



Perancangan dan Analisis Aliran Udara Sistem *Ducting Cloud Kitchen* dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*

Design and Analysis of Cloud Kitchen Ducting System Air Flow using Computational Fluid Dynamics Method

Robin Tan, Steven Darmawan* dan Harto Tanujaya

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, Jakarta, 11440, Indonesia

Informasi artikel:

Diterima:
29/12/2022
Direvisi:
12/02/2023
Disetujui:
28/02/2023

Abstract

Cloud Kitchen is a commercial kitchen that serves food for delivery or takeaway without dine-in customers. Because the cloud kitchen consists of many kitchens, good air circulation is needed. The total volume of the 15 kitchen units in the cloud kitchen is 249.8 m³, so to meet commercial kitchen standards that have a minimum Air Change per Hour (ACH) value of 30 ACH, an air change of 4410 m³/h with a ducting system is required. From the simulation results, the air velocity distribution in the ducting ranges from 0 m/s to 92.426 m/s, while the pressure distribution in the ducting ranges from -578.824 Pa to 11639.58 Pa, and the distribution of air temperature in the ducting ranges from 49.8 °C to 65.167 °C. The chosen exhaust fan is a CKE brand centrifugal fan with type CKE DGB-4.5#-NO and an exhaust capacity of 5712-10562 m³/h.

Keywords: *cloud kitchen, ducting, CFD, simulation, circulation.*

SDGs:



Abstrak

Cloud kitchen adalah dapur komersial yang untuk menyiapkan makanan untuk diantar atau dibawa pulang tanpa pelanggan yang makan di tempat. Karena cloud kitchen terdiri dari banyak ruangan dapur, maka diperlukan sirkulasi udara yang baik. Total volume dari 15 unit dapur dari cloud kitchen adalah 249,8 m³ sehingga untuk memenuhi standar dapur komersial yang memiliki nilai Air Change per Hour (ACH) minimal 30 ACH, dibutuhkan pergantian udara dengan sistem ducting sebanyak 4410 m³/h. Dari hasil simulasi didapatkan distribusi kecepatan udara pada ducting berkisar antara 0 m/s hingga 92,426 m/s, sedangkan distribusi tekanan pada ducting berkisar antara -578,824 Pa hingga 11639,58 Pa, dan distribusi temperatur udara di dalam ducting berkisar antara 49,8 °C sampai dengan 65,167 °C. Exhaust fan yang dipilih adalah centrifugal fan merk CKE dengan tipe CKE DGB-4,5#-NO dengan kapasitas exhaust 5712 - 10562 m³/h.

Kata Kunci: *cloud kitchen, ducting, CFD, simulasi, sirkulasi.*

*Penulis Korespondensi
email : stevend@ft.untar.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Di era modern ini, teknologi semakin berkembang yang membuat pola hidup masyarakat pun berubah seiring dengan perkembangan teknologi. Salah satu perubahan yang paling dapat dilihat adalah yaitu perubahan dalam pola mengonsumsi makanan. Dulu untuk memperoleh makanan masyarakat harus mengunjungi restoran, warung, atau rumah makan dan melakukan transaksi secara langsung, atau memasak makanan sendiri dengan bahan masakan yang ada di rumah. Sedangkan sekarang masyarakat dapat memperoleh makanan hanya dengan menyentuh layar *handphone* menggunakan aplikasi penyedia jasa pengantaran makanan seperti Gojek, Grab, ataupun Shopee Food. Jasa pengantaran makanan seperti ini juga semakin marak dengan kemunculan pandemi COVID-19 yang memaksa masyarakat untuk menurunkan mobilitas sehingga masyarakat pun memilih untuk memesan makanan dari rumah (Ikram, 2021).

Dengan peningkatan permintaan penyedia jasa pengantaran makanan karena pandemi COVID-19 maka otomatis bisnis food and beverage juga meningkat. Masalah utama dalam memulai bisnis food and beverage tentu saja adalah modal awal untuk memulai membuka rumah makan, seperti menyewa tempat, membeli alat masak, dan lain-lain. Oleh karena itu, pebisnis *food and beverage* sekarang lebih memilih menggunakan dapur bersama atau yang biasa lebih dikenal dengan *cloud kitchen*. *Cloud kitchen* ini dapat memangkas modal awal suatu bisnis food and beverage secara signifikan, dikarenakan pemilik bisnis food and beverage dapat menyewa *cloud kitchen* sebagai tempat untuk memasak dan menyiapkan makanan dengan biaya sewa yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan menyewa ruko atau rumah. Dengan mayoritas pelanggan memesan melalui aplikasi, maka tidak dibutuhkan tempat makan. Sehingga pelaku bisnis *food and beverage* tidak perlu menyiapkan tempat makan yang luas dan dapat memangkas biaya (Fridayani, Iqbal dan Atmojo, 2021).

Cloud kitchen merupakan sebuah model usaha yang menyediakan layanan produksi makanan dengan sistem *take-away* atau antar-

makanan. Dalam model usaha ini, makanan yang dihasilkan tidak dijual di tempat, melainkan dikirim ke pelanggan melalui layanan antar-makanan. *Cloud kitchen* berbentuk sebuah ruangan dapur besar yang terbagi menjadi beberapa bilik yang kemudian dapat disewakan kepada para pelaku bisnis *food and beverage*. Dengan jumlah pelaku *bisnis food and beverage* yang banyak pada satu *cloud kitchen* tentu saja ruangan dapur memerlukan ventilasi untuk mengalirkan udara segar dan membuang udara panas dari kompor agar sirkulasi udara di dalam *cloud kitchen* dapat berputar dengan optimal.

Cloud kitchen memerlukan sistem *ducting* (sistem saluran udara) karena *ducting* dapat membantu mengeluarkan gas buang, asap, dan uap yang dihasilkan oleh kompor, oven, dan peralatan dapur lainnya ke luar ruangan. Tanpa *ducting*, gas buang, asap, dan uap tersebut akan terakumulasi di dalam ruangan *cloud kitchen* dan dapat menyebabkan masalah-masalah seperti bau yang tidak sedap, kabut, dan polusi udara di dalam ruangan (Rao dkk., 2019; Maulianti, As dan Junaidi, 2021; Liawan, Tanujaya dan Darmawan, 2023).

Menurut standar American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) 55-2017, temperatur yang baik untuk mencapai kenyamanan termal dalam ruangan berkisar di antara 19,44°C - 27,78°C (ASHRAE, 2020), sehingga penggunaan sistem *ducting* juga dapat membantu mengeluarkan panas yang dihasilkan oleh peralatan dapur ke luar ruangan, sehingga suhu di dalam ruangan *cloud kitchen* tidak terlalu tinggi. Ini dapat membantu mencegah kelelahan dan kehausan pada orang yang sedang memasak di *cloud kitchen*, selain itu sistem *ducting* juga dapat membantu menjaga kualitas udara di dalam ruangan *cloud kitchen*. Gas buang, asap, dan uap yang dihasilkan oleh peralatan dapur dapat mengandung zat-zat beracun yang dapat merugikan kesehatan manusia. Dengan adanya *ducting*, gas buang, asap, dan uap tersebut dapat dikeluarkan ke luar ruangan sehingga tidak terakumulasi di dalam ruangan (Daryus dkk., 2016).

Oleh karena itu, *cloud kitchen* harus dilengkapi dengan sistem *ducting* yang mampu mensirkulasikan udara dengan optimal dan

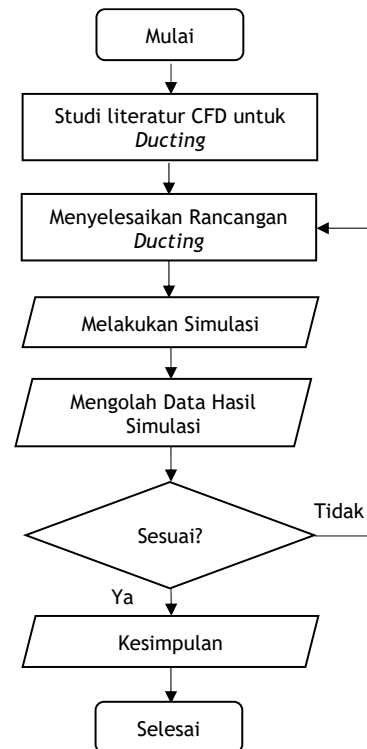
efisien, karena pada dapur komersil pasti akan menghasilkan temperatur yang tinggi serta kelembaban yang tinggi karena terjadi banyak penguapan yang terjadi pada air atau minyak pada masakan. Tanpa sirkulasi udara yang baik maka pasti kualitas udara yang terdapat pada dapur tersebut pasti tidak nyaman untuk orang-orang yang terdapat pada ruangan tersebut.

2. METODOLOGI

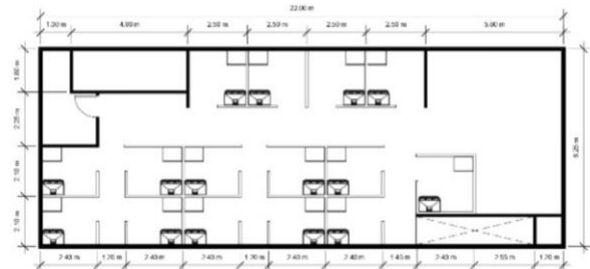
Perancangan dan analisis aliran udara sistem *Ducting* pada *Cloud Kitchen* ini dilakukan dengan metode analitis dan numerik. Analitis dilakukan untuk mengetahui geometri *Ducting*, kecepatan, temperatur, serta tekanan udara yang akan melewati *ducting* tersebut. Penelitian ini menggunakan aplikasi *Autodesk Fusion 360* dan *Autodesk Revit* untuk membuat model geometri dan *Ansys Student 2022 R2* untuk simulasi *computational fluid dynamics* yang dilakukan pada *DESKTOP-318TI1U* (Steven Darmawan dan Harto Tanujaya, 2019; Sardjono, Darmawan dan Tanujaya, 2020; Setiawan, Darmawan dan Tanujaya, 2022). Simulasi dibagi menjadi 3 tahap yaitu dimulai dengan proses pembuatan model geometri, kemudian dilanjutkan dengan model *meshing*, dan tahap terakhir, yaitu setup (lihat Gambar 1).

2.1. Model Geometri

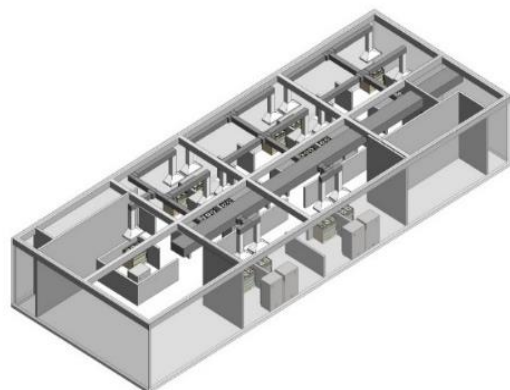
Pada tahap pertama dari melakukan simulasi CFD, maka diperlukan model geometri. Model geometri dari *ducting Cloud Kitchen* pertama dirancang menggunakan aplikasi *Autodesk Revit* yang kemudian diproses lebih lanjut menggunakan aplikasi *Autodesk Fusion 360*. Tahap pertama adalah membuat denah dari *cloud kitchen* yang dapat dilihat pada Gambar 2 *cloud kitchen* memiliki dimensi total yaitu 22 m × 8,25 m. Setelah itu dilakukan perancangan terhadap 3d model dari *cloud kitchen* yang dapat dilihat pada, dan yang terakhir adalah membuat desain *ducting* untuk simulasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



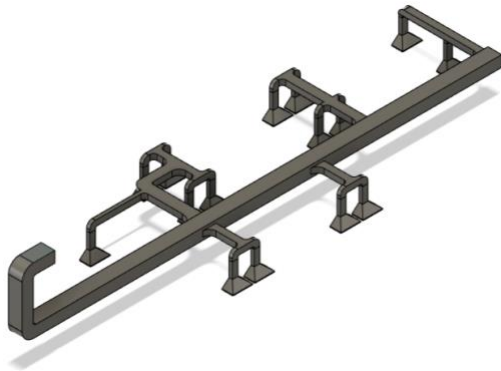
Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Denah cloud kitchen



Gambar 3. 3D cloud kitchen

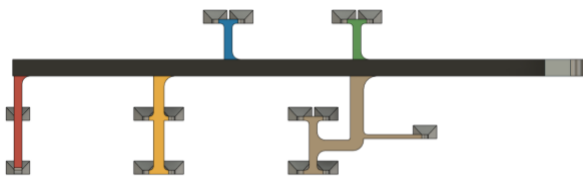


Gambar 4. Model geometri ducting

Cloud Kitchen yang akan di rancang terdapat 15 unit ruang dapur dengan tiga ukuran yang berbeda, yaitu:

- 1) 4 Unit dapur dengan dimensi $2,34 \text{ m} \times 2,34 \text{ m} \times 3,2 \text{ m} = 17,522 \text{ m}^3$
- 2) 10 Unit dapur dengan dimensi $2,1 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 3,2 \text{ m} = 16,128 \text{ m}^3$
- 3) 1 Unit dapur dengan dimensi $2,4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 3,2 \text{ m} = 18,432 \text{ m}^3$

Berdasarkan hal tersebut, maka total volume dari 15 unit dapur adalah $249,799 \text{ m}^3$ atau $8821,6 \text{ ft}^3$, maka untuk memenuhi standar *commercial kitchen* yang memiliki nilai *Air Change per Hour* (ACH) minimal yaitu 30 ACH, maka dibutuhkan pergantian udara dalam dapur sebanyak $264,648 \text{ ft}^3/\text{h}$ atau $4410,8 \text{ ft}^3/\text{m}$. Untuk ukuran dari ducting digunakan ukuran standar yang mengacu pada nilai CFM yang telah di tentukan sebelumnya.

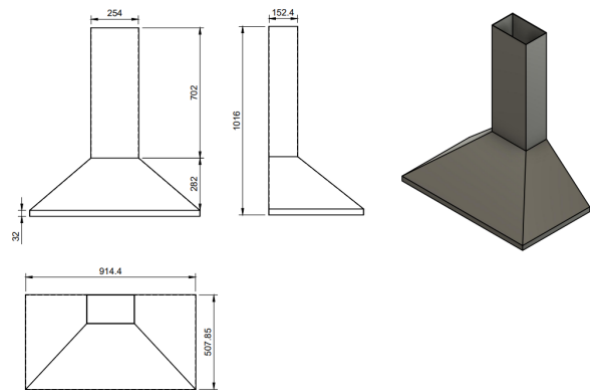


Gambar 5. Diagram warna ducting

Berdasarkan Gambar 5, maka dibuatlah tabel (lihat Tabel 1) warna CFM dan ukuran ducting. Untuk nilai CFM yang melewati kitchen hood berkisar antara $284,77 \text{ ft}^3/\text{m}$ untuk ruangan dapur yang paling kecil hingga $323,87 \text{ ft}^3/\text{m}$ untuk ruangan dapur yang paling besar, maka untuk mengakomodasi nilai CFM yang di butuhkan kitchen hood digunakan duct yang berukuran $6 \times 10 \text{ inch}$ yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 1. CFM dan ukuran ducting

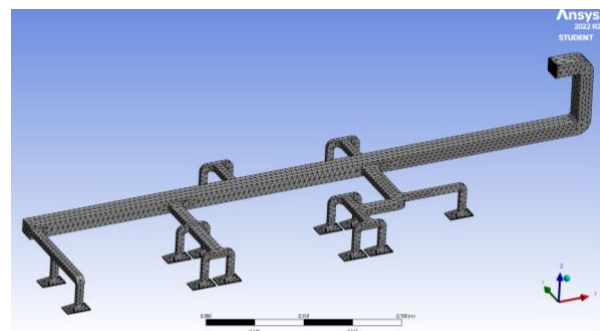
No	Warna	CFM	Ukuran (inch)
1	Hitam	4410,8	20 × 25
2	Biru	618,78	10 × 12
3	Hijau	618,78	10 × 12
4	Merah	569,55	10 × 12
5	Kuning	1139,1	10 × 16
6	Cokelat	1462,97	10 × 6 10 × 16 10 × 20



Gambar 6. Drawing kitchen hood

2.2. Model Meshing

Tahap selanjutnya dalam melakukan simulasi CFD adalah melakukan meshing pada model geometri yang sudah di buat. Meshing dilakukan pada aplikasi *Ansys Student 2022 R2: Mesh*. Meshing adalah proses pembagian komponen yang nantinya akan dianalisis menjadi elemen kecil, semakin baik kualitas mesh, maka akan semakin tinggi juga tingkat konvergensinya, sehingga hasil dari simulasi akan menjadi semakin akurat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Model meshing

Pada proses meshing *Ducting Cloud Kitchen* menggunakan element size sebesar 0,02 m untuk keseluruhan body, sedangkan untuk area inlet menggunakan number of divisions sebanyak 80, dan untuk area outlet menggunakan number of divisions sebanyak 50. Perbedaan *meshing* untuk area inlet dan outlet atau yang biasa disebut dengan local sizing bertujuan untuk membuat meshing area inlet dan outlet lebih teliti. Setelah mesh di generate, *statistic mesh* menunjukkan jumlah *mesh* yang dihasilkan adalah 886.500 *nodes* dan 379.546 *elements*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Setup

Tahap selanjutnya adalah melakukan *setup*. Tahap ini akan dilakukan pada aplikasi *Ansys Student 2022 R2: Fluent*. *Setup* adalah tahap yang sangat krusial dalam melakukan simulasi CFD, pada tahap ini data yang dibutuhkan untuk menopang jalannya simulasi akan di *input* (Darmawan, Tanujaya dan Yorkie, 2022). Adapun parameter yang digunakan pada tahap *step*: *General: Gravity (on); Models: Energy (On), Viscous (Standard k-epsilon); Materials: Fluid (udara), Solid (aluminium); Cell Zone Conditions (Fluid)*.

Untuk bagian *Boundary Conditions* diperlukan perhatian khusus karena model geometri yang akan di simulasi telah di perkecil sebesar 1:10 dari ukuran asli. Untuk *Inlet* diatur sebagai *Velocity Inlet*, maka untuk menentukan velocity pada inlet diperlukan perhitungan untuk mencari *Reynolds Number*. *Reynolds Number* adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskos yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen (Rott, 1990).

CMH yang dibutuhkan 15 dapur adalah sebesar 7493,99 m³/h atau 124,899 m³/m dikali 110% sebagai faktor servis sehingga didapatkan nilai CMH yang dibutuhkan 15 dapur adalah 137,39 m³/m, dan dibagi 15 dapur sehingga per dapur membutuhkan nilai CMH (Q) sebesar 9,16 m³/min atau 0,15265 m³/s. Udara yang masuk ke dalam *kitchen hood* dari dapur di asumsikan memiliki

temperatur 65°C. Luas penampang (A) dari *kitchen hood* adalah 914,4 mm × 508 mm yaitu 0,4645152 m². Persamaan (1) digunakan untuk menentukan nilai *velocity*:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

$$v = \frac{0,15265 \text{ m}^3/\text{s}}{0,4645152 \text{ m}^2} = 0,328622185 \text{ m/s}$$

Keterangan:

v = *velocity* (m/s)

Q = debit udara (m³/s)

A = luas penampang *kitchen hood* (m²)

Perhitungan *velocity* sebelumnya tidak dapat langsung di gunakan karena perhitungan tersebut adalah untuk model geometri berskala 1:1. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan perhitungan dengan *Reynolds Number* untuk menemukan *velocity* yang tepat untuk skala 1:10. Tahap pertama adalah menentukan *hydraulic diameter* dari penampang *kitchen hood*. Persamaan (2) digunakan untuk menentukan *hydraulic diameter* penampang *kitchen hood* pada skala 1:1:

$$dh = \frac{2 \times a \times b}{a + b} \quad (2)$$

$$dh = \frac{2 \times 914,4 \text{ mm} \times 508 \text{ mm}}{914,4 \text{ mm} + 508 \text{ mm}} = 0,653 \text{ m}$$

Keterangan:

a = lebar penampang *kitchen hood* (mm)

b = panjang penampang *kitchen hood* (mm)

Persamaan (2) juga digunakan untuk menentukan *diameter hydraulic* penampang *kitchen hood* untuk skala 1:10:

$$dh = \frac{2 \times 91,44 \text{ mm} \times 50,8 \text{ mm}}{91,44 \text{ mm} + 50,8 \text{ mm}} = 0,065 \text{ m}$$

Setelah diketahui *diameter hydraulic* dari penampang *kitchen hood* maka digunakan persamaan (3) untuk menemukan *Reynolds Number*:

$$Re = \frac{\rho \times v \times dh}{\mu} \quad (3)$$

$$Re = \frac{1,04387 \text{ kg/m}^3 \times 0,328622185 \text{ m/s} \times 0,65314 \text{ m}}{2,022 \times \frac{10^{-5} \text{ kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}$$

$$Re = 11080,765$$

Keterangan:

Re = Reynolds Number

ρ = massa jenis udara pada 65°C

v = kecepatan udara pada model skala 1:1

dh = hydraulic diameter

μ = dynamic viscosity udara pada 65°C

Setelah mendapatkan *reynolds number*, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *velocity* pada model skala 1:10 dengan menggunakan persamaan (4):

$$Re \text{ skala } 1:1 = Re \text{ skala } 1:10 \quad (4)$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times dh}{\mu}$$

$$11080,765 = \frac{1,04387 \text{ kg/m}^3 \times v \times 0,065314 \text{ m}}{2,022 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}}$$

$$v = 3,286 \text{ m/s}$$

Berdasarkan hal tersebut, maka *velocity inlet* yang akan digunakan pada model skala 1:10 adalah 3,286 m/s, sedangkan untuk *outlet* diatur sebagai *pressure outlet*.

3.2. Hasil Simulasi

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan menggunakan Ansys Student 2022 R2 yang dilakukan pada DESKTOP-318T11U dengan processor berupa AMD Ryzen 5 3600 6-Core Processor 3,60 GHz, maka didapatkan hasil simulasi berupa profil temperatur, profil tekanan, profil kecepatan udara beserta *streamline* yang menunjukkan pergerakan udara.

Agar profil yang ditampilkan dapat lebih jelas, digunakan fitur *plane*, dan *line* untuk mewakili beberapa titik kecepatan, temperatur, serta tekanan pada *ducting*. *Plane* pertama dapat dilihat pada [Gambar 8a](#) berada pada bagian tengah dari *main duct* yang terletak pada sumbu XZ dengan posisi 13,40613 m pada sumbu Y untuk menunjukkan lebih jelas bagian tengah dari *main duct*.

Plane kedua dapat dilihat pada [Gambar 8b](#) berada pada bagian tengah dari *main duct* yang terletak pada sumbu XY dengan posisi 2,925125 m pada sumbu Z untuk menunjukkan lebih jelas bagian tengah dari *main duct*.

Plane ketiga dapat dilihat pada [Gambar 8c](#) berada pada bagian tengah dari hood dapur 1, dapur 2, dapur 3, dan dapur 4 yang terletak pada sumbu XZ dengan posisi 13,585 m pada sumbu Y untuk menunjukkan lebih jelas bagian tengah dari hood dapur 1, dapur 2, dapur 3, dan dapur 4.

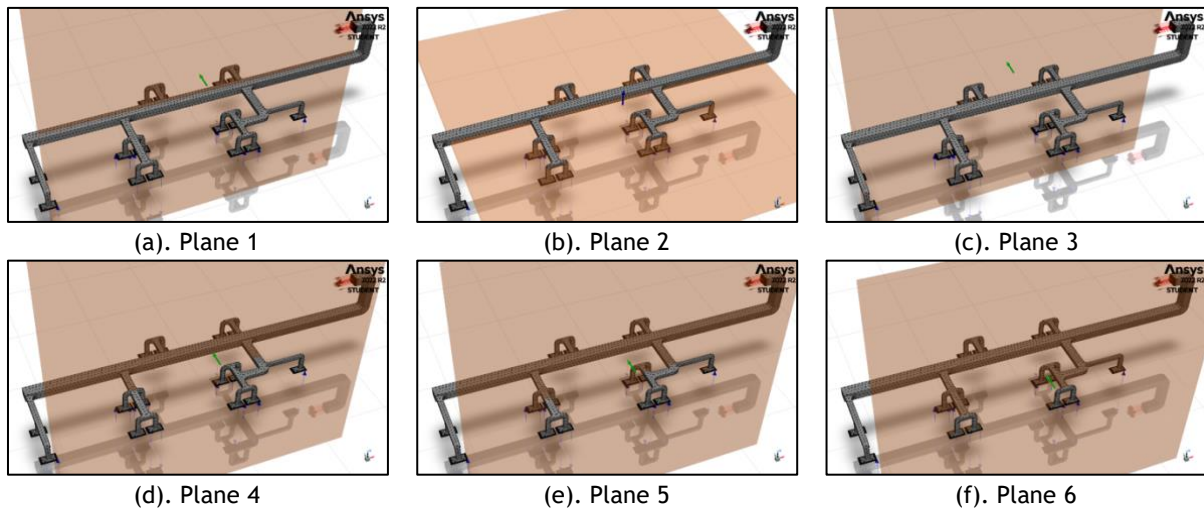
Plane keempat dapat dilihat pada [Gambar 8d](#) berada pada bagian tengah dari hood dapur 5, dapur 6, dapur 7, dapur 8, dan dapur 9 yang terletak pada sumbu XY dengan posisi 13,21 m pada sumbu Y untuk menunjukkan lebih jelas bagian tengah dari hood dapur 5, dapur 6, dapur 7, dapur 8, dan dapur 9.

Plane kelima dapat dilihat pada [Gambar 8e](#) berada pada bagian tengah dari hood dapur 10 yang terletak pada sumbu XY dengan posisi 13,14 m pada sumbu Y untuk menunjukkan lebih jelas bagian tengah dari hood dapur 10.

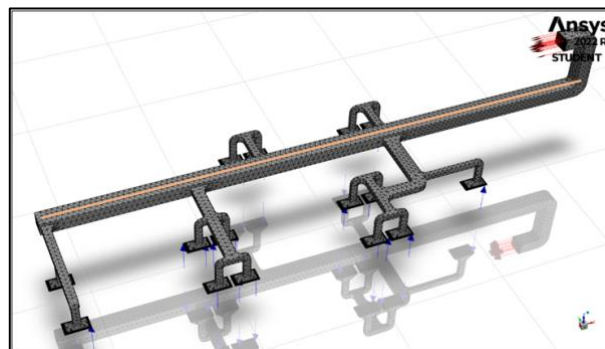
Plane keenam dapat dilihat pada [Gambar 8f](#) berada pada tengah dari hood dapur 11, dapur 12, dapur 13, dapur 14, dan dapur 15 yang terletak pada sumbu XY dengan posisi 13,0025 m pada sumbu Y untuk menunjukkan lebih jelas bagian tengah dari hood dapur 11, dapur 12, dapur 13, dapur 14, dan dapur 15.

Sedangkan fitur *line* dapat dilihat pada [Gambar 9](#) yang digunakan untuk menunjukkan grafik yang temperatur, tekanan, dan kecepatan udara di sepanjang main duct sehingga *line* berada pada tengah dari main duct. *Line* memiliki dua titik, titik pertama terletak pada x: -9,603805 m, y: 13,40613 m, dan z: 2,925125 m, sedangkan titik kedua terletak pada x: -7,400956 m, y: 13,40613 m, dan z 2,925125 m, sehingga ketika kedua titik dihubungkan akan menghasilkan garis.

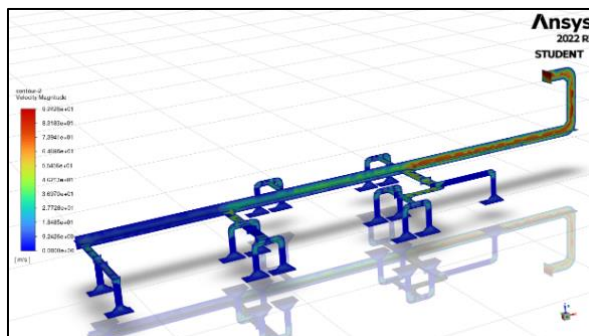
Untuk menunjukkan visual hasil simulasi dengan jelas akan digunakan dua gambar dan satu grafik pada setiap hasil simulasi, gambar pertama menggunakan *contour* dengan tujuh *plane* berbeda untuk menunjukkan profil aliran di tengah *ducting*, sedangkan gambar kedua menggunakan *pathlines* dengan volume untuk menunjukkan profil aliran keseluruhan *ducting*, dan grafik untuk menunjukkan profil aliran udara secara data visual berupa grafik.



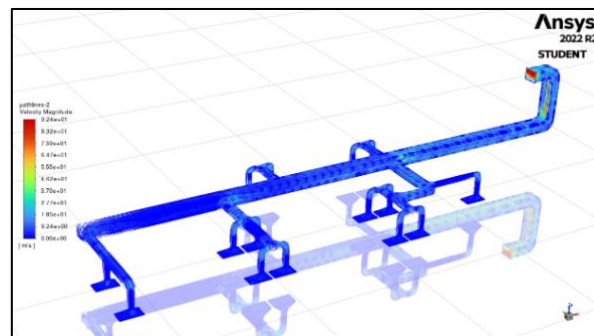
Gambar 8. Model plane yang digunakan untuk simulasi



Gambar 9. Model line yang digunakan untuk simulasi



Gambar 10. Contour velocity magnitude



Gambar 11. Pathlines velocity magnitude

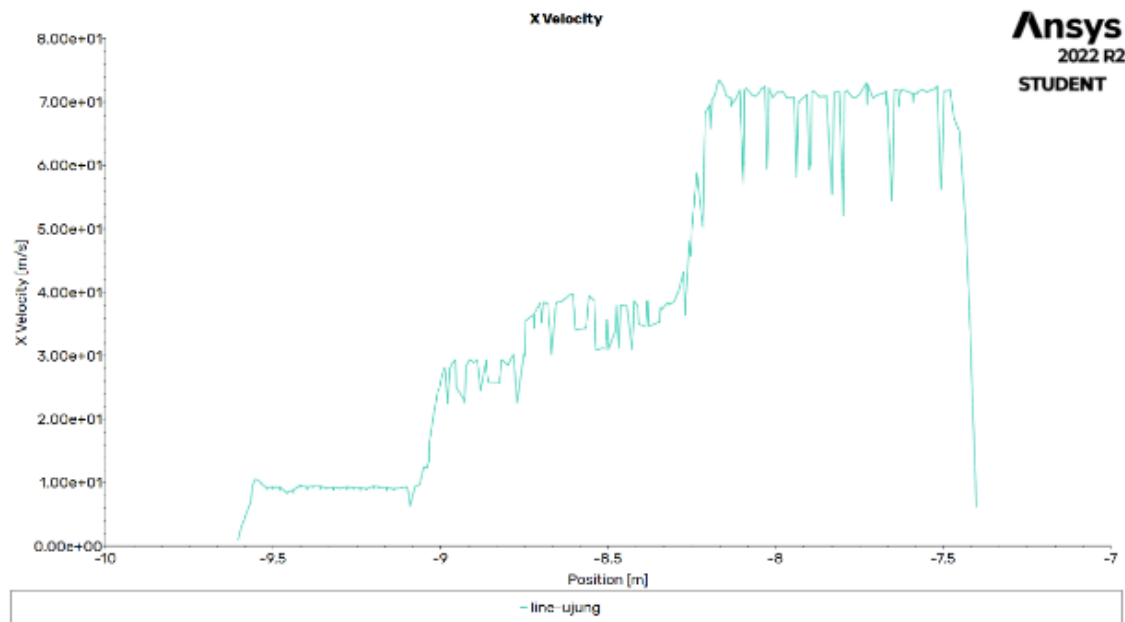
3.3. Distribusi Kecepatan

Hasil distribusi kecepatan berupa *contour* dan *pathlines* yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 menggambarkan kecepatan aliran yang terdapat pada *ducting*. Dari hasil simulasi CFD *inlet* diatur dengan kecepatan masuk udara 3,28623 m/s berdasarkan hasil perhitungan *Reynolds Number*. Dari hasil simulasi didapatkan

bahwa distribusi kecepatan berkisan dari 0 m/s hingga 92,425 m/s.

Jika dilihat dari hasil simulasi dapat dilihat, bahwa semakin dekat ke arah outlet maka nilai kecepatan udara juga meningkat karena pengaruh lebih banyaknya udara yang melewati jalur *outlet*.

Dapat dilihat pada Gambar 12 grafik line X *velocity* yang dimana *line* terletak pada bagian



Gambar 12. Grafik line X velocity

tengah dari *main duct* (lihat Gambar 9) terdapat kenaikan kecepatan aliran udara secara bertahap, kenaikan kecepatan aliran udara ini terjadi karena terdapat aliran udara yang masuk dari kitchen hood, semakin dekat exhaust fan dan semakin banyak udara yang terakumulasi, maka kecepatan udara akan meningkat.

3.4. Distribusi Tekanan

Hasil distribusi tekanan berupa *contour* dan *pathlines* dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14 yang menggambarkan tekanan aliran udara yang terdapat pada *Ducting*. Dari hasil simulasi CFD inlet diatur dengan kecepatan masuk udara 3,286 m/s berdasarkan hasil perhitungan *Reynolds Number*. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa distribusi tekanan berkisar antara -578,82 Pa hingga 11639,58 Pa.

Jika dilihat dari hasil simulasi dapat dilihat, bahwa tekanan paling rendah terdapat pada arah keluar outlet karena *ducting* membelok ke atas sehingga tekanan udara terkumpul pada sisi luar dari outlet *ducting* tersebut. Sedangkan tekanan paling tinggi terdapat pada saat udara memasuki hood dan tekanan mulai menurun seiring dengan pergerakan udara ke jalur *ducting* utama.

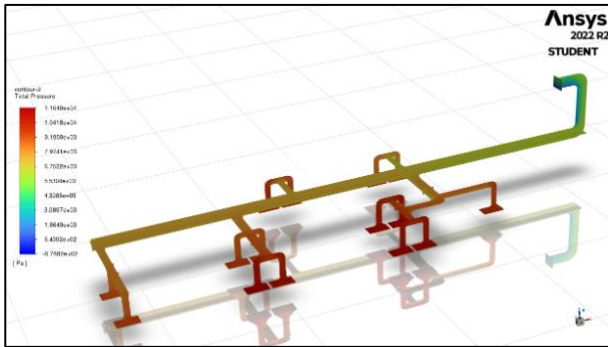
Hasil simulasi ini sesuai dengan persamaan umum *Bernoulli* yang menyatakan, bahwa kenaikan kecepatan aliran fluida akan

menyebabkan penurunan tekanan fluida secara bersamaan atau penurunan energi potensial fluida tersebut. Intinya adalah tekanan akan menurun jika kecepatan aliran fluida meningkat, dan sebaliknya ketika aliran fluida menurun, maka tekanan fluida akan meningkat (Faulkner dan Ytreberg, 2011).

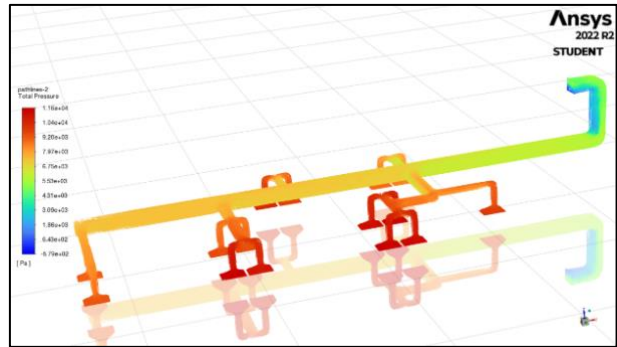
Pada Gambar 15 grafik line total pressure yang dimana line terletak pada bagian tengah dari *main duct* (lihat Gambar 9) terdapat penurunan tekanan udara secara bertahap, penurunan tekanan udara ini terjadi karena terdapat kenaikan kecepatan aliran udara yang masuk dari *kitchen hood*, semakin cepat aliran udara di dalam *ducting*, maka tekanan udara di dalam *ducting* juga akan berkurang sampai akhirnya udara dalam *ducting* dilepaskan ke udara terbuka.

3.5. Distribusi Temperatur

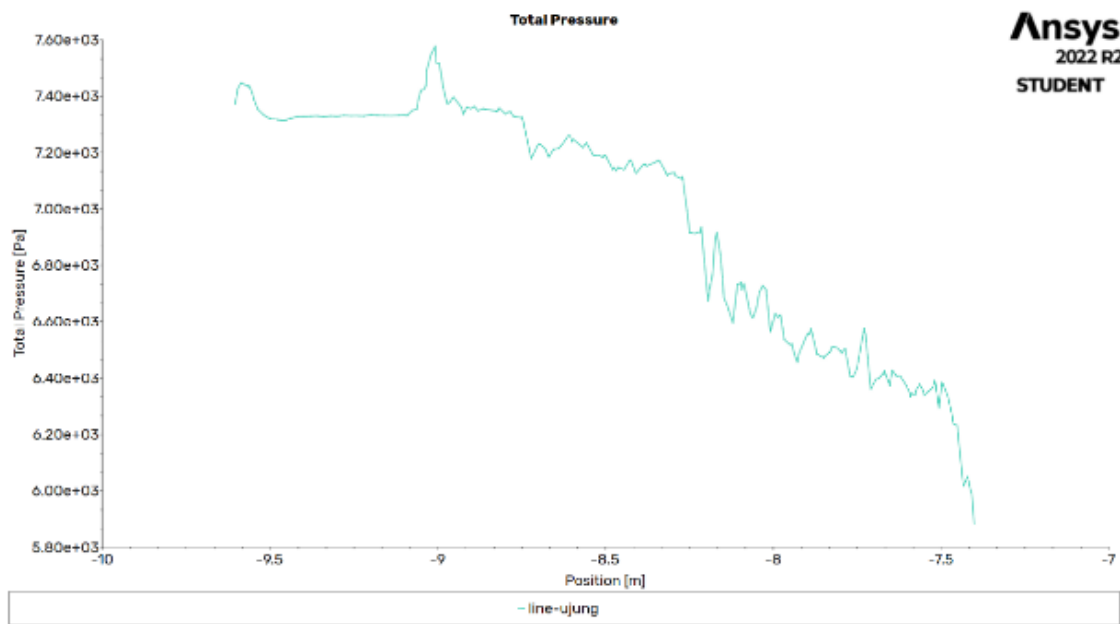
Hasil distribusi temperatur berupa *contour* dan *pathlines* dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17 yang menggambarkan temperatur udara yang terdapat pada *ducting*. Dari hasil simulasi CFD *inlet* diatur dengan kecepatan masuk udara 3,286 m/s dan temperatur masuk udara di asumsikan 65 °C. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa distribusi temperatur berkisar antara 49,8 °C hingga 65,17 °C.



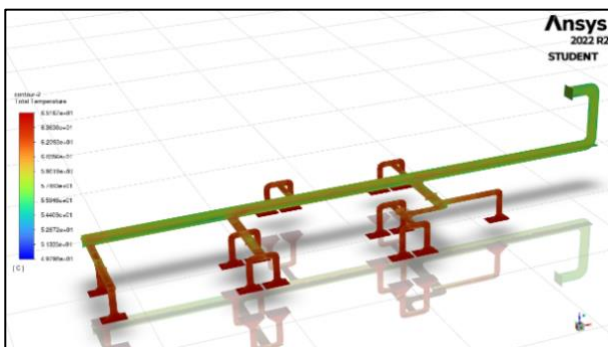
Gambar 13. Contour total pressure



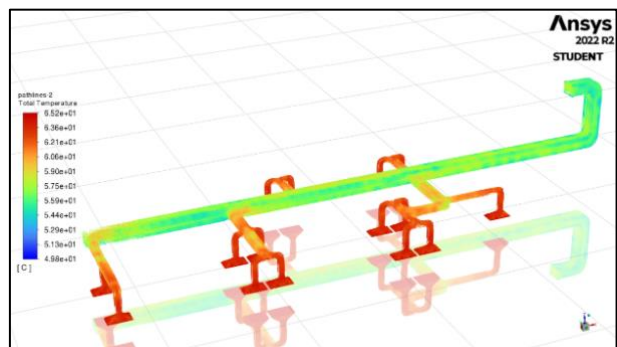
Gambar 14. Pathlines total pressure



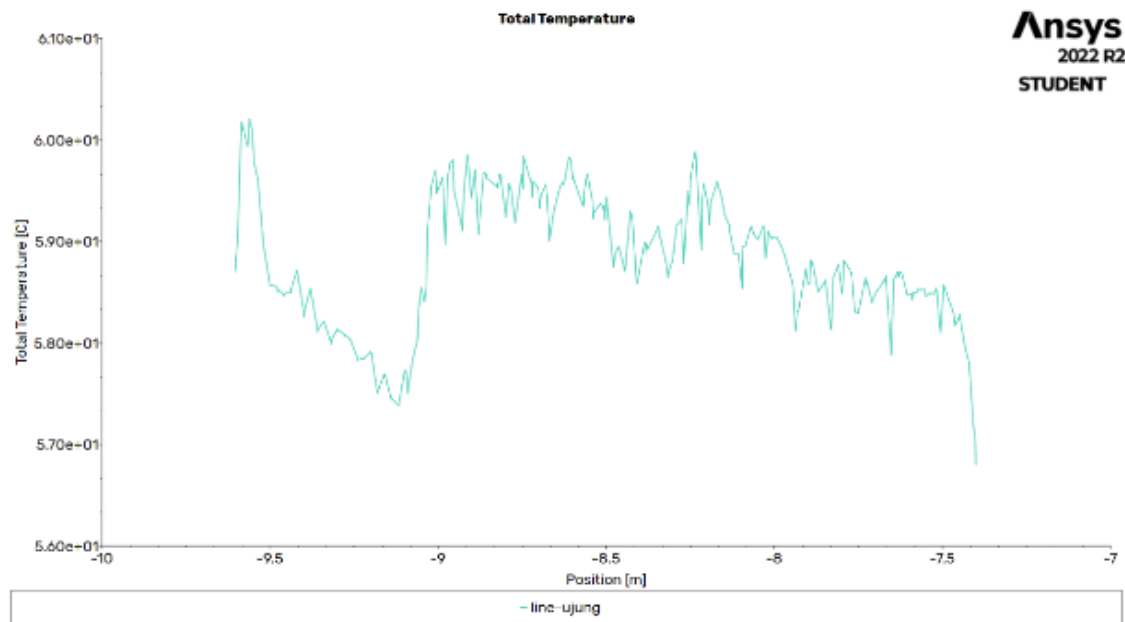
Gambar 15. Grafik line total pressure



Gambar 16. Contour total temperature



Gambar 17. Pathlines total temperature



Gambar 18. Grafik line total temperature

Jika dilihat dari hasil simulasi dapat dilihat temperatur udara paling rendah terdapat pada arah keluar *outlet* karena terjadi penurunan temperatur seiring dengan mengalirnya udara menjauhi sumber panas, yaitu *inlet* yang berupa *kitchen hood*. Sedangkan temperatur tertinggi terdapat pada area *inlet* yang berupa *kitchen hood* yang dimana merupakan tempat masuknya hawa panas dari kompor.

Pada Gambar 18, grafik *line total temperature* yang dimana *line* terletak pada bagian tengah dari main duct (lihat Gambar 9) terdapat kenaikan dan penurunan temperatur udara, kenaikan temperatur udara yang terjadi disebabkan oleh masuknya jalur *kitchen hood* sehingga temperatur udara yang telah turun mengalami kenaikan lagi karena terdapat hawa panas dari *kitchen hood*. Kemudian grafik menunjukkan terjadinya penurunan temperatur secara bertahap karena sumber panas sudah menjauh dari *main duct*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi berupa distribusi kecepatan, distribusi tekanan, dan distribusi temperatur, maka dapat disimpulkan bahwa konfigurasi *ducting* yang telah di rancang dapat melakukan pergantian udara sebanyak nilai *Air*

Changes per Hour (ACH) yang telah ditentukan yaitu 30 ACH. Untuk dapat mencapai 30 ACH maka diperlukan minimal 4851,88 ft³/m atau 137,3889 m³/m udara untuk dialirkan melalui *ducting*. Tahap simulasi pertama dimulai dengan membuat model geometri, kemudian dilanjutkan dengan proses *meshing* yang kemudian di *setting* agar dapat dilakukan proses simulasi CFD. Simulasi CFD dilakukan dengan jumlah iterasi sebanyak 2000 iterasi.

Selain itu, didapatkan bahwa hasil simulasi distribusi kecepatan udara pada *ducting* berkisar dari 0 m/s hingga 92,42593 m/s, sedangkan distribusi tekanan pada *ducting* berkisar dari -578,8244 Pa hingga 11639,58 Pa, dan distribusi temperatur udara pada *ducting* berkisar dari 49,79797 °C hingga 65,16711 °C. Setelah proses simulasi selesai maka dilakukan pengecekan antara inlet dan outlet apakah *volumetric flow rate* dan *mass flow rate* dari inlet dan outlet memiliki selisih yang signifikan. Selisih nilai pada *volumetric flow rate* adalah $5,417 \times 10^{-7}$ m³/s dan selisih nilai pada *mass flow rate* adalah $6,636 \times 10^{-7}$ kg/s. Maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi adalah akurat tanpa adanya selisih *volumetric* dan *mass flow rate* yang besar antara inlet dan outlet. Dari hasil simulasi maka spesifikasi *exhaust fan* yang dibutuhkan dapat diketahui. *Exhaust fan* yang dipilih merupakan

centrifugal fan dengan merk CKE dengan tipe CKE DGB-4,5#-NO dengan kapasitas exhaust 5712 - 10562 m³/h.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE (2020) 'Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI/ASHRAE Addendum d to ANSI/ASHRAE Standard 55-2017)'. ASHRAE [Cetak].
- Darmawan, S., Tanujaya, H. dan Yorkie, J.P. (2022) 'Aerodynamics Characteristics Development Of Tarumanagara Eco-Vehicle (Mobil Irit Universitas Tarumanagara) Using CFD Method', *POROS*, 18(1), hal. 48-56.
- Daryus, A. dkk. (2016) 'CFD simulation of turbulent flows in proto X-3 bioenergy micro gas turbine combustor using std k-ε and rng k-ε model for green building application', *International Journal of Technology*, 7(2), hal. 204-211.
- Faulkner, B.E. dan Ytreberg, F.M. (2011) 'Understanding Bernoulli's principle through simulations', *American Journal of Physics*, 79(2), hal. 214-216.
- Fridayani, H.D., Iqbal, M. dan Atmojo, M.E. (2021) 'Cloud Kitchen: Strategy for Indonesian Culinary Business (SMEs) Growth During and Post Pandemic Era', *Management Research and Behavior Journal*, 1(2), hal. 41-46.
- Ikram, M.M. (2021) 'Keputusan Penggunaan Layanan GoFood Selama Masa Pandemi Covid-19', *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, 9(2), hal. 71-80.
- Liawan, J.P., Tanujaya, H. dan Darmawan, S. (2023) 'Analisis Aliran Udara dan Kenyamanan Termal di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)', *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 5(1), hal. 123-134.
- Maulianti, S., As, Z.A. dan Junaidi, J. (2021) 'Kecukupan Udara Mempengaruhi Kenyamanan Pada Ruang Kamar', *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 18(1), hal. 19-26.
- Rao, A.S. dkk. (2019) 'Design And Analysis Of Air Distribution Ducting System By Mc Quay Duct Sizer', *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)*, 4(9), hal. 220-231.
- Rott, N. (1990) 'Note on the history of the Reynolds number', *Annual review of fluid mechanics*, 22(1), hal. 1-12.
- Sardjono, J.A., Darmawan, S. dan Tanujaya, H. (2020) 'Flow investigation of cross-flow turbine using CFD method', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3rd Tarumanagara International Conference on the Applications of Technology and Engineering (TICATE)*, IOP Publishing, hal. 012035-012042.
- Setiawan, J., Darmawan, S. dan Tanujaya, H. (2022) 'Komparasi Simulasi CFD Pada Turbin Cross-Flow Dengan Model Turbulen k-ε STD dan RNG k-ε', *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 4(2), hal. 153-162.
- Steven Darmawan dan Harto Tanujaya (2019) 'CFD Investigation of Flow Over a Backward-facing Step using an RNG k-ε Turbulence Model', *IJTech - International Journal of Technology*, 10(2), hal. 280-289.

