MANFAAT PENGGUNAAN CFD KOMBINASI *AIR SAMPLING* MIKROORGANISME PADA PREVENTIF INFEKSI TRANSMISI UDARA

Wahyutomo, R.[1*]

1. Program Studi Doktor Arsitektur konsentrasi Arsitektur Digital, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
*Correspondent Author: drridhowahyutomo@gmail.com

Tanggal masuk naskah: 15 Februari 2023 • Tanggal review: 19 &27 Februari 2023 • Tanggal revisi: 28 Februari 2023 • Tanggal review II: 1 & 5 Maret 2023 • Tanggal Terbit: 4 April 2023
DOI: 10.24167/joda.v2i2.10169

Abstrak: Pandemi berdampak luas pada berbagai sektor, khususnya sektor kesehatan. Terkait penyediaan fasilitas pelayanan termasuk ruang perawatan pasien yang terjaga dari risiko penularan infeksi melalui udara. Paska pandemi, desain ruang rawat pasien rumah sakit dititikberatkan pada penataan udara yang bertujuan memperoleh kualitas udara yang aman.
Secara keseluruhan, tujuan penulisan ini adalah untuk mengkaji CFD (*Computational Fluid Dynamic)* yang dikombinasikan dengan pemeriksaan mikroorganisme udara (*air sampling*) dalam preventif infeksi yang ditransmisikan melalui udara.
Tulisan ini merupakan studi literatur dengan menggunakan beberapa sumber pustaka serta hasil penelitian terkait CFD dan pemeriksaan mikroorganisme udara. Semua sumber literatur akan disusun secara teoritis.
Hasil yang diharapkan adalah penjelasan teoritis tentang penggunaan CFD dan uji mikroorganisme udara untuk preventif infeksi di ruang perawatan rumah sakit.
Kata Kunci: CFD, air sampling, preventif infeksi

Abstract: *The pandemic has had a wide impact on various sectors, especially the health sector. Related to the provision of service facilities including patient care rooms that are protected from the risk of airborne infection After the pandemic, the design of hospital patient rooms focused on air arrangement aimed at obtaining safe air quality.*
Overall, the purpose of this paper is to examine CFD (Computational Fluid dynamics) combined with the examination of airborne microorganisms (air sampling) in the airborne infection prevention.
This paper is a literature study using several literature sources and the results of research related to CFD and air microorganism examination. All literature sources will be compiled theoretically.
The expected result is a theoretical explanation of the use of CFD and airborne microorganism tests for Infection Prevention in hospital treatment rooms.
Keywords: *CFD, air sampling, infection prevention*

1. Pendahuluan

Semenjak dideklarasikan sebagai pandemi oleh organisasi kesehatan dunia WHO, COVID-19 telah memberikan dampak pada berbagai sektor kehidupan terutama pada sektor kesehatan. Tidak hanya terkait peningkatan jumlah pasien dengan keluhan COVID-19, namun juga muncul penurunan kunjungan pasien tanpa tanda dan gejala COVID-19 salah satunya dapat disebabkan kekhawatiran terkait penularan COVID-19 di area rumah sakit [1], [2]. Peran rumah sakit sebagai pelayanan kesehatan bertemu dengan potensi rumah sakit sebagai tempat transmisi infeksi [3]. Berangkat dari hal tersebut, maka rumah sakit melakukan penataan dalam kendali administrasi, pemilahan pasien (triase), pengaturan alur manusia dan barang di dalam rumah sakit, pengelompokan (kohort) pasien serta tenaga kesehatan, dan penataan terkait bangunan rumah sakit [4].
Tujuan penulisan ini untuk mengkaji manfaat CFD (*Computational Fluid Dynamic*) yang dikombinasikan dengan pengambilan sampel udara dalam mengetahui keamanan udara ruang perawatan pasien.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

2. Tinjuan Pustaka

Udara menjadi salah satu cara transmisi mikroorganisme infeksi, sehingga faktor-faktor dalam udara yang mencakup temperatur ruang, kelembaban, tekanan, dan aliran udara menjadi ketentuan dalam regulasi pencegahan dan pengendalian infeksi *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) [5]. Sebaran mikroorganisme di udara sebuah ruang tidak lepas dari kondisi setiap unsur yang ada di dalam ruangan, seperti dinding dan lantai yang dimana mikroorganisme dapat ditemukan dari kondisi dinding dan lantai yang berdebu [6]. Dengan konsep adanya mikroorganisme di dinding dan lantai serta perkakas yang dapat diterpa udara, maka aliran udara di dalam rumah sakit, khususnya ruang perawatan perlu diatur untuk meminimalkan jumlah mikroorganisme dan mencegah terjadinya *Healthcare Associated Infections* pada pasien, tenaga kesehatan, staf rumah sakit, dan pengunjung [7]. Selain itu kepadatan dan lalu-lintas manusia juga harus diperhitungkan karena mikroorganisme yang menempel di tubuh, pakaian, dan pernafasan dapat mempengaruhi angka mikroorganisme [8].

SARS-CoV2 sebagai agen COVID-19 dapat terlarut dalam droplet yang terpercik dari pasien saat batuk, bicara, atau bersin. Virus RNA dalam droplet ini dapat ditransmisikan langsung antar individu, dapat melayang-layang di udara dalam hitungan jam, bahkan dalam beberapa hari. Aliran udara juga menyapu droplet yang terjatuh pada permukaan benda, baik itu alat, perkakas, maupun komponen ruang seperti dinding dan lantai. Penyebaran mikroorganisme akan memiliki model transmisi droplet atau transmisi aerosol jika tata udara ruang tidak baik alirannya [9], [10].

Preventif infeksi di udara dapat melalui penapisan menggunakan teknologi digital dan pemeriksaan mikrobiologi. *Computational Fluid Dynamic* (CFD) merupakan teknologi digital yang berwujud piranti lunak komputer dengan kemampuan peragaan, prediksi, dan visualisasi aliran gas atau cairan, serta dinamika temperatur dalam ruang [11]. Dalam kurun pandemi COVID-19, CFD dimanfaatkan untuk menelusuri pola sebaran droplet dalam suatu area atau ruang. Penggunaan dalam deteksi droplet ini sejalan dengan penggunaan CFD selama ini di ranah lingkungan untuk mendeteksi pola aliran polutan. Algoritma numerik menjadi sistem dasar dari CFD, sehingga setiap perkiraan aliran yang menjadi keluaran CFD berupa kuantitatif yang sederhana secara visual dan aktual [12].

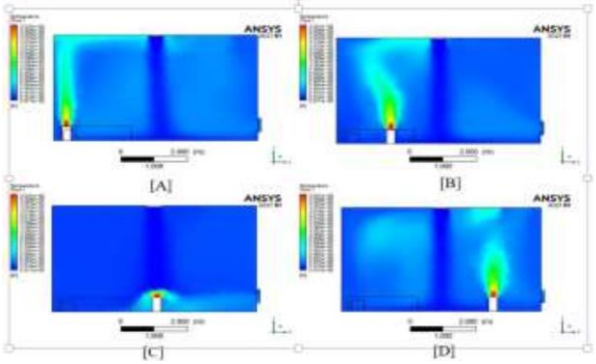
Mikroorganisme di udara dapat diamati dengan beberapa metode, metode aktif menggunakan alat *air sampler* dan metode pasif menggunakan metode *settle plate*. Metode pasif merupakan metode pengambilan yang bersifat langsung dengan menghitung jumlah mikroorganisme yang tertampung dan jatuh dari udara ke dalam media pertumbuhan mikroorganisme di dalam cawan petri. Metode ini merujuk pada teori mengenai partikel yang terlarut dalam udara, selama tidak ada faktor pengaruh apapun, maka akan mengikuti aliran ke partikel yang lebih besar dan menempel pada area partikel besar tersebut. Pergerakkan tersebut hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi Mikroorganisme memiliki faktor pendukung berupa kecepatan jatuh ke permukaan sebesar 1 cm/detik [13].

3. Metode Penelitian

Metode penulisan ini merupakan metode studi literatur dengan menggunakan beberapa sumber pustaka serta hasil penelitian terkait CFD, ruang rawat di rumah sakit, dan pengambilan sampel udara mikroba. Semua sumber literatur akan disusun secara teoritis.

4. Pembahasan Hasil

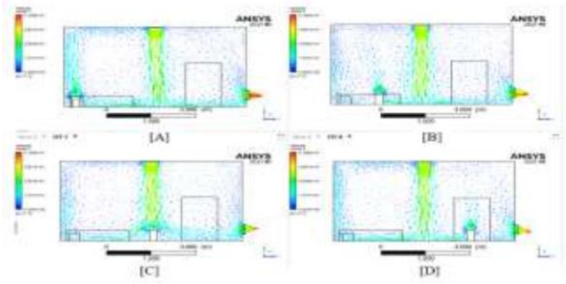
Penggunaan CFD dalam penapisan dini kondisi suatu area atau ruang sudah muncul di beberapa penelitian, terlebih paska deklarasi pandemi oleh organisasi kesehatan dunia, WHO.



Gambar 1: Posisi alat pembersih udara A. 0,25 m, B. 1,5 m, C. 3 m, D. 4,5 m **[14]**.

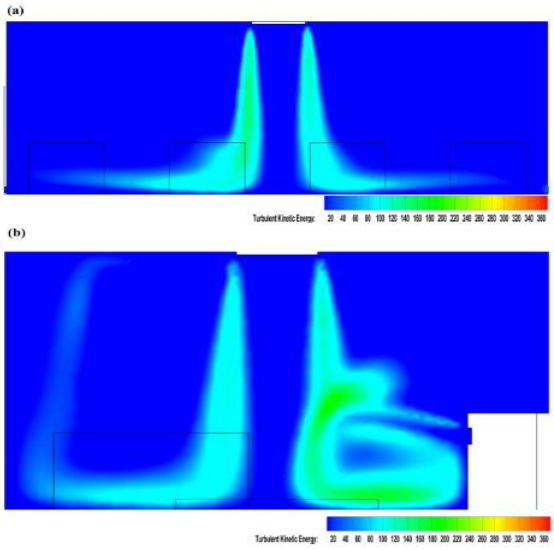
Pada pengamatan kenyamanan termal dan aliran udara di ruang isolasi (gambar 1), alat pembersih udara (*air purifier* atau *HEPA filter portable*) ditata dalam 4 posisi jarak yang berbeda-beda terhadap dinding sisi panjang dari tempat tidur pasien. Jarak yang ditentukan adalah 0,25 m, 1,5 m, 3 m, dan 4,5

m. dari keempat jarak tersebut, jarak alat pembersih udara di 4,5 meter mampu membersihkan udara tanpa memberikan rasa tidak nyaman terkait temperatur ruangan sebagaimana pada gambar 2. Hasil ini penting mengingat mesin pembersih udara yang bekerja bersama HVAC (*Heat, Ventilation, Air Conditioning*) berpotensi memberikan dampak terhadap kenyamanan termal [14].



Gambar 2. Kenyamanan termal dan keamanan kebersihan udara yang muncul dari kinerja HVAC dan pembersih udara **[14]**.

Suvanjan Bhattacharyya, dkk melakukan penelitian serupa di ruang isolasi, namun di dalam simulasi CFD menerapkan dua kondisi, yaitu *air conditioning* (AC) dijalankan tunggal dan kondisi dimana AC dan mesin pembersih udara dioperasikan bersama dengan AC. Tampak dalam gambar 3, visualisasi aliran udara keduanya berbeda. Pada kondisi A, aliran udara hanya berasal dari AC dengan pusaran terbentuk di kedua lajur aliran yang searah dan sama kekuatan energi kinetiknya. Sedangkan kondisi B, di saat mesin pembersih udara diaktifkan, maka akan tampak aliran udara dari AC bertemu dan bercampur dengan aliran udara mesin pembersih udara. Turbulensi yang terbentuk pun lebih kuat meskipun dominan di sisi yang paling dekat dengan mesin pembersih udara. Pusaran tinggi ini akan meningkatkan proses disinfeksi udara sehingga meminimalisasi jumlah angka mikroorganisme udara [15].



Gambar 3: Dua kondisi aliran udara di ruang isolasi. A. AC sebagai sumber aliran udara tunggal. B AC dan mesin pembersih udara dioperasikan bersama **[15].**

Jika dilihat dari pola aliran udara, aliran udara laminar mengurangi *colony forming unit* (CFU) mikroorganisme dibandingkan aliran turbulen. CFU atau jumlah mikroba menjadi indikator yang valid dalam penilaian risiko infeksi ataupun transmisi akibat udara [16], [17]. CFD dalam beberapa penelitian, termasuk kedua penelitian tersebut menggambarkan pola aliran udara sebagai visualisasi prediktif aliran yang terpapar polutan dalam hal ini mikroorganisme, akan tetapi tidak dapat memastikan kepadatan mikroorganisme dalam area yang terlewati aliran udara di ruangan. Untuk memastikan jumlah mikroorganisme maka dilakukan uji mikrobiologi kultur udara. Proses pengambilan spesimen dari udara ini dilakukan dengan cara membuka cawan petri dengan diameter 90 cm yang mengandung media agar-agar pertumbuhan mikroorganisme dan didiamkan selama 30 menit sampai 4 jam. Setelah itu ditutup kembali dan dibawa ke laboratorium untuk diinkubasi selama 18-24 jam. Paska inkubasi, dilakukan penghitungan koloni mikroorganisme menggunakan *colony counter* dan hasil penghitungan dinyatakan sebagai *Colony Forming Unit* atau bentukan unit koloni. Dengan diketahui angka kuman, maka dapat ditentukan tindakan preventif infeksi yang akan diterapkan pada ruang tersebut [18], [19], [20].

5. Kesimpulan

Preventif infeksi terkait transmisi mikroorganisme di udara ruang menggunakan CFD dapat mengetahui pola aliran udara di suatu ruang. Akan tetapi CFD hanya memberikan gambaran secara fisik aliran udara, adapun kepadatan mikroorganisme dilakukan dengan air sampling mikroorganisme di udara. Dengan mengkombinasi kedua macam pemeriksaan ini, maka akan lebih terarah dalam menentukan tindakan pencegahan dan pengendalian infeksi terkait transmisi udara di ruang tersebut.

Pustaka

[1] R. Moynihan *dkk.*, "Impact of COVID-19 pandemic on utilisation of healthcare services: A systematic review," *BMJ Open*, vol. 11, no. 3, Mar 2021, doi: 10.1136/bmjopen-2020-045343.

[2] G. Pujolar, A. Oliver-Anglès, I. Vargas, dan M. L. Vázquez, "Changes in Access to Health Services during the COVID-19 Pandemic: A Scoping Review," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 3. MDPI, 1 Februari 2022. doi: 10.3390/ijerph19031749.

[3] S. Capolongo, M. C. Bottero, M. Buffoli, dan E. Lettieri, "Improving Sustainability During Hospital Design and Operation A Multidisciplinary Evaluation Tool," 2015. [Daring]. Tersedia pada: http://www.springer.com/series/8059

[4] I. A. Ahmad dan E. Osei, "Occupational Health and Safety Measures in Healthcare Settings during COVID-19: Strategies for Protecting Staff, Patients and Visitors," *Disaster Med Public Health Prep*, 2021, doi: 10.1017/dmp.2021.294.

[5] CDC, "Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities," *Centers for Disease Control and Prevention*, 2003.

[6] A. J. Prussin dan L. C. Marr, "Sources of airborne microorganisms in the built environment," *Microbiome*, vol. 3, hlm. 78, Des 2015, doi: 10.1186/s40168-015-0144-z.

[7] S. Jacob, S. S. Yadav, dan B. S. Sikarwar, "Design and simulation of isolation room for a hospital," dalam *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Pleiades journals, 2019, hlm. 75–93. doi: 10.1007/978-981-13-6416-7_8.

[8] C. Vos, *Guide To Infection Control In The Healthcare Setting The Healthcare Worker as a Source of Transmission Topic Outline Key Issues Known Facts Infectious Diseases Transmitted by HCWs General Skin Infections Scabies Staphylococcus aureus Group A Streptococcus Herpes simplex Enteric Diseases Acute Diarrhea*. 2018.

[9] G. Kampf, D. Todt, S. Pfaender, dan E. Steinmann, "Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents," *Journal of Hospital Infection*, vol. 104, no. 3. W.B. Saunders Ltd, hlm. 246–251, 1 Maret 2020. doi: 10.1016/j.jhin.2020.01.022.

[10] N. van Doremalen *dkk.*, "Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1," *New England Journal of Medicine*, vol. 382, no. 16, hlm. 1564–1567, Apr 2020, doi: 10.1056/nejmc2004973.

[11] S. Thabet dan T. H. Thabit, "Computational Fluid Dynamics: Science of the Future," *International Journal of Research and Engineering*, vol. 5, no. 6, hlm. 430–433, 2018, doi: 10.21276/ijre.2018.5.6.2.

[12] H. K. Versteeg dan W. Malalasekera, "An Introduction to Computational Fluid Dynamics Second Edition." [Daring]. Tersedia pada: www.pearsoned.co.uk/versteeg

[13] A Working Group Of The Scottish Quality Assurance Specialist Interest Group, "Guidelines On Test Methods For Environmental Monitoring For Aseptic Dispensing Facilities," 2004.

[14] B. Bavanish, "CFD Investigation Of A Hospital's Isolated Clean Room's Air Flow Pattern And Particle Transport," *International Journal of Mechanical Engineering*, vol. 6, no. 3, 2021.

[15] S. Bhattacharyya, K. Dey, A. R. Paul, dan R. Biswas, "A novel CFD analysis to minimize the spread of COVID-19 virus in hospital isolation room," *Chaos Solitons Fractals*, vol. 139, Okt 2020, doi: 10.1016/j.chaos.2020.110294.

[16] R. J. Knudsen *dkk.*, "Laminar airflow decreases microbial air contamination compared with turbulent ventilated operating theatres during live total joint arthroplasty: a nationwide survey," *Journal of Hospital Infection*, vol. 113, hlm. 65–70, Jul 2021, doi: 10.1016/j.jhin.2021.04.019.

[17] G. Cao, A. M. Nilssen, H. M. Mathisen, Y. Zhang, dan K. Xue, "Comparison of laminar and mixing airflow pattern in operating rooms of a Norwegian hospital," *REHVA Journal*, vol. 56, no. 6, hlm. 71–77, 2019.

[18] Public Health England, "Examining food, water and environmental samples from healthcare environments Microbiological guidelines," London, 2020.

[19] European Commission Enterprise And Industry Directorate-General, "The Rules Governing Medicinal Products in the European Union," 2008.

[20] Rodrigues, P.M., et.al., Image Analysis Semi-Automatic System for Colony-Forming-Unit Counting, Bioengineering, 2022, 9, (7), pp 1-20,.DOI: https://doi.org/10.3390/bioengineering9070271