

Studi Numerik Pengaruh Sudut Kemiringan *Push Nozzle* pada Air *Curtain* Terhadap Pola Aliran *Push-Pull Ventilation*

Muhammad Rafli Syahrizal Rasyid^{1*}, Burniadi Moballa², Agung Purwana³

Program studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: muhammadraffi@student.ppns.ac.id^{*}; bmoballa@ppns.ac.id^{2*}; agung_purwana@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - COVID-19 cases will continue to spread throughout the world until 2023, including in Indonesia, and have many negative impacts, especially for the industrial world because it is difficult to enforce a minimum distance of 1-2 meters between employees. One technology that has high potential to be applied is the air curtain. This journal analyzes push-pull ventilation to protect workers from microdroplet inhalation. In this study, two variations of the push-pull ventilation speed ratio (V_s/V_b) were used, namely 4 and 6. As well as using a variation of the push nozzle slope, namely 10° . In this study, running was carried out with two models, namely modeling without a mannequin and with a mannequin. To complete this research, simulations were carried out using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method using Salome, OpenFOAM, and ParaView software. So, the results obtained in modeling without a mannequin, the speed ratio of 6 is the most optimal ratio with the least amount of average discharge that goes out of bounds, namely $0.582 \text{ m}^3/\text{s}$. While the results of the push-pull modeling with the mannequin show that no droplets penetrate the air curtain at all variations of the velocity ratio, the velocity ratio of 6 is the velocity ratio that has a over-blow flow pattern that is very effective in holding down spray from droplets.

Keyword: Computational Fluid Dynamics, COVID-19, droplet, push-pull ventilation, velocity ratio

Nomenclature

v_s	Velocity pull/suction (m/s)
v_b	Velocity push/blow (m/s)
v_g	Velocity droplet (m/s)
v_s / v_b	Velocity ratio blow and suction nozzle
t	Time (s)
Q	Volumetric flow rate (m^3/s)

1. PENDAHULUAN

Kasus COVID-19 akan terus berjangkit hingga tahun 2023 ini. Virus ini menginfeksi manusia dalam jumlah besar dan memiliki dampak negatif yang luas terhadap kehidupan, terutama pada kesehatan fisik dan mental manusia. Virus dapat menyebar sebagai partikel cair kecil (*droplet*) dari mulut atau hidung orang yang terinfeksi ketika mereka batuk, bersin, berbicara, bernyanyi, atau bernapas. Partikel-partikel ini berkisar dari tetesan pernapasan yang lebih besar hingga aerosol yang lebih kecil. *Droplet* bergerak di udara, meski tidak jauh. Ada kasus di mana terjadi penularan tidak langsung yang menjadi topik diskusi terkait penyebaran COVID-19 di udara melalui *microdroplet*. Melakukan jaga jarak minimum 1 sampai 2 meter di antara pekerja sulit untuk diterapkan di industri. Hal ini dikarenakan keterbatasan *layout*,

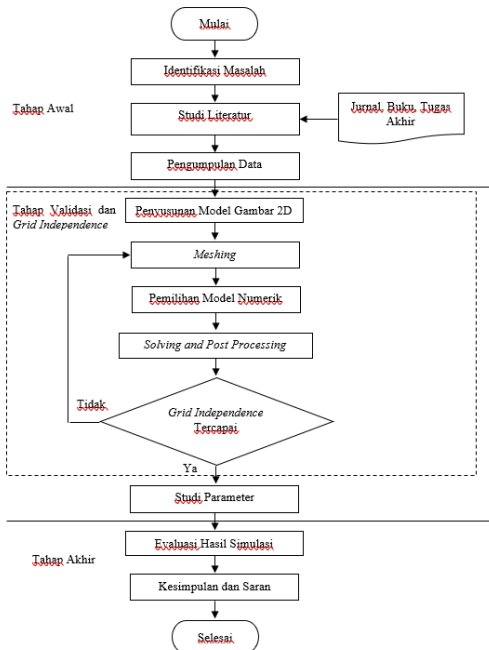
luas, maupun sistem kerja di industri. COVID-19 adalah sesuatu yang tidak bisa diremehkan. Meskipun jumlah kasus infeksi COVID-19 menurun pada tahun 2023, COVID-19 terus bermutasi setiap tahun dan menjadi semakin berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem di industri yang dapat melindungi pekerja industri dari kemungkinan paparan COVID-19 dengan cara memasang *air curtain* (tirai udara) yang terdapat pada *push-pull ventilation* [6]. Pada jurnal kali ini akan membahas metode numerik tentang sistem pengelolaan tata udara dengan *push-pull ventilation* yang mampu melindungi pekerja industri dari inhalasi *microdroplet* yang bisa menularkan COVID-19. Tujuan dari pengerjaan jurnal ini adalah untuk mengetahui efektivitas sistem tata udara dari *push-pull ventilation* di tempat industri untuk mengurangi risiko penyebaran COVID-19 di sektor industri. Pada jurnal ini dilakukan analisis debit dan kecepatan udara *push-pull*, serta menganalisis pengaruh sudut kemiringan *push nozzle* pada *push-pull ventilation* terhadap pola aliran dari *push-pull ventilation*. Dalam jurnal ini, metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) digunakan sebagai alat bantu untuk menganalisis kecepatan aliran *push-pull ventilation*, kecepatan udara, serta sudut kemiringan *push nozzle* pada *push-pull*

ventilation. Hasil akhir dari penelitian ini adalah untuk melindungi pekerja industri dari risiko paparan COVID-19 dan tidak mengurangi produktivitas mereka dalam bekerja.

2. METODOLOGI .

2.1 Metodologi Penelitian

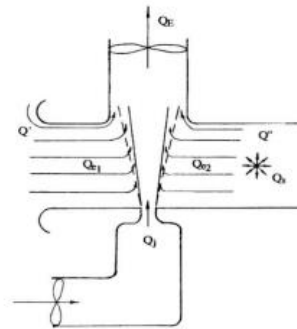
Berikut ini adalah diagram alir proses pengerjaan penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 1 Diagram alir penelitian.

2.2 Push-Pull Ventilation

Push-pull ventilation telah digunakan sebagai kontrol teknik selama bertahun-tahun. Untuk polusi di dalam ruangan bisa diatasi oleh push-pull ventilation yang telah menjadi metode ventilasi yang efektif. Push-pull ventilation memiliki ketahanan yang kuat terhadap arus udara dari luar, serta pengoperasannya yang handal dan stabil, hemat energi. Penggunaannya sebagai penghalang perpindahan panas dan massa menjadi topik utama pada jurnal ini. Sebuah tirai udara yang dirancang dengan baik dapat mencegah perpindahan massa melaluinya di kedua arah [1]. Sistem push-pull ventilation terdiri dari dua bagian yaitu push jet dan pull exhaust. Push-pull ventilation terdapat empat mode aliran karakteristik, yang dilambangkan sebagai dispersi, transisi, enkapsulasi dan hisap yang kuat. Hal ini diidentifikasi dalam domain kecepatan push-jet dan pull-flow pada berbagai lebar tangki permukaan terbuka dan meningkatnya kecepatan gas [3].



Gambar 2 Prinsip air curtain.
 Sumber : (Etkin & McKinney, 1992).

2.3 Perhitungan Kecepatan Batuk

Perhitungan kecepatan batuk dapat dihitung dengan persamaan berikut [2].

$$\bar{M} = \frac{\text{Flowrate}}{\text{CPFR} \times \text{Time}} = \frac{PVT}{PVT}$$

$$\bar{M} = \frac{a_1 \tau^{b_1-1} \exp(-\tau/c_1)}{\Gamma(b_1) c_1^{b_1}}, \tau < 1,2$$

$$\bar{M} = \frac{a_1 \tau^{b_1-1} \exp(-\tau/c_1)}{\Gamma(b_1) c_1^{b_1}} + \frac{a_1 (\tau-1,2)^{b_2-1} \exp(-(\tau-1,2)/c_2)}{\Gamma(b_2) c_2^{b_2}}$$

$\tau < 1,2$

dimana :

$$a_1 = 1,680$$

$$b_1 = 3,338$$

$$c_1 = 0,428$$

$$a_2 = \frac{CEV}{PVT \times CPFR} - a_1$$

$$b_2 = \frac{-2,158 \times CEV}{PVT \times CPFR} + 10,457$$

$$c_2 = \frac{1,8}{b_2 - 1}$$

$$CPFR \left(\frac{l}{s} \right) = -8,8980 + 6,3925 h \text{ (m)} + 0,0346w \text{ (kg)}$$

$$PVT \text{ (ms)} = 1,360CPFR + 65,860$$

$$CEV \text{ (l)} = 0,138CPFR \left(\frac{l}{s} \right) + 0,2983$$

keterangan :

$$CPFR = \text{Cough Peak Flow Rate} \left(\frac{l}{s} \right)$$

$$PVT = \text{Peak Velocity Times (ms)}$$

$$CEV = \text{Cough Expiration Volume (l)}$$

2.4 Computational Fluid Dynamic (CFD)

CFD menyimulasikan gerak fluida berdasarkan pada suatu kondisi dengan menggunakan dasar-dasar perhitungan fluida bergerak. Simulasi CFD dapat memprediksi secara rinci pergerakan fluida di sekitar objek penelitian, baik di dalam maupun di luar bangunan. Namun demikian, karena model simulasi CFD menggunakan banyak asumsi, akurasi model tersebut harus divalidasi dengan menggunakan data eksperimen lainnya sebagai pembandingan, seperti on-site experiment, wind-tunnel experiment, dan numerical validation.

Simulasi CFD dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *preprocessing*, *solving*, dan *postprocessing*. Pada jurnal ini, untuk tahapan *preprocessing* menggunakan *software SALOME*, untuk tahap *solving* menggunakan *software OpenFOAM*, dan untuk tahap *postprocessing* menggunakan *software ParaView*.

2.5 SALOME

SALOME adalah platform simulasi numerik *Open Source* yang memungkinkan realisasi lengkap dari studi numerik. Pengguna dapat menginstal kode digital inti mereka pada *platform*, menentukan geometri masalah, menggabungkannya, menentukan kondisi batas, meluncurkan pemecah pada superkomputer, menghitung, memvisualisasikan hasil, dan menganalisis data. Semua tindakan ini dilakukan dalam lingkungan yang koheren dan terintegrasi. *SALOME* dapat mengelola simulasi numerik besar, seperti yang ditemui dalam studi multifisika dan/atau parametrik [5]. Pada jurnal ini *SALOME* digunakan untuk pemodelan geometri dan melakukan *meshing* pada model geometri tersebut.

2.6 OpenFOAM

OpenFOAM adalah sebuah pustaka berorientasi objek untuk mekanika kontinum komputasi yang dirancang untuk mencapai tujuan di atas. Sebagai pengganti desain perangkat lunak monolitik dan ekstensi "pengkodean pengguna", *OpenFOAM* mengimplementasikan komponen-komponen penanganan *mesh*, sistem linier dan dukungan *solver*, operator diskritisasi, dan model fisik dalam bentuk pustaka, di mana komponen-komponen tersebut digunakan kembali pada sejumlah *solver* tingkat atas. Aplikasi ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu *solvers*, yang masing-masing dirancang untuk memecahkan masalah tertentu dalam mekanika kontinum dan utilitas, yang dirancang untuk melakukan tugas yang melibatkan manipulasi data [4]. Pada jurnal ini *OpenFOAM* digunakan untuk *solving* pada model geometri yang sudah dibuat.

2.7 ParaView

ParaView adalah aplikasi visualisasi dan analisis data *multi-platform open-source*. *ParaView* telah diintegrasikan ke dalam platform untuk memanfaatkan kapasitasnya dalam memvisualisasikan model besar. Perangkat lunak Sumber Terbuka *ParaView* terintegrasi dalam platform *SALOME*. Ini mewakili alat visualisasi utama platform dan secara khusus dipilih karena kemampuannya untuk mengelola volume data yang besar. Kemampuan visualisasi *ParaView* telah terintegrasi dalam aplikasi *SALOME* dalam bentuk modul khusus. Kemampuan *ParaView* sehubungan dengan kumpulan data besar dan

integrasinya yang efisien secara alami dalam lingkungan tipe paralel/*cluster* memandu pilihan ini [5]. Pada jurnal ini *ParaView* digunakan untuk mengolah data pada model geometri yang sudah dibuat dan di-*running*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Laju Aliran Batuk

Untuk data yang akan dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h \text{ (orang)} &= 1,68 \text{ m} \\ w \text{ (orang)} &= 68 \text{ kg} \\ A \text{ (bukaan mulut)} &= 0,000336 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Menentukan *Cough Peak Flow Rate* (CPFR)

menggunakan persamaan diatas sebagai berikut :

$$CPFR = -8,8980 + 6,3925 h \text{ (m)} + 0,0346w \text{ (kg)}$$

$$CPFR = -8,8980 + 6,3925 \times 1,68 + 0,0346 \times 68$$

$$CPFR = 4,1942 \text{ l/s}$$

$$CPFR = 0,0041942 \text{ m}^3/\text{s}$$

Menentukan kecepatan batuk (V_g) sebagai berikut :

$$v_g = \frac{CPFR}{A}$$

$$v_g = \frac{0,0041942 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000336 \text{ m}^2}$$

$$v_g = 12,4827 \text{ m/s}$$

3.2 Hasil Perhitungan Kecepatan Push-Pull

Dari kecepatan batuk (V_g) dapat menentukan kecepatan *blow nozzle* (V_b) dan *suction nozzle* (V_s) yaitu sebagai berikut :

$$v_b = \frac{v_g}{2}$$

$$v_b = \frac{12,4827 \text{ m/s}}{2}$$

$$v_b = 6,2414 \text{ m/s}$$

$$v_s = v_b \times 4$$

$$v_s = 6,2414 \text{ m/s} \times 4$$

$$v_s = 24,9655 \text{ m/s}$$

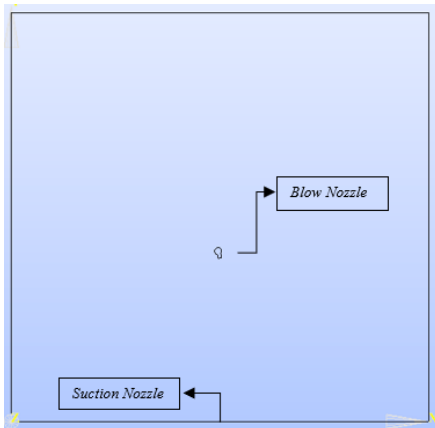
Setelah nilai kecepatan *nozzle* didapatkan, dilakukan variasi rasio kecepatan (V_s/V_b) beserta penambahan sudut 10° pada *blow nozzle* agar dapat mengetahui pola aliran yang paling optimum. Untuk tabel perhitungan variasi rasio dan kecepatan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Variasi *Push-Pull Ventilation*

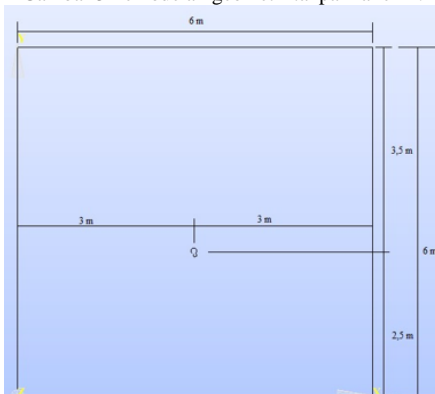
Rasio Kecepatan (V_s/V_b)	Kecepatan <i>Blow Nozzle</i> (m/s)	Sudut Kemiringan <i>Blow Nozzle</i>	Kecepatan <i>Suction Nozzle</i> (m/s)
4	6,24	10°	24,96
6	6,24	10°	37,44

3.3 Pemodelan Geometri

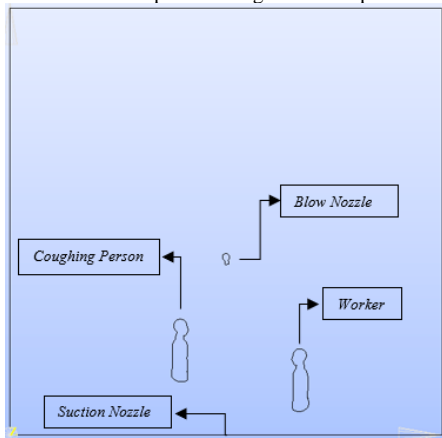
Pemodelan geometri dilakukan dengan *software SALOME*. Dilakukan 2 variasi pemodelan geometri, yaitu pemodelan geometri tanpa manekin dan dengan manekin. Untuk *blow nozzle* dan *suction nozzle* menggunakan diameter 2 inci dan 4 inci.



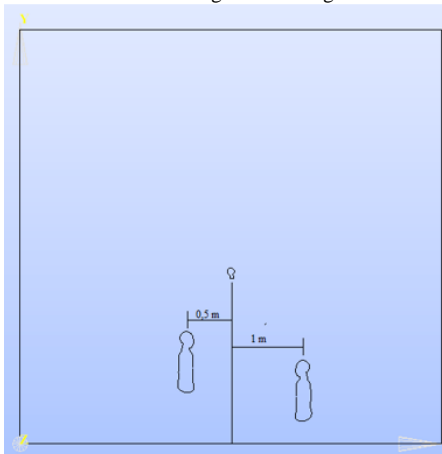
Gambar 3 Pemodelan geometri tanpa manekin.



Gambar 4 Ukuran pemodelan geometri tanpa manekin.



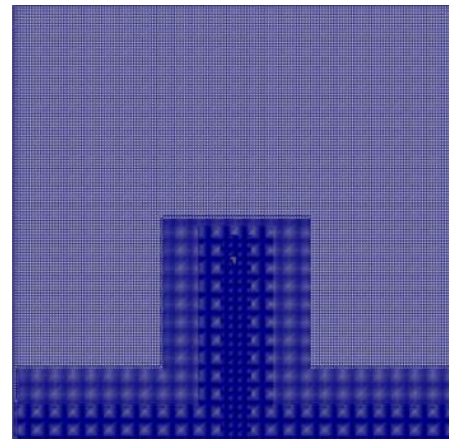
Gambar 5 Pemodelan geometri dengan manekin.



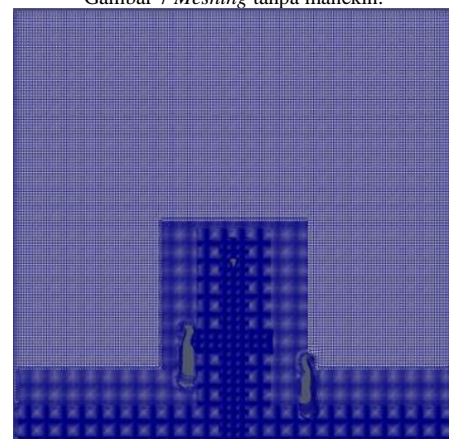
Gambar 6 Ukuran pemodelan geometri dengan manekin.

3.4 Meshing

Mesh dalam geometri 2D menggunakan algoritma *NETGEN 1D-2D* dengan *software SALOME* dan dilanjutkan *Cartesian2DMesh* dengan *software OpenFOAM*. *Meshing* menggunakan *maxcellsize* yang berukuran 0,04 m agar aliran dalam simulasi terlihat lebih jelas dan lebih akurat.



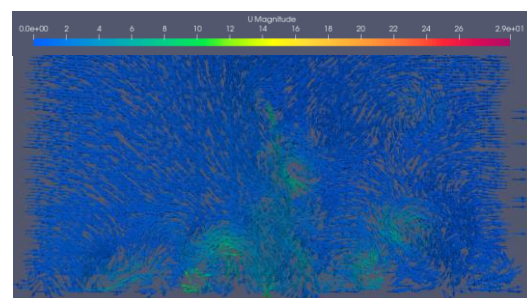
Gambar 7 Meshing tanpa manekin.



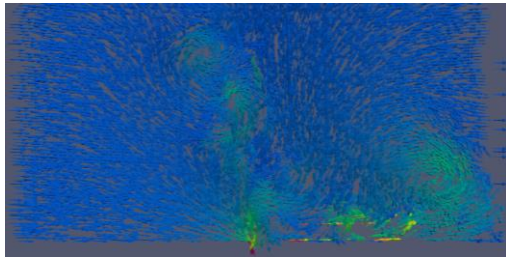
Gambar 8 Meshing dengan manekin.

3.5 Hasil Simulasi Tanpa Manekin

Hasil mesh dan variasi yang telah dimasukkan ke dalam *software* perhitungan disimulasikan berdasarkan *setting* yang telah dijelaskan sebelumnya. Berikut merupakan hasil simulasi pemodelan tanpa manekin (*u.air*) yang telah dilakukan pada penelitian ini.



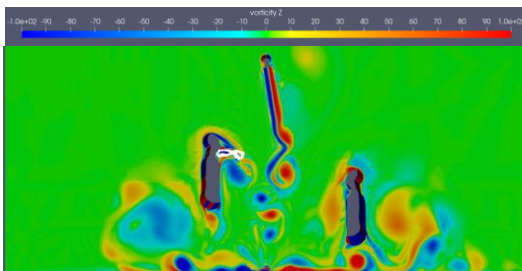
Gambar 9 Hasil simulasi tanpa manekin (rasio 4).



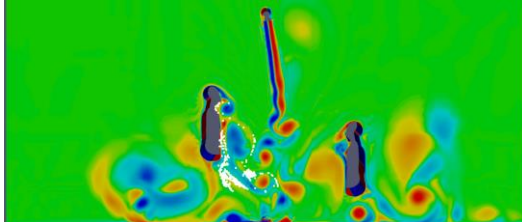
Gambar 10 Hasil simulasi tanpa manekin (rasio 6)

3.6 Hasil Simulasi Dengan Manekin

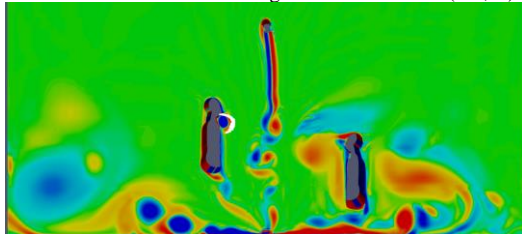
Sedangkan, berikut merupakan hasil simulasi pemodelan dengan manekin (*vorticity*) yang telah dilakukan pada penelitian ini.



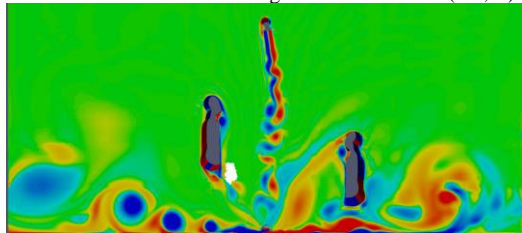
Gambar 11 Hasil simulasi dengan manekin rasio 4 (t=0,1s).



Gambar 12 Hasil simulasi dengan manekin rasio 4 (t=0,5s).



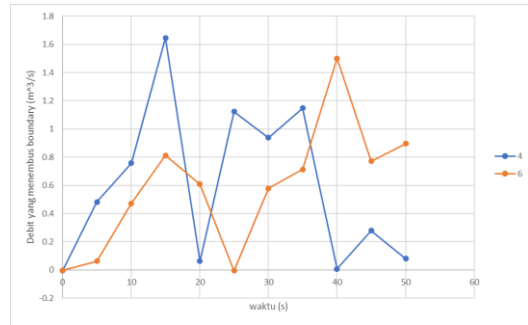
Gambar 13 Hasil simulasi dengan manekin rasio 6 (t=0,1s).



Gambar 14 Hasil simulasi dengan manekin rasio 6 (t=0,5s).

3.7 Pembahasan Pemodelan Tanpa Manekin

Dari hasil simulasi diatas, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan jumlah debit *u.air* (*velocity*) yang menembus sisi kanan, kiri, dan atas *boundary*. Nilai hasil perbedaan pada tiap variasi rasio kecepatan dapat dilihat pada Gambar 13 dan Tabel 2.



Gambar 15 Grafik debit *u.air* yang menembus *boundary*.

Tabel 2 Data Debit *u.air* yang Menembus *Boundary*

Rasio Kecepatan	Rata-rata debit <i>u.air</i> yang menembus <i>boundary</i> (t 0 – 50s)
4	0,59281 m ³ /s
6	0,58248 m ³ /s

Dilihat dari tabel diatas, rasio kecepatan 4 memiliki nilai debit *u.air* yang menembus *boundary* paling banyak dengan nilai rata rata sebesar 0,593 m³/s. Ketika rasionya dinaikkan sebesar 6 memiliki nilai debit *u.air* yang menembus *boundary* berkurang sedikit dengan nilai rata rata sebesar 0,582 m³/s. Jadi rasio kecepatan *blow nozzle* dan *suction nozzle* pada sudut kemiringan 10° yang paling optimum untuk menahan dispersi semburan *droplet* adalah variasi rasio 6 dengan nilai kecepatan *blow nozzle* dan *suction nozzle* sebesar 6,24 m/s dan 37,44 m/s.

3.8 Pembahasan Pemodelan Dengan Manekin

Dari hasil simulasi diatas, dapat dilihat bahwa semua jumlah *droplet* dapat ditahan oleh aliran *push-pull*. Nilai *droplet* yang tembus tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Perhitungan *Droplet*

Rasio (V_s/V_b)	4	6
<i>Droplet</i> yang tembus	0	0
<i>Droplet</i> yang terhisab <i>suction nozzle</i>	301	427
<i>Droplet</i> yang jatuh di lantai	8	0
<i>Droplet</i> yang menempel di badan <i>cougher</i>	118	0
Total <i>Droplet</i>	427	427

Dapat dilihat dari data pada Tabel 3 bahwa tidak ada *droplet* yang menembus aliran *push-pull* pada berbagai rasio kecepatan. Namun terdapat perbedaan jumlah *droplet* yang terhisab dalam *suction nozzle* dan perbedaan pola aliran. Pada rasio 4 tidak semua *droplet* terhisab, hanya 301 *droplet* yang terhisab *suction nozzle*. Sedangkan pada rasio kecepatan 6, semua *droplet* terhisab dalam *suction nozzle*. Semakin banyak *droplet* yang terhisab oleh *suction nozzle*, maka semakin optimal rasio kecepatan dari *push-pull*. Pada rasio kecepatan 4 terbentuk pola aliran *under-suction*. Jika rasio kecepatan dinaikkan sebesar 6 terbentuk pola aliran *over-blow*. Jadi rasio kecepatan *blow nozzle* dan *suction nozzle* pada sudut kemiringan 10° yang paling optimum

untuk menahan dispersi semburan *droplet* dilihat dari variasi pemodelan tanpa manekin dan dengan manekin adalah variasi rasio (V_s/V_b) 6 dengan nilai kecepatan *blow nozzle* dan *suction nozzle* sebesar 6,24 m/s dan 37,44 m/s.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan peneliti, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan ditambahkannya sudut kemiringan pada *blow nozzle*, dapat mempengaruhi pola aliran dari *push-pull ventilation*. Pada jurnal ini menggunakan sudut 10° pada *blow nozzle*. Dari hasil simulasi, terlihat bahwa terdapat pembelokan aliran kearah dalam dari *blow nozzle* menuju ke *suction nozzle*.
2. Pengaruh debit *pull* terhadap pola aliran tanpa manekin dan dengan manekin adalah semakin besar nilai kecepatan maka semakin besar juga nilai debit yang dikeluarkan oleh *nozzle*. Semakin besar nilai debit yang dikeluarkan oleh *pull*, maka semakin kuat aliran dalam menahan semburan *droplet*. Pada jurnal ini didapatkan kecepatan *pull* (V_s) dan debit *pull* (Q_s) sebesar 37,44 m/s dan 3,8 m³/s adalah yang paling optimal dengan pola aliran yang terbentuk adalah *over-blow*.
3. Pengaruh rasio kecepatan *push-pull* berbanding lurus dengan pengaruh debit *push-pull*. Semakin besar nilai kecepatan yang dikeluarkan oleh *push-pull*, maka semakin kuat aliran dalam menahan semburan *droplet*. Pada jurnal ini didapatkan rasio kecepatan (V_s/V_b) 6 adalah rasio yang paling optimal dengan kecepatan *blow nozzle* dan *suction nozzle* sebesar 6,24 m/s dan 37,44 m/s dengan jenis aliran *over-blow*.
4. Dari hasil simulasi, aliran batuk sangat mempengaruhi aliran *push-pull*. Pada hasil simulasi memperlihatkan pusaran dari aliran *push-pull* sehingga terlihat pergerakan *droplet* melalui aliran *push-pull*. Pergerakan *droplet* disebabkan oleh pusaran aliran *push-pull* tersebut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan aman, selamat, lancar, dan barokah.
2. Agus Juliono dan Hindun Jariyah selaku orang tua penulis yang telah membesarkan penulis, membiayai sekolah penulis, selalu memberikan banyak nasehat, semangat, doa, kasih sayang, dan materi yang tidak dapat penulis ucapkan satu persatu.

3. Bapak Burniadi Moballa, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberi bimbingan, dukungan, saran dan arahan yang berharga selama pengerjaan jurnal.
4. Bapak Dr. Agung Purwana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan dukungan, bimbingan, saran dan masukan selama pengerjaan jurnal ini.
5. Seluruh rekan Teknik Permesinan Kapal Angkatan 2019 yang selalu ada dan memberi dukungan, kritik, saran dan motivasi selama pengerjaan jurnal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Etkin, B., & McKinney, W. D. (1992). An air-curtain fume cabinet. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 53(10), 625–631. <https://doi.org/10.1080/15298669291360265>
- [2] Gupta, J. K., Lin, C. H., & Chen, Q. (2009). Flow dynamics and characterization of a cough. *Indoor Air*, 19(6), 517–525. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2009.00619.x>
- [3] Huang, R. F., Lin, S. Y., Jan, S. Y., Hsieh, R. H., Chen, Y. K., Chen, C. W., Yeh, W. Y., Chang, C. P., Shih, T. S., & Chen, C. C. (2005). Aerodynamic characteristics and design guidelines of push-pull ventilation systems. *Annals of Occupational Hygiene*, 49(1), 1–15. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meh065>
- [4] Jasak, H. (2009). OpenFOAM: Open source CFD in research and industry. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 1(2), 89–94. <https://doi.org/10.2478/ijnaoe-2013-0011>
- [5] Ribés, A., & Bruneton, A. (2014). Visualizing results in the SALOME platform for large numerical simulations: An integration of ParaView. *IEEE Symposium on Large Data Analysis and Visualization 2014, LDAV 2014 - Proceedings*, November, 119–120. <https://doi.org/10.1109/LDAV.2014.7013218>
- [6] Sakharov, A. S., & Zhukov, K. (2020). Study of an Air Curtain in the Context of Individual Protection from Exposure to Coronavirus (SARS-CoV-2) Contained in Cough-Generated Fluid Particles. *Physics (Switzerland)*, 2(3), 340–351. <https://doi.org/10.3390/physics2030018>