

## PENGARUH VARIASI *RELATIVE HUMIDITY* DAN JENIS CAT TERHADAP ADHESIVITAS *COATING* PADA MATERIAL A36

Aswin Mahir Randiko<sup>1\*</sup>, Wiwik Dwi Pratiwi<sup>2\*</sup>, Mukhlis<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111<sup>1\*</sup>,

Program Studi Magister Terapan Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111<sup>2</sup>

Email: aswinmahir@student.ppns.ac.id<sup>1\*</sup>; wiwik.pratiwi@ppns.ac.id<sup>2</sup>

**Abstract** – *Painting is one of the crucial stages in the fabrication process. The purpose of painting is to enhance, reinforce, and protect an object. One of the preparations that must be done before starting the painting process is to check the environmental humidity around the painting area. Painting errors often occur at PT. X. The main issue is the accumulation of product orders, which forces the company to carry out the painting process under unsuitable conditions, specifically during the night when the relative humidity is above 85%. High humidity impact the adhesive properties of the paint on the material to be painted. Besides relative humidity, the type of paint used also affect the painting results. Each type of paint have different effects on the final product. Therefore, in this study, the researcher conducted a study with variations in relative humidity and different types of paint to access their impact on painting adhesiveness. The aim is to compare the bonding strength of paint resulting from these parameter variations to create a high-quality product. The adhesiveness testing in this research was performed using the pull-off method. The testing data was analyzed using the ANOVA method. The research revealed that relative humidity does not significantly affect the painting adhesiveness, while the type of paint does influence the painting adhesiveness.*

**Keyword:** *Painting, Relative Humidity, Adhesiveness, ANOVA method.*

### 1. PENDAHULUAN

Untuk menciptakan sebuah produk fabrikasi dengan kualitas dan mutu yang baik, setiap proses pembuatannya harus melalui beberapa tahapan yang sesuai dengan standar, ketentuan dan urutannya. Dalam suatu proses fabrikasi logam, terdapat beberapa tahapan antara lain *drawing, marking, cutting, fit-up, welding, finishing, sandblasting*, dan *painting*.

Pengecatan adalah suatu proses aplikasi cat dalam bentuk cair pada sebuah obyek, untuk membuat lapisan tipis yang kemudian mengeras [1]. Tujuan pengecatan adalah untuk memperindah (*decorative*), memperkuat (*reinforcing*) serta melindungi (*protective*) suatu obyek pengecatan [10]. Ketepatan pelaksanaan tiap tahapan pada proses *painting* menghasilkan ikatan *adhesi* antara material *painting* dan material logam yang dilapisi. Terdapat beberapa aspek yang dapat menentukan hasil daya rekat cat diantaranya permukaan material, *humidity* lingkungan sekitar, *substrate temperature*, kualitas cat, pemilihan jenis cat, kombinasi cat, aplikasi pengecatan dan ketebalan cat secara keseluruhan [4]. Salah satu persiapan yang harus dilakukan sebelum memulai proses *painting* adalah pengecekan *humidity* lingkungan di area sekitar proses *painting*. *Relative Humidity* (RH) yang sesuai untuk proses *painting* adalah pada kisaran kurang dari 85 persen [2]. *Humidity* yang terlalu lembab diduga mempengaruhi *adhesivitas*

pada *painting* dan rentan terjadi *re-work*.

Kesalahan pada proses *painting* kerap terjadi pada perusahaan PT. X. dikarenakan adanya penumpukan pesanan produk yang membuat keharusan bagi perusahaan untuk mengerjakan proses *painting* pada malam hari. RH pada malam hari di atas pukul 7 malam di daerah Surabaya memiliki *persentase* melebihi 85% [5]. Keadaan RH yang tinggi diduga memberikan dampak pada adhesivitas cat terhadap material yang di cat.

Selain RH, jenis cat yang digunakan juga mempengaruhi proses dan hasil *painting*. Setiap jenis cat memberikan dampak yang berbeda terhadap hasil produk, terlebih lagi apabila jenis cat tertentu di aplikasikan pada keadaan lingkungan dengan RH yang tidak optimal. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan variasi RH terhadap adhesivitas *coating* dan variasi jenis cat terhadap adhesivitas *coating* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan RH terhadap adhesivitas cat dan mengetahui pengaruh perubahan jenis cat terhadap adhesivitas *painting*.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1 Material

Metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen faktorial. Metode eksperimen faktorial merupakan salah satu metode yang banyak dipakai dalam eksperimen, bertujuan untuk memperbaiki

kualitas produk dan proses dalam kurun waktu bersamaan.

Pada penelitian ini, menggunakan material berupa plat baja karbon A36 dengan ukuran 300mm x 300mm x 6mm, yang kemudian spesimen dilakukan proses *surface cleaning* dengan metode *sandblasting* menggunakan *steel grit grade 40*. Jenis cat yang digunakan pada penelitian ini adalah *epoxy* dan *polyurethane* sebagai cat primer.

## 2.2 Variabel Penelitian

Variabel adalah sebuah karakteristik yang memberikan nilai beda terhadap sesuatu. Dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 variabel, antara lain:

- Variabel bebas, yaitu variabel yang mempengaruhi. Umumnya disebut variabel penyebab, variabel bebas atau *independent variable*. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase *Relative Humidity* (RH) pada lingkungan sekitar pengujian material yaitu kurang dari 65%, 65-85% dan lebih dari 85%, serta jenis cat yang digunakan yaitu *epoxy* dan *polyurethane*.
- Variabel kontrol merupakan variabel yang besar atau banyaknya dikendalikan selama penelitian. Pada penelitian ini yang merupakan variabel kontrol yaitu material yang digunakan untuk spesimen uji berupa plat baja karbon tipe A36, *surface cleaning* dengan metode *sandblasting* menggunakan *steel grit grade 40* hingga menghasilkan kekasaran dengan range sebesar 50-70  $\mu\text{m}$ , *near-white* menggunakan SSPC-SP10, tekanan pada kompresor sebesar 6 bar, serta ketebalan DFT *painting* yang digunakan pada range 50-75 $\mu\text{m}$ .
- Variabel terikat adalah variabel yang besar nilainya tergantung oleh variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah nilai hasil pengukuran menggunakan *pull-off adhesion test*.

## 2.3 Data dan Analisis

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui kualitas hasil *painting*, antara lain uji *thickness* dan adhesivitas. Pengujian *thickness* berupa pengujian *Wet Film Thickness* (WFT) dan *Dry Film Thickness* (DFT). Pengujian WFT dilakukan pada saat cat masih basah dengan metode sesuai standar ASTM D4414. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketebalan cat basah pada spesimen. Rumus untuk mendapatkan range DFT yang diinginkan adalah sebagai berikut:

$$\text{WFT} + \text{thinner} = \frac{\text{DFT} \times 100\%}{\text{Volume solid}} \quad (1)$$

Setelah dilakukan pengujian WFT, cat harus ditunggu hingga benar-benar kering sempurna

sebelum dilanjutkan ke proses pengujian selanjutnya yaitu pengujian DFT (*Dry Film Thickness*). Pengujian ini dilakukan pada saat cat kering sempurna. Setelah dilakukan pengukuran DFT maka dapat dilanjutkan dengan pengujian adhesivitas untuk mengetahui daya rekat cat terhadap substratnya.

Pada penelitian ini menggunakan pengujian adhesivitas berupa *pull-off*. Dari pengujian *pull-off* mendapatkan hasil kualitatif dan kuantitatif. Pengujian ini menggunakan lem khusus yang berfungsi untuk perekat antara *dolly* dengan spesimen yang diuji. Pengujian dihentikan ketika lem atau *dolly* terlepas dari spesimen yang diuji. Nilai dari pengujian adhesivitas ini ditunjukkan otomatis dari alat *pull off* yang dinyatakan dalam satuan MPa.

Dari data - data hasil pengujian yang telah dilakukan, selanjutnya dianalisis dan dibandingkan apakah hasil pengujian antara variasi RH dan jenis cat memiliki perbedaan yang signifikan pada hasil uji adhesivitas *painting*. Analisis dilakukan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) menggunakan Microsoft excel. Untuk formulasi hipotesis pada penelitian *twoway* ANOVA adalah sebagai berikut:

Ho: jenis cat dan RH tidak berpengaruh terhadap adhesivitas

H1: jenis cat dan RH berpengaruh terhadap adhesivitas

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengukuran *Thickness Painting*

Dalam pengaplikasian *painting* pada setiap spesimen, dibutuhkan ketebalan yang sesuai dengan variabel kontrol pada tiap spesimen. Adapun hasil pengukuran *wet film thickness* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran *Wet Film Thickness*.

| Jenis Cat    | Kode Spesimen | DFT ( $\mu\text{m}$ ) | Volume Solid (%) | WFT (perhitungan) ( $\mu\text{m}$ ) | WFT (actual) ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------|---------------|-----------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Epoxy        | A             | 50-75                 | 63 $\pm$ 2       | 79-119                              | 125                            |
|              | B             | 50-75                 | 63 $\pm$ 2       | 79-119                              | 125                            |
|              | C             | 50-75                 | 63 $\pm$ 2       | 79-119                              | 125                            |
| Polyurethane | A             | 50-75                 | 57 $\pm$ 2       | 88-132                              | 125                            |
|              | B             | 50-75                 | 57 $\pm$ 2       | 88-132                              | 125                            |
|              | C             | 50-75                 | 57 $\pm$ 2       | 88-132                              | 125                            |

Setelah pengujian WFT sudah sesuai dengan variabel kontrol, cat yang diaplikasikan pada spesimen harus ditunggu hingga benar-benar kering, tahapan yang harus dilakukan selanjutnya yaitu mengukur *dry film thickness* (DFT). Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan *coating thickness gauge* di 3 titik pada tiap spesimen. Kemudian dilakukan perhitungan rata-rata untuk mendapatkan angka DFT. Berdasarkan variabel kontrol pada penelitian ini, nilai DFT dari

tiap spesimen adalah pada 50-75 $\mu$ m. Adapun hasil pengujian DFT ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Dry Film Thickness*

| Kode Spesimen | Rata-rata DFT ( $\mu$ m) |
|---------------|--------------------------|
| A1            | 71                       |
| A2            | 73                       |
| B1            | 72                       |
| B2            | 67                       |
| C1            | 73                       |
| C2            | 71                       |

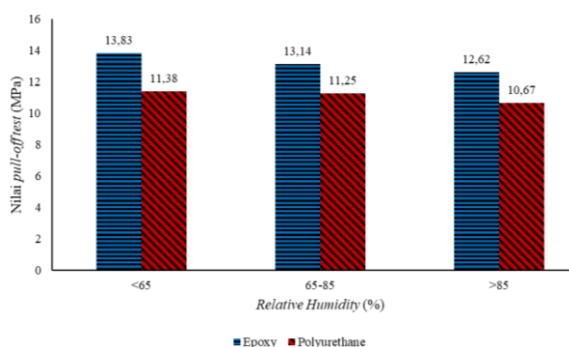
Setelah melakukan pengukuran *thickness* pada hasil *painting* dan dihasilkan rata – rata *thickness* yang sudah sesuai dengan variabel kontrol, yaitu 50-75 $\mu$ m, maka dapat dilanjutkan pengujian adhesivitas.

### 3.2 Hasil Pengujian *Pull-off Adhesion Test*

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*. Didapatkan dua hasil dalam satu kali pengujian yaitu berupa data kualitatif dan kuantitatif. Rata-rata hasil kuantitatif dari pengujian *pull-off* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai adhesivitas *coating*

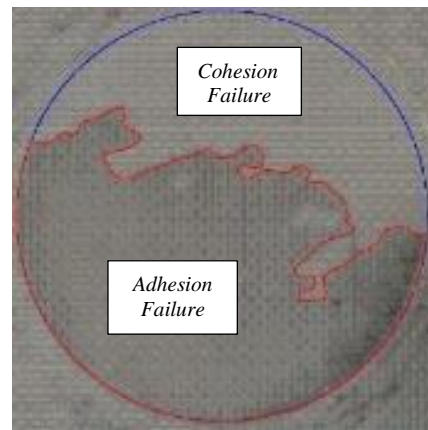
| kode spesimen | RH %  | Jenis Cat    | rata-rata (MPa) |
|---------------|-------|--------------|-----------------|
| A1            | < 65  | Epoxy        | 13,83           |
| A2            |       | Polyurethane | 11,38           |
| B1            | 65-85 | Epoxy        | 13,14           |
| B2            |       | Polyurethane | 11,25           |
| C1            | >85   | Epoxy        | 12,62           |
| C2            |       | Polyurethane | 10,67           |



Gambar 1. Nilai adhesivitas *coating*

Rata-rata kekuatan adhesivitas *painting* yang diaplikasikan disetiap variasi *relative humidity* pada jenis cat *epoxy* lebih tinggi daripada cat *polyurethane*. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan komposisi pada agen *curing* di setiap jenis cat. Kekuatan adhesivitas pada cat dihasilkan oleh komponen resin dan agen *curing*. Komponen pada agen *curing* terjadi reaksi kimia sehingga ikatan antara komposisi kimia dan resin saling

mengikat pada cat dan substrat [9]. Perbedaan dari hasil pengujian *pull-off* juga diakibatkan karena pada kedua jenis cat tersebut memiliki sifat yang berbeda. Untuk *epoxy* menunjukkan sifat yang lebih ulet, sedangkan pada *polyurethane* memiliki sifat yang rapuh [7]. Hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis sejalan dengan penelitian sebelumnya yaitu pada hasil pengujian adhesivitas, didapatkan hasil dari jenis cat *epoxy* lebih tinggi daya rekatnya dibandingkan dengan *polyurethane* [11]. Adapun hasil topografi pengujian *Pull-Off* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Topografi area hasil pengujian *pull-off*

Tabel 4. Nilai persentase area yang terdistraktif

| Kode spesimen | Type of failure | Dolly ke-1 (%) | Dolly ke-2 (%) | Dolly ke-3 (%) |
|---------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| A1            | Adhesi          | 7,66           | 34,03          | 29,57          |
|               | Kohesi          | 92,34          | 65,97          | 70,43          |
| A2            | Adhesi          | 64,76          | 12,32          | 7,41           |
|               | Kohesi          | 35,24          | 87,68          | 92,59          |
| B1            | Adhesi          | 23,37          | 3,88           | 10,08          |
|               | Kohesi          | 76,63          | 96,12          | 89,92          |
| B2            | Adhesi          | 24,56          | 36,17          | 23,76          |
|               | Kohesi          | 75,44          | 63,83          | 76,24          |
| C1            | Adhesi          | 66,65          | 27,75          | 23,57          |
|               | Kohesi          | 33,35          | 72,25          | 76,43          |
| C2            | Adhesi          | 61,93          | 52,79          | 27,13          |
|               | Kohesi          | 38,07          | 47,21          | 72,87          |

Gambar diatas didapatkan dari pengamatan visual untuk mengamati persentase *adhesive failure* dan *kohesive failure*. Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa terjadi persentase *adhesive failure* yang lebih besar daripada *kohesive failure* pada spesimen yang diaplikasikan pada RH tinggi yang dikodekan dengan huruf C. Walaupun terdapat beberapa spesimen yang memiliki persentase *adhesive failure* lebih besar daripada *kohesive failure*, tetapi jika dilihat dari hasil kuantitatif, semua spesimen pada penelitian ini memiliki hasil kuantitatif yang masih memenuhi syarat yaitu diatas 5 Mpa [6].

Berdasarkan pengujian *pull-off* yang dilakukan, terdapat perbedaan hasil pada pengujian adhesivitas *painting*, yaitu, semakin tinggi RH, maka nilai adhesivitasnya semakin kecil. Hal ini dikarenakan ikatan adhesi yang

kurang kuat pada lapisan *painting* tersebut. Pada saat *painting* diaplikasikan dengan RH diatas 85%, permukaan spesimen uji tertutup oleh titik-titik embun yang mengakibatkan cat tidak menempel sempurna pada spesimen uji dan menghasilkan ikatan adhesi antara cat dan spesimen uji yang kurang baik [8]. Hasil penelitian yang dilakukan ini sejalan dengan penelitian terdahulu dengan hasil penelitian adalah semakin tinggi persentase RH, maka semakin rendah daya rekat cat [3].

### 3.4 ANOVA (*Analysis of Variance*)

Pada penelitian ini digunakan analisis menggunakan metode *twoway ANOVA (Analysis of Variance)* untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi nilai *relative humidity* dan jenis cat terhadap adhesivitas *painting*. Dari hasil ANOVA two way, dihasilkan nilai *p-value* dari jenis cat kurang dari 0,05 yang artinya tolak  $H_0$ , maka jenis cat berpengaruh terhadap nilai adhesivitas. Sedangkan *p-value* dari nilai RH lebih dari 0,05 yang artinya terima  $H_0$ , maka persentase RH tidak berpengaruh terhadap nilai adhesivitas. Sedangkan untuk interaksi keduanya memiliki nilai *p-value* lebih dari 0,05 yang artinya terima  $H_0$ , maka interaksi keduanya tidak berpengaruh terhadap nilai adhesivitas.

## 4. KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian adhesivitas yang telah dilakukan, semakin tinggi persentase RH, maka semakin rendah nilai daya rekatnya. Namun, saat dianalisis menggunakan metode ANOVA, didapatkan nilai *p-value* lebih dari 0,05 yang artinya persentase RH tidak berpengaruh terhadap adhesivitas *painting*.
2. Didapatkan nilai daya rekat cat *epoxy* lebih tinggi dibandingkan dengan cat *polyurethane*. Saat di analisis menggunakan metode ANOVA, didapatkan nilai *p-value* dari jenis cat kurang dari 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa jenis cat berpengaruh terhadap nilai adhesivitas.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada “PT Lintech Duta Pratama” yang telah memberikan bimbingan selama *On the Job Training* dan pengambilan data, kepada Bapak Larasanto dan seluruh staff dari “CV Cipta Agung” yang telah memfasilitasi dan membantu pengambilan data, serta seluruh pihak yang telah memudahkan proses penulisan penelitian ini.

## 6. PUSTAKA

- [1] Argana, S., 2013. *Pengecatan Body Kendaraan*. 1st ed. Jakarta: Kementerian

Pendidikan & Kebudayaan Republik Indonesia.

- [2] ASTM, 2015. *Standard Guide for Painting Inspector*. D3276 - 15 ed. United States: ASTM INTERNATIONAL.
- [3] Dinata, R., Pamungkas, P., Antoko, B., Prayitno, E., Studi D-Iv, P., Perpetaan, T., Teknik, J., Kapal, P., Perkapalan, P., Surabaya, N., Program, \*, & Teknik, S. (n.d.). *PENGARUH PROSES PAINTING PRIMER DAN TOP COAT TERHADAP DAYA REKAT CAT PADA BAJA A 36*.
- [4] Ganesya, A., Antoko, B. & Karuniawan, B., 2018. Pengaruh Variasi Kelembaban, Temperatur dan Ketebalan Cat pada Material A53 Grade B terhadap Laju Korosi di PT PJB UBJOM Pacitan. *Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and its Application*, pp. 151-156.
- [5] NASA, 2023. *Data Access Viewer: NASA POWER*. [Online] Available at: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> [Accessed 18 January 2023].
- [6] Norsok Standart, 1994. *Common Requirements Surface Preparation and Protective Coating*. M-CR-501 ed. s.l.:Norsok Standard.
- [7] Passos, A. C., Arouche, M. M., Aguiar, R. A. A., Costa, H. R. M., de Barros, S., & Sampaio, E. M. (2021). Adhesion of epoxy and polyurethane adhesives in pultruded composite material. *Journal of Advanced Joining Processes*, 3.
- [8] Réquillé, S., Le Duigou, A., Bourmaud, A., & Baley, C. (2019). *Interfacial properties of hemp fiber/epoxy system measured by microdroplet test: effect of relative humidity*.
- [9] Rudawska, A., Worzakowska, M., Bociąga, E., & Olewnik-Kruszkowska, E. (2019). Investigation of selected properties of adhesive compositions based on epoxy resins. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 92, 23–36.
- [10] Susyanto, H., 2009. *Oocities*. [Online] Available at: [http://www.oocities.org/heri\\_susyanto/KontrolKualitasCat.htm](http://www.oocities.org/heri_susyanto/KontrolKualitasCat.htm) [Accessed 18 January 2023]
- [11] Suwasono, B., Putra, I. K. A. S., Kristiyono, T. A., & Azhar, A. (2021). Adhesive coating value based on the main ingredient of ship paint. *Brodogradnja*, 72(2), 19–36.