

Sirkulasi Udara pada Ruang Tertutup dengan Metode CFD

by Steven Darmawan

Submission date: 06-Apr-2023 10:04PM (UTC+0700)

Submission ID: 2057614942

File name: Sirkulasi_Udara_pada_Ruang_Tertutup_dengan_Metode_CFD.docx (1.18M)

Word count: 1596

Character count: 10183

SIRKULASI UDARA PADA RUANG TERTUTUP DENGAN METODE CFD: MENGHADAPI POST-COVID-19 PANDEMIC

Dr. Steven Darmawan, S.T., M.T.
 Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri
 Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara
stevend@ft.untar.ac.id

Abstrak

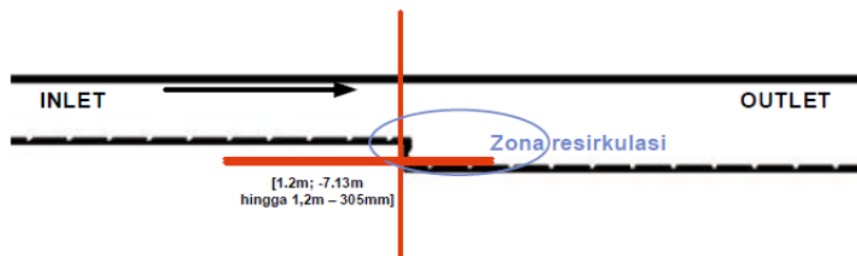
Aktivitas sehari-hari pada ruangan tertutup sehingga memerlukan sirkulasi udara serta sistem ventilasi untuk menghasilkan kenyamanan termal dalam ruang yang baik berdasarkan ASHRAE comfort standard 55-2017, sekaligus dapat menghindari polutan yang berbahaya bagi tubuh, termasuk pencegahan penularan COVID-19. Kenyamanan termal ini biasa diperoleh melalui penggunaan pendingin udara (AC) berupa sistem AC split atau sistem AC terpusat dengan menggunakan ducting memiliki beberapa titik belokan dan ekspansi secara mendadak, dimana udara mengalami penurunan kecepatan, beresirkulasi serta dapat mengalami kerugian tekanan yang dapat ditunjukkan oleh geometri BFS. Metode CFD dapat digunakan untuk mengurangi jumlah eksperimen terhadap aliran ini sekaligus mengurangi resiko terpapar virus dan memberikan visualisasi aliran yang lebih jelas dalam memberikan rekomendasi yang mungkin diperlukan untuk meningkatkan sirkulasi udara. Kondisi ini dapat diperoleh dengan pembangunan model geometri, model CFD dan interpretasi hasil yang tepat sesuai dengan pengetahuan akan prinsip-prinsip aliran.

Kata kunci: Sirkulasi udara; kenyamanan termal COVID-19; CFD

1.1 Pendahuluan/Latar Belakang

Masyarakat jaman modern menghabiskan sebagian besar aktivitas sehari-hari pada ruangan tertutup sehingga diperlukan aliran udara yang baik beserta sistem ventilasi yang diperlukan untuk menghasilkan kenyamanan termal dalam ruang yang baik [1]. Pengaturan sistem ventilasi juga dapat menghindari polutan yang berbahaya bagi tubuh, termasuk pencegahan penularan virus [2]. Berdasarkan standar kenyamanan termal untuk manusia, ASHRAE comfort standard 55-2013, kecepatan aliran udara 0.8 m/s hingga (tanpa kendali personal) dan 1.2 m/s (dengan kendali personal) pada temperatur 28°C hingga 30°C [3].

Pada lingkungan beriklim tropis, kenyamanan termal ini biasa diperoleh melalui penggunaan pendingin udara (AC) berupa sistem AC split atau sistem AC terpusat yang dialirkan ke ruangan-ruangan dengan menggunakan media *ducting*. Geometri *ducting* ini seringkali dibuat dengan menyesuaikan keadaan tempat yang tersedia sehingga dapat memiliki beberapa titik belokan dan ekspansi secara mendadak [4]. Udara yang melewati zona ekspansi mendadak ini penurunan kecepatan rata-rata, beresirkulasi serta dapat mengalami kerugian tekanan. Fenomena aliran pada sistem *ducting* ini dapat ditunjukkan secara sederhana melalui geometri BFS (*Backward-facing step*) [5]–[9].



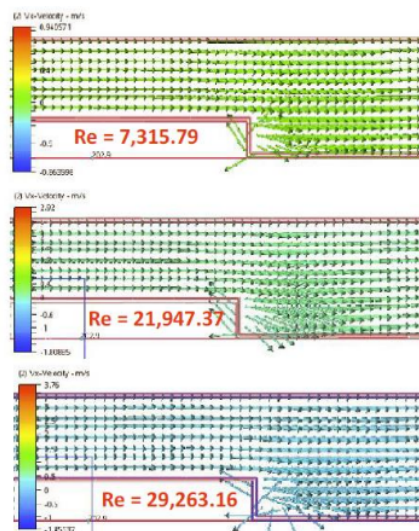
Gambar 1. Geometri BFS (*Backward-facing step*)[4]

Jumlah zona ekspansi yang semakin banyak dapat menimbulkan rugi-rugi aliran yang juga semakin banyak sehingga kecepatan udara yang menuju ruangan berpotensi terhambat. Kualitas udara dalam ruang tertutup, khususnya pada ruang kelas menjadi semakin penting dengan pandemi COVID-19 yang terjadi sejak 30 Januari 2020 [10]. Penyebaran COVID-19 juga dapat dipengaruhi oleh faktor iklim, temperatur, kelembaban, sirkulasi udara dalam ruang, radiasi matahari serta hujan [11]. Karena sifatnya yang menyerang sistem pernafasan, maka virus ini dapat menular melalui droplet pada hidung, mulut dan mata. Maka cara yang efektif untuk mengurangi penyebaran virus ini adalah dengan menjaga jarak, menggunakan masker, serta menghindari ruangan tertutup dengan ventilasi yang buruk dan tidak terjadi sirkulasi udara [12], [13]. Maka analisis terhadap sistem *ducting* dan pengaruhnya terhadap sirkulasi udara pada ruangan tertutup dapat memberikan rekomendasi kondisi udara yang sehat dan nyaman karena sistem HVAC yang baik juga mempengaruhi penyebaran infeksi pada ruangan tertutup [14], [15].

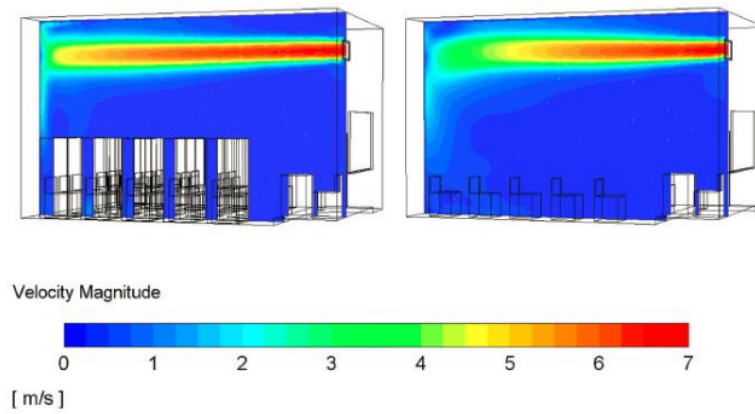
Namun, distribusi kecepatan aliran, rugi-rugi tekanan serta variable yang menyertai seperti temperatur dan kelembaban cenderung membutuhkan sumber daya ekstra untuk dilakukannya pengukuran atau eksperimen secara langsung. Metode yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk melakukan analisis ini adalah metode numerik berupa CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang dapat mengurangi jumlah eksperimen terhadap ruangan aktual sekaligus mengurangi resiko terpapar virus. Selain itu, penggunaan metode CFD juga dapat memberikan visualisasi aliran yang lebih jelas dan fleksibilitas yang tinggi dalam memberikan rekomendasi yang mungkin diperlukan untuk meningkatkan sirkulasi udara dalam ruang tertutup.

1.2 Isi dan pembahasan

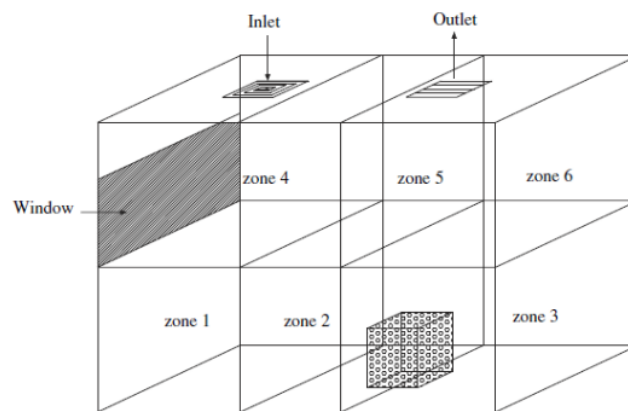
Simulasi numerik dengan menggunakan metode CFD untuk merepresentasikan kondisi eksisting maupun rekomendasi perbaikan pada ruangan tertutup seperti geometri *backward-facing step*, *ducting*, ruang kelas hingga kamar periksa di rumah sakit telah banyak digunakan dan terbukti efektif dan banyak digunakan pada berbagai penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 2 - Gambar 6.



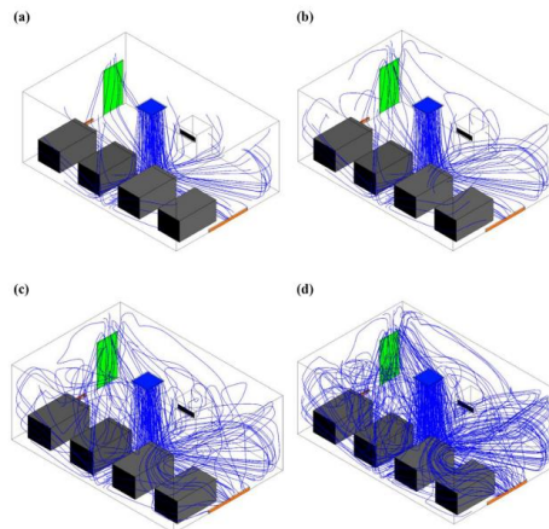
Gambar 2. Aliran berputar pada zona ekspansi [4]



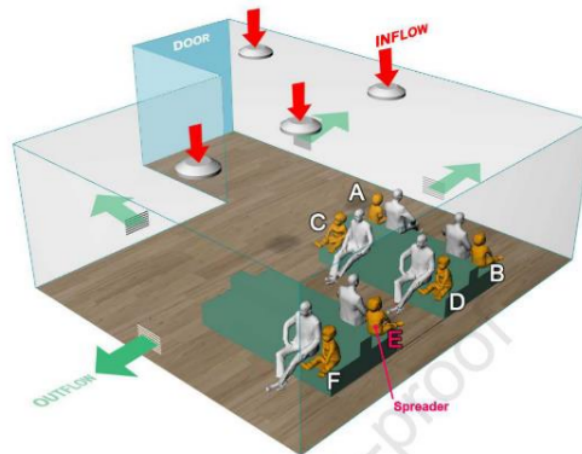
Gambar 3. Hasil Simulasi CFD pada ruang kelas [16]



Gambar 4. Partisi ruangan berventilasi [17]



Gambar 5. Hasil Simulasi CFD pada ruang di rumah sakit [18]



Gambar 6. Simulasi keadaan ruangan tertutup dengan 1 orang spreader [14]

Namun, terdapat beberapa aspek pada simulasi CFD yang perlu diperhatikan untuk menghasilkan hasil simulasi yang valid, antara lain pembangunan model geometri yang sesuai, pembangunan CFD yang tepat (ketegantungan mesh, model turbulen yang sesuai) serta interpretasi terhadap hasil simulasi [4], [19]. Secara umum terdapat beberapa model turbulen yang dapat digunakan karena unjuk kerjanya yang relatif sesuai untuk keadaan aliran udara pada ruang tertutup, dengan *shear stress* yang tidak mendominasi serta terdapat zona dengan aliran berputar. Model turbulen tersebut adalah model STD $k-\epsilon$ dan RNG $k-\epsilon$ [20]–[22].

1.3 Penutup

Kondisi resirkulasi udara yang baik pada ruangan tertutup diperlukan untuk menghasilkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi resiko penyebaran COVID-19 sesuai rekomendasi WHO. Kondisi resirkulasi udara dapat diketahui dan dinalisis dengan menggunakan metode CFD. Namun, terdapat beberapa aspek yang penting sehingga dapat dihasilkan hasil simulasi CFD yang valid. Pembangunan model geometri, model CFD serta interpretasi terhadap hasil simulasi berdasarkan pengetahuan akan aliran fluida diperlukan sehingga hasil analisis dapat dipercaya dan mungkin dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan sirkulasi udara pada ruangan tertutup sebagai persiapan dalam menghadapi masa setelah pandemi.

Referensi

- [1] R. Zhuang, X. Li, and J. Tu, "CFD study of the effects of furniture layout on indoor air quality under typical office ventilation schemes," *Build. Simul.*, vol. 7, no. 3, pp. 263–275, 2014, doi: 10.1007/s12273-013-0144-5.
- [2] S. Zhu, J. Srebric, S. N. Rudnick, R. L. Vincent, and E. A. Nardell, "Numerical modeling of indoor environment with a ceiling fan and an upper-room ultraviolet germicidal irradiation system," *Build. Environ.*, vol. 72, pp. 116–124, 2014, doi: 10.1016/j.buildenv.2013.10.019.
- [3] Y. Zhai, Y. Zhang, H. Zhang, W. Pasut, E. Arens, and Q. Meng, "Human comfort and perceived air quality in warm and humid environments with ceiling fans," *Build. Environ.*, vol. 90, pp. 178–185, 2015, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.04.003.
- [4] S. Darmawan and J. N. Octavian, "Analisis CFD pada Geometri Backward-facing Step dengan variasi Bilangan Reynolds," in *Konferensi Nasional Engineering*

- Perhotelan*, 2018, vol. 5, pp. 220–224.
- [5] S. Darmawan and H. Tanujaya, “CFD Investigation of Flow Over a Backward-facing Step using an RNG k- ϵ Turbulence Model,” *Int. J. Technol.*, vol. 10, no. 2, p. 280, 2019, doi: 10.14716/ijtech.v10i2.800.
 - [6] J. H. Nie and B. F. Armaly, “Three-dimensional convective flow adjacent to backward-facing step - Effects of step height,” *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 45, no. 12, pp. 2431–2438, 2002, doi: 10.1016/S0017-9310(01)00345-3.
 - [7] W. A. Xie and G. N. Xi, “Fluid flow and heat transfer characteristics of separation and reattachment flow over a backward-facing step,” *Int. J. Refrig.*, vol. 74, pp. 175–187, 2017, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2016.10.006.
 - [8] K. Sarker, “Computational Analysis of the Physics of Flow over Backward / Forward Facing Step,” vol. 11, no. 8, pp. 5549–5554, 2016.
 - [9] A. Kitoh, K. Sugawara, H. Yoshikawa, and T. Ota, “Expansion Ratio Effects on Three-Dimensional Separated Flow and Heat Transfer Around Backward-Facing Steps,” *J. Heat Transfer*, vol. 129, no. 9, p. 1141, 2007, doi: 10.1115/1.2739619.
 - [10] World Health Organization, “Strategic Preparedness,” *World Heal. Organ.*, no. February, p. 7, 2020, [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/strategic-preparedness-and-response-plan-for-the-new-coronavirus>.
 - [11] P. Tzampoglou and D. Loukidis, “Investigation of the importance of climatic factors in COVID-19 worldwide intensity,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 21, pp. 1–25, 2020, doi: 10.3390/ijerph17217730.
 - [12] Centers for Disease Control and Prevention, “How to Protect Yourself & Others,” 2020. https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/prevention.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fyour-health%2Fneed-to-know.html (accessed Aug. 23, 2021).
 - [13] N. Agarwal, C. Swaroop, B. P. Raj, and L. Saini, “Indoor air quality improvement in COVID-19 pandemic: Review Nehul,” no. January, 2020.
 - [14] L. Borro, L. Mazzei, M. Raponi, P. Piscitelli, A. Miani, and A. Secinaro, “The role of air conditioning in the diffusion of Sars-CoV-2 in indoor environments: A first computational fluid dynamic model, based on investigations performed at the Vatican State Children’s hospital,” *Environ. Res.*, vol. 193, p. 110343, 2021, doi: 10.1016/j.envres.2020.110343.
 - [15] J. Eddy *et al.*, “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,” vol. 2017, 2017.
 - [16] M. Mirzaie, E. Lakzian, A. Khan, and M. Ebrahimi, “COVID-19 spread in a classroom equipped with partition – A CFD approach,” no. January, 2020.
 - [17] Z. Sun and S. Wang, “A CFD-based test method for control of indoor environment and space ventilation,” *Build. Environ.*, vol. 45, no. 6, pp. 1441–1447, 2010, doi: 10.1016/j.buildenv.2009.12.007.
 - [18] S. Bhattacharyya, K. Dey, A. R. Paul, and R. Biswas, “A novel CFD analysis to minimize the spread of COVID-19 virus in hospital isolation room,” *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 139, p. 110294, 2020, doi: 10.1016/j.chaos.2020.110294.
 - [19] Anwar-ul-Haque, F. Ahmad, S. Yamada, and S. R. Chaudhry, “Assessment of Turbulence Models for Turbulent Flow over Backward Facing Step,” in *World Congress on Engineering 2007 Vol II*, 2007, vol. II, pp. 1–6, [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.149.3726>.
 - [20] B. Launder and D. B. Spalding, “The numerical computation of turbulent flows,” *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 3, pp. 270–289, 1974.

- [21] V. Yakhot and S. A. Orszag, “Renormalization group analysis of turbulence,” *Phys. Rev. Lett.*, vol. 57. pp. 1722–1724, 1986, doi: 10.1103/PhysRevLett.57.1722.
- [22] G. G. Ramdhan, A. I. Siswantara, Budiarto, A. Daryus, and H. Pujowidodo, “Turbulence model and validation of air flow in wind tunnel,” pp. 388–399, 2015.



Dr. Steven Darmawan, S.T., M.T. menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Tarumanagara. Pendidikan magister Teknik Mesin diselesaikan di Universitas Indonesia pada tahun 2011 dengan area riset tentang *computational fluid dynamics* (CFD).

Pada tahun 2015 ia menyelesaikan pendidikan doktoral di Teknik Mesin Universitas Indonesia dengan area riset *Computational Fluid Dynamics*. Saat ini ia bekerja sebagai dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Tarumanagara. Bidang penelitian utama yang digeluti adalah CFD, mekanika fluida, perpindahan panas dan *internal combustion engine*.

Sirkulasi Udara pada Ruang Tertutup dengan Metode CFD

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

linter.untar.ac.id

Internet Source

2%

2

journal.untar.ac.id

Internet Source

1%

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%