

## Efisiensi Oven Curing dalam Meningkatkan Kematangan Powder dalam Proses Powder Coating pada Pabrik Aluminium Ekstrusi

Rendi Adi Pratama<sup>1</sup>, Wiliandi Saputro<sup>2</sup>, Ardika Nurawati<sup>3</sup>, A.R. Yelvia Sunarti<sup>4</sup>, Erwan Adi Saputro<sup>5\*</sup>

Email corresponding author: [erwanadi.tk@upnjatim.ac.id](mailto:erwanadi.tk@upnjatim.ac.id)

<sup>1345</sup>Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Article history: Received: 22 Maret 2024 | Revised: 11 Juli 2024 | Accepted: 23 Oktober 2024

**Abstract.** Powder coating is a metal coating process involving sprinkling powder onto a heated object to enhance strength and surface durability. Oven curing, utilizing heat from a burner, is employed for powder solidification. Necessary materials include powder coating, aluminum profiles, and LNG. Efficiency analysis utilizes heat balance calculations, considering parameters like air temperature in/out, wall temperature, air flow rate, and oven area. The efficiency of oven curing in powder coating is determined by the heat input from the burner (2771.746 W), heat absorbed by the oven curing (3464.683 W), and heat loss (692.936559 W), resulting in an efficiency of 75%.

**Keywords** - Thermal Efficiency; Oven Curing; Powder Coating.

**Abstrak.** Powder coating adalah proses pelapisan logam dengan menaburkan serbuk pelapisan di atas benda yang dipanaskan, untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan permukaan. Oven curing digunakan untuk pematangan powder dengan udara panas dari burner. Bahan yang diperlukan adalah serbuk powder coating, profil aluminium, dan LNG. Analisa efisiensi menggunakan perhitungan neraca panas, melibatkan data seperti temperatur udara masuk/keluar, temperatur dinding, laju udara masuk, dan luas oven curing. Nilai efisiensi oven curing pada proses powder coating dihitung dari panas yang bersumber dari burner (2771,746 W), panas yang diserap oven curing (3464,683 W), dan panas yang keluar/hilang (692,936559 W), menghasilkan efisiensi sebesar 75%.

**Kata Kunci** - Efisiensi Thermal; Oven Curing; Powder Coating.

### PENDAHULUAN

Ketika semakin tinggi tuntutan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas hasil produksi pada berbagai bidang sektor industri, maka dibutuhkan strategi dan upaya sehingga ketika ditingkatkan dapat menekan biaya, waktu, dan tenaga pada proses produksi logam [1]. Pembentukan logam dengan menurunkan luas penampang dengan menekan logam melalui rongga cetakan dinamakan proses ekstrusi [2]. Ekstrusi aluminium menjadi salah satu metode konvensional dalam proses pembentukan logam [3]. Ekstrusi aluminium adalah proses deformasi plastis, dimana bilet aluminium yang telah dipanaskan sebelumnya ditempatkan pada wadah yang juga dipanaskan, kemudian dikompresi agar mengalir melalui lubang cetakan sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan [4]. Dalam proses produksi aluminium ekstrusi di pabrik aluminium ekstrusi, terdapat tiga proses utama. Pertama, proses peleburan, atau melting, di mana aluminium murni atau ingot dilebur [5]. Setelah itu, bilet yang terbentuk dari proses *melting* akan diolah di unit ekstrusi. Hasil dari unit ekstrusi kemudian akan masuk ke unit *finishing* [6]. Salah satu sifat suatu material adalah tidak tahan terhadap korosi [7]. Secara ilmiah, korosi tidak dapat dicegah, namun hanya bisa dihambat dan unit *finishing* diperuntukan untuk menghambat hal tersebut [8]. Salah satu jenis *finishing* yang digunakan di pabrik aluminium ekstrusi adalah *powder coating*. *Powder coating* adalah proses pelapisan logam yang melibatkan aplikasi serbuk pelapis pada permukaan benda yang telah dipanaskan. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan fisik, khususnya terhadap goresan dan korosi [9]. *Powder coating* juga dapat berguna untuk menambah nilai estetika visual [10]. Serbuk pelapis *powder coating* biasanya terbuat dari bahan resin polimerik yang dicampur dengan pigmen dan dihaluskan, serta diberikan muatan-muatan elektrostatis yang kemudian disemprotkan ke material yang akan dilapisi [11]. Ketika serbuk tersebut disemprotkan ke permukaan benda yang dipanaskan, panas menyebabkan serbuk tersebut mencair dan menyebar secara merata di permukaan benda. Selanjutnya, serbuk tersebut akan mendingin dan mengeras membentuk lapisan yang kokoh dan tahan lama. Teknologi elektrostatis sering digunakan dalam proses *powder coating*. Dalam teknologi ini, serbuk cat diberikan muatan listrik negatif ketika disemprotkan, sementara benda yang akan dilapisi diberikan muatan positif. Hal ini menyebabkan serbuk cat menempel dengan kuat pada permukaan benda yang akan dilapisi, memastikan penyebaran serbuk yang merata dan penggunaan serbuk yang efisien. Dibandingkan dengan cat cair konvensional, *powder coating* memiliki beberapa keunggulan. Salah satunya adalah bahwa *powder coating* tidak memerlukan penggunaan pelarut untuk menjaga bagian *binder* dan *filler* dalam bentuk suspensi cairnya. Hal ini membuat proses aplikasi

*powder coating* lebih ramah lingkungan dan menghasilkan sedikit limbah. Selain itu, *powder coating* juga cenderung menghasilkan lapisan yang lebih tebal dan lebih tahan terhadap korosi dan goresan, karena serbuk cat dapat menutupi permukaan dengan lebih baik daripada cat cair [12].

*Powder coating* adalah proses aplikasi lapisan pelindung yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan permukaan material yang dilapisi. Oleh karena itu, teknik yang digunakan dalam pelapisan *powder coating* sangatlah penting untuk memastikan kualitas pelapisan yang optimal. Ketebalan lapisan *powder coating* menjadi parameter kunci dalam proses ini. Penyebaran serbuk yang tidak merata dapat mengakibatkan penurunan kualitas lapisan *powder coating*. Permukaan dengan lapisan yang lebih tebal cenderung lebih tahan terhadap korosi dan goresan, karena lapisan tersebut memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap serangan dari lingkungan. Sebaliknya, permukaan dengan lapisan yang lebih tipis akan lebih rentan terhadap korosi yang lebih cepat dan goresan, karena perlindungan yang diberikan oleh lapisan tersebut tidak cukup kuat. Akibatnya, hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas produk secara keseluruhan dan mengurangi umur pakai material yang dilapisi. Oleh karena itu, pengendalian ketebalan lapisan *powder coating* menjadi salah satu aspek yang sangat penting dalam proses ini untuk memastikan perlindungan dan keindahan yang optimal bagi material yang dilapisi [13]. Dalam proses *powder coating*, pengaplikasian lapisan dilakukan dengan menggunakan prinsip elektrokimia atau elektrolisis untuk menutupi logam pada permukaan yang konduktif. Tujuannya adalah untuk memberikan perlindungan terhadap korosi dan menciptakan tampilan estetika yang menarik dan berkilau. Proses dimulai dengan merendam bahan yang akan dilapisi ke dalam larutan yang mengandung ion-ion logam yang akan diendapkan. Bahan yang akan dilapisi ini menjadi katoda yang terhubung dengan kutub negatif dalam sirkuit listrik. Sementara itu, anoda juga direndam dalam larutan dan terhubung dengan kutub positif dalam sirkuit yang sama. Arus searah (arus DC) kemudian dialirkan melalui sirkuit, mengakibatkan ion-ion logam dari larutan mengendap dan menempel pada permukaan bahan yang akan dilapisi. Dengan adanya arus listrik yang mengalir, ion-ion logam di larutan larut dalam air akan menempel pada permukaan benda yang akan dilapisi, membentuk lapisan pelindung. Lapisan ini tidak hanya memberikan perlindungan terhadap korosi, tetapi juga menciptakan tampilan estetika yang menarik, berkilau, dan memperindah tampilan permukaan logam. Proses ini membantu meningkatkan kekuatan dan daya tahan material yang dilapisi, serta meningkatkan nilai estetika dari produk akhir [14].

Proses *powder coating* sendiri dilakukan dengan menggunakan proses *pretreatment* yang terdiri dari *acid cleaner* dan *chromate* dan setelah melalui tahapan proses *pretreatment* kemudian profil aluminium dikeringkan dengan menggunakan proses oven *drying* dengan temperatur 105°C selama 1 jam dengan sumber panas yang dihasilkan oleh *burner*. Setelah dari proses oven *drying*, kemudian profil aluminium dibongkar dan dipasang pada *conveyor* untuk dilakukan proses *powder coating*. Dalam tahap ini proses *powder coating* dimulai, *conveyor* akan bergerak menuju mesin *powder coating*. Proses kerja dari mesin *powder coating* sendiri diawali dengan *injector* mengambil *powder* dari mendorongnya ke *spray gun* dengan bantuan angin kompresor, dari *spray gun* akan menembak ke permukaan profil aluminium. Serbuk *powder* yang berceceran akan dihisap oleh *blower* menuju kedalam *cyclone* untuk dipisahkan antara *powder* yang masih dapat digunakan kembali dengan *powder* yang sudah tidak dapat digunakan. Untuk *powder* yang masih bisa digunakan akan dibawa kembali ke *hopper* sementara untuk *powder* yang tidak dapat digunakan kembali dibawa ke bak *filter*.

Oven *curing* seperti ditampilkan gambar 1, memiliki fungsi untuk proses pematangan *powder* setelah dilakukannya proses *spray powder*[15]. Oven *curing* termasuk ke dalam tahap perawatan bahan logam dengan menggunakan temperatur di atas temperatur ruangan sehingga dapat mempercepat peningkatan kekuatan logam dan mempersingkat waktu perawatan [16]. Secara umum, proses yang terjadi dalam oven *curing* adalah pembakaran yang membutuhkan bahan bakar [17]. Maka dari itu dengan melakukan perhitungan efisiensi dari oven *curing* diproses *powder coating* nantinya dapat mengetahui seberapa optimal oven *curing* bekerja dalam proses pematangan *powder* pada permukaan profil aluminium.



Gambar 1. Oven curing [18]

## METODE

Dalam melakukan perhitungan efisiensi oven *curing* diproses *powder coating* dilakukan menggunakan perhitungan neraca panas dimana data yang diperlukan dalam proses perhitungan ini meliputi temperatur udara panas masuk, temperatur udara panas keluar, temperatur dinding, laju udara kering masuk, luas oven *curing*. Setelah melakukan pengumpulan data langkah berikutnya adalah menghitung neraca panas oven *curing* dengan mencari nilai  $Q_A$  (Panas yang bersumber dari *burner*),  $Q_B$  (Panas yang diserap oven *curing*), dan  $Q_{loss}$  (Panas yang keluar atau hilang). Untuk rumus efisiensi yang digunakan setelah perhitungan didapatkan adalah sebagai berikut:

$$eff\ termal = \frac{Q\ masuk\ total - Q\ loss}{Q\ masuk\ total} \times 100\% \quad [19] \quad (1)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Data Oven Curing dalam Proses Powder Coating

Dalam menjalankan proses pematangan *powder* dari proses *powder coating* oven *curing* memiliki kondisi operasi yang dijalankan untuk dapat menghasilkan kondisi suhu standart dalam proses pematangan *powder coating* yaitu pada suhu 220-240°C. Berikut ini merupakan data operasi oven *curing* dari hasil pengukuran oven *curing* diproses *powder coating* yang nantinya akan digunakan sebagai langkah dalam mencari nilai efisiensi oven *curing* pada tabel 1.

**Tabel 1.** Kondisi operasional oven *curing* pada proses *powder coating*

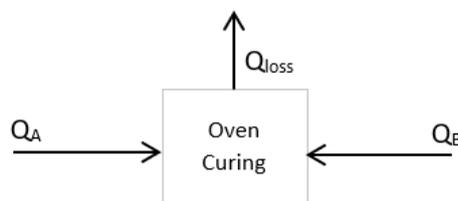
Parameter	Hasil Pengukuran
Temperatur udara panas masuk	220 C
Temperatur udara keluar	215 C
$T_w$ (Temperatur Dinding)	240 C
Laju udara kering masuk	3,5 m <sup>3</sup> /s
Luas oven <i>curing</i>	2 m <sup>2</sup>

### B. Pengolahan Data Efisiensi Oven Curing

Oven *curing* berfungsi untuk proses pematangan *powder* setelah dilakukannya proses *spray powder*. Melakukan proses pematangan *powder* dengan memanfaatkan udara panas dari *burner* dipermukaan profil aluminium. *Conveyor* akan membawa MF melalui *plate bar* kedalam *curing* oven untuk proses pematangan *powder* dengan suhu 210°C.

Data yang diketahui :

Temperatur udara panas masuk ( $T_{\infty A}$ )	= 220°C
Temperatur udara keluar ( $T_{\infty B}$ )	= 215°C
Temperatur dinding ( $T_w$ )	= 240°C
Laju udara kering masuk ( $U_m$ )	= 3,5 m <sup>3</sup> /s
Luas oven <i>curing</i> ( $A$ )	= 8 m <sup>2</sup>
Nilai yang dicari	= eff termal mesin <i>curing</i> : ?
Perhitungan :	



**Gambar 2.** Neraca panas oven *curing* power coating

Panas Masuk = Panas Keluar

$$Q_A = Q_B + Q_{loss}$$

Dimana :

$Q_A$  = Panas yang berasal dari *burner*

$Q_B$  = Panas yang diserap oleh oven *curing*

$Q_{loss}$  = Panas yang keluar/hilang

Untuk menentukan nilai efisiensi termal mesin *curing*, maka proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mencari nilai Q pada titik panas yang berasal dari *burner* ( $Q_A$ )

Menentukan temperatur film ( $T_f$ ) :

$$T_f = \frac{T_w - T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{240 - 220}{2}$$

$$T_f = 230 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_f = 503 \text{ K}$$

Maka dari temperatur 503 K diketahui dalam Tabel A-5 [20]:

$$V \text{ (kecepatan)} = 0,00000379 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Pr \text{ (Prandtl number)} = 0,68$$

$$k \text{ (konduktivitas termal)} = 0,04038 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ (specific heat)} = 1,0295 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

Menentukan angka Reynolds untuk mengetahui jenis aliran udara yang ada;

$$Re_A = \frac{U_m \times A}{\nu}$$

$$Re_A = \frac{3,5 \text{ m}^3/\text{s} \times 8 \text{ m}^2}{0,00000379 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Re_A = 11081794 \text{ m}^3$$

Maka angka Reynolds aliran udara adalah 11.081.794  $\text{m}^3$  yang merupakan aliran turbulen, sehingga diperlukan penentuan nilai kalor;

$$Nu_A = \frac{h_A}{k} = Pr^{\frac{1}{3}}(0,037 Re_A^{0,8} - 850)$$

Keterangan:  $Nu_A$  = Nusselt number

$h_A$  = koefisien perpindahan panas

$k$  = konduktivitas termal

$Re_A$  = Reynolds number

$$Nu_A = (0,68^{\frac{1}{3}}(0,037)(11081794)^{0,8} - 850)$$

$$Nu_A = 3432,0782$$

$$h = Nu_A \frac{k}{A} = \frac{3432,0782 \times 0,04038}{8} = 11,54894 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$Q = h \times A \times (T_w - T_\infty)$$

$$Q = 11,54894 \text{ W/m}^2\text{C} \times 8 \text{ m}^2 \times (240 \text{ C} - 220 \text{ C})$$

$$Q = 2771,746 \text{ W}$$

Total panas masuk di titik  $Q_A$  adalah 2771,746 W

2. Mencari nilai Q pada titik panas yang diserap oleh oven curing ( $Q_B$ )

Menentukan temperatur film ( $T_f$ ) :

$$T_f = \frac{T_w - T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{240 - 215}{2}$$

$$T_f = 227,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_f = 500,5 \text{ K}$$

Maka dari temperatur 500,5 K diketahui dalam Tabel A-5 [20] :

$$V = 0,00000379 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Pr = 0,68$$

$$k = 0,04038$$

$$C_p = 1,0295$$

Menentukan angka Reynolds untuk mengetahui jenis aliran udara yang ada;

$$Re_A = \frac{U_m \times A}{\nu}$$

$$Re_A = \frac{3,5 \text{ m}^3/\text{s} \times 8 \text{ m}^2}{0,00000379 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re_A = 11081794 \text{ m}^3$$

Maka angka Reynolds aliran udara adalah 11.081.794  $\text{m}^3$  yang merupakan aliran turbulen, sehingga diperlukan penentuan nilai kalor;

$$Nu_A = \frac{h_A}{k} = Pr^{\frac{1}{3}}(0,037 Re_A^{0,8} - 850)$$

$$Nu_A = (0,68^{\frac{1}{3}}(0,037)(11081794)^{0,8} - 850)$$

$$Nu_A = 3432,078$$

$$h = Nu_A \frac{k}{A} = \frac{3432,078 \times 0,04038}{8} = 11,5484 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$Q = h \times A \times (T_w - T_\infty)$$

$$Q = 3432,078 \text{ W/m}^2\text{C} \times 8 \text{ m}^2 \times (240 \text{ C} - 215 \text{ C})$$

$$Q = 3464,683 \text{ W}$$

Total panas masuk di titik  $Q_B$  adalah 3464,683 W

3. Mencari nilai Q pada titik  $Q_{loss}$

$$Q_A = Q_B + Q_{loss}$$

$$2771,746 = 3464,683 + Q_{loss}$$

$$Q_{loss} = 692,936559 \text{ W}$$

4. Mencari nilai efisiensi termal mesin oven curing:

$$eff \text{ termal} = \frac{Q \text{ masuk total} - Q \text{ loss}}{Q \text{ masuk total}} \times 100\%$$

$$eff \text{ termal} = \frac{2771,742 - 692,936559}{2771,742} \times 100\%$$

$$eff \text{ termal} = 75\%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi oven *curing* didapatkan untuk nilai efisiensi termal pada oven *curing* adalah sebesar 75%. Pada perhitungan efisiensi oven *curing*, menunjukkan bahwa oven *curing* mengalami penurunan nilai efisiensinya menjadi 75%. Kejadian ini disebabkan karena tidak optimalnya *supply* panas dari *burner* ke oven *curing*, selain itu lamanya penggunaan alat juga memengaruhi nilai efisiensi oven. Untuk meningkatkan nilai efisiensi, maka dapat dilakukan penambahan panas dari *burner*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengolahan data dari oven *curing* diproses *powder coating* sendiri didapatkan nilai  $Q_A$  (panas yang bersumber dari *burner*) sebesar 2771,746 W,  $Q_B$  (panas yang diserap oven *curing*) sebesar 3464,683 W, dan  $Q_{loss}$  (Panas yang keluar atau hilang) 692,936559 W sehingga didapatkan nilai efisiensi oven *curing* pada proses *powder coating* adalah sebesar 75 %. Efisiensi oven *curing* sendiri mengalami penurunan dikarenakan terjadi karena tidak optimalnya *supply* panas dari *burner* ke oven *curing*.

## REFERENSI

- [1] Y. G. Mustikoaji, M. A. Riyadi, and Darjat, "MONITORING DAN KENDALI SUHU PADA OVEN KAYU UNTUK EFISIENSI PROSES PENGERINGAN MENGGUNAKAN RASPBERRY PI," *TRANSIENT*, vol. 6, no. 3, pp. 440–445, 2017, doi: <https://doi.org/10.14710/transient.v6i3.440-445>.
- [2] A. Mahmudi and P. Londa, "Optimasi Penerapan Teknologi Ekstrusi pada Prototipe Mesin Daur Ulang Limbah Styrofoam," *ROTASI*, vol. 19, no. 2, p. 92, Jul. 2017, doi: 10.14710/rotasi.19.2.92-96.
- [3] A. Setiawan and A. Wimitya, "PENGARUH PROSES AGEING DAN POWDER COATING PADA ALUMINIUM PROFIL SECTION 4403," *J. Metall. Eng. Process. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–39, 2020, doi: <https://doi.org/10.31315/jmept.v1i1.5024>.
- [4] A. Setiawan and R. R. Akmal, "Pengaruh Proses Ageing Dan Powder Coating Pada Aluminium Profil Section 11309," *J. Metall. Eng. ...*, vol. 2, no. 1, pp. 10–19, 2021, doi: <https://doi.org/10.31315/jmept.v1i2.5037>.
- [5] R. Mayasari, Miftahul Djana, Rosalia D.W, Hasrul Anwar, and Muhammad Haviz, "Karakteristik Membran Keramik Berpori Berbahan Baku Bentonit Dan Zeolit Dengan Proses Ekstrusi," *J. Redoks*, vol. 9, no. 1, pp. 93–98, Jun. 2024, doi: 10.31851/redoks.v9i1.15361.
- [6] A. Purbasari, T. W. Samadhi, and A. Muslim, "Pengembangan produk keramik berpori dengan proses ekstrusi pada skala laboratorium," *J. Tek. Kim. Indones.*, vol. 4, no. 2, p. 227, Oct. 2018, doi: 10.5614/jtki.2005.4.2.6.
- [7] G. Ganandy and H. Herianto, "PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR DAN KOMPOSISI TERHADAP TEKSTUR DAGING ANALOG YANG DIHASILKAN MENGGUNAKAN TEKNIK EKSTRUSI," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 3, pp. 921–930, Jan. 2023, doi: 10.21776/jrm.v13i3.1283.
- [8] M. S. Ali, H. Praktikno, and W. L. Dhanistha, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Blasting Dengan Coating Campuran Epoxy dan Aluminium Serbuk terhadap Kekuatan Adhesi, Prediksi Laju Korosi, dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i1.39068.
- [9] S. Suwarno, D. N. Nugroho, F. Yudanto, and B. Prawara, "The Effect of SiC in NiCrBSi-SiC Composite Coating on the Microstructure, Hardness, and Oxidation Resistance," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 581–589, Dec. 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.03.8.
- [10] M. Muhadzdzib and W. D. Puspitasari, "Mengoptimalkan Proses Powder Flame Spray Coating Merancang Gun Spray dengan Kemiringan Tangki Penyimpanan Serbuk dan Filter Serbuk Lepas," *J. Inov. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 7–13, Apr. 2023, doi: 10.15294/jim.v5i1.70020.
- [11] T. Mulyanto, Supriyono, and S. Parama Arta, "PENGARUH PERLAKUAN AWAL TERHADAP DAYA REKAT DAN KEKUATAN LAPISAN PADA PROSES PENGECATAN SERBUK," *J. ASIMETRIK J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 2, no. 1, pp. 25–32, Jan. 2020, doi: 10.35814/asimetrik.v2i1.1186.
- [12] Supriyono, T. Mulyanto, and M. Miftahuddin, "Analisis Pengaruh Suhu Pengovenan Terhadap Daya Rekat Dan Kekuatan Lapisan Pada Pengecatan Serbuk," *Presisi*, vol. 21, no. 2, pp. 77–87, 2019.
- [13] Muhammad Arifullah, "Laju Korosi Baja Karbon Hasil Powder Coating Dan Pengecatan Cair," *Transmisi*, vol. 9, no. 2, pp. 27–34, 2015, doi: <https://doi.org/10.26905/jtmt.v1i1i2.4558>.
- [14] A. B. Rasyad, "Pengaruh Waktu Electroplating Dan Powdercoating NiCr Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada BAJA KARBON SPCC- SD," pp. 424–434, 2011.
- [15] D. Al Dzikri and R. Dewi Anjani, "Pengaruh Variasi Temperature Pengeringan Powder Coating Terhadap Daya Rekat Lapisan Cat Pada Mild Steel ST37," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 21, pp. 53–63, 2022, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7272803>.

- [16] E. A. Lalo, R. E. Pandaleke, and D. M. J. Sumajouw, “Pengaruh Curing Oven Terhadap Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Lokal Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen,” *TEKNO*, vol. 19, no. 79, pp. 229–237, 2021, doi: <https://doi.org/10.35793/jts.v19i79.37380>.
- [17] N. Iskandar and A. A. Pranowo, “Pengaruh Pengontrolan Emisi Buang Terhadap Peningkatan Efisiensi Pembakaran Pada Oven,” *Momentum*, vol. 17, no. 1, pp. 63–68, 2021, doi: <https://dx.doi.org/10.36499/jim.v17i1.3670>.
- [18] Thermcraft, “What is an Industrial Curing Oven?,” *Thermcraft*, 2024. <https://thermcraftinc.com/what-is-a-curing-oven/> (accessed Jun. 11, 2024).
- [19] T. Septiana, “Analisis Efisiensi Termal Mesin Oven Rotary Tipe NFX-320 Pada Proses Pengeringan Bahan Dasar Roti,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 10, no. 1, pp. 444–448, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/1437>
- [20] J. P. Holman, *Heat Transfer*, 6th Editio. New York: McGraw-Hill, 1986.

Halaman ini sengaja dikosongkan  
(This page is intentionally left blank)