

**ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR UDARA BEBAS  
DILUAR RUANGAN TERHADAP KONDISI UDARA DIDALAM  
RUANGAN PADA PENGGUNAAN 2 UNIT AC TYPE SPLIT  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)**

**Tri Pramito Utomo<sup>1</sup>, Marwan Effendy<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : [D200130052@student.ums.ac.id](mailto:D200130052@student.ums.ac.id)

**Abstrak**

*Penelitian ini menggambarkan prediksi data mengenai sistem pengkondisian udara dalam ruangan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur lingkungan terhadap kondisi temperatur udara di dalam ruangan pendingin.*

*Dalam penelitian ini, penggunaan 2 unit AC tipe split dalam ruangan berukuran 10,45m x 8,10m x 3,93m dengan posisi AC terletak di sisi atas dinding ruangan sebelah selatan menghadap ke utara dijadikan sebagai objek simulasi. Dengan model turbulensi k-epsilon ada dua tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Tahap pertama merupakan langkah validasi mesh dengan cara melakukan simulasi menggunakan tiga macam tipe mesh secara terstruktur dari mesh A dengan 149.328 elemen, mesh B dengan 461.322 elemen dan mesh C dengan 971.209 elemen. Tahap kedua, mengadopsi mesh yang mampu menghasilkan prediksi data terdekat pada tahap validasi dengan cara membandingkan data pengukuran. Simulasi tingkat lanjut dilakukan dengan memvariasikan temperatur lingkungan luar pada 20,6; 28,5 dan 39,5°C.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa validasi mesh dapat diterima dengan menggunakan tipe mesh C dalam jumlah elemen mencapai 971.209 dengan tingkat kesalahan sebesar 3,72%. Seiring dengan meningkatnya temperatur lingkungan maka semakin meningkat pula temperatur tiap titik koordinat pendinginan udara dalam ruangan.*

**Kata kunci :** Pendinginan ruangan , Computational fluid dynamic , Temperatur lingkungan.

**Abstract**

*This research describes data prediction of air conditioning system indoors. The purpose of this research is to find out the effect of changes free air temperature towards air temperature condition inside cooling room.*

*In this research, inside room with dimension 10,45m x 8,10m x 3,93m use 2 units AC split type located on the upper side of the room south side facing north as simulation object. There are two stages in this research with k-epsilon turbulence model. First, researcher validate the mesh by conducting a simulation with three kinds of mesh type structurally from mesh A with 149.328 elements, mesh B with 461.322 elements and mesh C with 971.209 elements. The second stage is adopting mesh which capable producing the most optimal data prediction in validating stage by comparing measurement data. The next level simulation conducted by varying free temperature on 20,6; 28,5 and 39,5 C.*

*The finding showed that mesh validation is acceptable using mesh C with the element up to 971.209 with failure rate 3,72%. Along with the rising of free air temperature value, temperature on each point of air conditioner indoor also increasing.*

**Keywords :** *Air Conditioner, Computational fluid dynamic, free air temperature.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem pendingin memegang peranan krusial dalam kehidupan modern, baik dalam skala besar maupun kecil. Salah satu aplikasi utamanya adalah *Air Conditioner* (AC), yang berfungsi untuk mengkondisikan udara di dalam ruangan agar suhu dapat diatur menjadi lebih sejuk dan nyaman. Penggunaan AC diharapkan tidak hanya mampu menjaga suhu ruangan sesuai keinginan, tetapi juga dapat beroperasi secara maksimal sesuai dengan kapasitas terpasang. Pada dasarnya, AC bekerja berdasarkan prinsip sistem refrigerasi, yaitu proses pengeluaran kalor dari suatu ruangan untuk mempertahankan temperatur di bawah temperatur lingkungan sekitar.

Seiring dengan kemajuan teknologi, para ahli kini banyak memanfaatkan pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) sebagai alat desain untuk menganalisis dan memprediksi kondisi fluida di dalam suatu ruangan. Namun, setiap permodelan yang dihasilkan memiliki potensi ketidakpastian, sehingga hasil simulasi numerik memerlukan validasi menggunakan data eksperimental untuk memastikan keandalan model yang digunakan. Strategi validasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengukur kesalahan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data hasil eksperimen.

Penelitian mengenai sistem pendingin di dalam ruangan telah banyak dilakukan sebelumnya. Riset eksperimental oleh Effendy (2005) meneliti efek kecepatan udara pendingin di sekitar kondensor terhadap prestasi mesin pendingin AC. Studi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan udara pendingin dapat meningkatkan koefisien prestasi hingga mencapai titik optimal tertentu. Penelitian lain oleh Soedjono dkk (2006) menggunakan metode numerik untuk mendapatkan posisi *diffuser* yang optimum, dan menemukan bahwa posisi serta kecepatan udara masuk *diffuser* sangat berpengaruh terhadap distribusi temperatur di dalam ruangan.

Meskipun berbagai kajian telah dilakukan, penelitian ini secara spesifik akan menganalisis sirkulasi dan distribusi temperatur dari dua unit AC di dalam sebuah ruangan dengan menggunakan pendekatan CFD. Lebih lanjut, studi numerik ini difokuskan untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur udara bebas di luar ruangan terhadap kondisi termal di dalam ruangan ber-AC dengan memanfaatkan perangkat lunak ANSYS Fluent R16.0.

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur udara bebas di luar ruangan terhadap distribusi temperatur di dalam ruangan yang menggunakan dua unit AC tipe *split*?
2. Bagaimana pola sirkulasi dan persebaran udara di dalam ruangan pada setiap variasi temperatur udara bebas di luar ruangan?
3. Seberapa besar tingkat validitas model simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang dikembangkan jika dibandingkan dengan data hasil eksperimen?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ada penelitian ini berkonsentrasi pada:

- a. Objek penelitian adalah sebuah ruangan dengan dimensi panjang 10,45 m, lebar 8,10 m, dan tinggi 3,93 m yang dilengkapi dengan dua unit AC tipe *split*.
- b. Simulasi numerik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent R16.0 dengan model turbulensi *k-epsilon*.
- c. Penelitian ini tidak menganalisis beban pendinginan secara mendalam, melainkan berfokus pada pengaruh variasi temperatur udara luar terhadap kondisi termal di dalam ruangan
- d. Variasi temperatur udara bebas di luar ruangan yang digunakan dalam simulasi adalah 20,6°C, 28,5°C, dan 39,5°C.
- e. Proses validasi model simulasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi numerik dengan data pengukuran eksperimental pada kondisi temperatur dinding 27,7°C.

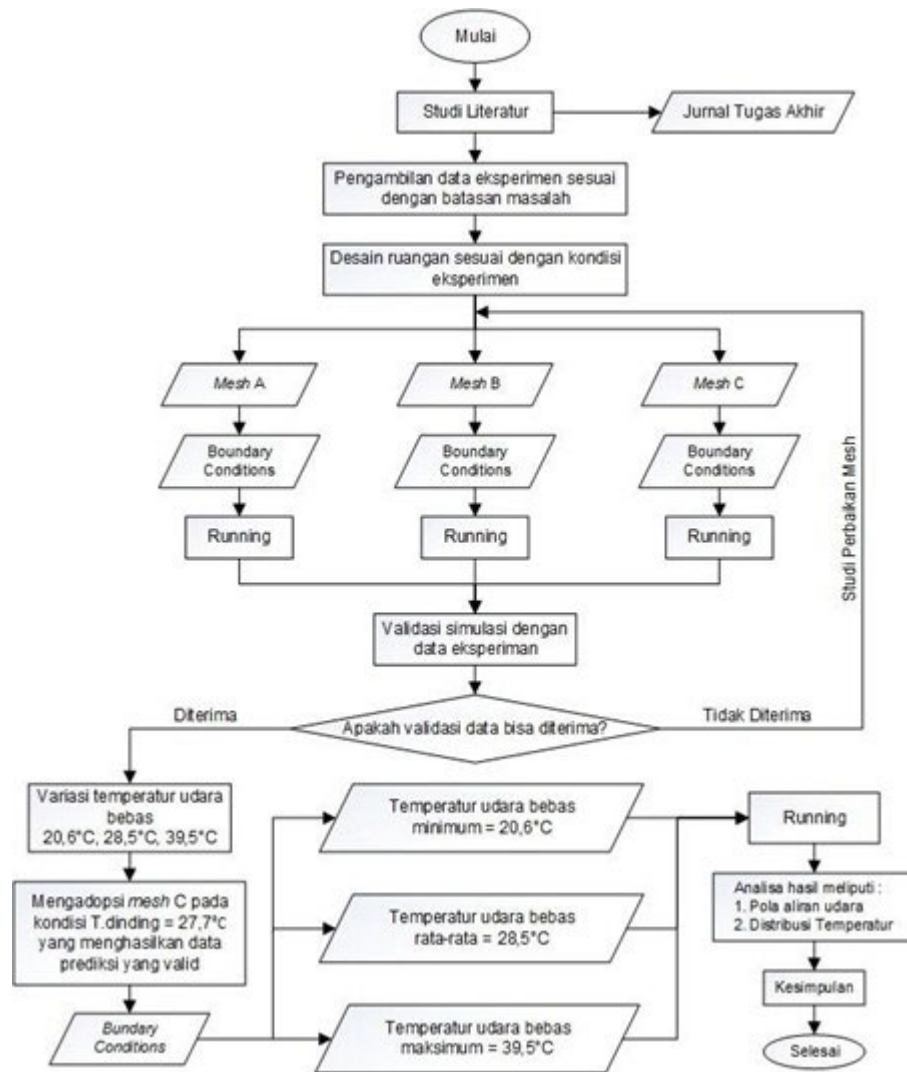
### 1.4 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui pengaruh perubahan temperatur lingkungan terhadap kondisi temperatur udara di dalam

- ruangan pendingin.
- b. Menganalisis pola sirkulasi dan distribusi temperatur di dalam ruangan pada berbagai variasi temperatur udara bebas di luar ruangan.
- c. Memperoleh model simulasi CFD yang valid untuk memprediksi kondisi termal di dalam ruangan ber-AC, yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut.

**2. METODE**

Tahapan ini berisi prosedur dan pelaksanaan penelitian



Gambar 1. Diagram Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

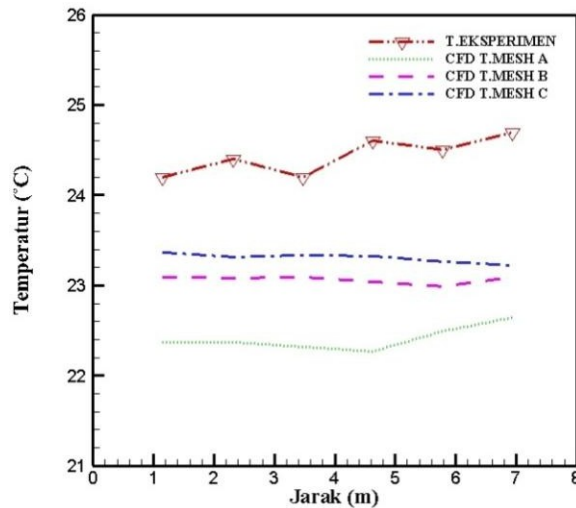
1.1 Validasi Mesh

Untuk memberikan data yang valid, maka satu hal yang terpenting dilakukan adalah validasi mesh, peneliti berulang kali melakukan proses meshing dan pada akhirnya terbentuk 3 varian mesh lalu disimulasikan dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Mesh

Jarak X (m)	Zona 1 (Z = 2.09)				Zons 2 (Z = 4.18)			
	Exs (°C)	Mesh A (°C)	Mesh B (°C)	Mesh C (°C)	Exs (°C)	Mesh A (°C)	Mesh B (°C)	Mesh C (°C)
1.157	24.2	22.372	23.085	23.369	25.6	23.008	23.505	23.754
2.314	24.4	22.37	23.08	23.311	25.1	22.551	23.44	23.602
3.471	24.2	22.317	23.095	23.336	25	22.321	23.339	23.537
4.628	24.6	22.267	23.04	23.32	24.8	22.13	23.309	23.62
5.785	24.5	22.488	22.992	23.262	24.5	22.116	23.188	23.528
6.942	24.7	22.641	23.093	23.218	24.4	22.491	22.911	23.385

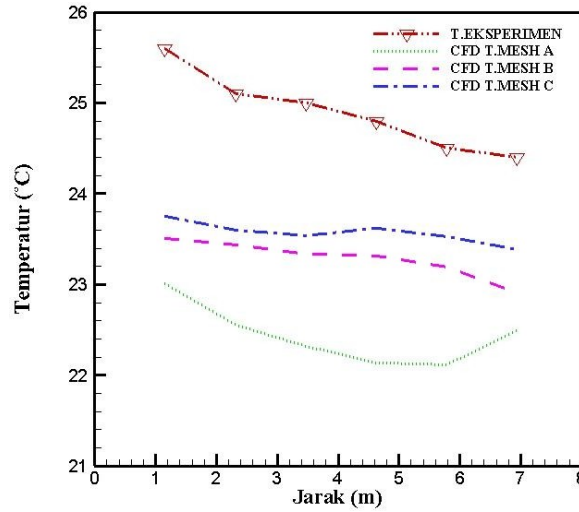
Jarak X (m)	Zona 3 (Z = 6.27)				Zona 4 (Z = 8.36)			
	Exs (°C)	Mesh A (°C)	Mesh B (°C)	Mesh C (°C)	Exs (°C)	Mesh A (°C)	Mesh B (°C)	Mesh C (°C)
1.157	25.4	23.269	23.983	24.321	25.1	23.152	24.202	24.555
2.314	24.9	23.128	23.909	24.41	25	23.022	24.25	24.567
3.471	24.5	23.055	23.986	24.359	25.3	22.925	24.416	24.554
4.628	24.3	22.954	24.103	23.999	25.2	22.872	24.535	24.547
5.785	24.2	22.323	24.167	23.606	24.7	22.885	24.608	24.489
6.942	24.7	22.268	23.713	23.313	25	22.992	24.509	24.169



Gambar 5. Validasi pada zona 1 (Z = 2,09 Meter)

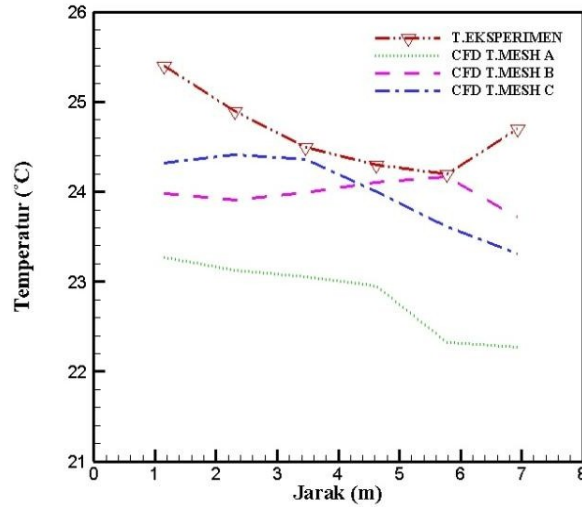
Pada gambar 5 dari penggunaan variasi 3 mesh menunjukkan bahwa pada Zona 1 atau pada bidang Z = 2,09 meter, pada hasil eksperimen di peroleh nilai rata-rata temperatur sebesar 24,43°C, kemudian terhadap hasil simulasi tipe *mesh A* nilai rata-rata temperatur sebesar 22,41°C dengan tingkat kesalahan 8,26%. Lalu

terhadap hasil simulasi tipe *mesh B* nilai rata-rata temperatur sebesar 23,06°C dengan tingkat kesalahan 5,61%. Lalu terhadap hasil simulasi tipe *mesh C* nilai rata-rata temperatur sebesar 23,30°C dengan tingkat kesalahan 4,62%



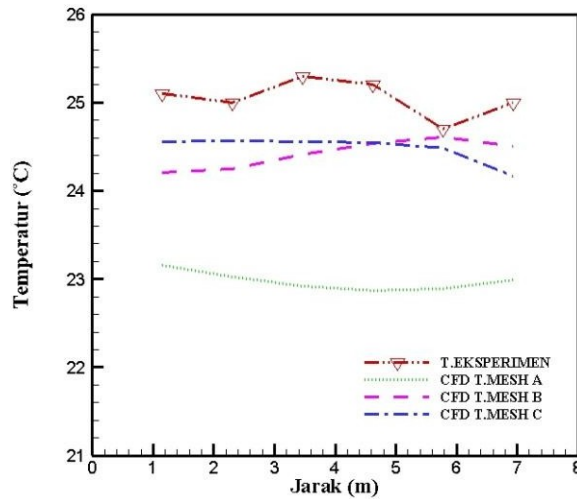
Gambar 6. Validasi pada zona 2 (Z = 4,18 Meter)

Kemudian pada gambar 6 pada Zona 2 atau pada bidang Z = 4,18 meter, pada hasil eksperimen diperoleh nilai rata-rata temperatur sebesar 24,9°C, kemudian terhadap hasil simulasi tipe *mesh A* nilai rata-rata temperatur sebesar 22,43°C dengan tingkat kesalahan 9,92%, Lalu terhadap hasil simulasi tipe *mesh B* nilai rata-rata temperatur sebesar 23,28°C dengan tingkat kesalahan 6,51%, Lalu terhadap hasil simulasi tipe *mesh C* nilai rata-rata temperatur sebesar 23,57°C dengan tingkat kesalahan 5,34%.



Gambar 7. Validasi pada zona 3 (Z = 6,27 Meter)

Kemudian pada gambar 7 pada Zona 3 atau pada bidang Z = 6,27 meter, pada hasil eksperimen diperoleh nilai rata-rata temperatur sebesar 24,66°C, kemudian terhadap hasil simulasi tipe *mesh A* nilai rata-rata temperatur sebesar 22,83°C dengan tingkat kesalahan 7,42%, Lalu terhadap hasil simulasi tipe *mesh B* nilai rata-rata temperatur sebesar 23,97°C dengan tingkat kesalahan 2,79%, Lalu terhadap hasil simulasi tipe *mesh C* nilai rata-rata sebesar 24°C dengan tingkat kesalahan 2,67%.



Gambar 8. Validasi pada zona 4 (Z = 8,36 Meter)

Kemudian pada gambar 8 pada Zona 4 atau pada bidang Z = 8,36 meter, pada hasil eksperimen diperoleh nilai rata-rata temperatur sebesar 25,05°C, kemudian terhadap hasil simulasi tipe *mesh A* nilai rata-rata temperatur sebesar 22,97°C dengan tingkat kesalahan 8,30%, Lalu terhadap hasil simulasi tipe *mesh B* nilai rata-rata temperatur sebesar 24,42°C dengan tingkat kesalahan 2,51%, Lalu terhadap hasil simulasi tipe *mesh C* nilai rata-rata sebesar 24,48°C dengan tingkat kesalahan 2,27%.

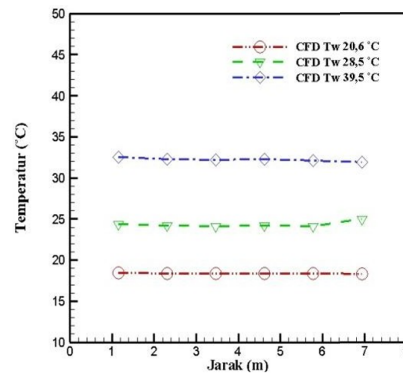
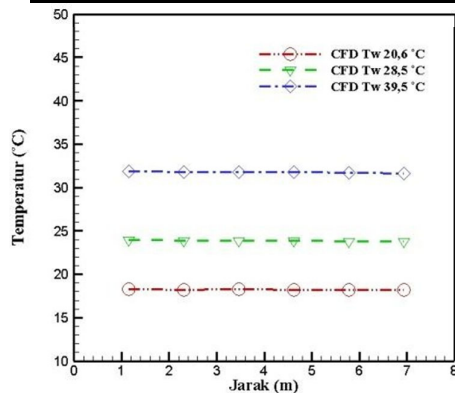
Dari pembahasan diatas menunjukan bahwa tipe mesh C yang menghasilkan data paling mendekati hasil eksperimen yakni dengan tingkat kesalahan sebesar 3,72%. Sehingga dianggap valid dan hasil validasi bisa diterima.

Dari data temperatur di atas di ambil untuk memvariasi temperatur udara bebas di luar ruangan atau kondisi batas pada proses simulasi dengan menggunakan tipe mesh C, dengan hasil sebagai berikut :

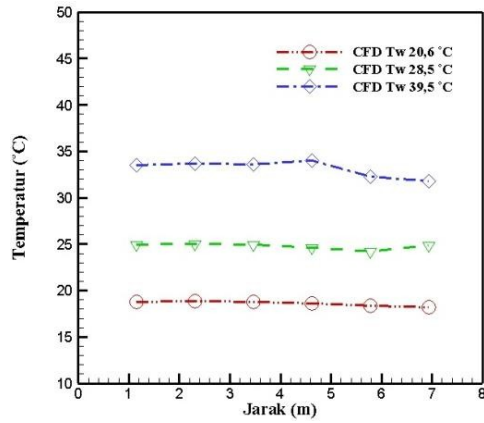
Tabel 4. Hasil Perhitungan Variasi Temperatur Lingkungan

Jarak X (m)	Zona 1 ( Z = 2.09 )			Zona 2 ( Z = 4.18 )		
	MIN	RATA2	MAK	MIN	RATA2	MAK
	20,6 (°C)	28,5 (°C)	39,5 (°C)	20,6 (°C)	28,5 (°C)	39,5 (°C)
1.157	18.263	23.944	31.854	18.469	24.35	32.537
2.314	18.232	23.883	31.752	18.37	24.19	32.272
3.471	18.245	23.91	31.798	18.35	24.121	32.157
4.628	18.235	23.893	31.77	18.395	24.209	32.303
5.785	18.204	23.831	31.667	18.345	24.112	32.142
6.942	18.181	23.785	31.588	18.269	24.962	31.888

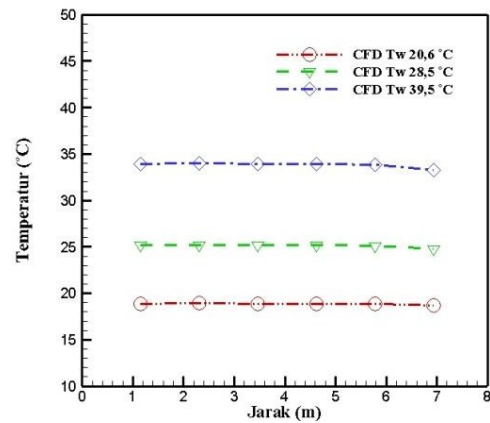
Jarak X (m)	Zona 3 ( Z = 6.27 )			Zona 4 ( Z = 8.36 )		
	MIN	RATA2	MAK	MIN	RATA2	MAK
	20,6 (°C)	28,5 (°C)	39,5 (°C)	20,6 (°C)	28,5 (°C)	39,5 (°C)
1.157	18.773	24.946	33.541	18.899	25.192	33.955
2.314	18.82	25.04	33.7	18.905	25.204	33.976
3.471	18.792	24.986	33.611	18.898	25.191	33.954
4.628	18.598	24.607	33.975	18.894	25.182	33.941
5.785	18.386	24.194	32.281	18.862	25.124	33.842
6.942	18.229	23.886	31.763	18.688	24.787	33.279



Zona 1 ( Z=2.09 Meter)



Zona 3 ( Z=6,27 Meter)



Zona 4 ( Z=8,36 Meter)

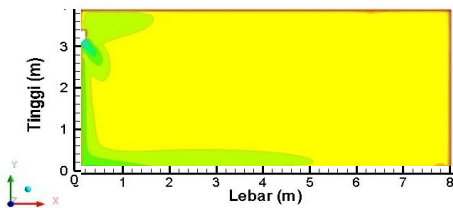
Hasil Variasi Temperatur Udara Bebas

tahap ini akan dilihat pengaruh yang dihasilkan dari perubahan temperature udara bebas diluar ruangan. Grafik diatas menunjukan bahwa nilai rata-rata pada Temperatur Minimum 18,52°C, Temperatur Rata-rata 24,48°C, Temperatur Maksimum 32,77°C.

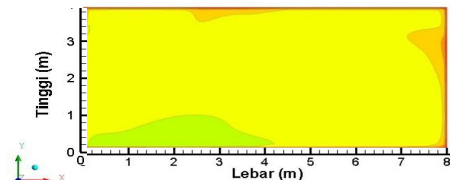
**Analisis Variasi Temperatur Udara Bebas di Lihat dari Kontur Persebaran Udara di dalam Ruangan**

Apabila dilihat dari kontur atau pola persebaran distribusi temperatur udara di dalam ruangan pada tiap masing-masing bidang yakni bidang Z=2,09 m , Z=4,18 m , Z=6,27 m , Z=8,36 m pada variasi Temperatur lingkungan yang berbeda yakni 20,6°C, 28,5°C, dan 39,5°C maka kontur atau pola persebarannya dapat ditampilkan sebagai berikut :Temperatur Lingkungan Minimum ( T<sub>o</sub> = 20,6°C )

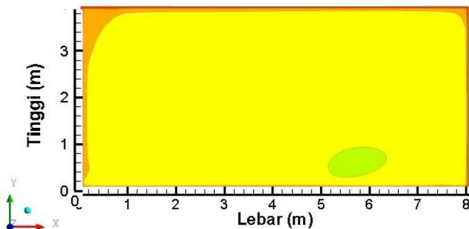
Zona 1 (Z=2,09 m)



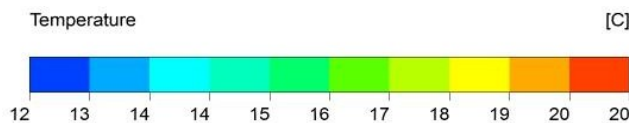
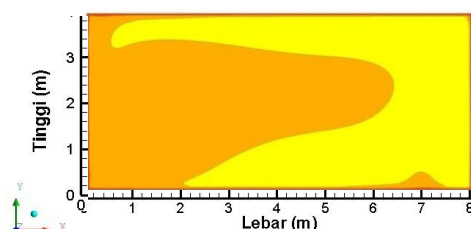
Zona 2 (Z=4,18 m)



Zona 3 (Z=6,27 m)



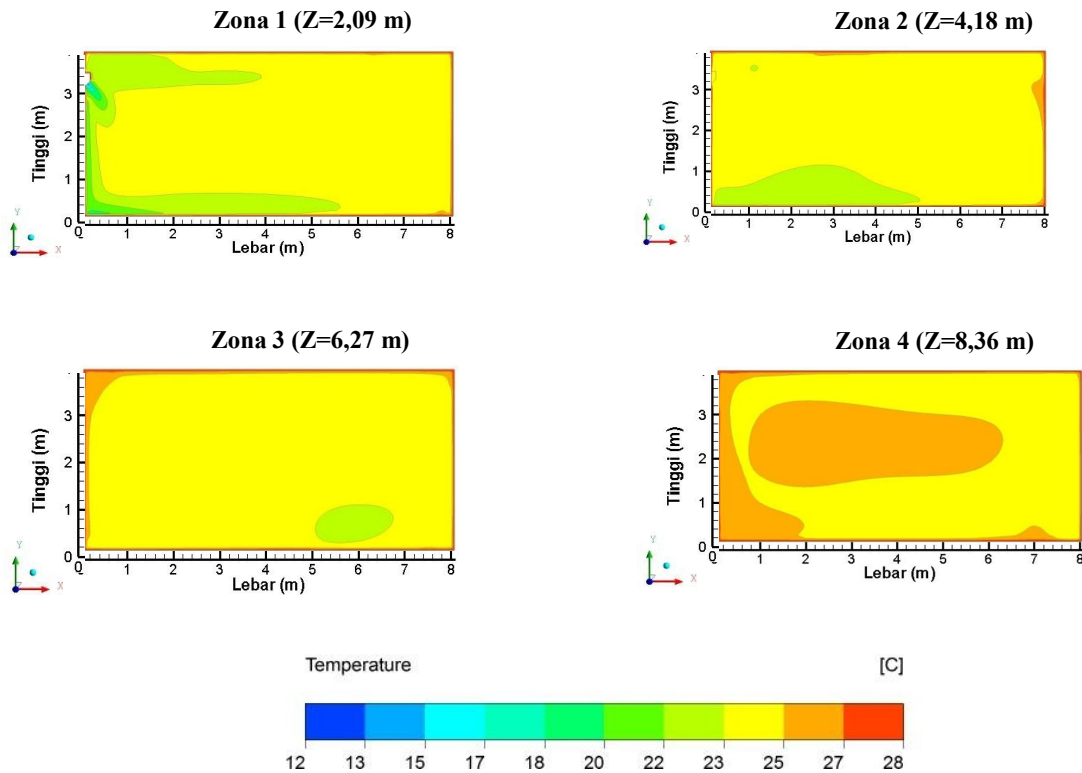
Zona 4 (Z=8,36 m)



Gambar 10 Kontur persebaran udara didalam ruangan pada variasi temperature lingkungan 20,6°C

Dari gambar 10 pada variasi temperatur lingkungan sebesar 20,6°C dari sumbu Z dapat dilihat dengan jelas meningkatnya temperatur persebaran udara didalam ruangan dari temperatur rendah ke temperatur tinggi pada posisi zona 1, zona 2, zona 3, dan zona 4 yang berbeda dengan menghasilkan kontur luasan persebaran yang berbeda pula, yang ditampilkan melalui gradasi warna, sehingga lebih mudah dalam pemahaman.

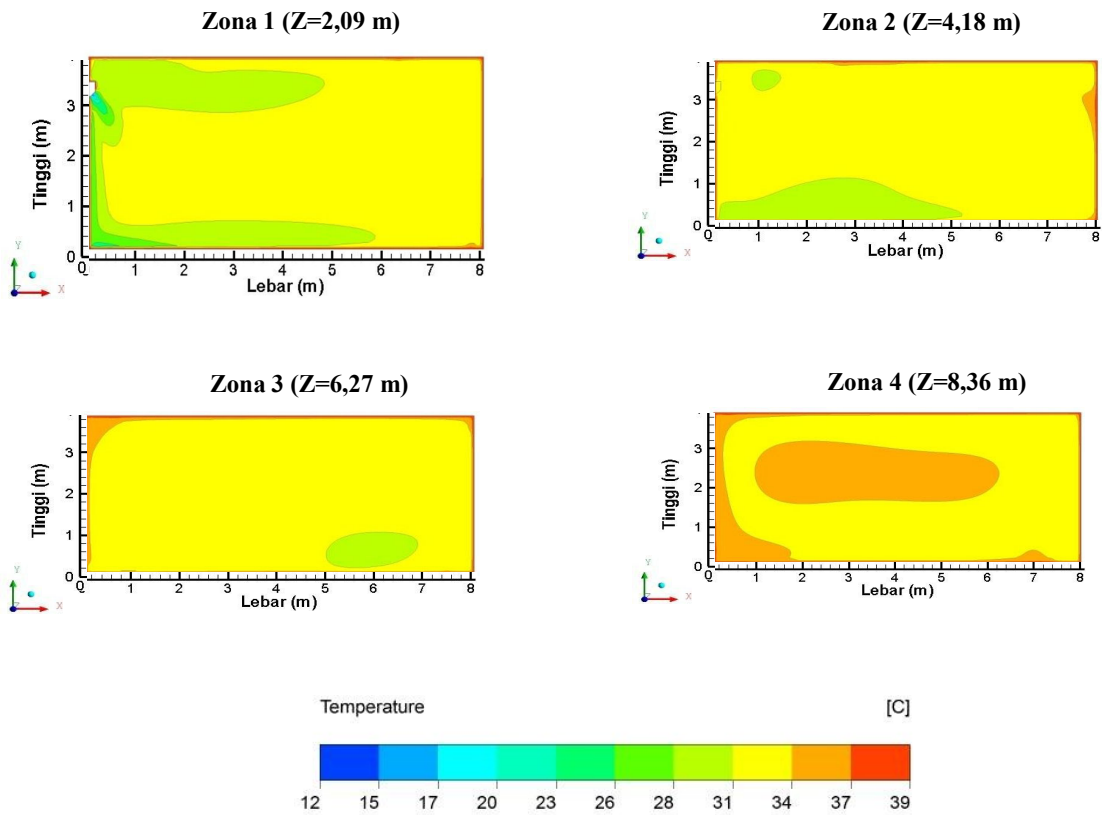
**Temperatur Lingkungan Rata-rata (  $T_w = 28,5^\circ\text{C}$  )**



Gambar 11 Kontur persebaran udara didalam ruangan pada variasi temperature lingkungan 28,5°C

Dari gambar 11 pada variasi temperatur lingkungan sebesar 28,5°C dari sumbu Z dapat dilihat dengan jelas meningkatnya temperatur persebaran udara didalam ruangan dari temperatur rendah ke temperatur tinggi pada posisi zona 1, zona 2, zona 3, dan zona 4 yang berbeda dengan menghasilkan kontur luasan persebaran yang berbeda pula, yang ditampilkan melalui gradasi warna, sehingga lebih mudah dalam pemahaman.

Temperatur Lingkungan Maksimum ( $T_{\omega} = 39,5^{\circ}\text{C}$ )



Gambar 12 Kontur persebaran udara didalam ruangan pada variasi temperature lingkungan  $39,5^{\circ}\text{C}$

Dari gambar 12 pada variasi temperatur lingkungan sebesar  $39,5^{\circ}\text{C}$  dari sumbu Z dapat dilihat dengan jelas meningkatnya temperatur persebaran udara didalam ruangan dari temperatur rendah ke temperatur tinggi pada posisi zona 1, zona 2, zona 3, dan zona 4 yang berbeda dengan menghasilkan kontur luasan persebaran yang berbeda pula, yang ditampilkan melalui gradasi warna, sehingga lebih mudah dalam pemahaman.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang dikembangkan dalam penelitian ini dinyatakan **valid**. Pada tahap validasi, penggunaan *mesh* Tipe C dengan jumlah elemen 971.209 menunjukkan hasil prediksi yang paling mendekati data eksperimental, dengan tingkat kesalahan rata-rata sebesar 3,72%. Nilai ini berada di bawah ambang batas yang dapat diterima untuk validitas sebuah model CFD.
2. Temperatur udara bebas di luar ruangan terbukti memiliki pengaruh yang signifikan dan linear terhadap kondisi termal di dalam ruangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur udara di luar (divariasikan pada 20,6°C, 28,5°C, dan 39,5°C), maka temperatur rata-rata di setiap titik di dalam ruangan juga akan meningkat secara proporsional.
3. Pola sirkulasi dan persebaran udara yang dihasilkan oleh dua unit AC tipe *split* tidak menunjukkan perubahan signifikan meskipun terjadi variasi temperatur di luar ruangan. Namun, luasan area dengan temperatur yang lebih tinggi di dalam ruangan menjadi semakin dominan seiring dengan meningkatnya temperatur lingkungan eksternal.
4. Analisis vektor kecepatan menunjukkan bahwa perubahan temperatur udara di luar ruangan tidak memengaruhi kecepatan distribusi udara di dalam ruangan secara signifikan. Pola aliran udara cenderung tetap konsisten pada semua skenario temperatur yang diuji.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agostino,D.D., Congedo,P,M.,Cataldo,R. (2012). *Ventilation Control Using Computational Fluid Dynamics (CFD) Modelling for Cultural Buildings Conservation*. University of Salento,Via per Monteroni, Lecce 73100, Italy.
- Ansys User Guide. 2009. *Ansys Fluent 12.0*. Ansys,Inc
- Bonefacic,Igor. (2015). *Numerical Modelling of Thermal Comfort Conditions in an Indoor Space With Solar Radiation Sources*. University of Rijek,Croatia.
- Cehlin,M.,Moshfegh,B. (2010). *Numerical Modeling of A Complex Diffuser in Room with Displacement Ventilation*. Building and Environment, Vol.45, Hal.2240-2252.
- Cengel, Y.A. 2003. *Heat Transfer : A Practical Aproach*. New York : Mc. GrawHill.
- Effendy,M. (2005). *Pengaruh Kecepatan Putaran Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC*. MEDIA MESIN Volume 6 No.2 juli 2005, ISSN 1411-4348.
- Effendy,M. (2005). *Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Kondenser Terhadap Koefisien Prestasi Air Conditioning*, JURNAL TEKNIK GELAGAR Vol.16, No.01. April 2005: 51-58.
- Effendy,M.,dkk. ( 2013)., '*Effect of Mesh Topologies On Wall Heat Transfer and Pressure Loss Prediction Of a Blade Coolant Passage*'. J. Applied Mechanics and Materials, Vol 315, pp. 216-220.
- Effendy,M ,dkk. (2016), *Des Study Of Blade Trailing Edge Cutback Cooling Performance With Various Lip-Thicknesses*. J. Applied Thermal Engineering, Vol. 99, pp. 434- 445.
- Gao,C.F.,Lee,W.L. (2008). *Optimized Design of Floor-Based Air-Conditioners for Residential Use*. Department of Building Services Engineering, Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Hong Kong.
- Hassan,N,M,S.,Khan,M,M,K.,Rasul,M,G. (2013).*Temperature Monitoring and CFD Analysis of Data Centre*.Central Queensland University, School of Engineering and Built Environment Rockhamton, Queensland 4702, Australia.
- Khatri,R.,Singh,A,P.,Khare,V,R. (2016). *Identification of Ideal Air Temperatur Distribution using Different Location for Air Conditioner in a Room Integrated with EATHE-A CFD Based Approach*. Department of Mechanical Engineering, Manipul University Jaipur, Jaipur 303007, India.
- Mirade,P.S.,Arnaud,G. (1995). *Two-Dimension Simulation of the Air Flow in Two Industrial Meat Chiller*. International Jurnal Refrigeration, Vol.18.
- 19
- Nugroho,Wira., Tandian,Nathanael,P. (2015). *Analisis CFD Penempatan Air Conditiong Unit pada KRD Ekonomi Bandung Raya*. Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara ITB.

- Prakash,D. (2015). *Transient Analysis and Improvement of Indoor thermal comfort for an Air Conditioned Room with Thermal Insulations*. Ain Shams University, Tamil Nadu.
- Soedjono,Denny,ME. (2006). *Pengaruh Posisi Difuser dan Variasi Kecepatan Udara Masuk Terhadap Temperatur Ruang Terkondisi (Sebuah Studi Numerik)*. Jurusan Teknik Mesin.Institusi Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- White,John. (2012). *Computational Fluid Dynamics Modelling and Experimental Study on a Single Silica Gel Type B*. School of Mechanical Engineering, University of Brimingham, Brimingham.
- White,W., Hejab,M., White,W,M.,Green,G. (2010). *Experimental and CFD Airflow Studies of a Cleanroom with Special Respect to Air Supply Inlets*. International Journal of Ventilation.
- Wijaya,Filipus,A., Ikhwan,Nur. (2015). *Simulasi Numerik Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara Ruang Consession 1 pada Lantai 2 Terminal 2 Bandar Udara Juanda Sidoarjo*. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri.Institusi Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Yongson,O., Badruddin,I,A., Zainal,Z,A., Narayana,Aswatha,P,A. (2005). *Airflow Analysis in an Air Conditioning Room*. School of Mechanical Engineering, University Saint Malaysia, Malaysia.