PENGARUH KOMPOSISI DEPOSIT $NaCl/Na_2SO_4$ TERHADAP KOROSI TEMPERATUR TINGGI BAJA AISI 4130 YANG DILAPISI ALUMINIUM

Yudhistyra Saputra [1)], Muhammad Badaruddin [2)] dan Zulhanif [2)]
[1)] Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
[2)] Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung
Telp. (0721) 3555519, Fax. (0721) 704947
Email : yudhistyra_saputra@yahoo.com, rudin_ntust@yahoo.com

Abstract

Steel AISI 4130 is a combination steelof 1,0 Cr-0,25 Mo-Fe that mostly used for the component heat axchanger and pipe steam boiler. However in a high temperature and contain of corrosive gas like klor and sulfur,the endurance of the corrosion of steel AISI 4130 declines. It is important to do a research for increasing the endurance of the corrosion of the steel AISI 4130 with heated Al layered dip. The calibration of the corrosion is done with the variation of deposit $NaCl/Na_2SO_4$in the surface of steel AISI 4130 Al layered and oxidized in temperature 750 ℃ during periods 1-49 jam. The finding of the research shows that the existence of deposit $NaCl/Na_2SO_4$in the steel Al layered brings a large influence oxidation kinetics steel, it is proven through the largest value of parabolic constants of the steel AISI 4130 with Al layered with the comparison of deposit $NaCl/Na_2SO_4$ (gr): 30/70 is 6,89 × 10^{-9} $g^2cm^{-4}s^{-1}$.Whereas the value of parabolic constants with the comparison of deposit (gr): 100/0 is 2,71 × 10^{-9} $g^2cm^{-4}s^{-1}$, 50/50 is 6,15 × 10^{-9} $g^2cm^{-4}s^{-1}$, 70/30 is 2,97 × 10^{-9} $g^2cm^{-4}s^{-1}$ and 0/100 is around 2,60 × 10^{-9} $g^2cm^{-4}s^{-1}$. The destruction of the protective layer Al_2O_3in the aluminide layer is caused by the existence of klor dan sulfur from the deposit $NaCl/Na_2SO_4$thattriggersthe growthofiron-rich ovide (FeO_3).

Keywords : *steel AISI 4130, Al hot-dip, deposit NaCl, deposit Na_2SO_4, Al_2O_3, iron oxide.*

PENDAHULUAN

BajaAISI 4130 dapat digunakan sebagai bahan komponen pipa untuk system jaringan perpipaan pembangkit listrik panas bumi (geothermal). Keberadaan gas klor dan sulfur dalam perut bumi, selama pengaliran uap akan keluar bersama uap air menuju penampungan uap sebelum diteruskan ke sistem pembangkit. Perubahan tekanan dan temperatur yang terjadi selama pengaliran uap air dari dalam/ keluar perut bumi, menyebabkan gas klor dan sulfur dapat mengendap pada dinding pipa karena reaksi bersama oksigen atau uap air. Oleh karena itu selama pemanfaatan uap panas bumi, keberadaan gas klor dan sulfur harus diperhatikansecara khusus terhadap ketahanan korosi pipa baja yang digunakan. Gas klor dan sulfur yang mengendap dalam bentuk deposit NaCl maupun Na_2SO_4 pada permukaan baja dan paduaanya, dapat menimbulkan kerusakan yang parah [1–3]. Endapan garam klorida dan sulfur mempercepat proses oksidasi/ korosi baja dan paduaanya selama terekspos pada temperatur tinggi [4–6]. Beberapa penelitian sebelumnya telah menghasilkan bahwa pelapisan Al-celup panas pada baja karbon dan paduaanya dapat meningkatkan ketahanan oksidasi pada temperatur tinggi [7,8]. Aluminum pada permukaan baja berfungsi sebagai penyuplai pembentukan lapisan protektif oksida aluminium (Al_2O_3) [9,10].

Pengaruh deposit NaCl dan Na_2SO_4 pada permukaan baja AISI 4130 yang dilapisi Al-celup panas dipelajari melalui pengujian oksidasi pada 750°C selama 1-49 jam. Data hasil oksidasi dianalisis untuk mengetahui perilaku oksidasi/ korosi baja. Hanya beberapa sampel korosi baja lapis Al yang diobservasi melalui mikroskop optik, scanning electron microscopy (SEM) dan XRD analisis untuk menjelaskan perilaku mekanisme korosi yang

terjadi.

PROSEDUR PENELITIAN

Pelat baja AISI 4130 dengan komposisi kimia (wt.%) : 3C–1.10 Cr–0.25 Mo–0.60 Mn–0.035 P–0.04 S–0.30 Si dan Fe–seimbang, dipotong dengan ukuran 20mm×10 mm×2 mm untuk dibuat spesimen. Spesimen dilobangi dengan Ø 1 mm untuk menggantungnya pada saat proses pelapisan. Pelapisan baja dilakukan dengan mencelupkan ke dalam bak Al-cair pada 700 °C selama 16 detik.

Larutan NaCl dan Na_2SO_4 disemprotkan pada permukaan spesimen yang diletakan di atas *hot-plate* pada 200 °C sampai terbentuk deposit pada kedua permukaan specimen seberat 2 mg/cm^2. Pengujian oksidasi dilakukan pada 700 °C selama periode 1–49 jam dalam kondisi udara statis. Data penambahan berat (mg/cm^2) terhadap lama oskidasi (jam) diplot secara linier dan parabolik. Morfologi, mikrostruktur dan komposisi kimia semua sampel dianalisis menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) dan electron *dispersive spectroscopy* (EDS) dan *Optical microscope* (OM). Fasa-fasa yang terbentuk dianalisis dengan X-ray diffraction (XRD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

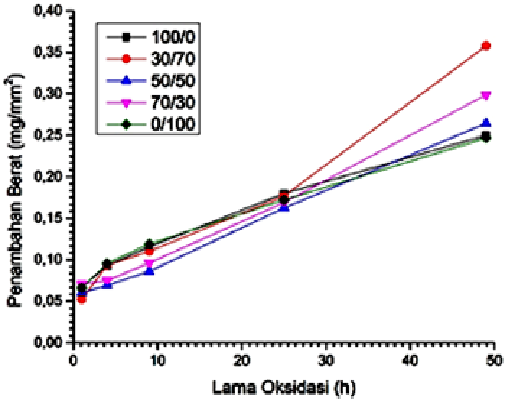
1. Kinetika oksidasi

Gambar 1a menunjukan plot data kinetika oksidasi baja AISI 4130 yang dilapisi Al-celup panas yang mengikuti tren parabolik. Keberadaan deposit NaCl dan Na_2SO_4 pada permukaan baja sangat besar mempengaruhi kinetika oksidasi baja pada 750 °C selama 49 jam.

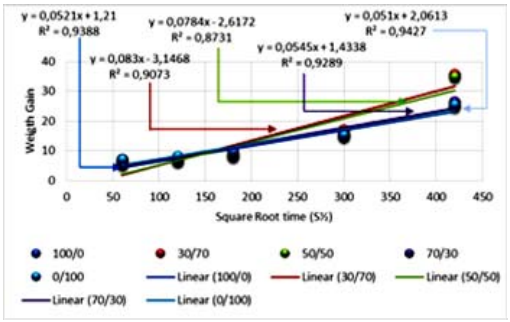
Hasil penelitian menunjukan keberadaan deposit NaCl/Na_2SO_4 pada baja lapis Al sangat besar mempengaruhi kinetika oksidasi baja, terbukti dari nilai terbesar konstanta parabolik baja AISI 4130 lapis Al dengan perbandingan deposit NaCl/Na_2SO_4 (gr): 30/70 adalah 6,89 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1} Sedangkan nilai konstanta parabolik dengan perbandingan deposit (gr): 100/0 adalah 2,71 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1}, 50/50 adalah 6,15 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1} , 70/30 adalah 2,97 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1} dan 0/100 adalah sebesar 2,60 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1}.

Tabel 1. Perbandingan Laju kinetika korosi / oksidasi baja AISI 4130 yang dilapisi almunium dan yang tidak dilapisi almunium.

No.	Atmosfer	Konstanta parabolik (Kp) baja AISI 4130 yang dilapisi Al (g^{2}cm^{-4}s^{-1})	Konstanta parabolik (Kp) baja AISI 4130 (g^{2}cm^{-4}s^{-1})
1.	Sampel 1 NaCl/Na_2SO_4	2,71 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1}	1,0 x 10^{-8} g^{2}cm^{-4}s^{-1}
2.	Sampel 2 NaCl/Na_2SO_4	6,89 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1}	5,07 x 10^{-8} g^{2}cm^{-4}s^{-1}
3.	Sampel 3 NaCl/Na_2SO_4	6,15 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1}	1,15 x 10^{-8} g^{2}cm^{-4}s^{-1}
4.	Sampel 4 NaCl/Na_2SO_4	2,97 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1}	1,18 x 10^{-8} g^{2}cm^{-4}s^{-1}
5.	Sampel 5 NaCl/Na_2SO_4	2,60 × 10^{-9} g^{2}cm^{-4}s^{-1}	1,03 x 10^{-8} g^{2}cm^{-4}s^{-1}



(a)



(b)

Gambar1. (a) Plot kurva penambahan berat vs. lama oksidasi, (b) plot *parabolic* kurva kinetika oksidasi baja lapis Al-celup panas yang dioksidasi pada 750 °C.

Gambar 1(a) menunjukan bahwa

keberadaan deposit NaCl dan Na_2SO_4 pada permukaan baja AISI 4130 mempercepat laju oksidasi melalui mekanisme serangan korosi panas (hot-corrosion). Pelapisan Al-celup panas pada permukaan baja AISI 4130 dapat menurunkan konstanta laju kinetika (*Kp*) baja melalui pembentukan lapisan oksida aluminium (Al_2O_3).

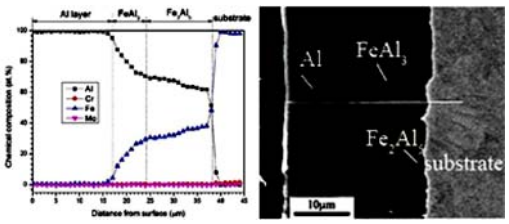
Besarnya nilai konstanta parabolik baja AISI 4130lapis Al dengan perbandingan deposit NaCl/ Na_2SO_4: 100/0, 50/50, 70/30 dan 0/100 adalah satu orde lebih rendah daripada konstanta parabolic (K*p*) baja AISI 4130 yang tidak dilapisi alumunium. Hal ini membuktikan bahwa besaran nilai konstanta parabolik dapat merepresentasikan prilaku oksidasi pada baja AISI 4130 yang dilapisi Al pada lingkungan klor dan sulfur, dengan demikian dapat diketahui bahwa lapisan alumunida pada baja AISI 4130 berperan sebagai pelindung baja melalui pembentukan lapisan Al_2O_3 dimana alumunium dalam lapisan aluminida berperan sebagai penyuplai pembentukan lapisan Al_2O_3 yang protektif. Dengan demikian penjelasan diatas menegaskan bahwa sampel baja AISI 4130 yang tidak dilapisi alumunium dalam lingkungan yang mengandung elemen-elemen korosif (Cl) klor dan (S) sulfur, terkorosi lebih cepat dibandingkan dengan sampel baja AISI 4130 lapis Al.

Lapisan inter metalik Fe–Al pada permukaan baja berperan sebagai penyuplai Al untuk membentuk Al_2O_3 yang protektif. Keberadaan elemen-elemen korosif klor dan sulfur yang terkandung dalam lingkungan pada temperatur tinggi memainkan peranan penting di dalam pengerusakan lapisan Al_2O_3.

2. Karakterisasi Hasil Pengujian Oksidasi

2.1. Baja lapis Al-celup panas

Foto mikro spesimen baja AISI 4130 lapis Al-celup panas pada temperatur 750 °C selama 16 s, dapat dilihat pada Gambar 3. Secara keseluruhan ketebalan lapisan adalah sekitar 60 µm. SEM dan EDS analisis menunjukan komposisi elemen Al dan Fe (at %) pada lapisan Al dan intermetalik pada permukaan baja. Berdasarkan komposisi kimia Al dan Fe yang terkandung dalam lapisan, jelas sekali lapisan Al dan Fe–Al yang terbentuk adalah aluminium dengan sedikit atom Fe yang terlarut dalam lapisan Al bagian luar, sedangkan bagian tengah adalah $FeAl_3$. Komposisi atom Al menurun seiring dengan ketebalan lapisan inter metalik yang terbentuk di atas permukaan baja di dalam lapisan Fe_2Al_5.



Gambar 2. SEM/ EDS Analisis komposisi (at.%) dilakukan dengan EDS line scanning sepanjang ketebalan lapisan alumida spesimen Al-coated.

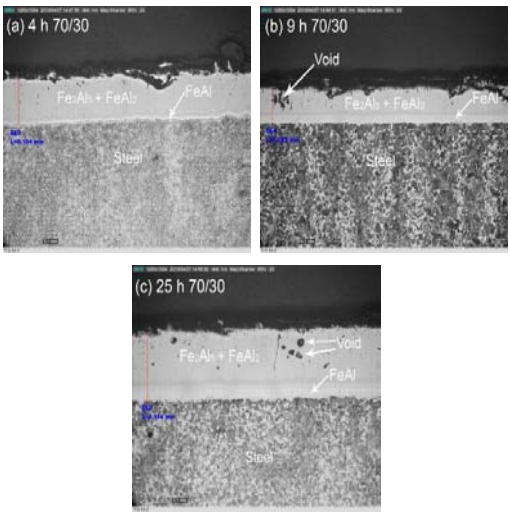
Berdasarkan diagram binari kesetimbangan fasa Fe–Al, lapisan aluminida terbentuk pada baja setelah dicelup panas dalam bak Al cair (99 wt.% Al), didominasi oleh fasa yang mengandung kaya Al seperti $FeAl_3$ dan Fe_2Al_5. Gambar 2. Menunjukkan distribusi komposisi dan penampang struktur mikro lapisan aluminida terbentuk setelah proses pelapisan baja AISI 4130 Al-celup panas. Lapisan utama muncul dua lapisan, salah satunya adalah lapisan Al dengan konsentrasi Fe dan Cr sedikit, dan yang lainnya adalah lapisan intermetalik yang terdiri dari $FeAl_3$ dan Fe_2Al_5 dengan sedikit konsentrasi Cr terlarut, lihat Gambar 2. Struktur lapisan Al yang merata dengan ketebalan sekitar 18 µm, sedangkan ketebalan lapisan intermetalik adalah sekitar 24 µm. Lapisan aluminida menunjukan struktur yang homogen dan padat pada substratnya. Tidak ada pori-pori dan retak dapat diamati, yang umum terbentuk setelah proses Al-celup panas pada baja dan paduannya.

Komposisi $FeAl_3$ dan Fe_2Al_5 adalah sekitar 80.11Al– 19.8Fe– 0.09Cr and 69.29Al–30.31Fe–0.39Cr (at.%) masing-masing. Berdasarkan kesetimbangan termodinamika, fasa Fe_2Al_5 terbentuk pertama kali, dan memiliki struktur ortorombik dengan kisi sepanjang sumbu c 70% ditempati oleh atom Al dan 30% kosong. Kekosongan ini

menyediakan jalur difusi yang mudah ke arah sumbu c, dan akhirnya memberikan kontribusi bagi pertumbuhan yang cepat dari fasa Fe_2Al_5 [Cheng Dan Wang, 2011].

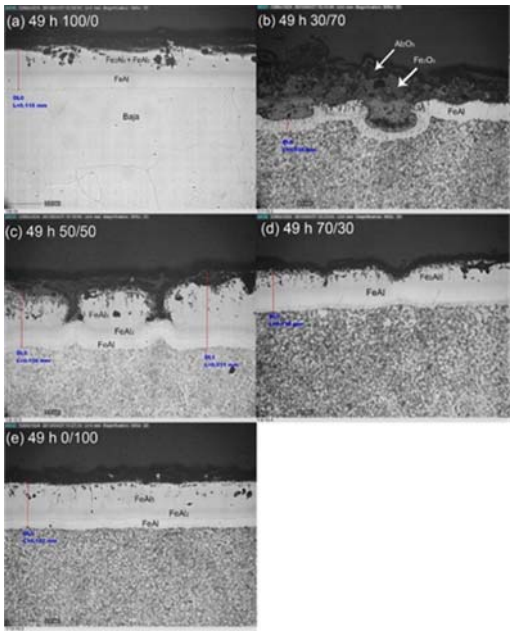
2.2. Observasi Dengan Mikroskop Optik

Untuk memahami perilaku oksidasi dan pembentukan fasa di lapisan aluminida, pengujian oksidasi dilakukan pada750 °C selama periode waktu 1 -49 jam. Untuk 4 jam oksidasi seperti ditunjukkan pada Gambar3(a). Lapisan aluminium menghilang dan lapisan aluminida terbentuk karena difusi keluar besi dari substrat dan difusi ke dalam dari aluminium. Ketebalan lapisan aluminida adalah sekitar 80 μm yang terdiri dari lapisan Al_2O_3 tipis di permukaannya, diikuti oleh menebalnya lapisan Fe_2Al_5+ $FeAl_2$. Sedangkan lapisan FeAl tipis terbentuk pada substrat baja. Bila waktu oksidasi diperlama 9 jam terlihat jelas lapisan Fe_2Al_5+ $FeAl_2$ semakin menebal begitupun pada FeAl pada lapisan terdalam terlihat semakin menebal, namun beberapa pori-pori juga ditemukan dilapisan aluminida gambar 3(b).



Gambar 3. OM penampang permukaan lapisan aluminida pada permukaan baja AISI 4130 yang dioksidasi di lingkungan NaCl/ Na_2SO_4 pada temperatur 750 °C. selama (a) 4 jam, (b) 9 jam dan (c) 25 jam.

Hal yang sama juga terjadi bila waktu oksidasi diperlama 25 jam, keberadaan lapisanFeAl dan Fe_2Al_5+ $FeAl_2$ semakin mendominasi dan semakin menebal. Akan tetapi terlihat retakan yang menembus ketebalan lapisan aluminida yang dihasilkan pada lapisan Fe_2Al_5+ $FeAl_2$, hal ini dikaitkan dengan perbedaan koefisien termal ekspansi pada antar muka antara Fe_2Al_5 dan substrat baja[9], lihatGambar3.



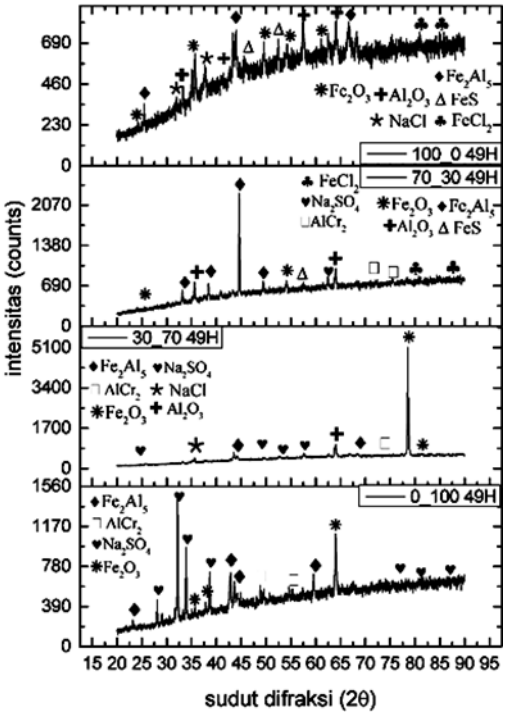
Gambar 4. OM penampang permukaan lapisan intermetalik Fe-Al pada permukaan baja AISI 4130 yang dioksidasi pada temperatur 750 °C selama 49 jam dalam lingkungan NaCl/ Na_2SO_4 dengan perbandingan berat (dalam gr): (a) 100/0, (b) 30/70, (c) 50/50, (d) 70/30, (e) 0/100.

Pada gambar 4. pada permukaan baja AISI 4130 yang dioksidasi pada temperatur 750 °C selama 49 jam dalam lingkungan NaCl/ Na_2SO_4. Kavitasi dan rongga terbentuk di bawah lapisan tipis Al_2O_3, seperti yang ditunjukkan pada Gambar4(b). Hal lain ditampilkan gambar 4(c) dimana retak yang menembus ketebalan lapisan aluminida dihasilkan pada lapisan Fe_2Al_5 dikarenakan konsumsi oksidasi Al yang berdifusi ke dalam Al. Di sisi lain, difusi Fe keluar menyebabkan fasa Fe_2Al_5 tidak stabil, menyebabkan pengendapan (FeAl)Cr, yang tersebar pada lapisan intermetalik seperti ditunjukkan pada Gambar 4(a) dan Gambar4(e). Pada

kenyataannya serangan oksidasi klor dan sulfur menyerang bagian dalam permukaan yang lebih dekat ke lapisan intermetalik sehingga mengikis lapisan Fe_2Al_5 dan lapisan Al_2O_3 yang telah terbentuk terlihat pada gambar 4(b) dan 4(c). Konsentrasi Cr dalam fasa Cr(FeAl) sedikit sama dengan Cr dari fasa $FeAl_2$. Konsentrasi kelarutan Cr yang tinggi hanya ditemukan dalam fasa FeAl.

2.3. Analisis Dengan X-Ray difraksi (XRD)

Pola X-ray difraksi didilakukan untuk mendapatkan data sudut θ difraksi dan intensitas α pada permukaa spesimen setelah pengujian oksidasi baja AISI 4130 pada temperatur 750 °C di lingkungan $NaCl/Na_2SO_4$ dalam periode waktu 1 -49 jam di tampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola difraksi X-ray analisis pada baja AISI 4130 yang dilapisi Al setelah dioksidasi pada temperatur 750 °C selama 49 jam dalam lingkungan NaCl/ Na_2SO_4dengan perbandingan berat deposit (dalam gr): 100/0, 70/30, 30/70, dan (e) 0/100.

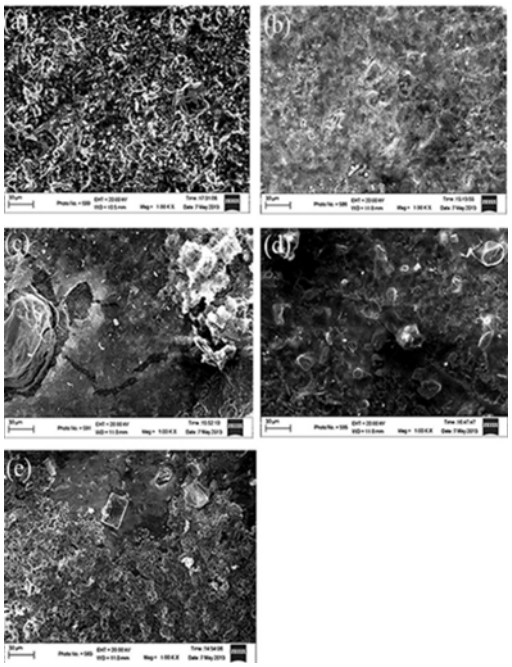
Berdasarkan pada gambar 5. Pola difraksi X-ray menunjukkan terdapat lapisan intermetalik yang terbentuk, hal ini dilihat dari intesitas tertinggi pada komposisi deposit NaCl/ Na_2SO_4 (gr): 100/0. Hal yang sama juga terjadi untuk hasil pola difraksi X-ray untuk komposisi deposit (gr): 70/30 yang didominasi NaCl, menunjukan elemen yang memiliki intensitas tertinggi adalah Fe_2Al_5. Namun berbeda halnya pada perbandingan deposit yang didominasi Na_2SO_4 menunjukan intensitas kurva tertinggi yaitu kandungan Fe_2O_3.

Hal ini menunjukan seiring dengan meningkatnya waktu oksidasi selama 49 jam. XRD mengkonfirmasi keberadaan lapisan Fe_2Al_5 dengan intensitas yang tinggi dan lapisan Al_2O_3 walaupun intensitas tidak terlalu tinggi. Al_2O_3 yang merupakan lapisan protektif tipis yang melindungi permukaan spesimen dariserangan korosi serta proses difusi oksigen selama berlangsungnya oksidasi pada spesimen, yang juga berpengaruh dalam proses terbentuknya kerak dari Fe_2O_3 seperti yang telah dijelaskan di bagian surface morphology dimana jika lapisan Al_2O_3 bereaksi dengan NaCl/ Na_2SO_4 dan merusak permukaan intermetalik maka dapat dipastikan oksida besi akan terbentuk. Selain Fe_2O_3 juga terbentuk $FeCl_2$ dengan intensitas yang rendah. Ini menunjukkan bahwa terjadi reaksi antara baja dan lapisan intermetalik yang disebabkan penetrasi dari NaCl/ Na_2SO_4, walaupun hasil reaksi tersebut terbentuk dalam intensitas yang rendah.

2.4. Observasi Permukaan Dengan SEM

Setelah dilakukan SEM pada permukaan baja yang dilapisi Al dengan periode waktu oksidasi 25 jam, maka dapat dilihat gambar 6(a). Lapisan tipis Al_2O_3 berperan untuk mengontrol laju difusi oksigen ke dalam lapisan FeAl. Akan tetapi jika cacat terbentuk pada permukaan seperti retak ataupun lubang dapat menyebabkan oksigen masuk kedalam lapisan intermetalik dan terjadi reaksi antar elemen yang ada, baik elemen korosif di lingkungan itu sendiri maupun elemen-elemen lain yang ada di permukaan spesimen sehingga memicu terbentuknya whisker atau scale dari Fe_2O_3 seperti terlihat pada gambar 6(d) adanya *scale* dari Fe_2O_3 yang merupakan hasil dari proses difusi oksigen

pada permukaan spesimen yang cacat maupun rusak. Selain terbentuknya scale Fe_2O_3 juga terdapat whisker yang tumbuh di permukaan spesimen yang dioksidasi pada gambar 6(c). Selanjutnya pada, dimana lapisan intermetalik menipis akibat proses oksidasi. Fasa Fe_2O_3 yang terbentuk dikarenakan adanya penetrasi oksigen pada permukaan substrat, terlihat semakin tebal dan solid.



Gambar 6. SEM morfologi permukaan baja AISI 4130 yang dilapisi Al setelah dioksidasi dengan periode waktu oksidasi selama25 jam pada temperatur 750 °C di lingkungan NaCl/ Na_2SO_4 dengan konsentrasi (a) 100/0, (b) 30/70, (c) 50/50, (d) 70/30, (e) 0/100.

Hal ini membuktikan fasa Fe_2Al_5 yang berperan sebagai lapisan protektif yang menghambat laju oksidasi pada temperatur tinggi oksidasi selama 25 jam semakin menipis. Seiring dengan menipisnya lapisan protektif dari Al_2O_3 yang mengontrol laju difusi oksigen di permukaan spesimen. Oksigen yang masuk melalui celah cacat retak atau lubang bereaksi dengan besi secara perlahan diawali tebentuknya whisker tipis Al_2O_3 yang kemudian terus tumbuh seiring terdapatnya cacat pada permukaan yang kemudian menyebabkan oksigen dapat melewati lapisan intemetalik dan berdifusi, sehingga tercipta scale Fe_2O_3. Ini juga berhubungan dengan terjadinya penambahan berat pada spesimen baja yang diuji yang disebabkan pertumbuhan scale dari Fe_2O_3.

Pembentukan lapisan sudah digantikan oleh fasa FeAl. Terlihat jelas lapisan protektif menunjukkan lapisan yang padat. Lapisan padat FeAl berperan sebagai lapisan pelindung baja dalam mengontrol laju difusi oksigen kedalam lapisan intermetalik. Seiring lamanya periode waktu oksidasi, maka terjadi pembentukan fasa Fe_2O_3 yang semakin padat dan menyeluruh. Pembentukan oksida besi menunjukkan adanya penurunan fungsi Al sebagai pelindung baja terhadap oksidasi pada temperatur tinggi.

Dengan demikian, data yang disajikan sudah cukup menjelaskan dan membuktikan perilaku korosi yang ada, baik di lingkungan yang lebih banyak mengandung NaCl ataupun lingkungan yang lebih banyak mengandung Na_2SO_4.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Keberadaan deposit NaCl/Na_2SO_4 pada baja lapis Al sangat besar mempengaruhi kinetika oksidasi baja, hal ini dapat dilihat dari nilai konstanta parabolik baja AISI 4130 lapis Al dengan perbandingan deposit NaCl/Na_2SO_4 (gr): 30/70 adalah $6{,}89 \times 10^{-9}$ $g^2cm^{-4}s^{-1}$. Sedangkan nilai konstanta parabolik dengan perbandingan deposit (gr): 100/0 adalah $2{,}71 \times 10^{-9}$ $g^2cm^{-4}s^{-1}$, 50/50 adalah $6{,}15 \times 10^{-9}$ $g^2cm^{-4}s^{-1}$, 70/30 adalah $2{,}97 \times 10^{-9}$ $g^2cm^{-4}s^{-1}$ dan 0/100 adalah sebesar $2{,}60 \times 10^{-9}$ $g^2cm^{-4}s^{-1}$.

2. Hasil analisis X-ray (XRD) pada permukaan sampel yang dioksidasi selama 49 jam menunjukan pertumbuhanfasa Fe_2Al_5padalapisanintermetalik yang merupakanlapisanpelindunguntukmelindungibajadariserangankorosi.Selanjutnya terdapatfasaFeAl yang merupakanfasa yang terbentukdarikomposisis besidanaluminium yang sama sebagailapisanpelindungbajaAISI 4130 lapis Al terhadapserangankorosif klor dan

sulfur untuk oksidasi yang berlangsung lama.

3. Pembentukan oksida besi menunjukkan adanya penurunan fungsi Al sebagai pelindung baja terhadap oksidasi pada temperatur tinggi. Meskipun demikian, selama 49 jam oksidasi berlangsung lapisan FeAl yang tebaldi atas substrat baja mampu menggantikan peranan lapisan Fe_2Al_5 dan $FeAl_2$ sebagai penyuplai Al dalam membentuk lapisan protektif alumina.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Qiao L., Huang Y.L., Stress corrosion cracking of AISI 321 stainless steel in acidic chloride solution, Maters. Sci. 25 (1998) pp. 47–51.

[2] Zehbour P., Almeida N.L., Sousa R.M.F., Pimenta G. S. and Marques L.B.S., Corrosion of carbon steel pipes and tanks by concentrated sulfuric acid: A Review, Corros. Sci. 58 (2012) pp. 1–11.

[3] Shi L., Accelerated oxidation of iron induced by Na_2SO_4 deposits in oxygen at 750 °C, new type low- temperature hot corrosion, Oxid. Met. 40(1/2) (1993) pp. 197–211.

[4] Wang C.J., Lee J.W. and Twu T.H.,Corrosion behaviors of low carbon steel, SUS310 and Fe-Mn-Al alloy with hot-dipped aluminum coatings in NaCl-induced hot corrosion, Surf. Coat. Technol. 163-164 (2003) pp. 37–43.

[5] Tsaur C.C., Rock J.C., Wang C.J. and Su Y.H., The hot corrosion of 310 stainless steel with pre-coated NaCl/Na2SO4 mixtures at 750 °C, Materis. Chemis. Phys. 89 (2005) pp. 445–453.

[6] Ravindra K., Tewari V.K. and Prakash S., Studies on hot corrosion of the 2.25 Cr–1Mo boiler tube steel and its weldments in the molten salt Na_2SO_4–60 pct V_2O_5 environment, Metall. Maters. Trans. A, 28 (2007) pp. 24–27.

[7] Wang C.J., Badaruddin M., The dependence of high temperature resistance of aluminized steel exposed to water-vapour oxidation, Surf. Coat. Technol. 205 (2010) pp. 1200–1205.

[8] Badaruddin M., Suharno and Hanif A.W.,Isothermal oxidation behavior of aluminized AISI 1020 steel at the temperature of 700 °C, Proc. Natl. Sem. Mech. Eng. XI. 1(1) (2012) pp. 1439–1444.

[9] Chen S.M., Wang C.J., 2006. The high-temperature oxidation behavior of hot-dipping Al–Si coating on low carbon steel, Surf. Coat. Technol. 200 (2006) pp. 6601–6605.

[10] Lee K.S., Oh K.H., Park W.W. and Ra R.Y., 1998. Growth of alumina oxide film in high temperature oxidation of Fe–20Cr–5Al alloy thin strip, Script. Materia. 39(8) (1998) pp. 1151–1155.

[11] Cheng WJ, Wang CJ, Growth of intermetallic layer in the aluminida mild steel during hot-dipping. Surface Coating & Technology, 2009, Vol. 204, pp. 824–828.

[12] Badaruddin M., 2010. Effect of water vapour on the high temperature oxidation of low carbon steel and hot-dip aluminized steel, Ph.D thesis, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan.