

Analisis Pengaruh Penambahan Strontium Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur mikro Pada Paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$

Budiarto Djono Siswanto, Hernowo Widodo

Universitas Kristen Indonesia¹, budidamaz@gmail.com

Universitas Bhayangkara Jakarta Raya², hernowo.widodo@dsn.ubharajaya.ac.id

ABSTRAK - Analisis pengaruh penambahan unsur strontium terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ telah dilakukan. Di dalam proses casting salah satu permasalahan yang dihadapi yaitu terjadinya kegagalan pada komponen transmisi sub assy yang dihasilkan seperti uncomplate filling, sifat mekanik rendah, shrinkage (penyusutan tidak seragam), dan porositas. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan modifier atau penambahan unsur strontium pada bahan paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, menurunkan jumlah porositas. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan unsur strontium bervariasi dari 0wt. %Sr, 0,05wt. %Sr, 0,075wt. %Sr, dan 0,1 wt. %Sr pada paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ dengan metoda pengecoran gravity dies casting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring bertambahnya wt. %Sr pada paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$, maka sifat mekaniknya pun meningkat, nilai optimal terjadi pada variasi penambahan 0.1wt. %Sr dengan nilai kekuatan tarik 214.6 Mpa (30,1%) dan nilai kekerasan 37.75 HRB (14,8%). Hasil pengamatan struktur mikro paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ menunjukkan bahwa fasa-fasa yang terbentuk untuk tiap variasi wt.% strontium adalah sama yaitu fasa Al-Fe-Cu-Si, fasa kristal silikon dan fasa α -aluminium

Kata kunci : paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$, Gravity Dies Casting, Transmisi Sub Assy.

ABSTRACT - Analysis of the effect of the addition of strontium elements on the mechanical properties and microstructure of the $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ alloy was carried out. In the casting process, one of the problems faced is the failure of the sub-assy transmission components such as uncomplate filling, low mechanical properties, shrinkage (non-uniform shrinkage), and porosity. To overcome this problem modifier or addition of strontium element in $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ alloy material which aims to improve mechanical properties, reduce the amount of porosity. This research was conducted by adding strontium elements varying from 0wt. % Sr, 0.05wt. % Sr, 0.075wt. % Sr, and 0.1 wt. % Sr on $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ alloy with gravity dies casting method. The results of the study show that with increasing wt. % Sr in $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ alloy, so the mechanical properties also increase, the optimal value occurs in the addition variation 0.1wt. % Sr with a tensile strength value of 214.6 Mpa (30.1%) and a hardness value of 37.75 HRB (14.8%). The results of the microstructures of $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ alloy showed that the phases formed for each variation of wt.% Strontium were the same, namely the Al-Fe-Cu-Si phase, silicon crystalline phase and α -aluminum phase.

Keyword : $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ Alloy, Gravity Dies Casting, Transmisi Sub Assy

Naskah diterima: 28 Jan 2019, direvisi: 12 Feb 2019, diterbitkan: 15 Mei 2019

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri khususnya otomotif pemakaian material aluminium dan paduannya sering di gunakan, sehingga inovasi-inovasi untuk material aluminium ini terus di kembangkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pada proses *casting* berbasis aluminium untuk komponen *transmisi sub assy* salah satu permasalahan yang dihadapi adalah terjadinya kekurangan sempurnaan pada produk komponen *transmisi sub assy* tersebut, seperti *uncomplate filling*, sifat mekanik rendah, *shrinkage* (penyusutan tidak seragam), dan porositas. Melalui proses perlakuan panas paduan aluminium berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik material tersebut, dan modifikasi struktur mikro pada material itu sendiri. Beberapa penelitian terhadap analisis *mechanical properties* material *Aluminium Casting* dengan proses *modifier* berdasarkan variasi penambahan unsur stronsium, kalsium, silicon, telah dilakukan. [6,7] Peneliti Suherman, dkk “Pengaruh Penambahan Sr Terhadap Struktur Mikro Kekerasan dan Ketangguhan Paduan Aluminium A319” menyimpulkan bahwa nilai kekerasan dan ketangguhan setelah ditambahkan 0.1wt. %Sr pada paduan aluminium meningkat. [9] Diharapkan pada penelitian pengaruh penambahan unsur strontium yang bervariasi terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$ dapat mengurangi kekurangan atau kelemahan proses casting tersebut.

2. TEORI

a. Logam Aluminium

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun

permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$, densitas $2,685 \text{ kg/m}^3$, dan titik leburnya pada suhu 660°C , aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

b. Gravity Die Casting

Gravity Die casting atau yang sering dikenal dengan metoda pengecoran permanent mould atau chill logam cair dituangkan dalam media cetak berbahan dasar logam yang dilapisi bahan refraktori ataupun dies. Metoda berikut digunakan untuk produksi dalam jumlah massal dengan benda produksi yang relatif besar berkisar antara 1-50kg lebih besar jika diperlukan menyesuaikan kondisi mesin dan alat-alat penunjang. Permanent mould casting mensuplai berdasarkan gaya gravitasi sehingga pouring rate relatif rendah, termasuk dalam kecepatan pembekuan medium. Berikut adalah karakteristik jangkauan dari kecepatan pendinginan berdasarkan dari variasi proses casting Dies untuk permanent mould dibuat

dari material dengan struktur butiran yang baik seperti pearlitic cast iron atau low alloy steel. Pemberian coating pada dies diperuntukan untuk mengurangi heat transfer pada dies sehingga kecepatan pendinginan lebih cepat jika dibandingkan dengan media cetak berbahan pasir. Waktu penahan hingga benda dapat dikeluarkan dari dies sekitar 4-10 menit tergantung dari jenis benda casting. Umumnya dies digunakan pada suhu 300-350°C.

Dalam hal kapasitas produk, penggunaan paduan *Aluminium* untuk *die casting* hampir dua kali lebih besar dari penggunaan paduan *Aluminium* di semua metode pengecoran lainnya. Selain itu, paduan *Aluminium* digunakan dalam *die casting* lebih banyak daripada logam dasar lainnya. *Die casting Aluminium* biasanya tidak diolah dengan panas, tapi kadang kala diberikan perawatan stabilisasi dimensi dan metalurgi (variasi proses *aging* dan proses pelunakan). Faktor kualitas juga penting dalam pemilihan proses pengecoran. Bila di terapkan di pengecoran, istilah pengecoran mengacu pada tingkat kehalusan (bebas porositas, retak, dan kesempurnaan permukaan) dan tingkat mekanis material seperti (kekuatan dan keuletan). Pada komposisi mendekati eutektik, akibat dari pendinginan lambat, khususnya untuk pengecoran dengan media cetak pasir, kecenderungan pembentukan kristal primer menjadi sangat tinggi sehingga mengakibatkan paduan menjadi rapuh.

Paduan Al-Si memiliki sifat mampu cor yang baik, tahan korosi, dapat diproses dengan permesinan dan dapat dilas. Kandungan silikon pada diagram fasa Al-Si ini terdiri dari 3 macam, yaitu

1. *Hypoeutectic* yaitu apabila terdapat kandungan silikon < 11.7 % dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur Ferrite (*alpha*) kaya *Aluminium*, dengan struktur eutektik sebagai tambahan

2. *Eutectic* yaitu apabila kandungan Silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7%

sampai 12.2% Pada komposisi ini paduan Al Si dapat membeku secara langsung (dari fasa cair ke padat).

3. *Hypereutectic* yaitu apabila komposisi silikon diatas 12.2 % sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Keberadaan struktur kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik rapuh.

Transmisi sub assy gambar 2, merupakan salah satu bagian dari suatu komponen mobil untuk mengatur perubahan kecepatan. Part ini berfungsi sebagai cover penghubung antara transmisi dengan poros pengatur kecepatan. Didalam cover terdapat beberapa komponen lain yang terbuat dari FCD 50 dan baja low carbon. Sehingga part ini harus mampu menahan beban yang diterima dari gesekan dan tekanan. Dengan kata lain maka part ini harus dibuat dari material logam tertentu yang mempunyai sifat-sifat yang dapat mendukung pengoperasiannya dalam sistem transmisi. Syarat-syarat utama material untuk pembuatan transmisi sub assy antara lain yaitu :

1) Mudah dalam pengecoran dan permesinan, sebagai hasil coran tentunya material ini harus memiliki mampu cor dan juga mampu mesin yang baik.

2) Tahan terhadap beban tinggi, syarat ini diperlukan karena aplikasi part yang harus menahan beban tekan saat proses pergantian poros kecepatan.

3) Ulet, syarat ini diperlukan karena aplikasi part ini mampu menahan benturan dari luar atau pun tekanan dari dalam.

Pengaruh Stronsium Sebagai Modifier

Stronsium merupakan unsur yang banyak dipakai sebagai *modifier* pada kondisi proses pembekuan yang lambat. Proses penambahan *modifier* Sr pada suatu proses pengecoran umumnya menggunakan *master alloy* yang mengandung 10 % Sr. Penambahan menggunakan Sr murni tidak efektif karena mudah untuk bereaksi dengan udara ataupun uap air, sehingga dalam waktu singkat terbentuk lapisan oksida yang membentuk

SrO, SrO₂, Sr(OH)₂ dan (CaSr)NO. Pembentukan lapisan oksida ini tentunya membuat sulitnya pelarutan material ini pada aluminium.

Penggunaan Sr biasanya digunakan pada paduan Al-Si hipoeutektik, bertujuan untuk merubah bentuk silikon eutektik dari bentuk *acicular* menjadi bentuk *fibrous*. Perubahan bentuk ini menyebabkan perubahan sifat mekanis paduan.

3.METODE PENELITIAN

Bahan dan peralatan

Bahan.

Bahan bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah:

1. Ingot paduan Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}
2. Master aluminium, stronsium
3. Kertas amplas, kain poles, zat poles MgO₂
4. Zat etsa 3%HF dan Nitol 3%

Peralatan

Peralatan yang digunakan saat melakukan pembuatan sample dan pengujian sebagai berikut :

1. Alat pengecoran die casting lengkap.
2. Alat Timbangan Elektrik
3. Alat UTM untuk pengujian tarik (standar ASTM E8-09)
4. Alat Harness Test untuk uji kekerasan (standar ASTM E18)
5. Alat Mikroskop Optik untuk melihat mikrostruktur (standar ASTM E18-03)
6. Alat persiapan metallografi lengkap.

Cara kerja

Dalam penelitian ini, proses peleburan aluminium dilakukan di PT.DMZ dengan holding furnace yang dipanaskan hingga temperature 750°C. Holding furnace di PT. DMZ memiliki kapasitas 400 Kg dengan perbandingan komposisi Ingot : Scrap 60%:40% setelah ingot aluminium dan scrap/return mencair di temperatur ±750°C, setelah itu dilakukan proses GBF (Gas bubble floatation) terhadap aluminium cair (molten)

didalam holding furnace. Pada proses ini aluminium cair, diaduk sambil ditiupkan gas argon dengan menggunakan pipa yang berputar dan dicelupkan kedalam aluminium cair, proses GBF ini bertujuan untuk mengurangi kadar H₂ didalam aluminium cair yang masih terjebak saat proses pencairan (melting). Proses ini dibarengi dengan proses fluxing, proses fluxing yang bertujuan untuk mengangkat kotoran kotoran yang masih tersisa didalam cairan aluminium, bisa teraduk secara merata dengan bantuan putaran dari proses GBF, proses ini dilakukan selama ±20 menit.

Setelah 20 menit, lalu ditambahkan paduan untuk mendapatkan komposisi yang diinginkan (Mg,Sr,Ti), lalu diaduk kembali ±5menit, sehingga total proses GBF,Fluxing dan alloying ini ±25 menit. Setelah itu dilakukan proses pembersihkan kotoran (dross) yang mengapung diatas aluminium cair, sehingga molten bersih dan siap dipakai untuk kegiatan

produksi. Setelah aluminium cair siap dipakai, lalu aluminium demi aluminium dituang kedalam cetakan gravity casting untuk pembuatan sample transmisi sub assy, selain itu juga aluminium cair dituangkan untuk pembuatan sample uji spectro, sample uji density, sample uji Tarik.

Pembuatan sampel uji.

Sample *transmisi sub assy* hasil pengecoran kemudian dilakukan proses kalsinasi,cutting, finishing, dan machining secara berturut-turut untuk mengetahui keefektifitas hasil penambahan Sr terhadap kegagalan porosity (fisik produk). Demikian pula dengan untuk sample yang dibuat dengan proses gravity die casting dimana pada masing masing sample uji dilakukan proses machining untuk prasyarat untuk pengujian Tarik (pembuatan sampel uji Tarik ASTM E8-03), untuk uji density sample dibelah timbang menggunakan air untuk mendapatkan berat jenis aluminium tersebut. Dan untuk sample

uji mikrostruktur (standar ASTM E18) diambil dari bagian part yang untuk mepresentasikan struktur sebenarnya yang ada di produk tersebut, begitupun untuk sample uji tekan yang diambil dari potongan produk dengan luas penampang 30 x 40 agar didapat 3x pengujian/ masing masing sample.

4.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa penambahan Stronsium Terhadap Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanis terdiri atas pengujian kekerasan dan pengujian tarik. Nilai rata-rata hasil pengujian kekerasan dan pengujian tarik ditampilkan pada tabel 4.2. Data mentah, standard deviasi beserta kesalahan relatif dari pengujian kekerasan ini dapat dilihat pada Lampiran, dibawah menunjukkan data kekerasan yang relatif menurun seiring dengan penambahan stronsium dalam paduan aluminium tuang AC2B untuk tiap variasi penambahan. Peningkatan nilai kekerasan ini dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti tampak pada

diagram 4.1. Sedangkan pada tabel 4.2 tampak bahwa nilai kekuatan tarik meningkat seiring dengan penambahan stronsium dalam paduan aluminium tuang AC2B. Peningkatan nilai kekuatan tarik dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti tampak pada gambar 4.2

Dari tabel 4.2 tampak bahwa dengan penambahan Sr kekuatan tarik meningkat pada kondisi as-cast 150 Mpa menjadi 214.6 Mpa (untuk 0.1 wt. % Sr) atau meningkat 64.4 MPa (sekitar 30.1%) hasil ini sesuai dengan literatur. Dijelaskan pula bahwa peningkatan kekuatan tarik ini disebabkan karena kristal silikon yang mengalami modifikasi akan menjadi lebih halus dan memiliki morfologi lebih bulat.

Dari literatur yang ada, dijelaskan bahwa penambahan stronsium (Sr) akan meningkat kekuatannya. Kekuatan adalah berbanding lurus dengan kekerasan, sehingga apabila kekuatan meningkat maka kekerasan pun meningkat, dan sebaliknya jika kekuatan menurun maka kekerasan pun seharusnya juga ikut menurun.

Tabel 1. Data hasil pengujian Tarik paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$

No.	Karakteristik komponen paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$		
	Variasi penambahan Sr (% wt)	Tensile Minimum 150 MPa	Elongation Minimum 1%
1	As-cast paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$	150	1
2	0% wt Sr	164,8	2
3	0,05% wt Sr	196	2,2
4	0,075% wt Sr	212,1	2,7
5	0,10% wt Sr	206,4	3,1

Tabel 2. Data hasil pengujian kekerasan paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$

No.	Nama sampel	Hasil uji kekerasan (HB)
1	<i>As-cast</i> paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$	30
2	0 % Sr	32,1
3	0,05% Sr	36,3
4	0,075% Sr	36,5
5	0,10% Sr	37,75

Dari Tabel 3, terlihat bahwa kekerasan paling tinggi 37.75 HB (untuk 0.1 wt % Sr) dengan awal as-cast 32.2 HB (untuk 0 wt.%Sr) meningkat sekitar 5.5 HB (meningkat 14.8%). Nilai kekerasan tertinggi didapat dengan penambahan 0.1 wt. % Sr. Jika mengacu pada literatur diatas maka dapat disimpulkan perbandingan antara kekuatan tarik dan kekerasan berbanding lurus, dimana nilai kekuatan tarik meningkat maka nilai kekerasanpun akan meningkat, sehingga jelas bahwa hasil ini sejalan dengan yang ada dalam literatur.

B. Analisa penambahan Sr terhadap porositas pada paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$

Hasil foto potongan sample uji porositas baik yang 0 wt. % Sr hingga 0.1 wt.% Sr ditampilkan pada gambar 3a – 3c.

Dari keempat gambar tersebut tampak memiliki perbedaan jika dilihat dari sisi jumlah porositas dan distribusi porositas, dimana peningkatan jumlah porositas terjadi seiring dengan peningkatan kandungan wt. % Sr dalam paduan $Al_{90,28}Si_{6,42}Cu_{2,66}Fe_{0,67}$. Jika dilakukan perbandingan dengan porosity index (gambar 4.) yang ada di literatur, maka sampel porositas untuk 0 wt. % sr memiliki kemiripan dengan sample standar pengujian porositas nomor 7, sedangkan sample porositas untuk 0.05wt. %Sr memiliki kemiripan dengan sampel uji no 5, sampel

porositas untuk 0,075wt. %Sr memiliki kemiripan dengan sampel no 4, sampel porositas untuk 0,1 wt. %Sr memiliki kemiripan dengan samepl uji no .4. Fenomena ini sesuai dengan yang dijelaskan dalam literatur, bahwa penambahan stronsium akan meningkatkan jumlah porositas, serta porositas menjadi tersebar merata. Hal ini disebabkan adanya unsur Stronsium (Sr) dapat menurunkan tegangan permukaan aluminium cair sehingga membuat gas hidrogen mudah masuk kedalam aluminium cair, dan Stronsium (Sr) dapat membentuk lapisan oksida $SrO.Al_2O_3$ pada aluminium cair, dimana lapisan oksida ini tidak bersifat protektif daripada lapisan oksida Al_2O_3 pada aluminium yang tidak diberikan stronsium. Pembentukan lapisan oksida ($SrO. Al_2O_3$) yang tidak bersifat protektif ini mengakibatkan gas hidrogen mudah masuk kedalam aluminium cair.

C. analisa penambahan Sr Terhadap struktur mikro

Hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 500x, struktur mikro

pada as-cast atau tanpa penambahan stronsium didominasi oleh fasa dendrit yang terbentuk, garis hitam yang hampir menyerupai (pohon cemara). Ukuran dendirit yang berdekatan

dengan jarak 21.21 μm menghasilkan kekuatan tarik 150 mpa dan kekerasan 30 HB. Dari hasil pengamatan dengan menggunakan software ImageJ bagian yang berwarna hitam Si-Primer pada struktur mikro 57.31% bagian yang berwarna putih Al-Primer hanya 42.68% sehingga dimungkinkan rendahnya mechanical properties disebabkan oleh ukuran butiran yang besar.

Hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200x, struktur mikro pada variasi 0.1wt. %Sr senyawa Al-Primer yang mendominasi ditandai dengan warna hitam dan Si-Primer yang berwarna putih, terlihat dari gambar 5a-5c, bahwa penambahan stronsium menghasilkan mendominasi terbentuknya Al-Primer yang menyebabkan *mechanical properties* dari material tersebut meningkat, menghasilkan kekuatan tarik 211 Mpa dan fasa Al-Fe-Mn-Si turut memberikan kontribusi terhadap peningkatan nilai kekerasan menjadi 37,75HB. Dari hasil pengamatan dengan menggunakan software ImageJ bagian yang berwarna hitam Al-Primer pada struktur mikro 74.58%, dan bagian yang berwarna putih Si-Primer hanya 25.42% sehingga dimungkinkan kenaikan sifat mekanik disebabkan oleh fasa Al-Primer yang mendominasi.

Dari hasil pengamatan 4 sampel struktur mikro pada paduan $\text{Al}_{90,28}\text{Si}_{6,42}\text{Cu}_{2,66}\text{Fe}_{0,67}$ dengan variasi stronsium 0wt. %Sr, 0.05wt. %Sr, 0,075wt. %Sr, dan 0,1 wt. %Sr fasa pembentuk material ini adalah fasa α -Al ditandai dengan daerah yang berwarna hitam berbentuk dendritic dan eutektik ditandai dengan daerah yang berwarna putih dengan bentuk menyerupai jarum. Dengan melakukan pengamatan kualitatif dengan melihat prosentase banyak fasa α -Al dan kuantitatif dengan perhitungan terhadap struktur mikro paduan $\text{Al}_{90,28}\text{Si}_{6,42}\text{Cu}_{2,66}\text{Fe}_{0,67}$, ketebalan dapat mempengaruhi struktur mikro dalam kasus ini ukuran *dendrite* dari fasa α -Al menjadi lebih kecil dan besar bagaimana

kecepatan pendinginan yang terjadi. Pembentukan fasa lain selain α -Al dan fasa eutektik yaitu fasa intermetallic dapat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan. Dengan penambahan *modifier* (stronsium) pada setiap variasi penambahan maka hasil yang didapatkan fasa dendritik semakin berkurang dengan banyak penambahan stronsium.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Penambahan variasi stronsium 0wt. %Sr, 0.05wt. %Sr, 0,075wt. %Sr, dan 0,1 wt. %Sr akan :
 - Nilai maksimal didapat pada penambahan 0,1 wt. %Sr dengan nilai kekuatan tarik 214.6 Mpa dan nilai kekerasan 37.75 HRB.
 - Meningkatkan kekuatan tarik sebesar 30.1% dan kekuatan tekan 14.8%
- Fasa yang terbentuk untuk setiap penambahan wt.% stronsium adalah sama yaitu fasa Al-Fe-Mn-Si, fasa silikon dan fasa α -aluminium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Aluminium Casting Technology*. American Foundrymen's Society, 1986.
- [2] ASM Specialty Handbook, *Aluminium and Aluminium Alloys*, Ohio, 1993.
- [3] Brown, J.R, *Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook*, Butterworth Heinemann, Eleventh Edition, Oxford. 1999.
- [4] Budinsky, K. *Engineering Materials, Properties and Selection*, Vol. 35. 1996.
- [5] Callister, William D. *Material Science And Engineering An Introduction*. John Willey & Sons, Inc. Canada. 1997.
- [6] Gautam Krishnan.R, E. M. Somasekharan Nair, *Study of Strontium in Aluminium Alloy*, International Journal of Engineering Technology and Advanced Engineering, Vol. 3. 2013.

[7] Gruzleski, John E dan Bernard M. Closset. *The Treatment of Liquid Aluminium-Silicon Alloys*. American Foundrymen`s Society. Inc. Illinois. 1990.

[8] H. Chandler.,ASM International, Materials Park, Heat Treater`s Guide Practices and Procedures for Nonferrous Alloys, Materials Park, OH. 1996.

[9] Suherman, dkk. *Pengaruh Penambahan Sr Terhadap Struktur Mikro Kekerasan dan Ketangguhan Paduan Aluminium A319*. Politeknik Tanjung Balai, Medan. 2012.

[10] Tenekedjiev, Ned, dkk. *Microstructures and Thermal Analysis of Strontium-Treated Aluminium-Silicon Alloys*. American Foundrymen`s Society, Inc. Dcs Plaines, Illinois. 1995.