

Natrium Silikat Sebagai Inhibitor Korosi Pada Pipa Penyalur Minyak Bumi Jenis *Carbon Steel*

Andika Saputra. S^{1*}, Arief Rakhman Hakim², M. Zulva Hamdani³, Asfitrah Alamsyah⁴, Yasmina Amalia⁵.

^{1,2,3,4,5}). Program Studi Teknik Metalurgi, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

*Email: andisaputrasetiawan@gmail.com

ABSTRACT

Corrosion in the pipeline can cause leaks so crude oil directly pollutes the ocean ecosystem. Therefore, proper preventive methods are needed, such as using inhibitors. So far, the corrosion inhibitors used in the petroleum industry are of an inorganic type which can cause new problems such as toxicity to the environment and endanger human health. This paper describes an organic inhibitor based on sodium silicate obtained from rice husks through a synthetic method. The source of this inhibitor is very abundant in nature and the silica content is relatively high, around 86.90-93.70%. This inhibitor from rice husk, apart from having a good ability to reduce corrosion rates, also has the potential to be produced commercially.

Keyword: *Corrosion, Carbon Steel, Inhibitor, Rice Husk, Sodium Silicate*

PENDAHULUAN

Korosi adalah peristiwa rusaknya permukaan suatu material terutama material dari baja. Kerusakan ini terjadi diakibatkan oleh reaksi kimia antara material logam tersebut dengan lingkungannya [1][2]. Baja merupakan material yang paling umum digunakan untuk jaringan pipa minyak dan gas, yang sangat rentan terhadap korosi [3]. Korosi yang sering dijumpai pada baja adalah *pitting corrosion*, korosi erosi, korosi seragam dan *intergranular corrosion* [4]. Umumnya metode pengendalian korosi yang digunakan dalam industri perminyakan adalah *coating*, proteksi katodik, proteksi anodik, dan inhibitor [5].

Sejauh ini penggunaan inhibitor masih menjadi solusi yang terbaik dalam mengendalikan laju korosi karena selain mudah diaplikasikan (tinggal tetes) juga memiliki kemampuan melakukan perlindungan mulai dari lingkungan yang agresif sampai dengan lingkungan yang memiliki tingkat korosifitas tinggi [5].

Inhibitor yang digunakan di industri perminyakan adalah inhibitor anorganik, jenis ini selain dapat menimbulkan masalah toksisitas pada lingkungan serta apabila terakumulasi dapat membahayakan kesehatan manusia dimana inhibitor ini menyebabkan kerusakan permanen pada sistem organ manusia seperti pada ginjal dan hati oleh sebab itu inhibitor anorganik sangat dibatasi.

Untuk menjawab permasalahan yang telah dijabarkan telah ditemukan salah satu sumber inhibitor organik yang sangat potensial yang berasal dari sekam padi, sekam padi dipilih karena ketersediaannya sangat melimpah dan tidak beracun serta memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu sekitar 86,90-93,70% yang selanjutnya akan disintesis menjadi Natrium Silikat (Na_2SiO_3). Natrium silikat merupakan inhibitor dengan daya hambat korosi yang baik [6]. Sehingga diharapkan penggunaan inhibitor organik ini menjadi pilihan alternatif yang tepat serta lebih ramah lingkungan [7].

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menulis *paper* ini adalah literatur review, yaitu dengan melakukan pencarian *paper* internasional dan nasional menggunakan *database sciencedirect* dan *google scholars*. Pada tahap awal pencarian *paper* di *sciencedirect* diperoleh 3.136 paper terbitan 2022 dengan kata kunci “natrium silikat” dari jumlah tersebut hanya 2 buah yang dianggap relevan. Menggunakan *database* yang sama dengan kata kunci “*corrosion*” diperoleh 43.740 paper terbitan 2017-2022. Hanya 5 diantaranya relevan dengan topik peneliti. Ketika menggunakan *database*

google scholars dengan menggunakan rentan waktu terbitan 2013-2020 dengan kata kunci “inhibitor korosi” diperoleh 5 paper yang relevan dengan topik yang sedang diteliti oleh penulis.

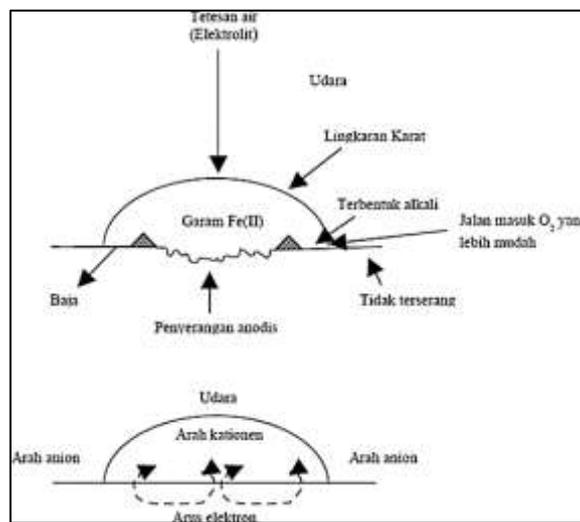
HASIL DAN PEMBAHASAN

Carbon Steel

Carbon Steel merupakan jenis baja yang biasa digunakan dalam bidang konstruksi. Selain harganya yang relatif murah, baja karbon juga lebih mudah ditempa dan ulet sehingga menghasilkan sifat mekanik yang sangat baik [8]. Keuntungan lain dari baja karbon adalah dapat dikarburasi untuk meningkatkan kekerasan permukaannya [9]. Disisi lain, baja ini juga memiliki kelemahan yaitu tidak resisten terhadap korosi. Namun faktanya, baja karbon justru sering kali diaplikasikan pada lingkungan yang korosif [10].

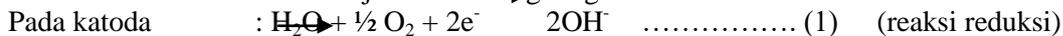
Mekanisme Terjadinya Korosi Pada Baja

Korosi pada baja timbul akibat adanya degradasi mutu yang menyebabkan berlangsungnya reaksi kimia atau elektrokimia sebagai hasil interaksi dengan lingkungannya, dimana bagian baja yang terkorosi akan disebut sebagai anodik dan bagian baja yang tidak terkorosi dikenal sebagai katodik. Proses terbentuknya korosi dapat dijelaskan dalam gambar 1 dan reaksi elektrokimia dibawah ini:

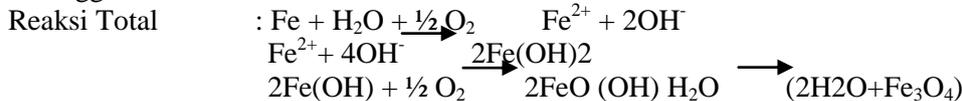


Gambar 1. Korosi dari baja [11].

Reaksi-reaksi elektrokimia terjadi dalam lingkungan netral



Sehingga dihasilkan



Dimana Fe₃O₄ adalah senyawa produk karat [8].

Jenis-Jenis Korosi Pada Pipa Penyalur Minyak Bumi

1. *Pitting Corrosion*

Korosi ini terjadi akibat adanya serangan yang terlokalisasi sehingga terbentuk lubang-lubang berukuran kecil pada permukaan logam dengan kedalaman tertentu. *Pitting Corrosion* sangat berbahaya karena lubang kecil yang dihasilkan dapat memusatkan tegangan yang menyebabkan kegagalan pada pipa [4]. Laju pertumbuhan lubang dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk difusi, suhu, konduktivitas, jenis ion, nilai pH, dan potensial elektrokimia. Oleh karena itu, lubang dapat merambat dalam hitungan minggu, bulan atau bahkan memakan waktu yang cukup lama [12].

2. *Erosion-Corrosion*

Korosi jenis ini terjadi akibat keausan pada material sehingga memicu terbentuknya bagian-bagian yang tajam serta kasar, bagian-bagian tersebutlah yang mudah terkorosi. Selain itu, laju fluida yang sangat tinggi juga dapat menjadi pengaruh terjadinya korosi ini dengan mengikis film pelindung pada material logam [4]. Korosi ini terjadi di lingkungan korosif ketika proses erosi mempercepat kehilangan logam dengan menghilangkan film pelindung [12]. Korosi erosi umumnya terbentuk pada pipa atau propeller. Hal ini dapat dicegah dengan cara pemilihan material yang seragam, melakukan pelapisan menggunakan zat yang lebih agresif, serta dapat juga dilakukan penambahan inhibitor [3].

3. *Uniform Corrosion*

Bentuk korosi yang paling umum dan merupakan serangan elektrokimia atau kimia yang terjadi dengan intensitas yang merata di seluruh permukaan yang terbuka dan sering meninggalkan kerak atau endapan. Logam akan menjadi lebih tipis dan akhirnya mengalami kegagalan. Misalnya, sepotong baja ringan yang terkena atmosfer atau selambar atap besi akan menunjukkan tingkat karat yang kurang lebih sama di seluruh permukaan luarnya [12][13].

4. *Intergranular Corrosion*

Struktur baja setelah didinginkan dari keadaan cair berbentuk kristal dan satu sama lain dibatasi oleh batas butir [3]. Korosi *intergranular* menginvasi bagian batas butir ataupun daerah yang bersebelahan dengan butir mineral tersebut sedangkan pada bagian butir material itu sendiri hanya mengalami sedikit serangan korosi [4]. menyebabkan penipisan pada bagian zat paduan pada daerah batas butir [12].

Metode Pengendalian Korosi Pada Baja Karbon di Industri Perminyakan

Coating atau sering disebut sebagai pelapisan merupakan salah satu metode pencegahan korosi yang biasanya dilakukan melalui 3 cara yaitu pelapisan menggunakan cat, pelapisan dengan senyawa organik dan pelapisan menggunakan logam. Metode ini paling banyak diimplementasikan di lapangan akibat biayanya yang terjangkau dan juga efektif. Tetapi, dalam perlindungan korosi secara internal internal cara ini memiliki keterbatasan sehingga harus diberikan perlakuan khusus [5].

Proteksi katodik merupakan metode pencegahan korosi dengan menjadikan logam yang ingin dilindungi lebih bersifat katodik dilakukan dengan mengubah potensial logam agar lebih positif sehingga akan berada di daerah pasif. Jika menggunakan arus listrik yang bersumber langsung dari *power supply* disebut arus tanding apabila dihubungkan bersama dengan logam lain disebut anoda korban. Metode ini cocok untuk memberikan perlindungan korosi eksternal pada pipa bawah laut atau pipa bawah tanah. Tetapi metode ini memiliki kelemahan dimana dapat menimbulkan arus listrik bolak-balik (arus sesat) yang justru dapat menimbulkan peningkatan laju korosi terhadap logam lain di sekitar logam yang dilindungi, selain itu dapat menimbulkan pelepuhan, retak struktur, rusaknya lapisan cat pada permukaan logam sehingga pada akhirnya menimbulkan kerusakan pasif [5].

Inhibitor merupakan zat kimia yang jika ditambahkan dalam sejumlah kecil saja dapat menurunkan laju korosi. Sejauh ini penggunaan inhibitor masih menjadi pilihan terbaik sebagai metode pengendalian laju korosi logam karena inhibitor korosi merupakan metode yang sangat fleksibel dapat menciptakan lapisan tipis tetapi memberikan perlindungan yang luas sehingga tingkat biaya yang digunakan relatif rendah [5].

Jenis inhibitor yang umum digunakan selama ini terdiri dari sodium nitrit, garam seng, fosfat serta kromat. Pada pengaplikasian inhibitor sodium nitrit memerlukan konsentrasi yang besar dibutuhkan sekitar 300-500 mg/l sehingga penggunaan inhibitor ini dinilai tidak ekonomis. selain itu juga kromat dan seng diketahui bersifat toksik terhadap tubuh manusia, senyawa fosfat juga dilaporkan dapat menimbulkan polusi terhadap lingkungan dengan menyebabkan fosfor dalam air mengalami peningkatan. dengan demikian inhibitor-inhibitor ini harus digantikan oleh zat kimia lain yang memiliki sifat nontoksik dan memiliki kemampuan terdegradasi secara biologis tetapi juga tetap memiliki nilai ekonomis jika digunakan yang terpenting memiliki kemampuan mengurangi laju korosi dengan signifikan [5].

Pembuatan Inhibitor Dari Natrium Silikat

Inhibitor merupakan suatu senyawa kimia yang ditambahkan pada permukaan logam atau paduan yang bertujuan untuk menghambat laju korosi [9]. Implementasi inhibitor sampai saat ini masih menjadi pilihan terbaik dalam pengendalian laju korosi. Inhibitor korosi merupakan metode yang sangat fleksibel serta memiliki tingkat keefektifan biayanya paling tinggi karena lapisan yang terbentuk sangat tipis sehingga dalam jumlah kecil mampu memberikan perlindungan yang luas [5].

Dalam proses pembuatan inhibitor korosi natrium silikat terdiri dari empat tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Isolasi Silika dari Sekam Padi

Sampel yang berupa sekam padi pertama-tama dibilas dengan air dan selanjutnya didiamkan dibawah sinar matahari agar mengering. Kemudian sekam padi dilakukan penggarangan sampai berbentuk arang sekam. Arang sekam diubah menjadi abu di dalam cawan porselen dengan temperatur tungku 600°C selama 2 jam dan dihasilkan abu sekam yang kemudian dimurnikan menggunakan larutan HCL konsentrasi 3% (10 ml HCL 3% untuk setiap gram abu sekam). Campuran itu lalu dididihkan sambil diaduk selama 2 jam. Selanjutnya sampel disaring dan dibilas dengan aquades panas hingga mencapai pH netral (dilakukan pengujian dengan kertas PH). Hasil filtrasi kemudian dikeringkan pada temperatur 105°C selama 4 jam sampai didapatkan silika berwarna putih [7].

2. Sintesis Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Hasil isolasi silika selanjutnya dilumatkan dan ditimbang sejumlah 10 gram. Kemudian dimasukkan kedalam gelas beker dan menambahkan NaOH 4 M sebesar 82,5 ml (stoikiometri) lalu campuran itu dipanaskan dan diaduk sampai sedikit kering. Sesudah itu, campuran dipindahkan pada cawan porselin untuk dilebur dengan temperatur 500°C dalam waktu 30 menit. Natrium Silikat yang didapatkan selanjutnya didiamkan pada temperatur kamar. Natrium Silikat yang diperoleh berupa *solid* yang memiliki warna putih kehijauan [7].

3. Pembuatan Larutan Natrium Silikat

Larutan Natrium Silikat dibuat dengan mengekstrak 10 g abu sekam menggunakan 60 mL larutan Natrium Hidroksida berkonsentrasi 1 N selama 60 menit pada temperatur 800°C. Selanjutnya dilakukan filtrasi pada campuran untuk memisahkan fase solid dan liquidnya, dimana pada fase cairan dihasilkan filtrat dan residu pada fase padatnya. Residu lalu dicuci dengan 100 mL air panas yang bermaksud untuk memastikan tidak ada lagi Natrium Silikat yang terjebak pada zat sisa tersebut. Larutan Natrium Silikat yang diperoleh memiliki warna putih bening [14].

4. Sintesis Silika Gel

Untuk membentuk silika gel maka dilakukan pencampuran larutan asam ke dalam larutan natrium silikat. Pada proses ini digunakan larutan asam asetat p.a dan HCl 1 N. Sebelum penambahan asam terlebih dahulu dilakukan pengukuran pH larutan natrium silikat, setelah itu dilakukan penambahan larutan asam hingga mencapai pH 7. Pada kondisi pH 7 ini diperoleh hasil dan luas permukaan silika yang paling besar [14]. Setelah asam ditambahkan, terbentuklah gelas seperti hidrogel berwarna putih. Gel yang sudah terbentuk selanjutnya didiamkan selama 18 jam sehingga mematangkan gel setelah itu dikeringkan di suhu 800°C sampai bobotnya konstan. Hasil dari proses pengeringan berupa silika gel kering yang disebut *xerogel*. *Xerogel* merupakan silika gel kering yang mengeringkan fase cair di pori-pori melalui proses penguapan. Dihasilkan silika gel yang berwarna putih [14].

Silika gel yang dihasilkan dengan penambahan HCl adalah seberat 9,1593 g dengan rendemen 91,593%. Penambahan CH_3COOH dihasilkan silika gel sebanyak 9,4754 g dengan rendemen 94,754%. Rendemen silika gel dengan menambahkan CH_3COOH lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan HCl [14].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil literatur yang telah dilakukan didapat kesimpulan:

1. Kandungan silika sekam padi berkisar 86,90-93,70% berpotensi tinggi sebagai sumber bahan baku inhibitor organik.
2. Natrium silikat memiliki kemampuan yang baik sebagai inhibitor korosi dengan cara menciptakan lapisan tipis berbentuk film yang berfungsi mengisolasi permukaan logam dari zat pengkontaminan.
3. Jenis-jenis korosi yang terjadi pada pipa penyalur *carbon steel* meliputi *pitting corrosion*, *erosion corrosion*, dan *uniform corrosion*.
4. Pembuatan inhibitor terdiri dari 4 tahap yaitu isolasi silika dari sekam padi, sintesis natrium silikat, pembuatan larutan natrium silikat dan sintesis silika sel.
5. Sejauh ini belum ada penelitian yang menerangkan secara detail pengaplikasian jenis inhibitor ini.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian langsung untuk mendapatkan komposisi detail dalam pembuatan inhibitor ini. Selain itu, dengan dilakukan penelitian langsung akan diperoleh gambaran detail perbandingan sampel yang diberi inhibitor korosi jenis natrium silikat ini dengan sampel yang tidak diberi perlakuan apapun pada kondisi yang korosif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Nasution, "Karakteristik Baja Karbon Terkorosi," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 1, pp. 68–76, 2018.
- [2] Affandi *et al.*, "Atmospheric Corrosion Analysis on Low Carbon Steel Plate Profile and Elbow in Medan Belawan District," *Key Eng. Mater.*, vol. 892, pp. 142–149, 2021, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.892.142.
- [3] S. K. Sharma and S. Maheshwari, "A review on welding of high strength oil and gas pipeline steels," *J. Nat. Gas Sci. Eng.*, vol. 38, pp. 203–217, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2016.12.039>.
- [4] R. L. Kevin, J. Pattireuw, Fentje A. Rauf, "Analisis Laju Korosi Pada Baja Karbon Dengan Menggunakan Air Laut Dan H₂SO₄," *Univ. Sam Ratulangi Manad.*, p. 10, 2013.
- [5] B. Mulyati, "Tanin dapat Dimanfaatkan Sebagai Inhibitor Korosi," *J. Ind. Elektro, dan Penerbangan*, vol. 8, no. 1, pp. 1–4, 2019.
- [6] T. Zheng, L. Wang, J. Liu, J. Wang, and G. Jia, "The corrosion inhibition effect of sodium silicate and Triton X-100 on 2024-T3 aluminum alloy in NaOH medium: Experimental and theoretical research," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 610, p. 125723, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125723>.
- [7] L. Trivana, S. Sugiarti, and E. Rohaeti, "Sintesis Dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na₂SiO₃) Dari Sekam Padi," *J. Sains & Teknologi Lingkungan*, vol. 7, no. 2, pp. 66–75, 2015, doi: 10.20885/jstl.vol7.iss2.art1.
- [8] I. Affandi, Tanjung, A. R. Nasution, S. Fonna, and S. Huzni, "Investigasi Laju Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Profil Segiempat Di Kawasan Industri Medan," *J. Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2020.
- [9] A. Royani, "Pengaruh Suhu Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Dalam Media Air Laut," *J. Simetrik*, vol. 10, no. 2, p. 344, 2021, doi: 10.31959/js.v10i2.493.
- [10] D. Dwivedi, K. Lepková, and T. Becker, "Carbon steel corrosion: a review of key surface properties and characterization methods," *RSC Adv.*, vol. 7, no. 8, pp. 4580–4610, 2017, doi: 10.1039/C6RA25094G.
- [11] F. Nugroho, "Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X BAJA RINGAN SEBAGAI SALAH SATU ALTERNATIF PENGGANTI KAYU PADA STRUKTUR RANGKA KUDA-KUDA Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X," *J. momentum*, vol. 16, no. No. 2 Agustus, pp. 34–41, 2014.

- ◆—————→
- [12] K. R. Ansari, D. S. Chauhan, A. Singh, V. S. Saji, and M. A. Quraishi, “Corrosion Inhibitors for Acidizing Process in Oil and Gas Sectors,” in *Corrosion Inhibitors in the Oil and Gas Industry*, 2020, pp. 151–176.
 - [13] *et al.*, “Investigasi pengaruh jumlah elemen anoda terhadap distribusi potensial korosi pada beton bertulang menggunakan BEM 3D,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 1, pp. 57–64, 2020, doi: 10.30596/rmme.v3i1.4529.
 - [14] P. A. Handayani, E. Nurjanah, and W. D. P. Rengga, “Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel,” *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 3, no. 2, pp. 55–59, 2014, doi: 10.15294/jbat.v3i2.3698.