

Simulasi dan Modelling Sirkulasi Aliran Udara Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

Studi Kasus: Ruang Kuliah Teknik Kimia Itenas

ARDI YOHANES^{1*}, GERALDI BRATA SUKMANA¹, MAYA RAMADIANTI MUSADI¹

¹Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: ardiyohanes0101@gmail.com

Received 05 09 2023 | Revised 12 09 2023 | Accepted 12 09 2023

ABSTRAK

Bangunan yang baik bukanlah bangunan yang hanya mengedepankan keindahan, namun perlu memperhatikan aspek kenyamanan secara thermal. Student Common Room (SCR) Teknik Kimia Itenas sebagai ruang kuliah perlumemperhatikan kenyamanan thermal guna mendukung kenyamanan kuliah mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan saran dalam merancang ruangan SCR yang nyaman dan efisien secara energi. Penelitian ini menggunakan Ansys Fluent CFD (Version 23.1.0.0) untuk memberikan visualisasi sirkulasi udara di dalam ruangan serta menganalisis suhu dan kelembapan di dalamnya. Dengan mempertimbangkan temuan dari analisis simulasi Ansys Fluent dan pengaruh penggunaan AC terhadap distribusi suhu ruangan. Adapun hasil yang didapatkan pada kondisi ruangan dengan AC menyala suhunya berkisar antara 22,3°C – 24,8°C sedangkan pada saat AC dimatikan suhunya berkisar antara 28,49°C – 29,59°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa suhu ruangan ketika AC dimatikan termasuk kedalam kategori tidak nyaman walaupun dengan kelembapan berkisar pada 55 -57%RH.

Kata kunci: *Student Common Room, Sirkulasi Udara, Temperature, Kelembaban*

ABSTRACT

A good building is not a building that only emphasizes beauty, but needs to pay attention to thermal comfort aspects. Itenas Chemical Engineering Student Common Room (SCR) as a lecture hall needs to pay attention to thermal comfort to support student comfort. This research aims to provide advice in designing a comfortable and energy efficient SCR room. This research uses Ansys Fluent CFD (Version 23.1.0.0) to provide visualization of air circulation in the room and analyze the temperature and humidity in it. By considering the findings from the Ansys Fluent simulation analysis and the effect of using AC on room temperature distribution. The results obtained in the condition of the room with the AC on the temperature ranged from 22.3°C - 24.8°C while when the AC was turned off the temperature ranged from 28.49°C - 29.59°C. This shows that the room temperature when the AC is turned off is included in the uncomfortable category even with humidity ranging from 55 -57%RH.

Keywords: *Student Common Room, air circulation, temperature, humidity*

1. PENDAHULUAN

Bangunan yang baik tidak hanya sekedar mengedepankan aspek keindahan ataupun estetika, namun juga perlu memperhatikan aspek kenyamanan. Dalam hal ini ruang *Student Common Room* (SCR) Teknik Kimia ITENAS sebagai ruang belajar mahasiswa seharusnya perlu mempertimbangkan aspek kenyamanan dalam pembangunannya. Salah satu aspek kenyamanan yang perlu dipertimbangkan yaitu aspek kenyamanan termal. Kenyamanan termal merupakan salah satu aspek kenyamanan yang sangat penting, karena menyangkut kondisi suhu ruangan yang nyaman untuk dapat ditempati. *American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) mendefinisikan kenyamanan termal sebagai perasaan dalam pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Menurut Fanger (1972) kondisi kenyamanan termal dapat dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang dapat menentukan kenyamanan termal yaitu jenis aktivitas serta jenis pakaian yang digunakan. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi kondisi termal terdiri dari suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban udara relatif, dan kecepatan angin di dalam ruangan. Faktor internal dapat dipengaruhi karena adanya penggunaan system ventilasi dan penggunaan *air conditioner* (AC) didalam ruangan (Suhendra, 2008). Adapun standar nyaman yang ditetapkan oleh ASHAE pada tahun 1981 adalah sebagai berikut:

Table 1. Standar Kenyamanan Termal Menurut ASHRAE (1981)

Parameter	Rentang Nilai
Suhu	22 ⁰ C - 26 ⁰ C
Kelembaban	20% - 70%
Kecepatan Aliran Udara	0,15 – 1,5 m / detik

Sumber: Data ASHRAE (1981)

Pemecahan analisis sifat dan pola aliran udara serta perpindahan kalor yang terjadi didalam ruangan dapat dilakukan melalui metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan menggunakan simulasi persamaan garis pada . Untuk metode simulasi CFD menggunakan analisis numerik yaitu *control volume* sebagai elemen dari integrasi persamaan-persamaan yang terdiri atas persamaan keseimbangan massa, momentum dan energi, sehingga penyelesaian persamaan untuk benda 2 (dua) atau 3 (tiga) dimensi dapat diselesaikan lebih cepat dan dapat dilakukan secara simultan atau bersamaan. Dalam hal ini perangkat lunak yang akan digunakan dalam simulasi CFD yaitu Ansys Fluent 2023. Sedangkan untuk simulasi menggunakan berupa penggunaan persamaan garis polynomial yang terbentuk dari data pengukuran yang diperoleh. (Abdillah & Niko, 2009)

2. METODOLOGI

2.1. *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode yang menggunakan teknik dari fisika, matematika terapan dan ilmu komputer untuk memodelkan, memprediksi dan memvisualisasikan bagaimana suatu fluida, yaitu gas atau cairan dapat mengalir. Sebuah prediksi kualitatif dan kuantitatif dapat disatukan dengan bantuan *Computational Fluid*

Dynamics yang menggunakan alat pemodelan matematika, perhitungan numerik dan perangkat lunak untuk merancang, memahami, membangun dan oleh karena itu, memprediksi skenario yang diperlukan (Thabet Senan and Hassan Thabit, 2018). Berikut merupakan tahapan yang perlu dilakukan dalam *Computational Fluid Dynamics* :

1. Pre-processing

Pre-processing adalah langkah pertama dalam simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang dapat membantu menentukan parameter simulasi dengan cara yang akurat jika dilakukan dengan benar. Pada langkah ini, perlu mengidentifikasi domain yang diinginkan dan membaginya menjadi beberapa segmen kecil. termasuk diantaranya menyiapkan geometri, menghubungkannya, mendefinisikan properti material yang terlibat, dan mengatur batas lapisan dan batas kondisi.

2. Computation / Processing

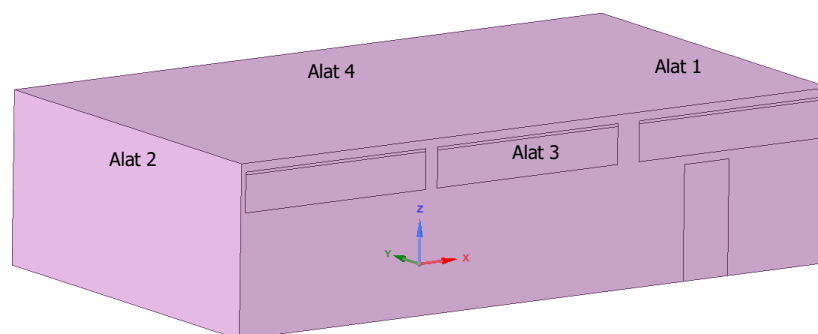
Pada tahap ini, simulasi dipilih sesuai dengan untuk masalah yang dihadapi, Untuk mendapatkan sebuah solusi, perangkat lunak akan menguji setiap variabel tunggal dalam setiap skenario sampai mendapatkan solusi. Oleh karena itu mengapa penting untuk memilih strategi simulasi yang tepat.

3. Post-Processing

Setelah mendapatkan hasil pada tahap *Processing*, langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil tersebut. Gunakan metode yang tersedia seperti plot vektor, plot kontur, kurva data, dan garis arus. Dengan begitu, akan didapatkan laporan dan representasi grafis yang akurat. Beberapa perangkat lunak yang digunakan pada tahap pasca-pemrosesan antara lain EnsSight, ANSYS CFD-POST, ParaView, FieldView, dan Tecplot 360. (Anderson, 1995)

2.2. Penempatan Data Logger Pada Ruang SCR

Guna mendapatkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban yang akurat maka ditempatkan 4 buah data logger untuk merekam keadaan suhu dan kelembaban ruang SCR tiap waktu yang sudah ditentukan. Berikut merupakan titik-titik penempatan data logger temperature dan kelembaban pada ruang SCR.

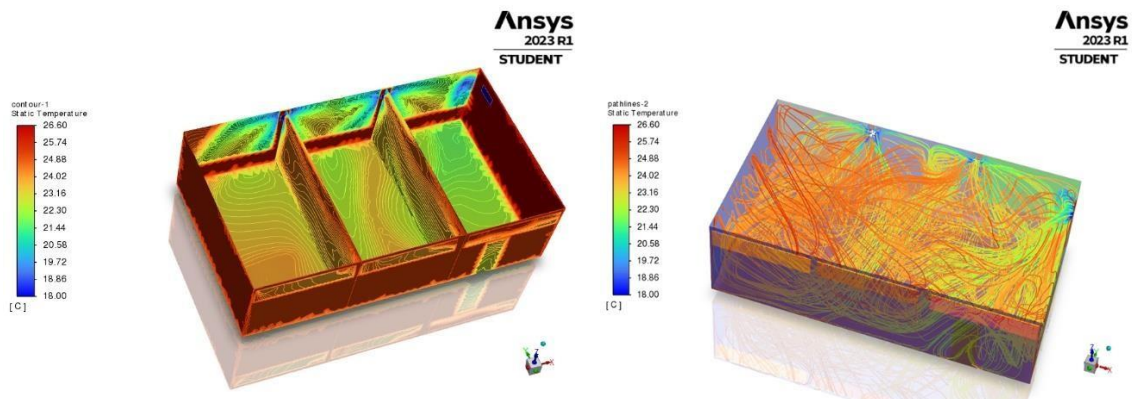


Gambar 1. Penempatan Data Logger

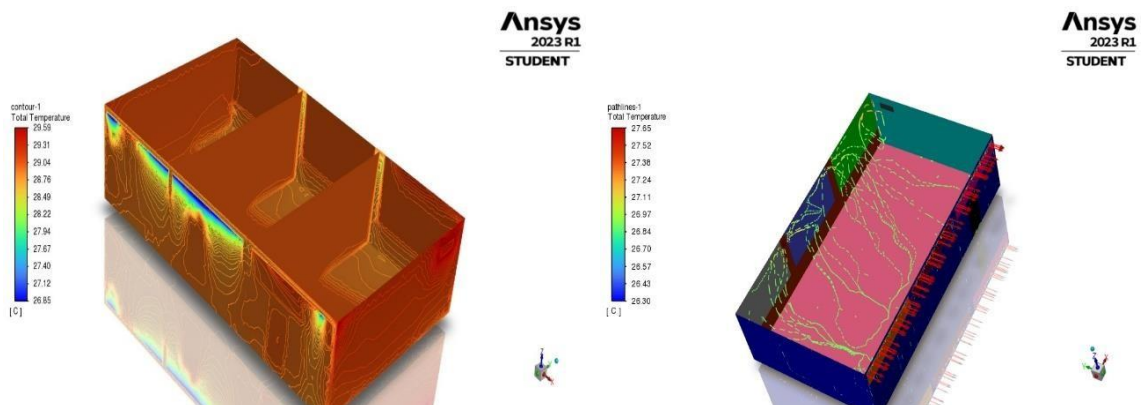
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Distribusi Aliran Udara dan Temperatur Pada Ruangan *Student Common Room* (SCR) Teknik Kimia Itenas

Pada simulasi aliran udara *Student Common Room* (SCR) dilakukan dengan menggunakan dua variabel kondisi yang berbeda yaitu pada ruangan AC dihidupkan dan ruangan AC dimatikan. Profil distribusi aliran udara dan temperatur disajikan pada **Gambar 2** dan **Gambar**



Gambar 2. Profil Distribusi Aliran Udara dan Temperatur ada AC di Hidupkan

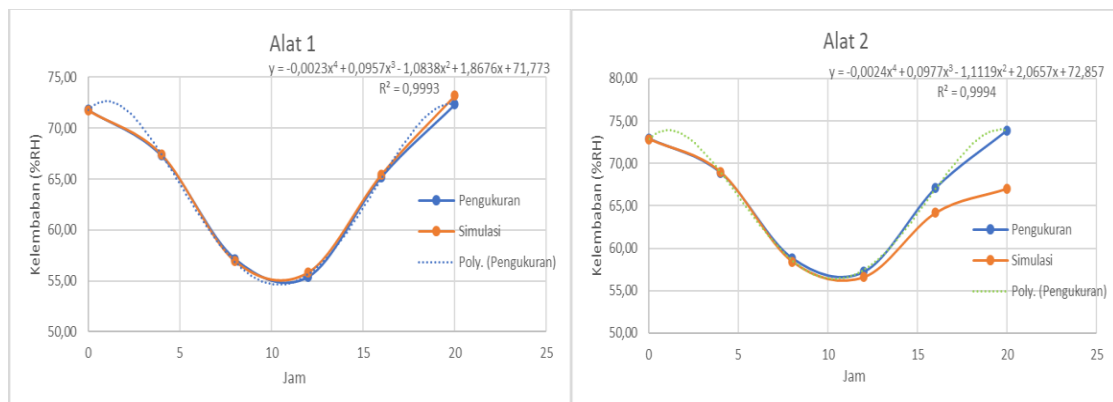


Gambar 3. Profil Distribusi Aliran Udara dan Temperatur ada AC di Matikan

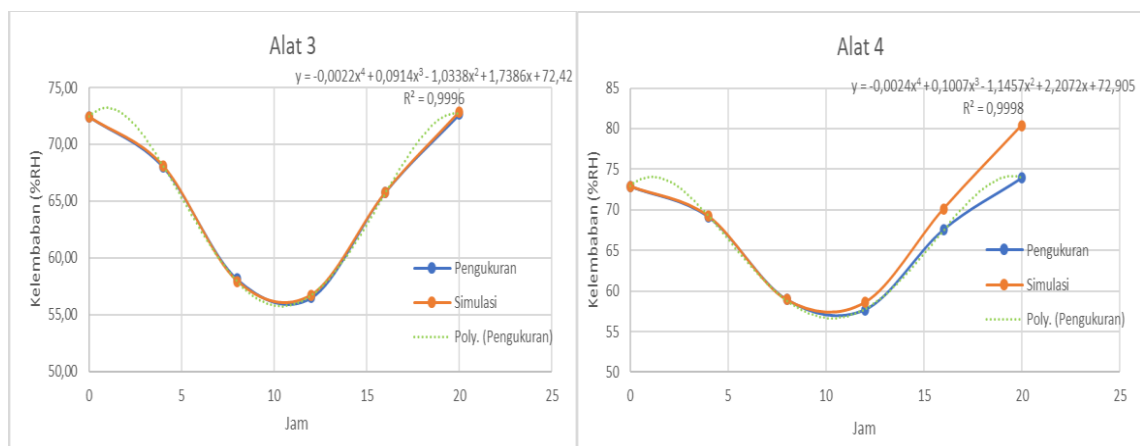
Hasil simulasi CFD menggunakan Ansys Fluent untuk menganalisis distribusi aliran udara dan temperatur pada ruangan *Student Common Room* (SCR) Teknik Kimia ITENAS menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kondisi AC dinyalakan dan dimatikan. Kontur temperatur menunjukkan bahwa suhu dalam ruangan lebih rendah saat AC dinyalakan dibandingkan saat AC dimatikan, namun terdapat perbedaan temperatur yang signifikan pada setiap sisi dinding ruangan saat AC dinyalakan. Suhu pada kondisi AC dinyalakan berkisar antara 22,3°C hingga 24,8°C, sedangkan pada kondisi AC dimatikan suhu berada di sekitar 28,49°C hingga 29,59°C. Dari pathline, terlihat bahwa aliran udara pada kondisi AC dinyalakan lebih berfluktuatif dan menyebar ke segala arah dibandingkan dengan kondisi AC dimatikan. Selain itu, terlihat juga adanya perpindahan panas konveksi paksa dan alami saat AC dinyalakan, sedangkan pada kondisi AC dimatikan hanya terjadi konveksi alami.

3.2 Simulasi Pengukuran Kelembapan Pada Ruangan *Student Common Room* (SCR) Teknik Kimia Itenas

Pada simulasi kelembapan Pada Ruangan *Student Common Room* (SCR) Teknik Kimia Itenas digunakan simulasi menggunakan microsoft excel. Variabel kondisi simulasi serupa dengan profil distribusi aliran udara dan temperatur. Pengukuran kelembapan aktual yang telah diperoleh akan dibuat kedalam kurva sehingga memunculkan persamaan garis polynomial. Dimana, persamaan garis tersebut digunakan untuk menganalisis nilai simulasi kelembapan. Hasil simulasi kelembapan disajikan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4. Simulasi Kelembapan pada Alat 1 dan Alat 2



Gambar 5. Simulasi Kelembapan pada Alat 3 dan Alat 4

Pola perubahan kelembapan di dalam ruangan *Student Common Room* (SCR) Teknik Kimia ITENAS dapat diamati melalui hasil simulasi. Pada siang hari menuju malam, kelembapan cenderung meningkat, dengan nilai tertinggi tercatat pada pukul 20.00 WIB sekitar 70- 75%RH. Sedangkan pada malam menuju siang, kelembapan cenderung menurun, dengan nilai terendah tercatat pada pukul 12.00 WIB sekitar 55-57%RH. Perubahan kelembapan ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, sirkulasi udara, dan kelembapan relatif luar ruangan. Simulasi ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pola perubahan kelembapan di dalam ruangan SCR Teknik Kimia ITENAS, yang dapat menjadi acuan dalam merancang sistem pengaturan kelembapan yang efektif.

3.3 Perbandingan Hasil Pengukuran Aktual dengan Hasil Simulasi

Tabel 2 dan **Tabel 3** merujuk pada hasil perbandingan pengukuran temperatur dan kelembapan aktual dengan hasil simulasi. Dari kedua pengukuran tersebut diperoleh perbandingan hasil pengukuran aktual dan simulasi. Nilai keduanya tidak terpaut signifikan sehingga nilai presentase error yang diperoleh keduanya relatif rendah yaitu dibawah 3,7%.

Tabel 2. Perbandingan Temperatur Pengukuran Aktual dan Hasil Simulasi

Waktu	Nilai Pengukuran (°C)	Nilai Simulasi (°C)	Error (%)
00.25	28,9800	28,9600	0,8000
04.25	27,1775	27,1125	1,1185
08.25	25,8675	25,7550	0,9868
12.25	24,5775	24,4075	1,0602
16.25	23,4400	23,3400	1,5048
20.25	26,2825	25,9725	3,6417

Tabel 3. Perbandingan Kelembapan Pengukuran Aktual dan Hasil Simulasi

Waktu	Nilai Pengukuran (%RH)	Nilai Simulasi (%RH)	Error (%)
00.25	72,51	72,48875	0,0293063
04.25	68,3325	68,43985	0,15709948
08.25	58,2675	58,06455	0,34830738
12.25	56,7	56,94365	0,42971781
16.25	66,4025	66,37315	0,04420014
20.25	73,1875	73,36425	0,24150299

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Simulasi CFD dengan Ansys Fluent menampilkan profil aliran udara yang berfluktuatif didalam ruangan SCR pada kondisi AC dinyalakan, berbeda dengan kondisi AC dimatikan.
2. Simulasi CFD menunjukkan bahwa AC menyebabkan perpindahan panas secara konveksi paksa dan alami, sedangkan tanpa AC hanya terjadi konveksi alami yang lebih lambat.
3. Simulasi CFD menggunakan Ansys Fluent memberikan hasil yang akurat dengan tingkat kesalahan di bawah 5% untuk temperatur dan kelembapan.
4. Ruangan SCR pada kondisi AC menyala dengan suhu sekitar 22,3°C-24,8°C. Pada kondisi AC dimatikan dengan suhu sekitar 28,49°C-29,59°C. Berdasarkan ASHRAE 1981 terkait parameter kenyamanan thermal dapat disimpulkan, ruangan SCR tidak memberikan kondisi kenyamanan thermal yang baik, terutama pada siang hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.D., (1995). Computational Fluid Dynamics: the basics with Applications.
McGraw-Hill, Singapore.
- Bird, R.B., Stewart, W.E., and Lightfoot, E.N., (1960). "Transport Phenomena", John Wiley
and Sons, New York.
- Kern, D.Q., (1950). "Process Heat Transfer", Mc Graw Hill Book Company Inc., New York.
- McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P., (2005). "Unit Operation of Chemical Engineering",
McGraw Hill Book, Co., United States of America.
- Senan, Thabet., Thabit Hassan., (2018). Computational Fluid Dynamics: Science of
theFuture, International Journal of Research and Engineering, Vol. 5 No. 6
- Tu, J. (2008). Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach. Butterworth-
Heinemann.
- Wilcox, D.C. (2006). Turbulence Modeling for CFD. 3rd Edition. DCW Industries.