PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP LAPISAN POWDER COATING PADA ALUMINIUM 6061

Giri Anugrah[1], M. Azis Mahardika[2]
[1,2]Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung
giryanugrah17@gmail.com

ABSTRACT

Powder coating is a surface finishing process in which a film coating is applied to a metal surface and subsequently heated to achieve polymerization and curing of the coating. Negatively charged powder particles are sprayed onto the workpiece. To obtain optimal adhesion and coating durability, the material is subjected to specific pretreatment processes, such as sanding, which aims to enhance the adhesive force between the coating powder and the metal substrate. This study aims to determine the effect of curing temperature on adhesion and coating strength in the powder coating process, particularly for specimens with and without an epoxy primer layer. The adhesion test was conducted using the cross-cut method in accordance with ASTM D3359 / ISO 2409 standards, with curing temperature variations of 200°C, 220°C, and 250°C. The test results showed that curing temperatures of 200°C and 220°C produced the best adhesion performance for specimens without an epoxy layer, as no coating detachment was observed (scale 0). In contrast, the use of an epoxy primer at all temperature variations resulted in very poor adhesion due to the incompatibility of the thermal characteristics between conventional epoxy and thermosetting powder coatings during the curing process.

Keywords: *Powder Coating, Curing Temperature, Adhesion Strength, Coating Strength, Aluminum 6061, Epoxy.*

ABSTRAK

Powder coating merupakan proses pelapisan pada permukaan logam dengan suatu lapisan film, kemudian dipanaskan untuk polimerisasi dan mengawetkan coating. Partikel yang bermuatan negatif disemprotkan ke benda kerja. Untuk mencapai daya rekat serta ketahanan yang maksimal sebelum dilakukan pelapisan, material diberikan pretreatment tertentu seperti proses pengamplasan yang bertujuan untuk meningkatkan gaya adhesi antara powder pelapis dengan material logam yang dilapisi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh suhu pengovenan terhadap daya rekat dan kekuatan lapisan pada proses powder coating khususnya yang memakai dan tidak memakai epoxy sebagai lapisan dasar. Metode pengujian daya rekat yang digunakan adalah metode cross cut sesuai dengan

standar ASTM D3359 / ISO 2409, dengan variasi suhu pengovenan sebesar 200°C, 220°C, dan 250°C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu pengovenan 200°C dan 220°C menghasilkan daya rekat terbaik pada spesimen tanpa epoxy karena tidak ada lapisan cat yang terkelupas (skala 0). Sebaliknya, penggunaan lapisan dasar epoxy di semua variasi temperatur memberikan hasil daya rekat yang sangat tidak bagus akibat ketidakcocokan karakteristik termal antara epoxy konvensional dan powder pelapis thermosetting saat dioven.

Kata Kunci: *Powder Coating, Suhu Pengovenan, Daya Rekat, Kekuatan Lapisan, Aluminium 6061, Epoxy*

A. Pendahuluan

Powder Coating adalah suatu proses pelapisan logam atau benda kerja dengan cara menaburkan serbuk pelapisan di atas benda yang dipanaskan sehingga serbuk cat tersebut mencair dan menempel pada benda yang akan dilapisi. Proses ini memanfaatkan teknologi elektrostatik untuk menempelkan serbuk cat ke material secara merata. Kondisi benda atau logam yang akan dilapisi harus memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik leleh serbuk pelapisnya agar tidak mengalami deformasi termal selama proses curing. Perbedaan utama antara cat cair konvensional dengan powder coating adalah powder coating tidak memerlukan pelarut (solvent) untuk menjaga bagian binder dan filler dalam bentuk suspensi cair, menjadikannya jauh lebih ramah lingkungan dan bebas dari senyawa organik volatil (VOC).

Dalam dunia otomotif dan manufaktur, pelapisan ini sering diterapkan pada komponen yang mengalami paparan operasional bersuhu tinggi, seperti bagian knalpot dan blok silinder. Untuk mengoptimalkan kekuatan lapisan, penggunaan epoxy sebagai pelapisan dasar (primer) sering kali dipertimbangkan karena fungsi utamanya sebagai perekat dan pelindung tambahan pada cat konvensional. Namun, karakteristik termal powder coating yang memerlukan proses pengovenan suhu tinggi memunculkan tantangan tersendiri.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi secara spesifik pengaruh variasi temperatur oven (suhu curing) terhadap kualitas fisik dan mekanis lapisan pada material

Aluminium 6061. Rumusan masalah terfokus pada bagaimana pengaruh suhu pengovenan (200°C, 220°C, 250°C) terhadap kelekatan lapisan powder coating, serta bagaimana respon interaksi pelapisan saat menggunakan lapisan dasar epoxy dibandingkan dengan tanpa epoxy. Tujuan akhir dari kajian ini adalah untuk menentukan temperatur optimal guna memperoleh tingkat adhesi maksimal pada substrat Aluminium 6061.

B. Metode Penelitian

Penelitian eksperimental ini menggunakan material utama plat Aluminium 6061. Tahapan penelitian dimulai dari persiapan spesimen, proses pretreatment, aplikasi pelapisan, pengovenan, hingga pengujian laboratorium. Langkah awal pretreatment dilakukan melalui proses pengamplasan permukaan aluminium guna membersihkan kontaminan sekaligus menciptakan kekasaran mikro (grit) yang mengoptimalkan gaya adhesi mekanis antara powder pelapis dengan logam substrat.

Spesimen dibagi menjadi dua kelompok uji utama: (1) kelompok yang diaplikasikan pelapisan dasar epoxy sebelum powder coating, dan (2) kelompok langsung powder coating tanpa pelapis dasar epoxy. Serbuk cat yang digunakan adalah tipe thermosetting polimer yang memiliki sifat ikatan silang kuat dan tidak akan mencair kembali setelah melewati proses pematangan termal. Proses pelapisan serbuk menggunakan metode electrostatic spray deposition dengan partikel bermuatan negatif.

Tahap pengovenan dilakukan dengan memvariasikan suhu target oven yaitu pada 200°C, 220°C, dan 250°C dengan waktu penahanan (holding time) yang dikontrol secara ketat. Evaluasi kualitas produk dilakukan melalui dua metode: cek visual untuk melihat keseragaman permukaan, perubahan warna, atau kegagalan leleh; serta pengujian mekanis daya lekat menggunakan metode Uji Garis Silang (Cross-Cut Test) berdasarkan standar ASTM D3359 / ISO 2409. Pola kotak digoreskan pada permukaan lapisan menggunakan cutter tajam, ditempeli pita perekat standar, kemudian ditarik untuk mengevaluasi kuantitas lapisan cat yang terkelupas pada skala nilai 0 hingga 5.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Data hasil pengujian visual menunjukkan keseragaman tekstur dan warna yang sangat baik pada variasi suhu pengovenan 200°C dan 220°C untuk spesimen tanpa epoxy. Namun, pada suhu ekstrim 250°C, mulai terdeteksi degradasi warna pada permukaan cat. Sementara itu, pada seluruh spesimen yang menggunakan lapisan dasar epoxy, ditemukan cacat visual berupa permukaan yang melepuh, tidak rata, dan berpori setelah proses pengovenan.

Data kuantitatif pengujian daya lekat mekanis (Cross-Cut Test) diringkas dan disajikan pada Tabel 1 di bawah ini:

No	Suhu Pengovenan (°C)	Kondisi Tanpa Epoxy (Skala 0-5)	Kondisi Dengan Epoxy (Skala 0-5)
1	200°C	Skala 0 (Sangat Baik - Tidak terkelupas)	Skala 5 (Sangat Buruk - Terkelupas Total)
2	220°C	Skala 0 (Sangat Baik - Tidak terkelupas)	Skala 5 (Sangat Buruk - Terkelupas Total)
3	250°C	Skala 2 (Cukup - Terkelupas sebagian kecil)	Skala 5 (Sangat Buruk - Terkelupas Total)

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian Cross-Cut, temperatur pematangan (curing) memegang peranan krusial dalam pembentukan jaringan polimer lapisan powder coating pada Aluminium 6061. Pada suhu pengovenan optimal $200^{\circ}C$ hingga $220^{\circ}C$, dicapai tingkat adhesi tertinggi dengan klasifikasi Skala 0 (berdasarkan ASTM D3359 / ISO 2409). Hal ini menunjukkan bahwa partikel serbuk pelapis meleleh sempurna, mengalir merata ke dalam pori mikro hasil pengamplasan substrat, dan mengalami reaksi ikatan silang (cross-linking) fungsional secara maksimal sehingga menyatu kokoh dengan permukaan logam.

Ketika suhu ditingkatkan hingga mencapai $250^{\circ}C$, daya lekat lapisan mengalami penurunan ke Skala 2. Fenomena ini dianalisis terjadi karena paparan panas berlebih (over-curing) yang memicu degradasi termal rantai polimer penyusun powder coating. Energi termal yang terlalu tinggi merusak ikatan kimia yang baru terbentuk, menyebabkan lapisan menjadi rapuh (brittle), menurunkan kekuatan kohesi internal cat, dan merubah kualitas estetika warna permukaan.

Anomali hasil yang sangat kontras ditemukan pada variasi penggunaan lapisan dasar epoxy, di mana semua spesimen menghasilkan daya rekat yang sangat tidak bagus (Skala 5). Secara ilmiah, kegagalan ini disebabkan oleh ketidakcocokan proses termal (thermal mismatch)

antara material epoxy cair konvensional yang diaplikasikan sebagai cat dasar dengan lapisan atas powder coating termoset. Saat dimasukkan ke dalam oven bersuhu di atas $200^{\circ}C$, lapisan epoxy yang belum matang sempurna atau tidak dirancang untuk suhu tinggi mengalami penguapan pelarut secara mendadak serta degradasi termal prematur. Gas hasil dekomposisi epoxy terjebak di bawah lapisan powder coating yang mulai mencair dan mengeras, menimbulkan tekanan balik yang merusak ikatan antarmuka (interfacial bonding). Akibatnya, terbentuk rongga udara (blistering), permukaan melepuh, dan seluruh lapisan cat kehilangan kemampuan adhesi sehingga terkelupas total saat diuji.

D. Kesimpulan

Dari rangkaian eksperimen dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1.Variasi temperatur pengovenan berpengaruh signifikan terhadap daya rekat dan kualitas visual lapisan powder coating pada Aluminium 6061.

2.Suhu pengovenan optimal untuk menghasilkan daya rekat terbaik adalah pada rentang suhu 200°C hingga 220°C tanpa menggunakan epoxy, menghasilkan kualifikasi daya rekat sempurna (Skala 0) tanpa adanya pelepasan cat.

3.Suhu pengovenan yang terlalu tinggi (250°C) memicu over-curing yang menurunkan kualitas adhesi (Skala 2) dan mendegradasi estetika warna akibat kerusakan rantai polimer.

4.Penggunaan lapisan dasar epoxy konvensional sangat tidak direkomendasikan dalam proses powder coating karena ketidakcocokan ketahanan termal, yang mengakibatkan kegagalan adhesi total (Skala 5) serta cacat fisik melepuh pada seluruh variasi suhu.

DAFTAR PUSTAKA

Dzaky Al Dzikri, Ratna Dewi Anjani. (2022). Pengaruh Variasi temperature Pengeringan Powder Coating Terhadap Daya Rekat Lapisan Cat pada Mild Steel ST37. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan.

Miftah Nashrullah Wicaksono. (2018). Analisa Variasi Holding Time pada Aluminium 6061 Terhadap Uji Kekerasan dan Struktur Mikro. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin.

S. H. Kim, J. Lee. (2014). Application of Epoxy-based Thermosetting Systems in Protective

Coatings. Surface and Coatings Technology.

Suproyadi, Tri Mulyanto, M. Miftahuddin. (2020). Analisis Pengaruh Suhu Pengovenan terhadap Daya rekat dan Kekuatan Lapisan Pada Pengecetan Serbuk. Jurnal Presisi, Vol. 22, No. 1.

Supriyono, dkk. (2020). Rekayasa Permukaan Logam melalui Teknologi Elektrostatik Powder Coating untuk Komponen Otomotif Berkinerja Tinggi. Jurnal Teknik Mesin Kontemporer.