



## Rancang Bangun *Spray Booth* Pengecatan Bodi Kendaraan dengan *Vertical water curtain* dan Analisis Efisiensi Filtrasi Debu Cat

### *Design of an Automotive Body Painting Spray Booth with a Vertical water curtain and Analysis of Paint Dust Filtration Efficiency*

Abdurrahman Hafidz<sup>1</sup>, Donny Fernandez<sup>1\*</sup>, M. Yasep Setiawan<sup>1</sup>, Nuzul Hidayat<sup>1</sup>

#### Abstrak

Pengecatan bodi kendaraan merupakan tahap penting untuk meningkatkan estetika dan melindungi logam dari korosi. Penelitian ini bertujuan merancang *spray booth* dengan sistem aliran air vertikal sebagai *dust absorber* yang memenuhi standar K3 dan K3LH pada proses pengecatan bodi kendaraan. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* yang meliputi perancangan, validasi ahli, dan uji coba di Laboratorium Bodi dan Pengecatan Universitas Negeri Padang. *Spray booth* berukuran 360 × 150 × 250 cm dan dilengkapi *exhaust fan* serta *filter* udara untuk mengoptimalkan aliran udara. Uji kinerja menunjukkan bahwa *filter* kering menyerap rata-rata 12,17 g partikel cat per 100 g campuran cat, sedangkan *filter* basah meningkat menjadi 15 g. Hasil ini membuktikan bahwa sistem aliran air vertikal meningkatkan efisiensi filtrasi debu cat, menurunkan pencemaran udara di area kerja, dan mendukung penerapan K3 dan K3LH yang lebih aman dan ramah lingkungan.

#### Kata Kunci

*spray booth*; aliran air vertikal; *dust absorber*; pengecatan bodi kendaraan; K3; K3LH; efisiensi filtrasi.

#### Abstract

*Automotive body painting is a critical stage to enhance appearance and protect metal surfaces from corrosion. This study aims to design a spray booth with a vertical water flow system acting as a dust absorber that complies with occupational health and safety (OHS) and environmental safety (K3 and K3LH) standards for automotive body painting. A Research and Development approach was applied, including design, expert validation, and prototype testing in the Body and Painting Laboratory of Universitas Negeri Padang. The spray booth (360 × 150 × 250 cm) is equipped with vertical water flow, an exhaust fan, and air filters to optimise airflow. Performance tests show that dry filters retained on average 12.17 g of paint dust per 100 g of paint mixture, whereas wet filters retained 15 g. These results indicate that the vertical water flow system improves filtration efficiency, reduces airborne paint pollution in the spray booth, and supports safer OHS- and environment-oriented painting practices.*

#### Keywords

*spray booth*; vertical water flow; dust absorber; automotive body painting; occupational health and safety; environmental safety; filtration efficiency.

<sup>1</sup> Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

\* [donnyfernandez@ft.unp.ac.id](mailto:donnyfernandez@ft.unp.ac.id)

Dikirimkan: 28 Oktober 2025. Diterima: 24 November 2025. Diterbitkan: 15 Desember 2025.



## PENDAHULUAN

Industri otomotif, khususnya pada bidang perawatan dan perbaikan kendaraan, menempatkan proses pengecatan bodi sebagai salah satu tahapan yang sangat krusial. Selain meningkatkan nilai estetika, lapisan cat berfungsi melindungi permukaan bodi kendaraan dari korosi, paparan cuaca ekstrem, dan kerusakan mekanis. Namun, proses pengecatan melibatkan berbagai bahan kimia berbahaya, seperti pelarut organik (*thinner*), senyawa logam berat, serta partikel halus yang dapat terhirup ke saluran pernapasan dan mencemari lingkungan kerja.

Dalam konteks regulasi ketenagakerjaan, penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) mewajibkan setiap perusahaan yang memiliki potensi bahaya tinggi atau mempekerjakan sedikitnya 100 pekerja untuk melaksanakan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko, termasuk pengawasan kualitas udara di tempat kerja [1]. Pada proses pengecatan, penerapan K3 bertujuan mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja melalui pengendalian teknis, administrasi, dan penggunaan alat pelindung diri. Pencemaran yang dihasilkan tidak hanya berdampak pada kesehatan pekerja atau mahasiswa praktik, tetapi juga menurunkan kualitas udara di lingkungan sekitar bengkel atau laboratorium [2].

Bahaya yang timbul dari proses pengecatan meliputi risiko kebakaran akibat sifat mudah terbakar dari cat dan pelarut, gangguan pernapasan karena partikel berukuran mikron, iritasi kulit, serta pencemaran udara jangka panjang. Partikel debu cat yang terlepas ke udara dapat terbawa aliran udara dan menyebar hingga jarak tertentu, sehingga membahayakan masyarakat sekitar. Risiko ini semakin tinggi pada metode pengecatan menggunakan *spray gun* karena partikel cat dan debu lebih mudah terdispersi di udara.

Untuk meminimalkan risiko tersebut diperlukan fasilitas khusus berupa ruang pengecatan (*spray booth*) yang dirancang sesuai standar K3 dan K3LH. *Spray booth* merupakan ruang tertutup yang dirancang khusus untuk kegiatan pengecatan, di mana tekanan udara, tingkat kebersihan, serta aliran udara dikontrol secara sistematis guna menciptakan lingkungan kerja yang aman, bersih, dan sesuai standar pengecatan [3]. Pada penelitian ini digunakan tipe *spray booth indoor*, yaitu ruang pengecatan tertutup yang diperuntukkan bagi proses pengecatan di ruangan khusus. Ruang ini berfungsi sebagai fasilitas pengecatan, termasuk untuk metode *powder coating* yang bertujuan meningkatkan ketahanan fisik permukaan benda kerja [4].

Secara umum, ruang pengecatan memiliki beberapa jenis, antara lain *spray booth* basah, *water curtain spray paint booth*, dan *water based paint spray booth*. *Spray booth* basah merupakan ruang tertutup yang menggunakan media air untuk membantu penangkapan partikel cat. *Water curtain booth* memanfaatkan aliran air dari bagian atas untuk membentuk tirai air vertikal yang menangkap partikel *overspray*. Sementara itu, *water based paint spray booth* dirancang khusus untuk aplikasi cat berbahan dasar air, dengan tirai air sebagai media filtrasi agar partikel cat berlebih tidak menyebar ke udara bebas [5].

Kinerja *spray booth* sangat ditentukan oleh rancangan komponen dan sistem aliran fluida di dalamnya. Komponen utama meliputi kerangka sebagai struktur penopang, dinding dari plat tipis berwarna cerah untuk memantulkan cahaya, serta sistem pencahayaan menggunakan lampu LED yang memudahkan pengamatan permukaan cat. Sistem aliran udara terdiri atas *intake plenum* sebagai jalur masuk udara bersih dari bagian atas ruangan, serta sistem *exhaust* dan *filter* udara yang berfungsi membuang udara kotor sekaligus menahan partikel sebelum udara dilepaskan ke lingkungan. Selain itu, digunakan kolam penampung dan aliran air vertikal yang dibangkitkan dari pelat tipis menuju kolam penampung; aliran ini berperan menangkap partikel debu hasil pengecatan yang terbawa aliran udara melalui *spray gun*. Secara prinsip, aliran vertikal menggambarkan pergerakan fluida atau partikel dari atas ke bawah secara tegak lurus terhadap bidang horizontal [6], sedangkan *dust absorber* berbasis air memanfaatkan aliran air sebagai media filtrasi untuk menangkap partikel debu atau *overspray* cat [7]. Sistem

aliran udara vertikal (*vertical airflow system*) memastikan udara bersih masuk dari plafon dan mengalir lurus ke bawah menuju lantai secara merata di seluruh area kerja, sehingga partikel debu terdorong ke arah media penangkap.

Permasalahan terkait Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) di Indonesia hingga kini masih belum memperoleh perhatian yang memadai. Dalam ruang pengecatan *spray booth*, penerapan K3 dan K3LH menjadi aspek yang tidak dapat diabaikan. Penerapan K3 yang konsisten terbukti dapat meningkatkan produktivitas sekaligus memperpanjang masa kerja karyawan [8]. Peraturan Keselamatan Kerja juga menetapkan kewajiban bagi individu maupun badan usaha, baik di sektor formal maupun informal, untuk menyediakan perlindungan yang memadai terhadap keselamatan dan kesehatan semua orang yang berada di lingkungan kerja [9].

Upaya penerapan K3 dalam *spray booth* dilakukan melalui penggunaan ventilasi *exhaust* untuk membuang udara kotor, pemasangan *filter* agar udara masuk tetap bersih, serta penerapan sistem *water curtain* untuk menangkap partikel cat berlebih. Ruang pengecatan juga harus dilengkapi pencahayaan yang memadai dan aman, misalnya menggunakan lampu anti-ledakan. Operator wajib menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti respirator khusus cat, sarung tangan kimia, pakaian kerja antistatik, sepatu keselamatan, dan kacamata pelindung. Dari sisi K3LH, pengelolaan limbah dan pengendalian emisi menjadi keharusan; limbah cair dari *water curtain* harus diolah sebelum dibuang, sedangkan sisa cat dan *thinner* dikelola sebagai limbah B3 sesuai prosedur yang berlaku [10]. Upaya pelestarian fungsi lingkungan hidup dan pencegahan pencemaran juga diatur melalui dasar hukum yang menekankan pengendalian faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi, dan psikologi, serta persyaratan higiene dan sanitasi [11]. Tujuannya adalah menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan nyaman melalui pengukuran, pengendalian, serta penerapan standar K3 yang sistematis [12].

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan pengembangan desain *spray booth* yang tidak hanya mampu meningkatkan kualitas hasil pengecatan, tetapi juga efektif dalam menurunkan konsentrasi partikel debu cat di udara melalui sistem aliran air vertikal dan *dust absorber* berbasis air. Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menguji kinerja ruang pengecatan dengan sistem aliran air vertikal yang memenuhi standar K3 dan K3LH, sehingga dapat diaplikasikan sebagai fasilitas pembelajaran dan praktik pengecatan yang aman di lingkungan pendidikan vokasi maupun industri.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)*, yaitu pendekatan yang bertujuan menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada melalui tahapan yang sistematis dan berkesinambungan. Penelitian *R&D* tidak hanya berfokus pada perancangan konseptual, tetapi juga pada pengujian keefektifan produk dalam kondisi nyata sehingga produk yang dihasilkan layak digunakan di lapangan [13]. Secara umum, tahapan yang dilalui meliputi studi pendahuluan, perancangan produk, validasi desain oleh ahli, pembuatan prototipe, uji coba terbatas, revisi, serta evaluasi kinerja alat.

### Alat dan Bahan

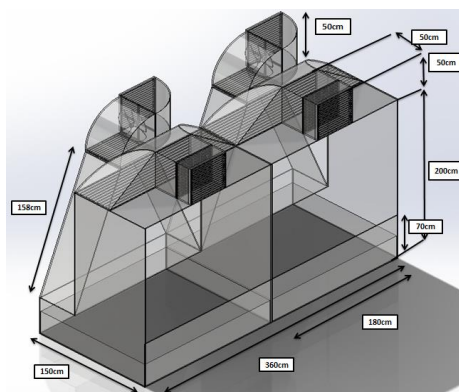
Perancangan dan pengujian ruang *spray booth* ini menggunakan beberapa peralatan dan bahan utama, yaitu kompresor udara, *spray gun*, cat kendaraan (cat dasar, cat warna, dan *clear coat*), media pengecatan (bodi atau panel uji), *exhaust fan*, saringan udara, wadah dan kolam air, pompa air, serta timbangan digital. Kompresor dan *spray gun* digunakan untuk mensimulasikan proses pengecatan aktual, sedangkan timbangan digital dipakai untuk mengukur selisih massa *filter* sebelum dan sesudah pengecatan, yang merepresentasikan jumlah partikel cat yang tertangkap oleh sistem filtrasi.

## Tahap Potensi dan Masalah

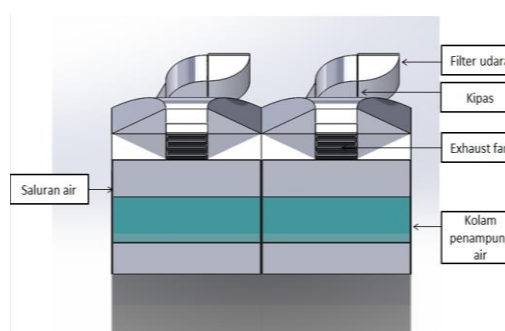
Tahap awal penelitian diawali dengan identifikasi potensi dan masalah pada ruang pengecatan yang telah ada. Hasil observasi menunjukkan bahwa *spray booth* sebelumnya masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain sirkulasi udara yang belum optimal dan kemampuan penangkapan debu cat yang masih rendah sehingga partikel *overspray* mudah menyebar ke area sekitar [14]. Kondisi ini berpotensi menurunkan kualitas hasil pengecatan dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan bagi operator. Berdasarkan temuan tersebut, dirumuskan kebutuhan pengembangan rancangan *spray booth* baru yang mampu mengurangi konsentrasi debu cat di udara melalui sistem aliran air vertikal dan *dust absorber* berbasis air.

## Tahap Desain Alat

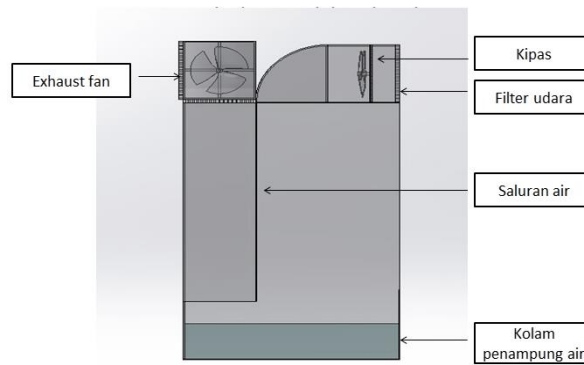
Tahap berikutnya adalah perancangan desain *spray booth* yang mengintegrasikan aspek estetika, ergonomi, fungsionalitas, dan kepraktisan. Desain tiga dimensi ditampilkan pada Gambar 1– Gambar 3. Gambar 1 menunjukkan rancangan keseluruhan ruang *spray booth* dengan dimensi utama panjang 360 cm, lebar 150 cm, dan tinggi 250 cm. Pada bagian bawah dirancang kolam penampung dengan tinggi 70 cm yang berfungsi sebagai reservoir air untuk sistem aliran air vertikal. Gambar 2 memperlihatkan tampak belakang yang menegaskan konfigurasi *exhaust fan*, kipas, *filter* udara, serta posisi kolam penampung air dan saluran air yang mengalir membentuk *water curtain*. Gambar 3 menampilkan tampak samping yang memperjelas hubungan antara saluran air, *filter* udara, dan *exhaust fan* sehingga aliran udara dan aliran air dapat dianalisis secara menyeluruh.



Gambar 1. Desain Alat



Gambar 2. Desain Bagian Belakang



Gambar 3. Desain Tampak Samping

Spesifikasi rinci ruang *spray booth* dirangkum pada Tabel 1. Aspek desain mencakup empat sub-indikator, yaitu estetika (pemilihan warna dinding dan tata letak komponen), ergonomi (ketinggian lantai kerja dan kemudahan akses operator), fungsionalitas (kemampuan mengalirkan udara dan air secara efektif), serta kepraktisan (kemudahan perawatan dan penggantian *filter*). Pada aspek dimensi, Tabel 1 menegaskan ukuran alat ( $P \times L \times T = 360 \times 150 \times 250$  cm), luas ruang kerja, serta tinggi lantai kerja 10 cm yang disesuaikan dengan postur rata-rata operator. Bagian bahan atau alat menjelaskan material yang digunakan, antara lain rangka dari besi *hollow*  $2,5 \times 2,5$  cm, bahan dinding dari plat tipis yang dicat warna cerah, meja kerja sebagai penopang media pengecatan, serta komponen kelistrikan, dua buah kipas, dua buah lampu, satu pompa air, dan satu bak penampung dengan dimensi  $70 \times 150 \times 360$  cm. Spesifikasi ini menjadi acuan dalam proses fabrikasi prototipe sekaligus indikator yang digunakan pada saat validasi desain.

Tabel 1. Ruang *Spray booth*

Indikator	Sub Indikator	Saran
Desain	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estetika</li> <li>2. Ergonomi</li> <li>3. Fungsional</li> <li>4. Kepraktisan</li> </ol>	
Dimensi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>P \times L \times T</math> Ukuran                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Panjang alat : 360 cm</li> <li>b. Lebar alat : 150 cm</li> <li>c. Tinggi alat : 250 cm</li> </ol> </li> <li>2. Luas Ruangan : 360 cm</li> <li>3. Tinggi Alat : 250 cm</li> <li>4. Tinggi Lantai Kerja : 10 cm</li> </ol>	
Bahan atau Alat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan rangka : besi hollo <math>2,5 \times 2,5</math></li> <li>2. Bahan dinding</li> <li>3. Alat pendukung (meja kerja )</li> <li>4. Komponen atau unit kelengkapan                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Fan : 2 pcs</li> <li>b. Lampu : 2 pcs</li> <li>c. Kelistrikan</li> <li>d. Pompa air : 1 pc</li> </ol> </li> <li>5. Bak penampung : 1 pc</li> <li>6. Tinggi kolam penampung : 70 cm</li> </ol>	

Indikator	Sub Indikator	Saran
	Lebar kolam penampung : 150 cm Panjang kolam penampung : 360 cm	

Dalam konteks analisis kinerja, desain sistem filtrasi dan aliran air vertikal memungkinkan perhitungan efektivitas penangkapan partikel cat. Massa *filter* diukur sebelum dan sesudah proses pengecatan, lalu selisihnya ( $\Delta m = m_{\text{akhir}} - m_{\text{awal}}$ ) digunakan untuk menghitung jumlah partikel cat yang tertangkap pada masing-masing konfigurasi *filter*. Nilai ini kemudian dibandingkan antar jenis *filter* (kering, basah, bagian atas, dan ventilasi pembuangan) untuk menilai seberapa efisien desain *spray booth* dalam mengurangi debu cat di udara.

### Validasi Desain

Setelah rancangan awal selesai, dilakukan validasi desain untuk menilai kesesuaian produk dengan tujuan penelitian dan standar teknis yang relevan. Validasi desain merupakan proses penilaian rasional yang bertujuan menentukan apakah produk baru yang dirancang lebih efektif dan aman dibandingkan rancangan sebelumnya [15]. Kegiatan validasi dilakukan bersama pakar atau tenaga ahli yang berpengalaman dalam bidang desain peralatan pengecatan, K3, dan rekayasa ventilasi. Para ahli menelaah gambar desain (Gambar 1–Gambar 3) serta spesifikasi pada Tabel 1, kemudian memberikan masukan terkait kekuatan struktur, kelancaran aliran udara dan air, kemudahan perawatan, serta aspek keselamatan kerja dan lingkungan.

Masukan dari pakar digunakan untuk melakukan revisi pada dimensi, tata letak komponen, dan sistem filtrasi sebelum prototipe dibuat dan diuji coba. Melalui tahapan validasi ini diharapkan diperoleh desain *spray booth* yang secara teknis layak, ergonomis, dan sejalan dengan prinsip K3 dan K3LH, sehingga siap memasuki tahap pembuatan prototipe dan uji kinerja pada fase penelitian berikutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Coba Produk

Uji coba produk dilakukan untuk mengevaluasi kinerja *spray booth* yang dikembangkan, khususnya efektivitas sistem aliran air vertikal dan rangkaian *filter* udara dalam menangkap partikel cat (overspray). Pengujian dilakukan dengan menimbang *filter* sebelum dan sesudah proses pengecatan. *Filter* serat kaca dipotong dengan ukuran  $30 \times 175$  cm, kemudian ditimbang dalam kondisi kering (Gambar 4) dan dalam kondisi dibasahi air (Gambar 5). Kenaikan berat *filter* setelah proses pengecatan diinterpretasikan sebagai massa partikel cat yang tertangkap oleh *filter*.



Gambar 4. Berat awal *filter* sebelum proses pengecatan (*filter* kering)



Gambar 5. Berat *filter* setelah dilakukan proses pengecatan (kondisi *filter* basah)

### Uji *filter* pada kondisi kering

Hasil pengukuran pada *filter* udara yang digunakan dalam kondisi kering disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji *filter* kering

No.	Cat	Takaran Cat (g)	Berat <i>Filter</i> Udara		Hasil (g)
			Sebelum (g)	Sesudah (g)	
1.	Cat dasar	100	149	154	5
	Cat warna / <i>top coat</i>	100	155	176	20
	Clear	100	175	193	18
2.	Cat dasar	100	181	185	4
	Cat warna / <i>top coat</i>	100	151	167	16
	Clear	100	115	125	10
Rata-rata					12,17

Seperti terlihat pada Tabel 2, massa partikel cat yang tertangkap *filter* kering untuk setiap 100 g cat berada pada rentang 4–20 g, dengan rata-rata 12,17 g. Nilai ini menunjukkan bahwa pada kondisi kering *filter* sudah mampu menahan sebagian overspray dari cat dasar, cat warna/*top coat*, maupun *clear* sebelum udara dilepaskan kembali ke ruang kerja.

### Uji *filter* pada kondisi basah

Untuk meningkatkan kemampuan penangkapan debu cat, *filter* yang sama kemudian diuji dalam kondisi dibasahi air. Hasil penimbangan sebelum dan sesudah proses pengecatan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji *filter* dibasahkan

No.	Cat	Takaran Cat (g)	Berat <i>Filter</i> Udara		Hasil (g)
			Sebelum (g)	Sesudah (g)	
1.	Cat dasar	100	255	261	6
	Cat warna / <i>top coat</i>	100	270	294	24
	Clear	100	339	351	12
2.	Cat dasar	100	300	320	20

No.	Cat	Takaran Cat (g)	Berat Filter Udara		Hasil (g)
			Sebelum (g)	Sesudah (g)	
	Cat warna /top coat	100	358	360	2
	Clear	100	192	218	26
Rata-rata					15

**Tabel 3** menunjukkan bahwa pada kondisi *filter* basah, massa partikel cat yang tertangkap berada pada rentang 2–26 g per 100 g cat dengan rata-rata 15 g. Rata-rata ini lebih tinggi dibandingkan kondisi kering (12,17 g), yang mengindikasikan bahwa pembasahan *filter* meningkatkan kemampuan penjerapan partikel cat oleh media filtrasi berbasis air, sejalan dengan prinsip sistem *water curtain* yang digunakan pada *spray booth*.

#### Uji *filter* bagian atas *spray booth*

Selain *filter* utama di area aliran air vertikal, dilakukan uji ketiga pada *filter* yang dipasang di bagian atas *spray booth* untuk menangkap sisa partikel yang masih terbawa aliran udara ke bagian atas ruang pengecatan. Hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Hasil uji ketiga (*filter* bagian atas *spray booth*)

No.	Cat	Takaran Cat (g)	Berat Filter Udara		Hasil (g)
			Sebelum (g)	Sesudah (g)	
1.	Cat warna /top coat	100	21	27	6
2.	Clear	100	21	28	7
Jumlah					13

Dari **Tabel 4** terlihat bahwa total massa partikel cat yang masih tertangkap oleh *filter* bagian atas sebesar 13 g untuk dua jenis cat yang diuji. Nilai ini relatif lebih kecil dibandingkan massa yang tertahan pada *filter* utama, menunjukkan bahwa sebagian besar debu cat telah disaring pada tahap awal di zona aliran air vertikal.

#### Uji *filter* pada ventilasi pembuangan *exhaust fan*

Tahap terakhir adalah pengujian *filter* yang dipasang pada saluran ventilasi pembuangan *exhaust fan* guna memastikan bahwa udara yang dilepaskan ke lingkungan telah mengalami penyaringan lanjutan. Hasil pengukuran disajikan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Hasil uji ketiga (*filter* bagian ventilasi pembuangan *exhaust fan* pada *spray booth*)

No.	Cat	Takaran Cat (g)	Berat Filter Udara		Hasil (g)
			Sebelum (g)	Sesudah (g)	
1.	Cat warna /top coat	100	25	27	2
2.	Clear	100	25	27	2
Jumlah					4

**Tabel 5** menunjukkan bahwa *filter* pada saluran *exhaust fan* hanya menahan sekitar 4 g partikel cat dari dua kali aplikasi 100 g cat. Massa yang relatif kecil ini menandakan bahwa sebagian besar partikel cat telah berhasil ditangkap oleh sistem aliran air vertikal dan *filter* utama sebelum mencapai tahap pembuangan akhir. Dengan demikian, rangkaian filtrasi bertingkat pada *spray booth* yang dikembangkan mampu menurunkan jumlah debu cat yang

terlepas ke lingkungan, sehingga mendukung tercapainya kondisi udara kerja yang lebih aman dan ramah lingkungan.

### **Pembahasan**

Hasil uji coba menunjukkan bahwa *spray booth* dengan sistem aliran air vertikal dan rangkaian *filter* bertingkat yang dikembangkan mampu menangkap partikel cat (*overspray*) secara efektif serta mendukung pemenuhan ketentuan K3 dan K3LH pada proses pengecatan kendaraan. Berdasarkan [Tabel 2](#), *filter* kering dengan ukuran 30 × 175 cm mampu menjerap rata-rata 12,17 g partikel cat untuk setiap 100 g campuran cat dasar, cat warna/*top coat*, dan *clear*. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun *filter* belum dibasahi, medium serat kaca sudah berfungsi sebagai penghalang awal yang signifikan sebelum udara tercemar keluar dari ruang pengecatan. Kondisi ini sejalan dengan prinsip pengendalian pencemaran udara yang menekankan pentingnya *pre-filter* untuk menurunkan konsentrasi partikulat sebelum dilepas ke lingkungan sekitar bengkel [\[6\]](#).

Kinerja sistem meningkat ketika *filter* dioperasikan dalam kondisi basah. Data pada [Tabel 3](#) menunjukkan bahwa rata-rata massa partikel yang tertangkap meningkat menjadi 15 g per 100 g cat, lebih tinggi dibandingkan kondisi kering. Kenaikan ini menguatkan konsep *water curtain* atau *water-based spray booth* yang dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi penangkapan partikulat karena partikel cat terperangkap pada lapisan air sebelum mencapai udara ambien [\[5\]\[7\]](#). [Gambar 4](#) dan [Gambar 5](#) mengilustrasikan perbedaan berat *filter* sebelum dan sesudah proses pengecatan, yang secara visual menegaskan akumulasi partikel cat pada media filtrasi. Secara praktis, temuan ini mengindikasikan bahwa pengoperasian *spray booth* dengan *filter* yang dibasahi air lebih direkomendasikan untuk mengurangi paparan debu cat terhadap pekerja maupun lingkungan kerja.

Sistem filtrasi berlapis yang dipasang pada bagian atas *spray booth* dan pada saluran pembuangan *exhaust fan* berfungsi sebagai tahapan pengamanan tambahan untuk menangkap sisa *overspray* yang lolos dari zona aliran air vertikal. [Tabel 4](#) memperlihatkan bahwa *filter* pada bagian atas *spray booth* masih menangkap total 13 g partikel dari aplikasi cat warna/*top coat* dan *clear*. Sementara itu, *filter* pada ventilasi pembuangan *exhaust fan* ([Tabel 5](#)) hanya menahan 4 g partikel cat. Pola ini menunjukkan bahwa beban polutan terbesar sudah tertahan pada *filter* utama di area aliran air dan *filter* atas, sehingga konsentrasi partikel yang mencapai saluran pembuangan relatif rendah. Kondisi tersebut penting untuk memastikan bahwa udara yang keluar dari *spray booth* telah memenuhi prinsip udara kerja yang lebih aman dan ramah lingkungan sebagaimana ditekankan dalam kebijakan pengendalian pencemaran udara dan perlindungan lingkungan hidup nasional [\[2\]\[11\]\[12\]](#).

Secara keseluruhan, hasil uji coba produk mengonfirmasi bahwa rancangan *spray booth* dengan aliran air vertikal dan sistem *dust absorber* berbasis air yang dikembangkan dalam penelitian ini berfungsi sesuai tujuan R&D, yakni meningkatkan pengendalian debu cat dibandingkan ruang pengecatan konvensional [\[3\]\[14\]](#). Dari sudut pandang K3, sistem ini berpotensi menurunkan risiko gangguan pernapasan, iritasi kulit, dan bahaya kebakaran akibat akumulasi *overspray* di udara [\[1\]\[8\]\[9\]\[10\]](#). Implikasi praktisnya, bengkel pendidikan maupun industri dapat memanfaatkan desain ini sebagai referensi pengembangan fasilitas pengecatan yang lebih aman dan sesuai regulasi, dengan prioritas pada pengoperasian *filter* dalam kondisi basah dan pemeliharaan berkala media filtrasi serta kolam penampung air. Temuan ini juga membuka peluang penelitian lanjutan untuk mengukur efisiensi penyerapan partikel secara kuantitatif (misalnya dalam satuan mg/m<sup>3</sup> udara) dan mengevaluasi kandungan kimia limbah cair dari kolam penampung, sehingga pengelolaan limbah B3 dapat dirancang lebih komprehensif.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan rangkaian kegiatan *Research and Development* yang meliputi perancangan, validasi ahli, dan uji kinerja, dapat disimpulkan bahwa *spray booth* dengan sistem aliran air vertikal dan filtrasi berlapis yang dikembangkan mampu meningkatkan pengendalian debu cat sekaligus memenuhi aspek K3 dan K3LH pada proses pengecatan bodi kendaraan. Hasil uji menunjukkan bahwa *filter* kering menyerap rata-rata 12,17 g partikel cat per 100 g campuran cat, sedangkan *filter* basah meningkat menjadi 15 g; *filter* pada bagian atas *spray booth* masih menahan 13 g partikel, dan *filter* pada saluran *exhaust fan* hanya tersisa 4 g partikel yang lolos. Pola ini menegaskan bahwa sebagian besar *overspray* tertangkap di dalam sistem sehingga udara buangan menjadi lebih bersih dan aman bagi pekerja maupun lingkungan. Dengan demikian, desain *spray booth* berbasis aliran air vertikal yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dinyatakan layak sebagai fasilitas pengecatan ramah lingkungan di lingkungan pendidikan maupun industri.

### Saran

Sejalan dengan temuan tersebut, disarankan agar proses pengecatan bodi kendaraan di bengkel pendidikan dan industri dilaksanakan di ruang *spray booth* tertutup yang dilengkapi sistem aliran air vertikal dan *filter* basah, dengan prosedur operasi yang menekankan pemeliharaan berkala (pembersihan dan penggantian *filter*, pengelolaan limbah air kolam sebagai limbah B3, serta pemeriksaan kinerja *exhaust fan*). Operator perlu dibekali pelatihan K3 dan penggunaan APD secara konsisten agar manfaat rekayasa teknis ini benar-benar menurunkan risiko paparan bahan kimia. Untuk penelitian lanjutan, disarankan dilakukan pengukuran kadar partikulat di udara secara kuantitatif serta analisis komposisi kimia limbah cair, sehingga efektivitas *spray booth* dapat dibandingkan dengan desain lain dan menjadi dasar pengembangan standar teknis pengecatan kendaraan yang lebih komprehensif.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 100, Tambahan Lembaran Negara Nomor 5309, 2012.
- [2] J N. Saly and C. Metriska, "Kebijakan pemerintah dalam pengendalian pencemaran udara di Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009," *Jurnal Kewarganegaraan*, vol. 7, no. 2, pp. 1642–1648, 2023, doi: 10.31316/jk.v7i2.5405.
- [3] A. Mahmudi, "Perancangan desain ruang pengecatan (*spray booth*)," Proyek Akhir/D3 thesis, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, 2018.
- [4] M. Muhadzdzib and W. D. Puspitasari, "Mengoptimalkan proses powder flame spray coating: merancang gun spray dengan kemiringan tangki penyimpanan serbuk dan *filter* serbuk lepas," *Jurnal Inovasi Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 7–13, 2023, doi: 10.37180/jim.v5i1.201.
- [5] R. Sihombing, "Teknologi *spray booth* berbasis cat air untuk lingkungan kerja ramah lingkungan," *Jurnal Teknik Mesin dan Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 45–52, 2017.
- [6] S. Sudarmadji, *Pengendalian Pencemaran Udara*. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset, 2010.
- [7] R. Liao, "*Dust absorber* berbasis air untuk *spray booth*: sistem filtrasi partikel debu dan *overspray* cat melalui tirai air," 2019.
- [8] D. Meidianti, "Penerapan keselamatan dan kesehatan kerja untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 12, no. 2, pp. 45–52, 2014.

- [9] Tarwaka, *Keselamatan dan Kesehatan Kerja: Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja*. Surakarta, Indonesia: Harapan Press, 2016.
- [10] H. Hadi, *Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proses Pengecatan di Spray booth*. Jakarta, Indonesia: Universitas Negeri Jakarta, 2024.
- [11] Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Nomor 5059, 2009.
- [12] Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja*, 2018.
- [13] Sugiyono, *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/R&D)*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2016.
- [14] M. Badri, "Rancang bangun tempat pengecatan body dan part sepeda motor," Undergraduate thesis (Skripsi), Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia, 2023.
- [15] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2013.

Halaman ini sengaja di kosongkan.