

Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Mesin Oven *Powder Coating* terhadap Kualitas Lapisan pada Baja ASTM 36

Vicky Dwi Saputra^{1,*}, Soeparno Djiwo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang, Jawa Timur, Indonesia

Kata kunci

Powder Coating
Baja ASTM 36
Ketebalan Lapisan
Kekasaran Lapisan
Struktur Makro

ABSTRAK

Korosi memberikan dampak negatif yang signifikan bagi dunia industri, terutama dari segi ekonomi, karena memerlukan alokasi dana untuk inspeksi dan perawatan berkala pada konstruksi. Proses *powder coating* pada baja ASTM 36 bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan estetika material, dengan memperhatikan sensitivitas terhadap temperatur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana variasi temperatur pemanasan mempengaruhi struktur makro, ketebalan, dan kekerasan lapisan. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, persiapan alat dan bahan, pembuatan spesimen dengan variasi temperatur 100°C, 150°C, dan 200°C selama 10 menit, serta pengujian ketebalan dan kekerasan lapisan. Data yang diperoleh dianalisis untuk menemukan hubungan antara temperatur dan kualitas lapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur berpengaruh signifikan terhadap kualitas lapisan. Ketebalan lapisan tertinggi tercatat pada temperatur 100°C dengan rata-rata 86,6 µm, sedangkan pada 150°C dan 200°C masing-masing turun menjadi 76,6 µm dan 63,6 µm. Pada sisi lain, kekerasan lapisan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur, mencapai 98,6 HA pada 200°C. Kesimpulannya, pengendalian temperatur dalam proses *powder coating* sangat penting untuk mencapai kualitas lapisan yang optimal. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi industri dalam meningkatkan kualitas produk melalui aplikasi teknik *powder coating* yang tepat.

* Corresponding author:

Vicky Dwi Saputra (email: vickydwisaputraaaa@gmail.com)

Diterima: 20 Agustus 2025

Disetujui: 27 Januari 2026

Dipublikasikan: 31 Maret 2026

1 Pendahuluan

Korosi itu sendiri merupakan masalah yang sangat serius dalam dunia material, karena dapat mengakibatkan kerugian yang besar, antara lain dapat menimbulkan kebocoran, meledaknya suatu pipa atau bejana bertekanan dan mungkin juga akan membuat pencemaran pada kualitas suatu produk. Korosi menghabiskan material-material pada konstruksi termasuk material logam, sehingga mengurangi kekuatan dan umur konstruksi. Korosi juga merugikan dunia industri secara ekonomis yaitu perlunya alokasi dana untuk inspeksi dan perawatan secara berkala pada konstruksi.[1].

Salah satu jenis *finishing* yang digunakan di pabrik industri ekstrusi adalah *powder coating*. *Powder coating* adalah proses pelapisan logam yang melibatkan aplikasi serbuk pelapis pada permukaan benda yang telah dipanaskan [2]. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan fisik, khususnya terhadap goresan dan korosi. *Powder coating* juga dapat berguna untuk menambah nilai estetika visual [3].

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. 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 mendinginkan dan mengeras membentuk lapisan yang kokoh dan tahan lama. [4]

Pemilihan baja pada penelitian ini yaitu Baja ASTM A36 yang masuk dalam kategori baja dengan tingkat karbon rendah, dikatakan rendah karena mengandung karbon antara 0.05% - 0.3% dan memiliki keuletan tinggi, mudah di *machining* dan baja yang paling sering digunakan.

Tujuan utama dalam *powder coating* adalah meningkatkan sifat tahan gores, tahan korosi, memperindah visual dan lain-lain pada permukaan logam. Maka dari itu semua tahapan dalam pengaplikasian *powder coating* sangat penting untuk menjamin kualitas dari lapisan tersebut. Ketebalan lapisan menjadi faktor yang sangat penting karena jika endapan berlebih atau tebal akan meningkatkan lapisan material dan jika endapan rendah atau tipis akan membuat material lebih mudah terpapar oleh atmosfer dan menyebabkan korosi, berkarat, mudah tergores dan lain-lain [5].

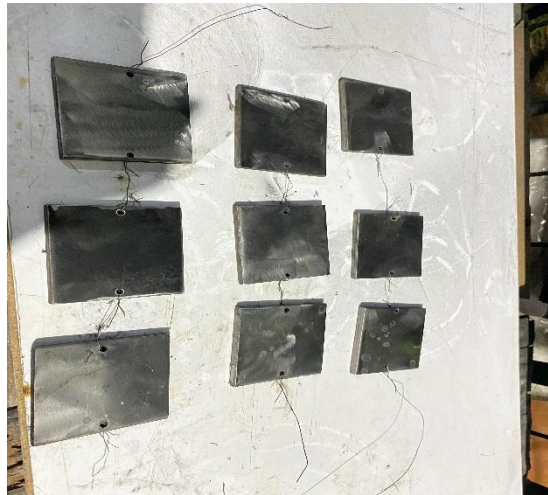
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pemanasan terhadap uji struktur makro, ketebalan lapisan, dan kekerasan lapisan baja ASTM 36.

2 Metode Penelitian

Langkah-langkah proses oven powder coating yang dilakukan di bengkel Marproject Garage Jl Magersari, Kec. Singosari, Kab. Malang dengan tahapan sebagai berikut :

a. Persiapan permukaan

Sebelum proses powder coating dimulai, permukaan spesimen harus dibersihkan dari kotoran yang menempel. Ini penting untuk memastikan daya rekat yang baik antara serbuk cat dan permukaan spesimen.



Gambar 1. Spesimen setelah pengamplasan

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

b. Aplikasi serbuk cat ke spesimen

Setelah permukaan spesimen siap, serbuk cat diaplikasikan menggunakan metode elektrostatis, dimana serbuk cat yang bermuatan listrik akan menempel pada permukaan spesimen yang telah diberi muatan berlawanan, agar menciptakan lapisan yang merata pada spesimen.



Gambar 2. Proses pengecatan pada permukaan spesimen

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

c. Proses pengovenan

Spesimen yang telah dilapisi serbuk cat kemudian dimasukkan ke dalam oven. Pada suhu 100-200°C, serbuk cat akan mulai mencair dan menyatu, membentuk lapisan yang keras dan tahan lama. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 100°C adalah 5 menit, suhu 150°C membutuhkan 7 menit, dan suhu 200°C memerlukan 9 menit. Selama proses ini, serbuk cat akan mencair dan menempel, diikuti dengan reaksi curing yang berlangsung selama 10 menit untuk setiap spesimen. Proses ini dikenal sebagai curing, di mana reaksi kimia terjadi untuk meningkatkan sifat pelapisan.



Gambar 3. Proses pengovenan spesimen

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

d. Pendinginan

Setelah proses pengovenan selesai, selanjutnya spesimen dikeluarkan dari oven dan dibiarkan mendingin pada suhu ruang. Pada proses ini, inspeksi dilakukan untuk memastikan bahan lapisan cat powder coating merata dan bebas dari cacat dan bintik.



Gambar 4. Proses Pendinginan
Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

e. Proses pengujian Spesimen

Melakukan pengujian ketebalan lapisan menggunakan alat uji coating *hickness gauge* untuk mengukur ketebalan tanpa merusak lapisan, pengujian kekasaran lapisan menggunakan alat uji kekerasan shore A dan pengujian struktur makro dengan pengujian dilakukan secara visual dan non-destruktif, yang menekankan pada integritas dan kekuatan material secara keseluruhan, bukan pada struktur mikroskopis.

f. Analisa dan pengolahan data serta pembahasan secara statistik dan kajian pustaka sebagai hasil penelitian agar memberikan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang didapat.

3 Hasil dan Pembahasan

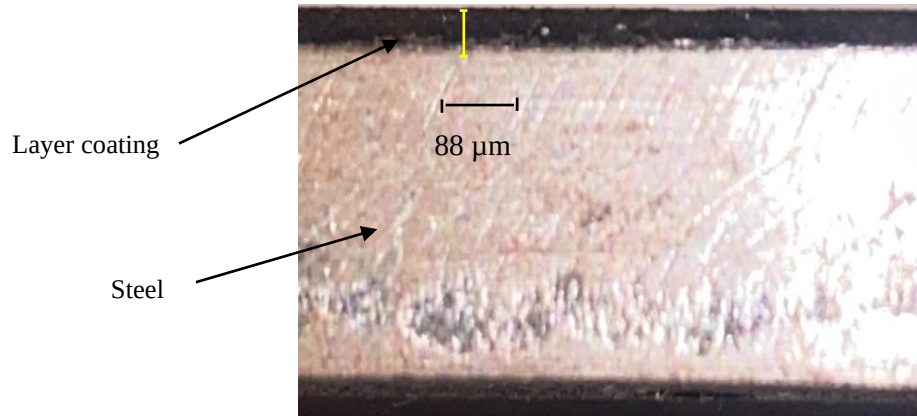
3.1 Data Hasil Pengujian Struktur Makro

Dari proses powder coating pada temperatur 100°C, 150°C, dan 200°C dengan waktu pemanasan selama 10 menit untuk setiap spesimen, diperoleh data hasil foto pengujian struktur makro. Pengujian dilakukan secara visual dan non-destruktif, yang menekankan pada integritas dan kekuatan material secara keseluruhan, bukan pada struktur mikroskopis. Fokus utama pengujian struktur makro ini adalah pada ketebalan lapisan, yang tidak memerlukan detail tingkat mikro. Alat yang digunakan untuk pengujian struktur makro yaitu iPhone 15 Pro yang memiliki lensa dengan fitur makro. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Lensa Ultra Wide	: 12MP (13mm, f/2.2)
Lensa Utama	: 48MP (24mm, f/1.78)
Lensa Telefoto	: 2x (48mm, f/1.78) dan 3x (77mm, f/2.8)

Lensa Ultra Wide khususnya untuk mendukung fotografi makro dengan bidang pandang 120°.

a. Pengujian struktur makro spesimen pengujian hasil proses *powder coating* pada temperatur 100°C



Gambar 5. Struktur makro Baja ASTM 36 hasil powder coating
Bahan coating termoplastik
Temperatur proses 100°C
Waktu proses 10 menit.

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada gambar menunjukkan struktur makro dari pelapisan powder coating pada material baja ASTM 36 dengan proses pemanasan pada temperatur 100°C selama 10 menit. Terdapat lapisan utama yaitu lapisan powder coating yang terbuat dari serbuk cat termoplastik dengan komposisi resin, adiktif dan pengawet cat yang telah dipanaskan, memberikan perlindungan tambahan. Ketebalan lapisan powder coating tercatat sekitar 88 μm, yang cukup untuk memberikan perlindungan.

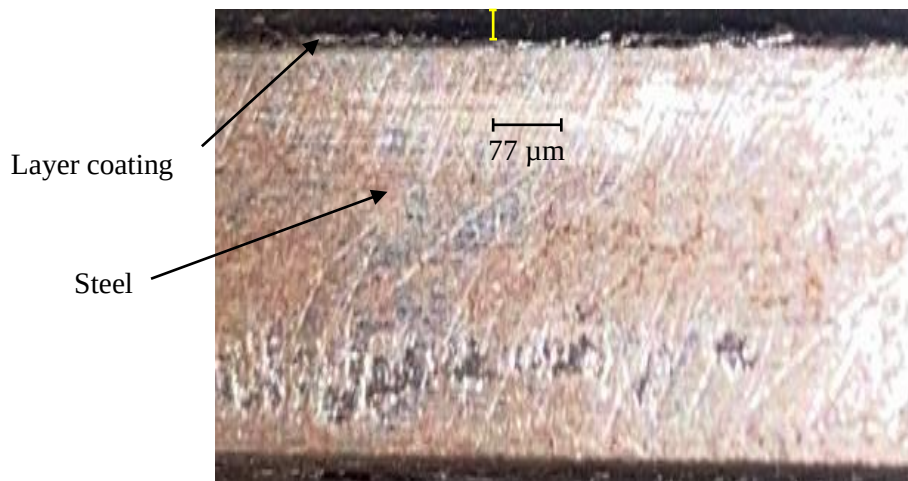
Proses pemanasan pada temperatur 100°C selama 10 menit berperan penting dalam mengaktifkan reaksi kimia pada serbuk cat termoplastik, perekatan antara baja dan termoplastik terjadi melalui di mana permukaan baja yang memiliki tekstur mikroskopis memungkinkan resin mengisi celah-celah, serta reaksi kimia di mana beberapa komponen dalam resin bereaksi dengan permukaan baja, membentuk ikatan kimia yang kuat. Struktur makro menunjukkan distribusi lapisan yang relatif merata, mengindikasikan bahwa proses coating telah dilakukan dengan baik.

Dalam penelitian [6] menunjukkan bahwa waktu pemanasan yang optimal sangat penting untuk mencapai kekerasan lapisan yang diinginkan. Mereka mencatat bahwa waktu pemanasan selama 10 menit pada temperatur yang tepat menghasilkan ikatan yang kuat antara lapisan coating dan substrat, mendukung analisis bahwa proses pada 150°C menciptakan kualitas lapisan yang baik.

Lalu pada penelitian [1] menekankan pentingnya distribusi lapisan yang merata untuk menghindari masalah seperti pengelupasan. Mereka menemukan bahwa ketidakmerataan pada permukaan sebelum proses coating dapat mempengaruhi kualitas akhir lapisan. Temuan ini relevan dengan struktur makro yang menunjukkan distribusi lapisan yang merata, menegaskan perlunya kontrol yang ketat dalam proses pemanasan.

Selanjutnya penelitian [7] bahwa peningkatan temperatur dalam proses powder coating berpengaruh signifikan terhadap daya lekat dan ketahanan korosi lapisan. Hasil penelitian sejalan dengan temuan bahwa ketebalan lapisan powder coating mencapai 65 μm, menunjukkan perlindungan yang lebih baik terhadap kerusakan.

- b. Pengujian struktur makro spesimen pengujian hasil proses *powder coating* pada temperatur 150°C



Gambar 6. Struktur makro Baja ASTM 36 hasil powder coating
Bahan coating termoplastik
Temperatur proses 150°C
Waktu proses 10 menit.

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada gambar menunjukkan struktur makro dari pelapisan powder coating pada material baja ASTM 36 dengan proses pemanasan pada temperatur 150°C selama 10 menit. Terdapat lapisan utama yaitu lapisan powder coating yang terbuat dari serbuk cat termoplastik dengan komposisi resin, adiktif dan pengawet cat yang telah dipanaskan, memberikan perlindungan tambahan. Ketebalan lapisan powder coating tercatat sekitar 77 μm, menunjukkan peningkatan kepadatan dibandingkan variasi sebelumnya, yang dapat memberikan perlindungan lebih baik terhadap kerusakan mekanis dan korosi.

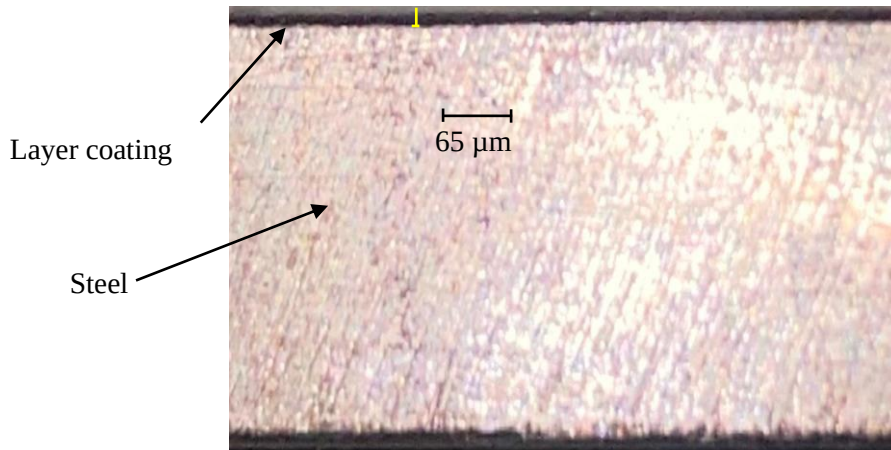
Proses pemanasan pada temperatur 150°C selama 10 menit berperan penting dalam mengaktifkan reaksi kimia pada serbuk cat termoplastik, perekatan antara baja dan termoplastik terjadi melalui di mana permukaan baja yang memiliki tekstur mikroskopis memungkinkan resin mengisi celah-celah, serta reaksi kimia di mana beberapa komponen dalam resin bereaksi dengan permukaan baja, membentuk ikatan kimia yang kuat. Struktur makro menunjukkan distribusi lapisan yang merata, mengindikasikan bahwa proses coating telah dilakukan dengan baik.

Dalam penelitian [6] menunjukkan bahwa waktu pemanasan yang optimal sangat penting untuk mencapai kekerasan lapisan yang diinginkan. Mereka mencatat bahwa waktu pemanasan selama 10 menit pada temperatur yang tepat menghasilkan ikatan yang kuat antara lapisan coating dan substrat, mendukung analisis bahwa proses pada 150°C menciptakan kualitas lapisan yang baik.

Lalu pada penelitian [1] menekankan pentingnya distribusi lapisan yang merata untuk menghindari masalah seperti pengelupasan. Mereka menemukan bahwa ketidakmerataan pada permukaan sebelum proses coating dapat mempengaruhi kualitas akhir lapisan. Temuan ini relevan dengan struktur makro yang menunjukkan distribusi lapisan yang merata, menegaskan perlunya kontrol yang ketat dalam proses pemanasan.

Selanjutnya penelitian [7] bahwa peningkatan temperatur dalam proses powder coating berpengaruh signifikan terhadap daya lekat dan ketahanan korosi lapisan. Hasil penelitian sejalan dengan temuan bahwa ketebalan lapisan powder coating mencapai 65 μm, menunjukkan perlindungan yang lebih baik terhadap kerusakan.

c. Pengujian struktur makro spesimen pengujian hasil proses *powder coating* pada temperatur 200°C



Gambar 7. Struktur makro Baja ASTM 36 hasil powder coating
Bahan coating termoplastik
Temperatur proses 200°C
Waktu proses 10 menit.

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada gambar menunjukkan struktur makro dari pelapisan powder coating pada material baja ASTM 36 dengan proses pemanasan pada temperatur 200°C dengan waktu proses selama 10 menit. Terdapat lapisan powder coating yang terbuat dari serbuk cat termoplastik dengan komposisi resin, adiktif dan pengawet cat yang telah dipanaskan dan mengeras, memberikan perlindungan tambahan. Ketebalan lapisan powder coating yang dihasilkan yaitu 65 μm .

Proses pemanasan pada temperatur 200°C selama 10 menit berperan penting dalam mengaktifkan reaksi kimia pada serbuk cat termoplastik, perekatan antara baja dan termoplastik terjadi melalui di mana permukaan baja yang memiliki tekstur mikroskopis memungkinkan resin mengisi celah-celah, serta reaksi kimia di mana beberapa komponen dalam resin bereaksi dengan permukaan baja, membentuk ikatan kimia yang kuat. Struktur makro menunjukkan distribusi yang merata pada permukaan, mengindikasikan bahwa proses coating telah dilakukan dengan baik.

Dalam penelitian [6] menunjukkan bahwa waktu pemanasan yang optimal sangat penting untuk mencapai kekerasan lapisan yang diinginkan. Mereka mencatat bahwa waktu pemanasan selama 10 menit pada temperatur yang tepat menghasilkan ikatan yang kuat antara lapisan coating dan substrat, mendukung analisis bahwa proses pada 150°C menciptakan kualitas lapisan yang baik.

Lalu pada penelitian [1] menekankan pentingnya distribusi lapisan yang merata untuk menghindari masalah seperti pengelupasan. Mereka menemukan bahwa ketidakmerataan pada permukaan sebelum proses coating dapat mempengaruhi kualitas akhir lapisan. Temuan ini relevan dengan struktur makro yang menunjukkan distribusi lapisan yang merata, menegaskan perlunya kontrol yang ketat dalam proses pemanasan.

Selanjutnya penelitian [7] bahwa peningkatan temperatur dalam proses powder coating berpengaruh signifikan terhadap daya lekat dan ketahanan korosi lapisan. Hasil penelitian sejalan dengan temuan bahwa ketebalan lapisan powder coating mencapai 65 μm , menunjukkan perlindungan yang lebih baik terhadap kerusakan.

3.2 Data Hasil Uji Ketebalan Lapisan

Dari proses powder coating pada temperatur 100°C, 150°C, dan 200°C dengan waktu pemanasan selama 10 menit untuk setiap spesimen, diperoleh data hasil pengujian ketebalan lapisan. Pengujian ketebalan lapisan pada proses powder coating untuk menentukan kekuatan dan ketebalan menggunakan perekat ini. Proses ini melibatkan penerapan serbuk cat yang kemudian dipanaskan untuk membentuk lapisan pelindung yang kuat pada baja ASTM 36. Pengujian ketebalan lapisan menggunakan alat uji coating thickness gauge. Sebelum pengukuran, permukaan yang akan diukur harus bersih dari kotoran.

Pengukuran dilakukan di beberapa titik, yaitu titik tengah pelat untuk nilai representatif, titik sudut untuk mendeteksi variabilitas, dan titik tengah sisi untuk melengkapi data.

Pengukuran ketebalan dilakukan pada permukaan atas, yang merupakan area yang langsung terpapar terhadap lingkungan, sehingga penting untuk memastikan perlindungan terhadap korosi dan kerusakan mekanis.

- a. Pengujian ketebalan lapisan hasil proses powder coating pada temperatur 100°C

Tabel 1. Hasil Pengujian ketebalan lapisan hasil proses powder coating pada temperature 100°C

Variasi Temperatur	Pengujian	Tebal Lapisan (μm)	Rata-rata Tebal Lapisan (μm)
Temperatur 100 °C	1	86	86,6
	2	88	
	3	86	

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada tabel dapat disimpulkan bawah ketebalan lapisan baja ASTM 36 yang di hasilkan dari proses powder coating dengan temperatur 100°C dan waktu 10 menit. Dari data yang diperoleh, ketebalan lapisan pada tiga kali pengujian menunjukkan nilai masing-masing pada titik pertama yaitu di tengah dengan nilai 86 μm, titik sudut atas dengan nilai 88 μm, dan titik tengah sisi dengan nilai 86 μm, dengan rata-rata ketebalan lapisan sebesar 86,6 μm menunjukkan bahwa proses powder coating pada temperatur ini dapat menghasilkan lapisan yang baik untuk memberikan perlindungan terhadap korosi dan kerusakan mekanis.

- b. Pengujian ketebalan lapisan hasil proses powder coating pada temperatur 150°C

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian ketebalan lapisan hasil proses powder coating pada temperature 150°C

Variasi Temperatur	Pengujian	Tebal Lapisan (μm)	Rata-rata Tebal Lapisan (μm)
Temperatur 150 °C	1	77	76,6
	2	77	
	3	75	

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada tabel dapat disimpulkan bawah ketebalan lapisan baja ASTM 36 yang di hasilkan dari proses powder coating dengan temperatur 150°C dan waktu 10 menit. Dari data yang diperoleh, ketebalan lapisan pada tiga kali pengujian menunjukkan nilai masing-masing pada titik pertama yaitu di tengah dengan nilai 77 μm, titik sudut atas dengan nilai 77 μm, dan titik tengah sisi dengan nilai 75 μm, dengan rata-rata ketebalan lapisan sebesar 76,6 μm menunjukkan bahwa proses powder coating pada temperatur ini dapat menghasilkan lapisan yang baik dan makin rekat untuk memberikan perlindungan terhadap korosi dan kerusakan mekanis.

- c. Pengujian ketebalan lapisan hasil proses powder coating pada temperatur 200°C

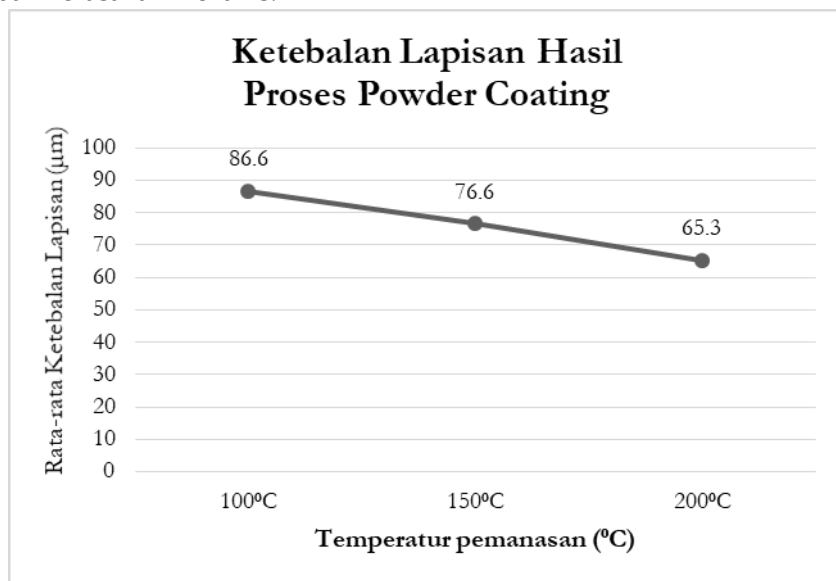
Tabel 3. Hasil Pengujian ketebalan lapisan hasil proses powder coating pada temperature 200°C

Variasi Temperatur	Pengujian	Tebal Lapisan (μm)	Rata-rata Tebal Lapisan (μm)
Temperatur 200	1	61	63,6

°C	2	65
	3	65

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada tabel dapat disimpulkan bawah ketebalan lapisan baja ASTM 36 yang di hasilkan dari proses powder coating dengan temperatur 200°C dan waktu 10 menit. Dari data yang diperoleh, ketebalan lapisan pada tiga kali pengujian menunjukkan nilai masing-masing pada titik pertama yaitu di tengah dengan nilai 61 μm , titik sudut atas dengan nilai 65 μm , dan titik tengah sisi dengan nilai 65 μm , dengan rata-rata ketebalan lapisan sebesar 63,6 μm menunjukkan bahwa proses powder coating pada temperatur ini dapat menghasilkan lapisan yang baik dan semakin rekat untuk memberikan perlindungan terhadap korosi dan kerusakan mekanis.



Gambar 8. Grafik ketebalan lapisan hasil proses powder coating

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Grafik menunjukkan rata-rata ketebalan lapisan hasil proses powder coating dengan variasi temperatur pemanasan, yaitu 100°C, 150°C, dan 200°C. Rata-rata ketebalan lapisan pada temperatur 100°C tercatat sebesar 86,6 μm . Ketebalan ini lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur yang lebih tinggi, yaitu 150°C (76,6 μm) dan 200°C (65,3 μm). Hasil yang menunjukkan ketebalan tertinggi pada temperatur 100°C, Peningkatan temperatur dapat meningkatkan daya rekat lapisan. Pada temperatur 100°C, waktu pemanasan selama 10 menit cukup untuk memungkinkan serbuk cat meleleh dan membentuk ikatan yang baik, menghasilkan ketebalan yang memadai. Sementara itu, pada temperatur yang lebih tinggi, meskipun serbuk cat meleleh namun dapat menyebabkan penguapan komponen dalam serbuk cat termoplastik, sehingga menurunkan ketebalan lapisan. Dengan demikian, kontrol yang ketat terhadap temperatur dan waktu pemanasan sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal.

Penelitian [8] menunjukkan bahwa waktu pemanasan yang terlalu lama pada temperatur tinggi dapat mengakibatkan penguapan komponen tertentu dalam serbuk cat, sehingga mengurangi ketebalan lapisan. Ketebalan lapisan pada temperature 200°C menunjukkan bahwa pemanasan yang tepat dapat menghasilkan lapisan yang tidak hanya lebih tebal tetapi juga lebih kuat dalam hal daya lekat.

Penelitian mendukung temuan ini dengan menyatakan bahwa suhu tinggi dapat mengakibatkan pengikatan yang tidak optimal antara lapisan coating dan substrat. Selain temperatur, jenis bubuk cat juga mempengaruhi ketebalan lapisan, setiap jenis bubuk memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda, seperti titik leleh dan daya rekat

Pada penelitian [9] menunjukkan bahwa peningkatan suhu pengovenan dapat meningkatkan ketebalan lapisan, tergantung pada jenis bubuk cat yang digunakan. Oleh karena itu, pengendalian temperatur dan pemilihan jenis bubuk cat yang tepat sangat penting untuk mencapai ketebalan lapisan yang optimal dalam proses powder coating, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi interaksi antara keduanya.

3.3 Data Hasil Pengujian Kekerasan Lapisan

Dari proses powder coating pada temperatur 100°C, 150°C, dan 200°C dengan waktu pemanasan selama 10 menit untuk setiap spesimen, diperoleh data hasil pengujian kekerasan lapisan. Pengujian kekerasan lapisan pada proses powder coating untuk memastikan ketahanan dan daya tahan pelapisan yang dihasilkan. Proses ini menciptakan lapisan pelindung yang kuat pada material baja ASTM 36, melalui penerapan serbuk cat yang kemudian dipanaskan. Pengukuran kekerasan dilakukan untuk menilai seberapa baik lapisan tersebut dapat bertahan terhadap goresan, benturan, dan kondisi lingkungan. Metode pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat uji durometer untuk mengukur kekerasan permukaan dengan metode Shore A.

Pengukuran dilakukan di beberapa titik, termasuk titik tengah pelat untuk mendapatkan nilai kekerasan yang representatif, titik sudut untuk mendeteksi variasi kekerasan, dan titik tengah sisi untuk melengkapi data. Pengukuran dilakukan di permukaan atas, yang merupakan area utama yang terpapar terhadap goresan dan kerusakan, sehingga penting untuk mengetahui seberapa baik lapisan dapat melindungi material di bawahnya.

a. Pengujian kekerasan lapisan hasil proses *powder coating* pada temperatur 100°C

Tabel 4. Hasil Pengujian kekerasan lapisan hasil proses powder coating pada temperature 100°C

Variasi Temperatur	Spesimen	Nilai Kekerasan Shore A (HA)			Nilai rata-rata Kekerasan Shore A (HA)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
Temperatur 100 °C	1	96,5	96	96,5	96,3
	2	96	96	96,5	96,2
	3	96,5	96,5	96	96,3

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada tabel menunjukkan hasil uji kekerasan lapisan pada proses powder coating dengan temperatur 100°C. Nilai kekerasan untuk tiga spesimen, yang diukur pada tiga titik berbeda untuk setiap spesimen. Nilai kekerasan lapisan (HA) masing-masing adalah 96,5 96 dan 96,5 untuk spesimen pertama, 96, 96, dan 96,5 untuk spesimen kedua, serta 96,5, 96,5 dan 97 untuk spesimen ketiga. Rata-rata kekerasan lapisan pada temperatur ini sebesar 96,3 HA, menunjukkan bahwa proses powder coating pada 150°C menghasilkan lapisan yang cukup keras dan tahan terhadap kerusakan mekanis. Nilai ini juga menunjukkan konsistensi yang baik dalam kekerasan antar spesimen, dengan variasi yang minimal antara titik pengukuran, yang mengindikasikan bahwa proses aplikasi telah dilakukan dengan baik, memungkinkan serbuk cat membentuk ikatan yang kuat pada substrat.

b. Pengujian kekerasan lapisan hasil proses *powder coating* pada temperatur 150°C

Tabel 5. Hasil Pengujian kekerasan lapisan hasil proses powder coating pada temperature 150°C

Variasi Temperatur	Spesimen	Nilai Kekerasan Shore A (HA)	Nilai rata-rata Kekerasan
--------------------	----------	------------------------------	---------------------------

		Shore A (HA)		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
Temperatur 150 °C	1	97,5	97	97,5
	2	97	97	97,5
	3	97,5	97,5	97

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada tabel menunjukkan hasil uji kekerasan lapisan pada proses powder coating dengan temperatur 150°C. Nilai kekerasan untuk tiga spesimen, yang diukur pada tiga titik berbeda untuk setiap spesimen. Nilai kekerasan lapisan (HA) masing-masing adalah 97,5 97 dan 97,5 untuk spesimen pertama, 97, 97, dan 97,5 untuk spesimen kedua, serta 97,5, 97,5 dan 97 untuk spesimen ketiga. Rata-rata kekerasan lapisan pada temperatur ini mengalami peningkatan 97,3 HA, menunjukkan bahwa proses powder coating pada 150°C menghasilkan lapisan yang cukup keras dan tahan terhadap kerusakan mekanis. Nilai ini juga menunjukkan konsistensi yang baik dalam kekerasan antar spesimen, dengan variasi yang minimal antara titik pengukuran, yang mengindikasikan bahwa proses aplikasi telah dilakukan dengan baik, memungkinkan serbuk cat membentuk ikatan yang kuat pada substrat.

c. Pengujian kekerasan lapisan hasil proses *powder coating* pada temperatur 200°C

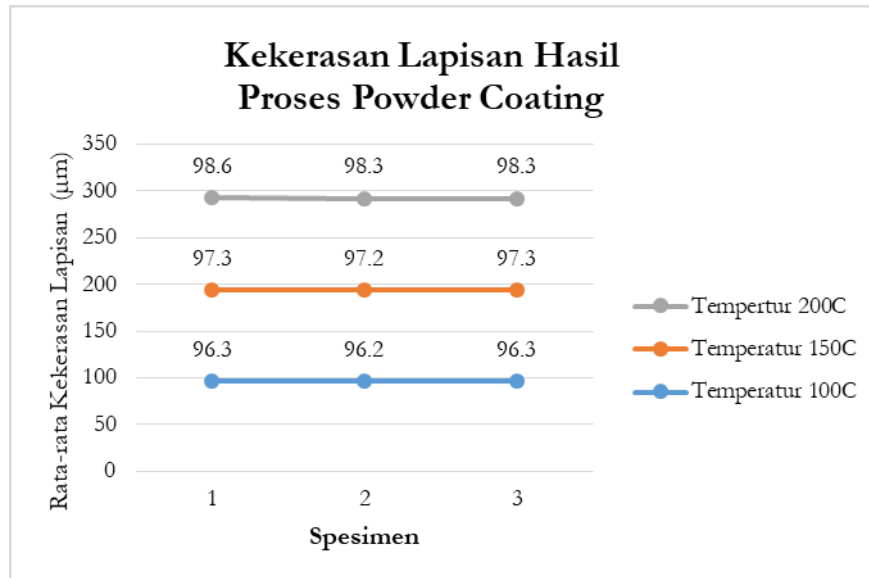
Tabel 6. Hasil Pengujian kekerasan lapisan hasil proses powder coating pada temperature 200°C

Variasi Temperatur	Spesimen	Nilai Kekerasan Lapisan (HA)			Nilai rata-rata Kekerasan Lapisan (HA)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
Temperatur 200 °C	1	99	98	99	98,6
	2	98	98	99	98,3
	3	99	98	98	98,3

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada tabel menunjukkan hasil uji kekerasan lapisan pada proses powder coating dengan temperatur 200°C. Nilai kekerasan untuk tiga spesimen, yang diukur pada tiga titik berbeda untuk setiap spesimen. Nilai kekerasan lapisan (HA) masing-masing adalah 99, 98, dan 99 untuk spesimen pertama, 98, 99, dan 98 untuk spesimen kedua, serta 98, 98, dan 99 untuk

spesimen ketiga. Rata-rata kekerasan lapisan pada temperatur ini terus meningkat 98,6 HA, menunjukkan bahwa proses powder coating pada 200°C menghasilkan lapisan yang cukup keras dan tahan terhadap kerusakan mekanis. Nilai ini juga menunjukkan konsistensi yang baik dalam kekerasan antar spesimen, dengan variasi yang minimal antara titik pengukuran, yang mengindikasikan bahwa proses aplikasi telah dilakukan dengan baik, memungkinkan serbuk cat membentuk ikatan yang kuat pada substrat.



Gambar 9. Grafik kekerasan Lapisan Hasil Proses Powder Coating

Sumber : Vicky Dwi Saputra, 2025

Pada grafik menunjukkan bahwa temperatur berpengaruh signifikan terhadap kekerasan lapisan yang dihasilkan. Pada temperatur 100°C, rata-rata kekerasan tercatat sebesar 96,3 , 96,2, dan 96,3 µm, yang meskipun cukup baik, lebih rendah dibandingkan dengan temperatur yang lebih tinggi, yaitu 150°C (97,3, 97,2, 97,3 µm) dan 200°C (98,6 98,3 , 98,3 µm). Pada temperatur 100°C, proses pemanasan memungkinkan serbuk cat meleleh, tetapi reaksi kimia yang terjadi tidak seintensif pada suhu yang lebih tinggi, sehingga ikatan antar partikel dalam lapisan belum sepenuhnya optimal. Sebaliknya, pada temperatur 150°C dan 200°C, terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan. Di suhu ini, reaksi kimia yang lebih aktif membantu memadatkan lapisan powder coating dengan lebih baik. Peningkatan temperatur menyebabkan partikel serbuk cat lebih cepat bersatu dan membentuk ikatan yang lebih kuat, sehingga meningkatkan kekerasan lapisan. Pada temperatur 200°C, kekerasan mencapai puncaknya (98,6 µm) karena reaksi kimia yang lebih intensif dan pemadatan yang lebih baik. Perbedaan kekerasan antara ketiga titik dari rata-rata spesimen tersebut dapat dijelaskan oleh tingkat pemanasan dan reaksi kimia yang terjadi pada temperatur rendah, proses pemadatan belum optimal, sementara pada temperatur menengah dan tinggi, reaksi kimia yang lebih baik menghasilkan lapisan yang lebih keras. Hal ini menunjukkan bahwa kontrol yang tepat terhadap temperatur pemanasan sangat penting untuk mencapai kekerasan lapisan yang diinginkan, dan meskipun temperatur tinggi dapat meningkatkan kekerasan, penting untuk mempertimbangkan keseimbangan antara ketebalan dan kekerasan untuk mencapai hasil yang optimal.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanasan yang tepat dapat menghasilkan ikatan yang lebih kuat antara serbuk cat dan substrat, berkontribusi pada peningkatan kekerasan. Temperatur yang lebih tinggi menghasilkan kekerasan yang lebih baik.

Penelitian oleh [10] bahwa pada kondisi tertentu, ketahanan lapisan dapat menurun jika proses pemanasan tidak dikelola dengan baik. Kekerasan lapisan pada temperatur 100°C yang tercatat 96,3 µm menunjukkan bahwa meskipun tidak sekuat lapisan pada temperatur yang lebih tinggi, lapisan tersebut masih memiliki kekuatan yang memadai. Hal ini menunjukkan bahwa proses powder coating pada temperatur ini cukup efektif dalam menciptakan lapisan yang tahan terhadap kerusakan mekanis.

4 Kesimpulan

Pengaruh variasi temperatur pemanasan terhadap uji struktur makro baja ASTM 36 hasil pengujian struktur makro menunjukkan bahwa variasi temperatur pemanasan mempengaruhi integritas dan distribusi lapisan pada baja ASTM 36. Pada temperatur 100°C, lapisan menunjukkan kepadatan dan distribusi yang baik, sementara pada temperatur 150°C dan 200°C, meskipun pengikatan antara powder coating dan material baja ASTM 36 meningkat, ketebalan lapisan mengalami penurunan. Pengaruh variasi temperatur pemanasan terhadap uji ketebalan lapisan baja ASTM 36 hasil pengujian ketebalan lapisan menunjukkan bahwa temperatur pemanasan berpengaruh signifikan terhadap ketebalan lapisan. Rata-rata ketebalan lapisan pada temperatur 100°C tercatat 86,6 μm , lebih tinggi dibandingkan dengan 76,6 μm pada 150°C dan 63,6 μm pada 200°C. Penurunan ketebalan pada temperatur yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa pemanasan yang berlebihan dapat mengurangi ketebalan lapisan, sehingga mengurangi perlindungan terhadap korosi dan kerusakan mekanis. Pengaruh variasi temperatur dan waktu pemanasan terhadap uji kekerasan lapisan baja ASTM 36 hasil uji kekerasan lapisan menunjukkan bahwa temperatur dan waktu pemanasan berpengaruh positif terhadap kekerasan lapisan. Rata-rata kekerasan lapisan pada temperatur 100°C adalah 96,3 HA, meningkat menjadi 97,3 HA pada 150°C, dan mencapai 98,6 HA pada 200°C. Peningkatan kekerasan ini mencerminkan bahwa temperatur yang lebih tinggi meningkatkan reaksi kimia dalam proses curing, sehingga memperkuat ikatan antara lapisan powder coating dan substrat.

5 Referensi

- [1] R. A. Pratama, W. Saputro, A. Nurmayati, A. R. Y. Sunarti, and E. Adi, "Efisiensi Oven Curing dalam Meningkatkan Kematangan Powder dalam Proses Powder Coating pada Pabrik Aluminium Ekstrusi," vol. 9, no. 2, 2024.
- [2] 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, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.03.8.
- [3] 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, 2023, doi: 10.15294/jim.v5i1.70020.
- [4] T. Mulyanto, Supriyono, and S. Parama Arta, "Pengaruh Perlakuan Awal Terhadap Daya Rekat Dan Kekuatan Lapisan Pada Proses Pengecatan Serbuk," *J. ASIIMETRIK J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 2, no. 1, pp. 25–32, 2020, doi: 10.35814/asiimetrik.v2i1.1186.
- [5] D. Al Dzikri, R. Dewi Anjani, K. H. Ji Ronggowaluyo, T. Timur, and K. Karawang, "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, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7272803>
- [6] A. Shahir, "PENGARUH PENAMBAHAN ACALYPHA INDICA LEAF POWDER PADA PROSES PENGARUH PENAMBAHAN ACALYPHA INDICA LEAF POWDER PADA PROSES EPOXY COATING TERHADAP LAJU KOROSI DAN ADHESIVITAS COATING PADA BAJA ASTM A36," vol. 36, no. April, 2025, doi: 10.13140/RG.2.2.16829.17129.
- [7] D. P. Trismianto, "PENGARUH TEKATAN GAS OKSIGEN FLAME SPRAY MENGGUNAKAN METODE THERMAL BARRIER COATING DARI MATERIAL HYDROXYAPATITE PADA MATERIAL PISTON HIJET 1000 TERHADAP DIFUSI DAN KONDUKTIVITAS THERMAL Devout," *SKRIPSI Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Semarang*, pp. 1–9, 2020.
- [8] K. F. Ilyasa, N. L. Indrayani, and N. Liliani, "KETEBALAN DAN KEKERASAN PERMUKAAN PADA BAJA ASTM A36," vol. 13, no. 1, pp. 24–30, 2025.
- [9] 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.
- [10] A. N. Octaviani *et al.*, "Studi Eksperimen Pengaruh Asam Fosfat terhadap Karakteristik Material dari Natural dan EPDM Rubber Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Indonesia Fuel Cell and Hydrogen Energy PT Astra Komponen Indonesia," vol. 04, no. 02, pp. 146–159, 2025.