



Analisa Simulasi Aliran Gas Buang pada Instalasi Exhaust Bengkel Las menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics*-CFD dengan *Flow Simulation*-Solidwork

Riswan Eko Wahyu Susanto^{1*}, Setyo Rojikin², M. Ainul Hakim²
¹²³ Politeknik Negeri Malang, Indonesian

Jln. Soekarno Hatta No. 9 Malang

Korespondensi penulis: riswan.eko@polinema.ac.id

Abstract. Smoke hazards can result in poisoning of harmful gases produced by the welding process. So it is expected that in order to maintain air cleanliness in the welding workshop by installing an exhaust gas channel from welding, the purpose of this research is to analyse the flow of exhaust gas through simulation of fluid flow velocity (welding smoke) in the design of exhaust gas installation in the welding workshop using CFD or Computational Fluid Dynamics method. CFD simulation can predict in detail the movement of wind (moving fluid) in the welding fume exhaust duct. CFD simulation is carried out through three stages, namely pre-processing, solving, and post-processing. This CFD uses the Solidworks (Flow Simulation) application programme. It was found that the installation of a welding fume exhaust duct with an output capacity of 39 m³ per minute showed a significant increase in airflow velocity. The first simulation results at the exhaust fan (welding booth) showed a maximum velocity value of 13.14 m/s and an average velocity of 10.55 m/s, the Reynold's number was 84567.11. In the second simulation, with the axial fan (Fan stationary) at 2600 RPM and pipe diameter 127 mm, better results were obtained, namely minimum velocity of 12.88 m/s, average velocity 13.94 m/s, maximum velocity 14.53 m/s and Reynold's number 111512.74. So the simulation results show an improvement in the performance of the ventilation system, where the airflow velocity is quite good, which ensures the efficiency of the ventilation system.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, Flow Simulation, Welding Exhaust Gas, Solidwork Applications

Abstrak. Bahaya asap dapat mengakibatkan keracunan gas berbahaya yang dihasilkan proses pengelasan. Sehingga diharapkan yang di untuk menjaga kebersihan udara di bengkel las dengan melakukan instalasi saluran gas buang hasil pengelasan, tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisa aliran gas buang melalui simulasi kecepatan aliran fluida (asap las) pada rancangan instalasi gas buang pada bengkel las dmenggunakan metode menggunakan metode CFD atau *Computational Fluid Dynamics*. Simulasi CFD dapat memprediksi secara rinci pergerakan angin (fluida bergerak) di saluran gas buang asap pengelasan. Simulasi CFD dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu pre-processing, solving, dan post-processing. CFD ini menggunakan program aplikasi Solidworks (Flow Simulation). Diperoleh hasil bahwa instalasi saluran gas buang asap pengelasan dengan kapasitas output 39 m³ per menit menunjukkan peningkatan signifikan dalam kecepatan aliran udara. Hasil simulasi pertama pada exhaust fan (bilik las) menunjukkan nilai kecepatan maksimum 13,14 m/s dan kecepatan rata-rata 10,55 m/s, bilangan reynold-nya 84567,11. Pada simulasi kedua, dengan adanya fan axial (Fan stationer) pada 2600 RPM dan diameter pipa 127 mm, didapatkan hasil yang lebih baik, yaitu *minimum velocity* sebesar 12,88 m/s, *average velocity* 13,94 m/s, *maximum velocity* 14,53 m/s dan bilangan reynold-nya 111512,74. Sehingga hasil simulasi menunjukkan peningkatan kinerja sistem ventilasi, dimana kecepatan aliran udara cukup baik, yang memastikan efisiensi lebih tinggi dalam penanganan gas buang asap pengelasan.

Kata Kunci: Aplikasi Solidwork, *Computational Fluid Dynamics* , Gas Buang Las, Simulasi Aliran,.

1. LATAR BELAKANG

Bahaya asap dapat mengakibatkan keracunan akibat gas berbahaya yang dihasilkan oleh proses pengelasan. Gas berbahaya yang dapat timbul dalam proses pengelasan antara lain gas karbondioksida, gas karbonmonoksida, hidrosulfida, nitrogen dioksida, dan ozon. Gas yang dikeluarkan pada proses pengelasan ini dapat mengganggu

ekosistem sekitar dan mengakibatkan pencemaran udara pada daerah sekitar (Dewi, 2018: 93). Dilansir dari American Society of Safety Engineers (ASSE) menyatakan, salah satu aspek yang paling berbahaya dari pengelasan adalah asap. Asap pengelasan merupakan partikel padat berisi campuran kompleks antara oksida logam, silikat, dan fluorida yang dihasilkan selama proses pengelasan. Bengkel las seringkali menimbulkan asap dari hasil pengelasan, asap pengelasan yang terhirup manusia secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama akan berpotensi mengalami penyakit serius pada sistem pernapasannya, bahkan berisiko menimbulkan kerusakan daerah otak yang berhubungan dengan penyakit parkinson (Sign, 2016: 2). Exhaust fan merupakan kipas yang berfungsi untuk menghisap udara di dalam ruangan untuk dibuang ke luar. Alat ini membantu mengatur sirkulasi udara di dalam ruangan baik di rumah, *smoking room*, maupun rumah makan. Instalasi pembuangan gas asap las merupakan solusi untuk membuang dan memindahkan polusi dari dalam ruangan ke luar ruangan (Sukmawiguna, 2018: 1). Untuk mengetahui sirkulasi serta pola aliran udara yang dihasilkan oleh *exhaust fan* di dalam ruangan bisa didapatkan dengan cara mensimulasikan CFD (*computational fluid dynamic*). CFD sangat relevan digunakan untuk mendapatkan hasil sirkulasi udara, distribusi kecepatan dan distribusi tekanan yang terjadi didalam ruangan (Widiarta dkk., 2022).

Berdasarkan ulasan diatas penulis mengambil pembahasan mengenai “Analisa Simulasi Aliran Gas Buang pada Instalasi Exhaust Bengkel Las menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics-CFD* dengan *Flow Simulation Solidwork*”. Dengan analisa hasil simulasi akan memberikan pemahaman tentang pola aliran udara di sekitar *exhaust fan* dan distribusi kecepatan udara dalam saluran gas buang asap pengelasan. ini tidak hanya akan memperlihatkan efisiensi sistem dalam mengeluarkan asap pengelasan, tetapi juga membantu dalam mengoptimalkan desain saluran udara untuk memastikan pengeluaran udara yang efektif dan aman dalam lingkungan kerja.

2. KAJIAN TEORITIS

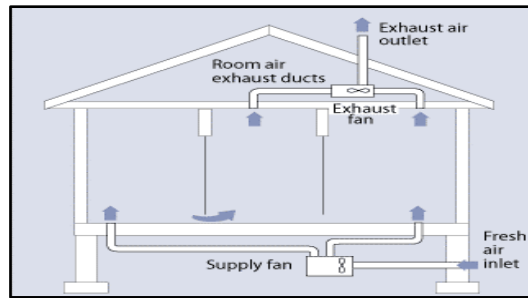
Exhaust fan atau kipas pembuangan udara merupakan kipas yang berfungsi untuk menghisap udara di dalam ruangan untuk dibuang ke luar. Alat ini membantu mengatur sirkulasi udara di dalam ruangan baik di rumah maupun industri. Di industri, biasanya *exhaust fan* dipasang di atap tempat produksi dan berputar terus menerus. *Exhaust fan* juga sering digunakan di ruangan khusus perokok (*smoking room*) yang udaranya tercemari asap rokok. Di rumah dan rumah makan, *exhaust fan* banyak digunakan didapur, juga di ruangan pengelasan *exhaust fan* juga digunakan karena di ruang

pengelasan terdapat gas asap yang dihasilkan dari proses pengelasan. Dilihat dari segi kesehatan, *exhaust fan* sangat membantu untuk menjaga sirkulasi udara. (Kamelia, 2017)

Tabel 1 Peneliti Terdahulu

No.	Pengarang	Judul	Deskripsi
1.	Lia Kamelia, Yogi Sukmawiguna, Neni Utami adiningsih., 2017	Rancang Bangun Sistem <i>Exhaust Fan</i> Otomatis Menggunakan Sensor <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR)	Kipas pembuangan udara (<i>Exhaust fan</i>) merupakan kipas yang berfungsi untuk menghisap udara di dalam ruangan untuk dibuang ke luar. Alat ini membantu mengatur sirkulasi udara di dalam ruangan baik di rumah maupun industri.
2.	Pardi, Afrinatoni, Romadhoni., 2021	Simulasi Aliran Emisi Gas Co Pada Cerobong Asap Las Galangan Kapal Baja Menggunakan Pendekatan CFD	Konstruksi tempat pembuangan gas diharapkan dapat menghasilkan gas dengan aliran fluida setinggi-tingginya. Hal ini diperlukan agar polutan tidak mudah mencemari daerah sekitar saluran yang berada dalam ruangan.
3.	Yanuar, Didit, 2014	Koefisien Gesek Pada Rangkaian Pipa Dengan Variasi Diameter Dan Kekasaran Pipa	Dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada grafik, maka dapat dilihat adanya perubahan nilai koefisien gesek (f) terhadap bilangan <i>Reynold</i> (Re).
4.	Febri Dwi Nugroho, 2020	Analisis Distribusi Kecepatan, Tekanan Dan Temperatur Pada Perancangan Saluran Gas Buang Mobil Desa Dengan Menggunakan Software Solidworks	Desain <i>exhaust manifold</i> (saluran gas buang) dan <i>muffler</i> tercipta gambar pola aliran turbulensi paling minim terdapat pada desain tipe 2 dengan kecepatan tertinggi pada titik 6 dengan nilai 84,36 m/s, kecepatan terendah pada titik 1 dengan nilai 59,0 m/s. Rata-rata kecepatan 72,85 m/s, rata-rata tekanan 1,06 bar dan rata-rata temperature 298,18 °C.
5.	Jalaluddin dkk., 2019	Analisa profil aliran fluida cair dan pressure drop pada pipa I menggunakan metode simulasi computational fluid dynamic (cfd).	Pada fluida etilen glikol diperoleh bilangan reynold sebesar 1.652,26, penurunan tekanan ΔP sebesar 4,49503 Bar. Dari hasil tersebut dimana semakin besar viskositas dari jenis fluida maka semakin tinggi penurunan tekanan (pressure drop) dan semakin kecil nilai Reynold numbernya.

Saluran gas buang mempunyai fungsi penting pada ruangan dengan letaknya berada antara bagian dalam dan luar ruangan. Fungsi pentingnya adalah untuk menjaga sirkulasi udara suatu wadah dengan membuang udara dalam ruangan ke lingkungan luar (Aldio, 2022). Fan ini biasanya dilengkapi dengan motor yang kuat untuk menghasilkan aliran udara yang cukup untuk menghisap gas/asap dengan efektif. Setelah gas, asap, atau debu tertangkap oleh *hood* dan terhisap oleh fan, mereka akan mengalir melalui sistem pipa atau duct yang terhubung ke *hood* ditunjukkan pada gambar 1.

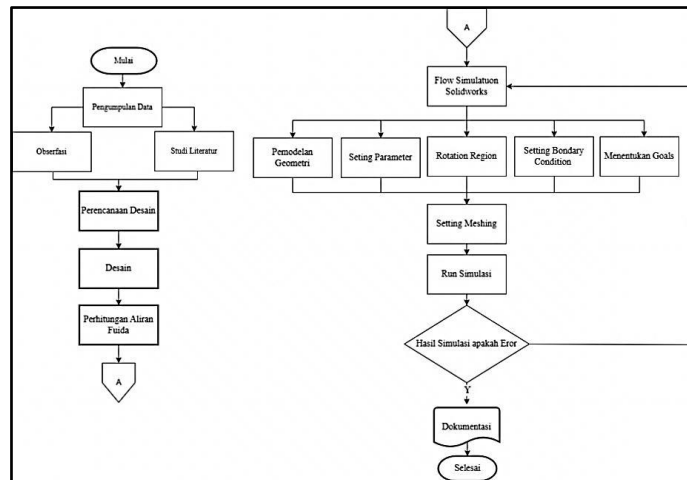


Gambar 1. Prinsip Kerja Saluran Gas Buang

Sumber: Aldio,2022

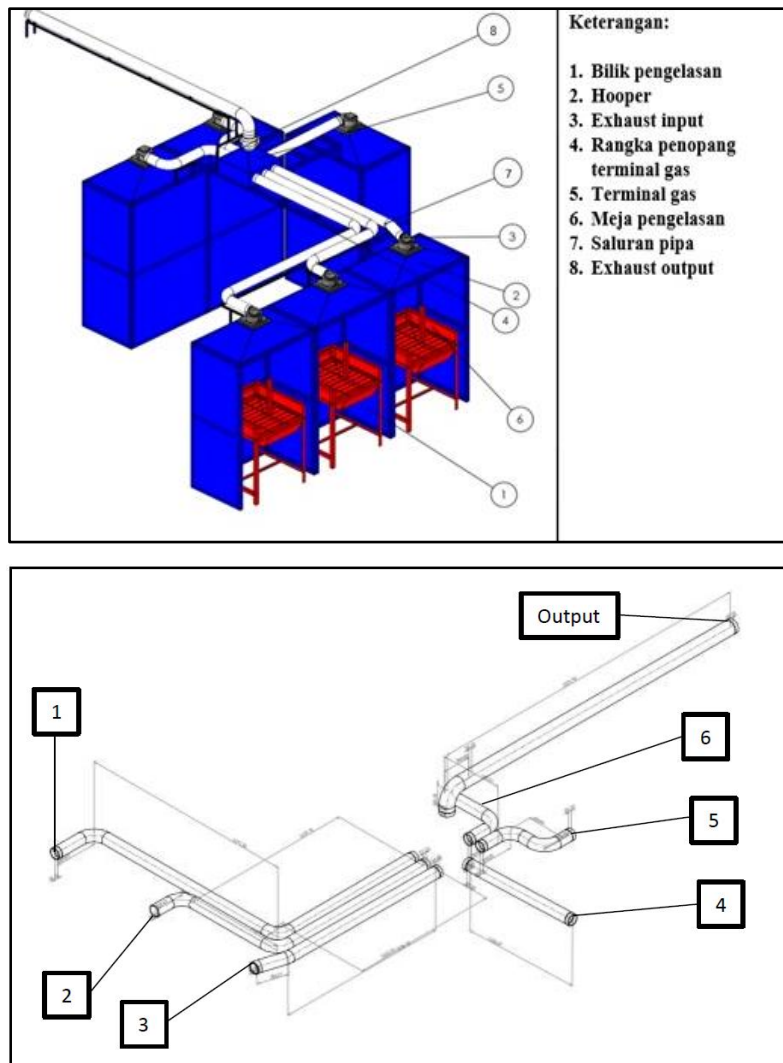
3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu menggunakan metode CFD-*Computational Flow Dynamics* yang dengan aplikasi solidwork dalam bentuk *flow simulation*.



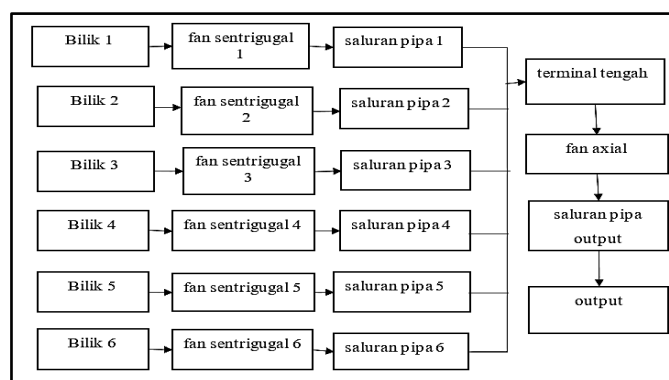
Gambar 2. Diagram alir penelitian

Sebagaimana ditunjukkan pada gambar diagram alir 2 diatas. Simulasi sistem kerja instalasi saluran gas buang dengan asap pengelasan kapasitas output 39 m³ per menit adalah perancangan pembuatan simulasi untuk mengetahui kecepatan aliran menggunakan Solidworks *flow simulation*. Tahap perancangan diawali dengan tahap pengumpulan data, observasi lapangan, dan studi literatur yang kemudian dilanjutkan dengan tahapan yang tertera pada diagram alir. Berdasarkan studi literatur yang telah dilaksanakan, maka dihasilkan desain pada instalasi saluran gas buang asap pengelasan dengan kapasitas hisap 39 m³ per menit, ditunjukkan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Desain yang akan disimulasikan

Prinsip kerja alat saluran gas buang asap pengelasan yaitu saat proses pengelasan timbul suatu asap hasil pengelasan yang berada di area didalam bilik pengelasan, fan input yang berada dibilik akan menghisap asap pengelasan kemudian melawati suatu saluran pipa yang mengarah ke terminal sentral. Pada terminal sentral terdapat exhaust output yang berfungsi menghisap pada terminal sentral yang menuju keudara bebas atau diluar ruangan ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Prinsip kerja saluran gas buang asap pengelasan

Data Awal Simulasi, tahap awal dimensi instalasi saluran gas buang asap pengelasan ditetapkan awal fluida terdapat seperti densitas, massa jenis udara yang digunakan dengan udara suhu ruangan terdapat pada suhu 28°C atau 30⁰K pada ruangan pengelasan itunjukkan pada tabel 1. Data awal instalasi perangkat *Fan Axial* yang akan digunakan pada terminal gas adalah *fan axial* dengan tipe *fan inline axial* karena cocok digunakan untuk aliran udara menengah hingga tinggi dengan efisiensi yang cukup baik. Spesifikasi *fan inline axial* merk CKE CDI-BXF-150 dapat diketahui dari tabel 2.

Tabel 1 Spesifikasi fan inlet Maspion MV-16EX

Tegangan	Frekuensi	Ukuran Kipas	Daya	Kecepatan Putaran/Menit	Penyebaran Angin
220 V	50 Hz	160 mm	35 W	1450-1700	6,5 m3 / menit

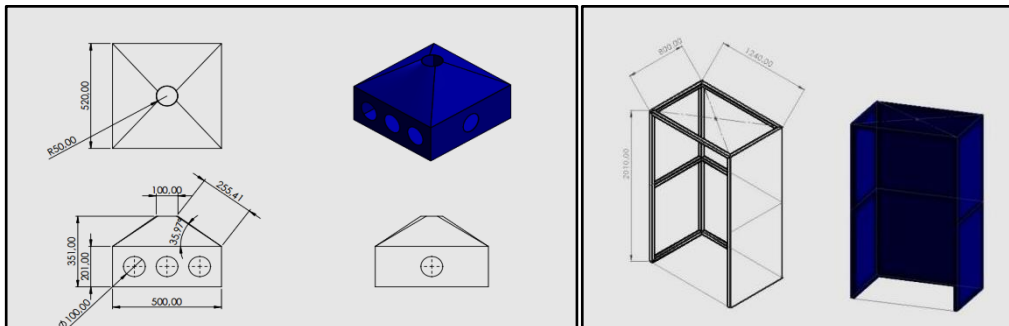
Sumber: Modul spesifikasi, 2024

Tabel 2 Spesifikasi fan outlite CKE CDI-BXF-150

Model	Voltage	Input power (w)	Air flow (m ³ /min)	Pressure (Pa)	Noise (dB)	Speed (r/min)
HZ-125	220V 50 Hz	55	310	111	34	2600
HZ-150		75	540	264	38	2600
HZ-200		130	900	343	43	2600

Sumber: Modul spesifikasi,2024

Dari perhitungan yang diberikan, volume total dari terminal gas adalah 0,1 m³. Dimensi terminal gas memiliki dimensi panjang 500 mm, lebar 520 mm, dan tinggi 351 mm dapat dilihat pada gambar berikut. Dimensi bilik pengelasan, volume bilik pengelasan dihitung berdasarkan ukuran yang telah diambil di bengkel pengelasan, yaitu dengan panjang 122 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 201 cm. Hasi perhitungannya volumenya adalah 1,961 m³ ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Dimensi terminal dan dimensi bilik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Aliran Fluida

Pada perhitungan fluida digunakan untuk melakukan data simulasi yang akan dimasukkan kedalam Solidworks *flow simulation* sebagai nilai parameternya.

1. Menghitung Kecepatan Aliran Udara Bilik

- a. Konversi Laju Aliran Volumetrik, Laju aliran volumetrik exhaust fan adalah $6,5 \text{ m}^3/\text{menit}$. Untuk menghitungnya dalam satuan meter kubik per detik, dilakukan konversi satuan sebagai berikut:

$$Q_{bilik} = 6,5 \text{ m}^3/\text{menit} \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}} = 0,1083 \text{ m}^3/\text{s}$$

- b. Kecepatan Udara yang Dihisap oleh Exhaust Fan, Untuk menentukan kecepatan udara yang dihisap oleh exhaust fan, luas penampang area tempat exhaust fan mengeluarkan udara dari bilik dihitung terlebih dahulu. Bilik memiliki ukuran $1,24 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 2,01 \text{ m}$, sehingga luas penampangnya adalah:

$$A_{bilik} = p \times l = 1,24 \times 0,80 = 0,992 \text{ m}^2$$

$$v_{bilik} = \frac{Q_{bilik}}{A_{bilik}} = \frac{0,1083 \text{ m}^3/\text{s}}{0,992 \text{ m}^2} = 0,1092 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan udara yang dihisap oleh exhaust fan sekitar $0,1092 \text{ m/s}$,

2. Kecepatan Aliran Fluida Dalam Pipa

Hasil dari perhitungan ini memberikan informasi penting mengenai kondisi aliran dalam sistem pipa tersebut. Kecepatan aliran pada pipa 4 in, setelah exhaust fan menghisap udara dari bilik, udara dialirkan melalui pipa dengan diameter 4 in = $0,1016 \text{ m}$. Untuk menghitung kecepatan udara dalam pipa, kita perlu mengetahui luas penampang pipa. sehingga, luas penampang pipa 4 in = $0,1016 \text{ m}$ adalah $0,0082 \text{ m}^2$. Sehingga, kecepatan udara dalam pipa dengan diameter 4 in = $0,1016 \text{ m}$ adalah sekitar $13,36 \text{ m/s}$.

Kecepatan aliran pada pipa output, menghitung kecepatan aliran pada pipa output dengan diameter 5 in = $0,127 \text{ m}$, luas penampang pipa 4 in = $0,1016 \text{ m}$ adalah $0,0127 \text{ m}^2$. Untuk menghitung kecepatan pada pipa diameter 5 in = $0,127 \text{ m}$ yang terdapat exhaust fan output dengan memiliki spesifikasi tekanan sebesar 264 Pa , dikarenakan exhaust fan menaikkan tekanan $\Delta P 264 \text{ Pa}$ pada titik pertama (sebelum exhaust fan output). Jadi, tekanan pada sebelum exhaust fan output meningkat menjadi 264 Pa dan Pa setelah exhaust fan output 0. Maka untuk mencari kecepatan setelah exhaust dapat dihitung dengan yang diketahui kecepatan awal (v_1) adalah $13,36 \text{ m/s}$

dan densitas udara $1,1774 \text{ kg/m}^3$ maka kecepatan setelah exhaust fan (v_2) menggunakan persamaan bernoulli sebagai berikut;

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$v_2^2 = 615,11 \text{ m}^2/\text{s}^2 = \sqrt{615,11} = 24,8 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan pada pipa diameter 5 in =0,127 m yang terdapat exhaust fan dengan memiliki spesifikasi tekanan sebesar 264 Pa fan adalah sekitar 24,8 m/s

Bilangan reynold digunakan untuk mengetahui jenis alirannya laminar, transisi atau turbulen, pada perhitungan ini dengan data sebelumnya dengan diketahui kecepatan pada diameter pipa 4in =0,1016 m adalah 13,36m/s dan dengan bantuan tabel properti fluida dengan densitas udara 1,1774 dan viskositas $1,8462 \times 10^{-5}$ dapat dilihat gambar dibawah. Maka bilangan reynold dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,1016 \times 13,36 \times 1,1774}{1,8462 \times 10^{-5}} = 8,65 \times 10^4$$

Jadi, dengan nilai Re $8,65 \times 10^4$ aliran udara dalam pipa dengan diameter 4 in =0,1016 m, kecepatan udara 13,36m/s, massa jenis udara $1,1774 \text{ kg/m}^3$, dan viskositas udara $1,8462 \times 10^{-5}$ dapat diketahui bahwa aliran udaranya adalah turbulen.

Head loss mayor adalah kehilangan tekanan pada aliran air di dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding dalam pipa. Untuk menghitung kerugian mayor pada saluran pipa instalasi saluran gas buang asap pengelasan menggunakan persamaan (2.6) Setelah diketahui kerugian mayor dan kerugian minor pada saluran instalasi saluran gas buang asap pengelasan maka **kerugian total** dapat dihitung menggunakan persamaan berikut berikut. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut

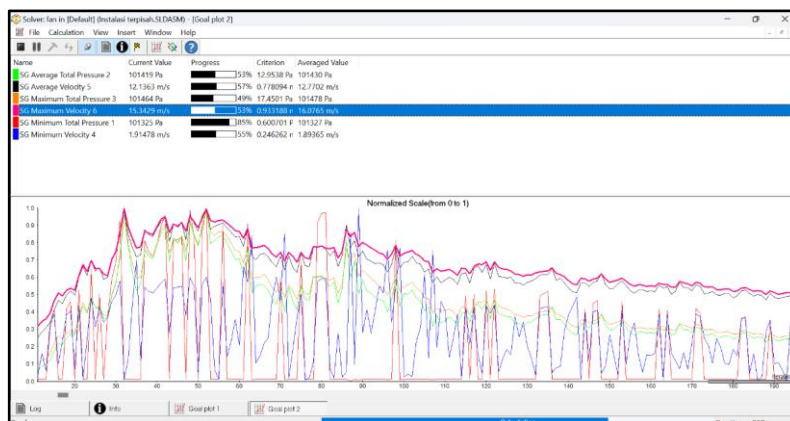
Tabel 3. Data dan Kerugian Total Gesekan Hasil Perhitungan

No.	Saluran pipa	Panjang (m)	Diameter (m)	Jumlah elbow 90°	Kerugian mayor – Hf (Pa)	Kerugian minor-Hm (Pa)	Kerugian total –H (Pa)
1	1	3.16	0.1016	2	39,21	105,07	144,28
2	2	2,5	0.1016	2	31,02	105,07	136,09
3	3	2,2	0.1016	-	27,30	0	27,30
4	4	1,2	0.1016	-	14,89	0	14,89
5	5	1	0.1016	2	12,41	105,07	117,48
6	6	1	0.1016	2	12,41	105,07	117,48
7	Output	3.6	0.1270	1	123,16	181,03	304,19

Berdasarkan tabel 3 data kerugian pada berbagai saluran pipa, dapat disimpulkan bahwa saluran pipa 1 memiliki kerugian mayor sebesar 39,21 Pa dan kerugian minor sebesar 105,07 Pa, sehingga total kerugiannya mencapai 144,28 Pa. Saluran pipa 2 mengalami kerugian mayor sebesar 31,02 Pa dan kerugian minor sebesar 105,07 Pa, dengan total kerugian 136,09 Pa. Saluran pipa 3 memiliki kerugian mayor sebesar 27,30 Pa tanpa kerugian minor, sehingga total kerugiannya adalah 27,30 Pa. Saluran pipa 4 memiliki kerugian mayor sebesar 14,89 Pa tanpa kerugian minor, menghasilkan total kerugian sebesar 14,89 Pa. Saluran pipa 5 mengalami kerugian mayor sebesar 12,41 Pa dan kerugian minor sebesar 105,07 Pa, dengan total kerugian 117,48 Pa. Saluran pipa 6 juga memiliki kerugian mayor sebesar 12,41 Pa dan kerugian minor sebesar 105,07 Pa, sehingga total kerugiannya adalah 117,48 Pa, dan untuk pipa output kerugian mayor sebesar 123,16 Pa dan kerugian minor sebesar 181,03 Pa sehingga total kerugiannya adalah 304,19 Pa.

Pembahasan Simulasi CFD

Setelah semua parameter dan kondisi telah ditentukan diatas, jalankan simulasi dengan mengklik "Run". Solidworks flow simulation akan memproses data dan menghitung solusi berdasarkan metode numerik yang telah ditetapkan pada gambar 6.



Gambar 6. Proses solver

Dalam proses simulasi sistem kerja instalasi saluran gas buang asap pengelasan dan dibantu dengan program aplikasi solidword, dengan parameter laju aliran sebesar 0.1083 m³/s bagian bilik dengan jumlah 6 melewati saluran pipa sampai terminal mendapatkan hasil ditunjukkan pada gambar 7.

Saluran bilik									
Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Minimum Total Pressure	[Pa]	101328,8624	101326,5357	101325	101331,6679	100	Yes	0,43962058	0,667902403
SG Average Total Pressure 2	[Pa]	101395,7679	101397,8742	101391,9861	101407,9462	100	Yes	10,40485122	12,7706661
SG Maximum Total Pressure 3	[Pa]	101426,4454	101430,9371	101423,6547	101444,6553	100	Yes	15,78015176	17,45097092
SG Minimum Velocity 4	[m/s]	2,564421838	1,347951669	0,06605183	3,367847928	100	Yes	0,325600644	0,251257353
SG Average Velocity 5	[m/s]	10,55617274	10,67485589	10,21687571	11,40135407	100	Yes	0,715817065	0,772393425
SG Maximum Velocity 6	[m/s]	13,14035252	13,41926897	12,9562972	14,25980889	100	Yes	0,953595986	0,933210711
SG Minimum Static Pressure 7	[Pa]	101325	101324,734	101323,9427	101325	100	Yes	0,455348356	1,8318361
SG Average Static Pressure 8	[Pa]	101325	101324,9965	101324,9818	101325	100	Yes	0,008390578	0,126895016
SG Maximum Static Pressure 9	[Pa]	101325	101325	101325	101325	100	Yes	0	0,00101325
SG Minimum Dynamic Pressure 10	[Pa]	3,867864379	1,714635433	0,002556472	6,677841207	100	Yes	0,688593983	1,235689157
SG Average Dynamic Pressure 11	[Pa]	70,81232179	72,92609565	67,0465927	83,00470075	100	Yes	10,42648574	12,81194818
SG Maximum Dynamic Pressure 12	[Pa]	101,4902092	105,9865769	98,69870552	119,7141475	100	Yes	15,79311187	17,49622875
SG Average Density (Fluid) 13	[kg/m ³]	1,175810144	1,176648168	1,175806416	1,177759477	100	Yes	0,001953061	0,000223841
Reynold Number	[m/s]	84567,11285	85579,57599	81867,0381	91489,41558	100	Yes	5904,074573	6251,03196

Gambar 7. Hasil simulasi saluran bilik

Hasil simulasi pertama pada exhaust fan bilik mendapat nilai *maximum velocity* sebesar 13,14m/s dan *averaged velocity* sebesar 10,55m/s *minimum dynamic pressure* 3,86 Pa, *average dynamic pressure* 70,81 Pa, *maximum dynamic pressure* 101,49 Pa dan reynold number nya 84567,11 maka jenis aliran pada saluran bilik adalah turbulen. Nilai 13,14 m/s digunakan sebagai parameter inlet pada simulasi kedua pada bagian instalasi output dengan terdapat fan axial dengan rpm 2600, diameter pipa 0,127 m mendapat kan nilai hasil dapat dilihat pada gambar berikut.

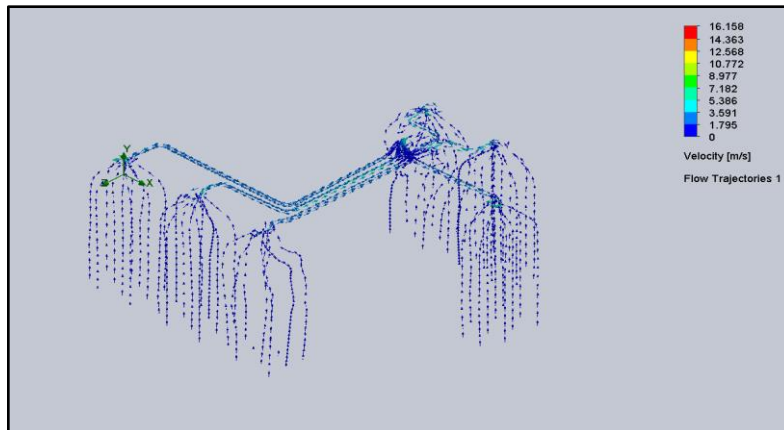
FAN AXIAL									
Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Minimum Total Pressure	[Pa]	101422,3144	101422,2491	101411,0734	101429,3341	100	Yes	18,26071553	24,04844172
SG Average Total Pressure	[Pa]	101439,2159	101439,0698	101418,784	101453,6979	100	Yes	32,75216145	37,07090271
SG Maximum Total Pressure	[Pa]	101448,8935	101448,1394	101423,6435	101466,767	100	Yes	39,70860243	45,34534031
SG Minimum Velocity	[m/s]	12,88461953	12,87447471	12,11813952	13,34082043	100	Yes	1,222680916	1,562180539
SG Average Velocity	[m/s]	13,94972142	13,92483301	12,64695869	14,80489767	100	Yes	1,803802937	2,112970821
SG Maximum Velocity	[m/s]	14,5369801	14,46785049	12,97232579	15,54914486	100	Yes	2,088089228	2,475046829
SG Minimum Static Pressure	[Pa]	101325	101325	101325	101325	100	Yes	0	0,00101325
SG Average Static Pressure	[Pa]	101325	101325	101325	101325	100	Yes	0	0,00101325
SG Maximum Static Pressure	[Pa]	101325	101325	101325	101325	100	Yes	0	0,00101325
SG Minimum Dynamic Pressure	[Pa]	97,28016059	97,21651123	86,04648896	104,2963731	100	Yes	18,24988413	24,02127444
SG Average Dynamic Pressure	[Pa]	114,1707259	114,0258327	93,75270065	128,6437197	100	Yes	32,71687155	37,01376645
SG Maximum Dynamic Pressure	[Pa]	123,8390714	123,0865769	98,60614152	141,6998766	100	Yes	39,66307869	45,25812538
SG Average Density (Fluid)	[kg/m ³]	1,172019765	1,172049006	1,171938748	1,172129421	100	Yes	0,000131374	0,000153705
Reynold Number	[m/s]	111512,7471	111316,822	101091,5971	118360,0177	100	Yes	14435,3843	16898,72199

Gambar 8. Hasil simulasi output

Jadi, simulasi kedua dengan terdapat fan axial dengan rpm 2600 dengan diameter pipa 0,127 m mendapatkan hasil sg *minimum velocity* memiliki nilai 12,88 m/s, sg *average velocity* menunjukkan 13,94 m/s, dan sg *maximum velocity* mendapatkan nilai 14,53 m/s dan *minimum dynamic pressure* 97,28 Pa, *average dynamic pressure* 114,17 Pa, *maximum dynamic pressure* 123,83 Pa, *reynold number*nya 111512,74 maka pada saluran output jenis alirannya adalah turbulen.

2. Flow Trajectories

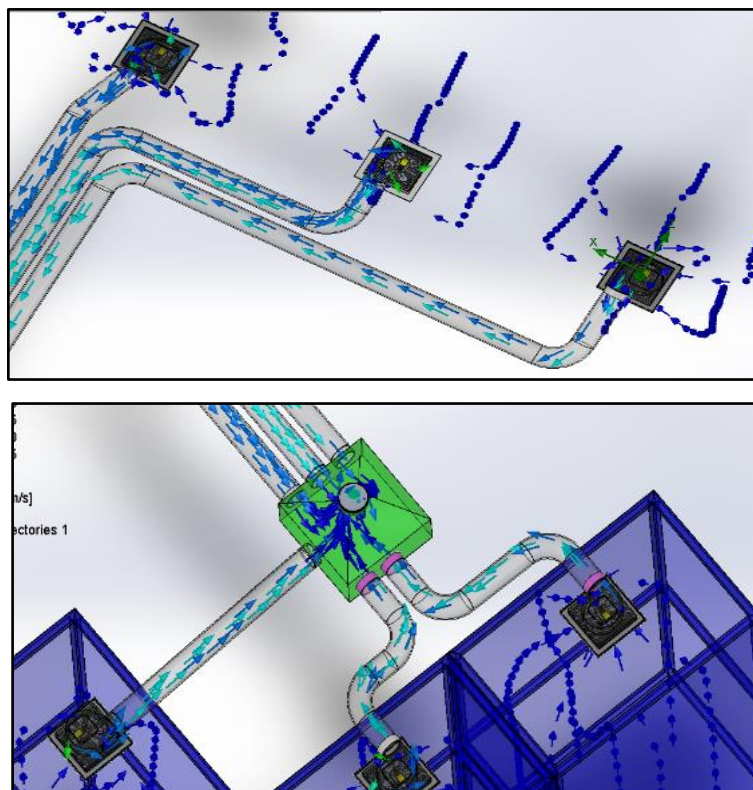
Melihat *flow trajectories* proses memvisualisasikan jalur atau pola gerakan fluida dalam simulasi aliran menggunakan perangkat lunak seperti Solidworks *flow simulation*.



Gambar 9. Hasil flowtracjetoris bilik

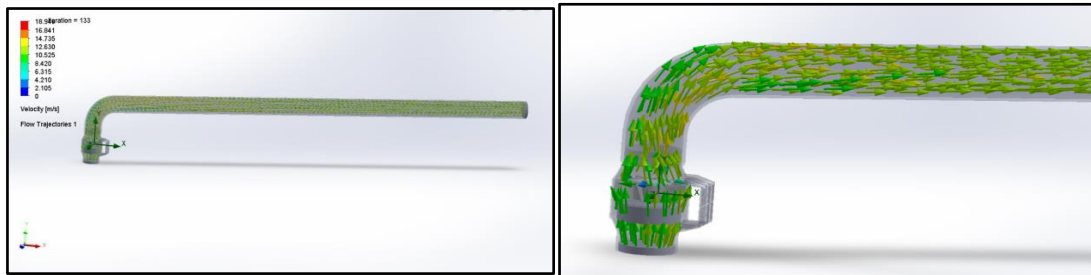
Langkah untuk membuat flow trajectories dimulai dengan mengklik “*Insert Flow Trajectories*” pada perangkat lunak yang digunakan. Setelah itu, akan muncul tampilan pengaturan *flow trajectories* yang memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan berbagai parameter terkait aliran fluida. Pada hasil flow trajectories, kecepatan fluida pada instalasi saluran gas buang asap pengelasan bagian input dapat dilihat pada gambar 5. diatas.

Pada gambar 9 diatas memperlihatkan distribusi kecepatan aliran gas buang yang melewati saluran, memberikan gambaran visual mengenai dinamika aliran dalam sistem. Dan berikut adalah trajectories pada belokan apakah terjadi *back flow* atau *dead zone* pada saluran bilik.



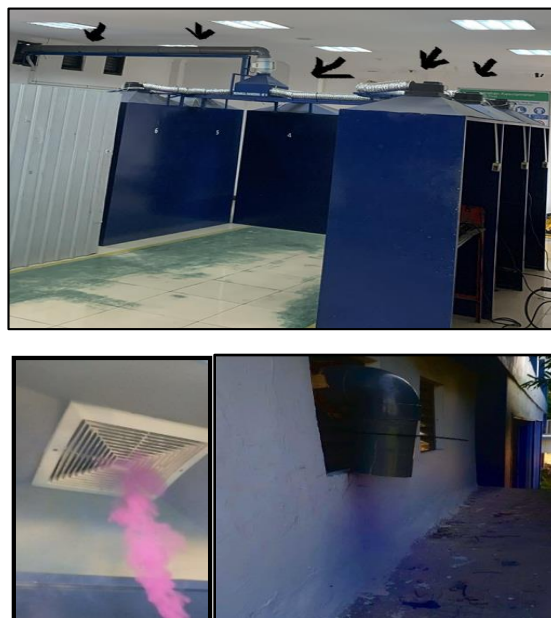
Gambar 10. Trajectories belokan pada belokan pipa bilik

Pada gambar 10 saluran bilik, panah-panah yang ditunjukkan mengindikasikan bahwa tidak ada panah yang mengarah ke arah berlawanan. Hal ini menandakan bahwa aliran berada dalam zona aman. Ketidakhadiran panah yang berlawanan mengindikasikan bahwa aliran berjalan dengan lancar dan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga tidak ada risiko aliran balik yang dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan pada sistem. Zona aman ini sangat penting untuk menjaga stabilitas dan efisiensi kinerja saluran bilik secara keseluruhan. Untuk hasil dari trajectory bagian output dapat dilihat pada gambar berikut. analisis trajektori pada bagian belokan saluran. Berdasarkan pengamatan, dapat dilihat pada *back flow* atau *dead zone* pada saluran output. ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 11. Flow Tracjetories output dan Trajectories belokan pipa output

Pada bagian saluran output, panah-panah yang ditunjukkan mengindikasikan bahwa tidak ada panah yang mengarah ke arah berlawanan. Hal ini menandakan bahwa aliran berada dalam zona aman. Ketidakhadiran panah yang berlawanan menunjukkan bahwa aliran berjalan dengan lancar dan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga tidak ada risiko aliran balik yang dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan pada sistem. Zona aman ini sangat penting untuk menjaga stabilitas dan efisiensi kinerja saluran output secara keseluruhan.



Gambar 12. Pengujian pada bilik pengelasan dan Out put

Pengujian bilik pengelasan ini dilakukan untuk memastikan sistem ventilasi berfungsi dengan optimal dalam menghilangkan asap dan partikel berbahaya yang dihasilkan selama proses pengelasan ditunjukkan pada gambar 12. Berdasarkan hasil pengujian, output menunjukkan bahwa asap pengelasan dari bilik dapat keluar dengan lancar. Hal ini mengindikasikan bahwa instalasi tersebut berfungsi dengan baik dan efisien, sehingga dapat mendukung proses kerja dengan optimal serta memastikan bahwa kondisi lingkungan tetap terjaga dari paparan asap berbahaya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada sistem kerja instalasi saluran gas buang asap pengelasan dengan kapasitas output 39 m³ per menit, mendapat hasil dalam proses simulasi sistem kerja instalasi saluran gas buang asap pengelasan menggunakan program aplikasi Solidworks 2021, dengan parameter laju aliran sebesar 0,1083 m³/s pada bagian bilik yang terdiri dari 6 unit melewati saluran pipa hingga terminal, didapatkan hasil yang signifikan. Hasil simulasi pertama pada exhaust fan bilik sampai terminal menunjukkan nilai kecepatan maksimum sebesar 13,14 m/s dan kecepatan rata-rata sebesar 10,55 m/s dan bilangan reynold nya adalah 84567,11. Pada simulasi kedua, dengan adanya fan axial berputar pada 2600 RPM dan diameter pipa 0,127 m, didapatkan hasil, yaitu minimum velocity sebesar 12,88 m/s, average velocity menunjukkan kecepatan rata-rata 13,94 m/s, dan maximum velocity sebesar 14,53 m/s dan bilangan reynold nya adalah 111512,74. Secara keseluruhan alirannya adalah turbulen, dan hasil simulasi menunjukkan peningkatan kinerja sistem ventilasi, dimana kecepatan aliran udara cukup baik, memastikan efisiensi yang lebih tinggi dalam penanganan gas buang asap pengelasan.

DAFTAR REFERENSI

- 3DS. (2012). *SolidWorks Flow Simulation*.
- Aldio. (2022). *Pengembangan lemari asam dengan variasi kecepatan putaran exhaust fan*.
- Bhatia, A. (2021). *Duct components & materials*. Retrieved from *How to size and design duct*. [Online document]. <https://www.scribd.com/document/548363640/000-Modul-HVAC-How-To-Size-And-Design-Ducts-R1-En-Id>
- Eko Riswan, W. S. (2013). Rancang bangun mesin pendingin pada mesin las titik menggunakan metode closed flow. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1). ISSN 2252-4444.
- Febri Dwi Nugroho. (2020). *Analisis distribusi kecepatan, tekanan dan temperatur pada perancangan saluran gas buang mobil desa dengan menggunakan software SolidWorks* [Undergraduate thesis, Universitas Negeri Semarang]. <https://lib.unnes.ac.id/41064/>

- Galliera, J. (2015, January 8). Goals in SolidWorks Flow Simulation. *The SolidWorks Blog*. <https://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2015/01/goals-in-solidworks-flow-simulation.html>
- Jalaluddin, J., Akmal, S., Za, N., & Ishak, I. (2019). Analisa profil aliran fluida cair dan pressure drop pada pipa L menggunakan metode simulasi computational fluid dynamics (CFD). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 97. <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i1.3396>
- Rueda, J. (2019). *Tutorial SolidWorks Flow Simulation 201920200602 7350 1i9rhz*. https://www.academia.edu/43237133/Tutorial_SolidWorks_Flow_Simulation_201920200602_7350_1i9rhz
- Simulasi computational fluid dynamics (CFD) pada boiler – Aeroengineering.co.id. (2021, September 26). <https://www.aeroengineering.co.id/2021/01/simulasi-computational-fluid-dynamics-cfd-pada-boiler/>
- Susanto, R. E. W. S., Dewi, Y. P., Setiawan, D., Cahyono, H., & Bahtiar, A. D. M. (2023). Design of vacuum machine for separating metal scrap waste with oil cutting using Autodesk Inventor: Perancangan desain mesin vakum pemisah limbah geram dengan oil cutting menggunakan Autodesk Inventor. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1), 181–190.
- Widiarta, I. P., Suarda, M., Sucipta, M., & Sukadana, I. G. K. (2022). Simulasi CFD pertukaran udara di ruang tindakan klinik kesehatan. *Jurnal Mettek*, 8(2), 83. <https://doi.org/10.24843/Mettek.2022.V08.I02.P03>
- Yanuar, D. (2014). *Koefisien gesek pada rangkaian pipa dengan variasi diameter dan kekasaran pipa*.