

KARAKTERISASI POLI(3-(TRIMETHOXYSILYL)PROPYL METHACRYLATE) YANG DIMODIFIKASI DENGAN INHIBITOR CERIUM SEBAGAI BAHAN PROTEKSI KOROSI BAJA KARBON

TUTI SUSILAWATI[†], DESY NUR ROCHMAH, NORMAN SYAKIR, SRI SURYANINGSIH, FITRILAWATI

Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

Abstrak. Korosi merupakan peristiwa pengrusakan logam akibat bereaksi secara kimia dengan lingkungan sehingga menimbulkan kerugian. Dalam upaya mencegah terjadinya korosi pada material baja karbon API 5L X65, maka dilakukan proses pelapisan dengan menggunakan *Poli(3-(Trimethoxysilyl)propyl methacrylate)*. *Poli(TMSPMA)* merupakan bahan yang berpotensi untuk memproteksi material dari korosi. Untuk itu ditambahkan inhibitor *Cerium Nitrate Hexahydrate*, penambahan inhibitor ini bertujuan untuk membuat lapisan proteksi bersifat aktif dan pasif, sehingga ketika lapisan yang bersifat pasifnya rusak masih ada bagian aktifnya yang melindungi material. Bahan prekursor polimer hibrid dibuat dari monomer TMSPMA murni dan yang dicampur inhibitor dengan teknik *sol-gel*. Hasil yang didapat terbentuknya *gel* kental yang bening dan menghasilkan *yield* sebesar 89,58%. Prekursor polimer hibrid yang diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan FTIR untuk melihat gugus fungsinya, dengan cara melapiskan bahan prekursor pada substrat silikon. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus anorganik dan organik yang mengalami polimerisasi. Selanjutnya prekursor polimer hibrid dilapiskan pada baja karbon kemudian dikarakterisasi dengan metoda Potensiostat untuk mengetahui laju korosinya. Hasil yang diperoleh menunjukkan penurunan arus korosi dari 1,868 mm/th menjadi 0,02 mm/th.

Kata kunci : Korosi, polimer hibrid, TMSPMA, *sol-gel*, Inhibitor

Abstract. Corrosion is a metal destruction due chemically with environment to prevent the corrosion of carbon steel material API 5L X65. The coating process is carried out using poly (3- (Trimethoxysilyl) propyl methacrylate)). Poly (TMSPMA) is a material that has the potential to protect the material from corrosion. Cerium Nitrate Hexahydrate inhibitor was added to Poly (TMSPMA) as inhibitor to create active and passive protective layer, so that when the passive layer is broken there are still parts that protect the active material. Hybrid polymer precursor material is of monomers TMSPMA and mixed with inhibitor with sol-gel technique. Clear viscous gel was formation and resulted in a yield of 89,58%. Hybrid polymer precursors were then characterized by FTIR to was the functional groups, by way of the precursor material is coated on a silicon substrate, based on FTIR spectra, the presence of organic and inorganic group indicate that material has been polymerized. Hybrid polymer precursor was coated onto carbon steel and then characterized using potentiostat method to determine current corrosion. The result shows a decrease in the corrosion current of 1.868 mm/yr into 0.02 mm/yr.

Keywords : Corrosion, polymer hybrid, TMSPMA, *sol-gel*, Inhibitor

1. Pendahuluan

Korosi merupakan kerusakan yang terjadi pada material logam akibat berinteraksi dengan lingkungan agresif sehingga mengakibatkan degradasi kekuatan fisik, mekanik, dan tampilan dari logam tersebut. Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh industri, misalnya korosi yang terjadi pada pipa-pipa penyalur minyak dan gas. Kerusakan akibat korosi mengakibatkan kerugian proses produksi, baik pada kinerja maupun pada ongkos produksi. Industri minyak dan gas alam berupaya mencari cara dalam mengatasi permasalahan korosi yang biasa terjadi pada pipa penyalur migas.

[†] email : t.susilawati@phys.unpad.ac.id

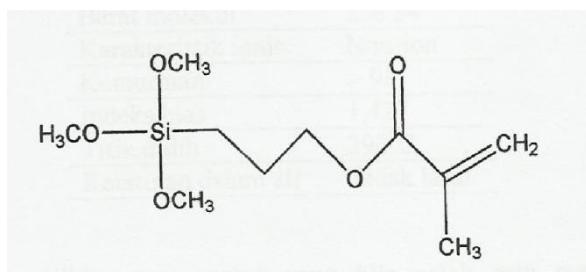
Proses korosi sangat sulit dihindari, tetapi dapat dikurangi. Laju korosi dapat dikendalikan dengan cara pencegahan. Metode pencegahan korosi dapat berupa pemilihan material yang anti korosi dan pemberian lapisan pelindung (*coating*).

Hal tersebut berkaitan dengan harga bahan baja karbon yang jauh lebih murah dibanding dengan baja yang sudah dimodifikasi sehingga tahan karat. Berkaitan dengan hal tersebut, korosi merupakan masalah yang sangat penting karena biaya penanggulangan akibat korosi pipa baja karbon tersebut cukup besar. Untuk mencegah dan mengurangi efek dari korosi, perlu dicari bahan pelapis yang dapat memproteksi baja karbon dari korosi. Oleh sebab itu penelitian tentang bahan proteksi korosi untuk pipa baja karbon sangatlah diperlukan. Dengan ditemukannya bahan proteksi baja karbon yang murah, maka penggunaan baja karbon dapat dipergunakan secara lebih luas sehingga ongkos produksi menjadi lebih murah.

Tujuan penelitian ini adalah membuat bahan proteksi korosi dari polimer hibrid anorganik-organik dicampur inhibitor yang proses pelapisannya dapat dilakukan dalam atmosfir biasa dengan menggunakan monomer (*3-(Trimethoxysilyl)propyl methacrylate*) (TMSPMA).

2. Eksperimen

Pada penelitian ini dibuat bahan proteksi korosi yang berupa poli(TMSPMA) yang dimodifikasi dengan inhibitor melalui proses doping. Prekursor polimer hibrid disintesis dengan proses *sol-gel*. Struktur dari monomer TMSPMA diperlihatkan pada gambar 1. Monomer tersebut memiliki tiga gugus fungsional OCH_3 yang terikat pada atom Si. Struktur tersebut memungkinkan monomer berpropagasi ke tiga arah membentuk struktur ikat silang.



Gambar 1. Struktur TMSPMA (Sigma-Aldrich,2010)

Sintesis prekursor poli(TMSPMA) dilakukan menggunakan hasil optimasi skala laboratorium yaitu dengan perbandingan antara monomer, etanol, dan akuades 1 : 4 : 8. Hasil selanjutnya dimurnikan untuk menghilangkan sisa monomer, akuades dan katalis yang tidak bereaksi dengan menambahkan kloroform dan akuades. Setelah diaduk dengan *magnetic stirrer*, kemudian didiamkan hingga terbentuk dua lapisan dimana lapisan akuades dibuang dan lapisan monomer dalam kloroform diambil. Hal ini dilakukan berulang kali hingga pH larutan mencapai 7. Lapisan akuades dipisahkan dan larutan monomer diaduk kembali untuk menghilangkan pelarut kloroform. Larutan gel bening ini disebut prekursor poli(TMSPMA). Prekursor polimer hibrid selanjutnya diencerkan dan ditambahkan inisiator. Konsentrasi inisiator dalam prekursor adalah 1 % berat. Penambahan inisiator ini dimaksudkan untuk inisiasi polimerisasi bagian organik. Deposisi dilakukan dengan teknik *spin coating* yaitu dengan meneteskan larutan prekursor diatas substrat kemudian diputar dengan kecepatan 250 rpm selama 20 detik.

Proses polimerisasi prekursor polimer hibrid diawali dengan tahapan *pre-bake* yaitu memanaskan film tipis prekursor yang mengandung inisiator di atas *hot-plate*. Proses fotopolimerisasi dilakukan dengan meninari sampel yang sudah dikenakan proses *pre-bake* dengan lampu UV sambil dialiri dengan gas nitrogen. Selanjutnya sampel tersebut dikenakan proses *post-bake*.

Proses pembuatan lapisan tipis pada permukaan baja karbon sama dengan proses penyiapan lapisan tipis pada permukaan substrat yang lain. Pada permukaan baja karbon, deposisi dilakukan dengan teknik *solution casting*. Uji korosi dilakukan dengan metode potensiostat (polarisasi potensiodinamik). Pada uji potensiostat dilakukan variasi tegangan dengan rentang -50 mV hingga +50 mV dengan laju sapuan (*scan speed*) 0,2 mV/s. Pengujian dilakukan pada kondisi kritis, yaitu 75°C dan waktu papar 3 jam

3. Hasil dan Pembahasan

Prekursor polimer hibrid dari TMSPMA yang telah dibuat berbentuk gel, bening, dan transparan. Jumlah prekursor polimer hibrid dapat dinyatakan dalam yield, yaitu perbandingan massa prekursor polimer hibrid dengan massa monomer. Polimer hibrid TMSPMA yang telah dibuat memberikan yield sebesar 89,58%. Hal ini mengindikasikan bahwa sekitar 89,58% monomer TMSPMA bereaksi membentuk polimer. Akan tetapi, tidak seluruhnya monomer TMSPMA bereaksi membentuk prekursor polimer hibrid

Pada penelitian ini, penambahan inhibitor Cerium Nitrate Hexahydrate dilakukan saat akan melapiskan polimer hibrid pada permukaan substrat silikon dan baja karbon, tidak ditambahkan dalam sintesis polimer hibrid. Gel yang ditambah dengan 0,2% inhibitor tidak menunjukkan perubahan fisik. Gel poli(TMSPMA) maupun gel poli(TMSPMA)-Cerium menunjukkan fisik yang sama, berbentuk gel bening seperti yang ditunjukkan Gambar 2.

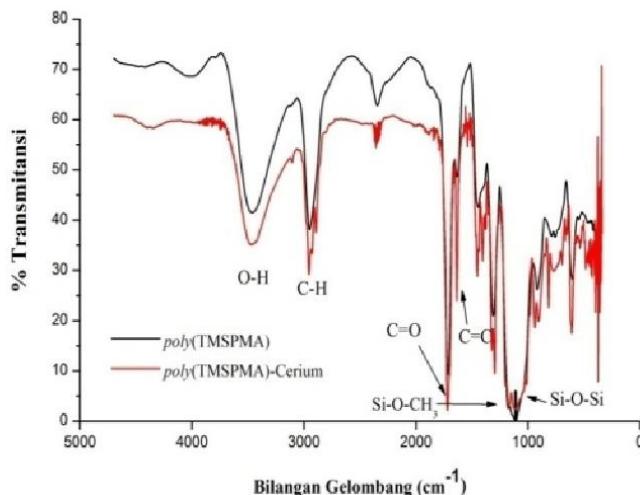


Gambar 2. (a) Gel poli(TMSPMA) (b) Gel poli(TMSPMA)-Cerium

Prekursor polimer hibrid yang telah dibuat kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam bentuk film tipis. Pembuatan film tipis polimer hibrid dilakukan dengan teknik *spin coating* di atas permukaan substrat silikon. Prekursor polimer hibrid kemudian dipolimerisasi bagian organiknya dengan fotopolimerisasi, lalu diuji dengan spektrometer FTIR.

Hasil spektrum FTIR yang diperoleh menunjukkan identifikasi keberadaan gugus-gugus yang dapat dilihat dari frekuensi vibrasi (bilangan gelombang) Struktur poli(TMSPMA) dan

poli(TMSPMA) yang dicampur Cerium setelah fotopolimerisasi, ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 1.



Gambar 3. Spektrum FTIR poli(TMSPMA) dan poli(TMSPMA)-Cerium

Tampak bahwa kedua spektrum memiliki puncak-puncak vibrasi yang mirip. Ini menunjukkan bahwa penambahan inhibitor Cerium tidak mengganggu struktur ikatan poli(TMSPMA)-Cerium.

Tabel 1. Identifikasi Spektrum FTIR poli(TMSPMA) dan poli(TMSPMA)-Cerium

Identifikasi Gugus	Bilangan Gelombang (cm⁻¹)	
	Poli(TMSPMA)	Poli(TMSPMA)-Cerium
O-H	3646,21	3649,03
C-H	2950,17	2951,14
C=O	1715,71	1712,82
C=C	1632,77	1632,77
Si-O-CH ₃	1194,15	1176,98
Si-O-Si	1108,24	1108,24

Dari Gambar 3 terlihat bahwa kedua gugus Si-O-Si asimetrik muncul pada 1108,24 cm⁻¹ yang berasal dari rantai anorganik prekursor polimer hibrid. Ikatan Si-O-Si yang muncul menunjukkan proses sol-gel yang dilakukan berhasil membuat ikatan utama anorganik (*backbone*) dan secara fisik dapat dilihat dari hasil sol-gel yang memberikan larutan prekursor berbentuk gel bening yang kental.

Gugus C=C dari metakrilat muncul pada 1632,77 cm⁻¹ dengan intensitas transmitansi yang berbeda, yakni sekitar 0,49 untuk poli(TMSPMA) dan 0,24 untuk poli(TMSPMA)-Cerium. Hal ini mengindikasikan bahwa fotopolimerisasi pada poli(TMSPMA) lebih baik dari fotopolimerisasi pada poli(TMSPMA)-Cerium. Fotopolimerisasi terjadi setelah fotoinisiator ditambahkan ke dalam larutan prekursor polimer hibrid. Inisiator ini memiliki peran untuk dapat memutus ikatan rangkap C=C yang terdapat pada gugus anorganik dari prekursor poli(TMSPMA).

Sebelum proses pengukuran laju korosi baja karbon terlebih dahulu dilakukan pemantapan antaraksi antarmuka baja karbon berdasarkan *open circuit potential* (OCP). Hasil pengukuran OCP untuk keempat jenis sampel dapat dilihat pada Tabel.

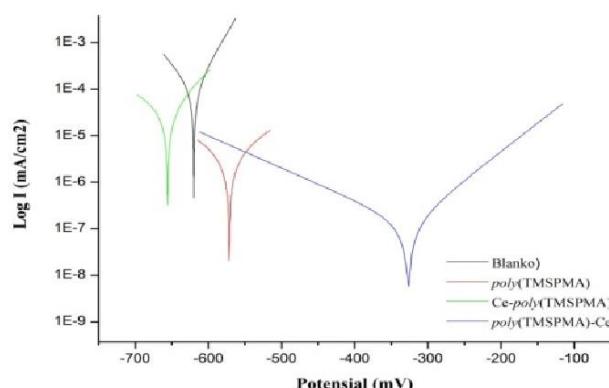
Tabel 2. Pengukuran *Open Circuit Potential*(OCP)

Nama Sampel	E_{corr} (mV)	β_c (mV)	R_p ($\Omega.cm^2$)	β_a (mV)	I_{corr} ($\mu A.cm^2$)	r (mpy)	r (mm/th)
Blanko	-620	54,9	0,096	37,7	101	46,71	1,868
Poli(TMSPMA)	-571	160,7	5,427	128,8	5,72	2,64	0,105
Ce/Poli(TMSPMA)	-656	33,1	1,265	33,1	5,677	2,62	0,104
Poli(TMSPMA)-Ce	-328	150,6	19,029	47,2	0,82	0,38	0,02

Tabel 3. Parameter Korosi dengan dan tanpa *coating* poli(TMSPMA)-Cerium

Nama Sampel	Potensial awal (mV)	Potensial akhir (mV)
Baja karbon blanko	-620,2	-562,6
Baja karbon berlapis poli(TMSPMA)	-655,5	-597,8
Baja karbon berlapis Ce/poli(TMSPMA)	-571,1	-515,1
Baja karbon berlapis poli(TMSPMA)-Ce	-360,1	-116,1

Pergeseran potensial bergerak menuju ke arah potensial yang lebih positif untuk ketiga baja karbon yang telah diproteksi dengan *coating* poli(TMSPMA), Ce dilapisi poli(TMSPMA), dan poli(TMSPMA)-Ce. Sedangkan pada sampel baja karbon yang tidak dilapisi, pergeseran potensial bergerak menuju ke arah potensial yang lebih negatif. Hasil pengujian kurva polarisasi yang menggambarkan hubungan antara potensial (E_{corr}) sebagai fungsi log arus (I_{corr}). Perbandingan kurva polarisasi anodik dan katodik dari sampel baja karbon yang diproteksi poli(TMSPMA) dan poli(TMSPMA)-Ce dengan yang tidak diproteksi, dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa pelapisan (*coating*) dengan polimer hibrid memberikan perlindungan terhadap baja karbon dari korosi dibandingkan dengan baja karbon blanko terutama poli(TMSPMA)-Cerium. Parameter korosi baja karbon dengan dan tanpa *coating* dalam larutan NaCl 3,5% pada kondisi kritis diperoleh seperti pada table 2.



Gambar 4. Perbandingan kurva polarisasi anodik dan katodik dari sampel baja karbon yang tidak diproteksi dan baja karbon yang diproteksi poli(TMSPMA), Ce-poli(TMSPMA), dan poli(TMSPMA)-Ce

Hasil uji dengan metode potensiostat berupa grafik kurva polarisasi yang menggambarkan hubungan antara potensial (E) sebagai fungsi log arus (I). Kurva polarisasi anodik dan katodik dari beberapa yang terdiri dari baja karbon, baja karbon yang diproteksi dengan beberapa bahan proteksi diperlihatkan pada gambar 4. Terdapat tiga macam bahan proteksi yang digunakan, yaitu lapisan poli(TMSPMA), lapisan Cerium ditambah lapisan poli(TMSPMA)-Ce, dan lapisan blendpoli(TMSPMA)-Cerium. Kurva tersebut menunjukkan terjadinya pengurangan arus korosi setelah baja karbon dilapisi dengan bahan proteksi yang dibuat.

Dilihat dari tabel 2 parameter korosi poli(TMSPMA)-Cerium menghasilkan laju korosi yang paling rendah yaitu sebesar 0,02 mm/th, artinya poli(TMSPMA)-Cerium ketika dijadikan bahan proteksi korosi akan menimbulkan proteksi aktif-pasif. Bagian aktif disebabkan oleh adsorption-desorption molekul cerium pada permukaan baja karbon, sedangkan bagian pasif ditimbulkan oleh poli(TMSPMA).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Telah berhasil dibuat bahan proteksi korosi dari prekursor polimer hibrid poli(TMSPMA) yang didoping dengan inhibitor Cerium. Prekursor polimer hibrid yang dibuat dengan metode *sol-gel* memiliki *yields* sekitar 89,58%. Penambahan inhibitor Cerium ke dalam prekursor polimer hibrid tidak mengubah kondisi fisik prekursor (gel bening yang kental).
- 2) Hasil pengujian korosi dengan menggunakan metoda Potensiostat menunjukkan penurunan laju korosi secara signifikan. Selain itu, telah diperlihatkan pelapisan poli(TMSPMA)-Cerium pada baja karbon berhasil menurunkan laju korosi dari 1,868 mm/th menjadi 0,02 mm/th

Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Padjadjaran yang telah memfasilitasi, sehingga mendapatkan Hibah Pengembangan Kapasitas Riset Dosen Tahun Anggaran 2016.

Daftar Pustaka

1. Husna Amalya Melati, W.Suratno, R. Hidayat, N. Syakir, Fitriawati. 2011. *Synthesis and Characterization of Inorganic-Organic Hybrid Polymers Based 3-(Trimethoxysilyl)propyl methacrylate (TMSPMA) Monomers for Carbon Steel Coating Applications*. Proceeding of the 2nd International Seminar on Chemistry. UNPAD. pp 32 – 35.
2. P. Fitriana, F. Fitriawati, Pardi Sampe Tola, R. Miranti, R. Hidayat, *Preparation of Hybrid Organic-Inorganic Polymers doped with Luminescent Molecules and their Characterizations*, Proceeding of The 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences, Bandung, (2008).
3. Rahmat Hidayat, Herman, Alexander A. Iskandar, May On Tjia, Fitriawati, Masayoshi Ojima, Masanori Ozaki, *Fabrication of Distributed Feed Back Gratings based on Hybrid Polymers and the Observation of Photo-pumping Lasing inside those Structures*, Proceeding of The 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences, Bandung, (2008).
4. H. Herman, T. Suzuki, P.S. Tola, R. Miranti, F. Fitriawati, R. Hidayat, *Synthesis of hybrid organic-inorganic polymer by sol-gel method and its characterisation*, International Conference on Mathematics and Natural Sciences 2008, Bandung 28 -30 October 2008.