



Literature Review: Studi Pengendalian Korosi menggunakan Coating Zinc (Zn), Zinc Phosphate ($Zn_3(PO_4)_2$), Zinc Silicate ($ZnSiO_4$) dan Nickel (Ni) pada Industri Otomotif

Bukhaerotul Brilliantoro

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Wanita Internasional, Indonesia

Email: bukhaerotul@iwu.ac.id

Article Info	Abstract
Article History Received: 2022-04-20 Revised: 2022-05-28 Published: 2022-06-16 Keywords: <i>Coating;</i> <i>Zinc Phosphate;</i> <i>Zinc Silicate;</i> <i>Nickel.</i>	The purpose of this research were knowing various coating materials to prevent and minimize the occurrence of automatic corrosion, studying the characteristics of coating material that is zinc, zinc phosphate, zinc silicate, and nickel metal in coating steel in automotive and studying coating materials that considered and the most appropriate in Indonesia today as a coating material in the automotive. The method in this study was explorative analysis of various previous studies and used to explore each coating material (coating) in order to obtain information about the material that suitable for the weather in Indonesia. Based on the results of studies of zinc, zinc silicate, zinc phosphate and nickel could be used as a coating or coating material on the vehicle frame in certain parts. Zinc began to form corrosion at 96 hours (4 days) after the salt spray test, the thickness of the zinc layer was 82.3-100 μm and based on SEM test the surface of the zinc was intact with several coating defects and Zn was evenly distributed. Zinc phosphate began to appear corrosion after 4 days of immersion using NaCl 3.5% and corrosion increased after 8 days, the thickness of the zinc phosphate layer is 50 μm and 77 μm and there were still pore points on the coating material. Zinc silicate was corrosion resistant for up to 5 years with a layer thickness of 0.3-10 μm . Nickel could corrosion resistant for decades with a thickness of 0.2-0.7 μm and 13 μm thickness and the results of SEM metal materials evenly and uniformly shaped.
Artikel Info	Abstrak
Sejarah Artikel Diterima: 2022-04-20 Direvisi: 2022-05-28 Dipublikasi: 2022-06-16 Kata kunci: <i>Coating;</i> <i>Zinc Phosphate;</i> <i>Zinc Silicate;</i> <i>Nickel.</i>	Tujuan penelitian ini adalah mengetahui berbagai bahan <i>coating</i> untuk pengendalian terjadinya korosi pada otomotif, mempelajari karakteristik material pelapis yaitu <i>zinc</i> , <i>zinc phosphate</i> , <i>zinc silicate</i> , dan <i>nickel</i> untuk melapisi logam baja otomatis dan mempelajari bahan <i>coating</i> yang paling sesuai dan saat ini digunakan pada otomatis di Indonesia. Metode dalam penelitian ini adalah analisis eksploratif dari berbagai penelitian terdahulu, dan di gunakan untuk mengeksplorasi tiap bahan pelapis (<i>coating</i>) agar diperoleh informasi mengenai bahan yang sesuai dengan cuaca di Indonesia. Berdasarkan hasil studi <i>zinc</i> , <i>zinc silicate</i> , <i>zinc phosphate</i> dan <i>nickel</i> dapat digunakan sebagai bahan pelapis atau coating material pada kerangka kendaraan pada bagian tertentu. <i>Zinc</i> mulai terbentuk korosi pada 96 jam (4 hari) setelah uji penyemprotan garam, ketebalan lapisan <i>zinc</i> 82,3-100 μm dan berdasarkan uji SEM permukaan <i>zinc</i> utuh dengan beberapa cacat lapisan serta Zn didistribusikan secara merata. <i>Zinc phosphate</i> mulai muncul korosi setelah 4 hari perendaman menggunakan NaCl 3,5% dan korosi meningkat setelah 8 hari, ketebalan lapisan <i>Zinc phosphate</i> adalah 50 μm dan 77 μm dan masih terdapat titik pori pada material pelapis. <i>Zinc silicate</i> tahan korosi sampai 5 tahun pemakaian dengan ketebalan lapisan 0,3-10 μm . <i>Nickel</i> tahan karat puluhan tahun dengan ketebalan 0,2 - 0,7 μm dan 13 μm dan hasil SEM material logam merata dan bentuk seragam.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan salah satunya adalah mobil sebagai alat transportasi sangatlah umum dewasa ini, selain sebagai alat transportasi, mobil juga digunakan sebagai investasi dan gaya hidup. Merk, kualitas dan jenis mobil juga dapat mempengaruhi derajat seseorang, namun perawatan pada cat mobil kadang tidak diperhatikan, sehingga menyebabkan mobil berkarat, bahan utama mobil adalah baja, yang sangat mudah teroksidasi oleh udara dan kelembab-

annya sehingga menyebabkan adanya karat besi akibat proses korosi, karat besi sangat mengganggu estetika dan menyebabkan kerusakan pada bodi mobil sehingga perlu adanya inovasi pencegahan karat pada besi, salah satu teknik yang dapat digunakan adalah menggunakan teknik *coating* atau pelapisan, perlindungan *coating* bertujuan agar korosi bisa diperkecil dalam alat transportasi (Afandi, 2015). Pengembangan material sebagai media pelapis saat ini berkembang pesat, namun rata-rata

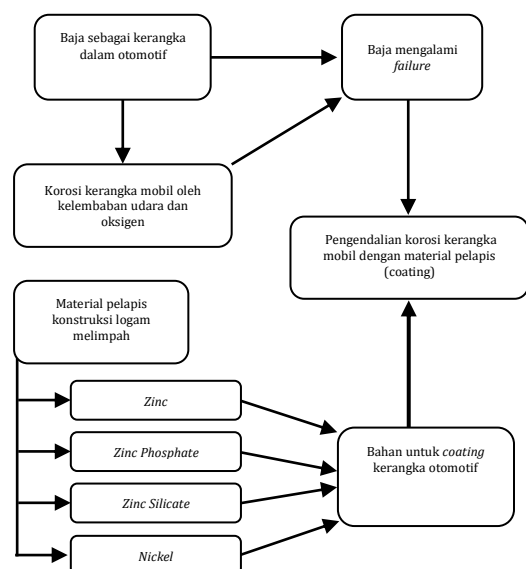
material yang digunakan sangat mahal, perlu pengkajian lebih lanjut dilaboratorium, dan masih terdapat kelemahan berupa keretakan saat diaplikasikan, selain itu sintesis material pelapis yang dilakukan dilaboratorium menggunakan bahan kimia dan biaya yang mahal, perlu dikembangkan lebih lanjut untuk membuat inovasi material pelapis yang umum digunakan agar menghemat biaya dan memanfaatkan bahan yang mudah dijumpai disekitar, korosi dapat dikendalikan dengan modifikasi permukaan, modifikasi logam paduan, modifikasi lingkungan dengan inhibitor, mengubah potensial logam dan lingkungan dengan perlindungan katodik atau anodik (Tamilselvi, 2015).

Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk media pelapis adalah seng, selama ini seng digunakan untuk atap rumah, seiring berjalannya waktu, seng banyak diaplikasikan untuk material yang lain seperti material pelapis dan paduan logam (*alloy*). Bahan seng sebagai pelapis logam dipadukan dengan senyawa lain seperti *phosphate* dan *silicate* agar dapat mengurangi laju korosi saat seng diaplikasikan, fungsi dari senyawa yang ditambahkan pada seng adalah untuk mengoptimalkan material dalam mengendalikan laju korosi yang cepat, sehingga korosi dapat dikendalikan. *Zinc silicate* akan berfungsi sebagai perlindungan anti korosi dari gesekan permukaan pada selang waktu tertentu (Fric, 2016). Selain *zinc silicate*, bahan yang biasa digunakan sebagai bahan pelapis adalah *zinc phosphate*. *Zinc phosphate* merupakan garam yang dapat mengendap pada logam sehingga mampu menutupi logam secara menyeluruh dan mengendalikan adanya korosi. Aplikasi seng sebagai media pelapis dapat dilakukan dengan *thermal spray coating* (Sutanto, 2015). Selain material dari seng, bahan yang dikembangkan sebagai media *coating* kerangka baja saat ini adalah *nickel*. Perlindungan baja menggunakan *nickel* dibuat dengan metode *electroplating*. Metode *electro-plating* merupakan suatu proses yang digunakan untuk pelapisan yang menggunakan prinsip pengendapan logam dengan cara elektrokimia, sehingga baja kerangka mobil tidak akan mudah terkorosi oleh oksigen, nikel dapat digunakan sebagai bahan *coating* karena tidak mudah teroksidasi oleh adanya kelembaban udara, air dan oksigen di udara. Salah satu fungsi dari adanya *coating* adalah *water repellent* sehingga tidak menimbulkan jamur dan noda yang sudah dibersihkan akibat tetesan air pada kerangka mobil, Selain itu berfungsi juga sebagai daya tahan terhadap goresan, seng yang

ditambahkan dengan bahan lain mempunyai keefektifan dan laju korosi yang karakteristiknya sesuai bahan yang ditambahkan, sehingga perlu dikaji perbedaan antara pelapian logam menggunakan *zinc phosphate*, *zinc silicate* dan *nickel* dari segi bahan, mekanisme korosi dan keefektifannya disesuaikan dengan lingkungan yang ada di Indonesia. Berdasarkan penjelasan diatas, maka perlu dikaji tentang perbedaan keefektifan bahan serta kesesuaiannya jika diaplikasikan di Indonesia dan penelitian ini difokuskan pada penggunaan *zinc*, *zinc phosphate*, mencoba melakukan pengkajian dengan judul “Studi Pengendalian Korosi Menggunakan *Coating Zinc (Zn)*, *Zinc Phosphate (Zn₃(PO₄)₂)*, *Zinc Silicate (ZnSiO₃)*, dan *Nickel (Ni)* pada Industri Otomotif.

II. METODE PENELITIAN

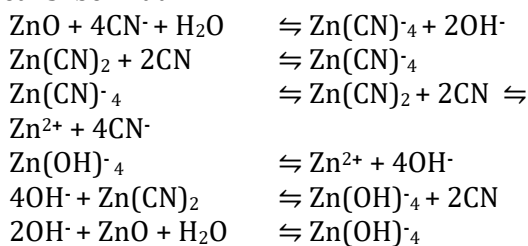
Metode yang digunakan dalam artikel ini adalah buku, pencarian literatur berupa jurnal nasional dan jurnal internasional, artikel ini tidak menggunakan data primer (data yang diambil secara langsung) melainkan data sekunder yang diperoleh melalui kepustakaan yang dilakukan dengan memahami buku, jurnal dan literatur yang tersedia dalam bentuk pustaka cetak maupun elektronik, serta refrensi lain yang relevan dengan tujuan objek penulisan, data yang diperoleh dari berbagai literatur di pahami kemudian dilakukan analisis dengan metode pendekatan eksploratif dan metode analisis deskriptif untuk mengeksplorasi tiap bahan pelapis (*coating*) agar diperoleh informasi mengenai bahan yang paling sesuai dengan cuaca yang ada di Indonesia.



Gambar 1. Struktur materi dalam kajian Penelitian

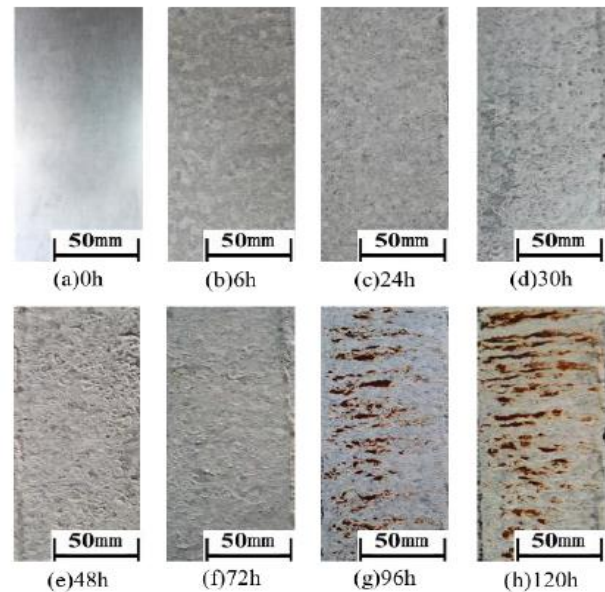
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Coating atau pelapisan suatu logam dengan menggunakan material pelapis sangat umum dilakukan pada kerangka kendaraan agar tidak mengalami korosi. Korosi merupakan proses elektrokimia, pada saat peristiwa korosi, logam mengalami reaksi oksidasi yang terjadi di alam karena beberapa faktor, sedangkan oksigen mengalami reduksi, faktor yang mempengaruhi saat mengalami reaksi oksidasi tersebut adalah lingkungan dan perawatan terhadap kendaraan itu sendiri. Lingkungan yang lembab dan banyak mengandung klorin akan mempercepat oksidasi daripada lingkungan yang kering. Hujan yang mengandung asam dan air laut yang mengandung garam juga akan mempercepat terjadinya korosi. Selain faktor alam, banyaknya kotoran yang tidak dibersihkan, debu, dan cat yang tidak dijaga kebersihannya juga akan mempercepat kendaraan, perlindungan anodik menggunakan seng dapat dituliskan melalui reaksi berikut ini.



Ion sianida akan selalu berbentuk natrium sianida. Keberadaan ion natrium ini akan mengganggu proses pelapisan karena ion natrium bersifat higroskopis atau menyerap air. Apabila diaplikasikan, ion Na akan menimbulkan pori pada pelapis dan pori tersebut dapat menimbulkan celah untuk terjadinya korosi pada logam yang dilindungi. Ion sianida perlu diganti menggunakan material lain yang bersifat inert, stabil dan tidak berbahaya bagi lingkungan, yaitu dengan fosfat atau silikat, perlindungan katodik pada nikel dapat terjadi karena nikel yang mempunyai harga potensial sel lebih besar dan berada di sebelah kanan dalam deret volta dari pada besi, besarnya potensial sel nikel membuat nikel tidak mudah terkorosi oleh adanya oksigen dan kelembaban di lingkungan. Galvanisasi dalam bodi mobil yang akan ditambahkan cat dekorasi disebut sebagai elektrogalvanisasi, sehingga diperoleh lapisan yang lebih tipis. Perlindungan dengan metode *hot-dip galvanizing* tidak cukup untuk produk baja yang terus-menerus terpapar asam, hujan, maupun penggunaan di luar ruangan, kelebihan penggunaan seng sebagai bahan pelapis adalah murah dan mudah ditemukan serta dapat memberikan perlindungan

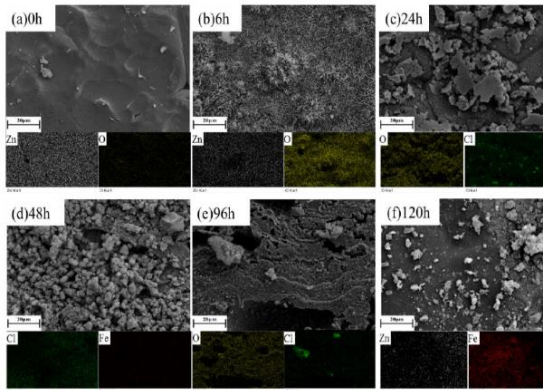
yang baik pada besi dengan cara perlindungan katodik, namun terdapat kelemahan yaitu pengorbanan seng saat aplikasinya dan penggunaan kromat pada campurannya berbahaya untuk kesehatan dan lingkungan, penggunaan metode elektro-galvanizing dirasa lebih efektif daripada metode *hot-dip*. Metode *hot-dip galvanizing* akan memiliki ketebalan yang tidak merata dan mengisi terlalu banyak celah benang dan dapat menyebabkan kekuatan dimensi baja menjadi berkurang.



Gambar 2. Lapisan seng setelah disemprotkan larutan garam berbagai waktu (Zhang dkk. 2019)

Gambar diatas yang menunjukkan morfo-logi korosi makro berbagai waktu setelah disemprot larutan garam, sebelum disemprot, permukaan spesimen seng utuh dan cerah. Setelah 6 jam lapisan seng sedikit terkorosi, bintik putih mulai terbentuk dan kecerahan/ kilau logam hilang, semakin lama waktu setelah penyemprotan, korosi yang terjadi semakin parah dan pada waktu 48 dan 72 jam terbentuk korosi putih yang seragam menutupi semua spesimen. Pada 96 jam terbentuk karat merah yang menunjukkan seng gagal melindungi spesimen dari korosi, hingga pada 120 jam semua seng terpapar dan terkorosi, terjadinya korosi pada seng saat melindungi baja dari korosi didasarkan pada prinsip perlindungan katodik. Logam seng berada di sebelah kiri besi sehingga harga potensial selnya lebih rendah dan lebih mudah mengalami oksidasi, pada saat proses perlindungan ini, seng akan dikorbankan dan mengalami korosi hingga habis dan berada di anoda sedangkan besi pada baja akan tetap utuh.

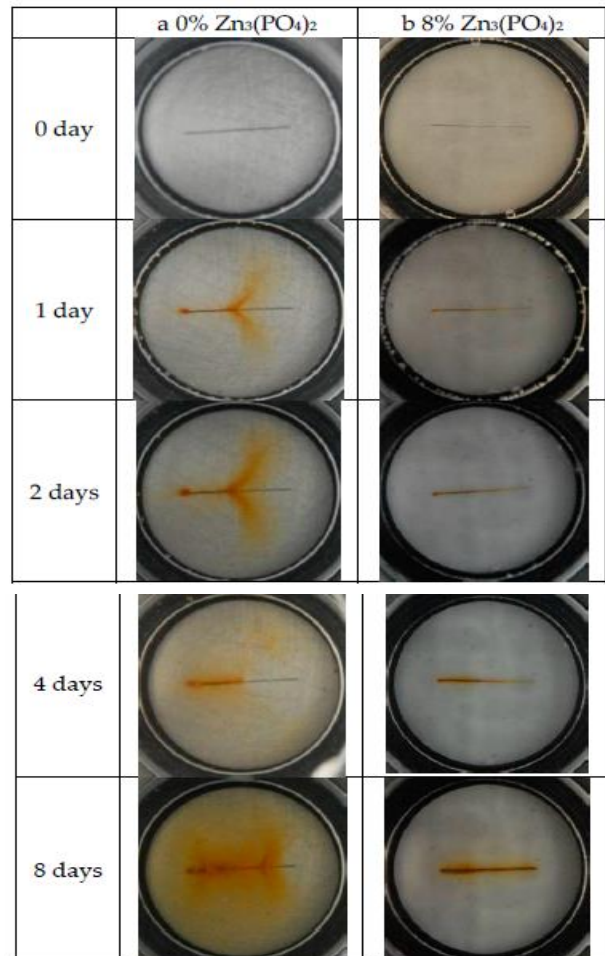
Besi akan tetap tereduksi menjadi logam-nya pada katoda dalam proses perlindungan katodik ini, morfologi korosi dan distribusi elemen produk baja yang dilapisi seng setelah disemprotkan larutan garam setelah beberapa waktu dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 3. Hasil SEM lapisan seng setelah disemprotkan garam dan dibiarkan beberapa waktu (Zhang, 2019)

Gambar tersebut menunjukkan morfologi dan distribusi elemen produk korosi baja galvanis setelah disemprot garam, sebelum disemprotkan garam, permukaan seng utuh dengan beberapa cacat lapisan dan tidak ada korosi serta Zn didistribusikan secara merata. Setelah 6 jam penyemprotan terdapat seng oksida. Saat 24 jam korosi mulai muncul ditandai dengan munculnya banyak Cl dan O habis. Adanya Cl pada seng oksida akan menghambat korosi menjadi parah. Pada 30 jam pertama terjadi korosi dan seng kurang protektif terhadap peningkatan laju korosi. Pada 48 jam terjadi korosi kompak seperti lempengan dan melekat di permukaan dan celah. O dan Zn didistribusikan secara merata dan tidak ada Fe yang terdeteksi. Hasil korosi kompak mencegah media korosif ke dalam besi, seiring berjalannya waktu, lapisan seng terus mengalami korosi, lempeng-lempeng mulai terjadi retakan dan lubang amblesan, pada 96 jam, logam hasil korosi yang tersisa selanjutnya terkorosi lagi dan menggunakan celah untuk korosi lebih lanjut, di mana sebagian besar Cl terdeteksi. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kerusakan plat seng sebagai pelapis berhubungan dengan adanya ion Cl^- , pada 120 jam keberadaan Fe menunjukkan kerusakan komprehensif lapisan seng dan korosi matriks besi yang dilapisi, sehingga seng tidak dapat lagi melindungi besi dan menghambat laju korosi. *Zinc phosphate* merupakan garam yang terbentuk dari logam dan ion fosfat. *Zinc phosphate* biasanya digunakan sebagai pengisi

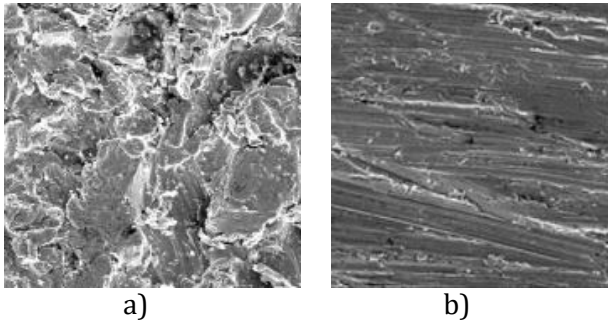
saluran akar gigi dan zat warna dalam cat, namun seiring berjalannya waktu garam ini digunakan untuk pelapis logam, lapisan untuk perlindungan korosi yang berkembang pesat tidak semuanya dapat digunakan secara aplikatif karena keterbatasan kinerjanya. *Zinc phosphate* adalah pigmen yang dapat berbentuk lapisan yang berfungsi sebagai anti-korosi yang ramah lingkungan dan efisien. *Zinc phosphate* merupakan modifikasi lapisan akrilik yang mengandung air. *Zinc phosphate* dapat menghambat korosi pada logam anoda secara efektif dan meningkatkan adhesi pelapis sehingga laju difusi horizontal zat yang menyebabkan korosi ke dalam lapisan antarmuka logam baja diperlambat (Wan, 2017).



Gambar 4. Tampak baja setelah penyemprotan dengan NaCl 35% dalam beberapa hari (Wan, 2017)

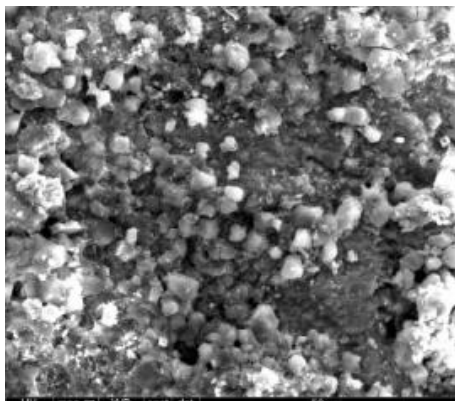
Penggunaan *zinc phosphate* akan berkarat pada waktu 4 hari penyemprotan dan meningkat setelah 8 hari penyemprotan, namun tidak terdapat gelembung. *Zinc phosphate* ada dalam bentuk pigmen warna yang dapat melindungi logam terhadap korosi pada aliran air atau lingkungan dengan kelembaban tinggi, selain

dipengaruhi oleh ketebalan *zinc phosphate*, korosi juga dipengaruhi oleh perlakuan sebelum *coating* seperti *sand blasting* dan *powertool wire brush*, Setiawan (2019) menyebutkan bahwa penggunaan metode *sand blasting* membuat permukaan lebih kasar daripada *powertool wire brush* sehingga menyebabkan daya adhesi *zinc phosphate* lebih baik dan ketahanan korosi menjadi lebih tinggi.



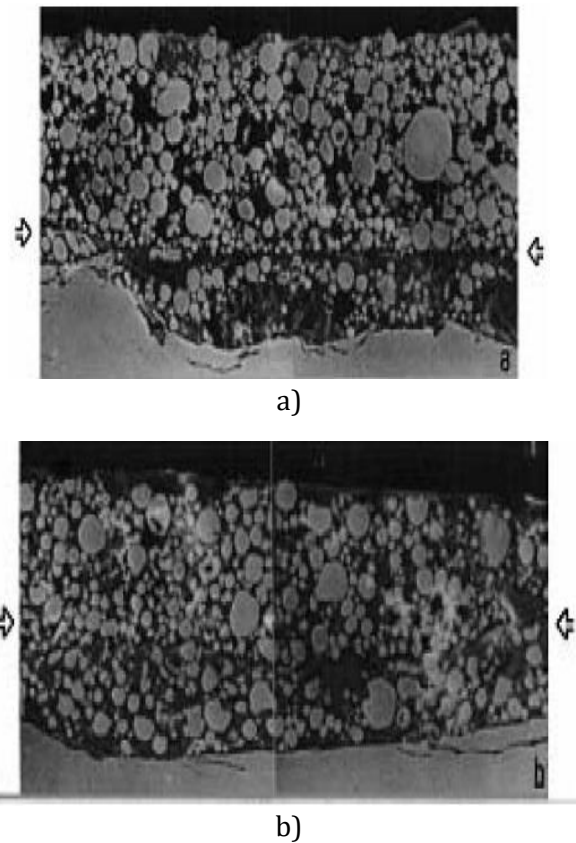
Gambar 5. SEM permukaan baja karbon perlakuan a) Sand Blasting perbesaran 1000x
b) *Powertool wire brush* (Setiawan, 2019)

Berdasarkan penelitian dari Setiawan, (2019) menunjukkan bahwa dengan ketebalan *coating* 50 μm menggunakan perlakuan *powertool wire brush* mempunyai laju korosi tercepat setelah kontak dengan asam sulfat 98%, oksidasi logam baja dengan asam sulfat menyebabkan permukaan logam baja menjadi lebih kasar dari pada sebelum terkorosi.

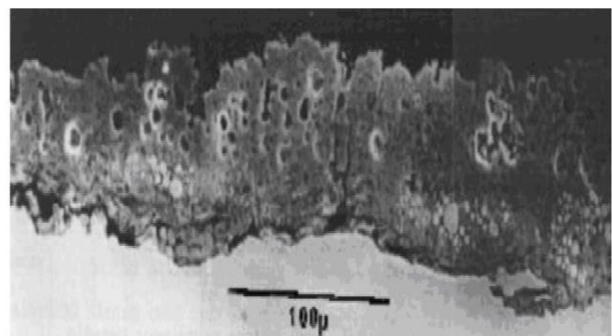


Gambar 6. SEM Baja karbon kontak dengan asam sulfat 98% ketebalan *coating* 50 μm perlakuan *power tool brush* (Setiawan, 2019)

Penambahan *zinc silicate* berguna untuk meningkatkan perlindungan pada baja, sehingga tidak ada logam atau zat yang terbuang akibat proses pelapisan.



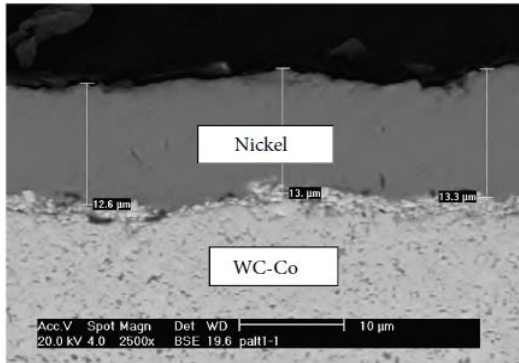
Gambar 7. Struktur mikro perbaikan silikat dengan pengaplikasian setelah 4 bulan pemakaian dengan perbesaran 900x a) DIsemprot, b) Disapukan/dikuas (Francis, 2013)



Gambar 8. *Zinc silicate* setelah 2 tahun pemakaian yang terpapar air laut saat surut (Francis, 2013)

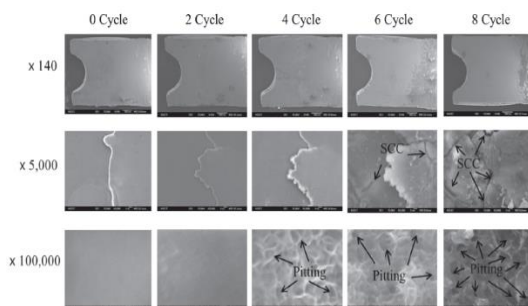
Berdasarkan Gambar 7 dan 8, dapat dilihat bahwa perbaikan struktur silikat mem-buat baja (substrat) lebih tertata dan *zinc silicate* lebih seragam ukurannya. Air laut akan mempercepat proses degradasi logam yang sebanding dengan puluhan tahun dalam suasana normal. Seng terkorosi pada semua lapisan meskipun di beberapa tempat tidak terkorosi dan masih terdapat partikel logam seng, sedangkan baja masih tetap utuh belum terkorosi, pelapisan seperti itulah dirasa efektif untuk logam baja,

karat dalam matriks silikat cenderung lebih sedikit dan berkurang daripada penggunaan logam seng saja, paparan lingkungan air laut maupun kondisi normal tidak mempengaruhi matriks *zinc silicate* karena silikat akan menjadi agen penghalang dengan membentuk lapisan seperti kaca.



Gambar 9. SEM menggunakan Ni pada permukaan logam pelapisan 10 menit (Wahab, 2013)

Ukuran lapisan nikel dengan metode *electroplating* adalah 13 µm dan ketebalan hampir merata pada seluruh permukaan logam (Wahab, 2013), berdasarkan penelitian Salman, (2019) semakin lama waktu *electroplating*, maka tingkat kekerasan material semakin meningkat, dimana kekerasan paling tinggi terdapat pada waktu 12 menit dengan kekerasan 246,7 kg/mm². *Nickel* yang melapisi baja akan mulai mengalami korosi pada hari kelima dalam lingkungan asam menggunakan cairan tomat dengan laju korosi 0,15 mm/tahun dan menurun pada hari kesepuluh, *Nickel* terbukti dapat melindungi baja dari korosi dalam lingkungan asam maupun lingkungan lembab, Nickel Institute (2014) menjelaskan bahwa pelapisan menggunakan metode *watts* nikel relatif hemat dan fleksibel, penggunaan nikel sebagai media pelapis adalah dapat menjangkau pada area yang kecil dan luas baik pada konstruksi maupun otomotif.



Gambar 10. Fe-SEM lapisan *Nickel* dalam siklus 0-8 dan perbesaran 140x, 5000x, dan 100.000x. (Lee, dkk. 2015)

Berdasarkan Gambar 4, Uji semprotan garam dan analisis FE-SEM keduanya dilakukan selama 8 siklus, setiap siklus dilakukan selama 24 jam dengan penyemprotan garam selama 8 jam dan 16 jam dibiarkan dalam ruangan, tidak ada perubahan pada dua siklus pertama, tetapi pada siklus 4 SEM perbesaran $\times 100.000$ terjadi lubang korosi, semakin banyak siklus, korosi semakin membesar. Lubang korosi menjadi lebih dalam pada siklus 6 dan 8 pada perbesaran $\times 100.000$ sehingga korosi pitting berpengaruh pada pelat nikel penyambung dengan logam baja.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan data hasil yang telah dibandingkan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Zinc*, *zinc phosphate*, *zinc silicate* dan *nickel* dapat digunakan sebagai bahan pelapis atau *coating* material pada kerangka kendaraan pada bagian tertentu sesuai dengan keunggulannya masing-masing.
2. *Zinc silicate* dapat digunakan sebagai pelapis pada bagian body mobil karena tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, sedangkan *zinc phosphate* dapat digunakan pada kerangka kendaraan yang mudah berinteraksi dengan air, sedangkan *nickel* dapat digunakan pada bagian kerangka yang mudah mengalami keausan.
3. Berdasarkan keempat material yaitu *zinc*, *zinc phosphate*, *zinc silicate* dan *nickel*. Material yang paling sesuai untuk bodi mobil dan pengaplikasian yang mudah adalah *zinc silicate*. Selain itu, bahan ini juga dinilai murah, pengaplikasian mudah dan sudah digunakan di beberapa negara yang maju.
4. *Zinc* mulai terbentuk korosi pada 96 jam (4 hari) setelah uji penyemprotan garam, ketebalan lapisan *zinc* 82,3 - 100µm dan berdasarkan uji SEM permukaan *zinc* utuh dengan beberapa cacat lapisan serta Zn didistribusikan secara merata. *Zinc phosphate* mulai muncul korosi setelah 4 hari perendaman menggunakan NaCl 3,5% dan korosi meningkat setelah 8 hari, ketebalan lapisan *Zinc phosphate* adalah 50 µm dan 77 µm dan masih terdapat titik pori pada material pelapis. *Zinc silicate* tahan korosi sampai 5 tahun pemakaian dengan ketebalan lapisan 0,3-10 µm. *Nickel* tahan karat puluhan tahun dengan ketebalan 0,2-

0,7 μm dan 13 μm dan hasil SEM material logam merata dan bentuk seragam.

B. Saran

Pembahasan terkait penelitian ini masih sangat terbatas dan membutuhkan banyak masukan, saran untuk penulis selanjutnya adalah mengkaji lebih dalam dan secara komprehensif tentang *Literature Review*: Studi Pengendalian Korosi Menggunakan *Coating Zinc (Zn)*, *Zinc Phosphate ($\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$)*, *Zinc Silicate (ZnSiO_4)* dan *Nickel (Ni)* pada Industri Otomotif.

DAFTAR RUJUKAN

- Afandi, K.A., Arief, I.S., dan Amiadji (2015); Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating.
- Akafuah, N.K., Poozesh, S., Salaimeh, A., Patrick, G., Lawler, K., dan Saito, K. (2016); Evolution of the Automotive Body Coating Process-A Review, *Coatings*, (6) 24, 1-22.
- Caselis, J.L.V., Rosas, E.R., dan Meneses, V.M.C. (2012); Hybrid PMMA-silica Anticorrosive Coatings for Stainless Steel 316L, *Corrosion Engineering, Science, and Technology*, (47) 2, 131-137.
- Cox, C., Keall, C., and Bergenholtz, G. (1987); Biocompatibility of surface-sealed against exposed pulps dental materials, *J Prosthetic Dent*, 163(2), 292.
- Dallin, G. (2018); Continuous Hot-Dip Galvanizing 2016, *International Zinc Association*. 10-13.
- Derrick, S. M., Johnson, M. A., Nola, G. P., Maede, D., dan Joyce, M. (2012), An Evaluation into the Cause of Corrosive Failure in Autophoretic Coated Material, *Proceedings of NAMRI/SME*, (40).
- Doerre, M., Hibbits, L., Patrick, G., dan Akafuah, N.K. (2018), Advances in Automotive Conversion Coatings during Pretreatment of the Body Structure: A Review, *Coatings*, (8) 405, 1-22.
- Ferreira, J.M., Rossi, J.L., Baker, M.A., Hinder, S.J. dan Costa, I. (2014); Deposition and Characterization of a New Mixed Organic/Inorganic Cerium Containing Coating for the Corrosion Protection of Electrogalvanized Steel, *Int. J. Electrochem.* (9), 1827-1839.
- Francis, R (2013); Inorganic Zinc Silicate Coatings: Fallacies and Facts, *Corrosion and Prevention*, 26.
- Francis, (2008); Repair of Single Coat Inorganic ZincSilicate Coatings, *Corrosion and Materials*, (33) 3.
- Fric, N., Budevach, D., Miscovic, Z., Markovic, Z., dan Dobric, J. (2016). Usage of Zinc-Silicate Coatings in Friction Connections, *Journal of Applied Engineering Science*, (14)1, 128-134.
- Hsu, C., Chiu, S., dan Shih, Y. (2004); Effects of Thickness of Electroless Ni-P Deposit on Corrosion Fatigue Damage of 7075-T6 under Salt Spray Atmosphere, *Materials Transactions*, (45) 11, 3201-3208.
- Lee, N., Choi, H. dan Choi, D. (2015); Failure Analysis of a Nickel-plated Electronic Connector Due to Salt-induced Corrosion (ENGE 2014), *Journal of Nanoscience and Technology*, (15) 7498-7502.
- Lu, Y., Luo, L., Liu, J., Zhu, C., dan Wang, Y. (2016); Failure Mechanism Associated with the Thermally Grown Silica Scale in Environmental Barrier Coated C/SiC Composites, *J. Am Ceram. Soc*, 1-7.
- Nowicka-Nowak, M., Zubielewicz, M., Kania, H., Liberski, P. dan Sozanska, M. (2018); Influence of Hot-Dip Galvanized Coating Morphology on the Adhesion of Organic Coatings Depending on the Zinc Bath Pb Content and Postgalvanizing Cooling Method. *International Journal of Corrosion*, 1-8.
- Nguyen-Tri, P., Nguen, T.A., Carrierre, P., dan Xuan, C.N. (2018); Nanocomposite Coatings: Preparation, Characterization, Properties, and Application, *Inter J of Corrosion*, 1-19.
- Oluwolw, O. Dan Olawale, O. (2010); Corrosion Behaviour of Nickel Plated Low Carbon Steel in Tomato Fluid, *Leonardo Electronic Journal of Practices dan Technologies*, 16, 33-42.
- Schweitzer, P.A (2006); Paint and Coating: Applications and Corrosion Resistance, Taylor & Francis, New York.

- Wan, H., Song, D., Li, X., Zhang, D., Gao, J., dan Du, C. (2017); Effect of Zinc Phosphate on the Corrosion Behavior of Waterborne Acrylic Coating/Metal Interface. *Materials*, 10.
- Zhang, K., Song, R. dan Gao, Y. (2019); Corrosion Behavior of Hot-dip Galvanized Advanced High Strength Steel Sheet in a Simulated Marine Atmospheric Environment, *International Journal of Electrochemistry Science*, 14, 1488-1499.
- Zhang, L., Ma, A., Jiang, J., Song, D., Chen, J. Dan Yang, D. (2012); Anti-corrosion Performance of Waterborne Zn-rich Coating with Modified Silicon-Based Vehicle and Lamellar Zn (Al) Pifments, *Progress in Natural Science: Materials International*, (4)22, 326-333.
- Zheng, W. dan Myers, J.J. (2013); Adhesion Tests and Failure Modes Study on Structural Steel Coatings, *Conference Paper*.