PENGARUH ASAM FOSFAT PADA *SURFACE PREPARATION* TERHADAP KEKUATAN ADHESIVITAS COATING PIPA BAJA

Imah Luluk Kusminah[1)], Arganza Iqvansyah[2)]

[1]Teknik Pengelasan dan Fabrikasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
[2]Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: imahluluk@ppns.ac.id

Abstrak

Perusahaan manufaktur pipa melakukan proses produksi dan fabrikasi, termasuk proses painting sebagai bagian dari coating untuk melindungi material dari korosi. Keberhasilan proses coating sangat dipengaruhi oleh persiapan permukaan (surface preparation), yang berperan penting dalam menentukan kekuatan adhesi pelapis terhadap material. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan asam fosfat pada proses surface preparation terhadap daya adhesi coating epoxy pada pipa baja. Proses dry blasting menggunakan material abrasif berupa steel grit untuk membersihkan dan mengasah permukaan material. Penggunaan asam fosfat dalam proses tersebut diharapkan dapat meningkatkan daya adhesi pelapis terhadap permukaan baja. Pengujian dilakukan dengan membandingkan permukaan yang diberi perlakuan asam fosfat dan permukaan tanpa perlakuan asam fosfat, kemudian diuji menggunakan metode pull-off test. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaplikasian asam fosfat memberikan pengaruh terhadap kekuatan adhesivitas coating dengan nilai sebesar 16,3 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan hasil pengujian pada spesimen tanpa perlakuan asam fosfat.

Kata kunci: *Adhesivitas coating, surface preparation, Asam fosfat, Pull Off Test*

PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah perusahaan yang memproduksi pipa dengan berbagai macam spesifikasi. PT. XYZ berada di Jawa Timur tepatnya di kabupaten Gresik. Perusahaan ini berfokus dan memiliki pengalaman pada pembuatan pipa. Perusahaan ini melayani pembuatan pipa untuk konstruksi hingga pembuatan pipa untuk minyak dan gas. Jenis pipa yang diproduksi adalah pipa spiral dan pipa HFW (*High Frequency Welding*).

Didalam dunia industri perpipaan, baja merupakan suatu material yang banyak diaplikasikan. Faktor yang membuat baja umum untuk diaplikasikan adalah dikarenakan baja memiliki sifat mekanik yang baik, fabrikasi yang mudah dan dengan harga yang relatif rendah. Namun sama halnya dengan material lain, baja dapat mengalami suatu penurunan kualitas, seperti sering terjadi penurunan kualitas akibat peristiwa korosi. Baja dapat berkarat/korosi ini diakibatkan dari adanya reaksi kimia pada permukaan logam dengan komponen agresif dari lingkungan dimana baja tersebut berada (Kaesche, 2003).

Biasanya terdapat beberapa macam metode perlindungan terhadap korosi seperti coating. Metode yang digunakan untuk coating pipa baja ada beberapa macam yaitu single-layer coating dan multilayer coating. Keberhasilan dari proses coating sangat tergantung pada proses surface preparation, dimana proses ini akan mempengaruhi kekuatan adhesi dari material (Hudson,1982). Salah satu teknik dari surface preparation yang umum digunakan dalam dunia industri adalah blasting.

Teknik surface preparation yang digunakan di PT. XYZ adalah blasting. Tujuan dari blasting yaitu pembersihan permukaan dengan cara menembakan material abrasif ke suatu permukaan material dengan tekanan tinggi sehingga menimbulkan gesekan/tumbukan. Permukaan material tersebut akan menjadi bersih dan kasar untuk memastikan bahwa lapisan pelindung dapat menempel langsung pada logam dasar. Sesuai dengan acuan standar ISO 21809-1 juga dijelaskan bahwa penggunaan asam fosfat juga dapat dilakukan untuk pembersihan awal permukaan baja jika diperlukan untuk pembersihan awal permukaan baja jika diperlukan sesuai permintaan dari customer. Salah satu permintaan dari pelaggan untuk melakukan pembersihan permukaan setelah diblasting ditambahkan dengan asam fosfat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh surface preparation dengan variasi penambahan asam fosfat terhadap kekuatan ikatan coating pada baja. Pengujian yang akan penulis ambil adalah pengujian pull off dengan tujuan untuk mengevaluasi hasil kekuatan ikatan epoxy terhadap baja dengan perlakuan tambahan asam fosfat dan tidak menggunakan asam fosfat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur dan studi lapangan untuk memperoleh informasi mengenai proses coating pada pipa baja serta faktor-faktor yang memengaruhi daya adhesi pelapis. Tahapan tersebut dilanjutkan dengan perumusan masalah dan pengumpulan data yang berkaitan dengan proses surface preparation dan coating. Setelah itu, dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian.

Material yang digunakan pada penelitian adalah material baja karbon OD 323.9 mm x T 12.70 mm x L 12.10 m X Grade API 5L grade 450Mo/X65Mo PSL2. Material tersebut kemudian dipotong sesuai ukuran test coupon masing-masing yang akan digunakan untuk katodik disbonding tes sebanyak 9 sampel dan pull-off tes sebanyak 3 sampel.

Tahap eksperimen dimulai dengan proses dry blasting menggunakan material abrasif untuk membersihkan dan mengasah permukaan baja. Selanjutnya, spesimen dibagi menjadi dua kelompok perlakuan, yaitu surface treatment tanpa asam fosfat dan surface treatment dengan asam fosfat. Kedua kelompok spesimen kemudian dilanjutkan ke proses coating menggunakan pelapis epoxy untuk mengetahui pengaruh perlakuan asam fosfat terhadap kualitas adhesi coating pada permukaan baja.

Pengujian dilakukan menggunakan Pull-Off Test. Pada pengujian Pull-Off digunakan untuk mengukur kekuatan adhesi coating terhadap permukaan baja. Data hasil pengujian selanjutnya diolah dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh penggunaan asam fosfat terhadap performa coating, kemudian ditarik kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

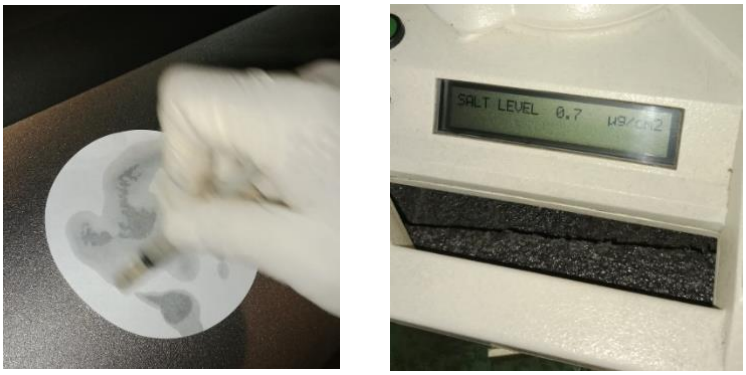
Sandblasting merupakan bahan abrasive (butiran baja) yang disemprotkan ke material agar bersih dari kotoran yang menempel sebelum dilakukan pengaplikasian coating. Proses sandblasting menggunakan 2 jenis bahan abrasive yaitu steel grit dan steel shot. Berdasarkan hasil inspeksi sandblasting menggunakan ISO 8502-3, hasil permukaan di inspeksi dengan tingkat debu yang tersisa di permukaan harus maksimal level 2 sesuai dengan ISO 8502-3. Dari hasil inspeksi permukaan di dapatkan hasil level 1 sesuai ISO 8502-3. Tahap selanjutnya setelah melakukan inspeksi hasil sandblasting, akan dilakukan tahap inspeksi hasil kekasaran permukaan. Hasil kekasaran permukaan dilakukan dengan cara menggosokkan kertas pada komponen alat uji ke permukaan dan harus memenuhi standar yang ada di MPS (*Manufacturing Procedure Specification*).



Gambar 1. Hasil Kekasaran Permukaan

Hasil pengujian kekasaran permukaan yang tertera di alat tersebut menunjukkan hasil yang masih memenuhi standar yang ada di MPS (*Manufacturing Procedure Specification*).

Salt test adalah pengujian untuk mengetahui kadar garam yang mengandung material setelah melalui proses sandblasting, karena kadar garam yang tinggi akan mempengaruhi coating epoxy yang akan diaplikasikan. Alat ukur yang digunakan adalah elcometer SCM 400. Inspeksi ini menggunakan air deionisasi untuk membasahi area yang akan diuji setelah itu menepelkan kertas filter pada area yang di uji selama 2 mennit lalu di angkat dan dimasukan pada alat elcometer SCM 400 untuk mengukur konduktivitas larutan yang terserap pada kertas filter, yang kemudian dikonversi menjadi nilai kadar garam. Berikut adalah hasil Salt Test menggunakan alat tersebut bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Salt Test

Sesuai hasil ukur yang tertera pada gambar 2 sudah memenuhi syarat yang ada dalam MPS (Manufacturing Procedure Specification) yaitu maksimal 2 µg/cm^3 dan jika kadar garam melebihi 2 µg/cm^3 pipa harus dibersihkan dengan pembersihan yang benar.

Pada penelitian ini dilakukan penambahan perlakuan permukaan dengan asam fosfat setelah permukaan pipa baja di blasting. Proses preheat sebelum perlakuan phospating ini dilakukan untuk memastikan bahwa permukaan baja berada pada suhu yang optimal untuk menerima lapisan fosfat. Suhu yang tepat memungkinkan reaksi kimia yang terjadi selama proses phosphating berjalan dengan lebih efisien, sehingga lapisan fosfat dapat menempel dengan kuat dan merata pada permukaan baja. Hasil inspeksi preheat dapat dilihat pada Gambar 3 Inspeksi Preheat.



Gambar 3. Inspeksi Preheat

Dari gambar di atas hasil inspeksi preheat di dapatkan nilai 60°C sesuai dengan MPS (Manufacturing Procedure Specification) preheat ini dilakuan dengan suhu 45°C - 65°C dengan minimal waktu 20 detik. Setelah dilakukan preheat pipa langsung dilakukan proses phospating dengan menyemprotkan cairan asam fosfat dengan laju 4 liter (1gal) (10% asam fosfat) per setiap 10m^2 pada permukaan pipa. Berikut adalah proses phospating pada Gambar 4 Proses phospating.

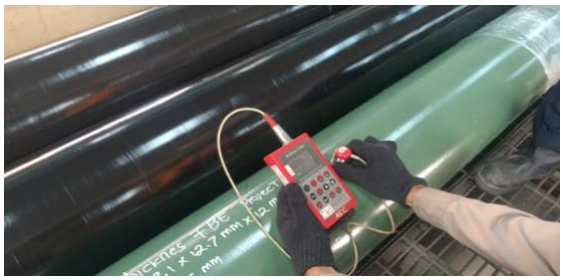


Gambar 4. Proses Phospating

Saat proses phospapting seluruh bagian pipa bisa dijangkau oleh mesin penyemprot cairan asam fosfat, karena alat penyemprot cairan tersebut bisa berputar dan bisa menjangkau seluruh permukaan pipa baja. Setelah perlakuan phospating, pipa langsung dilakukan ke tahap berikutnya yaitu proses pelapisan coating dengan FBE (Fusion Bounded Epoxy). Setelah proses coating pipa di uji kekuatan adhesivitasnya dengan menggunakan metode pengujian pull-off.

Coating pada penelitian ini hanya primer coat yaitu lapisan epoxy. Setelah pengaplikasian dilakukan inspeski pengukuran ketebalan coating. Karena material coaing pada penelitian ini menggunakan epoxy serbuk, maka pengukuran thickness hanya bisa

di lakukan setelah kering, karena pada saat pengaplikasian serbuk di preheat sehingga serbuk akan meleleh dan menjadi gel selama 5-18 detik. untuk mengetahui hasil ketebalan lapisan epoxy yang sudah kering. Berikut hasil pengukuran DFT menggunakan alat elcometer dapat dilihat pada Gambar 5 pengukuran DFT



Gambar 5. Pengukuran DFT

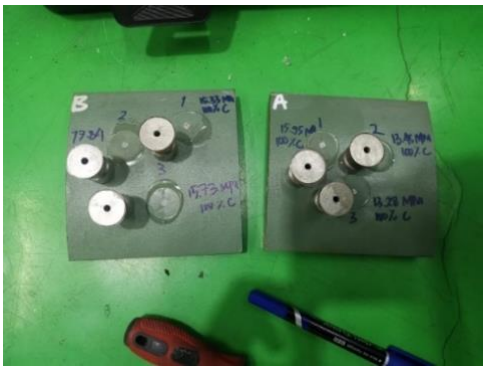
Dari hasil pengukuran DFT (Dry Film Thickness) pada gambar diatas di dapatkan hasil thickness 0,40 mm sesuai dengan MPS (Manufacturing Procedure Specification) yang sudah di tentukan dengan thickness 0,20 mm - 0,40 mm. Jadi, hasil DFT tersebut sudah approved. Proses pelapisan pertama setelah kering, bisa dilakukan proses pelapisan kedua yaitu intermediate coat.

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan pada 3 titik pada tiap spesimen dengan menggunakan dolly ukuran 20 mm dan alat DeFlesko Positest AT-M manual adhesion tester. ASTM D4541 adalah standar yang menetapkan metode pengujian untuk mengukur kekuatan tarik (pull-off strength) dari lapisan cat atau pelapis lainnya terhadap substrat dengan menggunakan alat uji adhesi portabel. Standar ini banyak digunakan untuk memastikan kualitas dan daya tahan lapisan pelapis, seperti cat, epoxy serbuk, atau bahan pelapis lainnya yang diaplikasikan pada berbagai substrat. Pada hasil pengujian pull-off ini harus memenuhi syarat yaitu diatas 5 MPa sesuai dengan Norsok Standart. Adapun Proses Pengujian Pull-Off dapat dilihat pada Gambar 6 Proses Pengujian Pull-Off.



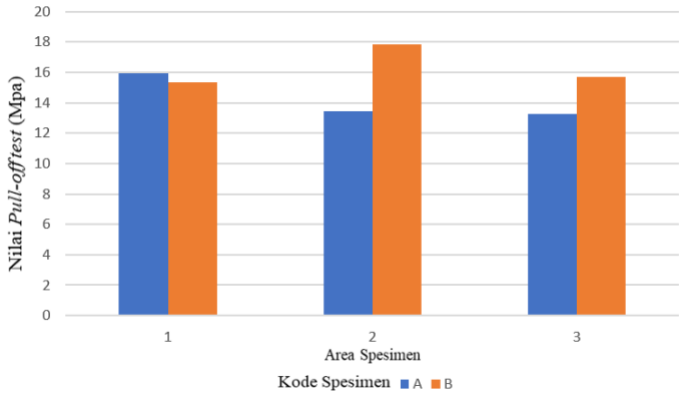
Gambar 6. Proses pengujian pull-off

Dalam pengujian pull off test yang dilakukan terhadap coating pada spesimen uji ini, Sehingga didapatkan data hasil pengujian seperti berikut.



Gambar 7. Hasil pengujian pull-off

Pada spesimen A grafik di bawah ini, hasil pengujian berturut-turut sebesar 15,95 MPa, 13,45 MPa, dan 13,28 MPa, dengan standar deviasi sebesar 1,49 MPa. Nilai standar deviasi tersebut menunjukkan adanya variasi hasil pengujian sebesar ±1,49 MPa terhadap nilai rata-ratanya. Variasi terutama terlihat antara pengujian pertama dengan pengujian kedua dan ketiga, dimana nilai pengujian pertama relatif lebih tinggi.



Gambar 8. Diagram Hasil Uji Pull-Off

Dari diagram diatas dapat diketahui bahwa rata-rata kekuatan adhesivitas epoxy dengan kode B lebih tinggi angkanya, yang berarti menandakan adhesivitasnya kuat.

Tabel 1

Hasil Pengujian Pull-Off

kode spesimen	Pengujian ke-1 (MPa)	Pengujian ke-2 (MPa)	Pengujian ke-3 (MPa)	rata-rata (MPa)	Standar Deviasi (MPa)
A	15,95	13,45	13,28	14,23	1,49
B	15,33	17,84	15,73	16,30	1,35

Dari hasil pengujian adhesivitas yang telah dilakukan penulis, terdapat perbedaan hasil pengujian pull-off yaitu, pada perlakuan asam fosfat pada surface preparation memiliki hasil nilai pull-off tinggi yang menandakan bahwa dengan surface preparation dengan perlakuan asam fosfat memiliki daya adhesivitas yang kuat. Pada perbedaan nilai hasil pengujian pull-off semua spesimen pada penelitian ini memiliki hasil kuantitatif yang masih memenuhi syarat yaitu diatas 5 MPa (Norsok Standard, 1994).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spesimen B memiliki adhesi rata-rata 16,30 ± 1,35 MPa, lebih tinggi dibandingkan spesimen A sebesar 14,23 ± 1,49 MPa. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa perlakuan permukaan dengan asam fosfat berpotensi menghasilkan antarmuka coating–substrat yang lebih kuat. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa perlakuan berbasis asam fosfat dapat meningkatkan adhesi epoxy melalui pembentukan lapisan konversi yang kompak dan mendukung mekanisme anchoring. Li et al. (2021), misalnya, memperoleh peningkatan kekuatan adhesi dari 1,93 MPa menjadi 11,63 MPa pada perlakuan 50 g/L asam fosfat yang dikombinasikan dengan tannic converter.

SIMPULAN

Hasil pengujian pull-off test menunjukkan bahwa kedua spesimen memiliki nilai adhesivitas coating yang memenuhi standar minimum sebesar 5 MPa berdasarkan Norsok Standard (1994). Spesimen A, yaitu tanpa perlakuan asam fosfat, memperoleh nilai rata-rata adhesivitas sebesar 14,23 MPa, sedangkan spesimen B dengan perlakuan asam fosfat memperoleh nilai rata-rata sebesar 16,30 MPa. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan asam fosfat pada proses surface preparation mampu meningkatkan daya adhesi coating epoxy terhadap permukaan baja. Perlakuan asam fosfat membantu memperbaiki kondisi permukaan material sehingga ikatan antara coating dan substrat menjadi lebih kuat. Dengan demikian, surface preparation menggunakan asam fosfat dapat dinyatakan lebih efektif dibandingkan perlakuan tanpa asam fosfat dalam meningkatkan kekuatan adhesivitas coating.

DAFTAR PUSTAKA

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2010). Materials Science and Engineering an Introduction (Eight Edition ed.). USA: John Willey & Son, Inc.

Hudson, R. 1982. "Surface Preparation for Coating". The National Physical Laboratory.

International Organization for Standardization. (2018). ISO 21809-1: Petroleum and natural gas industries — External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems — Part 1: Polyolefin coatings (3-layer PE and 3-layer PP). Geneva: ISO.

International Organization for Standardization. (2017). ISO 8502-3: Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness — Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method). Geneva: ISO.

Kaesche, H. (2003). Corrosion of Metals: Physicochemical Principles and Current Problems. Berlin: Springer.

Li, Y., et al. (2021). *Influence of Phosphoric Acid on the Adhesion Strength between Rusted Steel and Epoxy Coating*. **Coatings, 11**(2), 246. https://doi.org/10.3390/coatings11020246

Norsok Standar, 1994. Common Requirements Surface Preparation and Protective Coating. M-CR-501 ed. s.l.:Norsok Standar.

Pamungkas, S. A., & Suwasono, B. (2018, September). Perancangan Ulang Alat Bantu Pengisian Pasir Abrasive Steel Grit Guna Meminimalkan Waktu Pengisian (Studi Kasus PT. Safinah Blasting). In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan (pp. 453-458).

Pradnya Paramita.Narayanan, T. S. N. S. (2005). Surface pretreatment by phosphate conversion coatings - A review. Reviews on Advanced Materials Science, 9(2), 130–177.

Prasetyo, G. (2018). Analisis Kekuatan Adhesif dan Ketahanan Cathodic Disbonding Pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Jenis Material Abrasif.