impak dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Velg Motor Honda. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(1), 58-68.
- DebRoy, T., Wei, H., Zuback, J., Mukherjee, T., Elmer, J., Milewski, J., . . . Zhang, W. (2018). Additive manufacturing of metallic components—process, structure and properties. *Progress in Materials Science*, 92, 112-224.
- Drihandono, S., & Budiyanto, E. (2017). Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7, 79%). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
- Haqqi, A., & IRFAI, M. A. (2018). Analisis Hubungan Antara Temperatur Cetakan Pada Pengecoran Logam Alumunium Terhadap Porositas Hasil Coran Dan Diuji Menggunakan Metode Non Destruktif. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(1).
- Harmanto, S., Supriyadi, A., & Wattimena, R. M. (2016). Pengaruh Temperatur Cetakan Logam Terhadap Kekerasan Pada Bahan Aluminium Bekas. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(2), 51-55.
- Himarosa, R. A., Adi, R. K., Rahman, N., Budi, M., Wisnujati, A., Yusuf, A., & Hidayat, D. (2022). *Simultaneous Double-Sided Metal Inert Gas Welding of AA5052 Aluminum Alloy T-Joints*. Paper presented at the Materials Science Forum.
- Islam, A. N., & Al-Janani, D. H. (2019). Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Tahan Age Hardening Terhadap Kekerasan Dan Porositas Pada Hasil Pengecoran Aluminium. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(1), 36-40.
- Kurniawan, F. A., & Isranuri, I. (2016). Penyelidikan karakteristik mekanik tarik

- paduan aluminium magnesium (Al-Mg) dengan metode pengecoran konvensional. *Jurnal Inotera*, 1(1), 1-4.
- Lowther, E., Djamil, S., & Sirdj, E. S. (2017). Pengaruh Perbedaan Laju Waktu Proses Pembekuan Hasil Cor Aluminium 319 Dengan Cetakan Logam Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin POROS*, 14(1), 57-71.
- Manasijevic, S., Pavlovic-Acimovic, Z., Raic, K., Radisa, R., & Kvrđić, V. (2013). Optimisation of cast pistons made of Al-Si piston alloy. *International Journal of Cast Metals Research*, 26(5), 255-261.
- Mizhar, S., & Fauzi, R. (2016). Pengaruh penambahan magnesium terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro pada aluminium paduan (Al-Si) dengan metode lost foam casting. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).
- Papanikolaou, M., Pagone, E., Georganakis, K., Rogers, K., Jolly, M., & Salonitis, K. (2018). Design optimisation of the feeding system of a novel counter-gravity casting process. *Metals*, 8(10), 817.
- Powell, B., Krajewski, P., & Luo, A. (2021). Magnesium alloys for lightweight powertrains and automotive structures. In *Materials, design and manufacturing for lightweight vehicles* (pp. 125-186): Elsevier.
- Qohar, A., Sugita, I. K. G., & Lokantara, I. P. (2017). Pengaruh Permeabilitas dan Temperatur Tuang Terhadap Cacat dan Densitas Hasil Pengecoran Aluminium Silikon (Al-Si) Menggunakan Sand Casting. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 6(1), 1-6.
- Rachmawati, P., & Wisnujati, A. (2017). pengaruh penambahan 2, 5% ti-b terhadap sifat mekanik poros berulir (screw) berbahan dasar 40% aluminium bekas dan 60% piston bekas. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 1(2), 8-18.
- Raza, M. H., Wasim, A., Sajid, M., & Hussain, S. (2021). Investigating the effects of gating design on mechanical properties of aluminum alloy in sand casting process. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 33(3), 201-212.
- Salonitis, K., Zeng, B., Mehrabi, H. A., & Jolly, M. (2016). The challenges for energy efficient casting processes. *Procedia Cirp*, 40, 24-29.
- Shin, S.-S., Yeom, G.-Y., Kwak, T.-Y., & Park, I.-M. (2016). Microstructure and mechanical properties of TiB-Containing Al-Zn binary alloys. *Journal of Materials Science & Technology*, 32(7), 653-659.
- Suprpto, W. (2017). *Teknologi Pengecoran Logam*: Universitas Brawijaya Press.
- Suprpto, W. (2019). *Effect recycled aluminium structures of metallurgical and melt efficiency*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Surdia, T., & Saito, S. (2000). Pengetahuan bahan teknik.
- Wisnujati, A., & Sepriansyah, C. (2018). Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Paduan Aluminium Dengan Variabel Suhu Cetakan Logam (Dies) 450 Dan 500 Derajat Celcius Untuk Manufaktur Poros Berulir (Screw). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2), 159-165.
- Wisnujati, A., & Shomad, M. A. (2019). Pengaruh Penambahan Unsur Titanium-Boron (Ti-B) 0, 1% Dan 0, 5% Terhadap Nilai Kekerasan Paduan Aluminium. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(1), 28-32.
- Wisnujati, A., Yusuf, M., & Hudiatma, A. (2022). Karakterisasi Pengecoran Poros Berulir (Screw) dengan Variabel Paduan Unsur Titanium Boron dan Magnesium. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(1), 29-36.
- Zuo, T., Li, R., Ren, X., & Zhang, Y. (2014). Effects of Al and Si addition on the structure and properties of CoFeNi equal atomic ratio alloy. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 371, 60-68.