

PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR ABU SEKAM PADI PADA CAT PRIMER SEBAGAI PENGHAMBAT LAJU KOROSI PADA *CARBODY* KERETA (*MILDSTEEL SS400*)

Tegar Dwi Setyawan

Program Studi DIII Teknologi
Mekanika Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jl. Tirta Raya, Pojok, Nambangan
Lor, Kec. Manguharjo, Kabupaten
Madiun, Jawa Timur
tegar.tmp2130221@taruna.ppi.ac.
id

Ajeng Tyas D

Program Studi DIII Teknologi
Mekanika Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jl. Tirta Raya, Pojok, Nambangan
Lor, Kec. Manguharjo, Kabupaten
Madiun, Jawa Timur
ajeng@ppi.ac.id

Ilham Satrio U

Program Studi DIII Teknologi
Mekanika Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian
Indonesia Madiun
Jl. Tirta Raya, Pojok, Nambangan
Lor, Kec. Manguharjo, Kabupaten
Madiun, Jawa Timur
ilham.satrio@ppi.ac.id

Abstract

Currently, corrosion is often found on mildsteel-based train carbody. The rate of corrosion cannot be stopped, but it can be inhibited or controlled.. The addition of silica to the paint can be a solution to the problem. The corrosion rate of a material can be inhibited by silica compounds.. The purpose of this research is to most effective concentration of silica extracted from rice husk ash to be added to paint as a corrosion rate inhibitor on the train carbody. Epoxy primer paint was applied to SS400 mild steel using spray method. Immersion was carried out in a corrosive solution for 10 days, then at the concentration obtained the lowest corrosion rate value of 13% addition of silica inhibitor which amounted to 126.452 mm/y. In addition, from at the highest adhesion value the test results were obtained at a concentration of 13% addition of silica inhibitor with an adhesion value of 2.73 Mpa. Therefore, the most effective inhibitor concentration is at a concentration of 13% silica inhibitor.

Keywords: Carbody, Corrothion, Silica, Rice Husk, Train

Abstrak

Saat ini sering ditemukan korosi pada *carbody* kereta berbahan dasar *mildsteel*. Korosi tidak dapat dihentikan, akan tetapi dapat dikendalikan atau dihambat laju nya. Penambahan silika pada cat dapat menjadi solusi menghadapi permasalahan tersebut. Suatu material dapat dihambat laju korosinya oleh senyawa silika. Mengetahui konsentrasi penambahan silika hasil ekstraksi dari abu sekam padi yang paling efektif untuk ditambahkan pada cat sebagai penghambat laju korosi pada *carbody* kereta adalah tujuan dari penelitian ini. Cat epoxy primer diaplikasikan pada baja *mildsteel SS400* menggunakan metode *spray*. Perendaman dilakukan pada larutan korosif selama 10 hari, lalu diperoleh nilai laju korosi terendah pada konsentrasi 13% penambahan inhibitor silika yaitu sebesar 126,452 mm/y. Selain itu, dari hasil uji daya rekat diperoleh nilai daya rekat paling tinggi pada konsentrasi 13% penambahan inhibitor silika dengan nilai daya rekat sebesar 2,73 Mpa. Oleh karena itu, konsentrasi inhibitor paling efektif ialah pada konsentrasi 13% inhibitor silika.

Kata kunci: *Carbody*, Korosi, Silika, Sekam Padi, Kereta

PENDAHULUAN

Curah hujan yang tinggi di Indonesia dapat menimbulkan efek negatif terhadap kegiatan

sehari-hari. Sektor transportasi juga terkena dampak dari fenomena curah hujan tinggi. Air hujan yang bercampur dengan kandungan zat-zat polutan seperti karbondioksida dan nitrit yang terbentuk dari proses industri dapat merusak komponen kendaraan, salah satunya dinding kereta yang berbahan *mildsteel*. Pada *carbody* kereta yang berbahan dasar baja *mildsteel* terjadi korosi akibat terlalu sering terkena air hujan yang mengandung zat-zat polutan. Hal ini akan mengakibatkan *carbody* kereta cepat lemah dan rusak. Laju korosi pada logam dapat dikendalikan atau dihambat dengan cara melapisi atau mengecat pada permukaan logam, proteksi katodik, dan penambahan inhibitor korosi. Selama ini pengecatan pada *carbody* kereta hanya menggunakan cat biasa tanpa bahan campuran apapun.

Perkembangan “green inhibitor” atau zat yang biasa disebut dengan inhibitor korosi alami semakin populer saat ini karena sifatnya yang ramah lingkungan dan efisien. Inhibitor korosi dapat ditambahkan pada konsentrasi rendah untuk mencegah atau meminimalkan korosi. Mekanismenya membentuk monolayer pada permukaan logam untuk mencegah kontak langsung logam dengan media korosif (Eka Septiyani & Muliastri, 2022). Bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan penekan adalah sekam padi. Beras merupakan produk pokok dari hasil pertanian yang ada pada negara agraris termasuk Indonesia. Penggilingan padi menghasilkan dua produk yaitu beras dan sekam padi. Selama ini pemanfaatan sekam padi belum optimal dan sebagian besar hanya digunakan untuk memasak, digunakan sebagai bahan bakar, atau sering dibuang.

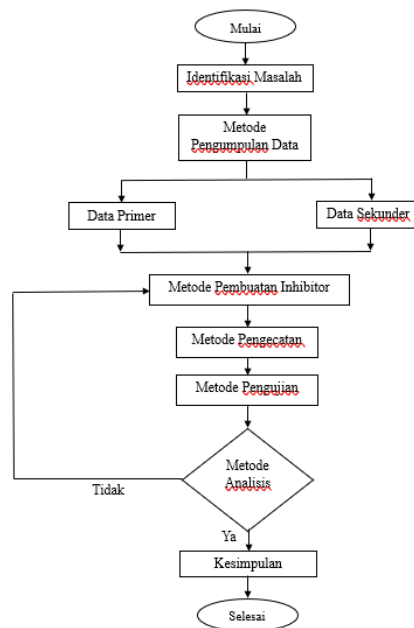
Sembiring S, (2017) dalam bukunya dituliskan bahwa di dalam komposisi kimiawi abu sekam padi hasil ekstraksi terdapat kandungan silika sebanyak 99,06%. Selain itu, silika mineral memiliki pengotor yang sangat beragam jika dibandingkan dengan silika sekam padi, zat pengotor tersebut mengakibatkan sulitnya pemisahan untuk mendapatkan silika. Abu sekam padi berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi alami karena kandungan silika yang tinggi. Mengingat potensi tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji dampak penambahan bahan penghambat dari sekam padi pada cat dasar dalam upaya memperlambat proses korosi pada dinding kereta api yang terbuat dari baja karbon rendah. Pada penelitian ini, setiap sampel dilapisi dengan konsentrasi silika inhibitor yang bervariasi untuk mengetahui konsentrasi tambahan silika sekam padi yang paling efektif dalam menghambat laju korosi. Pada proses pengecatan, cat dianggap merata dengan ketebalan yang sama.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada kajian ini menggunakan metode eksperimen, metode ini adalah sebuah sistem penelitian yang mana peneliti melakukan praktik atau uji coba terhadap spesimen yang akan diteliti. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah baja kertas amplas grit 150, gelas takar, neraca, *spray gun*, kompresor, selang udara, tanur, *hotplate stirrer*, ayakan 250 mesh, kertas whatman, alat vaccum, serta *adhesion tester*. Pada penelitian ini, bahan yang digunakan adalah baja *mildsteel ss400*, sekam padi, cat primer, NaOH, HNO₃, NH₄OH, aquades, dan H₂SO₄.

Uji coba dilakukan pada spesimen baja berjenis *mildsteel ss400* yang dicat menggunakan cat

epoxy primer dengan perbedaan konsentrasi penambahan inhibitor silika masing-masing sebanyak 0%, 7%, 10%, 13%, dan 15%. Tahapan yang dilakukan meliputi identifikasi masalah, metode pengumpulan data yang menghasilkan data primer dan sekunder, metode pembuatan inhibitor, metode pengecatan, metode pengujian, metode analisis, dan kesimpulan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Identifikasi Masalah

Langkah awal dalam penelitian ini adalah identifikasi masalah. Identifikasi masalah dilakukan secara observasi lapangan dengan melihat fenomena langsung terjadinya korosi pada dinding kereta berbahan dasar mildsteel. Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui masalah yang terjadi saat ini, kemudian dilakukan langkah-langkah berikutnya untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan melalui dua metode, yaitu observasi dan studi pustaka. Penulis melakukan pengamatan secara langsung serta menjalankan praktik untuk memperoleh data yang akan digunakan sebagai rujukan dalam penelitian. Kedua metode ini diterapkan guna mendapatkan informasi yang akurat dan relevan bagi keperluan studi yang sedang dilakukan. Data primer dari penelitian ini meliputi berat spesimen, dimensi spesimen, daya rekat cat, serta laju korosi masing-masing spesimen. Sedangkan data sekunder yang didapat meliputi metode pembuatan inhibitor silika dari abu sekam padi, variasi konsentrasi campuran cat, interpretasi uji FTIR, metode pengujian weight loss test, metode pengujian daya rekat cat, serta literatur terkait pengaruh penggunaan inhibitor abu sekam padi terhadap laju korosi.

Metode Pembuatan Inhibitor

Pada penelitian ini inhibitor dibuat dengan menggunakan metode ekstraksi. Abu hitam diperoleh dengan membakar sekam padi pada suhu 200°C selama 1 jam. Pembakaran kemudian dilanjutkan selama 4 jam pada suhu 600 °C hingga terbentuk abu putih. Abu putih hasil dari pembakaran kemudian digiling dan diayak menggunakan ayakan 250 mesh, dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan NaOH 3M. Campuran dipanaskan dan diaduk selama 1 jam pada suhu 90-95°C menggunakan pengaduk hot plate. Biarkan larutan mencapai suhu kamar dan saring melalui kertas saring Whatman untuk memisahkan filtrat dari residu. Diamkan filtrat yang diperoleh selama 24 jam pada suhu kamar. Hasilnya disebut larutan natrium silikat. Langkah selanjutnya larutan natrium silikat dititrasi dengan H₂SO₄ 5 M hingga terbentuk gelatin dan tercapai pH 2. Kemudian tambahkan 1,66 M NH₄OH hingga pH mencapai 7. Silika yang terbentuk dibiarkan pada suhu kamar selama 1 hari 24 jam. Silika kemudian disaring dan dicuci dengan air suling panas. Silika dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 5 jam. Giling silika kering untuk mengumpulkan sampel untuk pengujian FTIR.

Metode Pengecatan

Pengecatan pada spesimen dilakukan dengan metode *spray* dengan alat spray gun, kompresor dan selang udara. Pengecatan dilakukan pada spesimen baja berjenis *mildsteel ss400*. Sebelum dilakukan pengecatan terlebih dahulu material diamplas dengan amplas grit 150 untuk membersihkan permukaan spesimen. Kemudian membuat larutan cat yang dicampur dengan inhibitor silika abu sekam padi dengan konsentrasi masing-masing 0%, 7%, 10%, 13%, dan 15%. Setelah pengecatan selesai selanjutnya seluruh spesimen dikeringkan dibawah sinar matahari dengan suhu lingkungan sebesar 33°C hingga cat dianggap mengering.

Metode Pengujian

Dilakukan 3 jenis pengujian pada penelitian ini, diantaranya uji FTIR (Fourier Transform Infra Red), *adhesion test*, serta *weight loss test*. Uji FTIR dilakukan untuk membuktikan bahwa hasil ekstraksi terhadap abu sekam padi terbukti mengandung silika. Uji daya rekat dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi penambahan silika dari abu sekam padi terhadap daya rekat cat. Uji *weight loss test* dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan silika abu sekam padi terhadap penurunan laju korosi

Metode Analisis

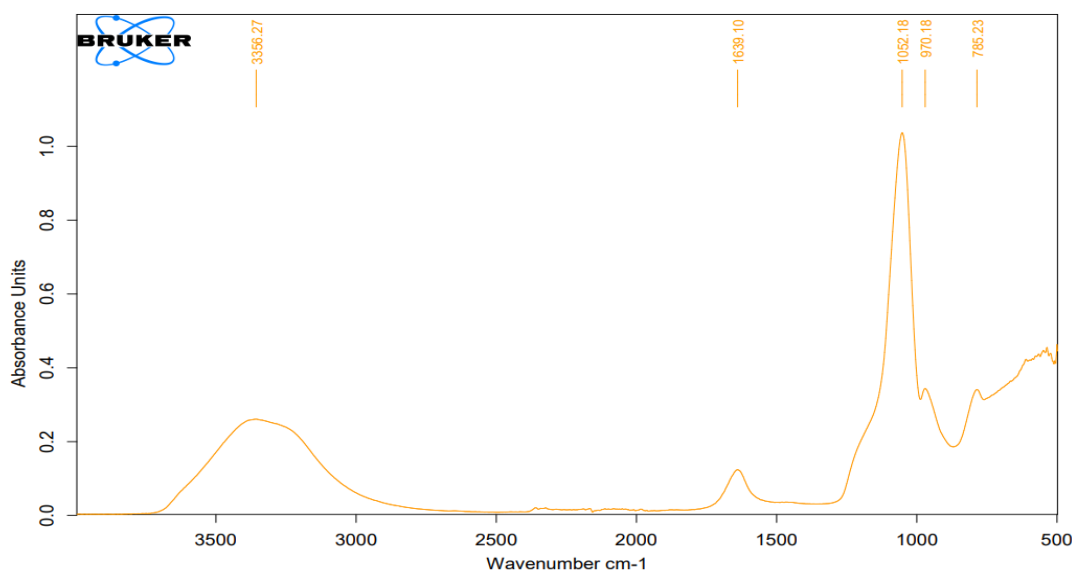
Analisis terhadap hasil pengujian sampel ekstraksi silika dan juga spesimen uji akan dilakukan pada tahap ini. Analisis dilakukan untuk mengetahui hasil pembuatan inhibitor atau ekstraksi abu sekam padi terbukti mengandung silika atau tidak, serta menginterpretasikan hasil pengujian untuk membuktikan bahwa adanya tambahan inhibitor silika pada cat yang terbuat dari hasil ekstraksi abu sekam padi terdapat pengaruh atau tidak terhadap daya rekat dan juga laju korosi. Jika sampel tidak terbukti mengandung silika maka dilakukan pembuatan ulang atau ekstraksi ulang. Data-data yang telah dianalisis selanjutnya digunakan dalam tahap berikutnya yaitu kesimpulan.

Kesimpulan

Setelah seluruh data hasil uji dilakukan analisis, maka langkah berikutnya ialah tahap kesimpulan. Kesimpulan berisi hasil inti dari seluruh penelitian yang telah dilakukan.

PEMBAHASAN

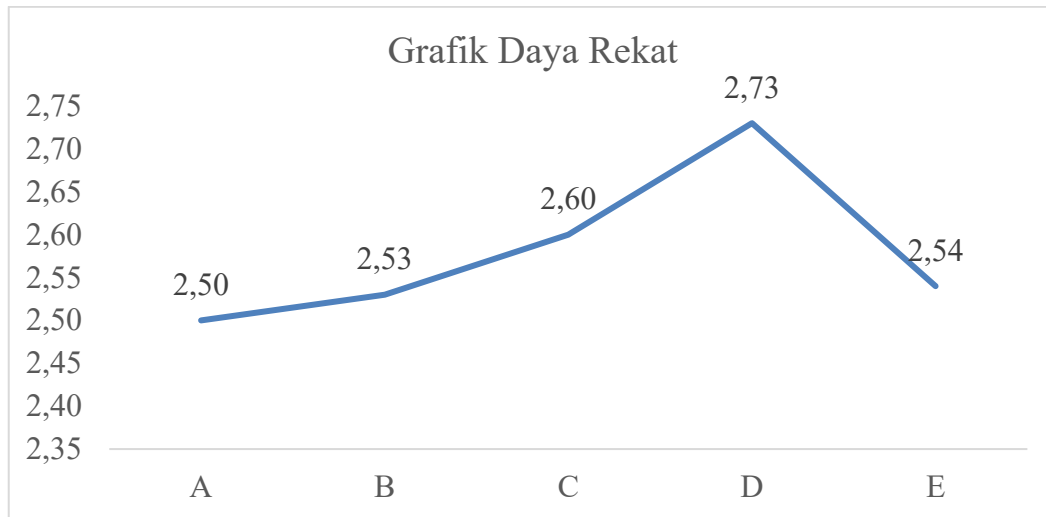
Hasil Uji FTIR



Gambar 2. Hasil Uji FTIR

Rentang FTIR (Fourier transform infrared) muncul beberapa puncak asimilasi yang dapat menunjukkan dekatnya silika di tengah ekstraksi abu sekam padi. Uji FTIR dilakukan pada uji yang diekstraksi. Dapat dilihat bahwa nilai retensi uji FTIR silika olahan dari abu sekam padi sesuai dengan nilai asimilasi FTIR dengan puncak tertinggi. Puncak primer ini disebabkan oleh retensi dari -Si-O-Si- yang mengembang, -Si-O-Si- Vibrasi mengembang menyimpang -Si-O-, -Si-OH Vibrasi mengembang simetris -Si-O-, -Si-O-Si- Vibrasi regangan -Simetri Si-O. Pada Gambar 1, terlihat beberapa sifat gugus fungsi silika, meliputi vibrasi mengembang -OH-silanol (Si-OH) dengan bilangan gelombang 3356,27 cm⁻¹ dan gugus fungsi memutar -OH-silanol (Si-OH). Bilangan gelombang 1639cm⁻¹. Angka gelombang 1052,18 cm⁻¹ menunjukkan gugus berguna yang meluas dari Si-O (Si-O-Si) dari siloksan, dan angka gelombang 785,23 cm⁻¹ menunjukkan gugus yang meluas dari Si-O simetris dari siloksan (Si). Anda akan melihat bahwa (-O) terjadi. Oleh karena itu, rentang FTIR menunjukkan bahwa ekstraksi silika dari arang sekam padi mengandung silika.

Hasil Uji Daya Rekat



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Nilai Daya Rekat

Dari hasil rata-rata uji daya rekat diatas menunjukkan bahwa kekuatan tarik rata-rata spesimen A dengan konsentrasi penambahan inhibitor silika sebesar 0% diperoleh nilai sebesar 2,50 Mpa. Kemudian untuk spesimen B dengan konsentrasi penambahan inhibitor silika sebesar 7% diperoleh nilai daya rekat sebesar 2,53 Mpa. Lalu spesimen C dengan konsentrasi penambahan inhibitor silika sebesar 10% memperoleh nilai daya rekat sebesar 2,60 Mpa. Spesimen D dengan konsentrasi penambahan inhibitor silika sebesar 13% memperoleh nilai daya rekat sebesar 2,73 Mpa. Dan untuk spesimen E dengan konsentrasi penambahan inhibitor silika sebesar 15% diperoleh nilai daya rekat sebesar 2,54 Mpa.



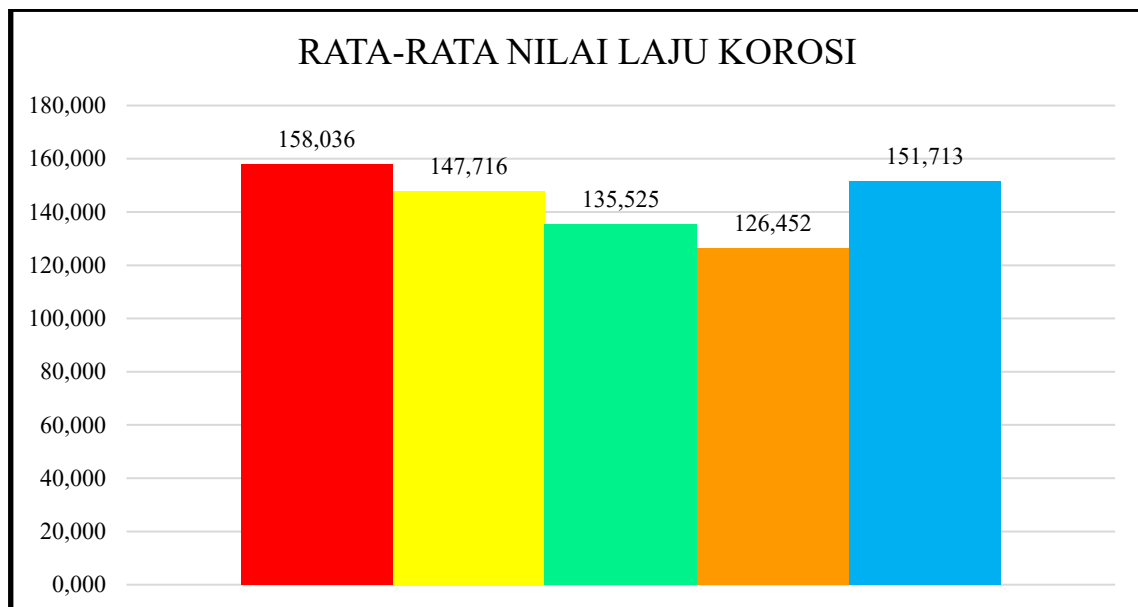
Gambar 4. Salah satu proses uji daya rekat

Hasil *Weight Loss Test*

Parameter yang digunakan pada perhitungan *weight loss test* ini yaitu berat spesimen awal, berat spesimen akhir, konstanta faktor, massa jenis spesimen yang digunakan, luas permukaan spesimen yang digunakan, dan waktu perendaman spesimen dalam larutan korosif. Konstanta pada rumus perhitungan *weight loss test* dijelaskan dalam standar *ASTM G31-72*. Dalam perhitungan ini, satuan nilai laju korosi yang digunakan yaitu *milimeters per years* (mm/y) dengan nilai konstanta yang digunakan yaitu $8,76 \times 10^4$. Baja *mildsteel SS400* memiliki massa jenis sebesar $0,0078 \text{ g/mm}^3$. Perendaman dilakukan selama 10 hari atau total pengujian dilakukan selama 240 jam. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan contoh spesimen A1 untuk menghitung laju korosi. Berikut merupakan contoh perhitungan laju korosi pada spesimen A1 :

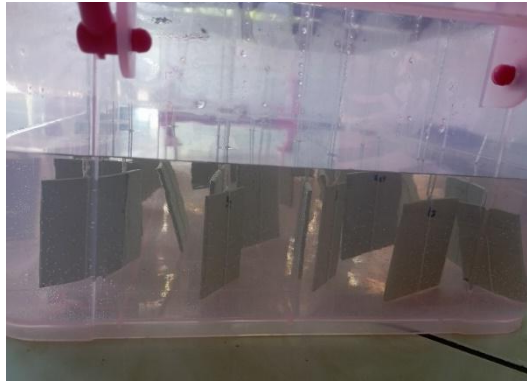
$$\begin{aligned}
 W_0 &= 47,4124 \text{ g} & \Delta W &= W_0 - W_1 \\
 W_1 &= 29,8664 \text{ g} & &= 47,4124 - 29,8664 = 17,5460 \text{ g} \\
 K &= 8,76 \times 10^4 \\
 D &= 0,0078 \text{ g/mm}^3 \\
 A &= 2 \times ((p \times l) + (p \times t) + (l \times t)) \\
 &= 2 \times ((50 \times 50) + (50 \times 2) + (50 \times 2)) \\
 &= 2 \times 2700 = 5400 \text{ mm}^2 \\
 T &= 240 \text{ jam} \\
 CR &= \frac{17,5460 \times 8,76 \times 10^4}{0,0078 \times 5400 \times 240} \\
 &= 152,049 \text{ mm/y}
 \end{aligned}$$

Jadi, nilai laju korosi pada spesimen A1 setelah dilakukan perendaman selama 10 hari adalah 152,049 mm/y.



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Nilai Laju Korosi

Berdasarkan grafik yang disajikan, terlihat adanya variasi nilai laju korosi pada berbagai konsentrasi penambahan inhibitor. Diperoleh nilai laju korosi tertinggi teramati pada spesimen A dengan konsentrasi inhibitor 0% atau tanpa penambahan inhibitor silika, mencapai nilai rata-rata 158,036 mm/tahun. Sebaliknya, laju korosi terendah tercatat pada spesimen D dengan nilai rata-rata 126,452 mm/tahun. Menariknya, spesimen E menunjukkan peningkatan laju korosi, yang diduga disebabkan oleh penurunan kekuatan daya rekat akibat penambahan inhibitor silika pada konsentrasi 15%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa spesimen D memiliki konsentrasi penambahan inhibitor yang paling efektif dalam menghambat laju korosi pada dinding kereta api berbahan mildsteel.



Gambar 6. Proses *weight loss test*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah didapat hasil penelitian dan telah dilakukan pembahasan, selanjutnya dapat ditarik kesimpulan:

1. Hasil identifikasi gugus fungsi berdasarkan uji FTIR menunjukkan bahwa inhibitor arang sekam padi terbukti mengandung silika. Hal ini dibuktikan dengan terdeteksinya puncak asimilasi dari vibrasi regangan-Grade (Si-OH) pada bilangan gelombang 3356,27 cm^{-1} dan adanya vibrasi lengkung gugus fungsi (Si-OH)-silanol pada bilangan gelombang 3356,27 cm^{-1} . 1639 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1052,18 cm^{-1} dan 970,18 cm^{-1} terdapat gugus fungsi Si-O dengan vibrasi regangan asimetris (Si-O-Si)-siloxane, dan pada bilangan gelombang 785,23 cm^{-1} terdapat vibrasi regangan simetris dari Si-O yaitu (Si-O-Si) (O-Si)-siloxane.
2. Dari hasil kajian laju korosi dapat disimpulkan bahwa sampel D yang mengandung silika inhibitor pada konsentrasi 13% merupakan konsentrasi yang paling efektif dalam menghambat laju korosi dan laju korosi minimum adalah 126,452 mm/tahun I can. Nilai laju korosi tertinggi terdapat pada sampel A dengan konsentrasi inhibitor silika 0%, dengan nilai laju korosi sebesar 158,036 mm/tahun.

3. Berdasarkan hasil uji daya rekat diperoleh sampel D yang mengandung inhibitor silika konsentrasi 13% mempunyai nilai daya rekat paling tinggi dengan nilai sebesar 2,73 MPa. Namun nilai adhesi terendah dicapai pada sampel A dengan konsentrasi inhibitor silika 0% dengan nilai adhesi 2,50 MPa. Penelitian lebih lanjut mengenai berbagai metode pengecatan dan perlakuan awal peledakan diperlukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Saran

Berikut saran yang diberikan oleh penulis apabila akan melakukan penelitian lebih lanjut terkait penelitian ini:

1. Sebaiknya perlu juga dilakukan penelitian terhadap metode pengecatan selain *spray*, seperti kuas dan *roll*.
2. Perlu juga dilakukan pengukuran laju korosi dengan metode selain *weight loss test*.
3. Perlu dilakukan perbandingan laju korosi antara spesimen dengan perlakuan awal *blasting* dengan spesimen tanpa perlakuan awal *blasting* yang di cat dengan tambahan inhibitor silika.

DAFTAR PUSTAKA

- Eka Septiyani, D. A., & Muliastri, D. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Abu Sekam Padi Sebagai Green Inhibitor Pada Baja Karbon Dalam Media NaCl. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 14(01).
- Ekananta, K. P. (2023). Pengujian Variasi Jenis Cat Primer Terhadap Laju Korosi Pada Dinding Kereta Jenis Mildsteel. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 1–8.
- Pelita. (2022). *Muffle Furnace*. Pelita Dwi Asa.
- Perkakasku. (2012). *Kodenki F-75G Spray Gun*. Perkakasku.Com.
- Pramudya Ekananta, K., Widya Prasetya, H., Atmaja, D. S., Mekanika Perkeretaapian, T., Perkeretaapian, P., & Madiun, I. (2023). Pengujian variasi jenis cat primer terhadap laju korosi pada dinding kereta jenis mildsteel. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 1–8.
- Prihartono Joko. (2019). *Analisis Kekuatan Puntir Baja SS41 Dan Aluminium 2319*. 88–95.
- Putra, I. E., & Wahyudi, M. F. (2022). Pengaruh Penambahan Epoxy Primer terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah yang Direndam dalam Larutan 3,56% NaCl. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 47–50. <https://doi.org/10.21063/jtm.2022.v12.i1.47-50>
- Saputra, I. A., Dwi Widodo, T., & Yuliati, L. (2022). Pengaruh Proses *Sandblasting* Terhadap Ketebalan Dan Daya Rekat Cat Dengan Metode *Pull Off Test* Pada Baja Karbon Rendah.
- Sembiring S. (2017). Potensi Silika Sekam Sebagai Bahan Keramik Refraktori Tahan Pada Suhu Tinggi (Sembiring Simon, Ed.; 1st ed.). Teknosain.
- Sriyanti T, Narsito, & Nuryono. (2005). Sintesis Bahan Hibrida Amino-Silika Dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol-Gel. *Sains & Apl*, VIII(1).
- STP Team. (2015). *Baja SS400 Bukan Stainless Steel*. Steelindopersada.
- Wahyuda. (2021). *Efektivitas Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia Catappa) Untuk Perlindungan Laju Korosi Baja ASTM A36 Dalam Media H2SO4*. Universitas Islam Riau.
- Yuniar, S., & Khatimah Maulana, H. (2020). *Prarancangan Pabrik Asam Nitrat Dari*

Amonia Dan Udara Dengan Proses Oksidasi KAPASITAS 23.000/Ton/Tahun.
3(2).

Yunus, A. (2011). Korosi Logam Dan Pengendaliannya. *Jurnal Teknik*, 847–852.