

Simulasi Mesin Pengumpul Debu *Fiberglass* Menggunakan *Sprayer* Air sebagai Penangkap dan Penyaring dari Sisa Pembuatan Panel Depan Kendaraan Bus

Krisna Agung Nugroho^{1,*}, Soeparno Djiwo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Mesin Pengumpul Debu
Fiberglass
Sprayer
CFD

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada PT. Adiputro Wirasejati dengan tujuan untuk menyelesaikan permasalahan terkait proses pembuatan panel depan kendaraan bus. Keterbatasan PT. Adiputro Wirasejati adalah mobilitas operator, kesehatan operator dan kenyamanan operator. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dirancang mesin pengumpul debu *fiberglass*. Penelitian ini telah melakukan analisis aliran fluida dengan meninjau Flow Rate, perbandingan Facet Average dan pola aliran fluida menggunakan ANSYS. Parameter hasil analisis aliran fluida dapat diperoleh dari perhitungan metode elemen hingga. Hasil penelitian menunjukkan mesin pengumpul debu 800 lurus menghasilkan nilai flow rate sebesar $4,9660048 \text{ m}^3/\text{s}$ dan nilai efisiensi dari facet average menghasilkan sebesar 258,4 %. Pada mesin pengumpul debu 800 arah bawah menghasilkan nilai flow rate sebesar $1,3354753 \text{ m}^3/\text{s}$ dan nilai efisiensi dari facet average sebesar 104,3 %. Pada penggunaan mesin pengumpul debu dengan panjang 1200 lurus, didapatkan nilai flow rate sebesar $4,9660059 \text{ m}^3/\text{s}$ dan nilai efisiensi dari facet average sebesar 258,6 %. Pada mesin pengumpul debu 1200 arah bawah menghasilkan nilai flow rate sebesar $1,3354753 \text{ m}^3/\text{s}$ dan nilai efisiensi dari facet average sebesar 78,8 %. Desain mesin pengumpul debu *fiberglass* dengan leher inlet lurus lebih unggul karena semakin sedikit lekukan pada saluran mesin pengumpul debu, semakin rendah resistansi hidroliknya, sehingga laju alirannya akan semakin cepat.

* Corresponding author:

Krisna Agung Nugroho (E-mail : krisnanugroho93@gmail.com)

Diterima: 29 Agustus 2024

Disetujui: 22 September 2024

Dipublikasikan: 31 Oktober 2024

1 PENDAHULUAN

Bahan non logam banyak diaplikasikan pada pembuatan badan kendaraan, salah satu bahan non logam tersebut yaitu *fiberglass*. Dalam pembuatannya sering kali menghasilkan debu yang berbahaya bagi pekerja dan menyebabkan iritasi pada mata, kulit, tenggorokan, lambung, dan saluran pencernaan. Maka diperlukan alat efisien untuk mengumpulkan debu *fiberglass* dari sisa produksi. Beberapa alat pengumpul debu yang sudah ada masih memiliki kekurangan, contohnya alat yang terdapat di PT. X adalah *exhaust cone fan* yang tidak efisien mengumpulkan debu dari material *fiberglass* serta tidak adanya sistem penyaringan udara.

Penulis menginovasi mesin pengumpul debu *fiberglass* dengan menambahkan *sprayer* (semprotan) air sebagai media penangkap debu *fiberglass* dan menggunakan air sebagai *filter* atau penyaring. Pada penelitian ini, penulis akan merancang mesin pengumpul debu *fiberglass* menggunakan software Autodesk Inventor untuk membuat pemodelan tiga dimensi dengan gambar teknik dan perakitan mesin. Selain itu, software simulasi Ansys Fluent digunakan untuk melakukan simulasi performa turbin dan bentuk aliran fluida di dalam mesin pengumpul debu menggunakan standarisasi metode elemen hingga.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah agar hasil desain dan simulasi ini dapat dipakai atau diterapkan dalam membangun sebuah alat yang berguna bagi PT. X dalam membuat komponen berbahan dasar *fiberglass* untuk menunjang kenyamanan, kesehatan dan keselamatan pekerja dalam mengatasi debu *fiberglass* yang sulit dikumpulkan.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Metode Perancangan Desain

Merupakan proses sistematis yang digunakan untuk menciptakan desain yang efektif dan efisien dalam mengembangkan produk untuk memenuhi syarat dan spesifikasi tertentu. Dalam merancang mesin pengumpul debu untuk debu, metode yang digunakan berdasarkan studi literatur dan dapat disesuaikan berdasarkan kondisi lapangan. Penelitian ini menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2024 dalam membuat desain mesin pengumpul debu fiberglass.

Komputasi Fluida Dinamis

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan analisa sistem yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait. Seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi berbasis komputer (numeric). Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol- kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebut tadi atau meshing. Nantinya, pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan domain dan boundary condition yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang banyak dipakai pada proses penghitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer. Contoh lain penerapan prinsip ini adalah Finite Element Analysis (FEA) yang digunakan untuk menghitung tegangan yang terjadi pada benda solid. [7]

Langkah awal dalam melakukan Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah menentukan geometry terhadap objek desain mesin pengumpul debu. Geometri pada ANSYS berguna untuk membuat model yang akurat dan lengkap sebelum melakukan simulasi atau analisis. Penulis dapat mengembangkan model geometri yang kompleks dan memastikan bahwa model tersebut siap untuk digunakan dalam berbagai aplikasi simulasi, seperti Computational Fluid Dynamics (CFD) atau Finite Element Analysis (FEA). Model geometri yang akurat sangat penting untuk memastikan hasil simulasi yang akurat dan dapat dipercaya.

Berikutnya, adalah meshing. Persamaan diferensial parsial yang mengatur aliran fluida dan perpindahan panas biasanya tidak dapat diselesaikan secara analitis, kecuali untuk kasus-kasus yang sangat sederhana. Oleh karena itu, untuk menganalisis aliran fluida, domain aliran dibagi menjadi sub-domain yang lebih kecil (terdiri dari primitif geometris seperti heksahedra dan tetrahedral dalam 3D serta segi empat dan segitiga dalam 2D). Persamaan yang mengatur kemudian didiskritisasi dan diselesaikan di dalam masing-masing sub-domain ini. [8]

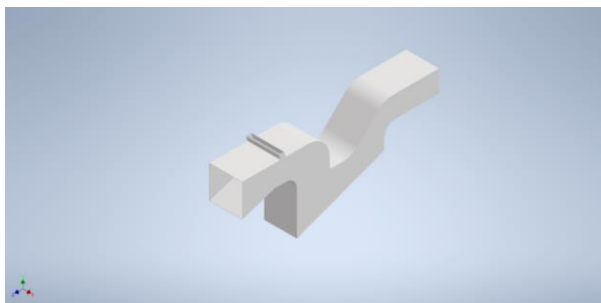
Langkah berikutnya adalah setup. Dalam tahapan ini, penulis menentukan model aliran fluida dan properti material. Menentukan model aliran fluida yang akan digunakan yakni turbulen (Reynolds Stress) dan material yang digunakan adalah udara, air dan debu (silikon dioksida). Simulasi ini menggunakan metode solusi default berdasarkan tekanan. Kemudian untuk velocity formulation menggunakan absolute. Aliran dalam sistem ini bersifat transient. Dalam tahap ini juga menentukan jumlah fasa yang akan digunakan dan material yang akan digunakan.

Aliran fluida dianalisis menggunakan software ANSYS Workbench 2021 R2 type fluent. Analisis fluent adalah proses simulasi yang digunakan untuk menganalisis perilaku fluida dalam berbagai kondisi. Analisis ini memungkinkan pengguna untuk menentukan Flow Rate, Facet Average dan Velocity Vector.

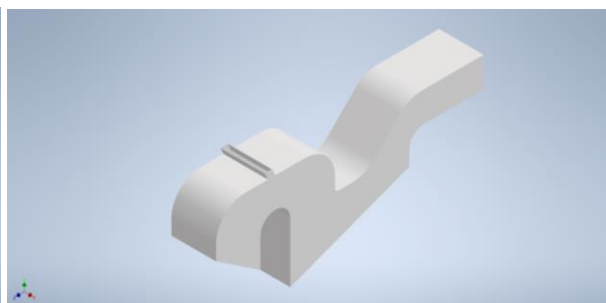
Peneliti meneliti menggunakan empat tipe desain yang akan disimulasikan yaitu 800 lurus, 800 arah bawah, 1200 lurus dan 1200 arah bawah.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

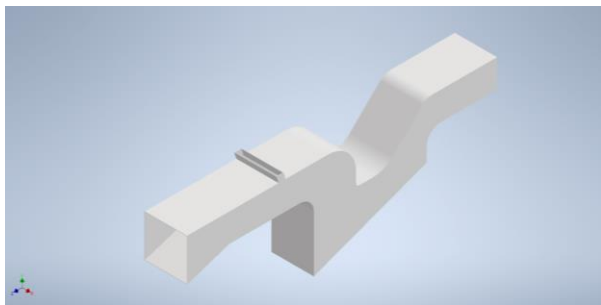
3.1 Desain mesin pengumpul debu fiberglass yang telah ditentukan seperti pada gambar di bawah ini.



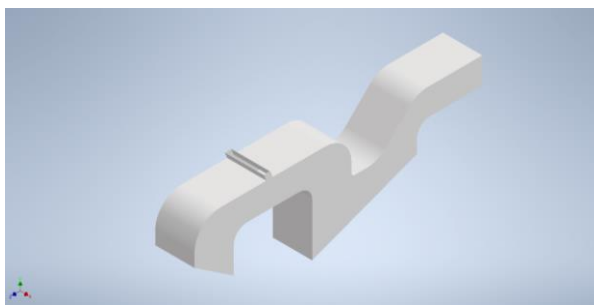
Gambar 1. Desain mesin pengumpul debu 800 lurus



Gambar 2 : Dust collector 800 arah bawah



Gambar 3 : Dust collector 1200 lurus



Gambar 4 : Dust collector 1200 arah bawah

3.2 Data desain mesin pengumpul debu

Dust Collector 800 Lurus

Tabel 1 : Data desain mesin pengumpul debu 800 lurus

Arah	Lurus
Panjang	1800 mm
Lebar	300 mm
Tinggi	700 mm
Panjang leher <i>inlet</i>	800 mm
Tinggi bak <i>filter</i> air	375 mm

Dust Collector 800 Arah Bawah

Tabel 2 : Data desain mesin pengumpul debu 800 arah bawah

Arah	Ke bawah
Panjang	1800 mm
Lebar	300 mm
Tinggi	700 mm
Panjang leher <i>inlet</i>	800 mm
Tinggi bak <i>filter</i> air	375 mm

Dust Collector 1200 Lurus

Tabel 3 : Data desain mesin pengumpul debu 1200 lurus

Arah	Lurus
Panjang	2200 mm
Lebar	300 mm
Tinggi	700 mm
Panjang leher <i>inlet</i>	1200 mm
Tinggi bak <i>filter</i> air	375 mm

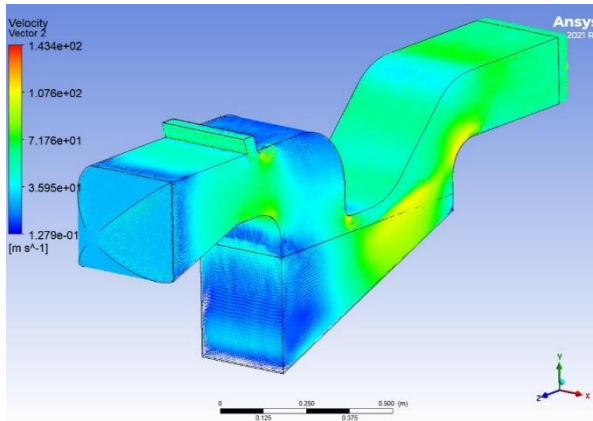
Dust Collector 1200 Arah Bawah

Tabel 4 : Data desain mesin pengumpul debu 1200 arah bawah

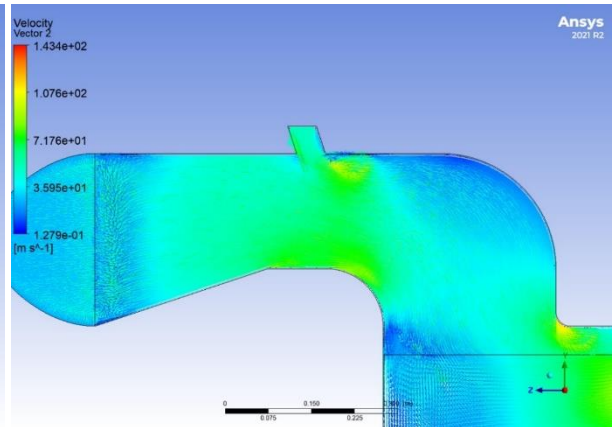
Arah	Ke bawah
Panjang	2200 mm
Lebar	300 mm
Tinggi	700 mm
Panjang leher <i>inlet</i>	1200 mm
Tinggi bak <i>filter</i> air	375 mm

3.3 Pembahasan hasil analisis mesin pengumpul debu menggunakan panjang leher inlet 800 lurus

Gambar 5 dan gambar 6 merupakan hasil analisa mesin pengumpul debu dengan variasi panjang leher inlet 800 mm lurus menghasilkan nilai flow rate $4,9660048 \text{ m}^3/\text{s}$. Mesin pengumpul debu dengan nilai facet average di outlet sebesar 96,9 m/s dan menghasilkan nilai efisiensi sebesar 258,4 %.



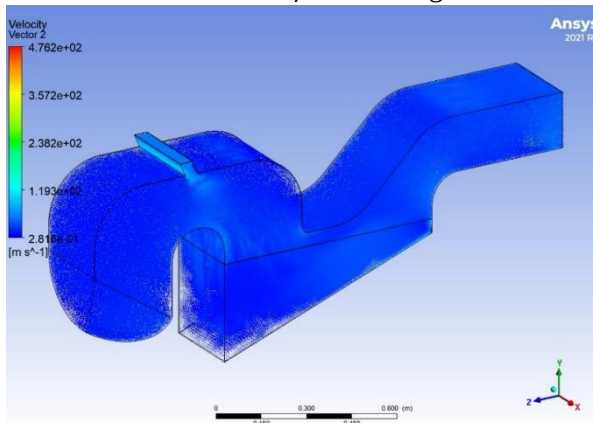
Gambar 5 : Vector ISO dust collector 800 lurus



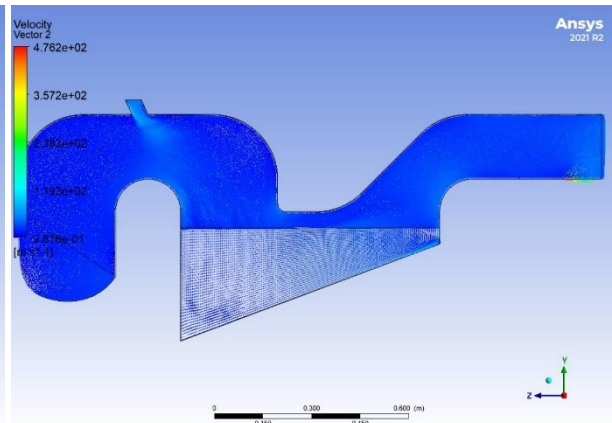
Gambar 6 : Vector sumbu X dust collector 800 lurus

3.4 Pembahasan hasil analisis mesin pengumpul debu menggunakan panjang leher inlet 800 arah bawah

Gambar 7 dan gambar 8 merupakan hasil analisa mesin pengumpul debu dengan variasi panjang leher inlet 800 mm arah bawah menghasilkan nilai flow rate $1,3354753 \text{ m}^3/\text{s}$. Mesin pengumpul debu dengan nilai facet average di outlet sebesar $46,7 \text{ m/s}$ dan menghasilkan nilai efisiensi sebesar $104,3 \%$.



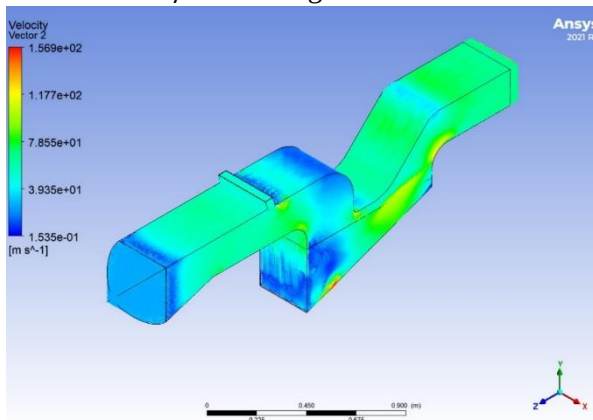
Gambar 7 : Vector ISO dust collector 800 arah bawah



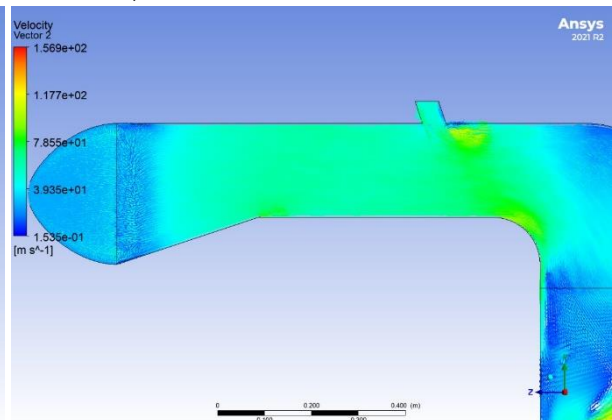
Gambar 8 : Vector sumbu X dust collector 800 arah bawah

3.5 Pembahasan hasil analisis mesin pengumpul debu menggunakan panjang leher inlet 1200 lurus

Gambar 9 dan gambar 10 merupakan hasil analisa mesin pengumpul debu dengan variasi panjang leher inlet 1200 mm lurus menghasilkan nilai flow rate $4,9660059 \text{ m}^3/\text{s}$. Mesin pengumpul debu dengan nilai facet average di outlet sebesar 97 m/s dan menghasilkan nilai efisiensi sebesar $258,6 \%$.



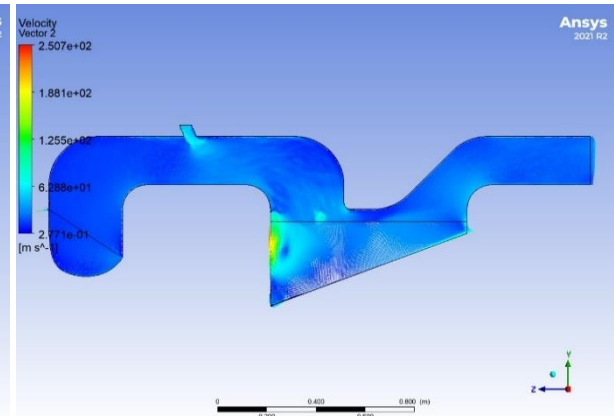
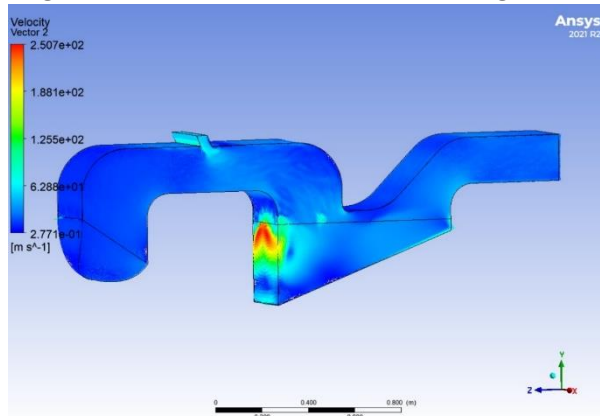
Gambar 9 : Vector ISO dust collector 1200 lurus



Gambar 10 : Vector sumbu X dust collector 1200 lurus

3.6 Pembahasan hasil analisis mesin pengumpul debu menggunakan panjang leher inlet 1200 arah bawah

Gambar 11 dan gambar 12 merupakan hasil analisa mesin pengumpul debu dengan variasi panjang leher inlet 1200 mm arah bawah menghasilkan nilai flow rate $1,3354753 \text{ m}^3/\text{s}$. Mesin pengumpul debu dengan nilai facet average di outlet sebesar $35,3 \text{ m/s}$ dan menghasilkan nilai efisiensi sebesar $78,8 \%$.



Gambar 11 : Vector ISO dust collector 1200 arah bawah Gambar 12 : Vector sumbu X dust collector 1200 arah bawah

3.7 Tabel hasil analisis flow rate, facet average dan efisiensi

- a) Hasil analisis nilai flow rate pada keempat mesin pengumpul debu merupakan aspek penting sebelum melakukan rancang bangun sebuah mesin pengumpul debu. Berdasarkan hasil analisa data di atas dengan variasi panjang leher inlet dan arah leher inlet ditentukan velocity vector 25 m/s maka didapatkan nilai flow rate seperti tabel 1 flow rate di bawah ini.

Tabel 5 : Hasil analisis flow rate

	Model Mesin Pengumpul Debu	Flow Rate (m^3/s)
1.	800 lurus	4,9660048
2.	800 arah bawah	1,3354753
3.	1200 lurus	4,9660059
4.	1200 arah bawah	1,3354753

- b) Hasil analisis nilai facet average dan menghasilkan nilai efisiensi pada keempat desain sebelum melakukan rancang bangun sebuah mesin pengumpul debu adalah aspek penting apakah nilai facet average dan efisiensi yang didapat sudah sesuai dengan desain yang telah dibuat. Berdasarkan analisis data di atas dengan variasi panjang leher inlet dan arah leher inlet ditentukan velocity vector 25 m/s maka didapatkan nilai facet average dan efisiensi pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 6 : Hasil analisis facet average dan efisiensi

No.	Model Mesin Pengumpul Debu	Facet Average (m/s)		Efisiensi (%)
		Inlet 1	Outlet	
1.	800 lurus	25	96,9	258,4
2.	800 arah bawah	25	46,7	104,3
3.	1200 lurus	25	97	258,6
4.	1200 arah bawah	25	35,3	78,8

4 KESIMPULAN

1. Nilai *facet average* tertinggi di *output* ada pada mesin pengumpul debu 1200 lurus Dengan masing-masing nilai pada mesin pengumpul debu 800 lurus sebesar 96,9 m/s, mesin pengumpul debu 800 arah bawah sebesar 46,7 m/s, mesin pengumpul debu 1200 lurus sebesar 97 m/s, dan mesin pengumpul debu 1200 arah bawah sebesar 35,3 m/s.
2. Pada *flow rate* yang dihasilkan oleh keempat desain mesin pengumpul debu dengan kecepatan *inlet* 25 m/s, didapatkan nilai *flow rate* tertinggi ada pada desain mesin pengumpul debu 1200 lurus. Dengan masing-masing nilai *flow rate* pada mesin pengumpul debu 800 lurus sebesar 4,9660048 m³/s, mesin pengumpul debu 800 arah bawah sebesar 1,3354753 m³/s, mesin pengumpul debu 1200 lurus sebesar 4,9660059 m³/s dan mesin pengumpul debu 1200 arah bawah sebesar 1,3354753 m³/s.
3. Nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan ada pada mesin pengumpul debu 1200 lurus. Dengan masing-masing nilai pada mesin pengumpul debu 800 lurus sebesar 258,4 %, mesin pengumpul debu 800 arah bawah sebesar 104,3 %, mesin pengumpul debu 1200 lurus sebesar 258,6 %, dan mesin pengumpul debu 1200 arah bawah sebesar 78,8 %.
4. Pada penelitian ini, diperoleh *vector speed* yang paling baik ada pada desain mesin pengumpul debu 1200 lurus. Dilihat dari warna *vector speed* yang cenderung hijau kekuningan, menandakan aliran fluida yang terjadi lebih cepat.
5. Pada penelitian ini, variasi desain mesin pengumpul debu dengan panjang dan arah inlet sangat mempengaruhi performa mesin berupa nilai *flow rate*, *facet average* dan bentuk aliran fluida.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Canonsburg, Technology Drive. 2013. "ANSYS Fluent Tutorial Guide." 15317(November): 724–46.
- [2] Hassan, Ghassan, Abba Abdulhamid Abubakar, Bekir Sami Yilbas, Abdullah Al-Sharafi, and Hussain Al-Qahtani. 2023. "Dust Mitigation by a Water Droplet in between Movable and Modified Wetting States Surfaces." *Scientific Reports* 13(1): 1–20. doi:10.1038/s41598-023-41695-0.
- [3] Jing, Deji, Zhen Li, Shaocheng Ge, Tian Zhang, Xiangxi Meng, and Xin Jia. 2022. "Research on the Mechanism of Multilayer Spiral Fog Screen Dust Removal at the Comprehensive Excavation Face." *PLoS ONE* 17(4 April): 1–19. doi:10.1371/journal.pone.0266671.
- [4] Kohnke, P C. 1982. "ANSYS." In *Finite Element Systems: A Handbook*, ed. C A Brebbia. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 19–25. doi:10.1007/978-3-662-07229-5_2.
- [5] Nurlaili, Bela Veronika, Orizha Cantika, Dona Mustika. 2018. "Daya Hisap Vacuum Cleaner Sederhana." *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains* 1(1): 24–26.
- [6] Qian, Jianghai, Junfeng Wang, Hailong Liu, and Haojie Xu. 2022. "Numerical Investigation of Fine Particulate Matter Aggregation and Removal by Water Spray Using Swirling Gas Flow." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(23): 16129. doi:10.3390/ijerph192316129.
- [7] Saiful Akmal Nasrul Za, Ishak. 2020. 8 Jurnal Teknologi Kimia Unimal *Analisa Laju Korosi Baja Karbon ST-37 Dalam Larutan Asam Sulfat Dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau*. doi:10.29103/jtku.v8i2.2682.
- [8] Srinivas, J, J Murugesan, M Saravanan, and M Raghupathi. 2020. "Computational Fluid Analysis(CFD) of Dust Collector Using ANSYS." *IJRARI BQP003 International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*
- [9] Zhang, Di, Zuyun Chen, Fangquan Zhong, and Ziyi Zhou. 2023. "Experimental Study on Dust Removal Performance of Electrostatic Water Film Cyclone Dust Collector." *International Journal of Rotating Machinery* 2023. doi:10.1155/2023/9959052.
- [10] Purkuncoro, Aladin Eko. n.d. *Pengenalan Computer Aided Design 2D / 3D Assambly Dan Animate Menggunakan Autodesk Inventor Professional*.