

PENGARUH *SURFACE TREATMENT* TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA KARBON TERCOATING ZINC FOSFAT PADA MEDIA ASAM SULFAT

Adhi Setiawan^{1,*}, Amilia Kristina Dewi², Mukhlis³

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³Program Studi Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo 60111-Indonesia

*E-mail: adhistw23@gmail.com

Diterima: 21 Agustus 2018

Direvisi: 14 Oktober 2018

Disetujui: 26 Nopember 2018

ABSTRAK

Asam sulfat menyebabkan masalah korosi yang serius terutama pada material baja karbon sehingga diperlukan pengendalian laju korosi dengan metode coating dan *surface treatment* pada logam. Pada Penelitian ini telah dilakukan analisis pengaruh *surface treatment* serta tebal lapisan *coating zinc fosfat* terhadap ketahanan korosi material baja karbon A36. Pengujian korosi dilakukan dengan menggunakan metode *weight loss* di dalam larutan asam sulfat selama 168 jam. Perlakuan permukaan baja karbon sebelum di *coating* dilakukan dengan menggunakan metode *sand blasting SA 2,5* dan power tool wire brush St 3. Tebal lapisan *coating zinc fosfat* pada baja karbon yang digunakan yaitu 50 μm , 75 μm , dan 90 μm . Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketahanan korosi dari baja karbon yang mengalami *sand blasting SA 2.5* sebelum dilakukan coating memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *power tool wire brush St 3*. Metode *sand blasting SA 2,5* menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan *power tool wire brush St 3*. Permukaan yang kasar menghasilkan *adhesi coating* menjadi lebih baik sehingga mengarah pada ketahanan korosi yang tinggi. Selain itu, ketahanan korosi pada logam baja karbon dapat diperbaiki dengan meningkatkan tebal lapisan coating zinc fosfat di dalam asam sulfat pada konsentrasi 10%, 62%, serta 98%

Kata kunci: *Coating, Korosi, Surface Treatment*

ABSTRACT

Sulfuric acid cause serious corrosion problems especially in carbon steel material so it is required to control the corrosion rate with coating and surface treatment of metal. This study were analyzed effect surface treatment and layer thickness of zinc phosphate coating to corrosion resistance of carbon steel A36. Corrosion testing used weight loss method in sulfuric acid solution for 168 hours. The surface treatment of carbon steel used sand blasting SA 2.5 and power tool wire brush St 3. The thickness of the zinc phosphate coating in carbon steel used 50 μm , 75 μm , and 90 μm . The results showed that corrosion resistance of carbon steel with sand blasting SA 2.5 before coatings had better corrosion resistance compared to using the wire brush power tool St 3. Rough surface produce better coating adhesion leading to high corrosion resistance. In addition, the corrosion resistance of the carbon steel can be improved by increasing the thickness of the zinc phosphate coating in sulfuric acid at concentrations of 10%, 62%, and 98%.

Keywords: *Coating, Corrosion, Surface Treatment*

PENDAHULUAN

Korosi merupakan proses degradasi suatu logam sebagai akibat dari reaksi elektrokimia logam dengan lingkungan. Pada umumnya hampir semua lingkungan bersifat pada tingkat tertentu. Beberapa lingkungan yang bersifat korosif antara lain udara yang lembab, air laut, bahan bakar gas, hidrogen sulfide, asam, basa, maupun tanah (Ahmad, 2006). Proses korosi yang terjadi pada logam harus dikendalikan karena dapat menyebabkan konsekuensi antara lain plant shutdown, penurunan efisiensi, kebocoran produk, kontaminasi serta bencana lain yang dapat merugikan baik dari segi material maupun korban jiwa (Peabody, 2003). Usaha pengendalian korosi di sektor industri, domestik, dan sektor umum menyebabkan peningkatan terhadap biaya korosi. Besarnya biaya pengendalian korosi diperkirakan mencapai 3-4% dari nilai gross domestic product (GDP) dari suatu negara per tahun (Dwivedi dkk., 2017). Bahkan di industri migas dan kimia, korosi menjadi masalah yang serius sehingga biaya pencegahannya diperkirakan mencapai 170 miliar dolar per tahun. Selain menimbulkan konsekuensi biaya tinggi, risiko kesehatan, dan lingkungan yang terkait dengan potensi kegagalan akibat korosi pada peralatan minyak dan gas bumi yang mendorong perkembangan bahan tahan korosi dan strategi mitigasi korosi yang lebih baik di seluruh dunia (Song dkk., 2004).

Baja karbon pada umumnya seringkali digunakan sebagai bahan konstruksi di industri dan dianggap sebagai pilihan yang lebih ekonomis dibandingkan paduan tahan korosi yang harganya relatif mahal. Baja karbon seringkali mengandung karbon kurang dari 1,5% disertai dengan kandungan unsur yang lain seperti Mn, Si, P, dan S. Baja karbon dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan karbonnya antara lain baja karbon rendah (<0,25% C), baja karbon menengah (0,25-0,70% C), dan baja karbon tinggi (0,70-1,05% C). Baja karbon pada umumnya rentan terhadap korosi pada kondisi operasi industri sehingga pencegahan korosi diperlukan untuk operasi yang aman (Kestens dan Petrov, 2009).

Berbagai macam metode proteksi terhadap baja karbon telah dikembangkan untuk mencegah korosi pada baja karbon. Proteksi korosi pada baja karbon pada umumnya dilakukan dengan metode pelapisan

(*coating*), penggunaan inhibitor, dan proteksi sistem katodik (Evgeny dkk., 2016; Claire dkk., 2016; Setiawan dkk., 2017; Susilowati dkk., 2018). Penggunaan pelapisan organik merupakan metode yang paling sering digunakan pada perlindungan korosi dari komponen industri. Epoksi resin juga secara luas digunakan sebagai perlindungan korosi dengan menggunakan metode pelapisan (*coating*) karena memiliki sifat yang baik dalam hal ketahanan kimia, ketangguhan, penyusutan yang rendah pada proses *curing*, ketahanan korosi yang tinggi, serta sifat adhesi yang sangat baik pada permukaan logam (Jin dkk., 2015).

Pada umumnya dalam pemakaian pelapisan organik (*organic coating*) seringkali menggunakan pigmen inhibitor sebagai bahan utama dalam menghambat proses korosi. Pigmen inhibitor dapat diklasifikasikan menjadi pigmen aktif dan pigmen penghalang berdasarkan mekanisme penghambatannya (Shi dkk., 2018). Pigmen penghalang bekerja menghambat korosi pada logam dengan memperpanjang jalur difusi air maupun ion ke permukaan logam sehingga ketahanan korosi logam meningkat. Pigmen aktif (seperti timbal merah dan kromate) bersifat racun sehingga dalam aplikasinya terbatas oleh persyaratan lingkungan meskipun sifat inhibisi terhadap korosi sangat baik (Costa dan Klein, 2006). Oleh karena perlu dikembangkan pigmen yang lebih ramah terhadap lingkungan. Zinc fosfat merupakan pigmen pelapis yang seringkali digunakan dalam pelapisan logam karena sifatnya yang ramah lingkungan (Hao dkk., 2013).

Penggunaan *zinc* fosfat sebagai bahan pigmen antikorosi merupakan salah satu metode yang cukup menjanjikan untuk meningkatkan ketahanan korosi pada besi maupun baja (Tamilselvi dkk, 2015). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi *zinc* fosfat yang berukuran mikro dan nano dapat memiliki kombinasi sifat aktif maupun penghalang yang cukup efektif dalam menurunkan laju korosi pada logam (Shi dkk, 2018). Mandal dan Natarajan (2004) telah mengembangkan penelitian tentang sintesis mikro/*nanosheet zinc* fosfat dengan menggunakan ion *zinc* dan amina yang berbeda untuk mengembangkan hubungan

antara sifat, struktur, maupun fungsi dari material tersebut. Xie dkk. (2012) mengembangkan sintesis *zinc* fosfat berlapis dengan memanfaatkan ion *zinc* dan ion alkali hidroksida yang berbeda sebagai pengganti amina. Tamilselvi dkk. (2015) telah mengembangkan *zinc* fosfat berukuran nano sebagai material pelapis anti korosi pada baja karbon di dalam elektrolit NaCl 3,5% pada suhu ruangan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketahanan korosi baja karbon yang dilapisi *zinc* fosfat memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan baja karbon yang dilapisi dengan *zinc* oksida.

Pada penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya hanya terbatas pada proses sintesis material *zinc* fosfat sebagai material pelapis anti korosi pada logam. Padahal ketahanan korosi pada logam juga dipengaruhi oleh tekstur atau tingkat kekasaran dari permukaan logam. Walter dan Kannan (2011) dalam penelitiannya melaporkan bahwa pengaruh kekasaran terhadap korosi pada paduan magnesium. Peningkatan kekasaran logam mengarah pada meningkatnya laju korosi logam. Bakhtiari dkk. (2014) meneliti pengaruh preparasi permukaan terhadap ketahanan korosi baja karbon di dalam larutan NaCl. Selain itu, penggunaan media elektrolit yang digunakan pada pengujian korosi logam baja sebelumnya hanya terbatas pada larutan elektrolit NaCl 3,5%. Oleh karena itu, informasi laju korosi tidak dapat digunakan secara akurat untuk memprediksi laju korosi pada lingkungan elektrolit yang bersifat asam seperti halnya asam sulfat. Asam sulfat merupakan oksidator kuat serta dehidrator. Bahan tersebut dapat memungkinkan terjadinya ignisi material lain (kayu, kertas, *oil*, dan lain-lain) serta bereaksi kuat dengan air. Oleh karena itu, asam sulfat diklasifikasikan sebagai bahan berbahaya yang memerlukan transportasi dan penyimpanan secara aman untuk menghindari terjadinya kecelakaan.

Asam sulfat bersifat sangat korosif karena dapat menyerang material logam pada tangki penyimpanan dan pipa. Korosifitas asam sulfat dipengaruhi oleh konsentrasi asam sulfat. Pada umumnya *stainless steel* UNS S304, UNS S316, serta baja karbon digunakan sebagai material dalam handling asam sulfat. Baja

karbon memiliki laju korosi yang lebih besar dibandingkan dengan *stainless steel* UNS S304 dan UNS S316 namun harganya relatif lebih murah. Perbedaan harga antara baja karbon dan austenitik UNS S304 serta S316 cukup besar. Oleh karena itu penggunaan material baja karbon lebih disukai oleh banyak industri sebagai bahan konstruksi pada tangki penyimpanan asam sulfat pekat (Panossian dkk., 2012).

Pada penelitian ini mempelajari pengaruh perlakuan permukaan (*surface treatment*), tebal lapisan *primer coat*, serta konsentrasi asam sulfat terhadap karakteristik laju korosi baja karbon A36 di dalam lingkungan asam sulfat. Lapisan primer yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pelapis komersial yang berbasis pada *zinc* fosfat. Analisis laju korosi baja karbon dilakukan dengan menggunakan uji *weight loss* berdasarkan standar ASTM G31. Hasil penelitian tersebut diharapkan dapat memberikan informasi tentang laju korosi pada baja karbon di dalam lingkungan asam sulfat.

METODE PENELITIAN

Pelapisan (Coating) Baja Karbon

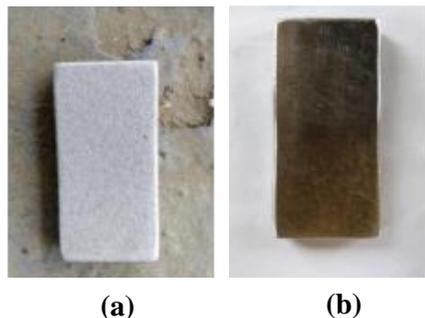
Material baja karbon yang digunakan pada penelitian ini yaitu baja karbon A36 dengan spesifikasi komposisi kimia sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Logam baja tersebut selanjutnya dipotong dengan ukuran 20 x 25 x 6 mm.

Tabel 1. Komposisi kimia baja karbon A36

Unsur	Komposisi (wt%)
Karbon (C)	0,27
Tembaga (Cu)	0,2
Besi (Fe)	98
Mangan (Mn)	1,03
Fosfor (F)	0,004
Silikon (Si)	0,28
Sulfur (S)	0,05

Pada spesimen baja karbon tersebut selanjutnya dilakukan perlakuan permukaan dengan menggunakan metode sand blasting SA 2,5 dan *power tool wire brush* St 3 untuk menghilangkan kerak korosi serta kotoran yang menempel pada permukaan logam sebelum dilakukan proses pelapisan. Hasil

perlakuan permukaan dengan kedua metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Proses selanjutnya dilanjutkan dengan pembersihan spesimen logam dengan menggunakan larutan aseton dan dilakukan pengeringan di dalam oven pada suhu 50 °C selama 30 menit. Spesimen tersebut selanjutnya ditimbang dengan neraca digital Shimadzu AY 220 (resolusi 0,1 mg) untuk mengetahui massa awal spesimen sebelum *coating*.



Gambar 1. Hasil perlakuan permukaan baja karbon A36 dengan metode (a) sand blasting SA 2,5 (b) power tool Wire brush St 3

Proses *coating* pada spesimen baja karbon dilakukan dengan menggunakan *Airless Spray*. Lapisan *coating* dibagi menjadi dua yaitu lapisan primer (*primer coat*) dan lapisan atas (*top coat*). *Coating* zinc fosfat diperoleh dari komersial *coating* Intergard 251 (zinc fosfat 25% wt). Ketebalan lapisan primer divariasi sebesar 50 µm, 75 µm, dan 90 µm. Lapisan top coat menggunakan komersial *coating* Interthane 990 (*Alkyd Gloss Finish*) dengan ketebalan 75 µm.

Pengujian Korosi

Spesimen baja karbon yang telah dilapisi tersebut selanjutnya dilakukan pengujian korosi dengan menggunakan larutan asam sulfat. Pengujian korosi dilakukan pada tiga variasi konsentrasi asam sulfat antara lain 10%, 62%, dan 98%. Proses perendaman dilakukan dengan selama 168 jam pada suhu ruangan. Setelah perendaman spesimen baja karbon dilanjutkan dengan pembersihan sisa lapisan *coating* dengan *paint remover*. Spesimen selanjutnya dibersihkan dengan kertas gosok grit 200 dan 300. Setelah diabradi logam uji dibersihkan dan dibilas dengan aseton. Setelah dicuci logam uji dikeringkan di dalam oven untuk menghilangkan sisa pelarut dengan suhu pengeringan 50 °C selama 30

menit dilanjutkan dengan penimbangan. Laju korosi dari baja karbon dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$CR = \frac{KxW}{\rho x A x T} \quad (1)$$

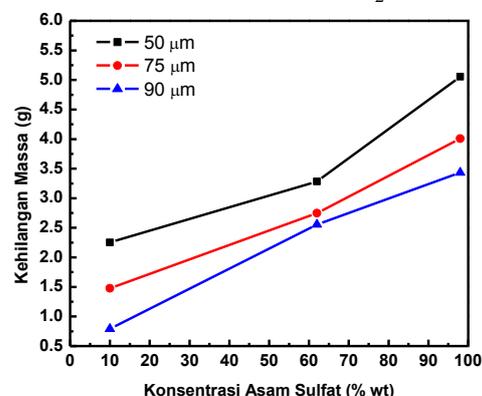
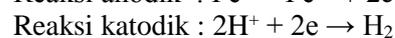
Dimana CR (*Corrosion Rate*) dalam millimeter per year (mm/y). K adalah konstanta dengan nilai $8,76 \cdot 10^4$. W adalah massa yang hilang dalam gram (g), ρ adalah densitas logam (g/cc).

Pengujian Morfologi Baja Karbon

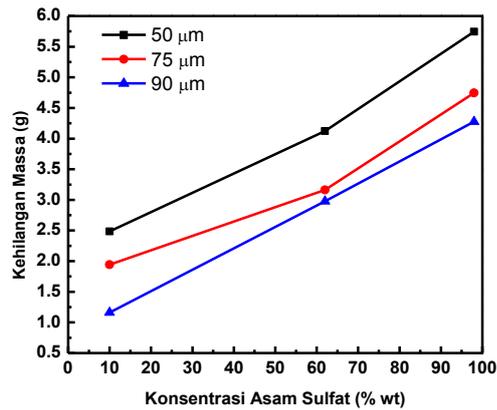
Morfologi baja karbon dianalisis dengan menggunakan metode *Scanning Electron Microscope* (SEM) FEI Inspect S50 untuk menganalisis kekasaran permukaan logam setelah mengalami perlakuan permukaan dengan menggunakan metode sand blasting SA 2,5 dan power tool wire brush St 3. Analisis komposisi kimia dari baja karbon yang telah terkorosi dilakukan dengan menggunakan metode EDX (*Energy Dispersive X-ray*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa besarnya kehilangan massa pada baja karbon yang terendam di dalam larutan asam sulfat sebanding dengan konsentrasi larutan asam sulfat. Peningkatan konsentrasi larutan asam sulfat menyebabkan kehilangan massa baja karbon semakin besar. Ketika baja karbon berkontak dengan larutan asam sulfat baik pada konsentrasi pekat maupun konsentrasi encer maka akan terjadi redoks dengan menghasilkan gas hidrogen dan ion *ferrous* dengan mekanisme sebagai berikut:



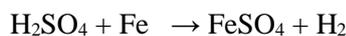
Gambar 2. Kehilangan massa baja karbon pada larutan asam sulfat dengan perlakuan sand blasting



Gambar 3. Kehilangan massa baja karbon pada larutan asam sulfat dengan perlakuan *powertool wire brush*

Proses reaksi oksidasi dari logam besi terjadi pada fase *ferrite* sedangkan proses reaksi reduksi dari gas hidrogen terjadi pada fase *cementite* di dalam baja karbon (Panosiian dkk, 2012). Gambar 1 dan gambar 2 menunjukkan bahwa dengan meningkatkan konsentrasi asam sulfat dari 10% hingga 98% menyebabkan kehilangan berat baja karbon semakin besar yang mengarah pada meningkatnya laju korosi dari logam sebagaimana disajikan pada grafik laju korosi pada gambar 4 dan gambar 5 baik pada baja karbon yang mengalami perlakuan *sand blasting* maupun *powertool wire brush*.

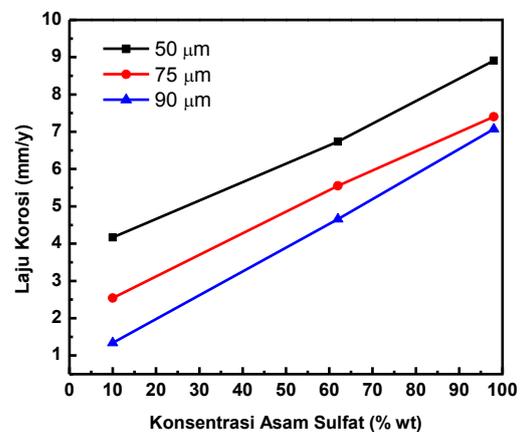
Pada saat berkontak dengan larutan asam sulfat pekat terjadi proses difusi dari ion hidrogen menuju permukaan baja karbon yang tertutup oleh *coating zinc fosfat* melalui pori-porinya. Ion hidrogen pada permukaan katoda tereduksi menghasilkan gas hidrogen dan permukaan besi teroksidasi membentuk senyawa *ferrous sulfat* dengan mekanisme reaksi sebagai berikut:



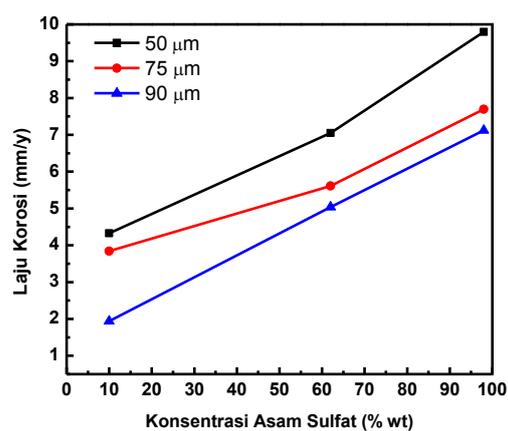
Lapisan FeSO_4 tersebut akan menempel permukaan baja karbon dan membentuk lapisan proteksi terhadap korosi lebih lanjut. Namun adanya reaksi pembentukan gas hidrogen yang relatif cepat dalam bentuk gelembung gas menyebabkan lapisan proteksi yang telah terbentuk pada permukaan logam berpindah pada fase *bulk liquid*. Hal tersebut menyebabkan laju korosi pada larutan asam

dengan konsentrasi 98% semakin tinggi (Ellison dan Schmeal, 1978).

Pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa meningkatkan tebal lapisan *coating* pada baja dari 50 μm hingga 90 μm menyebabkan penurunan laju korosi. Semakin tebal lapisan *coating* maka semakin besar hambatan difusi dari elektrolit menuju ke permukaan logam sehingga menghambat laju reaksi redoks yang akibatnya laju reaksi menurun. Pada *coating* dengan kandungan *zinc fosfat* pada umumnya memiliki pori yang menjadi jalur bagi elektrolit korosif berdifusi menuju logam sehingga *coating fosfat konvensional* memiliki ketahanan korosi yang relatif rendah (Swaidani, 2017).



Gambar 4. Laju korosi baja karbon pada larutan asam sulfat dengan perlakuan *sand blasting*



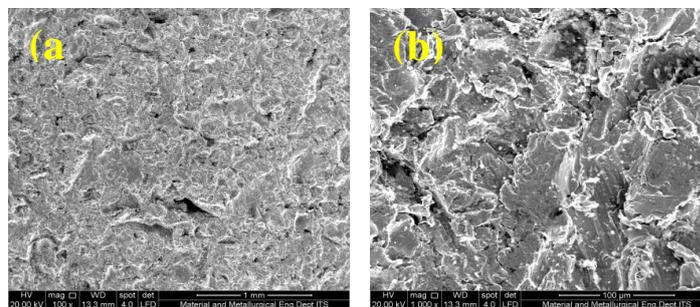
Gambar 5. Laju korosi baja karbon pada larutan asam sulfat dengan perlakuan *powertool wire brush*

Zinc fosfat *coating* terdiri dari Zn dalam bentuk $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Hopeite). Dalam kasus pembentukan lapisan *zinc fosfat* pada

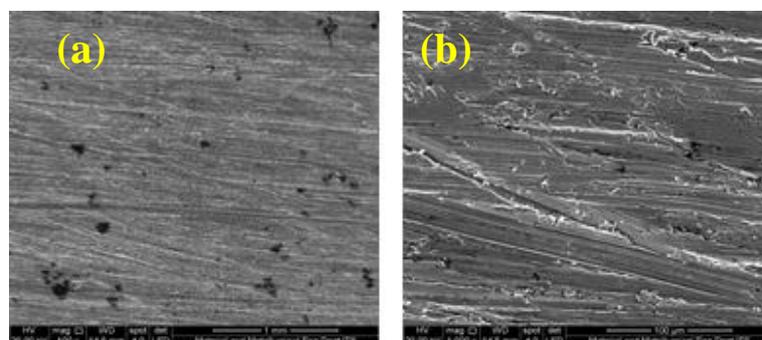
zinc memiliki reaksi dan komposisi yang relatif sederhana. Namun, pada saat *zinc* fosfat tercoating pada substrat baja karbon keadaannya menjadi lebih kompleks karena terbentuk zinc besi fosfat atau $Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ (*phosphophyllite*). Adanya konsentrasi yang tinggi dari ion *ferrous* menyebabkan ion pada *interface* larutan dan logam sehingga menyediakan tempat pada deposisi dari zinc besi fosfat (Girčienė dkk., 2013).

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa baja karbon yang mengalami perlakuan permukaan dengan sand blasting memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan baja karbon yang mengalami perlakuan permukaan dengan *power tool wire brush*. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan data grafik laju korosi baja karbon dengan perlakuan sand blasting lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan permukaan dengan *powertool wire brush* pada semua konsentrasi asam sulfat. Ketahanan korosi baja karbon dipengaruhi oleh kekuatan adhesi (daya lekat) lapisan *coating* (eksterior atau interior) terhadap permukaan logam atau substrat. Kekuatan adhesi dari

coating dipengaruhi tingkat kekasaran permukaan logam (Khorasanizadeh, 2010). Gambar 6 dan 7 menunjukkan SEM logam yang mengalami sand blasting memiliki morfologi permukaan yang lebih kasar dibandingkan dengan logam yang mengalami perlakuan permukaan dengan *powertool wire brush*. Dengan tingkat kekasaran yang tinggi menyebabkan adhesi dari *coating* menjadi lebih baik pada permukaan substrat baja karbon sehingga laju korosi menurun. Ketika permukaan dari baja karbon menjadi lebih kasar akibat *sand blasting*, maka titik aktif pada permukaan logam akan meningkat. Hal tersebut menyebabkan ikatan kimia yang terbentuk antara *coating* dan substrat semakin kuat (Baldan, 2004; Khorasanizadeh, 2010). Zhang dkk. (2016) dalam penelitiannya melaporkan hal yang serupa bahwa proses abrasi pada logam magnesium berbasis fiber logam laminasi dapat memperbaiki ketahanan *coating* pada *treatment* fosfat dengan menurunkan sudut kontak dinamis serta meningkatkan parameter *wettability* yang menyebabkan ketahanan korosi logam meningkat.

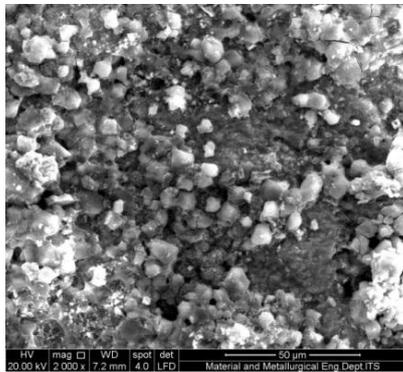


Gambar 6. SEM permukaan baja karbon setelah perlakuan *sand blasting* pada perbesaran (a) 100x (b) 1000x



Gambar 7. SEM permukaan baja karbon setelah perlakuan *powertool wire brush* pada perbesaran (a) 100x (b) 1000x

Gambar 8. menunjukkan SEM permukaan baja karbon A36 setelah terkontak dengan larutan H_2SO_4 98% pada kondisi tebal lapisan primer 50 μm dengan perlakuan *powertool wire brush*. Pada kondisi tersebut baja karbon memiliki laju korosi tertinggi dibandingkan sampel yang lainnya yaitu sebesar 9,80 mm/y sebagaimana telah disajikan dalam Gambar 4. Hasil SEM menunjukkan bahwa hampir seluruh permukaan logam mengalami korosi. Proses oksidasi logam oleh asam sulfat menyebabkan terjadinya kerusakan pada permukaan logam menjadi lebih kasar dibandingkan sebelum terkorosi.



Gambar 8. SEM baja karbon setelah kontak dengan larutan H_2SO_4 98% pada tebal *coating* 50 μm (perlakuan *powertool wire brush*)

Tabel 2. Hasil analisis EDX baja karbon pada gambar 5

Element	Komposisi (% wt)
Fe	39,71
O	36,56
Si	6,12
S	17,62

Hasil EDX yang disajikan dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa produk korosi dari baja karbon di dalam larutan asam sulfat memiliki komposisi sulfur dan oksigen yang relatif tinggi yang mengarah pada pembentukan produk korosi berupa $FeSO_4$ yang terbentuk akibat reaksi Fe dengan asam sulfat. Hasil EDX yang disajikan dalam tabel 2 menunjukkan bahwa produk korosi dari baja karbon di dalam larutan asam sulfat memiliki komposisi sulfur dan oksigen yang relatif tinggi yang mengarah pada pembentukan

produk korosi berupa $FeSO_4$ yang terbentuk akibat reaksi Fe dengan asam sulfat.

KESIMPULAN

Ketahanan korosi dari baja karbon di dalam lingkungan asam sulfat sangat dipengaruhi oleh faktor konsentrasi larutan asam sulfat, tebal lapisan primer serta perlakuan permukaan sebelum dilakukan proses *coating*. Peningkatan konsentrasi larutan asam sulfat menyebabkan laju korosi baja karbon tercoating *zinc fosfat* menjadi lebih tinggi. selain itu, meningkatnya tebal lapisan *coating* menyebabkan laju korosi baja karbon menurun. Hal ini disebabkan meningkatnya hambatan difusi elektrolit mencapai permukaan logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan permukaan sebelum *coating* baik dengan metode *sand blasting* maupun *powertool wire brush* dapat mempengaruhi ketahanan korosi logam baja. Penggunaan metode *sand blasting* menyebabkan terbentuknya profil permukaan yang lebih kasar dibandingkan dengan metode *powertool wire brush*. Dengan tingkat kekasaran yang tinggi menyebabkan daya adhesi cat lebih baik sehingga ketahanan korosi menjadi lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Laboratorium Kimia PPNS yang telah memberikan dukungan dalam bentuk pinjaman sarana dan prasarana dalam pengujian korosi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z. 2006. *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Elsevier Science and Technology Books.
- Bakhtiari, A., 2014. *The Relationship Between Surface Treatments and Corrosion Resistance of Hot-Dip Galvanized steel*. J. of Metallurgical Materials and Engineering, 20, pp. 165–170.
- Baldan, A., 2004. *Review Adhesively-Bonded Joints and Repair in Metallic Alloys Polymers and Composite Materials: Adhesives Adhesion Theories and Surface Pre-treatment*, J. of Materials Science, 39, pp. 1–49.

- Claire, L., Marie, G., Julien, G., Michel, S.J., Jean, R., Joëlle, M.M., Stefano, R., and Michele, F. 2016. *New architected hybrid sol-gel coatings for wear and corrosion protection of low-carbon steel*. J. of Progress in Organic Coatings, 99, pp. 337–345.
- Costa, M., and Klein, C., 2006. *Toxicity and Carcinogenicity of Chromium Compounds in Humans*, J. of Critical Reviews Toxicology, 36, 155–163.
- Dwivedi, D., Lepkova, K. and Becker, T. 2017. *Carbon Steel Corrosion: a Review of Key Surface Properties and Characterization Methods*. J. of Royal Society of Chemistry Advance, 7, pp. 4580–4610.
- Ellison, B.T., Schmeal, W.R., 1978, *Corrosion of Steel in Concentrated Sulfuric Acid*, J. of The Electrochemical Society, 125, pp. 524–531.
- Evgeny, B., Hughes, T., and Eskin, D. 2016. *Effect of Surface Roughness on Corrosion Behaviour of Low Carbon Steel in Inhibited 4 M Hydrochloric Acid Under Laminar and Turbulent Flow Conditions*. J. of Corrosion Science, 103, pp. 196–205.
- Girčienė, O., Ramanauskas, R., Gudavičiūtė, L., and Martušienė, A., 2013. *The Effect of Phosphate Coatings on Carbon Steel Protection from Corrosion in a Chloride-Contaminated Alkaline Solution*. J. of CHEMIJA, 24, pp. 251–259.
- Hao, Y., Liu, F., and Han, E.H., 2013. *Protection of Epoxy Coatings Containing Polyaniline Modified Ultra-Short Glass Fibers*. J. of Progress in Organic Coatings, 76, pp. 571–580.
- Jin F.L., Li, X., and Park, S.J. 2015. *Synthesis and Application of Epoxy Resins: a Review*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 29, pp. 1–11.
- Kestens, L. A. I. and Petrov, R. 2008. *Chapter 22: Texture Control in Manufacturing Current and Future Grades of Low-Carbon Steel Sheet*. *Materials Processing and Texture*, John Wiley and Sons.
- Khorasanizadeh, S., 2010. *The Effects of Shot and Grit Blasting Process Parameters on Steel Pipes Coating Adhesion*. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 4, pp. 513–521.
- Mandal, S., and Natarajan, S., 2004. *Solvothermal Synthesis and Structures of One and Two Dimensional Zinc Phosphates*. *Inorganica Chimica Acta*, 357, pp. 1437–1443.
- Panossian, Z., Almeida, N.L., Sousa, R.M.F., Pimenta, G.S., and Marques, L.B.S., 2012. *Corrosion of Carbon Steel Pipes and Tanks by Concentrated Sulfuric Acid: A Review*. J. Corrosion Science, 58, pp.1–11.
- Peabody, A.W., 2003. *Control of Pipeline Corrosion 2nd Edition*. Texas: The National Association of Corrosion Engineers (NACE).
- Setiawan, A., Novitrie, N.A., and Ashari, L., 2017. *Analisis Korosi Logam Tembaga dan Aluminium pada Biodiesel yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas*. Seminar MASTER 2017, 2, pp. 149–154.
- Shi, C., Shao, Y., Wang, Y., Meng, G., and Liu, B., 2018. *Influence of Submicron-Sheet Zinc Phosphate Synthesised by Sol-Gel Method on Anticorrosion of Epoxy Coating*. J. of Progress in Organic Coatings, 117, pp. 102–117.
- Song, F.M., Kirk, D.W., Graydon, J.W. and Cormack, D.E., 2004. *Predicting Carbon Dioxide Corrosion of Bare Steel Under an Aqueous Boundary Layer*. J. of Corrosion, 60, pp. 736–748.
- Susilowati, S.E., and Sumardiyanto, D., 2018. *Penerapan Marine Growth Prevention System (MPGS) Pada Pengoperasian Kapal Untuk Menghambat Laju Korosi*. Jurnal Teknologi, 10(2), pp. 95–102.
- Swaidani, A.M., 2017. *Modified Zinc Phosphate Coatings: A Promising Approach to Enhance the Anti-Corrosion Properties of Reinforcing Steel*. MOJ Civil Engineering, 3, pp. 1–6.
- Tamilselvi, M., Kamaraj, P., Arthanareeswari, M. and Devikala, S., 2015. *Nano Zinc Phosphate Coatings for Enhanced Corrosion Resistance of Mild Steel*. J. of Applied Surface Science, 327, 218–225.

- Walter, R., and Kannan, M.B., 2011. *Influence of Surface Roughness on the Corrosion Behaviour of Magnesium Alloy*. J. of Materials and Design, 32, pp. 2350–2354.
- Xie, N., Feng, D., Li, H., Gong, C., and Zhen, L., 2012. *Shape Controlled Synthesis of Zinc Phosphate Nanostructures by an Aqueous Solution Route at Room Temperature*. J. of Material Letter, 82, pp. 26–28.
- Zhang, X., Zhang, Y., MA, Q.Y., Dai, Y., Hu, F.P., Wei, G.B., Xu, T.C., Zeng, Q.W., Wang, S.Z., Xie, W.D., 2017. *Effect of Surface Treatment on the Corrosion Properties of Magnesium-Based Fibre Metal Laminate*. 396, J. of Applied Surface Science, pp. 1264–1272.

