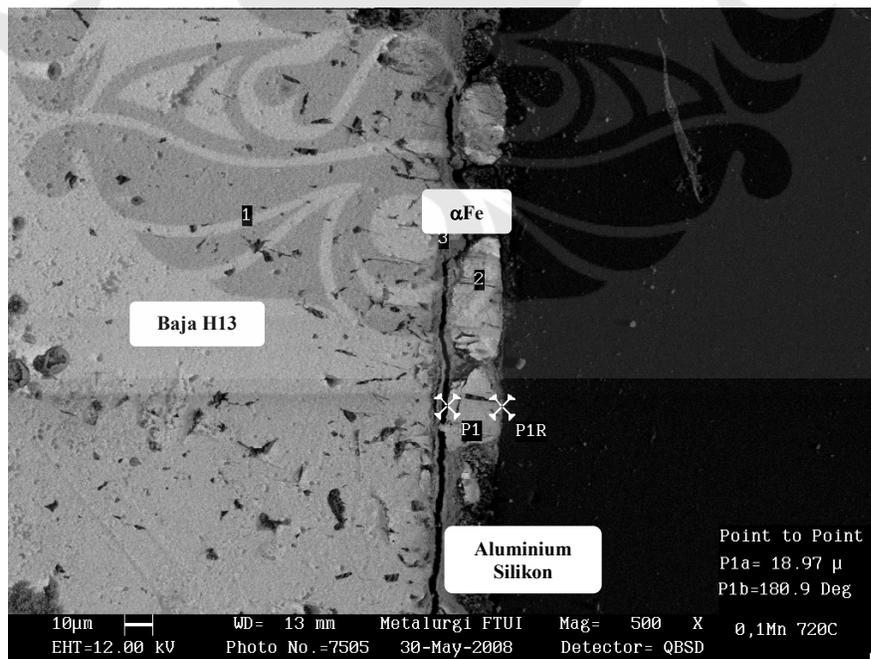


BAB IV

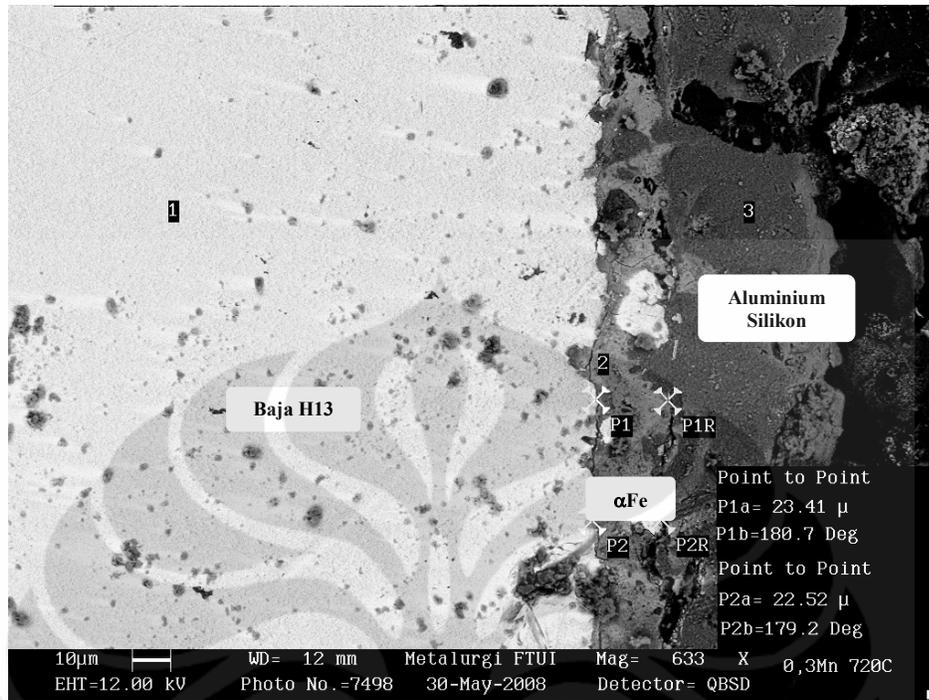
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. PENGARUH PENAMBAHAN MANGAN TERHADAP SIFAT FISIK LAPISAN INTERMETALIK

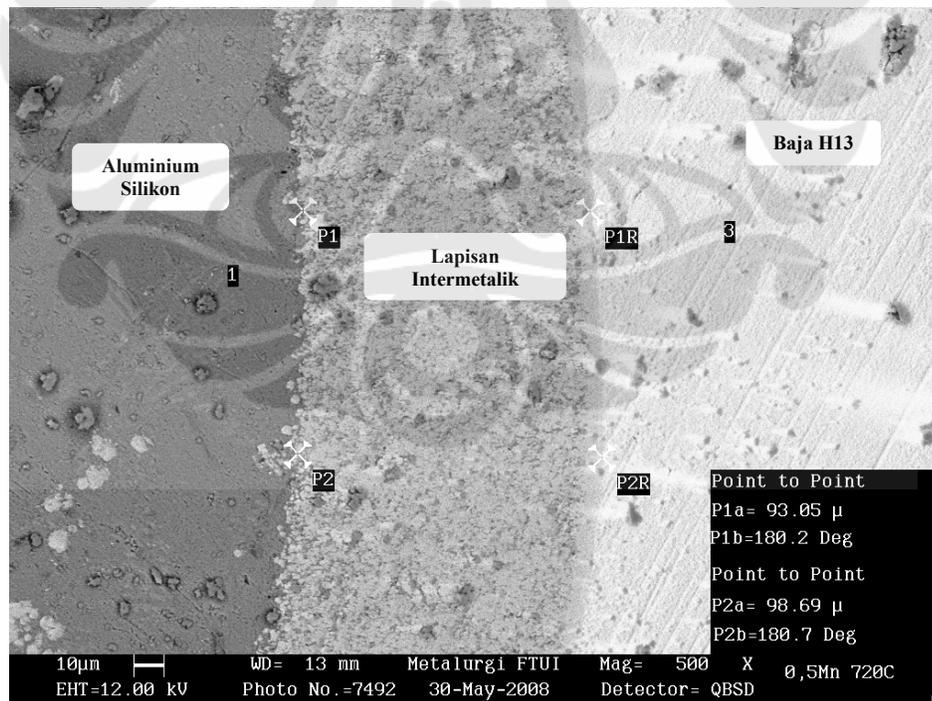
Dalam sub bab ini akan dibahas pengaruh penambahan mangan terhadap sifat fisik dari lapisan intermetalik yang terbentuk pada penambahan mangan 0.1wt%, 0.3wt%, 0.5wt%, dan 0.7wt% masing-masing dilakukan pada temperatur 700⁰C, 720⁰C, dan 740⁰C. Sifat fisik yang akan dibahas lebih difokuskan terhadap ketebalan dari lapisan intermetalik yang terbentuk. Disamping itu pula akan dibahas jenis-jenis lapisan intermetalik yang mungkin terbentuk dari penambahan mangan tersebut pada temperatur yang tersebut diatas. Dari segi morfologi lapisan intermetalik dapat dilihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4.



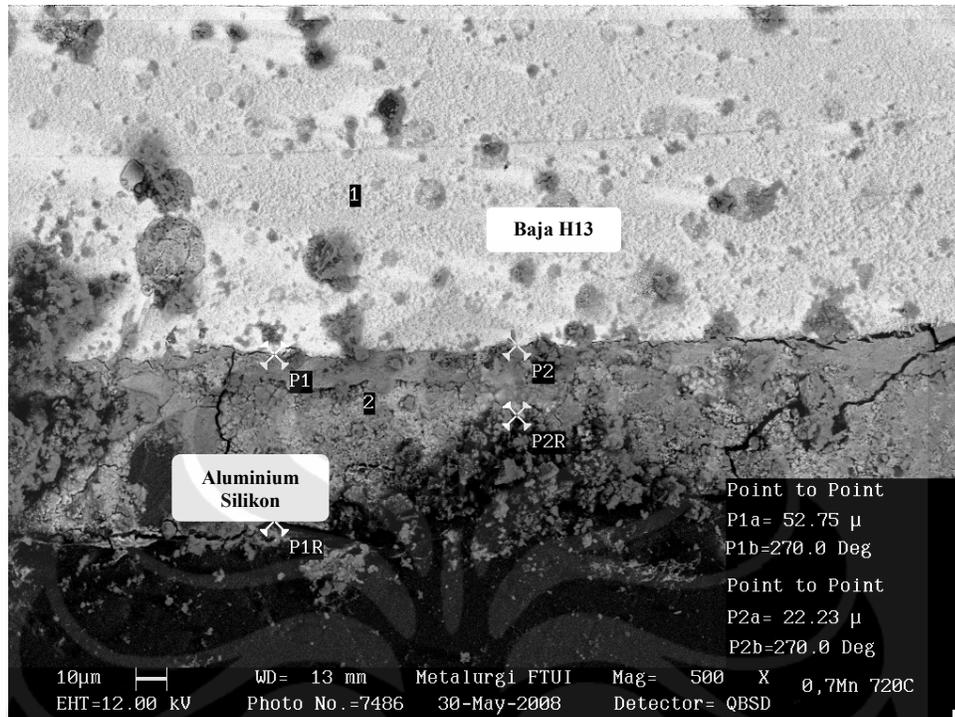
Gambar 4.1 Hasil Pengujian SEM Ketebalan Lapisan Intermetalik antara Baja H13 dengan Paduan Al-7%Si + 0.1 wt%Mn dan Temperatur Celup 720⁰C



Gambar 4.2 Hasil Pengujian SEM Ketebalan Lapisan Intermetalik antara Baja H13 dengan Paduan Al-7%Si + 0.3 wt%Mn dan Temperatur Celup 720°C



Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM Ketebalan Lapisan Intermetalik antara Baja H13 dengan Paduan Al-7%Si + 0.5 wt%Mn dan Temperatur Celup 720°C



Gambar 4.4 Hasil Pengujian SEM Ketebalan Lapisan Intermetalik antara Baja H13 dengan Paduan Al-7%Si + 0.7 wt%Mn dan Temperatur Celup 720⁰C

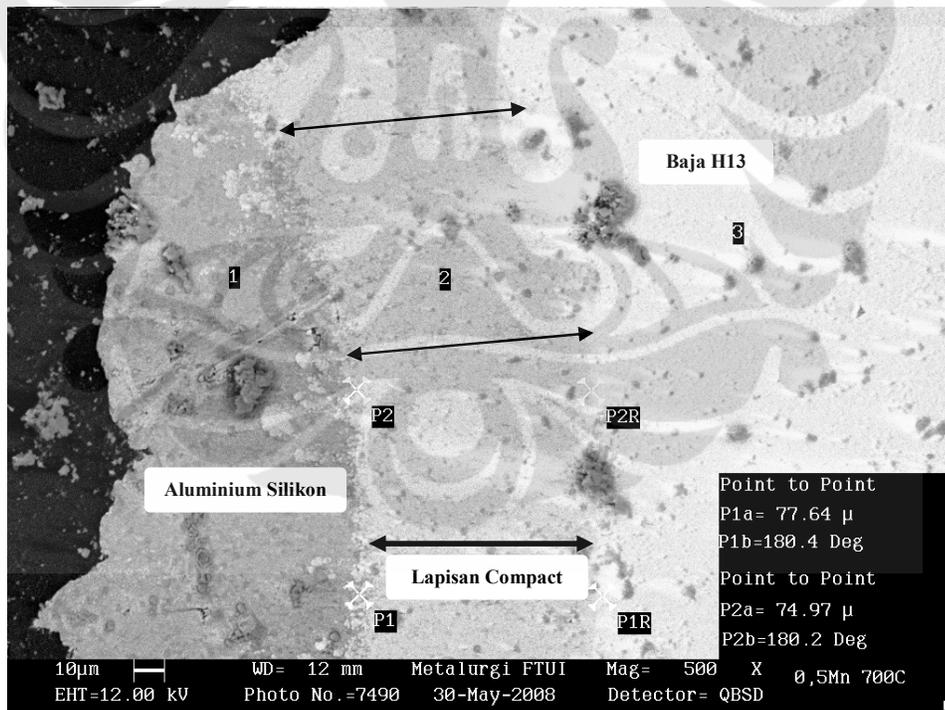
Morfologi pada gambar 4.1 menunjukkan ada 2 tekstur, yaitu daerah gelap dan daerah terang. Daerah gelap adalah daerah paduan aluminium silikon, sedangkan pada daerah terang adalah baja H13. Pada penambahan 0.1 wt%Mn Al-7wt%Si dengan temperatur celup 720⁰C masih belum terdapat lapisan intermetalik. Akan tetapi sudah mulai terbentuk α Fe pada bagian permukaan baja H13. Fenomena ini merupakan tahap pertama dari proses *die soldering*. Hal yang sama juga terjadi pada penambahan 0.3 wt%Mn Al-7wt%Si dengan temperatur celup 720⁰C sesuai dengan gambar 4.2.

Gambar 4.3 menunjukkan penambahan 0.5 wt%Mn Al-7wt%Si dengan temperatur celup 720⁰C. Dari tekstur tersebut, terdapat 3 penampakan yang berbeda, yaitu putih terang, putih gelap, dan daerah gelap. Daerah yang putih terang adalah H13, daerah putih gelap adalah lapisan intermetalik, sedangkan daerah gelap adalah paduan aluminium silikon. Lapisan intermetalik ini berupa senyawa FeAl₃, yang identifikasi perolehan senyawa tersebut akan dijelaskan kemudian. Untuk penambahan 0.7wt%Mn Al-7wt%Si dengan temperatur celup

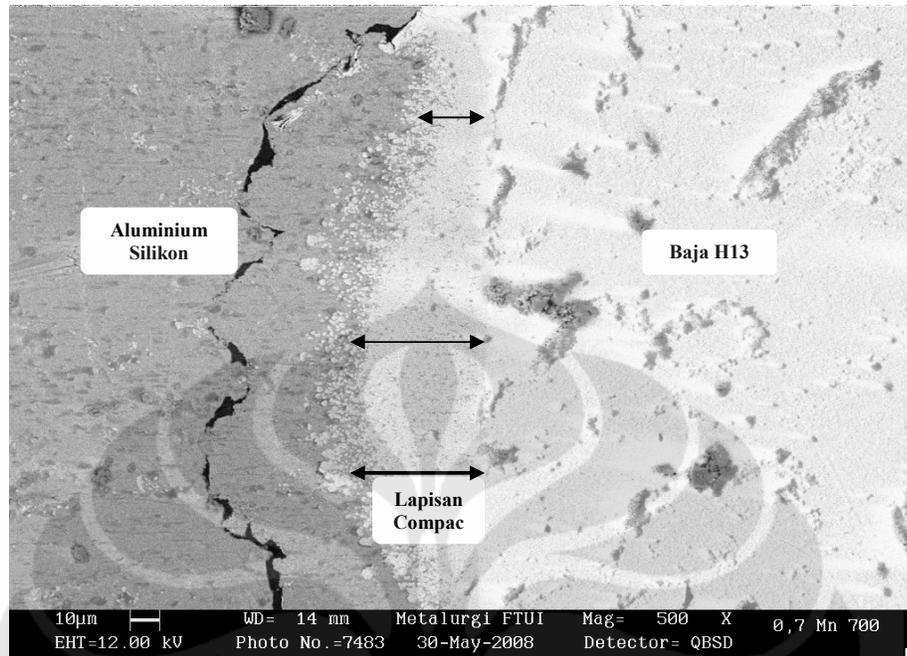
720⁰C belum terjadi lapisan intermetalik, karena difusi Al kedalam H13 masih belum terjadi.

4.1.1. Ketebalan Lapisan Intermetalik

Setelah dilakukan pengujian SEM yang dilengkapi dengan EDS terhadap sampel H13 yang sudah dicelup kedalam aluminium silikon yang ditambahkan Mn dapat diketahui adanya indikasi lapisan intermetalik. Pengujian SEM dan EDS dilakukan pada 12 sampel yang berbeda, yaitu pada temperatur 700⁰C, 720⁰C, dan 740⁰C masing-masing dilakukan pengujian pada penambahan Mn 0.1, 0.3, 0.5, dan 0.7%. Sehingga dari pengujian ini diperoleh 12 gambar SEM, dan minimal dua hasil EDS dari masing-masing sampel. Dari 12 gambar SEM tersebut, memiliki penampakan yang sama dalam lapisan intermetaliknya. Oleh karena itu, untuk mengetahui metode perhitungan ketebalan lapisan, akan dijelaskan pada gambar 4.5 dan 4.6.

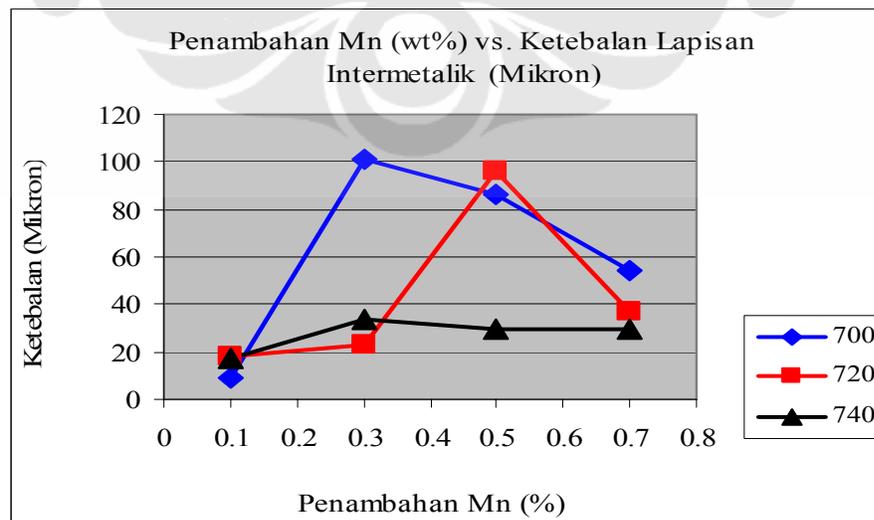


Gambar 4.5 Hasil Pengujian SEM ketebalan lapisan intermetalik antara baja H13 dengan paduan Al-7%Si + 0.5 wt%Mn dan temperatur celup 700⁰C



Gambar 4.6 Hasil Pengujian SEM ketebalan lapisan intermetalik antara baja H13 dengan paduan Al-7%Si + 0.7 wt%Mn dan temperatur celup 700^oC

Kedua sampel ini diambil untuk mensimulasikan perhitungan ketebalan lapisan intermetalik serta memperlihatkan keberadaan tekstur dari lapisan intermetalik itu sendiri. Gambar SEM untuk sampel yang lainnya dapat diwakili dari kedua gambar berikut (gambar 4.5 dan 4.6). Sedangkan untuk gambar sampel yang lain terlampir. Lapisan intermetalik diukur ketebalannya setelah dilakukan pengujian EDS untuk mengetahui komposisi kimianya.



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Penambahan Mn Terhadap Ketebalan Lapisan Intermetalik

Perhitungan ketebalan untuk gambar 4.5 dilakukan di sepanjang lapisan *compact*. Kalau dilihat dari penampakkannya hanya ada dua tekstur yang terbentuk dalam sampel ini, yaitu lapisan intermetalik *compact* dan paduan aluminium silikon. Ketebalan lapisan intermetalik hanya memperhitungkan panjang lapisan *compact* saja. Lapisan *compact* adalah lapisan intermetalik yang terbentuk antara baja H13 dengan aluminium cair dengan komposisi kimia yang dominan adalah Fe-Al. Sedangkan lapisan *broken* adalah lapisan intermetalik yang terbentuk setelah lapisan *compact* dengan pertumbuhan keluar dari baja H13 mengarah ke paduan aluminium silikon.

Perhitungan ketebalan dilakukan pada sepanjang lapisan dengan mengambil titik terendah dan titik tertinggi untuk dirata-rata. Walaupun lapisan yang terbentuk hampir merata ketebalannya, seperti pada gambar 4.5, maka untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, dilakukan perhitungan panjang ketebalan di beberapa titik. Kalau melihat kondisi lapisan intermetalik pada gambar 4.6, maka perhitungan ketebalan lapisan harus diambil di beberapa titik, karena lapisan ini mempunyai ketebalan yang tidak sama.

Gambar 4.5 terlihat dengan jelas memiliki lapisan *compact*, lapisan ini memiliki komposisi kimia 68at%Al, 12.41at%Fe, 3.4at%Mn, dan 8.21at%Si. Kalau melihat terhadap komposisi lapisan yang terjadi, maka seharusnya dalam lapisan ini terdapat lapisan *broken*. Akan tetapi lapisan ini tidak tampak, dan ada kemungkinan sangat kecil ketebalannya. Dengan demikian, apabila terjadi kasus yang seperti ini, maka perhitungan ketebalan lapisan adalah menghitung ketebalan lapisan total, walaupun sebenarnya ketebalan lapisan *broken* sangat tipis dan bahkan tidak kelihatan. Hal yang sama juga terjadi pada gambar 4.6 yang hanya satu lapisan dan mempunyai ketebalan yang tidak sama. Sehingga dalam perhitungan ketebalan untuk lapisan jenis ini harus mengambil beberapa titik untuk dirata-rata. Kandungan komposisi kimia lapisan ini hampir sama dengan kadar Mn 0.5% pada temperatur 700⁰C (gambar 4.5). Sampel ini memiliki 72.04at%Al, 14.2at%Fe, 3.3at%Mn, dan 7.22at%Si. Kalau dilihat dari persentase komposisi kimia, sampel ini hampir mirip dengan Gambar 4.5. Ketebalan yang dimiliki oleh lapisan *compact* ini adalah 54 mikron, dengan penyebaran lapisan yang hampir merata diseluruh permukaan baja perkakas H13.

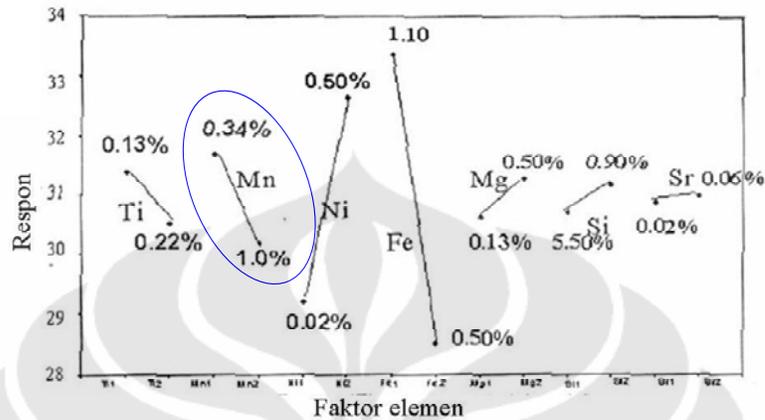
Ketebalan lapisan intermetalik yang terbentuk dipengaruhi oleh adanya penambahan mangan yang bermacam-macam dalam temperatur berbeda. Pengaruh tersebut dapat dilihat pada gambar 4.7. Untuk penelitian Al-7wt%Si hanya diperoleh satu lapisan intermetalik, yaitu lapisan *compact*. Lapisan *compact* adalah lapisan pertama yang terbentuk pada cetakan yang umumnya disusun oleh unsur besi dan aluminium. Dalam penelitian ini ada beberapa sampel yang memiliki lapisan *compact* dan lapisan *broken*, hanya saja karena lapisan *broken* yang terbentuk sangat tipis, maka perhitungan ketebalan langsung dihitung total dengan lapisan *compact* yang terbentuk.

Dari gambar 4.7 ketebalan lapisan intermetalik meningkat sampai kadar Mn tertentu dan menurun kembali sampai kadar 0.7%Mn. Pada kadar Mn 0.1% lapisan *compact* yang terbentuk adalah 9, 18, dan 17 mikron. Lapisan yang terbentuk sangat tipis dibandingkan dengan lapisan *compact* yang lain pada kadar Mn yang berbeda. Pada kadar Mn 0.3wt% mempunyai fenomena yang menarik, pada temperatur 700⁰C lapisan intermetalik mencapai puncak ketebalan yang dimilikinya, yaitu sebesar 101 mikron. Pada temperatur 720⁰C ketebalan lapisan puncak terjadi pada penambahan Mn 0.5wt%, dengan ketebalan 96 mikron. Sedangkan pada temperatur 740⁰C ketebalan lapisan puncak terdapat pada penambahan Mn 0.3wt% dengan ketebalan 34 mikron.

Sementara itu, untuk kadar Mn 740⁰C, lapisan *compact* yang dicapai oleh semua temperatur terjadi sangat tipis dibandingkan dengan temperatur lain. Dalam kasus ini, penulis sepakat dengan literatur yang mengatakan bahwa mangan mempunyai ketebalan lapisan yang meningkat sampai 50% pada temperatur 720-730⁰C dengan kadar penambahan mangan 1-3%.

Pada temperatur 700⁰C dan 740⁰C, lapisan *compact* mencapai lapisan tertinggi dan setelah itu menurun kembali sampai kadar Mn 0.7%. Mengacu pada literatur bahwa penambahan Mn efektif menurunkan *die soldering* pada kadar Mn 0.34% sampai 1% yang dapat dilihat pada gambar 4.8. Kemiringan yang positif mengindikasikan bahwa penambahan unsur akan memicu timbulnya *die soldering*, sementara kemiringan negatif mengindikasikan hal yang sebaliknya. Jadi dengan meningkatnya penambahan Mn dari 0.34% sampai 1.0% akan

menurunkan ketebalan lapisan intermetalik dan kecendrungan terjadinya *die soldering*.



Gambar 4.8 Pengaruh Utama dari Interaksi Unsur Terhadap Material Cetakan H13 [9]

Jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan Mn diatas 0.3% pada temperatur 700⁰C efektif menurunkan *die soldering* dari ketebalan lapisan 101 mikron pada 0,3%Mn sampai 86 mikron di kadar 0,5%Mn dan 54 mikron pada kadar Mn 0,7%. Pada temperatur 720⁰C, penambahan Mn efektif menurunkan fenomena *die soldering* setelah penambahan 0,5%Mn. Untuk temperatur 740⁰C, mempunyai kecendrungan yang sama dengan temperatur 700⁰C. Artinya pada temperatur 740⁰C, penambahan mangan diatas 0.3wt% efektif menurunkan *die soldering* .

Adapun pengaruh temperatur bahwa dengan meningkatnya temperatur maka ketebalan lapisan semakin menurun. Kecendrungan ini terdapat dalam berbagai kadar Mn. Untuk kadar Mn 0,1% penurunan ini tidak terlihat secara signifikan. Secara umum, dari gambar 4.7 dapat dikatakan bahwa semakin tinggi temperatur, ketebalan lapisan intermetalik cenderung untuk berkurang. Dalam fenomena ini, penulis merujuk terhadap penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Joshi[15], yang mengatakan bahwa ketebalan lapisan intermetalik pada temperatur 710⁰C lebih tinggi dibandingkan pada temperatur 740⁰C. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini ditemukan tentang ketebalan lapisan intermetalik yang semakin menurun seiring dengan naiknya temperatur.

4.1.2. Jenis-Jenis Lapisan Intermetalik

Lapisan intermetalik terdiri dari berbagai unsur, antara lain Al, Fe, Mn, dan Si. Persentase berat atom dari masing-masing unsur tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Lapisan Intermetalik pada Penambahan Mn

Penambahan Mn (%)	Temp.	Kode Sampel	Al	Fe	Mn	si
0.1	700	1	2.11	53.46		2.67
	720	2	2.84	31.26		3.79
	740	3	75.26	1.13		4
0.3	700	4	73.97	7.61	1.26	5.81
	720	5	0.76	25.71		0.58
	740	6	1.98	31.2		1.32
0.5	700	7	68.2	12.41	3.4	8.21
	720	8	78.77	10.06	1.86	6.28
	740	9	0	80.86		5.6
0.7	700	10	72.04	14.2	3.3	7.22
	720	11	0	69.25		1.93
	740	12	0	10.67		36

Tidak semua lapisan intermetalik mempunyai unsur Mn dan Si. Lapisan intermetalik yang terbentuk dapat berupa senyawa biner (Al, Fe) dan senyawa *ternary* Al(Fe,Mn)Si. Hal ini sesuai dengan literatur Kajoch [18], yang mengatakan bahwa aluminium menunjukkan kecenderungan yang besar untuk melekat pada besi. Pada penelitian yang mereka lakukan menunjukkan adanya lapisan intermetalik yang terdiri dari senyawa-senyawa intermetalik, seperti Fe₂Al₅, Fe₃Al dan FeAl₃. Senyawa *biner* terbentuk pada lapisan *compact*, sedangkan senyawa *ternary* terbentuk pada lapisan *broken*. Namun tidak semua lapisan intermetalik harus terjadi dua atau lebih lapisan, bisa saja hanya satu lapisan.

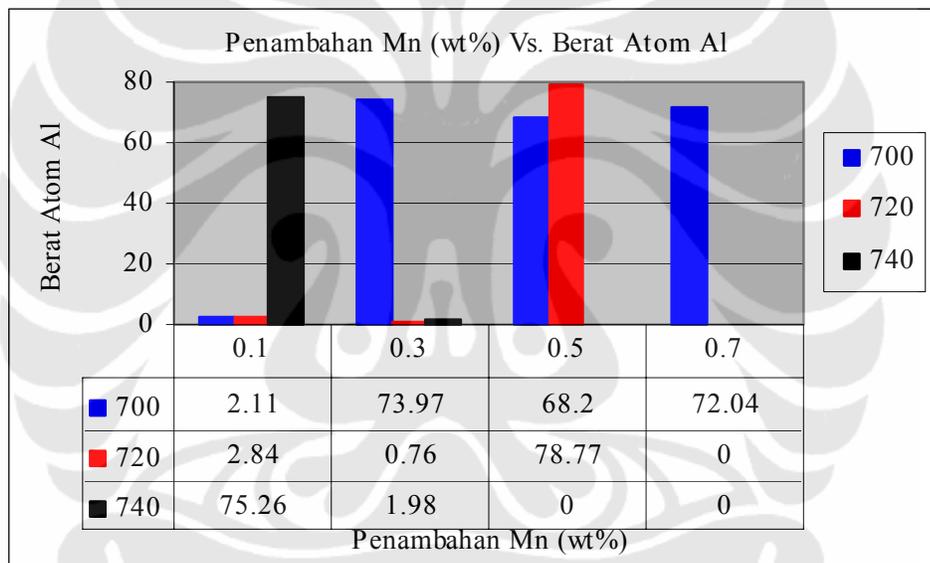
Dalam percobaan ini hanya terdapat satu lapisan, hampir semua lapisan terdiri dari unsur Al, Si, dan Fe. Penulis merujuk ke penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Shankar[9], fasa *ternary* (Al,Fe,Si) yang terbentuk setelah fasa *biner* (Fe,Al) mempunyai ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan fasa *biner*. Mekanisme pembentukan dan pertumbuhan dari lapisan intermetalik pada proses ini melalui berbagai tahapan sebagai berikut :

- Tahap pertama, terjadi difusi atom aluminium dan besi selama injeksi dan solidifikasi yang melewati permukaan cetakan terjadi untuk membentuk intermetalik FeAl₃Si pada permukaan. Silikon mengubah laju kinetik dan kelarutan besi dalam aluminium.
- Tahap kedua, logam cair masuk kedalam rongga cetakan. Energi yang dibutuhkan untuk difusi sedikit lebih rendah. Hal ini disebabkan karena sudah terbentuk lapisan intermetalik pada siklus sebelumnya. Akan tetapi energi ini masih cukup digunakan untuk lapisan intermetalik terus tumbuh. Energi untuk pelarutan pada tahap ini sudah tinggi tetapi lebih rendah dibandingkan dengan energi difusi.
- Tahap yang ketiga, ketebalan lapisan intermetalik FeAl₃Si mencapai batas kritis, energi difusi sudah tidak ada lagi, dan energi untuk pelarutan mendominasi. Dengan demikian terbentuk *soldering* dalam larutan.
- Tahap yang keempat, massa berkurang pada permukaan cetakan sehingga menjadikannya bebas dari lapisan intermetalik. Energi untuk difusi meningkat karena larutnya FeAl₃ ke dalam logam cair namun besarnya masih nol jika dibandingkan dengan energi untuk pelarutan. Energi untuk pelarutan menurun seiring dengan meningkatnya ketebalan lapisan intermetalik.

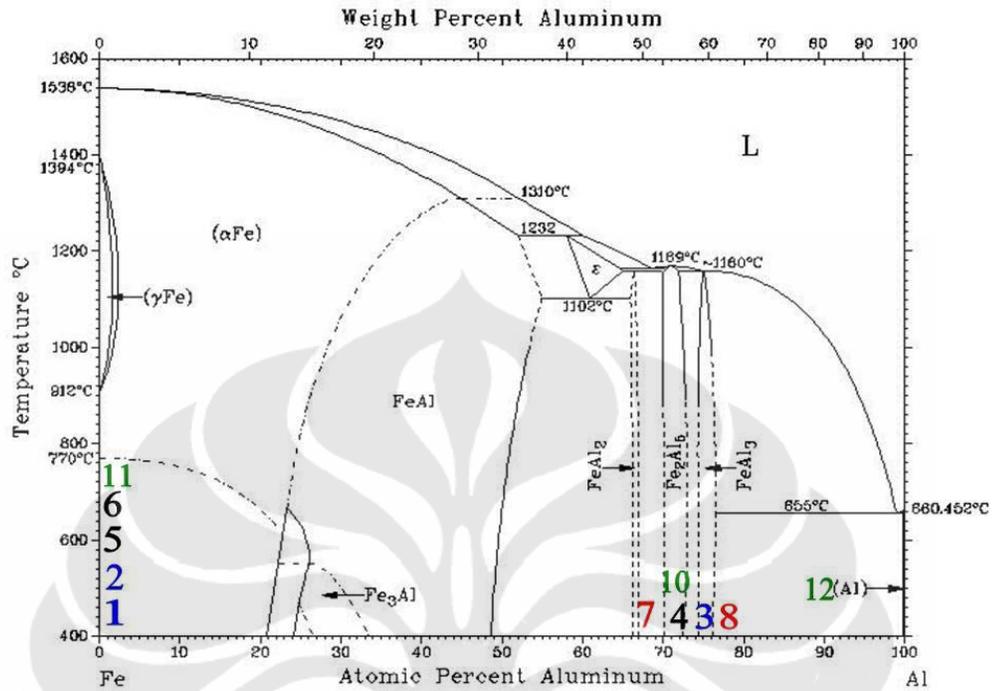
Menurut analisa penulis, terbentuknya lapisan yang hanya terdiri dari lapisan Al-Fe-Si berkaitan dengan laju difusi atom-atom melalui lapisan padat. Oleh karena kadar Si sangat kecil, maka lapisan yang terbentuk adalah fasa *biner* Al-Fe. Dari diagram fasa Fe-Al pada gambar 4.6 dapat diketahui jenis-jenis lapisan intermetalik yang terbentuk. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan dari Shankar[9], yaitu mekanisme soldering pada permukaan cetakan berawal dari pembentukan *pit-pit* yang memiliki kandungan fasa biner Fe-Al seperti FeAl₂, Fe₂Al₅, dan FeAl₃. Kemudian fasa biner Fe-Al bereaksi dengan aluminium dan silikon pada *molten* sehingga membentuk fasa *ternary* Al(FeMn)Si. Pembentukan lapisan senyawa *biner* ini disebabkan oleh reaksi dari besi dengan aluminium cair secara kontinyu dan besi berdifusi keluar dari permukaan cetakan. Menurut analisa penulis, fasa biner (Al,Fe) merupakan fasa intermetalik yang pertama kali terbentuk setelah terjadinya serangan aluminium ke permukaan baja H13. Oleh karena itu fasa *biner* ini terdapat pada lapisan yang memiliki kontak langsung

dengan permukaan baja H13 yaitu lapisan *compact*. Kemudian senyawa *biner* ini akan bereaksi dengan aluminium dan silikon didalam *molten* sehingga membentuk senyawa *ternary* (Al,Fe,Si) yang memiliki pertumbuhan radial keluar dari *pit* pada permukaan baja sehingga membentuk seperti *pyramid*.

Pada gambar 4.10. menggambarkan diagram fasa dari intermetalik Fe-Al. Dari diagram ini kita dapat menentukan jenis-jenis lapisan intermetalik yang terbentuk dengan mengetahui *atomic percent* dari unsur aluminium yang berdifusi kedalam baja H13. Penentuan jenis lapisan intermetalik dilakukan dengan mengetahui berat atom aluminium yang dapat dilihat pada gambar 4.9 dengan memplot pada diagram fasa Fe-Al pada gambar 4.10.



Gambar 4.9 Berat Atom Al pada Penambahan Kadar Mangan dengan Temperatur yang Berbeda



Gambar 4.10 Diagram fasa Fe-Al [12]

Dengan memplot *atomic percent* yang dimiliki oleh unsur aluminium dari gambar 4.9 terhadap gambar 4.10, maka akan diperoleh jenis dari lapisan intermetalik seperti terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Kode Komposisi Kadar Mn, Temperatur, dan jenis-jenis lapisan

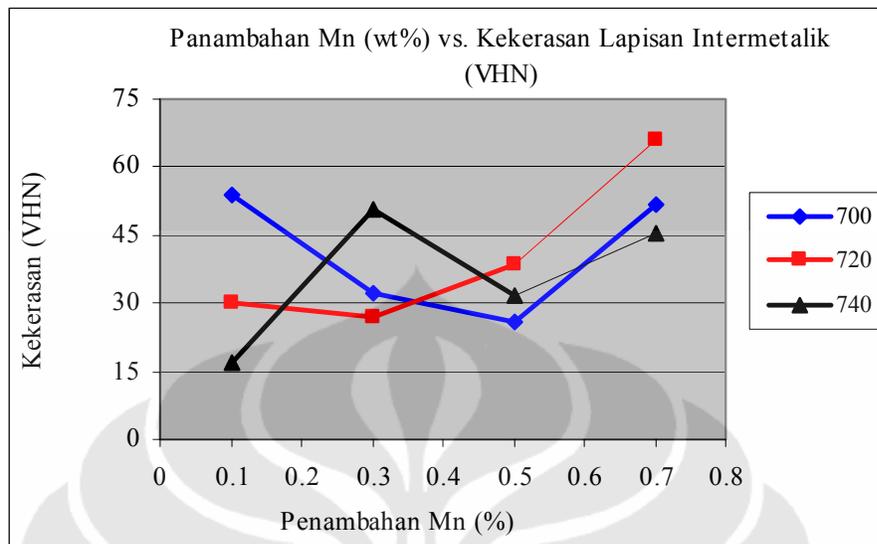
%Mn	T (°C)	Kode	Lapisan Intermetalik yang mungkin terbentuk
0,1	700	1	α Fe
	720	2	α Fe
	740	3	FeAl ₃
0,3	700	4	Fe ₂ Al ₅
	720	5	α Fe
	740	6	α Fe
0,5	700	7	FeAl ₂
	720	8	FeAl ₃
	740	9	-
0,7	700	10	Fe ₂ Al ₅
	720	11	-
	740	12	-

Dari lapisan intermetalik yang diperoleh, terdapat fasa-fasa: αFe , FeAl_2 , Fe_2Al_5 , dan FeAl_3 . Fasa αFe merupakan tahap awal terbentuknya lapisan intermetalik. Yaitu suatu fenomena erosi pada baja perkakas H13 karena adanya difusi aluminium kedalam baja H13 yang mengerosi daerah lunak pada permukaan cetakan, sehingga terbentuk *solid solution* primer dari Fe oleh larutan Al, yang disebut dengan αFe . Fasa αFe terdapat pada temperatur 700°C pada kadar Mn 0.1%, pada temperatur 720°C pada kadar Mn 0.1% dan 0.3%, serta pada temperatur 740°C pada kadar Mn 0.3%.

Oleh karena acuan untuk menentukan jenis lapisan intermetalik ditentukan oleh difusi aluminium kedalam baja H13, maka secara teoritis terdapat tiga sampel yang tidak mempunyai lapisan. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat unsur aluminium dalam lapisan tersebut setelah dilakukan pengujian EDS. Perbedaan banyaknya lapisan yang terdapat pada lapisan intermetalik sangat berkaitan erat dengan temperatur logam cair dan cetakan, sifat dan komposisi kimia dari *casting alloy* dan lapisan intermetalik, serta sifat yang dimiliki oleh cetakan.

4.2. PENGARUH PENAMBAHAN MANGAN TERHADAP SIFAT MEKANIK LAPISAN INTERMETALIK

Dalam pengujian kekerasan lapisan intermetalik, digunakan beban penjejakan 25 gf dalam waktu 15 detik. Penjejakan dilakukan pada setiap lapisan intermetalik dan baja H13. Setelah dilakukan penjejakan, maka diperoleh nilai diameter sumbu x dan diameter sumbu y, kemudian diambil nilai rata-rata dan dimasukkan kedalam persamaan 3.1. untuk mengetahui kekerasannya. Hasil pengujian kekerasan lapisan intermetalik yang sudah dicelup dapat dilihat pada gambar 4.11.



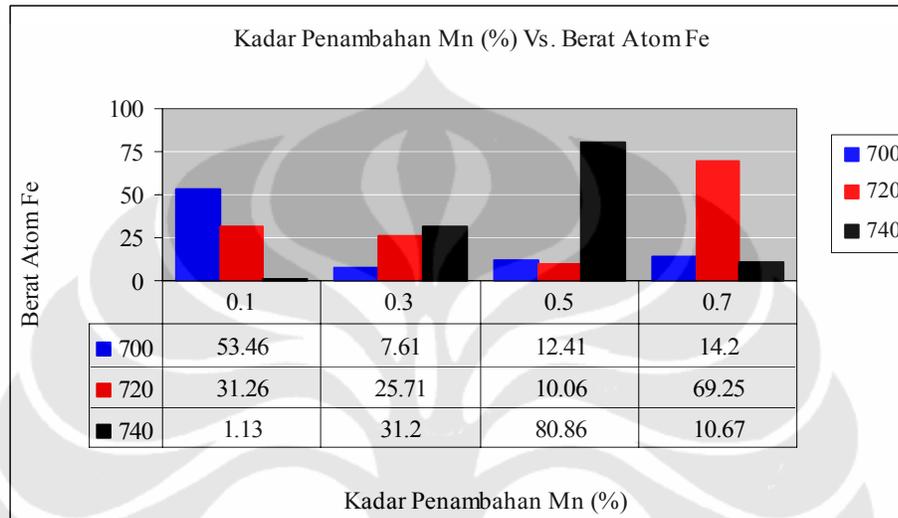
Gambar 4.11 Pengaruh Penambahan Mn (wt. %) terhadap Kekerasan lapisan Intermetalik

Garis tipis merah pada temperatur 720⁰C (0.7%Mn) dan garis tipis hitam pada temperatur 740⁰C (0.7%Mn) menunjukkan lapisan intermetalik yang sangat tipis dan tidak merata di semua tempat, sehingga tidak bisa diambil nilai kekerasannya. Oleh karena itu, perhitungan kekerasan dilakukan dengan mengacu pada berat atom Fe yang dimiliki oleh lapisan intermetalik tersebut. Berat atom Fe yang terdapat pada lapisan intermetalik yang tidak diketahui kekerasannya dibandingkan dengan lapisan intermetalik yang mempunyai kandungan Fe hampir sama, yang kekerasannya telah diketahui. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan perbandingan lurus. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, maka perbandingan dilakukan lebih dari satu data dan diambil data yang lebih mendekati.

4.2.1. Kekerasan Lapisan Intermetalik

Dengan mengacu pada gambar 4.11 diperoleh kekerasan lapisan intermetalik pada temperatur 700⁰C untuk kadar Mn 0.1%, 0.3%, 0.5%, dan 0.7% berturut-turut 54, 32, 25, dan 52 VHN. Pada temperatur 720⁰C untuk kadar Mn 0.1%, 0.3%, 0.5%, dan 0.7% diperoleh kekerasan berturut-turut 30, 27, 38, dan 66 VHN. Sedangkan pada temperatur 740⁰C untuk kadar Mn 0.1%, 0.3%, 0.5%, dan 0.7% berturut-turut 17, 50, 31, dan 45 VHN. Dalam pengujian ini kekerasan sangat bervariasi, tidak mempunyai pola yang signifikan. Hal ini disebabkan karena

ukuran kekerasan sangat tergantung terhadap kandungan Fe dalam paduan lapisan intermetalik Fe_xAl_y . Semakin tinggi kandungan Fe dalam lapisan intermetalik tersebut, maka kekerasannya akan semakin tinggi. Adapun komposisi berat atom dari Fe dalam lapisan dapat dilihat pada gambar 4.12

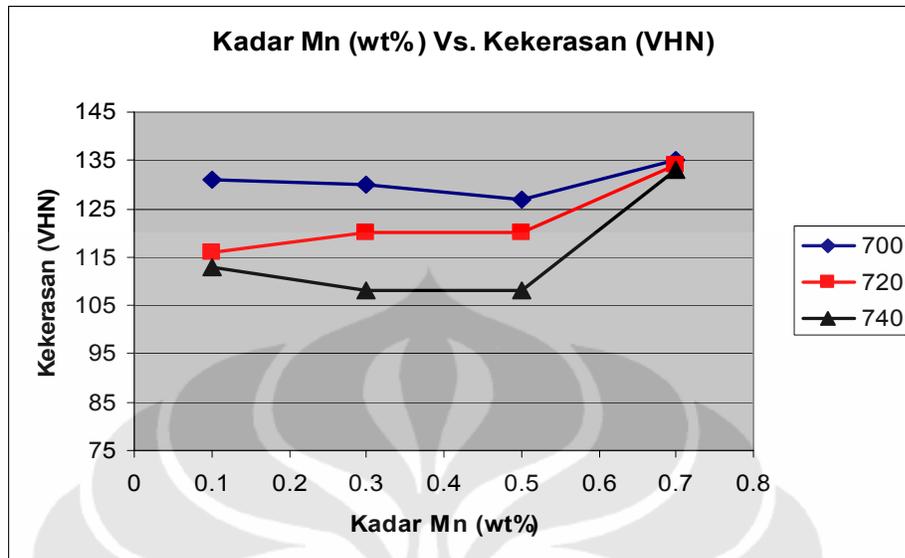


Gambar 4.12 Pengaruh Kadar penambahan Mn (%) terhadap Berat Atom Fe dalam lapisan Intermetalik

Dengan demikian, adanya penyebaran kekerasan pada setiap lapisan intermetalik yang tidak teratur, maka pengaruh penambahan mangan terhadap kekerasan lapisan intermetalik tidak mempunyai pengaruh yang signifikan.

4.2.2. Pengaruh Temperatur Pencelupan Terhadap Kekerasan Baja H13

Setelah dilakukan pengujian *dipping* selama 30 menit terhadap baja H13, maka sampel tersebut dilakukan pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan dengan Vickers menggunakan beban 300 gr dalam selama 15 detik. Dari pengujian ini kekerasan *tool steel H13* setelah dilakukan pencelupan mengalami penurunan dibandingkan dengan kekerasan awal dari *tool steel H13*. Perbandingan kekerasan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pengaruh Temperatur Pencelupan terhadap Kekerasan Lapisan Baja H13

Kekerasan awal baja perkakas H13 adalah 204 VHN. Pada temperatur 700⁰C kekerasan rata-rata H13 adalah 174 VHN, dan pada temperatur 720⁰C kekerasan rata-rata adalah 163 VHN. Sedangkan nilai kekerasan H13 pada temperatur 740⁰C adalah 154 VHN, pada temperatur ini pula dicapai kekerasan terendah dari H13 yaitu 108 VHN pada kadar mangan 0.3% dan 0.5%. Fenomena ini terjadi karena adanya fenomena pelunakan dari material yang dicelup pada temperatur tinggi, sehingga kekerasannya akan semakin menurun seiring dengan penambahan temperatur.