

Rancang Bangun Alat *Powder Coating* Skala UMKM

^{1*} Febby Fatwatama Panjalu, ² Ali Akbar, ³ Yasinta Sindy Pramesti

^{1,2} Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹fatwatamapanjalufebby@gmail.com, ²Aliakbar@umsida.ac.id ,
yasintasindy@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Febby Fatwatama Panjalu

Abstrak— Perkembangan industri otomotif dan manufaktur logam menuntut proses pelapisan permukaan yang mampu memberikan perlindungan sekaligus meningkatkan nilai estetika produk. Namun, penerapan teknologi *powder coating* pada usaha mikro, kecil, dan menengah masih terbatas karena tingginya biaya investasi peralatan komersial. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat *powder coating* skala UMKM yang sederhana, ekonomis, dan mudah dioperasikan. Metode penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan alat, pemilihan komponen, proses fabrikasi dan perakitan, serta pengujian kinerja alat pada proses pelapisan dan curing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu mendukung proses *powder coating* dengan baik dan menghasilkan lapisan yang merata pada permukaan logam dengan pengaturan suhu yang sesuai. Pengembangan alat ini memberikan alternatif teknologi pelapisan yang lebih terjangkau bagi UMKM serta mendukung peningkatan kualitas produk dan efisiensi proses produksi.

Kata Kunci— powder coating, pelapisan logam, UMKM

Abstract— The development of the automotive and metal manufacturing industries requires surface coating processes that provide protection while enhancing product appearance. However, the adoption of powder coating technology by small and medium enterprises remains limited due to the high investment cost of commercial equipment. This study aimed to design and develop a simple, economical, and user friendly powder coating system for small and medium enterprises. The research methods included needs identification, equipment design, component selection, fabrication and assembly processes, and performance testing during coating and curing operations. The results showed that the developed equipment was capable of supporting the powder coating process effectively and producing uniform coatings on metal surfaces under appropriate temperature conditions. The developed system provides an affordable coating technology alternative for small and medium enterprises and supports improvements in product quality and production efficiency.

Keywords— metal coating, powder coating, small and medium enterprises.

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Pendahuluan Perkembangan industri otomotif dan manufaktur logam menuntut peningkatan kualitas produk tidak hanya dari aspek fungsi, tetapi juga dari segi estetika dan ketahanan terhadap lingkungan. Salah satu faktor yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas dan umur pakai komponen logam adalah proses pelapisan permukaan. Pelapisan berfungsi sebagai perlindungan terhadap korosi, abrasi, serta berbagai pengaruh lingkungan yang dapat menurunkan kualitas material. Pada industri otomotif, proses pengecatan menjadi tahapan

penting karena selain memberikan nilai [1]. estetika, juga berfungsi sebagai lapisan pelindung yang dapat memperpanjang masa pakai komponen logam. Metode pengecatan konvensional menggunakan cat berbasis pelarut (solvent-based paint) masih banyak digunakan karena relatif mudah diterapkan. Namun, metode tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti tingginya emisi *volatile organic compounds*, efisiensi transfer cat yang rendah, serta kualitas lapisan yang kurang seragam [2] [3]. Selain itu, penggunaan pelarut organik berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan operator dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pelapisan yang mampu menghasilkan kualitas lapisan lebih baik sekaligus mendukung konsep manufaktur berkelanjutan.

Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan sebagai alternatif pengecatan konvensional adalah *powder coating*. Teknologi ini menggunakan serbuk cat yang diberi muatan elektrostatis dan disemprotkan ke permukaan benda kerja, kemudian dipanaskan pada suhu tertentu hingga membentuk lapisan yang kuat dan merata [4]. Dibandingkan metode konvensional, *powder coating* memiliki beberapa keunggulan, antara lain daya rekat yang tinggi, ketahanan yang baik terhadap korosi dan keausan, efisiensi penggunaan material yang lebih tinggi, serta tidak menghasilkan emisi karena tidak menggunakan pelarut organik. Keunggulan tersebut menjadikan *powder coating* banyak diterapkan pada industri otomotif, manufaktur logam, peralatan rumah tangga, dan berbagai produk berbasis logam lainnya [5].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan teknologi *powder coating*. Mengembangkan sistem kendali proses *powder coating* berbasis Arduino Uno dan smartphone Android untuk meningkatkan efisiensi serta keselamatan operator selama proses penyemprotan dan *curing* [3]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatis mampu meningkatkan pengendalian proses dan meminimalkan kontak langsung operator dengan lingkungan kerja yang berisiko. Selain itu, Sudarwanto dan Darmojo menerapkan teknologi *powder coating* pada industri kriya logam dan berhasil meningkatkan kualitas produk serta produktivitas usaha secara signifikan. Penelitian lain yang berfokus pada sistem monitoring dan otomasi proses *powder coating* untuk meningkatkan konsistensi kualitas lapisan dan efisiensi proses produksi. Sementara itu, mengembangkan material aditif antimikroba pada lapisan *powder coating* yang menunjukkan efektivitas tinggi terhadap pertumbuhan mikroorganisme tanpa menurunkan kualitas lapisan [6].

Meskipun berbagai penelitian menunjukkan keunggulan teknologi *powder coating*, sebagian besar pengembangan masih berfokus pada peningkatan kualitas lapisan, sistem kendali, dan material pelapis. Penggunaan teknologi ini juga masih didominasi oleh industri berskala besar yang memiliki kemampuan investasi tinggi [7]. Mesin *powder coating* komersial umumnya memiliki harga yang relatif mahal dan membutuhkan ruang kerja yang luas, sehingga sulit dijangkau oleh usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Kondisi tersebut menyebabkan banyak bengkel kecil masih menggunakan metode pengecatan konvensional dengan kualitas hasil yang lebih rendah. Permasalahan tersebut juga dialami oleh Bengkel Arshaka Jaya Motor di Kabupaten Nganjuk yang memiliki keinginan untuk mengembangkan layanan *powder coating*, namun terkendala oleh tingginya biaya investasi peralatan komersial. Hingga saat ini, belum banyak penelitian yang secara khusus membahas perancangan alat *powder coating* yang sederhana, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan UMKM. Kesenjangan penelitian inilah yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini [8].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat *powder coating* skala UMKM yang sederhana, ekonomis, serta mampu menghasilkan kualitas pelapisan yang baik. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan alat *powder coating*

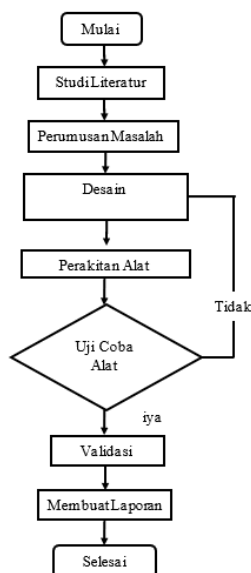
berbiaya rendah dengan memanfaatkan komponen yang mudah diperoleh di pasaran lokal sehingga dapat menjadi alternatif teknologi tepat guna bagi bengkel kecil dan menengah. Hasil penelitian diharapkan dapat meningkatkan kualitas pelapisan permukaan logam, mendukung pengembangan usaha UMKM, serta memperluas penerapan teknologi *powder coating* yang ramah lingkungan.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa yang berfokus pada proses perancangan, pembuatan, dan pengujian alat *powder coating* untuk kebutuhan bengkel skala UMKM. Alat yang dikembangkan dilengkapi dengan sistem pengaturan suhu dan pemanas (*curing oven*) serta komponen pendukung lainnya yang dirancang sesuai dengan kebutuhan proses pelapisan menggunakan metode *powder coating*. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan dan analisis kebutuhan yang berkaitan dengan proses *powder coating*, terutama mengenai keterbatasan peralatan, biaya investasi, dan ruang kerja yang umumnya dihadapi oleh pelaku UMKM. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan proses perancangan alat yang meliputi penyusunan desain, penentuan spesifikasi teknis, serta pemilihan komponen yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Selanjutnya, dilakukan proses fabrikasi dan perakitan hingga terbentuk alat *powder coating* yang siap digunakan [9].

A. Prosedur Pengembangan

Prosedur penelitian dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan pengembangan alat *powder coating* skala UMKM.



Gambar 1 Diagram Alur

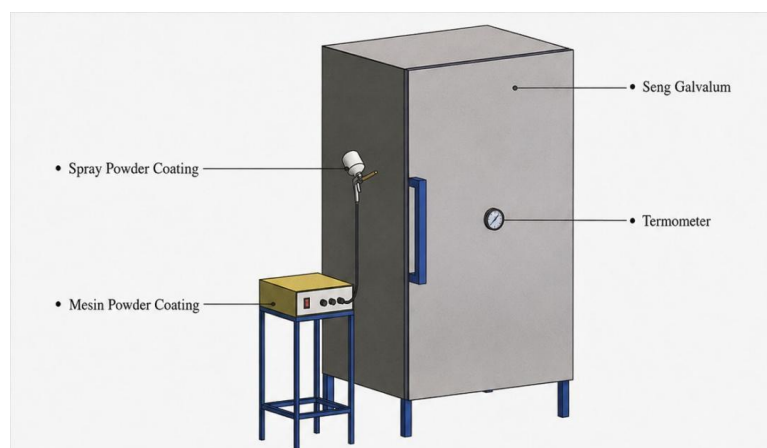
Tahap awal diawali dengan studi literatur dan identifikasi kebutuhan alat melalui kajian teori mengenai proses *powder coating*, teknologi pengecatan, serta berbagai permasalahan yang terdapat pada metode pengecatan konvensional [10]. Hasil kajian tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan fungsional alat, meliputi sistem penyemprotan serbuk, sistem pemanasan *curing*, serta aspek keselamatan dan ergonomi kerja. Selanjutnya dilakukan identifikasi permasalahan melalui observasi lapangan pada bengkel skala UMKM. Hasil observasi menunjukkan bahwa proses pengecatan masih didominasi oleh metode konvensional

yang memiliki keterbatasan dalam kualitas pelapisan, efisiensi kerja, serta aspek keselamatan dan lingkungan. Selain itu, penggunaan teknologi *powder coating* masih terkendala oleh tingginya biaya investasi dan ukuran peralatan yang relatif besar. Berdasarkan kondisi tersebut, dirancang alat *powder coating* yang sederhana, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan UMKM.

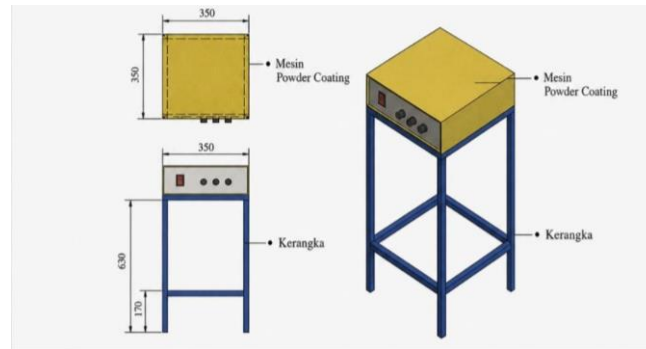
Tahap berikutnya adalah perancangan desain alat yang meliputi desain rangka, tata letak komponen, dan mekanisme kerja sistem. Desain divisualisasikan dalam bentuk model tiga dimensi menggunakan perangkat lunak perancangan sehingga memudahkan proses evaluasi dan penyempurnaan rancangan. Setelah desain final diperoleh, dilakukan pemilihan material dan komponen mekanik maupun elektrik sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan, kemudian dilanjutkan dengan proses fabrikasi dan perakitan hingga seluruh komponen terintegrasi menjadi satu sistem yang utuh. Alat yang telah selesai dirakit kemudian diuji untuk mengetahui kinerja dan fungsinya dalam proses penyempurnaan serbuk cat serta pemanasan *curing*. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kestabilan, keamanan, dan keandalan alat selama proses operasi. Selanjutnya dilakukan tahap validasi yang melibatkan akademisi dan praktisi di bidang manufaktur serta pengecatan guna menilai kesesuaian fungsi, mekanisme kerja, tingkat keselamatan, dan kualitas hasil pelapisan yang dihasilkan. Masukan dari proses validasi digunakan sebagai bahan evaluasi untuk penyempurnaan alat. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan berdasarkan seluruh data yang diperoleh selama proses penelitian, mulai dari studi literatur, observasi, perancangan, pembuatan alat, pengujian, hingga analisis hasil. Laporan kemudian dikonsultasikan kepada dosen pembimbing untuk memperoleh saran dan perbaikan sehingga menghasilkan laporan penelitian yang lengkap dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

B. Desain Pengembangan

Desain perancangan pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem *powder coating* yang efektif, aman, dan sesuai dengan kebutuhan proses pengecatan. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan aspek fungsional, kekuatan konstruksi, keselamatan kerja, serta kemudahan pengoperasian dan perawatan alat[10].



Gambar 2 Mesin Oven



Gambar 3 powder coating

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar. Tulis hasil dalam urutan logis [7]. Hasil dengan temuan penting harus hadir terlebih dahulu. Saat menyajikan hasil dalam tabel atau gambar, jangan ulangi semua konten itu dalam teks. Hanya sajikan ringkasan teks. Jelaskan hanya aspek-aspek baru dan penting dari penelitian ini. Jangan ulangi semua informasi dari bagian hasil atau bagian mana pun di atas. Batasan penelitian saat ini. Tulis masalah yang baru atau belum terpecahkan, untuk penelitian di masa depan. Bagian ini terdiri dari informasi tentang Apa / Bagaimana data yang disajikan diproduksi, tidak ada data mentah yang harus disajikan dalam artikel [8]. Data yang dihasilkan disajikan dalam tabel, atau gambar dengan penjelasan tentang apa hasil / temuan dari pekerjaan. Bagian ini juga perlu membahas hubungan antara temuan dan konsep dasar atau hipotesis yang dibuat sebelumnya [9]. Penulis juga harus mengungkapkan apakah ada argumen yang diperlukan terkait dengan karya lain dari peneliti lain. Tuliskan implikasi yang dibuat oleh pekerjaan yang berkaitan dengan teori atau aplikasi. Kutipan berturut-turut menggunakan [10].

A. Hasil *powder coating* setelah pengovenan disuhu 200°C

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu *curing* pada proses pelapisan serbuk memberikan pengaruh terhadap kualitas lapisan yang dihasilkan pada permukaan komponen. Berdasarkan pengamatan visual dan hasil pengujian, suhu pemanasan hingga 200°C mampu menghasilkan lapisan yang merata, melekat dengan baik, dan memiliki tampilan permukaan yang lebih homogen. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pelelehan dan pembentukan film pelapis berlangsung secara optimal sehingga lapisan dapat menutupi permukaan benda kerja secara sempurna. Di tunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4 Hasil powder coating setelah pengovenan disuhu 200°C

Peningkatan suhu oven berperan dalam mempercepat proses *crosslinking* dan pembentukan lapisan pelindung yang lebih padat. Namun demikian, suhu pemanasan yang melebihi 200°C berpotensi menurunkan kualitas lapisan akibat terjadinya degradasi termal pada material pelapis. Fenomena ini dapat menyebabkan perubahan warna, penurunan tingkat kilap, serta berkurangnya sifat mekanik lapisan dalam jangka panjang. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa suhu di atas 200°C dapat memicu pemutusan rantai polimer dan oksidasi yang mengakibatkan penurunan karakteristik material pelapis

B. Hasil powder coating setelah pengovenan pada suhu 180°C

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan suhu oven di bawah 180°C menyebabkan proses *curing* lapisan powder coating tidak berlangsung secara optimal. Pada kondisi ini, serbuk pelapis yang telah menempel pada permukaan benda kerja tidak memperoleh energi panas yang cukup untuk meleleh secara sempurna. Akibatnya, partikel serbuk hanya mengalami pelelehan sebagian sehingga aliran lapisan menjadi kurang merata dan tidak mampu membentuk film pelindung yang homogen pada seluruh permukaan logam.



Gambar 5 Hasil powder coating setelah pengovenan pada suhu 180°C

Berdasarkan pengamatan visual, lapisan yang dihasilkan cenderung memiliki tekstur lebih kasar, ketebalan yang tidak seragam, serta masih terlihat butiran-butiran serbuk pada beberapa bagian permukaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pembentukan lapisan belum mencapai tingkat *flow out* dan *crosslinking* yang diperlukan untuk menghasilkan kualitas

pelapisan yang baik. Selain memengaruhi tampilan permukaan, suhu *curing* yang terlalu rendah juga berpotensi menurunkan daya lekat lapisan terhadap substrat dan mengurangi ketahanan lapisan terhadap korosi, goresan, maupun pengaruh lingkungan.

C. ANALISIS KAPASITAS DAN EFISIENSI MATERIAL POWDER COATING

Bagian ini menyajikan analisis kuantitatif terhadap kapasitas dan efisiensi penggunaan material pada proses *powder coating* yang dikembangkan dalam penelitian ini. Pemahaman mengenai kapasitas pelapisan per kilogram material, perbandingan efisiensi dengan metode konvensional, serta estimasi kebutuhan bahan baku merupakan informasi yang sangat dibutuhkan oleh pelaku UMKM dalam merencanakan proses produksi dan menghitung biaya operasional secara akurat. Analisis ini didasarkan pada parameter teknis standar industri pelapisan, yaitu densitas serbuk, ketebalan lapisan kering, dan efisiensi transfer material, yang kemudian dibandingkan secara langsung dengan performa cat tradisional berbasis pelarut (*solvent-based paint*) yang umum digunakan di bengkel-bengkel UMKM saat ini.

1. Perhitungan Coverage: 1 kg Powder Coating untuk Berapa m²?

Salah satu pertanyaan praktis yang sering diajukan oleh pelaku UMKM adalah seberapa luas permukaan logam yang dapat dilapisi oleh 1 kg serbuk *powder coating*. Untuk menjawab pertanyaan tersebut, digunakan rumus standar industri pelapisan sebagai berikut:

$$\text{Coverage (m}^2\text{/kg)} = 1.000 \text{ g} \div (\text{tebal lapisan cm} \times \text{densitas g/cm}^3 \times 10.000 \text{ cm}^2\text{/m}^2)$$

Berdasarkan karakteristik material *powder coating* jenis polyester maupun epoxy-polyester yang umum digunakan, densitas serbuk berkisar antara 1,2 hingga 1,6 g/cm³, dengan nilai rata-rata sekitar 1,4 g/cm³. Ketebalan lapisan kering yang dihasilkan pada proses *curing* umumnya berkisar antara 60 hingga 80 mikron (μm). Sebagai contoh perhitungan pada ketebalan 70 μm dan densitas 1,4 g/cm³: Coverage = 1.000 ÷ (0,007 × 1,4 × 10.000) = 1.000 ÷ 98 ≈ 10,2 m² per kilogram. Apabila ketebalan dikurangi menjadi 60 μm, coverage meningkat hingga sekitar 11,9 m²/kg, sedangkan pada ketebalan 80 μm, coverage turun menjadi sekitar 8,9 m²/kg. Dengan demikian, secara umum dapat disimpulkan bahwa 1 kg powder coating mampu melapisi antara 6 hingga 12 m² permukaan logam, tergantung pada ketebalan lapisan dan densitas serbuk yang digunakan.

2. Perbandingan dengan Cat Tradisional

Jika dibandingkan dengan cat tradisional berbasis pelarut (*solvent-based paint*), perbedaannya sangat signifikan. Cat tradisional yang disemprotkan dengan pistol semprot konvensional hanya mampu memberikan coverage sebesar 2 hingga 5 m² per kilogram cat siap pakai. Penyebab utamanya adalah tingginya tingkat *overspray*, yaitu partikel cat yang tidak menempel pada benda kerja dan terbuang ke udara. Kondisi ini semakin parah apabila tidak menggunakan *spray booth*, di mana coverage aktual bisa turun hingga hanya 2–3 m²/kg. Selain itu, cat tradisional umumnya membutuhkan 2 hingga 3 lapisan pengecatan untuk mencapai kualitas dan ketebalan yang setara dengan satu lapisan *powder coating*, sehingga kebutuhan material aktualnya menjadi dua hingga tiga kali lebih banyak. Dengan demikian, *powder coating* unggul sekitar 2 hingga 3 kali lipat dibandingkan cat tradisional dalam hal luasan coverage per kilogram material. Di sisi lain, cat tradisional memang tidak memerlukan pemanasan *curing* dan biaya investasi awal peralatannya lebih rendah, namun

biaya material dalam jangka panjang jauh lebih boros dan dampak lingkungannya lebih merugikan akibat emisi *volatile organic compounds* (VOC) yang tinggi.

3. Efisiensi Transfer Material

Efisiensi transfer merupakan persentase material yang benar-benar menempel pada permukaan benda kerja dari total material yang disemprotkan. Ini adalah salah satu keunggulan paling menonjol dari teknologi *powder coating*. Berkat prinsip kerja elektrostatis, di mana serbuk cat diberi muatan listrik sehingga tertarik dan menempel kuat pada permukaan logam yang ditanahkan (*grounded*), efisiensi transfer *powder coating* mencapai 95 hingga 99 persen. Artinya, dari 1 kg serbuk yang disemprotkan, hanya sekitar 10–50 gram saja yang tidak menempel. Sebaliknya, cat tradisional yang disemprotkan dengan kompresor udara hanya memiliki efisiensi transfer sebesar 25 hingga 60 persen, yang berarti sebanyak 40 hingga 75 persen cat terbuang sia-sia ke udara dalam bentuk *overspray* dan uap pelarut yang berbahaya. Sisa cat yang sudah tercampur udara dan solvent tersebut juga tidak dapat didaur ulang, sehingga seluruh material yang tidak menempel menjadi limbah secara langsung.

4. Kapasitas Praktis per Kilogram untuk Skala UMKM

Untuk keperluan perencanaan operasional di bengkel UMKM, kapasitas *powder coating* dapat dikelompokkan dalam tiga skenario. Pertama, pada kondisi tanpa sistem *reclaim* dan lapisan yang lebih tebal (80 μm), kapasitas efektifnya adalah sekitar 6 m^2 per kg — ini merupakan estimasi konservatif yang aman untuk digunakan saat menghitung kebutuhan material. Kedua, pada kondisi operasional harian yang tipikal dengan ketebalan lapisan 65–75 μm , kapasitas yang dapat dicapai adalah 8 hingga 10 m^2 per kg, dan angka inilah yang direkomendasikan sebagai patokan perencanaan produksi bagi UMKM. Ketiga, pada kondisi optimal dengan ketebalan lapisan minimum (60 μm) dan sistem *reclaim* yang beroperasi penuh, kapasitas dapat mencapai 10 hingga 12 m^2 per kg. Sebagai perbandingan langsung, dengan menggunakan cat tradisional di bengkel UMKM tanpa *spray booth*, kapasitas aktualnya hanya berkisar 2–3 m^2/kg , jauh di bawah angka yang dapat dicapai oleh *powder coating*. Hal ini membuktikan bahwa meskipun investasi awal alat *powder coating* lebih tinggi, efisiensi penggunaan material yang jauh lebih baik menjadikannya pilihan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dalam jangka panjang, sejalan dengan tujuan pengembangan alat skala UMKM pada penelitian ini.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan perancangan dan pembangunan alat *powder coating* skala UMKM yang sederhana, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan bengkel kecil dan menengah. Alat yang dikembangkan mampu mendukung proses pelapisan serbuk dan *curing* sehingga menghasilkan lapisan yang melekat dengan baik pada permukaan logam ketika dioperasikan pada kondisi proses yang sesuai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas pelapisan dipengaruhi oleh persiapan permukaan dan pengaturan suhu *curing*, sehingga parameter tersebut menjadi faktor penting dalam memperoleh hasil pelapisan yang optimal. Pengembangan alat ini memberikan alternatif teknologi yang lebih terjangkau dibandingkan peralatan komersial, sehingga berpotensi meningkatkan akses UMKM terhadap teknologi pelapisan modern yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Secara umum, penelitian ini berkontribusi pada bidang teknik manufaktur dan rekayasa proses melalui penerapan teknologi

powder coating yang lebih mudah diadopsi oleh pelaku usaha skala kecil, sekaligus mendukung peningkatan kualitas produk, efisiensi proses produksi, dan daya saing industri berbasis logam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. M. Ilham, F. Suzantho, and F. Achmadi, "Meningkatkan kinerja usaha kecil menengah dengan pendekatan value engineering," vol. 1, no. 1, pp. 35–41, 2018.
- [2] A. Sudarwanto and K. W. Darmojo, "STRATEGI PENGEMBANGAN INDUSTRI KRIYA LOGAM," vol. 7, no. 1, pp. 62–69, 2018.
- [3] E. Damayanti and E. Damayanti, "PERANCANGAN SISTEM KENDALI PROSES *POWDER COATING* BERBASIS ARDUINO UNO DAN SMARTPHONE ANDROID," vol. 10, no. 3, pp. 198–207, 2016.
- [4] I. Stojanović, V. Šimunović, V. Alar, and F. Kapor, "Experimental evaluation of polyester and epoxy-polyester powder coatings in aggressive media," *Coatings*, vol. 8, no. 3, 2018, doi: 10.3390/coatings8030098.
- [5] Bagustius Pratama Anf, "Rancang Bangun Alat Sandblasting Dengan Blasting Room Untuk Membersihkan Permukaan Logam Dari Kotoran," 2025, *Padang*.
- [6] N. M. Anindita, "JURNAL INDUSTRI FURNITUR & PENGOLAHAN KAYU Vol 2 No 2 Desember 2024 PENGAPLIKASIAN METODE FINISHING *POWDER COATING* PADA COFFEE TABLE METAL BERBAHAN STAINLESS STEEL APPLICATION OF *POWDER COATING* FINISHING METHOD ON METAL," vol. 2, no. 2, pp. 28–35, 2024.
- [7] J. Cui, Y. Shao, H. Zhang, H. Zhang, and J. Zhu, "Development of a novel silver ions-nanosilver complementary composite as antimicrobial additive for powder coating," *Chem. Eng. J.*, vol. 420, no. P2, p. 127633, 2021, doi: 10.1016/j.cej.2020.127633.
- [8] P. Saint, P. Sorong, L. Rangka, P. Rangka, S. Kelapa, and M. Diesel, "Desain rangka utama mesin pengurai sabut kelapa asep surya sanjaya 1 yolanda j. lewerissa 2," vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [9] S. D. Permata, N. Susanto, and W. Budiawan, "Pengembangan Lemari Pakaian Plywood Seno Art Gallery Dengan Pendekatan Rekayasa Nilai," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 7, no. 4, pp. 1–6, 2019.
- [10] Ari Supriadi, "Pengembangan Mesin Penggerak Ayakan Serbuk Sisa *Powder coating* dengan Metode Vibrasi," vol. 2, no. 2, pp. 59–65, 2020.