

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 PENGUJIAN SPEKTROMETER

Tabel 4.1 Komposisi AC8H

Unsur paduan	Standard P.T X	JIS AC8H	0 % Sr	0,0075% Sr	0,015 % Sr	0,03 % Sr
Cu	2,4-3,5	0,8-1,3	2,82	2,802	2,717	2,73
Si	10,5-11,5	11-13	12,22	12,732	12,4	12,44
Mg	0,7-1,30	0,7-1,3	0,77	0,837	0,778	0,76533
Zn	0-0,10	0,15	0,016	0,0183	0,0163667	0,0188
Fe	0,05-0,4	0,8 max	0,288	0,278333	0,268	0,2773
Mn	0-0,1	0,15 max	0,032	0,0343	0,0297	0,03
Ni	0-0,1	0,8-1,5	0,01735	0,0163	0,015	0,0162
Ti	0,2-0,3	0,2 max	0,17	0,1767	0,166	0,171
Pb	0-0,05	0,05 max	-	-	-	-
Sn	0-0,05	0,06 max	-	-	-	-
Cr	0-0,05	0,1 max	0,0078	0,0066	0,006	0,0071
P			0,004	0,004167	0,00463	0,0052
Sr	-	-	0,00072	0,0066	0,015	0,03497

Berdasarkan komposisi yang didapatkan dari hasil pengujian mikrostruktur di atas dapat disimpulkan bahwa material ingot AC8H yang digunakan telah sesuai dengan standar P.T X. Meskipun demikian, standar yang digunakan oleh P.T X dengan standar yang telah ditetapkan dalam JIS berbeda. Perbedaan ini dikarenakan AC8H yang telah distandarkan oleh P.T X merupakan standar yang digunakan untuk pengaplikasian tertentu seperti piston, yang

mempunyai kekerasan yang tinggi, sehingga kadar Cu pada material AC8H standar P.T X lebih besar dibandingkan dengan standar JIS.

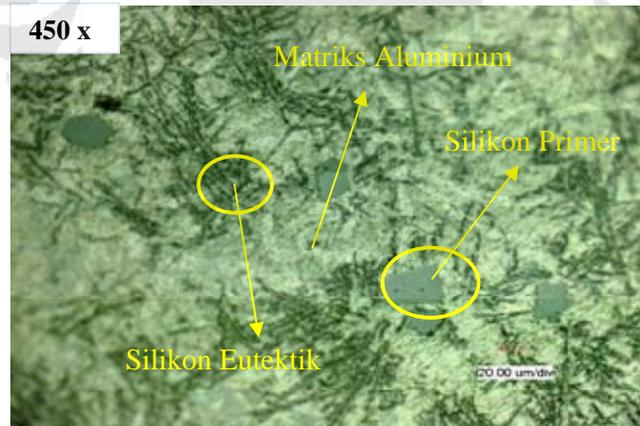
Secara umum, tidak terdapat perbedaan secara signifikan pada komposisi material paduan AC8H standar P.T X dengan paduan *as-cast* AC8H dengan penambahan *modifier*. Paduan AC8H *as-cast* dengan penambahan *modifier* memiliki komposisi unsur-unsur selain Al, Si dan Sr, yaitu Cu, Mg, Zn, Fe, Mn, Ni, Ti, Pb, Cr yang komposisinya tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan AC8H standar P.T X. Begitu juga antara material paduan AC8H- 0,0075 % Sr dengan AC8H- 0,015 % Sr dan AC8H-0,03 % Sr. Komposisi unsur-unsur paduan tersebut tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Tidak adanya komposisi unsur yang melebihi standar merupakan sesuatu hal yang penting, karena unsur-unsur itu dapat mempengaruhi struktur mikro serta sifat-sifat mekanis paduan tersebut^[12].

Kadar silikon tidak terlalu besar, berada pada *range* silikon 12.2-12.7 %. Berdasarkan literatur yang ada, kadar silikon dengan rentang tersebut menandakan bahwa paduan Al-Si tersebut masih berada pada jenis paduan eutektik, berada sekitar 11-13 % Si^[19]. Namun, pada beberapa literatur lain diketahui bahwa paduan hipereutektik berada pada range silikon sekitar 12-15% Si^[9]. Perbedaan ini terkait dengan jumlah unsur-unsur paduan lain dalam paduan Al-Si. Beberapa unsur-unsur tertentu mampu menaikkan dan menurunkan garis eutektik pada diagram fasa biner^[18]. Sehingga, komposisi material yang berbeda memiliki diagram biner yang juga berbeda. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa paduan Al-Si yang digunakan adalah paduan Al-Si jenis hipereutektik, ditambah foto struktur mikro yang menunjukkan adanya silikon primer pada mikrostruktur paduan Al-Si tersebut. Sedangkan, kadar stronsium yang terdapat dalam material *as-cast* dengan penambahan stronsium dengan kadar sebesar 0.0075 %, 0.015 % dan 0.03 %, ternyata sesuai dengan kadar stronsium yang ditambahkan ke *molten* AC8H hipereutektik.

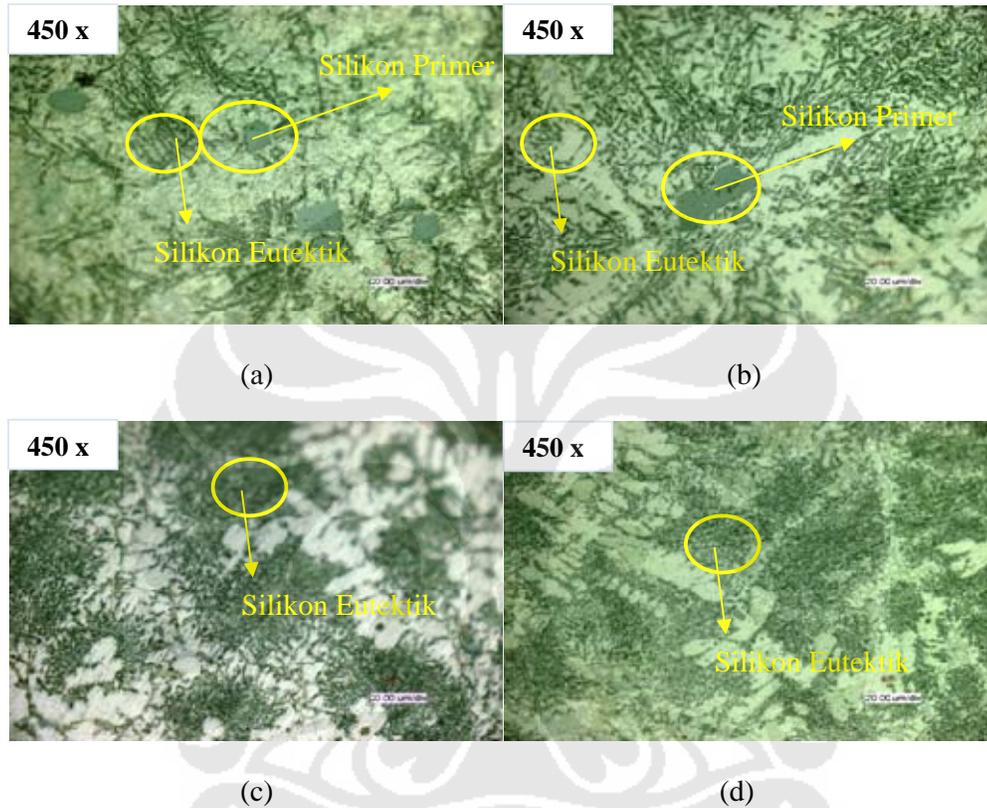
4.2. PENGUJIAN MIKROSTRUKTUR

Sifat mekanis suatu paduan Al-Si ditentukan struktur mikro yang terbentuk pada paduan tersebut. Pengujian mikrostruktur dilakukan untuk melihat perubahan mikrostruktur yang terjadi akibat penambahan *modifier* stronsium. Pada paduan Al-Si, terdapat dua fasa yang sangat menentukan sifat mekanis, yaitu silikon eutektik dan silikon primer. Perubahan bentuk yang terjadi pada kedua fasa ini turut menyebabkan perubahan sifat mekanis paduan.

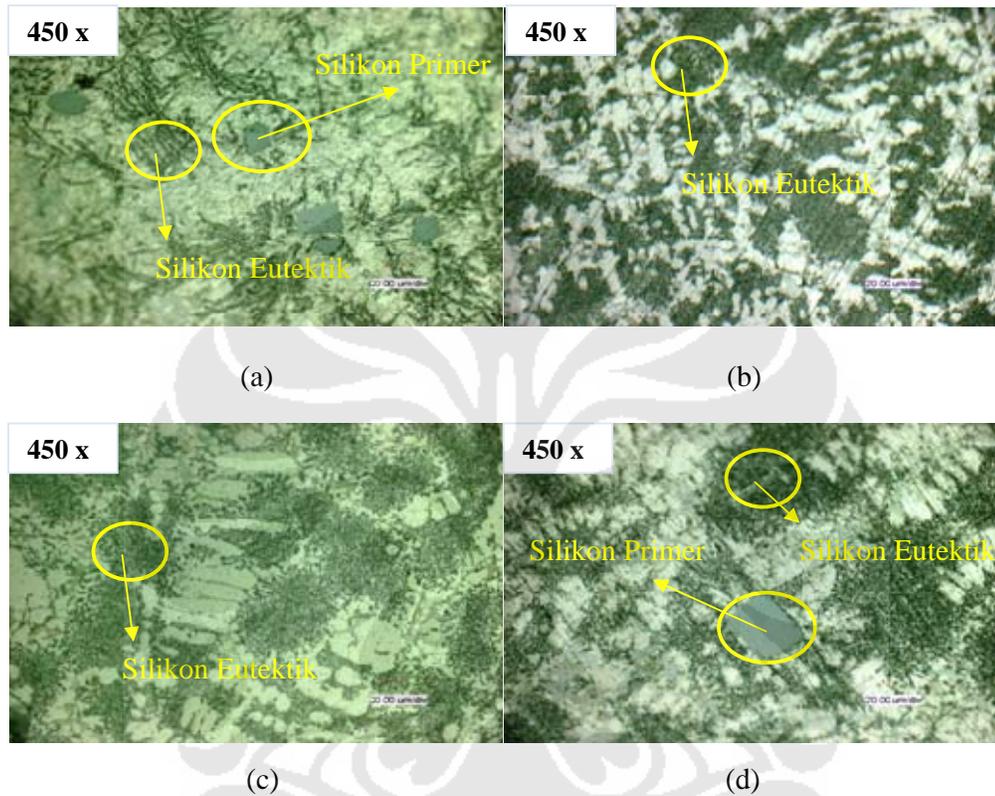
Pengujian mikrostruktur dilakukan dengan mikroskop optik digital dengan dua kali perbesaran 450 x dan 1000 x (Lampiran 5,6,7). Dalam pembahasan hasil mikrostruktur pada bab ini, ditampilkan foto dengan perbesaran 450 x karena perubahan mikrostruktur terlihat dengan jelas pada perbesaran ini. Terdapat 10 sampel untuk pengujian ini. Setiap variabel memiliki 3 sampel uji mikrostruktur, kecuali variabel 0 % Sr (AC8H Hipereutektik) yang hanya memiliki satu sampel uji mikrostruktur. Berikut ini akan ditampilkan foto mikrostruktur dari 3 sampel untuk setiap variabel (0 wt% Sr, 0,0075 wt%, 0,015 wt% dan 0,03 wt%)



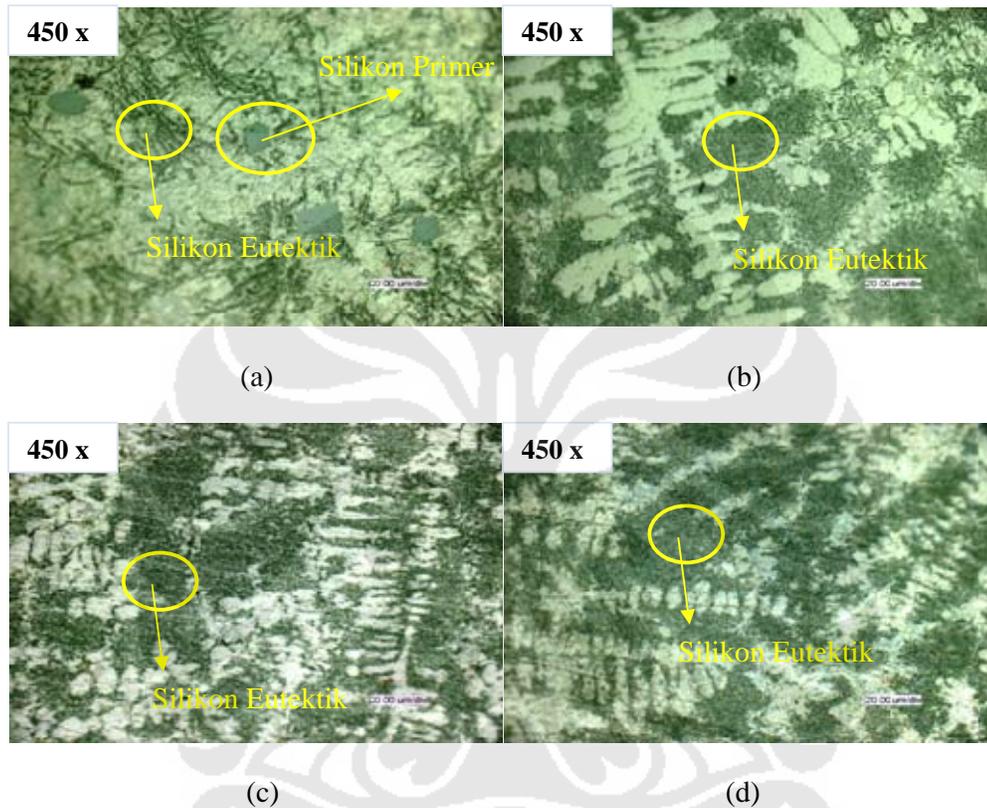
Gambar 4.1 Mikrostruktur AC8H Tanpa Penambahan Sr



Gambar 4.2 Perubahan bentuk mikrostruktur Sampel 1 dengan penambahan stronsium (a) 0% Sr (b) 0,0075 % Sr (c) 0,015% Sr (d) 0,03 % Sr



Gambar 4.3 Perubahan bentuk mikrostruktur Sampel 2 dengan penambahan stronsium (a) 0% Sr (b) 0,0075 % Sr (c) 0,015% Sr (d) 0,03 % Sr



Gambar 4.4 Perubahan bentuk mikrostruktur Sampel 3 dengan penambahan stronsium (a) 0% Sr (b) 0,0075 % Sr (c) 0,015% Sr (d) 0,03 % Sr

Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kemiripan pengaruh penambahan stronsium terhadap perubahan bentuk mikrostruktur untuk ketiga sampel (Gambar 4.2, 4.3 dan 4.4). Secara umum penambahan Sr pada paduan Al-Si hipereutektik membuat bentuk silikon eutektik berubah dari *acicular* menjadi bentuk *fibrous*. Hal ini dapat dilihat pada sampel kedua dan ketiga dengan penambahan 0,0075 % Sr (Gambar 4.3b dan 4.4b). Perubahan itu dapat dilihat dengan membandingkan bentuk silikon eutektik antara sebelum (Gambar 4.1) dan sesudah penambahan Sr (Gambar 4.3b dan 4.4b). Sebelum penambahan Sr, silikon eutektik terlihat jelas berbentuk *acicular*, sedangkan setelah ditambahkan Sr, silikon eutektik berbentuk *fibrous*. Perbedaan kecenderungan terlihat pada sampel 1 (Gambar 4.2b) dengan penambahan 0,0075 % Sr, dimana tidak terjadi perubahan mikrostruktur dari bentuk *acicular* menjadi bentuk *fibrous*. Pemodelan struktur dipengaruhi beberapa hal, antara lain : Tipe *modifier* yang dipakai , pengotor dalam leburan, jumlah silikon dalam paduan, kecepatan pembekuan dan jumlah *modifier* yang dipakai^[2]. Dari semua hal yang dapat menyebabkan terjadinya pemodifikasian tersebut, kecepatan pendinginan merupakan hal yang paling besar kemungkinannya menyebabkan terjadinya perbedaan kecenderungan tersebut.

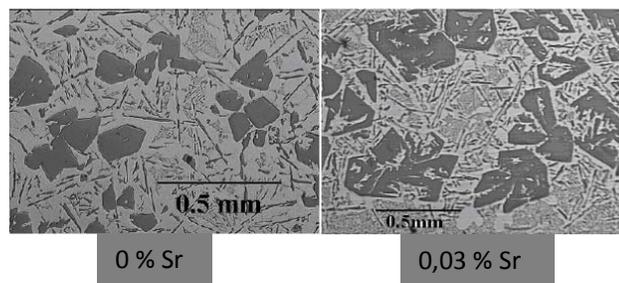
Penghalusan silikon eutektik menjadi lebih halus terlihat pada penambahan Sr dengan kadar yang lebih tinggi, yakni 0,015 % Sr dan 0,03 % Sr (Gambar 4.2c, 4.3c dan 4.4c dan Gambar 4.2d, 4.3d dan 4.4 d). Penghalusan yang lebih jelas terlihat dengan membandingkan gambar mikrostruktur dari paduan Al-Si hipereutektik (0,0075 % Sr) dengan penambahan 0,015 % Sr dan 0,03 % Sr . Hal ini tentunya mengisyaratkan bahwa pengaruh Sr terhadap paduan Al-Si hipoeutektik juga berlaku terhadap paduan Al-Si hipereutektik.

Sedangkan, penambahan Sr terhadap bentuk silikon primer juga dapat terungkap dari gambar mikrostruktur yang didapatkan walaupun silikon primer yang terbentuk tidak terlalu dominan pada mikrostruktur mengingat komposisi Si yang tidak terlalu tinggi sekitar 12,2-12,7 %. Penambahan Sr pada paduan Al-Si hipereutektik ternyata memperkasas silikon primer yang terbentuk. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan gambar 4.2a dan 4.2b serta gambar 4.3a dan 4.3d. Ukuran silikon primer menjadi lebih besar, diketahui karena perbesaran dan skala

yang digunakan dalam pengamatan mikrostruktur adalah sama. Penambahan Sr dengan variabel 0,015 % Sr tidak terlihat adanya silikon primer karena memang kadar Si pada sampel tersebut kecil jumlahnya, sehingga gambar mikrostruktur ini tidak digunakan untuk membandingkan ukuran silikon primer yang terbentuk.

Bentuk silikon primer yang berbeda antar variabel stronsium yang ditambahkan disebabkan karena beberapa hal, yaitu ; perbedaan gradien temperatur saat pembekuan, munculnya *nucleating agent* dan adanya *impurities*^[20].

Penambahan *modifier* Sr biasanya dilakukan pada paduan Al-Si hipoeutektik, yakni merubah bentuk silikon eutektik yang berbentuk *acicular* menjadi bentuk yang *fibrous*^[2]. Paduan Al-Si hipereutektik memiliki kadar silikon yang lebih dominan, sehingga fasa silikon primer merupakan fasa yang dominan dibandingkan dengan fasa silikon eutektik. Stronsium yang ditambahkan pada paduan Al-20 % Si merubah kedua fasa tersebut, silikon eutektik menjadi lebih halus sedangkan silikon primer menjadi lebih kasar^[17]. Hal ini diungkapkan oleh M. Faraji, I. Todd, H. Jones dalam jurnalnya yang berjudul “*The effect of casting variables on the structure of hypereutectic Al-Si alloys*”, mendapatkan hal yang serupa dari penelitiannya tentang masalah ini. Dalam penelitiannya, dia mengungkapkan bahwa penambahan 0,04%-0.2% Sr tanpa penambahan *modifier* lain pada paduan Al-20%Si mengkasarkan silikon primer yang terbentuk, selain itu nilai N_A (*number particle/unit volume*) dari silikon primer pada paduan Al-Si dengan penambahan Sr menjadi lebih kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa persebaran silikon primer yang terbentuk setelah penambahan Sr menjadi tidak merata dengan ukuran yang lebih besar (Gambar 4.5)



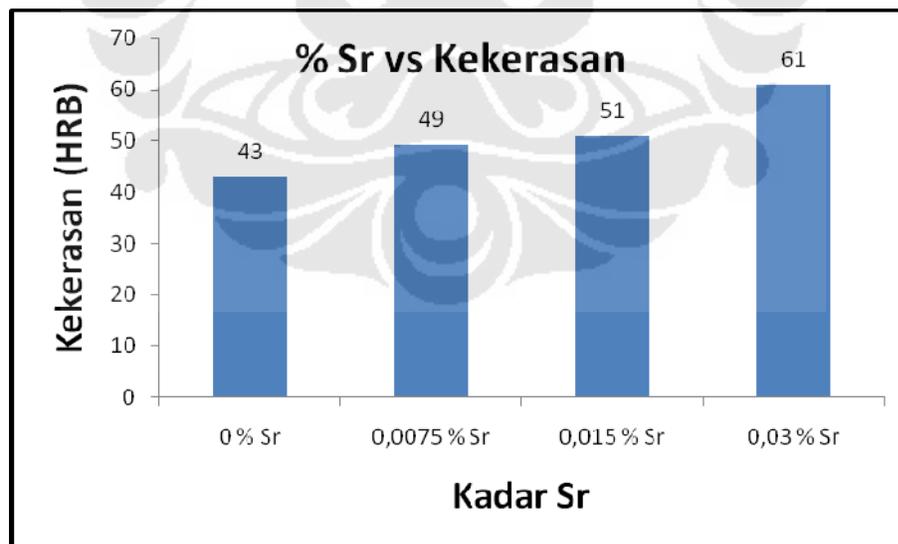
Gambar 4.5 Pengaruh Sr Terhadap Mikrostruktur Al-20 % Si^[2]

4.3 PENGUJIAN KEKERASAN

Pengujian ini dilakukan pada 5 titik yang berbeda untuk setiap sampel. Sampel yang digunakan untuk pengujian kekerasan merupakan sampel yang sama dengan yang digunakan untuk pengujian mikrostruktur. Uji kekerasan dilakukan untuk keempat variabel (0 wt %, 0.0075 wt %, 0.015 wt% dan 0.03wt%). Masing-masing variabel memiliki tiga sampel, kecuali variabel 0 % Sr.

Tabel 4.2 Nilai kekerasan untuk setiap variabel

NO	SAMPEL	KADAR Sr	TITIK					AVERAGE
			1	2	3	4	5	
1	A1	0,0075%	49,2	48,7	49,8	50,9	47,2	49,16
2	A2		50,3	48,2	50,3	47,6	49,1	49,1
3	A3		48,8	50,2	49,8	47,9	50,3	49,4
4	B1	0,015%	50,4	52,4	50,8	52,1	50,8	51,3
5	B2		50,2	48,9	51,3	47,9	53,4	50,34
6	B3		54,2	47,8	49,2	50,8	52,1	50,82
7	C1	0,03%	60,3	62,1	59,3	64,1	58,3	60,95
8	C2		57,6	64,9	61,2	62,3	63,2	61,84
9	C3		59,3	56,4	60,3	62,1	61,9	59,925
10	O	0%	44,2	41,4	42,3	40,9	44,7	42,7



Gambar 4.6 Pengaruh Stronsium Terhadap Nilai Kekerasan

Berdasarkan data yang didapatkan dari pengujian kekerasan (Gambar 4.6), diketahui bahwa semakin besar kadar stronsium yang ditambahkan, semakin besar pula kekerasan material paduan Al-Si hipereutektik. Peningkatan nilai kekerasan ini disebabkan karena perubahan mikrostruktur dari paduan tersebut. Silikon eutektik yang semula berbentuk *acicular* (jarum) dan memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi, berubah menjadi bentuk *fibrous* (bulat) yang tersebar merata dan rendah tingkat konsentrasi tegangannya^[2]. Nilai kekerasan meningkat sebesar 15,26 % dengan penambahan stronsium sebesar 0,0075 %. Peningkatan nilai kekerasan menurun menjadi sebesar 3,2 % dengan penambahan 0,015 %. Persentase peningkatan kekerasan kembali meningkat sebesar 19,7 % dengan penambahan 0,03 %. Perbedaan nilai persentase peningkatan kekerasan ini dapat dikaitkan dengan perubahan mikrostruktur pada paduan ini akibat penambahan Sr. Penambahan 0,0075 % Sr pada material paduan AC8H menyebabkan perubahan mikrostruktur secara signifikan. Bentuk yang semula *acicular* menjadi bentuk yang *fibrous*. Perubahan mikrostruktur secara radikal ini menyebabkan perubahan secara signifikan pada nilai kekerasan material tersebut. Sedangkan, penambahan 0,015 % Sr menghasilkan penurunan persentase peningkatan nilai kekerasan. Penurunan ini juga dapat dikaitkan dengan mikrostruktur paduan yang tidak secara signifikan berubah. Bentuk *fibrous* berubah menjadi *fibrous* yang lebih halus dan merata. Peningkatan ini tidak dipengaruhi oleh silikon primer yang terbentuk karena silikon primer yang terbentuk tidak dominan dalam mikrostruktur paduan AC8H hipereutektik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peningkatan kekuatan tarik dipengaruhi oleh silikon eutektik.

Persentase peningkatan nilai kekerasan justru meningkat pada penambahan 0,03 %. Bila dikaitkan dengan mikrostruktur yang terbentuk pada material tentunya hal ini tidak terjadi. Hal ini disebabkan karena penambahan 0,03 % Sr tidak mempengaruhi secara signifikan perubahan bentuk mikrostruktur yang terjadi. Peningkatan ini bisa disebabkan karena beberapa faktor lain, yaitu : Kecepatan pembekuan, proses *heat treatment*, perubahan silikon eutektik dan kandungan magnesium pada paduan merupakan variabel-variabel yang

mempengaruhi kekuatan tarik paduan Al-Si^[2]. Salah satu dari keempat variabel itu merupakan penyebab terjadinya perbedaan kecenderungan tersebut. Kecepatan pembekuan setiap variabel dalam penelitian ini adalah sama, sehingga kecil kemungkinan, kecepatan pembekuan mempengaruhi perbedaan kecenderungan tersebut. Variabel lain seperti kandungan magnesium (Tabel 4.1), serta *heat treatment (natural aging)* untuk ketiga variabel juga sama. Namun, terjadinya perbedaan kecenderungan tersebut, besar kemungkinan disebabkan oleh kecepatan pembekuan karena kondisi di lapangan tidak sesuai dengan apa yang diharapkan (Tabel 3.1)

Fasa silikon primer yang terdapat pada paduan ini tidak mempengaruhi secara signifikan kepada nilai kekerasan paduan ini. Hal ini dikarenakan silikon primer terbentuk dalam jumlah yang sedikit, dikarenakan kadar silikon yang rendah. Fasa yang sedikit tentunya tidak memberikan pengaruh yang signifikan dibandingkan dengan silikon eutektik yang memiliki fasa yang lebih dominan.

Fasa-fasa yang tidak terlarut seperti : $FeAl_3$, $FeMnAl_6$, $\alpha AlFeSi$ yang memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan pada paduan Al-Si hipoeutektik, tidak memberikan pengaruh yang dominan terhadap peningkatan nilai kekerasan paduan ini, walaupun dengan komposisi Fe yang cukup tinggi, yakni lebih besar daripada 0,05%^[12]. Hal ini dapat dilihat pada tabel komposisi kimia bahwa kadar Fe menurun seiring dengan penambahan stronsium dalam paduan.

Secara umum, hasil penelitian yang menunjukkan bahwa peningkatan *mechanical properties*, baik itu kekerasan maupun kekuatan tarik akibat ditambahkan Sr pada paduan Al-Si hipereutektik telah sesuai dengan literatur yang ada^[21]. M. Van Rooyen, dalam penelitiannya yang berjudul “*Structure Refinement and Improved Mechanical Properties of Al-20wt.% Si by Rapid Solidification in Conjunction with Strontium Modification*”, mendapatkan hasil penelitian yang serupa, dimana penambahan stronsium pada Al-Si hipereutektik (Al-20wt%Si) meningkatkan nilai kekerasan^[21] (Tabel 4.3)

Tabel 4.3 Nilai kekerasan sebelum dan setelah penambahan Sr^[21]

Alloy	Vickers Microhardness (HV 0,01)	
	Ribbon	Consolidate
LQ Al-Si	182	61
LQ Al-Si-Sr	249	103
LQ-Al-Si-Sr chop	238	103

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa penambahan 0,03 wt%Sr pada paduan menyebabkan peningkatan nilai kekerasan dari paduan (182 HV menjadi 249) dan (61 HV menjadi 103 HV) . Peningkatan ini disebabkan karena perubahan struktur mikro silikon eutektik^[21]. Terdapat kecenderungan yang sama antara literatur yang ada dengan hasil penelitian ini. Walaupun, dengan adanya perbedaan variabel-variabel penelitian (kadar silikon, kadar stronsium, dan lain sebagainya). Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan Sr pada paduan Al-Si hipereutektik meningkatkan nilai kekerasan paduan tersebut akibat penghalusan fasa silikon eutektik.

4.4 PENGUJIAN KEKUATAN TARIK

Pengujian ini dilakukan dengan mesin shimadzu, dimana sampel uji tarik didapatkan dari hasil pengecoran aluminium dengan menggunakan cetakan uji tarik. Terdapat tiga sampel uji tarik untuk setiap variabel, kecuali variabel 0 % Sr. Pada dasarnya pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai UTS (*Ultimate Tensile Strength*) paduan AC8H hipereutektik sebelum dan setelah penambahan *modifier* Sr. UTS merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*).

Tabel 4.4 Nilai UTS untuk setiap Variabel (Kgf/mm²)

NO	SAMPEL	KADAR Sr	Teg Tarik (kgf / mm ²)
1	A1	0,0075%	19,8
2	A2		19,9
3	A3		20,3
4	B1	0,015%	20,8
5	B2		20,8
6	B3		20,4
7	C1	0,03%	27,3
8	C2		22
9	C3		20,3
10	O	0%	17,2

Nilai UTS biasanya memiliki satuan MPa (Mega Pascal), maka nilai UTS dari tabel 4.4 dikonversikan ke dalam satuan MPa (Tabel 4.5). Berdasarkan literatur nilai $1 \text{ Kgf/mm}^2 = 9,8066 \text{ N/m}^2$. sedangkan $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ Mpa}$. Maka nilai UTS pada tabel dia atas dikonversikan ke dalam satuan MPa dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan $9,8066 \text{ N}^{[22]}$

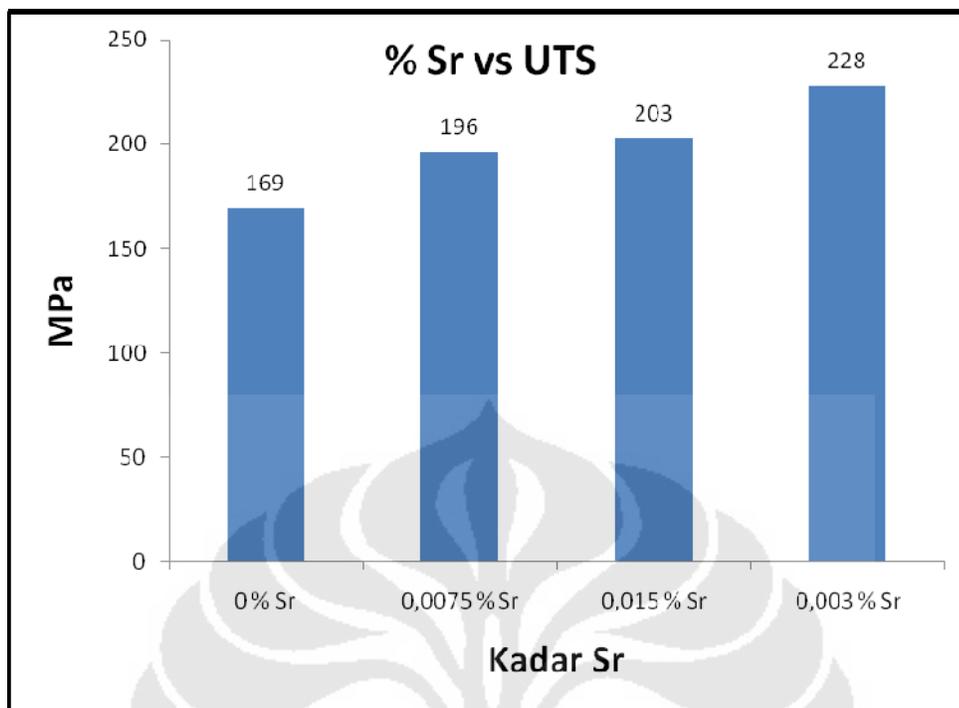
$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9.80665 \text{ N/mm}^2 \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

$$1 \text{ Kgf/mm}^2 = 9,80665 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

Tabel 4. 5 Nilai UTS untuk setiap variabel (MPa)

NO	SAMPEL	KADAR Sr	Teg Tarik (MPa)
1	A1	0,0075%	194,1
2	A2		194,9
3	A3		199,4
4	B1	0,015%	204,3
5	B2		203,8
6	B3		200,3
7	C1	0,03%	268,2
8	C2		215,6
9	C3		199,2
10	O	0%	169,2



Gambar 4.7 Pengaruh penambahan stronsium terhadap kekuatan tarik

Berdasarkan data yang didapat dari pengujian tarik (Gambar 4.7) diketahui bahwa penambahan kadar stronsium pada paduan AC8H hipereutektik meningkatkan kekuatan tarik material tersebut. Secara umum peningkatan mencapai 34 % dengan menambahkan stronsium sebesar 0,03 %. Peningkatan ini disebabkan karena perubahan bentuk struktur silikon eutektik dari bentuk *acicular* menjadi bentuk *fibrous* yang halus^[21]. Pada kondisi 0 % Sr, silikon eutektik masih berbentuk *acicular* yang memiliki *internal stress concentration* yang besar sehingga lebih mudah rapuh dan getas. Pada kondisi 0,0075 % Sr, bentuk silikon eutektik mulai berubah menjadi bentuk *fibrous* yang halus (Gambar 4.2) yang tidak memiliki *internal stress concentration*, sehingga lebih tangguh dan ulet. Pada kondisi dengan kadar Sr yang lebih besar lagi, yakni 0,015 % Sr dan 0,03 % Sr, struktur silikon eutektik menjadi lebih halus dan merata (Gambar 4.2 dan 4.3). Kehalusan silikon eutektik meningkat seiring dengan peningkatan kadar Sr yang ditambahkan. Semakin halus silikon eutektik yang terbentuk tentunya membuat nilai kekuatan tarik material akan semakin besar. Persentase peningkatan nilai kekuatan tarik memiliki kecenderungan yang sama dengan persentase peningkatan

nilai kekerasan. Penambahan 0,0075 % Sr meningkatkan nilai kekuatan tarik menjadi 15,9 %. Sedangkan, penambahan 0,015 % Sr menurunkan persentase peningkatan kekuatan tarik menjadi 3,38 %. Penambahan 0,03 % Sr meningkatkan kembali nilai kekerasan sebesar 12,28 %. Peningkatan nilai kekuatan tarik yang cukup tinggi dengan penambahan 0,0075 % Sr disebabkan karena perubahan struktur mikro terjadi secara signifikan dari bentuk *acicular* menjadi bentuk *fibrous*. Sedangkan penurunan persentase peningkatan kekuatan tarik dengan penambahan 0,015 % Sr disebabkan karena perubahan bentuk silikon eutektik tidak terjadi secara signifikan. Perbedaan kecenderungan terjadi pada nilai persentase peningkatan kekuatan tarik dengan penambahan 0,03 % Sr, dimana terjadi peningkatan nilai tersebut.

Kecepatan pembekuan, proses *heat treatment*, perubahan silikon eutektik dan kandungan magnesium pada paduan merupakan variabel-variabel yang mempengaruhi kekuatan tarik paduan Al-Si^[21]. Salah satu dari keempat variabel itu merupakan penyebab terjadinya perbedaan kecenderungan tersebut. Kecepatan pembekuan setiap variabel dalam penelitian ini adalah sama, sehingga kecil kemungkinan, kecepatan pembekuan mempengaruhi perbedaan kecenderungan tersebut. Variabel lain seperti kandungan magnesium (Tabel 4.1), serta *heat treatment (natural aging)* untuk ketiga variabel juga sama. Namun, terjadinya perbedaan kecenderungan tersebut, besar kemungkinan disebabkan oleh kecepatan pembekuan karena kondisi di lapangan tidak sesuai dengan apa yang diharapkan (Tabel 3.1).

Secara umum, hasil penelitian yang menunjukkan bahwa peningkatan *mechanical properties*, baik itu kekerasan maupun kekuatan tarik akibat ditamahnya Sr pada paduan Al-Si hipereutektik telah sesuai dengan literatur yang ada^[21]. M. Van Rooyen, dalam penelitiannya yang berjudul “*Structure Refinement and Improved Mechanical Properties of Al-20wt.% Si by Rapid Solidification in Conjunction with Strontium Modification*”, mendapatkan hasil penelitian yang serupa, dimana penambahan stronsium pada Al-Si hipereutektik (Al-20wt%Si) meningkatkan nilai kekuatan tarik (Tabel 46)^[21]

Tabel 4.6 Peningkatan nilai kekuatan tarik dengan penambahan 0,03 % Sr^[21]

Consolidate from an alloy	$\sigma_{0,2}^{//}$	$\sigma_{uts}^{//}$	$\varepsilon^{//}$	$\Psi^{//}$	σ_{uts}^{\perp}	Ψ^{\perp}
CC Al-Si	85	139	4	7	96	10
LQ Al-Si	112	206	10	20	166	7
LQ Al-Si-Sr	146	257	13	31	179	5
LQ-Al-Si-Sr chop	143	253	16	29	261	10

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa penambahan 0,03 wt% Sr pada paduan menyebabkan peningkatan nilai kekuatan tarik dari paduan (206 MPa menjadi 257 MPa) dan (166 HV menjadi 179 MPa) . Peningkatan ini disebabkan karena perubahan struktur mikro silikon eutektik^[21]. Terdapat kecenderungan yang sama antara literatur yang ada dengan hasil penelitian ini. Walaupun, dengan adanya perbedaan variabel-variabel penelitian (kadar silikon, kadar stronsium, dan lain sebagainya). Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan Sr pada paduan Al-Si hipereutektik meningkatkan nilai kekuatan tarik paduan tersebut akibat penghalusan fasa silikon eutektik

4.5 PENGUJIAN KEAUSAN

Data yang didapatkan dari hasil uji keausan ini adakah besar celah terabrasif. Besar celah yang terabrasif (mm) ini digunakan untuk menentukan volume yang terabrasif. Volume celah terabrasif kemudian digunakan untuk menentukan nilai laju keausan material. Besar laju keausan menentukan ketahanan aus material tersebut. Semakin kecil nilai laju keausan material, maka semakin besar ketahanan aus material tersebut. Sebaliknya, semakin besar nilai laju keausan, maka semakin rendah ketahanan aus material tersebut. Pengujian ini

Tabel 4.7 Besar celah terabrasif untuk tiap variabel

No	Variabel	Celah Terabrasif (mm)	
		0 % Sr	0.03 % Sr
1	a	4,88	4,2
2	b	4,99	4,471

Besar celah yang terabrasif (Tabel 4.7) kemudian merupakan besaran yang digunakan untuk mendapatkan nilai volume material yang terabrasif. Selain besar celah terabrasif, besaran lain merupakan besaran yang telah ditentukan sebelumnya seperti : B = tebal revolving disc (3 mm), r = jari-jari revolving disc (15 mm). Terdapat dua variabel pengujian yang digunakan dalam menentukan tingkat keausan material, yakni variabel a dan variabel b. maka akan terdapat empat nilai volume terabrasif untuk pengujian ini.

Volume material terabrasif dihitung dengan menggunakan rumus :

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 r} \dots\dots\dots (4.1)$$

Nilai volume terabrasif untuk variabel a (0 % Sr) adalah :

$$W (a) = \frac{3 \times 4,88^3}{12 \times 15}$$

$$W (a) = 1,94 \text{ mm}^3$$

Sedangkan volume material terabrasif dengan penambahan 0,03 % Sr adalah :

$$W (a) = \frac{3 \times 4,2^3}{12 \times 15}$$

$$W (a) = 1,23 \text{ mm}^3$$

Nilai volume terabrasif untuk variabel b (0 % Sr) adalah :

$$W (b) = \frac{3 \times 4,99^3}{12 \times 15}$$

$$W (b) = 2,071 \text{ mm}^3$$

Sedangkan volume material terabrasif dengan penambahan 0,03 % Sr adalah :

$$W(b) = \frac{3 \times 4,471^3}{12 \times 15}$$
$$W(b) = 1,49 \text{ mm}^3$$

Laju Keausan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V = \frac{W}{x} = \frac{B \cdot b^3}{12r \cdot x} \dots\dots\dots (4.2)$$

Nilai laju keausan untuk variabel a (0 % Sr) adalah :

$$W(a) = \frac{1,94}{200000}$$
$$W(a) = 0,0000097 \text{ mm}^3/\text{m}$$

Sedangkan volume material terabrasif dengan penambahan 0,03 % Sr adalah :

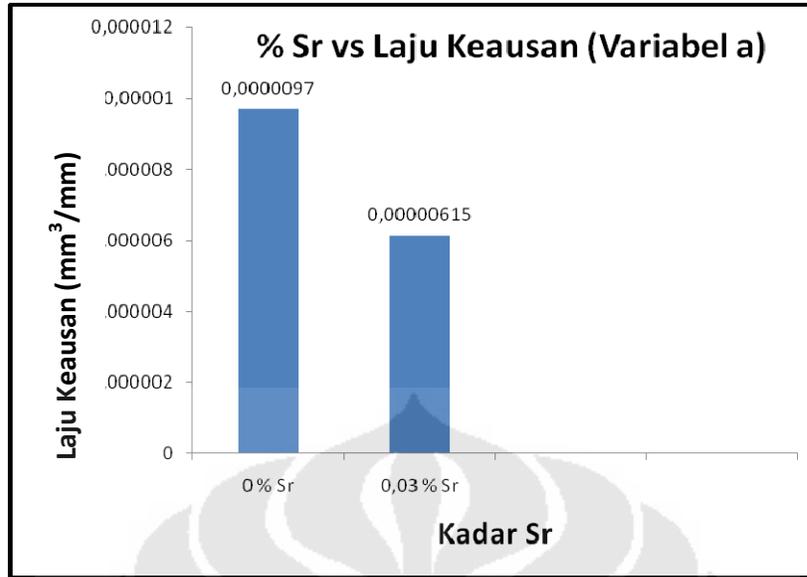
$$W(a) = \frac{1,23}{200000}$$
$$W(a) = 0,00000615 \text{ mm}^3/\text{m}$$

Nilai volume terabrasif untuk variabel b (0 % Sr) adalah :

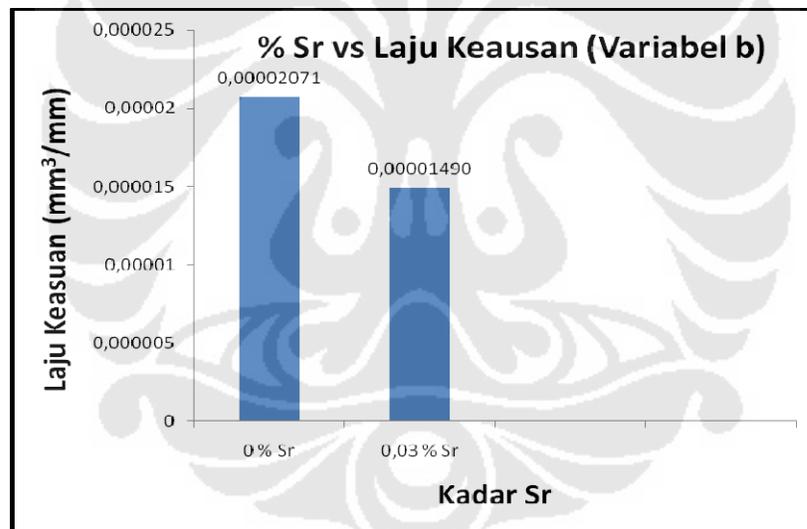
$$W(b) = \frac{2,071}{100000}$$
$$W(b) = 0,00002071 \text{ mm}^3/\text{m}$$

Sedangkan volume material terabrasif dengan penambahan 0,03 % Sr adalah :

$$W(b) = \frac{1,49}{100000}$$
$$W(b) = 0,0000149 \text{ mm}^3/\text{m}$$



Gambar 4.8 Pengaruh Penambahan Sr Terhadap Laju Keausan



Gambar 4.9 Pengaruh Penambahan Sr Terhadap Laju Keausan Material

Berdasarkan data yang didapat dari pengujian keausan (Gambar 4.8 dan Gambar 4.9) diketahui bahwa penambahan kadar stronsium pada paduan AC8H hipereutektik meningkatkan ketahanan aus material tersebut. Peningkatan nilai ketahanan aus paduan dapat dilihat dengan penurunan nilai laju keausan. Laju keausan paduan sebelum ditambahkan stronsium adalah $0,0000097 \text{ mm}^3/\text{m}$ untuk variabel a dan $0,00002071 \text{ mm}^3/\text{m}$ untuk variabel b. Kemudian, setelah ditambahkan stronsium sebesar 0,03 wt% Sr, nilai laju keausan paduan menurun,

yakni sebesar $0,00000615 \text{ mm}^3/\text{m}$ untuk variabel a dan $0,0000149 \text{ mm}^3/\text{m}$ untuk variabel b. Variabel a dan b merupakan variabel pengujian keausan, dimana terdapat perbedaan kondisi pengujian antara kedua variabel tersebut. Beban (Kg) yang digunakan serta jarak luncur (m) merupakan kondisi pengujian yang berbeda antar kedua variabel. Penurunan nilai laju keausan ini dapat dikaitkan dengan peningkatan nilai kekerasan akibat penambahan Sr yang telah dibahas sebelumnya.

Pada dasarnya keausan didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya^[23]. Sedangkan kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan material terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras^[23]. Oleh sebab itu, semakin keras material, maka semakin sulit pula terjadinya kehilangan material sebagai akibat dari pergerakan relatif cincin terhadap material dalam pengujian keausan.

Maka, peningkatan nilai ketahanan aus material dengan penambahan *modifier* dapat dikaitkan dengan perubahan bentuk silikon eutektik dari bentuk *acicular* menjadi bentuk yang *fibrous* yang tersebar merata. Namun, sampai saat ini, masih tidak ditemukan kejelasan mengenai efek *modifier* terhadap keausan. Hal ini terkait dengan kesulitannya sebagian orang untuk mengartikan keausan. Beberapa orang mengatakan bahwa besar silikon primer memberikan efek yang lebih signifikan terhadap ketahanan aus dibandingkan dengan bentuk dari silikon primer^[2]. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa, kadar silikon yang tinggi memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan dengan kadar silikon yang rendah. Sebagian lagi mengatakan bahwa *modifier* yang merubah bentuk silikon primer menjadi lebih halus mempengaruhi ketahanan aus^[2]. Perbedaan ini mengantarkan kepada suatu kesimpulan bahwa bentuk dan ukuran dari silikon primer merupakan faktor minor yang mempengaruhi ketahanan aus. Ada faktor lain yang bisa lebih mempengaruhi ketahanan aus, yaitu : lubrikasi dan beban penggunaan.