

Efektivitas Pelapisan Antikorosi Pada Pipa Dan Permukaan Logam Di Lingkungan PLTU

Achmad Mirza Yusuf Assyehggaf¹, Lisa Puspita Ariyanto¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik

Email: ¹mirzayusuf487@gmail.com

Abstract

Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang bergerak menyediakan energi. PLTU memiliki peran penting dalam mengkonversi energi uap menjadi energi listrik yang dapat digunakan dalam berbagai kebutuhan, khususnya di bidang industri. Dalam melaksanakan kerjanya, PLTU akan mengalami salah satu permasalahan utama yang dihadapi, yaitu korosi dalam sistem perpipaan dan permukaan logam di lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Penelitian ini dilakukan di lingkungan PLTU Petrokimia Gresik selama 7 hari untuk mengevaluasi jenis pelapisan antikorosi yang optimal untuk memperpanjang umur layanan dan meningkatkan ketahanan material logam di PLTU. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan eksperimental serta uji laboratorium terhadap sampel logam dengan dan tanpa pelapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelapisan berbasis epoksi dan seng mampu mengurangi laju korosi secara signifikan hingga 60–80% dibandingkan permukaan tanpa perlindungan. Selain itu, pemilihan jenis *coating* yang sesuai dengan kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap kinerja jangka panjangnya.

Keywords: *Coating thermal spray, Ketahanan material logam, Korosi pipa PLTU, Pelapisan antikorosi, Pembangkit Listrik Tenaga Uap*

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu pusat pembangkit listrik yang digunakan untuk menyediakan energi, dengan mengkonversi energi uap menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia [1] khususnya di bidang industri.

Dalam melaksanakan kerjanya, PLTU akan mengalami salah satu permasalahan utama yang dihadapi, yaitu korosi [2] dalam sistem perpipaan dan permukaan logam di lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Uap [3]. Korosi terjadi pada material logam akibat adanya reaksi material logam menjadi ion di permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan yang mengandung air dan oksigen [4].

Sistem kerja PLTU melibatkan kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti temperatur tinggi, tekanan tinggi, kelembapan [5], serta eksposur terhadap senyawa kimia agresif seperti sulfat dan klorida [6]. Kondisi ini menyebabkan pipa dan permukaan logam pada sistem uap rentan mengalami korosi, yang berdampak pada penurunan kinerja, peningkatan biaya perawatan, dan bahkan potensi kegagalan sistem. Korosi pada sistem pipa dan komponen logam PLTU bukan hanya mengancam integritas struktur, tetapi juga dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan jika tidak ditangani dengan tepat [7].

Proses korosi merupakan hal alamiah yang tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan dan dikurangi laju korosinya. Penggunaan inhibitor korosi menjadi pilihan yang lebih umum digunakan karena mudah diaplikasikan [8]. Pengendalian korosi dapat dicapai dengan beberapa metode, salah satunya adalah melindungi permukaan dari kontak langsung dengan air, yang dapat dilakukan dengan mengaplikasikan lapisan cat pelindung [9]. Dalam beberapa kasus, metode pencegahan korosi yang digunakan disesuaikan dengan jenis peralatan, lingkungan, atau lokasi yang rentan terhadap korosi. Salah satu metode pencegahan korosi yang paling umum adalah melapisi baja dengan lapisan pelindung

(*coating*) [10]. *Coating* bekerja dengan mengisolasi permukaan baja dari sekitarnya dan memberikan efek penghalang yang mencegah korosi [11].

Pengendalian korosi dengan metode pelapisan (*coating*) dengan cat alkyd dan epoxy menunjukkan bahwa ketebalan *coating* tidak selalu berbanding lurus dengan efektivitas perlindungan, karena lapisan yang terlalu tebal dapat menyebabkan cacat seperti *blistering* dan *drying trouble*. Spesimen dengan cat epoxy ketebalan 643 μm menunjukkan bahwa pemilihan jenis dan ketebalan *coating* yang tepat sangat penting untuk mengurangi laju korosi secara efektif [12].

Pengendalian korosi dengan metode *flame thermal spraying* dengan campuran arang kayu yang telah digiling halus (*ball-milled*) dan titanium dioksida (TiO_2) dapat menghasilkan lapisan pelindung antikorosi yang efektif pada baja karbon karena reaksi reduksi karbotermal antara karbon dari arang kayu dan TiO_2 menghasilkan titanium carbide (TiC), yang memberikan kekerasan tinggi, sifat hidrofobik, dan ketahanan korosi yang lebih baik [13].

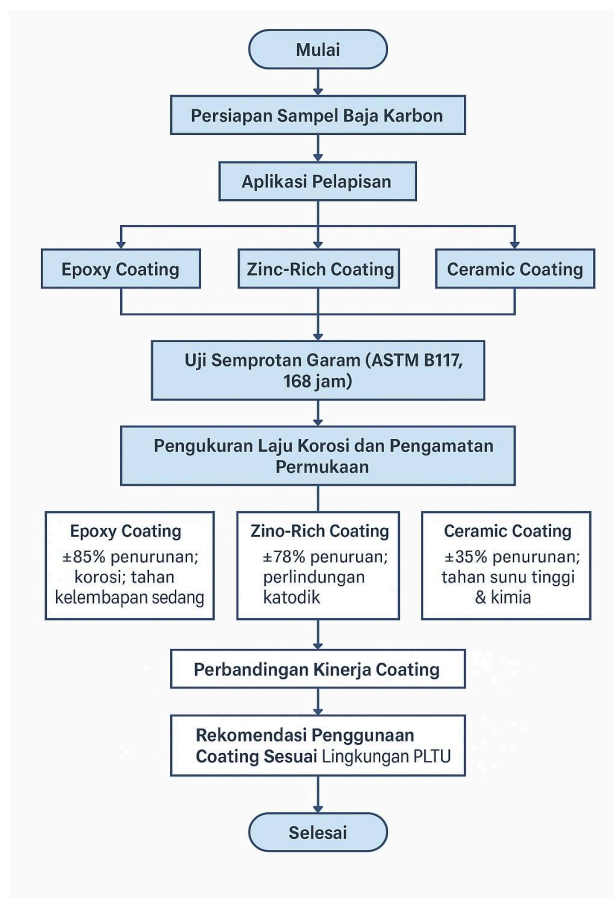
Pengendalian Korosi melalui pelapisan zinc fosfat dan perlakuan permukaan (*surface treatment*) menunjukkan bahwa baja karbon dengan perlakuan *sand blasting* dan ketebalan *coating* 90 μm memiliki laju korosi terendah dalam larutan asam sulfat [14].

Pengendalian korosi dengan kombinasi pelapisan pelindung seperti cat polyurethane dan elektroplating seng dapat meningkatkan ketahanan korosi dengan menurunkan laju korosi secara signifikan hingga 99,99%, dari 0,10429 mm/year pada material tanpa pelapisan menjadi hanya 0,000001043 mm/year [15].

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh untuk mengendalikan korosi di lingkungan PLTU, kami melakukan analisis efektivitas berbagai jenis pelapisan antikorosi pada pipa dan permukaan logam di lingkungan PLTU Petrokimia Gresik selama 7 hari PLTU serta mengevaluasi jenis *coating* yang paling optimal dalam meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan erosi, dan membandingkan performa pelapisan berdasarkan parameter teknis. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pemeliharaan preventif di PLTU serta menekan biaya operasional jangka panjang melalui peningkatan umur layanan komponen logam yang dilapisi.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di lingkungan PLTU Petrokimia Gresik selama 7 hari dengan membandingkan pelapisan antikorosi pada pipa dan permukaan logam di lingkungan PLTU. Objek penelitian difokuskan pada material pipa baja karbon yang umum digunakan pada sistem uap dan air di PLTU. (1) Alat dan bahan penelitian, material logam yang digunakan dalam pengujian adalah baja karbon ASTM A106 Grade B. Pelapisan antikorosi yang diuji meliputi *coating* berbasis epoksi, seng (*zinc-rich*) dan keramik. Alat yang digunakan antara lain chamber korosi (uji semprotan garam), mikroskop optik, serta alat ukur laju korosi (*weight loss method*). (2) Prosedur penelitian, langkah-langkah yang dilakukan penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1. (3) Data hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan tingkat kehilangan massa (*weight loss*), tingkat kerusakan permukaan, dan efektivitas perlindungan masing-masing jenis *coating* dengan referensi dari standar industri untuk menentukan kinerja optimal dari tiap jenis pelapisan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian di industri PLTU

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan terhadap tiga jenis pelapisan antikorosi, yaitu epoxy coating, zinc-rich coating, dan ceramic coating, pada sampel baja karbon yang mewakili material pipa di PLTU Petrokimia Gresik. Uji korosi dilakukan menggunakan metode semprotan garam (ASTM B117) selama 168 jam untuk mensimulasikan lingkungan korosif akibat uap, kelembapan, dan kandungan kimia industri yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan kinerja coating

Jenis coating	Penurunan laju korosi	Ketahanan suhu tinggi	Ketahanan kimia
Epoxy	±65%	Sedang	Baik
Zinc-Rich	±78%	Sedang	Cukup
Ceramic	±85%	Sangat Baik	Sangat Baik

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Tabel 1 menunjukkan bahwa epoxy coating mampu mengurangi laju korosi hingga 65% dibandingkan sampel tanpa pelapisan. Permukaan menunjukkan sedikit perubahan warna namun tidak terjadi pengelupasan signifikan. Epoxy memberikan perlindungan yang baik terhadap kelembapan dan uap, namun kurang optimal jika terpapar suhu tinggi terus-menerus.

Sampel dengan pelapisan zinc menunjukkan performa perlindungan yang lebih tinggi dengan penurunan laju korosi sebesar 78%. Zinc bekerja dengan prinsip perlindungan katodik sehingga tetap efektif meskipun terjadi goresan pada lapisan. Namun, ketahanannya terhadap suhu tinggi masih terbatas.

Pelapisan keramik menunjukkan performa terbaik dalam uji korosi dan ketahanan suhu tinggi. Laju korosi menurun hingga 85%, dan tidak terlihat adanya degradasi permukaan. Ceramic coating juga

menunjukkan ketahanan abrasi yang lebih tinggi, menjadikannya cocok untuk area dekat turbin atau boiler yang memiliki temperatur ekstrem.

Dari hasil penelitian ini, *ceramic coating* direkomendasikan untuk komponen yang terpapar langsung oleh suhu tinggi dan lingkungan kimia agresif. *Zinc-rich coating* cocok sebagai pelapis primer pada struktur luar, sedangkan *epoxy coating* dapat digunakan pada area dengan paparan suhu rendah hingga sedang.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan pelapisan antikorosi secara signifikan dapat meningkatkan ketahanan material pipa dan permukaan logam di lingkungan PLTU Petrokimia Gresik. Dari ketiga jenis *coating* yang diuji, *ceramic coating* memberikan efektivitas perlindungan terbaik dengan penurunan laju korosi hingga 85% serta ketahanan tinggi terhadap suhu dan lingkungan kimia agresif. *Zinc-rich coating* juga memberikan perlindungan yang baik terutama melalui mekanisme perlindungan katodik, sedangkan *epoxy coating* cocok digunakan untuk kondisi paparan suhu rendah hingga sedang. Pemilihan *coating* yang tepat sesuai kondisi operasional sangat penting untuk mendapatkan hasil optimal dalam perlindungan terhadap korosi.

Referensi

- [1] D. Abbas, Hammada, "ANALISA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN TENAGA UAP DI PLTU," vol. 15, no. Nurmalita 2012, pp. 10–13, 2020.
- [2] S. W. Putro and D. Rusirawan, "Review Optimalisasi Pengelolaan Pengotoran dan Korosi pada Sistem Perpindahan Panas terhadap Reheater pada PLTU," vol. 24, no. 01, pp. 43–50, 2025.
- [3] A. M. Ilham Arif Firmansah, "ANALISIS PENURUNAN SISTEM KOMPRESOR PADA PEMBANGKIT PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA, TBK. KALIMANTAN SELATAN," vol. 3, no. 2, pp. 173–190, 2021.
- [4] M. Waldi, E. A. Basuki, B. Prawara, E. Martides, and E. Juniarto, "Kajian Thermal Spray Coating dengan Teknologi High Velocity Oxy-Fuel (HVOF) serta Perlakuan Pasca Prosesnya sebagai Pelindung Boiler Tubes Pembangkit Listrik Tenaga Uap," vol. 3, no. 1, pp. 41–60, 2023.
- [5] dkk Amar Ma'ruf Hamri, "PENGARUH HUJAN ASAM TERHADAP KUAT TEKAN dan POLA RETAK BETON MUTU TINGGI YANG MENGGUNAKAN FLY ASH SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR," 2021.
- [6] T. Penulis, D. H. Nugroho, A. Ismi, and A. Pramito, *Sistem Utilitas*. 2025.
- [7] T. Natasya, M. E. Khairafah, M. S. Br Sembiring, and L. N. Hutabarat, "Corrosion Factors on Nail," *Indones. J. Chem. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.24114/ijcst.v5i1.33159.
- [8] A. Ngatin, A. F. Wulandari, A. D. Saffanah, D. R. Suminar, and S. Setyaningrum, "Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Baja Paduan dalam Medium Larutan NaCl," *Fluida*, vol. 15, no. 2, 2022, doi: 10.35313/fluida.v15i2.3923.
- [9] N. Ngatmin, H. Purwanto, and I. Riwayati, "Analisis Laju Korosi Pada Plat Baja Lambung Kapal Dengan Umpan Anoda Karbon Aluminium," *J. Ilm. Momentum*, vol. 15, no. 2, pp. 174–179, 2019, doi: 10.36499/jim.v15i2.3085.
- [10] F. Gapsari, *Pengantar Korosi*. 2017.
- [11] V. Tripathi, S. Rai, and G. Ji, "Coating of ethanolic extract of mint leaves, with and without addition of NiO nanoparticles, on mild steel for its corrosion prevention in saline water," *Mater. Today Proc.*, 2024.
- [12] Y. K. Afandi, I. Syarif Arief, and Amiadji, "Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating," *J. Tek. Its*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [13] T. E. Saraswati, K. Nugroho, and M. Anwar, "An anticorrosion coating from ball-milled wood charcoal and titanium dioxide using a flame spray method," *Int. J. Technol.*, vol. 9, no. 5, pp. 983–992, 2018, doi: 10.14716/ijtech.v9i5.1266.
- [14] A. Setiawan, A. K. Dewi, and Mukhlis, "Pengaruh Surface Treatment Terhadap Ketahanan Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat," *J. Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 57–66, 2019.

- [15] M. H. A. Atras, U. Budiarto, and P. Manik, "Analisis Pengaruh Coating Polyurethane dan Elektroplating Zinc Terhadap Laju Korosi Baja A36," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 12, no. 4, pp. 1–12, 2024.
- [16] K. Kreislova, H. Geiplova, L. Mindos, and R. Novakova, "Corrosion Protection of Infrastructure of Power Industry," *Mater. Sci. Forum*, vol. 811, pp. 31–40, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.811.31.
- [17] E. Sadeghi, N. Markocsan, and S. Joshi, *Advances in Corrosion-Resistant Thermal Spray Coatings for Renewable Energy Power Plants. Part I: Effect of Composition and Microstructure*, vol. 28, no. 8. Springer US, 2019.