

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA

Pengujian komposisi kimia dilakukan terhadap 10 sampel dengan 1 buah sampel X dan masing-masing 3 buah sampel untuk setiap variabel D, E, dan F. Setelah dilakukan pengecekan komposisi kimia dengan spektrometer, diperoleh kadar yang berbeda dengan yang diharapkan.

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Sampel X

Sampe l	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ti	P	Sr	Ni
X	2.76	11.6	1.04	0.01	0.16	0.01 6	0.23	0.0037	0.000 3	0.009 4
Target	2.5- 3.5	11.5 - 12.5	0.7- 1.3	0- 0.1	0.05- 0.4	0-0.1	0.2- 0.3	0	-	0-0.1

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Sampel D

Sampel	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ti	P	Sr	Ni
D1	2.8	11.85	1.07	0.001	0.176	0.0178	0.24	0.0038	0.0002	0.0098
D2	2.66	11.46	1.02	0.003	0.165	0.0154	0.23	0.0039	0.0004	0.0087
D3	2.76	11.85	1.04	0.01	0.172	0.0175	0.24	0.0039	0.00021	0.0095
Average	2.74	11.72	1.04	0.004	0.171	0.017	0.24	0.0039	0.00027	0.0093
Target	2.5- 3.5	11.5- 12.5	0.7- 1.3	0-0.1	0.05- 0.4	0-0.1	0.2- 0.3	0.002	-	0-0.1

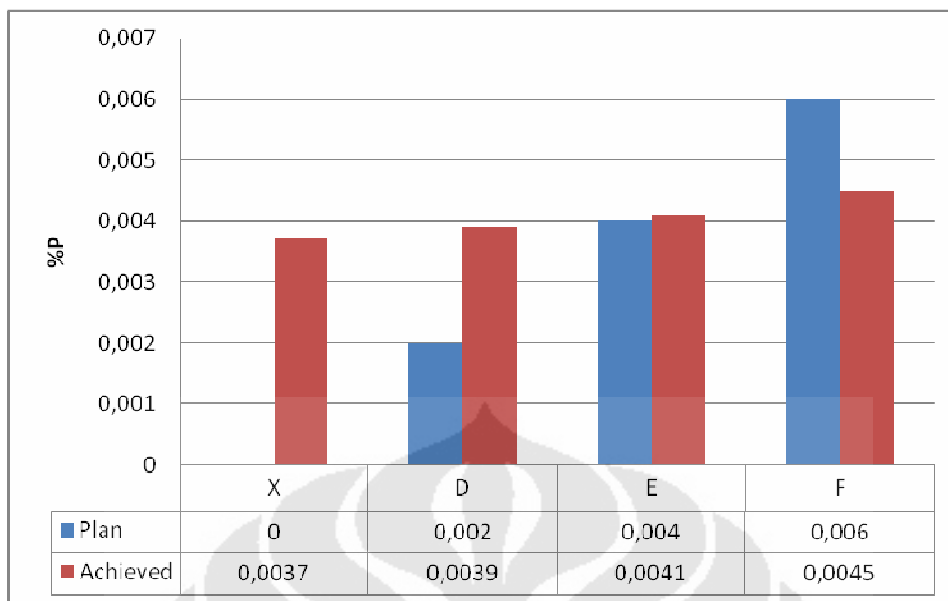
Tabel 4.3 Komposisi Kimia Sampel E

Sampel	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ti	P	Sr	Ni
E1	2.63	11.44	0.98	0.0023	0.16	0.015	0.22	0.00393	0.00044	0.00845
E2	2.63	11.4	0.99	0.005	0.16	0.015	0.24	0.00416	0.00036	0.0086
E3	2.64	11.53	0.99	0.0026	0.16	0.015	0.23	0.0042	0.00036	0.0086
Average	2.63	11.5	0.99	0.003	0.16	0.015	0.23	0.0041	0.00039	0.00855
Target	2.5-3.5	11.5-12.5	0.7-1.3	0-0.1	0.05-0.4	0-0.1	0.2-0.3	0.004	-	0-0.1

Tabel 4.4 Komposisi Kimia Sampel F

Sampel	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ti	P	Sr	Ni
F1	2.59	11.43	0.985	0.003	0.16	0.015	0.23	0.0044	0.00034	0.0084
F2	2.6	11.44	0.97	0.003	0.16	0.015	0.23	0.0045	0.00035	0.0084
F3	2.63	11.31	0.98	0.003	0.167	0.015	0.22	0.0046	0.00038	0.00872
Average	2.61	11.4	0.98	0.003	0.162	0.015	0.23	0.0045	0.00036	0.00851
Target	2.5-3.5	11.5-12.5	0.7-1.3	0-0.1	0.05-0.4	0-0.1	0.2-0.3	0.006	-	0-0.1

Data yang didapat dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat beberapa penyimpangan dari rencana awal, terutama pada kandungan fosfornya. Pada awalnya, jumlah kandungan fosfor yang ingin dicapai adalah seperti yang tercantum pada bab 3.1, akan tetapi kandungan fosfor yang didapat adalah 0.0037% untuk penambahan 0% P (sampel X), 0.0039% untuk penambahan 0.002% P (sampel D), 0.0041% untuk penambahan 0.004% P (sampel E) dan 0.0045% untuk penambahan 0.006% P (sampel F). Penyimpangan jumlah fosfor awal (plan) dengan jumlah fosfor yang diperoleh (achieved) dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Kandungan Phospor

Perbedaan jumlah fosfor yang ditambahkan dengan hasil yang didapat disebabkan oleh proses *mixing* yang kurang sempurna. Fosfor yang digunakan pada penelitian ini adalah berbentuk *flux* atau serbuk. Sehingga ketika proses penambahan, fosfor yang berbentuk serbuk tersebut cenderung mengapung pada permukaan lelehan logam dan tidak bercampur secara keseluruhan. Hal ini terlihat dari kandungan fosfor setiap sampel dimana selisih antara masing-masing sampel yang berurutan hanya berkisar 0.0002% sampai 0.0004% atau sekitar 2 ppm hingga 4 ppm. Selain itu, pada sampel X terlihat bahwa tanpa penambahan fosfor ternyata pada sampel itu sendiri sudah terdapat kandungan fosfor sebesar 0.0037%. Terdapatnya sejumlah fosfor pada master alloy ini bisa saja terjadi. Hal ini dapat diakibatkan oleh kontaminasi dari binder fosfat dan mortar yang terdapat pada refraktori *furnace* dan juga sisa-sisa *scrap* yang menempel pada refraktori^[21].

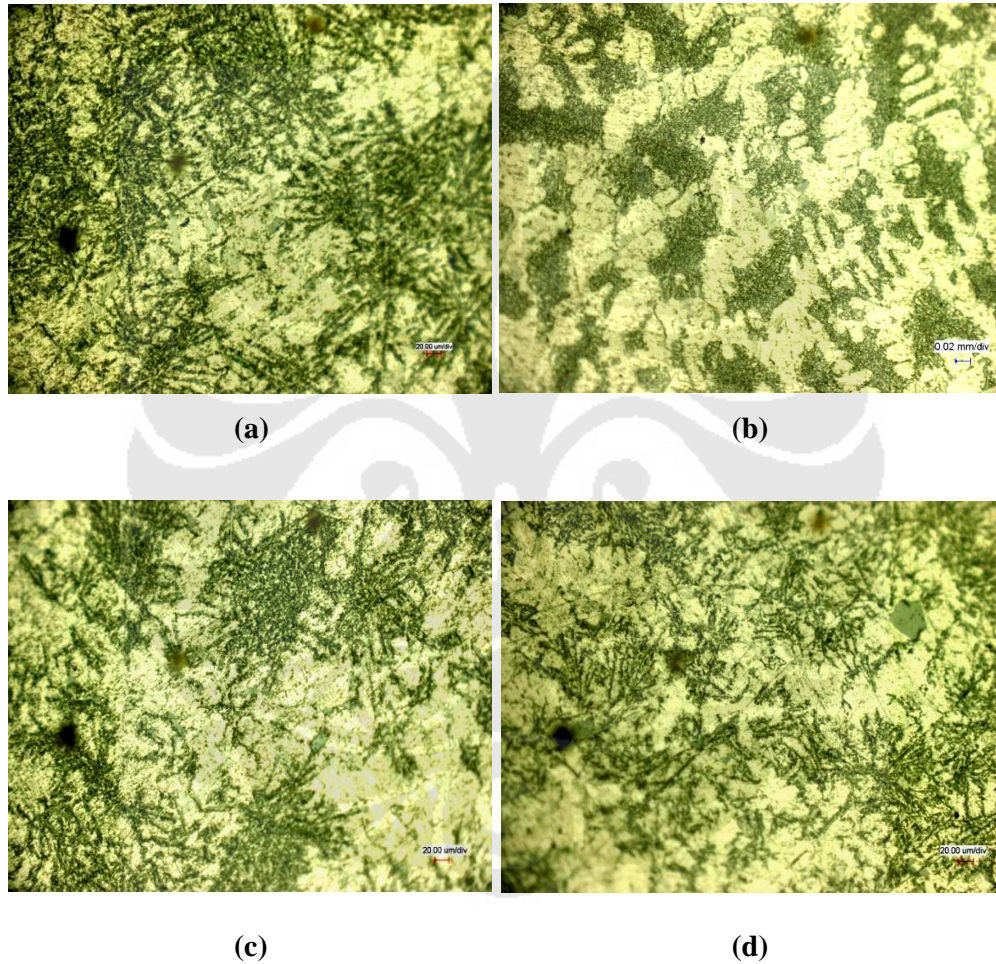
Penyimpangan yang berikutnya adalah terdapatnya sejumlah kecil stronsium pada setiap sampel. Stronsium tersebut kemungkinan sudah terdapat pada ingot-ingot AC8H. Secara umum kandungan stronsium pada setiap sampel hampir sama. Pada sampel X, kandungan stronsiumnya adalah 0.0003% atau 3 ppm, pada sampel D kandungannya 0.00027% atau 2.7 ppm, pada sampel E,

kandungannya 0.00039% atau 3.9 ppm, dan pada sampel F kandungannya mencapai 0.00036% atau 3.6 ppm. Berdasarkan gambar 2.10, keberadaan stronsium ini akan menimbulkan interaksi dengan fosfor. Interaksi antara fosfor dan stronsium ini dapat mempengaruhi struktur silikon eutektik yang terbentuk. Struktur-struktur yang tersebut dapat berupa *acicular*, *lamellar* ataupun *fibrous*. Hal ini tergantung dari kandungan fosfor dan stronsium yang saling berinteraksi^[19].

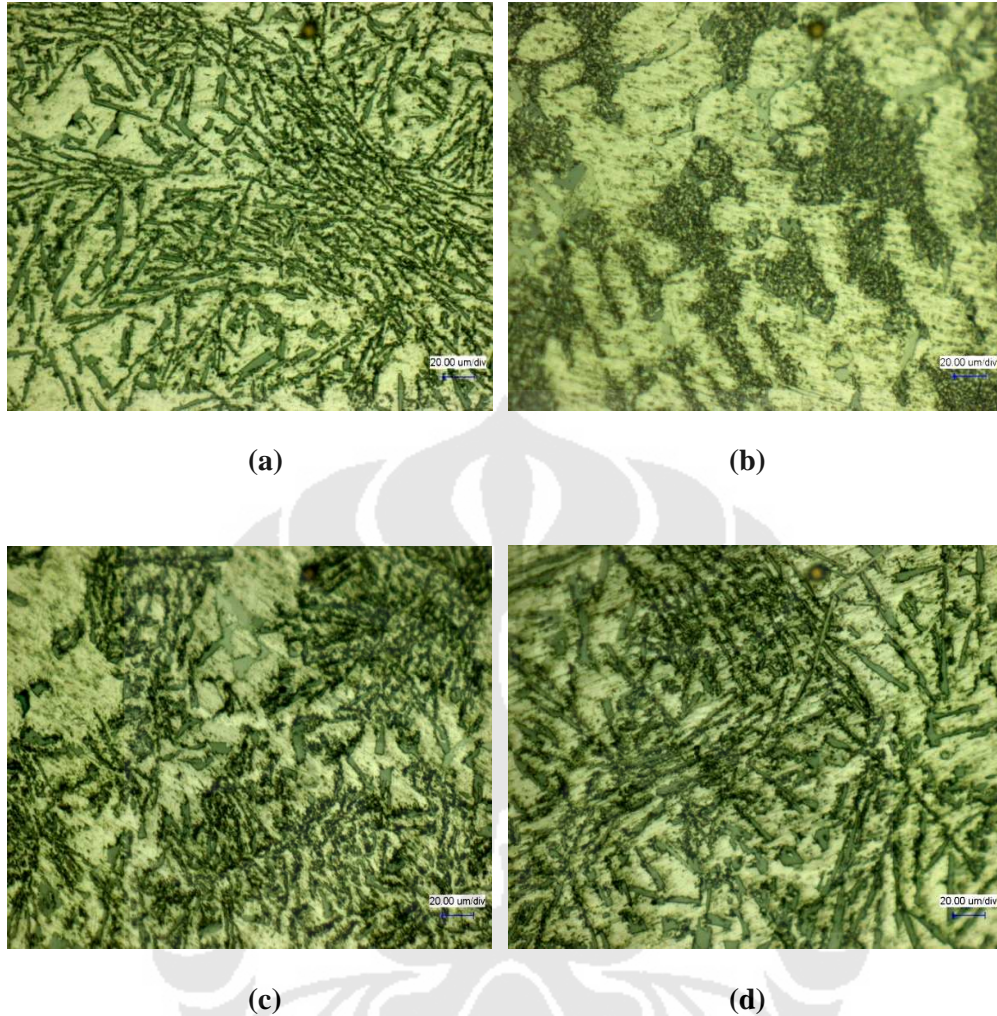
Selain kandungan fosfor dan stronsium, dari data juga terlihat bahwa kandungan silikon dan unsur-unsur seperti tembaga dan magnesium pada setiap sampel cukup bervariasi. Bahkan pada sampel F terjadi penyimpangan untuk kandungan silikonnya, dimana kandungannya hanya mencapai 11.4%. Kandungan dari silikon, tembaga, dan magnesium ini memiliki peranan penting yang dapat menentukan sifat mekanis dari paduan aluminium silikon. Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.2.2 mengenai pengaruh penambahan unsur-unsur pada aluminium, disini peran magnesium dan tembaga adalah meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari paduan. Semakin tinggi kandungan dari tembaga dan magnesium, maka nilai kekuatan dan kekerasan juga akan semakin tinggi. Akan tetapi, selain dari kandungan unsur-unsur tambahan, nilai kekuatan dan kekerasan juga dipengaruhi oleh struktur mikro yang terbentuk.

4.2 PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO

Pengamatan struktur mikro dilakukan terhadap semua sampel. Namun, yang akan ditampilkan pada subbab ini hanya 1 buah sampel dari masing-masing variabel X, D, E, dan F. Foto struktur mikro yang ditampilkan merupakan foto yang paling representatif dan diambil dengan dua perbesaran yang berbeda, yaitu 450X dan 1000X.



Gambar 4.2 Struktur Mikro Sampel dengan Perbesaran 450X (a) Sampel X (0.0037%P) (b) Sampel D (0.0039%P) (c) Sampel E (0.0041%P) (d) Sampel F (0.0045%P)



Gambar 4.3 Struktur Mikro Sampel dengan Perbesaran 1000X (a) Sampel X (0.00376%P) (b) Sampel D (0.0039%P) (c) Sampel E (0.0041%P) (d) Sampel F (0.0045%P)

Secara umum, pada paduan silikon eutektik, lebih dari 50 % strukturnya didominasi oleh struktur silikon eutektik. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.7 subbab 2.5.3 yang menunjukkan bahwa secara umum jumlah partikel silikon eutektik pada paduan aluminium silikon memiliki perbandingan yang jauh lebih besar dari silikon primer dan matriks Al-Si.

Pada foto struktur mikro dengan perbesaran 450X terlihat adanya perubahan struktur dari silikon eutektik. Akan tetapi, struktur dari silikon eutektik masih belum terlihat cukup jelas. Pada sampel X, silikon eutektik yang terbentuk berupa jarum-jarum tajam dengan ukuran yang kecil dan saling berhubungan satu

sama lainnya. Pada sampel D, terlihat perubahan yang sangat jelas dimana struktur silikon eutektik yang terbentuk terlihat seperti bentuk *fibrous* yang agak kasar. Akan tetapi, pada foto struktur mikro dengan perbesaran ini belum terlihat secara jelas bentuk silikon eutektik yang terbentuk pada sampel D. Pada sampel E, struktur silikon eutektik tersebut kembali menjadi jarum-jarum kasar dengan sedikit terlihat seperti bentuk *fibrous* pada bagian tertentu. Namun demikian, konsentrasi dari silikon eutektik pada sampel ini menjadi lebih berkurang jika dibandingkan dengan sampel X, dan D. Begitu juga dengan sampel F, dimana pada sampel tersebut jarum-jarum silikon eutektik terlihat lebih tajam dengan bentuk seperti dendrit-dendrit pada hampir seluruh bagian sampel dan dengan jumlah konsentrasi yang semakin sedikit bahkan pada sampel F ini terlihat munculnya beberapa silikon primer.

Pada foto struktur mikro dengan perbesaran 1000X, perubahan dari morfologi silikon eutektik terlihat jauh lebih jelas. Foto yang diambil pada perbesaran ini lebih difokuskan terhadap bagian silikon eutektik dari paduan tersebut. Pada perbesaran ini terlihat jelas bentuk dari silikon eutektik. Pada sampel X misalnya, ternyata setelah diperbesar bagian silikon eutektiknya terlihat adanya jarum-jarum silikon eutektik yang halus dan berukuran kecil yang saling bersinggungan dan cenderung merata pada seluruh bagian. Pada sampel D, bentuk silikon yang terlihat seperti bentuk *fibrous* tersebut ternyata cukup berbeda dengan bentuk *fibrous* hasil modifikasi stronsium yang terdapat pada gambar 2.5. Pada foto ini bagian yang seperti *fibrous* ini terlihat seperti *mixture* aluminium-silikon eutektik yang berukuran sangat kecil dan saling mengumpul. Kemudian pada sampel E, jarum-jarum silikon eutektik ini semakin terlihat lebih jelas, dimana jarum-jarum tersebut jika dibandingkan dengan perbesaran 450X, ternyata pada perbesaran ini terlihat lebih seperti *flake-flake* dengan ukuran yang kecil. Begitu juga dengan sampel F, pada sampel ini jarum-jarum silikon eutektik yang terbentuk menjadi lebih panjang dan kasar dengan sedikit silikon eutektik yang berbentuk *flake*.

Morfologi dari silikon eutektik ini dapat dipengaruhi oleh kandungan fosfor pada masing-masing sampel. Secara umum, pengaruh jumlah kandungan fosfor dengan struktur eutektik yang terbentuk pada penelitian ini dapat dirangkum sebagai berikut:

- Sampel X dengan kandungan fosfor 0.0037% (37 ppm) struktur mikro yang dihasilkan adalah jarum-jarum silikon eutektik yang halus dengan ukuran yang kecil.
- Sampel D dengan kandungan fosfor 0.0039% (39 ppm) menghasilkan struktur silikon eutektik yang sangat halus yang berbentuk seperti bentuk *fibrous*. Dari hasil pengamatan struktur mikro pada sampel ini terlihat bahwa penambahan sebesar 2 ppm fosfor dapat mengubah morfologi silikon eutektik yang sebelumnya berbentuk jarum-jarum halus menjadi bentuk *mixture* aluminium silikon yang halus (seperti bentuk *fibrous*). Hal ini sesuai dengan literatur yang mengatakan bahwa penambahan fosfor akan meningkatkan jumlah inti dari silikon eutektik, sehingga akan dihasilkan struktur yang halus^[22].
- Sampel E dengan kandungan fosfor 0.0041% (41 ppm) dan stronsium 0.00039% (3.9 ppm) menghasilkan struktur silikon eutektik yang berbentuk *flake-flake* kecil. Hal ini memperlihatkan adanya mekanisme pertumbuhan pada silikon eutektik akibat penambahan fosfor sebanyak 2 ppm dari sampel sebelumnya. Berdasarkan literatur, dapat diasumsikan bahwa jumlah fosfor tersebut sudah melebihi batas optimal (*over refinement*) sehingga proses pengintian menjadi terhambat dan terjadi mekanisme pertumbuhan silikon eutektik^[2].
- Sampel F dengan kandungan fosfor 0.0045% (45 ppm) menghasilkan struktur silikon eutektik yang berbentuk jarum-jarum tajam kasar seperti dendrit dengan ukuran yang semakin besar. Hal ini menunjukkan terjadinya mekanisme pertumbuhan yang semakin meningkat seiring dengan penambahan fosfor sebanyak 4 ppm (*over refinement*).

Perubahan-perubahan yang terjadi pada struktur silikon eutektik ini akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mekanis dari paduan. Dimana berdasarkan hasil foto struktur mikro ini dapat diambil kesimpulan sementara, yaitu sampel D memiliki sifat mekanis yang lebih baik dari sampel-sampel lainnya.

4.3 PENGUJIAN KEKUATAN TARIK

Data hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 4.5. Satuan yang digunakan pada mesin uji tarik ini adalah *kilogramforce* (kgf). Sehingga terlebih dahulu dilakukan konversi ke satuan MPa.

Dimana :

$$1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$$

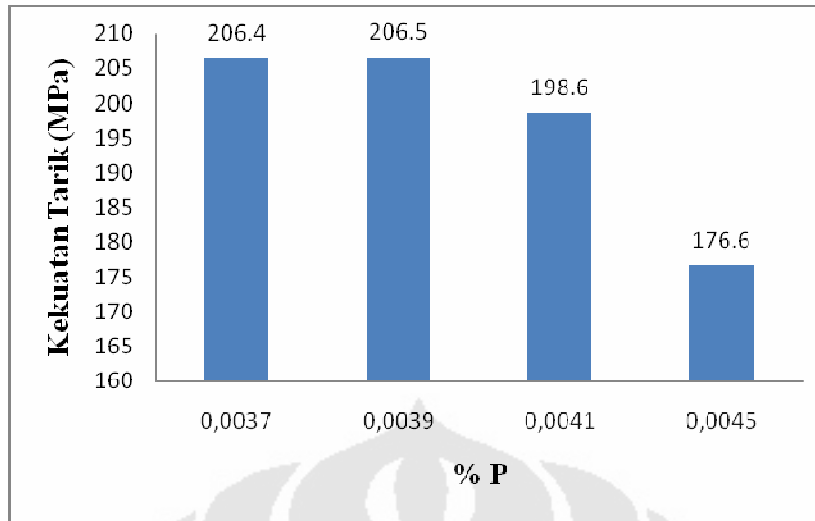
Sehingga,

$$1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ MPa}$$

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Sampel	%P	Pengujian			Rata-rata (kgf)	Rata-rata (MPa)
		1	2	3		
X	0.0037	21.1	20.9	21.2	21.04	206.4
D	0.0039	21.8	21.9	19.5	21.05	206.5
E	0.0041	19.7	21	20.1	20.2	198.6
F	0.0045	18.9	15.3	19.9	18	176.6

Dari data pada tabel 4.5 kemudian di plot ke dalam sebuah grafik batang, sehingga akan dihasilkan grafik perbandingan antara jumlah kandungan fosfor dengan kekuatan tarik seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Tarik

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, jumlah fosfor yang optimal untuk ditambahkan pada paduan aluminium silikon hipereutektik (13-25%Si) adalah berada pada rentang 0.003-0.015%P bergantung dari kondisi pengecorannya^[2]. Jumlah penambahan fosfor meningkat seiring dengan semakin besar dan banyaknya jumlah silikon primer yang terbentuk atau dengan kata lain seiring dengan meningkatnya kandungan silikon.

Pada penelitian ini kandungan silikon yang terdapat pada *master alloy* hanya berkisar antara 11.5-12% Si sehingga seharusnya jumlah fosfor yang ditambahkan kurang dari 0.003% untuk mencegah terjadinya *over refinement*. Meski demikian, pada kenyataannya jumlah fosfor yang terdapat pada penelitian ini adalah lebih dari 0.003%.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.4 terlihat adanya peningkatan nilai kekuatan tarik seiring dengan penambahan fosfor dari 0.0037% ke 0.0039% atau sebesar 2 ppm fosfor. Meski demikian, peningkatan kekuatan tarik tersebut sangatlah kecil yaitu sebesar 0.1 MPa. Berdasarkan hasil foto struktur mikro pada subbab sebelumnya, seharusnya perubahan morfologi silikon eutektik pada sampel D akan ikut meningkatkan sifat mekanis dari paduan tersebut. Akan tetapi, sifat mekanis dari paduan Al-Si tidak hanya ditentukan oleh morfologi dari silikon eutektik melainkan juga bentuk, ukuran dan distribusi dari fasa kedua partikel silikon, porositas, DAS serta struktur butir^[22]. Sehingga terdapat kemungkinan

bahwa modifikasi dari silikon eutektik ini tidak diikuti dengan tingkat porositas yang semakin baik, serta terdapatnya fasa kedua pada paduan tersebut yang menyebabkan nilai kekuatan tarik dari sampel D tidak jauh berbeda dari sampel X yang memiliki struktur silikon eutektik berbentuk jarum-jarum halus. Selain itu, pengaruh unsur paduan juga dapat mempengaruhi sifat mekanis dari paduan Al-Si^[7]. Pada hasil pengujian komposisi kimia subbab 4.1 (sampel D, E dan F) terlihat adanya beberapa unsur paduan yang mengalami penurunan kandungan unsur, seperti Cu dan Mg. Penurunan kandungan Cu dan Mg ini dapat mengakibatkan penurunan pada sifat mekanis dari paduan.

Penurunan nilai kekuatan tarik terjadi pada sampel E, dimana kekuatan tarik pada sampel ini adalah 198.6 MPa atau menurun sebesar 3.83% dari sampel D. Penurunan kekuatan ini salah satunya dapat disebabkan oleh struktur silikon eutektik yang terbentuk, dimana pada sampel E dengan kandungan fosfor 0.0041% dihasilkan struktur yang berbentuk jarum yang agak tebal sehingga terlihat seperti *flake-flake* kecil kecil yang kasar. Terbentuknya silikon yang berbentuk *flake* ini dikarenakan mulai terjadinya *over refinement* pada peningkatan kandungan fosfor tersebut. Paduan aluminium silikon dengan bentuk *flake* akan mengakibatkan material menjadi getas sehingga akan menurunkan sifat mekanis dari paduan tersebut. Akan tetapi, penurunan nilai kekuatan tarik tersebut tidak terlalu signifikan. Hal ini karena bentuk dari silikon eutektik tersebut tidak berubah terlalu drastis, dimana silikon eutektik tersebut masih terlihat sedikit halus.

Penurunan kekuatan tarik yang signifikan terjadi pada sampel F dengan kandungan fosfor 0.0045% dimana terjadi penurunan nilai kekuatan tarik sebesar 11.1% dari sampel sebelumnya, yaitu sampel E (0.0041% P). Penyebab penurunan ini dapat dianalisa dari struktur yang terbentuk pada sampel ini. Terdapatnya struktur jarum yang tajam dan dendrit pada silikon eutektik, serta peningkatan ukuran dari silikon eutektik akan menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik. Dalam hal ini, terjadinya *over refinement* terlihat jelas pada paduan tersebut (sampel F).

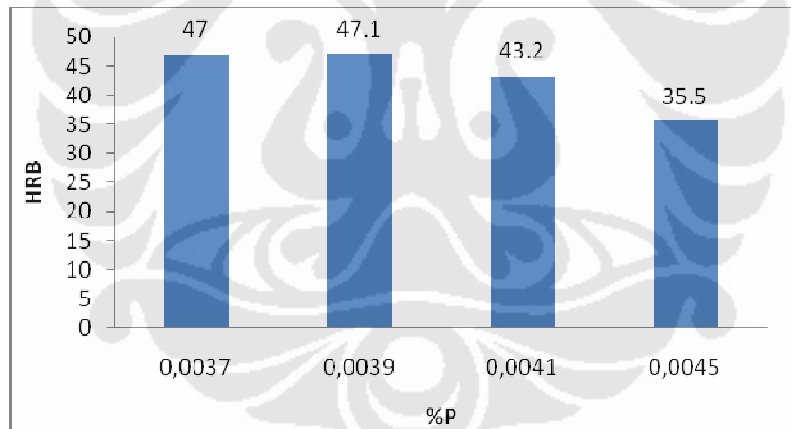
4.4 PENGUJIAN KEKERASAN

Sama halnya seperti hasil pengujian kekuatan tarik, pada pengujian kekerasan juga diperoleh data yang hampir sebanding dengan data pengujian tarik. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel. 4.6 Hasil Pengujian Kekerasan

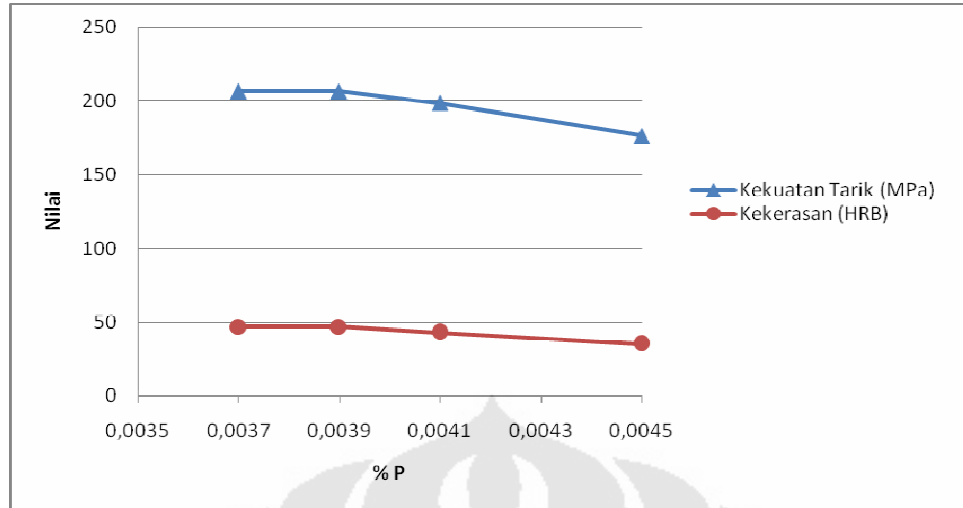
Sampel	%P	Pengujian					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
X	0.0037	45.8	46.4	47.3	47.2	48.1	47.0 HRB
D	0.0039	42.2	47.3	51.4	47.9	46.8	47.1 HRB
E	0.0041	44.4	37.3	43.9	45.6	44.6	43.2 HRB
F	0.0045	36.9	36.9	31.9	35.9	35.8	35.5 HRB

Dari data hasil uji kekerasan, jika dibuat dalam grafik batang maka akan terlihat seperti pada gambar di bawah.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Kekerasan

Pada grafik hasil uji kekerasan, terlihat adanya sedikit peningkatan nilai kekerasan dari sampel X ke sampel D dan kemudian mengalami penurunan pada sampel-sampel berikutnya. Berdasarkan literatur, nilai kekerasan akan berbanding lurus dengan kekuatannya^[25]. Dari data yang ditampilkan terlihat adanya kesesuaian dengan literatur dimana nilai dari kekuatan tarik dan kekerasan pada penelitian ini hampir berbanding lurus. Hal ini dapat dilihat pada grafik perbandingan nilai kekuatan tarik dan kekerasan berikut.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Tarik dan Kekerasan Sampel

Walaupun kedua pengujian ini memiliki nilai yang sebanding. Akan tetapi mekanisme atau prinsip dari kedua pengujian ini cukup berbeda. Pada pengujian tarik, prinsip pengujiannya lebih didasari pada perambatan retak, sehingga nilai kekuatannya didasari pada ikatan antara fasa-fasa yang terbentuk serta distribusinya. Dengan kata lain, nilai kekuatan tarik didasari oleh bentuk serta distribusi struktur mikro secara keseluruhan. Sedangkan pada pengujian kekerasan, nilai kekerasan yang didapat didasari dari pergerakan dislokasi yang terjadi pada daerah yang mengalami penjejakan.

Pembahasan mengenai hasil uji kekerasan ini tidak jauh berbeda dengan pembahasan dari hasil uji tarik, dimana besarnya nilai kekerasan akan bergantung pada struktur mikro yang terbentuk. Pada sampel X, distribusi yang hampir merata dari silikon eutektik menyebabkan sulit terjadinya pergerakan dislokasi sehingga didapatkan nilai kekerasan yang tinggi, yaitu sebesar 47 HRB. Pada sampel D, dengan bentuk silikon eutektik yang sangat kecil maka akan menghambat pergerakan dislokasi akibat banyak terdapatnya batas butir, sehingga kekerasan yang diperoleh juga cukup tinggi. Pada sampel E dan F, nilai kekerasan dipengaruhi oleh bentuk silikon eutektik yang berbentuk *flake-flake* serta bentuk jarum-jarum tajam yang akan menurunkan nilai kekerasan.

4.5 PENGUJIAN KEAUSAN

Data yang didapat dari hasil pengujian keausan ini adalah berupa lebar celah yang terabrasi. Kemudian dari data tersebut dihitung laju aus dari setiap sampel dengan menggunakan persamaan 3.2 pada bab 3.

Tabel 4.7 Data Hasil Uji Aus (Lebar Celah Terabrasi)

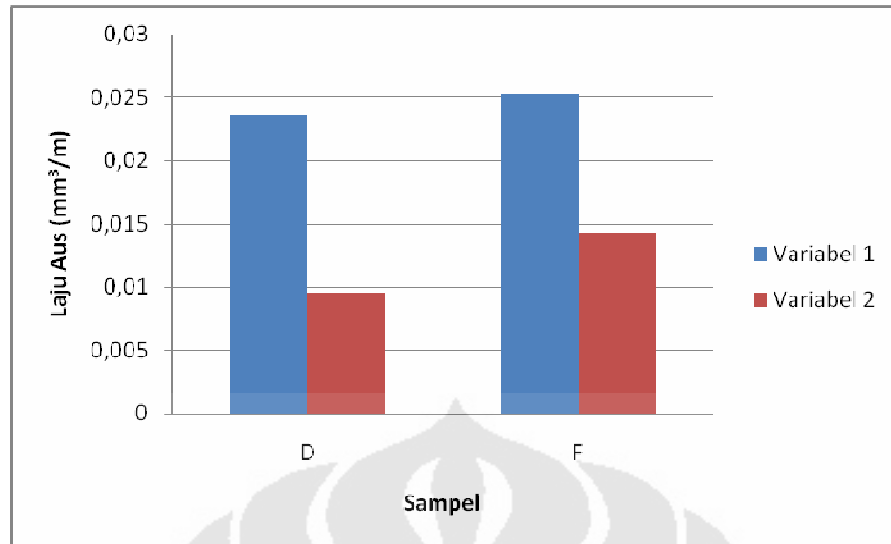
Variabel	Sampel	
	D (mm)	F (mm)
I	5.216	5.332
II	4.85	5.557

Tabel 4.8 Data Hasil Uji Aus (Laju Aus)

Variabel	Sampel	
	D (mm ³ /m)	F (mm ³ /m)
I	0.0236	0.0253
II	0.00953	0.0143

Pada pengujian keausan, sampel yang diuji hanya dua sampel yang masing-masing memiliki sifat mekanis terendah dan tertinggi. Pengujian keausan ini hanya bertujuan untuk membuktikan bahwa nilai ketahanan aus dari material adalah sebanding dengan kekuatan dan kekerasannya. Pada penelitian ini sampel yang memiliki sifat mekanis yang tertinggi adalah sampel D dan yang terendah adalah sampel F, sehingga sampel yang diuji adalah sampel D dan F.

Pengujian ketahanan aus pada penelitian ini menggunakan 2 macam variabel uji, yaitu dengan mengubah jarak luncur dan beban pada mesin uji aus Ogoshi. Penggunaan dua variabel yang berbeda ini dimaksudkan untuk mempertegas hasil uji keausan yang didapat, dimana seharusnya antara variabel 1 dan variabel 2 memiliki perbandingan yang berbanding lurus.



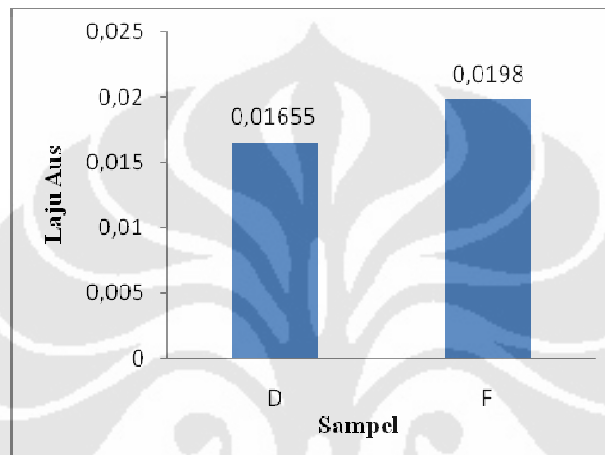
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Hasil Uji Aus Sampel D dan F dengan Variabel 1 dan Variabel 2

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa hasil dari uji aus antara sampel X dan F sebanding dengan hasil dari pengujian kekuatan tarik dan kekerasan. Pada grafik tersebut juga diketahui bahwa pada variabel 1 dan 2, keduanya memiliki perbandingan yang hampir berbanding lurus.

Nilai ketahanan aus dari suatu material bergantung dari struktur mikro pada material tersebut. Struktur mikro yang tersebar merata dan memiliki bentuk yang halus akan memberikan ketahanan aus yang lebih baik pada material tersebut. Pada sampel D didapatkan nilai laju aus sebesar 0.0236 pada variabel 1 dan 0.00953 pada variabel 2. Sedangkan pada sampel F nilai laju ausnya adalah 0.0253 pada variabel 1 dan 0.0143 pada variabel 2.

Pada variabel 1 terlihat bahwa nilai laju aus dari kedua sampel D dan F jauh lebih tinggi dari variabel 2, yaitu kurang lebih 2 kali lebih tinggi dari variabel 2. Hal ini dikarenakan pada variabel 1 beban yang digunakan adalah 6.32 kg sedangkan pada variabel 2 beban yang digunakan hanya 3.16 kg. Dari nilai laju aus pada variabel 1 dan 2 dapat dianalisa bahwa nilai laju aus dari material bergantung dari faktor luar atau beban yang diterima oleh material. Semakin tinggi beban yang diterima oleh material, maka akan semakin tinggi juga laju ausnya.

Meski demikian, nilai laju aus dari material tersebut akan berbanding lurus dengan beban yang diterima, dengan catatan kondisi operasi keduanya sama seperti kecepatan gesek dan kondisi lingkungannya. Dengan dasar hal tersebut, maka nilai laju aus dari masing-masing sampel dapat ditentukan dengan cara mengambil nilai rata-rata dari kedua variabel pengujian. Sehingga akan didapatkan perbandingan nilai laju aus dari sampel D dan F, seperti yang terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Nilai Laju Aus Rata-rata pada Masing-masing Sampel

Dari grafik tersebut dapat dilihat, bahwa laju aus dari sampel F lebih tinggi dari sampel D. Hal ini menunjukkan bahwa sampel F memiliki ketahanan aus yang lebih buruk dari sampel D. Perbedaan nilai laju aus antara sampel D dan F adalah sebesar 16.4%. Sehingga dari hasil pengujian aus ini dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan fosfor sebesar 6 ppm, yaitu dari sampel D (0.0039%P) ke sampel F (0.0045%P) akan menurunkan ketahanan aus hingga 16.4%.

Turunnya ketahanan aus ini dapat dipengaruhi oleh struktur mikro yang terbentuk. Pada struktur mikro sampel D (gambar 4.2) terlihat distribusi silikon eutektik yang sangat luas dan bentuk silikon yang halus, sehingga didapatkan ketahanan aus yang baik. Sedangkan pada sampel F, terlihat jelas bahwa struktur silikon eutektik yang terbentuk jauh lebih sedikit dari sampel D. Selain itu bentuk dari silikon eutektik jauh lebih kasar dan tajam juga dapat mempengaruhi turunnya ketahanan aus dari sampel ini.