

PENGARUH *DEGASSER* DAN SERBUK *SLAGER* TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MAKRO – MIKRO PADUAN ALUMINIUM SILIKON – TEMBAGA (Al7Si–Cu) MENGGUNAKAN SAND CASTING

Is Prima Nanda, Adjar Pratoto, Wulan Herma Sari

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Limau Manis,
Padang 25163, Indonesia

primananda@eng.unand.ac.id

Abstrak

Penggunaan aluminium pada industri otomotif menjadi pilihan terbaik dalam memproduksi suku cadang seperti piston, blok silinder, karburator, crankcase, dan cylinder head. AlSi merupakan paduan aluminium silikon digunakan untuk pembuatan piston dikarenakan meningkatkan nilai kekuatan, thermal stress yang baik, serta tahan terhadap korosi. Penambahan unsur tembaga dapat meningkatkan sifat mekanik, dengan dilakukan proses pengecoran logam. Logam hasil coran yang baik dilihat dari kualitas produk yang dihasilkan, ditinjau dari penyebaran cacat dan sifat mekanisnya. Namun, beberapa kali dijumpai adanya cacat pada hasil coran, seperti porositas, penyusutan, dan inklusi. Dilakukan rekayasa untuk mengurangi cacat pengecoran paduan Al7Si-Cu dengan memberikan variasi degasser dan serbuk fluks. Unsur tembaga 4% dan 6% akan dilakukan penambahan 5 variasi, yaitu tanpa variasi, 4% degasser dan 2% serbuk slager, 6% degasser 1% slager, 8% degasser, dan 3% serbuk slager. Logam dileburkan menggunakan tungku Nabertherm dengan temperatur 1100^o. Hasil penelitian menunjukkan degasser dan serbuk slager dapat menurunkan penyebaran cacat pengecoran. Penyebaran cacat terbanyak pada komposisi tembaga 6% tanpa variasi yaitu 5064 dalam 1600 mm² dengan area 6,928% dan penyebaran cacat sedikit pada tembaga 4% dengan variasi 4% degasser dan 2% serbuk slager yaitu 1728 dalam 1600 mm² dengan area 1,651%. Berbanding terbalik dengan nilai kekerasan, dimana kekerasan tertinggi pada penambahan 6% tembaga variasi 4% degasser 2% serbuk slager sebesar 151 HV dan kekerasan terendah pada tembaga 4% tanpa variasi 103,74 HV. Pada logam Al7Si-Cu, terbentuk 2 fasa dominan α -al (ferrite) dan fasa eutectic. Penambahan unsur tembaga membentuk presipitat Al₂Cu.

Kata Kunci : Al7Si-Cu, Pengecoran Pasir, Degasser, Serbuk Slager, Hipoeutektik.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang industri menyebabkan kebutuhan akan produk manufaktur cenderung meningkat, salah satunya terjadi pada perkembangan industri pengecoran logam. Pengecoran merupakan serangkaian proses yang terdiri dari pembuatan pola dan cetakan, peleburan, penuangan logam cair ke dalam cetakan, solidifikasi, pembongkaran cetakan, dan *finishing* jika diperlukan.

Berdasarkan jenis cetakan yang digunakan proses pengecoran terdiri dari dua jenis yaitu *Expendable Mold Casting* dan *Multiple-Use Mold Casting*. *Expendable mold Casting* merupakan jenis pengecoran menggunakan cetakan sekali pakai. Salah satu contohnya jenis pengecoran pasir (*Sand Casting*). *Sand Casting* adalah proses pengecoran logam dengan menggunakan pasir sebagai bahan cetakan, dimana pasir dapat digunakan berulang kali, dan mampu memproduksi produk berbagai jenis logam^[1].

Pada saat ini industri lebih cenderung membahas mengenai pengecoran logam non ferro yaitu aluminium. Aluminium berasal dari bijih bauksit memiliki lambang kimia Al dengan nomor atom 13, jumlah aluminium di alam sangat berlimpah

yaitu sekitar 8% tersebar di dunia. Berbagai sektor industri menggunakan aluminium dalam berbagai bentuk mulai dari unurnya, bijihnya hingga yang sudah diolah dan dicampur dengan logam lain. Tidak hanya tahan korosi, aluminium juga penghantar listrik yang baik, material yang ringan, kuat dan mudah dibentuk.

Penggunaan aluminium pada industri manufaktur dan otomotif menjadi pilihan terbaik dalam memproduksi suku cadang seperti piston, blok silinder, *crankcase*, *cylinder head*, *valve body pump* dan komponen lainnya yang memiliki kekuatan dan tegangan termal yang baik. AlSi merupakan paduan aluminium silikon yang banyak digunakan untuk pembuatan piston motor dikarenakan dapat meningkatkan nilai kekuatan walau material ringan serta tahan terhadap korosi^[2]. Namun terdapatnya tegangan sisa menyebabkan terjadinya cacat *hot tears* atau retak selama proses solidifikasi (Pemadatan).

Salah satu teknik yang digunakan untuk memperbaiki sifat paduan aluminium silikon adalah dengan menambahkan unsur-unsur logam lain, seperti magnesium, tembaga, mangan, seng, dll. Penambahan unsur tembaga dapat meningkatkan sifat mekanik yang diinginkan, seperti kekerasan meningkat, kekuatan meningkat dan berat jenisnya

akan meningkat sesuai dengan jumlah kandungan tembaga. Hasil coran yang baik dimulai dari paduan aluminium dengan kandungan tembaga sampai dengan 8% Cu.

Proses pengecoran paduan aluminium dengan cetakan pasir harus dilakukan dengan benar untuk mendapatkan produk coran yang berkualitas. Logam hasil coran yang baik dilihat dari kualitas produk yang dihasilkan ditinjau dari bentuk permukaan, sifat mekanis yang dihasilkan, cacat yang muncul ke permukaan maupun cacat yang berada dalam permukaan. Namun, beberapa kali dijumpai terdapat cacat pada produk hasil coran, seperti porositas, *shrinkage*, dan inklusi.

Proses peleburan yang dilakukan pada tungku terbuka menyebabkan adanya material asing yang tidak diinginkan masuk ke dalam logam cair saat peleburan, membentuk cacat inklusi atau terak. Adanya terak tersebut disebabkan karena banyak nya unsur paduan yang ditambahkan selama peleburan^[3].

Dilakukan rekayasa untuk mengurangi cacat-cacat pada produk pengecoran paduan Aluminium Silikon – Tembaga dengan memberikan variasi *degasser* dan variasi serbuk fluks. Penambahan *degasser* dan serbuk *slager* memiliki potensi untuk mengikat gas hidrogen dan mengangkat terak ke permukaan logam cair serta melindungi logam cair dari reaksi dengan lingkungan dengan membentuk *cover fluxes*^[4]. Sehingga dapat meminimalisir terjadinya *initials crack* atau penjalaran retak maupun tegangan sisa pada produk piston yang diakibatkan oleh cacat-cacat tersebut.

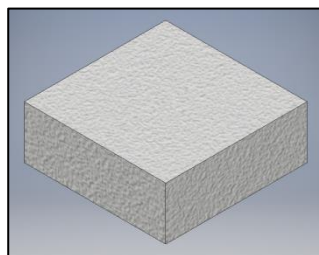
II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, penambahan unsur tembaga akan diberikan pada *master alloy* aluminium silikon (Al7Si) dengan persentase 4% Cu dan 6% Cu, diberikan masing – masing variasi sebagai variabel bebas sebanyak 5 percobaan, sehingga jumlah sampel yang didapatkan sebanyak 10 percobaan dengan massa awal paduan 125 gram. Dari percobaan yang dilakukan, didapatkan nilai kekerasan dan jumlah penyebaran cacat sebagai variabel terikat. Rancangan percobaan ditabulasikan ke dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Percobaan

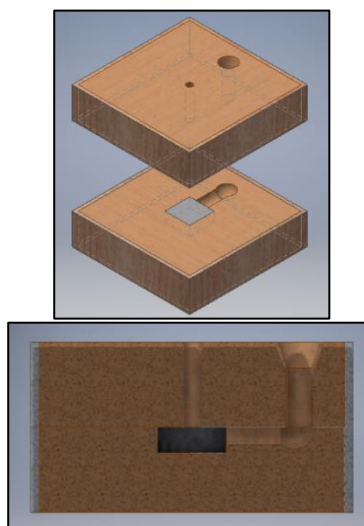
Percobaan	Parameter		
	Komposisi Paduan (Cu)	<i>Degasser</i> (%)	Serbuk <i>Slager</i> (%)
1		0%	0%
2		4%	2%
3	6%	6%	1%
4		8%	0%
5		0%	3%
6		0%	0%
7		4%	2%
8	4%	6%	1%
9		8%	0%
10		0%	3%

Produk dibuat berbentuk balok dengan ukuran panjang 40 mm, lebar 40 mm, dan tinggi, 15 mm. Material percobaan Aluminium Silikon Tembaga dengan *degasser* berbasis *Natrium Nitrat* (NaNO₃) dan *Natrium Flourida* (NaF) dan serbuk *slager* berbasis *Kalsium Fluorida* (CaF₂).



Gambar 1. Perencanaan Geometri Produk Coran

Sampel dibuat dengan menggunakan proses *Sand Casting*. Gambar 2 menunjukkan perencanaan cetakan pasir dan sistem saluran tuang pengecoran logam.



Gambar 2. Perencanaan Sistem Saluran Sand Casting

Master Alloy Al7Si dan tembaga dimasukkan kedalam kowi dilebur dalam tungku Nabertherm. Panas yang dihasilkan berasal dari lilitan koil disetiap dinding tungku yang dilapisi dengan batu tahan api. Waktu total peleburan ± 3 jam dengan temperatur peleburan ± 1.100 °C. Pemberian *degasser* selama ± 3 menit pada temperatur ± 1.100°C. Setelah itu serbuk *slager* ditaburkan ke permukaan logam cair selama ± 2 menit pada temperatur ± 1.090°C. Dilakukan proses penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan pada temperatur ± 1.085°C.

Mekanisme pengeluaran gas pada logam paduan adalah sebagai berikut: Tablet dimasukkan ke dalam paduan aluminium cair akan menghasilkan gas dalam bentuk gelembung yang hampir hampa udara (< 1 atm). Gas hidrogen yang terlarut dalam aluminium tidak dapat keluar karena tekanan di dalam aluminium cair < 1 atm sedangkan tekanan diluar sebesar 1 atm. Akibatnya gelembung udara yang dihasilkan tablet masuk ke dalam gas

hidrogen dan terbawa keatas bersamaan dengan kotoran lain yang terlarut didalam aluminium cair. Setelah itu, Serbuk *slager* ditaburkan pada permukaan aluminium cair secara merata untuk melindungi permukaan logam cair dan mencegah terjadinya segregasi^[5].

A. Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur makro dilakukan dengan menggunakan kamera lensa makro untuk mengetahui cacat yang tampak di permukaan dan mengetahui jumlah penyebaran cacat porositas maupun terak yang terlihat dipermukaan. Pengamatan dilakukan menggunakan *software Image J* dengan analisis partikel *Thresholding*.

B. Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan Mikroskop Optik Stereo GX71 untuk mengetahui penyebaran cacat pada material dan pembentukan fasa-fasa dari pengecoran logam. Sebelum pengujian, sampel dilakukan preparasi sesuai standar pengamatan metalografi. Metalografi adalah suatu teknik yang dilakukan untuk melihat struktur makro dan struktur mikro secara kualitatif maupun kuantitatif pada material tersebut. Tahapan metalografi yang dilakukan adalah :

- a) *Cutting* (Pemotongan), memotong sampel setelah proses pengecoran untuk membuang produk berlebih dari sistem saluran, dengan menggunakan gergaji besi.
- b) *Grinding* (Pengamplasan), dilakukan menggunakan kertas abrasif SiC (Silikon Karbida) dengan *grid* 100 mesh, 500 mesh, 1000 mesh, 1500 mesh, dan 2000 mesh. Pengamplasan dilakukan secara bertahap dari *grid* yang kasar sampai yang paling halus untuk menghilangkan gorosen dan meratakan permukaan.
- c) *Polishing* (Pemolesan), dilakukan dengan menggunakan mesin nanofin dengan kain beludru diberi cairan ditambahkan serbuk alumina (Al_2O_3) untuk memperhalus permukaan supaya licin dan mengkilap sehingga memudahkan pengamatan.
- d) *Etching* (Etsa), merupakan jenis korosi terkendali untuk mengikis batas butir agar terlihat lebih jelas. Larutan yang digunakan sesuai ASTM E 407-07 untuk paduan Aluminium Silikon – Tembaga adalah HF (*Hydrogen fluoride*) 0.5% dari *aquadest*. Spesimen di etsa selama 15 detik dan dibersihkan dengan air yang mengalir.
- e) *Viewing* (Pengamatan) dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya.



Gambar 3. Mikroskop Optik Stereo GX71

C. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin uji keras *Micro Hardness Vickers Tester* untuk mengetahui perubahan sifat mekanis yang terjadi pada paduan aluminium setelah ditambahkan variasi *degasser* dan serbuk *slager* dengan melakukan penekanan sebanyak 5 titik dalam 1 spesimen. Dilakukan input data untuk menjalankan program yang muncul pada *display screen*, dengan menggunakan indentor piramida intan terbalik dengan sudut 136° , penekanan indentor sebesar 40X dimana pembebanan diberikan sebesar 9,807 N atau 1 KgF dengan waktu indentasi 10 detik.



Gambar 4. Micro Hardness Vickers Tester

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

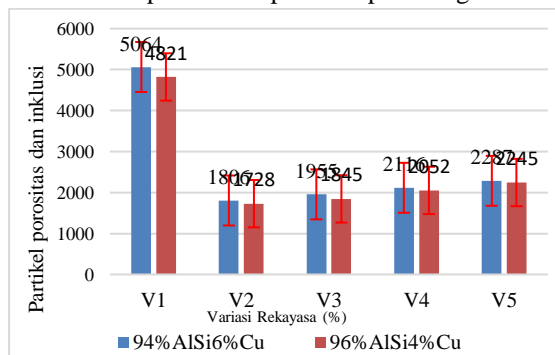
3.1 Pengaruh *Degasser* dan Serbuk *Slager* Terhadap Penyebaran Cacat

Penyebaran cacat porositas pada permukaan produk coran masing – masing spesimen didapatkan cacat yang paling banyak pada perlakuan tanpa rekayasa, dimana dengan penambahan tembaga 6% memiliki porositas terbanyak sebesar 5064 dalam 1600 mm^2 . Dan untuk penyebaran cacat yang sedikit terdapat pada spesimen dengan perlakuan variasi 4% *Degasser* dan 2% Serbuk *Slager* yaitu pada tembaga 4% sebanyak 1728 dan tembaga 6% sebesar 1806 dalam 1600 mm^2 .

Tabel 2. Pengaruh Degasser dan Serbuk Slager Terhadap Penyebaran Cacat

Persentase Cu (%)	Spesimen	Variasi Penelitian	Area Porositas (%)	Porositas Dan Inklusi
94% Al Si 6% Cu	1	4% <i>Degasser</i> , 2% Serbuk Slager	1,743	1.806
	2	6% <i>Degasser</i> , 1% Serbuk Slager	1,98	1.955
	3	8% <i>Degasser</i>	2,226	2.116
	4	3% Serbuk Slager	2,637	2.287
	5	Tanpa <i>Degasser</i> dan Serbuk Slager	6,928	5.064
96% Al Si 4% Cu	6	4% <i>Degasser</i> , 2% Serbuk Slager	1,651	1.728
	7	6% <i>Degasser</i> , 1% Serbuk Slager	1,86	1.845
	8	8% <i>Degasser</i>	2,097	2.052
	9	3% Serbuk Slager	2,498	2.245
	10	Tanpa <i>Degasser</i> dan Serbuk Slager	6,598	4.821

Dari hasil yang telah diuji penyebaran porositas tersebut, maka komposisi variasi rekayasa 4% *Degasser* dan 2% Serbuk *Slager* dapat dianjurkan sebagai standar acuan untuk pengecoran paduan aluminium silikon – tembaga. Karena memiliki nilai penyebaran cacat yang sedikit dibandingkan variasi lainnya. Dengan demikian kualitas produk sebagai bahan dalam pembuatan piston dapat ditingkatkan.



Gambar 5. Pengaruh Degasser dan Serbuk Slager Terhadap Penyebaran Cacat

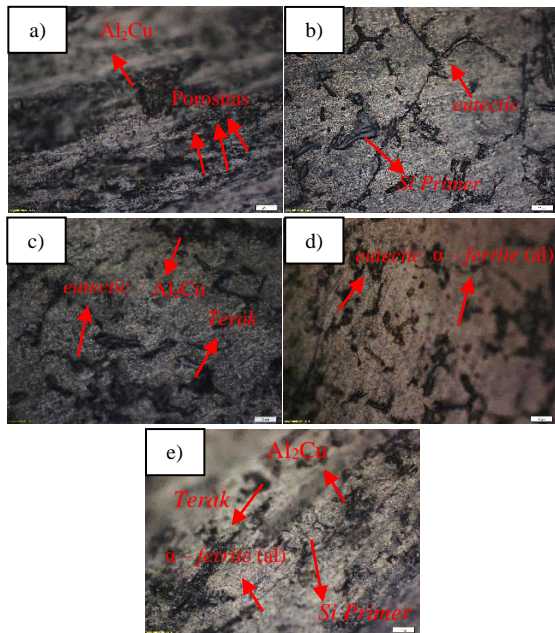
3.2 Morfologi Struktur Mikro Hasil Produk Pengecoran

Struktur mikro paduan Al7Si dengan penambahan tembaga dapat dilihat pada gambar 12 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa dengan setiap penambahan unsur tembaga pada paduan Aluminium Silikon akan membentuk morfologi struktur mikro yang berbeda, terlihat pada gambar terbentuk 2 fasa yang dominan dengan bentuk morfologi yang berbeda yaitu fasa α – aluminium (*ferrite*) dan fasa *eutectic* dan juga sedikit ditemukan fasa silikon primer^[2].

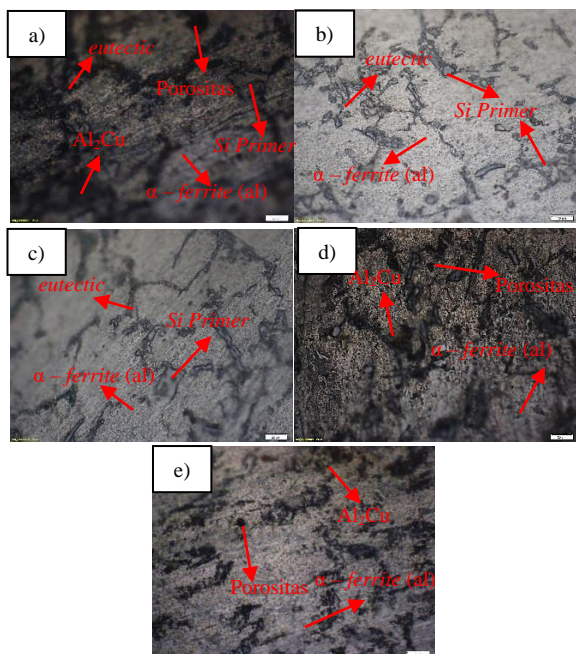
Dengan setiap penambahan unsur tembaga, unsur silikon akan membentuk kelompok – kelompok (koloni) dan sebagian ada yang masuk ke dalam matriksnya maupun pada fasa yang kaya silikon, dimana sebagian kecil membentuk fasa silikon primer. Hal tersebut menyebabkan fasa *eutectic* Al-Si yang terbentuk sebelumnya menjadi berkurang dari gambar 12 ke gambar 13. Dengan bergabungnya silikon ke dalam matriks maka akan meningkatkan nilai kekerasan dari material tersebut. Hal tersebut disebabkan karena silikon memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan unsur aluminium, disamping itu juga disebabkan dengan masuknya silikon maka dibutuhkan energi yang lebih besar untuk mendeformasi material^[4].

Penambahan unsur tembaga pada paduan AlSi menghasilkan presipitat Al₂Cu yang terlihat pada gambar. Presipitat dapat ditandai dengan berbentuk gumpalan berwarna bercak kecoklatan dikarenakan sifat fisik warna dari tembaga. Adanya penambahan tembaga yang kurang dari batas kelarutan di dalam paduan biner menyebabkan unsur paduan membentuk *solid solution* dan membentuk presipitat atau endapan Al₂Cu^[2]. Keberadaan presipitat terbanyak pada komposisi unsur tembaga 6%. Keberadaan presipitat yang ukurannya relatif sangat kecil dan berjumlah sedikit, maka tidak bisa teridentifikasi dalam penelitian ini. Sehingga fasa Al₂Cu tidak dapat diukur dengan menggunakan mikroskop optik stereo dikarenakan masalah kontrasan pencahayaan.

Penambahan rekayasa *degasser* dan serbuk slager juga mempengaruhi morfologi struktur mikro material. Pada Gambar 6 memperlihatkan variasi persentase tembaga 6% dengan rekayasa yang berbeda, terbentuknya presipitat Al₂Cu lebih banyak dibandingkan dengan 4% tembaga. Dapat dilihat secara kualitatif, penambahan rekayasa 4% *degasser* 2% serbuk slager dan penambahan 6% *degasser* 1% serbuk slager menghasilkan butir dan batas butir yang bersih bebas dari porositas, *shrinkage defect*, dan inklusi menyebabkan fasa pada butir mudah diidentifikasi. Hampir tidak ditemukan keberadaan cacat pada perbesaran 50X dengan lensa 20 μ m.



Gambar 6. Produk 94%AlSi6%Cu a) tanpa variasi b) penambahan 4% degasser 2% serbuk slager c) penambahan 6% degasser 1% serbuk slager d) penambahan 8% degasser e) 3% serbuk slager



Gambar 7. Produk 96%AlSi4%Cu a) tanpa variasi b) penambahan 4% degasser 2% serbuk slager c) penambahan 6% degasser 1% serbuk slager d) penambahan 8% degasser e) 3% serbuk slager

3.3 Pengaruh Degasser dan Serbuk Slager Terhadap Nilai Kekerasan

Pemberian serbuk slager dan degasser memberikan pengaruh terhadap kekerasan material dimana dapat dilihat pada Tabel 3 kekerasan tertinggi pada spesimen 1 dengan variasi 94%AlSi 6%Cu 4% degasser 2% serbuk slager yaitu 151 HV

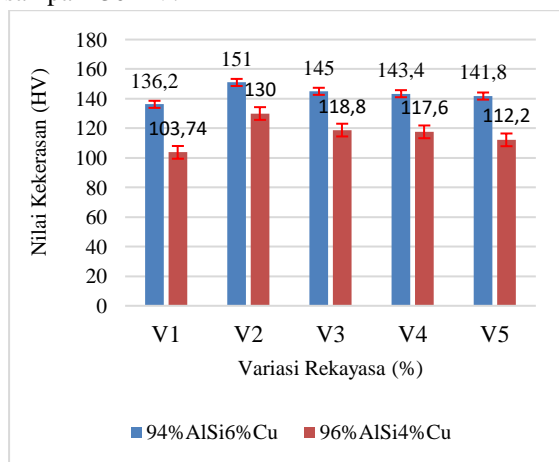
dikarenakan pada produk tersebut menghasilkan penyebaran cacat yang sedikit sehingga kotoran dan gas porositas pada logam juga berkurang, hal tersebut disebabkan bahwa ikatan antar atom akan saling kuat dalam menyusun matrik batas butir^[2], sehingga jika terdapat cacat lubang jarum pada struktur mikro material akan memiliki nilai kekerasan yang rendah akibat permukaan logam berongga dikarenakan gas yang terperangkap. Namun nilai kekerasan terendah terdapat pada spesimen 10 dengan variasi 96%AlSi 4%Cu sebesar 103,74 HV, berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, pengaruh nilai kekerasan berbanding terbalik dengan penyebaran cacat pada produk pengecoran.

Tabel 3. Pengaruh Degasser dan Serbuk Slager Terhadap Nilai Kekerasan

Persenta se Cu (%)	Spesimen	Variasi rekayasa	Nilai Kekerasan (HV)	Rata - rata (HV)	
94%AlSi 6%Cu	1	4% Degas ser, 2% Serbuk Slager	153	151	
		150			
	2	6% Degas ser, 1% Serbuk Slager	146	145	
		147			
	3	8% Degas ser	148	143,4	
		139			
	4	3% Serbuk Slager	145	141,8	
		147			
	96%AlSi 4%Cu	5	Tanpa Degas ser dan Serbuk Slager	129	136,2
			134		
6		4% Degas ser, 2% Serbuk Slager	133	130	
		142			
7		6% Degas ser, 1% Serbuk Slager	143	118,8	
		126			
8		8% Degas ser	135	117,6	
		130			
9		3%	141	109	
		118			

10	Serbuk Slager	111	103,74
		116	
		112	
		113	
		104	
	Tanpa Degasser dan Serbuk Slager	108	
		102	
		99,7	
		105	

Penambahan Cu akan membentuk presipitat Al_2Cu berwarna kecoklatan. Presipitat inilah akan menyebabkan peningkatan medan tegangan pada kristal Al, seiring dengan pembentukan presipitat akan meningkatkan tegangan yang menyebabkan kekerasan menjadi meningkat, sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk menyebarkan tegangan menjadi merata^[2]. Penambahan unsur tembaga 6% memiliki rentang nilai kekerasan dari 136,2 HV sampai 151 HV, sedangkan penambahan tembaga 4% memiliki rentang nilai kekerasan dari 103,74 HV sampai 130 HV.



Gambar 8. Pengaruh Degasser dan Serbuk Slager Terhadap Nilai Kekerasan

Keterangan :

- V1 = Variasi 0 % Degasser 0 % Serbuk Slager
- V2 = Variasi 4 % Degasser 2 % Serbuk Slager
- V3 = Variasi 6 % Degasser 1 % Serbuk Slager
- V4 = Variasi 8 % Degasser 0 % Serbuk Slager
- V5 = Variasi 0 % Degasser 3 % Serbuk Slager

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan rekayasa *degasser* dan serbuk slager mempengaruhi struktur makro, struktur mikro, dan kekerasan material. Hal ini ditunjukkan oleh :

1. Penambahan *degasser* dan serbuk *slager* dapat mengurangi penyebaran cacat porositas dan cacat inklusi pada produk coran Aluminium Silikon Tembaga. Penyebaran cacat pengecoran terkecil pada penambahan unsur tembaga 4% variasi rekayasa 4% *degasser* 2% serbuk *slager*.
2. Penambahan *degasser* dan serbuk *slager* dapat meningkatkan nilai kekerasan produk coran Aluminium Silikon Tembaga. Kekerasan tertinggi pada penambahan unsur tembaga 6% dengan variasi rekayasa 4% *degasser* 2% serbuk *slager*.
3. Terbentuk 2 fasa dominan dengan bentuk morfologi yang berbeda yaitu fasa α – aluminium (*ferrite*) dan fasa *eutectic*. Penambahan unsur tembaga, akan membentuk presipitat Al_2Cu berbentuk bercak kecoklatan. Penambahan *degasser* dan serbuk *slager* tidak mengubah bentuk fasa pada material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] JT. Black, R. A. K. 2012. *DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing* (Eleventh). John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Kimiartha, A., 2016. Pengaruh Penambahan Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Paduan Aluminium-Silikon (Al-Si) Melalui Proses Pengecoran. *Teknik Material Dan Metalurgi*, 1–5.
- [3] Surdia Tata, C. K., 1982. *Teknik Pengecoran Logam* (Keempat). Pt. Pertja.
- [4] Darmawan, A. (2007). *Pembentukan Fasa Intermetalik α -Al₁₈Fe₂Si dan β -Al₁₅FeSi pada Paduan Al-7wt%Si dengan Penambahan Unsur Besi dan Strontium*. Universitas Indonesia.
- [5] Fikri, F. R. El., 2020. *Analisis Pengaruh Variasi Magnesium Pada Molten Aluminium Yang Ditambahkan Degasser Terhadap Kekerasan Dan Struktur Makro-Mikro Produk Pengecoran*. Universitas Andalas.