

## Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Pembentukan Fasa Pada Cladded Steel

Oleh:

Mabe Siahaan \*

E-mail: mabesiahaan@yahoo.co.uk

### Abstrak

Telah dilakukan suatu investigasi terhadap cladded steel hasil pengerolan dingin yang diberi perlakuan panas dengan temperatur yang bervariasi. Observasi metalografi terhadap penampang melintang cladded steel menunjukkan bahwa cladded steel mempunyai 3 daerah yaitu base metal, clad metal dan interface metal. Studi XRD pada ketiga daerah tersebut menunjukkan bahwa pada daerah clad metal mempunyai fasa  $\gamma$ -Fe (austenite), pada daerah base metal mempunyai fasa  $\alpha$ -Fe (ferrite) dan pada daerah interface metal mempunyai fasa campuran  $\gamma$ -Fe (austenite) dan  $\alpha$ -Fe (ferrite). Nilai kekerasan pada interface metal sebelum pemanasan adalah 182 HV dan setelah pemanasan pada temperatur 800°C dan 700°C secara berturut-turut nilai kekerasannya yang dicapai adalah 228 HV dan 203 HV. Pada jarak yang semakin jauh dari interface dan dengan temperatur pemanasan yang bervariasi nilai kekerasan cladded steel menurun. Sebagai kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa perlakuan panas pada temperatur 800°C nilai kekerasan meningkat, hal ini terjadi karena telah terbentuknya fasa campuran antara austenite ( $\gamma$ -Fe) dengan ferrite ( $\alpha$ -Fe) pada daerah interface.

Kata Kunci : cladded steel, metal base, clad metal dan interface Metal

### Abstract

An investigation for cladded steel as a cold rolling result have been done and then to given the heat treatment with the temperatures of various. Metallography observation to the cross section cladded steel plate to showed that cladded steel have 3 regions i.e metal base, clad metal and interface metal. The study of XRD at the third of the regions to show that clad metal region to have phase  $\gamma$ -Fe (austenite), at the metal base region to have phase  $\alpha$ -Fe (ferrite) and at the interface metal region to have the mixture of phase  $\gamma$ -Fe (austenite) and  $\alpha$ -Fe (ferrite). The hardness at interface metal before heating is 182 HV and after heating at the temperatures of 800°C and 700°C has obtained the hardness are 228 HV and 203 HV. At the distance progressively far from interface and with the temperature of various of heating the hardness of cladded steel is on the decline. The conclusion of this research i.e that the heat treatment at the temperature of 800°C the hardness values are increased, this condition become of because the mixture of phase  $\gamma$ -Fe (austenite) and  $\alpha$ -Fe (ferrite) at the interface have been formed.

Key word: cladded steel, metal base, clad metal and interface metal

## 1. PENDAHULUAN

Penyambungan lapisan logam dengan logam melalui proses "roll bonding" pada pengerjaan dingin antara alloy steel dan carbon steel disebut cladded steel SS-400/SUS-316L. Potongan melintang dari cladded steel memperlihatkan bahwa paduan ini memiliki 3 lapisan yaitu Base Metal, Clad Metal dan Interface Metal seperti yang telah disajikan oleh Sponseller, D.L. et. al.<sup>[1]</sup> Bagian base metal SS-400 pada penggunaannya dipakai untuk kekuatan konstruksi, sedangkan lapisan paduan clad metal SUS-316L berfungsi sebagai penahan laju korosi yang diakibatkan oleh zat kimia. Karakteristik stainless steel memiliki komponen utama Cromium (Cr) dengan kandungan (16-18)% dalam paduan SUS-316L. Tata S. et.al<sup>[2]</sup> mengatakan bahwa bilamana ke dalam paduan SUS-316L ditambahkan unsur besi (Fe) lebih besar 12% maka akan menghasilkan lapisan stabil atau pasif cromium oksida dalam bentuk Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan demikian oksida ini akan menghambat proses korosi. Baja SS-400 sebagai base metal adalah termasuk baja dengan konfigurasi baja karbon rendah (low carbon steels) sebagaimana diuraikan oleh Michael. L. Bever<sup>[3]</sup>. Paduan cladded steel dengan identitas SS-400/SUS-316L menurut JIS (Japan Industrial Standard) adalah dua jenis material paduan yang dihubungkan dengan cara roll bonding pada

\*Peneliti Pusat Teknologi Penerbangan-LAPAN, Rumpin

pengerjaan dingin menggunakan *pressure welding* dan ditandai dengan material *designation* JIS G3601 (SS-400+SUS-316L). Masing-masing lapisan dari *cladded steel* mempunyai komposisi dan karakteristik yang berbeda. Menurut Anoname<sup>[4]</sup> SS-400 adalah *carbon steel* dan SUS-316L adalah *stainless steel* yang dalam penelitian ini berturut-turut berperan sebagai *base metal* (bm) dan *clad metal* (cm). R. E. Smallman<sup>[5]</sup> menyatakan bahwa proses rekristalisasi pada baja di atas suhu eutektoid akan membentuk martensite yang sifatnya rapuh, sehingga dapat terjadi retak, oleh karena itu paduan harus diberi perlakuan anil untuk menghasilkan partikel karbida yang berperan sebagai penghambat pergerakan dislokasi sehingga slip dapat dicegah serta memperkuat paduan. Sedangkan Ahmad E. et.al<sup>[6]</sup> menyajikan bahwa dalam arah longitudinal serat martensit menjadi lebih panjang dan ketebalannya akan berkurang sebagai akibat dari proses *rolling* dengan demikian paduan menjadi ulet. Porter et. al<sup>[7]</sup> menjelaskan bahwa kondisi baja tahan karat dan paduan terner serta unsur-unsur seperti karbon akan mempengaruhi kestabilan fasa.

Pada tulisan ini, dilaporkan hasil penelitian terhadap material *cladded steel* yang terdiri dari dua lapisan dengan karakter yang berbeda yaitu *carbon steel* SS-400 dan *stainless steel* SUS-316L. Terutama proses pembentukan fasa-fasa utama  $\gamma$ -Fe(Austenite) dan  $\alpha$ -Fe(Ferrite) melalui suatu tahapan-tahapan pada proses perlakuan panas. Fokus pembahasan ditujukan kepada pembentukan mikrostruktur dan kekerasan fasa utama yang dihasilkan sebagai konsekuensi dari proses perlakuan panas yang diterima. Dalam hal ini dikaitkan antara parameter perlakuan terhadap hasil observasi visual terhadap mikrostruktur dengan menggunakan mikroskop elektron dan fasa-fasa utama *carbon steel* SS-400 dan *stainless steel* SUS-316L dengan difraksi sinar-X sedangkan kekerasan mikro dianalisa dengan *microhardness*.

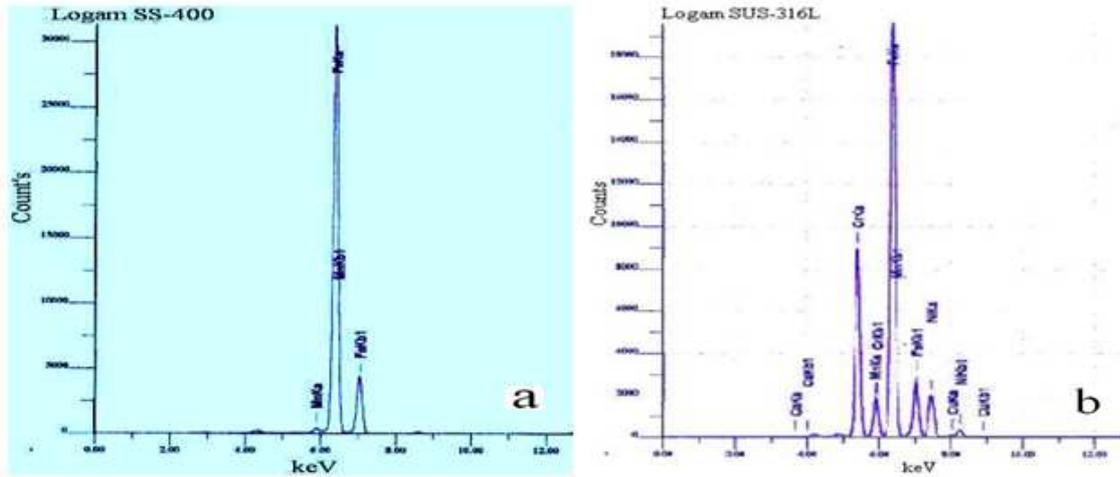
## **2. METODOLOGI**

Paduan *cladded steel* dalam bentuk lembaran diperoleh dari lembaga komersial, dibentuk menjadi sampel dengan ukuran 10mm x 10mm. Selanjutnya satu dari sampel tersebut adalah menjadi sampel awal sedangkan yang lainnya adalah sampel-sampel yang akan diberi perlakuan panas. Sampel selanjutnya menjalani perlakuan panas dengan tahapan sinter pada temperatur 600°C dan ditahan selama 60 menit untuk tujuan austenisasi dan diikuti perlakuan pendinginan dengan udara bebas atau suhu kamar, seperti yang disajikan oleh Zakarov<sup>[8]</sup>. Dengan perlakuan yang sama terhadap sampel berikutnya masing-masing sampel diberi tahapan perlakuan panas dengan tahapan sinter pada temperatur 700°C, 800°C dan 900°C dengan interval waktu 60 menit untuk tujuan austenisasi yang diakhiri dengan perlakuan pendinginan dengan udara bebas atau suhu kamar. Setelah keseluruhan tahapan proses ini, seluruh sampel dipoles sampai permukaannya bebas goresan dan diikuti dengan etsa menggunakan campuran aquaregia  $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$  untuk *clad metal* sedangkan untuk *base metal* dietsa dengan nital dan dilanjutkan pengamatan struktur-mikro terhadap seluruh sampel. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop elektron mode scanning (SEM) JEOL JSM – 5310 LV yang dilengkapi dengan penganalisa energi (energy dispersive spectrometer, EDS) dari Oxford Instruments untuk tujuan penentuan komposisi mikro fasa yang ada dalam sampel. Sedangkan komposisi unsur yang dikandung material dilakukan dengan X-ray Fluorescence (XRF). Studi identifikasi fasa yang terbentuk dalam material dilakukan dengan difraktometer sinar – X (XRD) menggunakan radiasi Co-K $\alpha$  bekerja pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA. Serta pengamatan kekerasan dilakukan dengan menggunakan mikrohardness shimadzu HMV-2000.

## **3. HASIL DAN ANALISIS**

### **3.1. Uji Komposisi (XRF)**

Gambar 3.1.1a dan Gambar 3.1.1b memperlihatkan spektrum energi X-ray paduan awal SS-400 dan SUS-316L yang dianalisis dengan XRF. Hasil analisis berupa komposisi material berdasarkan fraksi berat atau atom elemental-elemental penyusun material.



Gambar 3.1: Spektrum hasil pengukuran XRF untuk a) SS-400 dan b) SUS-316L

Meskipun demikian, teknik pengukuran dengan XRF memiliki keterbatasan dalam analisis yaitu hanya valid untuk unsur-unsur dengan nomor atom  $\geq 11$  dan jumlah fraksi  $\geq 0,5(\text{wt}\%)$ . Oleh karena itu hasil pengukuran yang dilakukan terhadap paduan SS-400 hanya menampilkan unsur Mn = 0,5347 wt% dan Fe = 99,4653 wt% sedangkan unsur lainnya tidak dapat ditampilkan. Jika hasil pengukuran ini dibandingkan dengan hasil yang disajikan oleh Anoname<sup>[4]</sup> ada beberapa unsur yang tidak dapat ditampilkan oleh XRF di dalam paduan SS-400, hal ini terjadi karena paduan SS-400 disamping mengandung unsur yang ringan juga jumlah fraksinya dalam paduan relatif kecil ( $< 0,5(\text{wt}\%)$ ) adapun unsur-unsur tersebut adalah C, Si, P dan S, hal yang sama juga terjadi terhadap paduan SUS-316L. Dilain pihak hasil pengukuran fraksi berat terhadap paduan SS-400 dengan XRF dan referensi untuk unsur Mn dan Fe juga terjadi perbedaan.

Bila dilihat secara seksama untuk unsur Mn selisih antara hasil pengukuran dengan referensi adalah 0,2253 (wt%), nilai ini adalah sangat signifikan, hal ini terjadi karena sampel paduan SS-400 yang digunakan tidak homogen pada saat fabrikasi, sedangkan untuk unsur Fe selisih antara hasil pengukuran dengan referensi boleh dikatakan relatif kecil, walaupun demikian lebih besarnya fraksi berat unsur Fe pada pengukuran adalah disebabkan terjadi penambahan unsur-unsur yang tidak terdeteksi oleh XRF ke dalam unsur Fe tersebut, seperti yang ditampilkan dalam Tabel 3.1.1.

Sedangkan Gambar 3.1b menampilkan hasil pengukuran XRF terhadap paduan SUS-316L dimana SUS-316L mengandung unsur-unsur Ca, Cr, Mn, Ni, Fe dan Cu. Dari hasil pengukuran tersebut ditampilkan unsur Ca dan Cu muncul dalam paduan, hal ini menyatakan bahwa kedua unsur ini adalah merupakan unsur pengotor di dalam paduan karena di dalam data referensi kedua unsur ini tidak ditemukan. Disamping hal tersebut, unsur Mo yang merupakan unsur utama pembentuk paduan SUS-316L tidak muncul dalam pengukuran dengan XRF, hal ini mungkin terjadi karena jumlah kandungan Mo di dalam paduan sangat kecil. Sedangkan pengukuran unsur utama lainnya yaitu Cr, Mn dan Fe muncul dalam pengukuran akan tetapi bila dibandingkan dengan hasil referensi, jumlah fraksi berat Cr dan Fe lebih besar pada pengukuran hal ini mengatakan bahwa disamping ketidak homogenan dari paduan juga diakibatkan terjadinya penambahan fraksi berat dari unsur-unsur ringan terhadap Cr dan Fe. Dilain pihak, unsur utama Mn pada pengukuran sangat kecil jika dibandingkan dengan referensi kejadian ini menyatakan bahwa disamping jumlah fraksi Mn yang relatif kecil juga diakibatkan oleh ketidak homogenan di dalam paduan, seperti yang ditampilkan dalam Tabel 3.1.2.

Tabel 3.1.1: Hasil pengukuran unsur SS-400 dengan XRF dan Refrensi<sup>[2]</sup>

Unsur	Pengukuran (wt%)	Refrensi (wt%)
C	-	0.18
Si	-	0.21
Mn	0,5347	0.76
P	-	0.18
S	-	0.007
Fe	99,4653	98.663

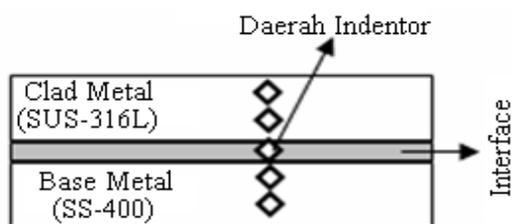
Tabel 3.1.2: Hasil pengukuran unsur SUS-316L dengan XRF dan Refrensi<sup>[2]</sup>

Unsur	Pengukuran (wt%)	Refrensi (wt%)
Ca	0,0870	-
C	-	0.0014
Si	-	0.36
Cr	19,2676	17.44
Mn	2,1032	18
Ni	11,5669	12.09
Mo	-	2.29
P	-	0.23
S	-	0.001
Fe	66,7795	49.5876
Cu	0,1957	-

### 3.2. Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan terhadap sampel uji pada 3 daerah yaitu base metal, clad metal dan interface. Metode pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kekerasan Vickers dimana posisi penekanan indentor pada sampel uji dengan titik nol berada pada interface, base metal berada pada bagian bawah dan clad metal berada pada bagian atas, seperti yang ditampilkan dalam Gambar 3.2. Kekerasan bahan dapat diketahui dengan mengukur luas bekas penekanan dari indentor alat tersebut (penekanan piramida intan) dengan sudut bidang dua  $136^\circ$  dan dasar berbentuk segi empat. Kemudian dihitung harga rata-rata panjang diagonal tersebut, seperti yang disajikan oleh Callister W. D. dan Van Vlack L. H. <sup>[9,10]</sup>. Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan alat uji kekerasan Shimadzu HMV-2000.

Sampel uji yang dibuat ada 5 jenis yaitu terdiri dari satu jenis tanpa perlakuan panas atau sebagai sampel awal dan 4 jenis diberi perlakuan panas yang bervariasi yaitu masing-masing pada temperatur  $600^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ ,  $800^\circ\text{C}$  dan  $900^\circ\text{C}$  dengan waktu penahanan (*holding time*) 60 menit. Adapun tujuan waktu penahanan yang diberikan adalah supaya terjadi larutan padat yang homogen (*solid solution*) di dalam paduan, setelah itu perlakuan diakhiri dengan pendinginan di udara bebas atau suhu kamar. Tabel menampilkan hasil pengujian kekerasan dari sampel awal dan sampel yang telah mengalami perlakuan panas. Dalam Tabel 3.2.1 ditunjukkan bahwa daerah interface pada sampel awal memiliki kekerasan tertinggi kemudian diikuti oleh daerah clad metal dan base metal. Bila hasil ini dibandingkan dengan Tabel 3.1.1 dan Tabel 3.2.1 maka dapat dikatakan bahwa hasil kekerasan ini konsisten dengan kandungan yang terdapat pada masing-masing paduan.



Gambar 3.2: Skematik uji kekerasan HV vs jarak

Tabel 3.2.1: Hasil pengukuran kekerasan mikro sampel awal dan yang telah menerima perlakuan panas

Jarak ( $\mu$ )	Kekerasan (HV)				
	awal	600 (°C)	700 (°C)	800 (°C)	900 (°C)
+400	138	113	104	195	120
+300	165	107	87,9	197	124
+200	154	204	112	147	127
+100	177	151	100	97,9	158
0	182	144	203	228	127
-100	129	142	186	174	158
-200	142	135	197	147	126
-300	105	132	153	136	131

Kemudian sampel diberi perlakuan panas pada temperatur 600°C dimana proses yang dialami paduan pada temperatur ini adalah proses tempering. Nilai kekerasan yang dihasilkan dalam sampel bila dibandingkan dengan nilai kekerasan pada sampel awal bahwa sampel telah mengalami perubahan antara lain adalah nilai kekerasan di daerah interface telah terjadi penurunan kekerasan yaitu HV=144, dan hal yang sama juga telah terjadi pada daerah clad metal (SUS-316L) jadi hasil ini menyatakan bahwa proses tempering yang dialami sampel adalah sesuai, sedangkan di daerah base metal (SS-400) telah terjadi peningkatan nilai kekerasan walaupun dalam nilai yang relatif kecil namun hal ini memberikan pengertian bahwa telah terjadi proses pengerasan (*hardening*) di dalam base metal. Sedangkan sampel berikutnya yang diberi perlakuan panas pada temperatur 700°C telah mengalami peningkatan kekerasan pada daerah interface berarti telah terjadi proses difusi di dalam interface sedangkan di daerah clad metal kekerasannya menurun hal ini terjadi karena proses yang dialami interface adalah proses anil dan sebaliknya di daerah base metal telah terjadi peningkatan nilai kekerasan hal ini terjadi karena base metal telah mengalami proses *spheroidise*. Sementara sampel yang diberi perlakuan panas pada temperatur 800°C kekerasan pada daerah interface meningkat lagi hingga nilai HV=228 dan nilai ini merupakan nilai kekerasan tertinggi yang terjadi pada *cladded steel* sementara kekerasan yang terjadi di daerah clad metal menurun yaitu HV=97,9 akan tetapi meningkat jika jaraknya lebih jauh dari interface. Pada Gambar 3.3.1 disajikan grafik hubungan kekerasan HV vs jarak. Dimana kekerasan pada daerah base metal meningkat juga walaupun nilainya menurun bila jaraknya semakin jauh dari interface. Selanjutnya sampel diberi perlakuan panas pada temperatur 900°C kekerasan pada daerah interface menurun menjadi HV=127 sementara kekerasan pada daerah clad metal dan base metal nilai kekerasannya sama yaitu HV=158, akan tetapi nilai kekerasan dari kedua daerah ini menurun jika jaraknya semakin jauh dari interface.

### 3.3. Uji Difraksi Sinar – X (XRD)

Identifikasi fasa yang terbentuk dalam clad metal, base metal dan interface metal dilakukan dengan difraksi sinar X pada radiasi  $CuK\alpha$  seperti yang ditampilkan dalam Gambar 3.3.2. Pengamatan dilakukan pada 3 jenis sampel uji, masing-masing diamati pada 3 daerah pengamatan yaitu *clad metal*, *base metal*, dan *interface metal*. Data yang dikumpulkan dari pola difraksi diindeksi secara manual dan dibandingkan dengan Powder Diffraction File PDF<sup>[11]</sup>. Hasil pola difraksi sinar-X seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.3.2a menginformasikan bahwa puncak difraksi yang dihasilkan terjadi pada sudut difraksi 51°, 59,5°, dan 89,4°, hal ini menyatakan bahwa fasa-fasa yang terbentuk pada *clad metal* SUS-316L adalah fasa  $\gamma$ -FeC (Austenite). Sedangkan pada Gambar 3.3.2b puncak difraksi yang dihasilkan pada base metal SS-400 terjadi pada sudut difraksi 52,3°, 77°, dan 99,6°, hal ini menyatakan bahwa fasa-fasa yang terbentuk pada *base metal* adalah fasa  $\alpha$ -Fe (Ferrite), dan pada Gambar 3.3.2c puncak difraksi yang dihasilkan dihasilkan pada *interface metal* terjadi pada sudut difraksi 51°, 52,5°

59°, 77°, dan 99,5°, hal ini menyatakan bahwa fasa-fasa yang terbentuk pada *interface metal* adalah fasa-fasa  $\gamma$ -FeC(Austenite) dan Fe (Ferrite). Hubungan antara sudut difraksi  $\theta$  dengan *d spacing* hasil pengukuran dan referensi serta bidang hkl untuk masing-masing fasa ditampilkan dalam Tabel 3.3.1, Tabel 3.3.2, dan Tabel 3.3.3.

Tabel 3.3.1: Sudut  $\theta$ , *d spacing*, fasa, dan hkl untuk *clad metal* SUS-316L.

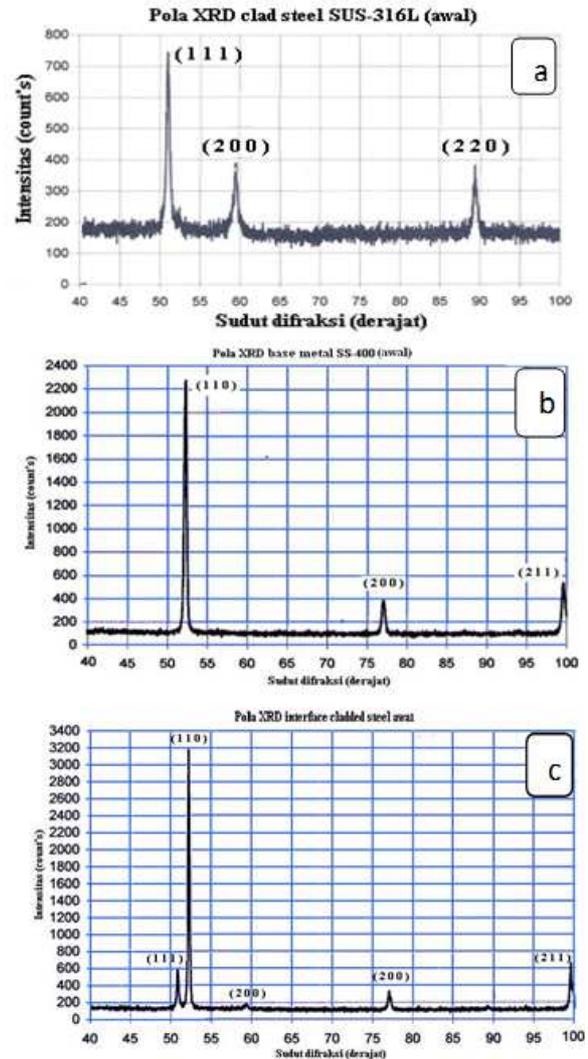
$\theta$ (deg)	<i>d spacing</i>		Fasa	Bidang hkl
	Hasil	Ref		
51°	2,08	2,08	$\gamma$ -FeC (Austenite)	(1 1 1)
59,5°	1,80	1,8	$\gamma$ -FeC (Austenite)	(2 0 0)
89,4°	1,27	1,27	$\gamma$ -FeC (Austenite)	(2 2 0)

Tabel 3.3.2: Sudut  $\theta$ , *d spacing*, fasa, dan hkl untuk *base metal* SS-400.

$\theta$ (deg)	<i>d spacing</i>		Fasa	Bidang hkl
	Hasil	Ref		
52,3°	2,02	2,0268	$\alpha$ -Fe (Ferrite)	(1 1 0)
77°	1,44	1,4322	$\alpha$ -Fe (Ferrite)	(2 0 0)
99,6°	1,17	1,1702	$\alpha$ -Fe (Ferrite)	(2 1 1)

Tabel 3.3.3: Sudut  $\theta$ , *d spacing*, fasa, dan hkl untuk *interface metal*.

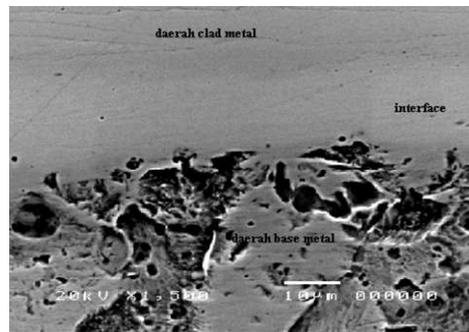
$\theta$ (deg)	<i>d spacing</i>		Fasa	Bidang hkl
	Hasil	Ref		
51°	2,08	2,08	$\gamma$ -FeC (Austenite)	(1 1 1)
52,5°	2,03	2,0268	$\alpha$ -Fe (Ferrite)	(1 1 0)
59°	1,8	1,8	$\gamma$ -FeC (Austenite)	(2 0 0)
77°	1,43	1,4332	$\alpha$ -Fe (Ferrite)	(2 0 0)
99,5°	1,27	1,27	$\gamma$ -FeC (Austenite)	(2 2 0)



Gambar 3.3.2: Pola Difraksi sinar-X permukaan a) clad metal (SUS-316L), b) base metal (SS400), dan c) interface metal (clad metal dan base metal).

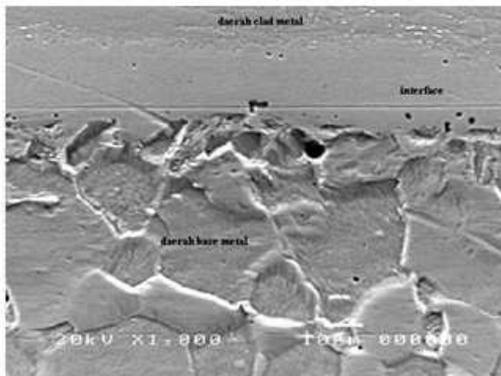
### 3.4. Uji Metallografi

Hasil inspeksi terhadap struktur mikro untuk sampel cladded awal dan yang telah diberi perlakuan panas disajikan pada Gambar 3.4.

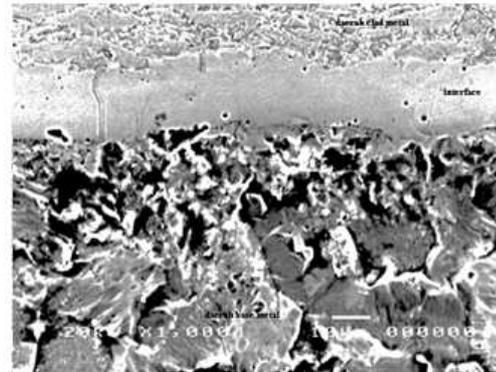


Gambar 3.4.1: Struktur mikro clad awal sebelum diberi perlakuan panas.

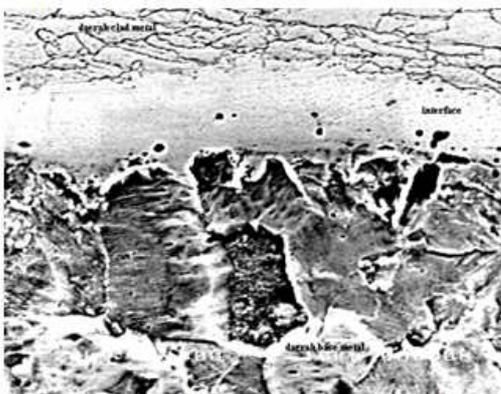
Pada Gambar 3.4.1 ditampilkan struktur mikro clad awal. Dimana dalam gambar tersebut diperlihatkan bahwa struktur mikro untuk daerah clad metal dengan interface boleh dikatakan relatif sama yaitu pembentukan struktur mikro belum terjadi sehingga sangat sulit untuk membeda-kannya. Walaupun demikian perbedaan kontras menunjukkan bahwa kedua daerah ini adalah berbeda. Hal ini terjadi karena sampel belum mengalami perlakuan lanjutan. Pada Gambar 3.4.2 – 3.4.5 ditampilkan bentuk struktur mikro dari sampel clad yang telah mengalami perlakuan panas pada suhu 600, 700, 800, dan 900 °C. Pembentukan struktur mikro yang lebih jelas dan sempurna dalam clad terjadi pada suhu 600, 700, dan 800 °C seperti yang ditampilkan dalam Gambar 3.4.2 – 3.4.4, hal ini terjadi karena dalam proses perlakuan tersebut telah terjadi pembentukan baik fasa  $\gamma$ -FeC maupun fasa  $\alpha$ -Fe dalam paduan. Sementara perlakuan panas dengan suhu 900 °C seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.4.5, dimana fasa yang terbentuk pada suhu sebelumnya mengalami transformasi fasa yaitu terjadinya fasa baru dengan ukuran yang tidak teratur. Kejadian ini memberikan suatu kesan atau pengertian bahwa fasa baru yang dihasilkan itu berubah bentuk menjadi tidak teratur atau acak dan menghasilkan porositas dalam kuantitas yang banyak. Diperediksi bahwa dalam perlakuan ini transformasi fasa yang terjadi akan mengalami rekristalisasi. Rekristalisasi ini akan menghasilkan sifat mekanikal paduan menjadi *britel* atau getas jika paduan tidak diberi perlakuan panas lanjutan. Oleh karena itu maka menurut R. E. Smallman<sup>[5]</sup> menyatakan bahwa proses rekristalisasi pada baja diatas suhu eutektoid akan membentuk martensite yang sifatnya rapuh, sehingga dapat terjadi retak, oleh karena itu paduan harus diberi perlakuan anil untuk menghasilkan partikel karbida yang berperan sebagai penghambat pergerakan dislokasi sehingga slip dapat dicegah serta memperkuat paduan. Sedangkan Ahmad E. et.al<sup>[6]</sup> menyajikan bahwa dalam arah longitudinal serat martensit menjadi lebih panjang dan ketebalannya akan berkurang sebagai akibat dari proses *rolling* dengan demikian paduan menjadi ulet.



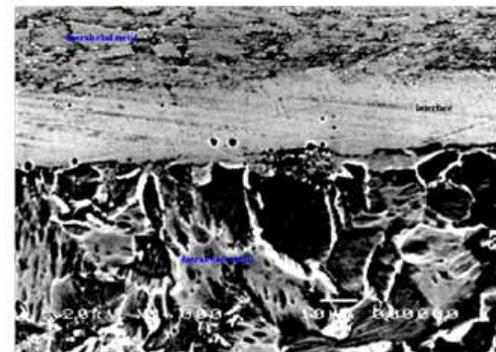
Gambar 3.4.2: Struktur mikro cladded yang diberi perlakuan panas pada suhu 600°C



Gambar 3.4.4: Struktur mikro cladded yang diberi perlakuan panas pada suhu 800°C



Gambar 3.4.3: Struktur mikro cladded yang diberi perlakuan panas pada suhu 700°C



Gambar 3.4.5: Struktur mikro cladded yang diberi perlakuan panas pada suhu 900°C

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan diskusi yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Material Cladded Steel adalah material multifasa dengan fasa utama Austenite, Ferrite dan fasa interface terdiri dari Ferrite + Austenite.
2. Terjadi perubahan nilai kekerasan karena efek pemanasan terutama pada daerah *interface* dan *clad metal*.
3. Perlakuan panas 800°C selama 60 menit telah menaikkan nilai kekerasan pada interface metal sebesar 25 % dari kondisi awal ~182 HV menjadi ~ 228 HV.
4. Perlakuan panas 900°C selama 60 menit diprediksi akan mengakibatkan transformasi fasa sehingga menghasilkan rekristalisasi, oleh karena itu paduan menjadi *britel* atau getas. Dan untuk mengatasi terjadinya *crack* maka paduan harus diberi perlakuan anil.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Sponseller D.L., G.A. Timmons, and W.T. Bakker, "*Development of Clad Boiler Tubes Extruded from Bimetallic Centrifugal Castings*", Journal of Material Engineering and Performance, April 1998.
2. Tata S. dan Shinroku Saito, "*Pengetahuan Bahan Teknik*", Pradnya Paramitha, 2000.
3. Michael. L. Bever, "*Encyclopedia of Material Science and Engineering*", Massachuset Institute of Technology, USA, 1986.
4. Anoname, "*Certificate Material Standart Sheet Clad Plate*".
5. Smallman R.E., "*Modern Physical Metallurgy*", Butterworth & Co ltd, 1985.
6. Ahmad E. and Priestner R., "*Effect of Rolling in the Intercritical Region on the Tensile Properties of Dual-Phase*", Jurnal of Materials Engineering and Performance, Vol.7, Dec. 1998
7. Porter David A. and Kenneth E. Easterling, "*Phase Transformation in Metal and Alloys*", van Nostrand Reinhold Company, 1983.
8. Zakarov, "*Heat Treatment of Metals*", Second Edition, 1962.
9. Callister William D., "*Material Science and Engineering an Introduction*", Mc. Graw Hill Book Company, 1993.
10. Van Vlack Lawrence H., "*Elements of Material Science and Engineering*", 5<sup>th</sup> edition, Addison Wesley Publishing Company, mass., 1985.
11. Joint Committee on Powder Diffraction Standart, "*Powder Diffraction File set (revised)*", Philadelphia, 1967.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Mabe Siahaan  
 Tempat & Tgl. Lahir : P. Siantar & 1Maret 1957  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Instansi Pekerjaan : PUSTEKBANG-LAPAN  
 NIP. / NIM. : 19570301 198603 1 009  
 Pangkat / Gol. Ruang :  
 Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Madya  
 Agama : Kristen Protestan  
 Status Perkawinan : Menikah

### DATA PENDIDIKAN

SLTA	: SMAN V - Medan	Tahun: 1975
STRATA 1 (S.1)	: USU - Medan	Tahun: 1985
STRATA 2 (S.2)	: UI - Jakarta	Tahun: 1999
STRATA 3 (S.3)	: UI - Jakarta	Tahun: 2006

### ALAMAT

Alamat Rumah : Jl.Bangun Jaya 3 Blok J No. 3-4,RT002/010, Kel. Dr. Sawit  
 Jakarta Timur.  
 HP. : 081310535378

Alamat Kantor / Instansi : PUSTEKBANG - LAPAN  
 Telp. : 021-75790383, 021-757900031  
 Email: [mabesiahaan@yahoo.co.uk](mailto:mabesiahaan@yahoo.co.uk)

### **HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR**

Pertanyaan :

1. Pada aplikasi apa saja cladded metal dipakai dan apakah hanya logam steel yang dapat dilakukan proses cladded tersebut? (Arfan -UNJ)

Jawaban :

1. Definisi, cladded metal adalah bentuk pelapisan dengan metode roll bonding pada pengerjaan dingin antara dua paduan yang berbeda karakternya. Aplikasi cladded metal yang antara lain adalah elektronik, telekomunikasi,omotif, konstruksi, arsitektur, pertukaran panas, pengolahan kimia dan penyimpanan. Sesuai dengan definisi cladded metal maka dapat dikatakan bahwa tidak hanya logam steel yang dapat diperlakukan menjadi cladded metal tetapi logam lain juga dapat diperlakukan menjadi cladded metal misalnya paduan-paduan aluminum, tembaga, karbon steel, dan stainless steel, berfungsi sebagai base metal sedangkan paduan-paduan titanium, nikel, stainless steel, dan tembaga berfungsi sebagai clad metal. Secara singkat dapat dikatakan bahwa cladded metal harus terdiri dari base metal dan clad metal