

**ANALISIS DISTRIBUSI UDARA DAN TERMAL PADA  
RUANGAN**

**(Studi Kasus : Rumah Tinggal)**

**TUGAS AKHIR**



**KIKI SUNDARI**

**1172004024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE**

**JAKARTA**

**2022**

**ANALISIS DISTRIBUSI UDARA DAN TERMAL PADA  
RUANGAN**

**(Studi Kasus: Rumah tinggal)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**KIKI SUNDARI**

**1172004024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS BAKRIE**

**JAKARTA**

**2022**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.**

**Nama : Kiki Sundari**

**NIM : 172004024**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : Agustus 2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Kiki Sundari

NIM : 1172004024


Program Studi : Teknik Sipil


Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Judul Skripsi : Analisis Distribusi Udara dan Termal Pada Ruangan

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.**

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Jouvan Chandra P, S.T., M.Eng., IPP (  )

Penguji : Dr. M. Ihsan, S.T., M.T., M.Sc (  )

Penguji : Dr. Ir. Budianto Ontowirjo, Msc., (  )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Agustus 2022

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada ALLAH SWT atas segala berkah dan rahmat-Nya yang telah memberikan penulis kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Distribusi Udara dan Termal Pada Ruang”.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak tugas akhir ini tidak akan dapat diselesaikan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan tugas akhir ini, yaitu kepada:

- Allah SWT, oleh karena-Nya telah memberikan penulis kesempatan dalam menulis serta menyelesaikan tugas akhir ini.
- Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa selalu memberikan doa, dukungan dan semangat kepada penulis.
- Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Bakrie.
- Bapak Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie.
- Ibu Safrilah, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi dan saran selama penulis berada di perkuliahan.
- Bapak Jouvan Chandra Pratama Putra, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan motivasi, bantuan, bimbingan serta arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
- Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir ini.
- Alfi Rachma Andini yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama perkuliahan dan selama proses pengerjaan tugas akhir.
- Adella Clarabelle yang selalu memberikan semangat, menemani dan mendengarkan keluhan penulis pada saat proses pengerjaan tugas akhir berlangsung.

- Lino, Felix, Bang Chan, Changbin, Hyunjin, Seungmin, Han, IN, Jungwoo dan Doy yang selalu menemani, memberikan semangat serta membawa energi positif kepada penulis.
- Amalia Ismi Dauti yang banyak memberikan semangat, motivasi dan masukan kepada penulis.
- Kak Yuke, Nabila, Annisa Permata, Rani halimah, Siti Aisyah, Kak Roy, Bang Uzam dan teman- teman Teknik Sipil Angkatan 2017 dan kakak-kakak 2016 yang memberikan motivasi serta menemani penulis semasa kuliah
- Bapak Budi dan Bapak Sigit yang selalu memberikan motivasi kepada penulis selama masa perkuliahan.
- Mba Imelda selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang bersedia membantu penulis dalam mengurus segala keperluan administrasi selama masa perkuliahan.
- Mba Arin selaku Penanggung Jawab sidang akhir Studi Teknik Sipil yang bersedia membantu penulis dalam mengurus segala keperluan administrasi selama penyusunan Tugas Akhir.

Jakarta, Juni 2022

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kiki Sundari  
NIM : 1172004024  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### ANALISIS DISTRIBUSI UDARA DAN TERMAL PADA RUANGAN

#### (Studi kasus: Rumah Tinggal)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmediakan atau formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : Juni 2022

Yang menyatakan



( Kiki Sundari )

# ANALISIS DISTRIBUSI UDARA DAN TERMAL PADA RUANGAN (Studi Kasus: Rumah Tinggal)

Kiki Sundari<sup>1</sup>

---

## ABSTRAK

Kenyamanan termal sangat penting bagi manusia, khususnya penduduk beriklim tropis. Terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal di antaranya, temperatur, kecepatan udara dan kelembaban udara (RH). Penelitian ini menggunakan permodelan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada ANSYS FLUENT R2021 *Student version* untuk mengetahui distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi guna mengetahui pengaruhnya terhadap kenyamanan termal. Penilaian kenyamanan termal pada penelitian ini menggunakan *thermal indeks* Fanger yaitu penilaian terhadap *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) dengan Analisis menggunakan komparasi SNI serta CBE Thermal Tools. Hasil analisis komparasi SNI menunjukkan bahwa kondisi termal berada pada “Nyaman Optimal pada ambang atas” dan dari hasil kalkulasi pada CBE Thermal Tools, menghasilkan nilai PMV rata-rata -0,32 dengan PPD sebesar 11%, menunjukkan bahwa kenyamanan termal berada pada kondisi nyaman.

Kata Kunci: Kenyamanan Termal, *Computational Fluid Dynamics* (CFD), *Predicted Mean Vote* (PMV), *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD, CBE Thermal Tools.

---

<sup>1</sup>Mahasiswa Sarjana program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie



**ANALISIS DISTRIBUSI UDARA DAN TERMAL PADA RUANGAN  
(Studi Kasus: Rumah Tinggal)**

Kiki Sundari<sup>1</sup>

---

***ABSTRACT***

*Thermal comfort is very important for humans, especially those who live in tropical regions . There are many factors that can affect thermal comfort, including temperature, air velocity and relative humidity (RH). This study uses Computational Fluid Dynamics (CFD) modeling on the ANSYS FLUENT R2021 Student Version to determine the distribution of temperature and air velocity, in order to determine their effect on thermal comfort. The assessment of thermal comfort in this study uses the Fanger Thermal Index, which is an assessment of PMV and Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), by analyzing between the SNI comparison and the CBE Thermal Tools. The results of the SNI comparison analysis show that the thermal conditions are at "Optimal Comfort " and from the calculation results on the CBE Thermal Tools, the average PMV value is -0.32 with a PPD of 11%, indicating that the thermal comfort is in a comfortable condition.*

*Key Word: Thermal Comfort, CFD, Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage Of Dissatisfied (PPD), CBE Thermal Tools.*

---

<sup>1</sup>*Undergraduated Studenr of Civil Engineering Universitas Bakrie*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1. Manfaat Untuk Mahasiswa .....	3
1.5.2. Manfaat untuk peneliti .....	4
1.6. Metodologi Penelitian .....	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II .....</b>	<b>6</b>
2.1. Kualitas Udara dalam Ruangan.....	6
2.2. Ventilasi.....	7
2.2.1. Ventilasi alami .....	7
2.2.2. Ventilasi buatan.....	8

2.3.	Sistem Distribusi Udara dalam Ruangan Tertutup .....	9
2.4.	Pergerakan Udara .....	11
2.5.	Pergantian Udara Per-jam (ACH) .....	12
2.6.	Kenyamanan Termal .....	13
2.6.1.	<i>Thermal Human Comfort</i> .....	14
2.7.	Persamaan Kontinuitas .....	17
2.8.	Persamaan Energi .....	18
2.9.	Persamaan Navier- Stokes .....	18
2.10.	Koefisien perpindahan panas .....	19
2.11.	Computational Fluid Dynamics (CFD).....	21
2.12.	Bilangan Reynold .....	23
2.13.	Aliran laminar .....	24
2.14.	Aliran Turbulen.....	24
2.15.	Pemodelan Aliran K- $\epsilon$ .....	25
2.16.	Penelitian Terdahulu .....	25
<b>BAB III</b>	.....	<b>27</b>
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2	Identifikasi Masalah .....	29
3.3	Studi Literatur.....	29
3.4	Pengumpulan Data .....	29
3.5	Tahapan pemodelan.....	31
3.6	Thermal Index .....	33
3.7	Validasi dan Analisi Hasil.....	35
<b>BAB IV</b>	.....	<b>36</b>
4.1.	Area Pengamatan.....	36
4.2.	Kecepatan Udara dan Kontur Udara Pada Skema Exsisting .....	37

4.3. Distribusi Temperatur Kondisi Exsisting dan Skema Permodelan Pada Ansys .....	40
4.4. Kelembaban Udara ( <i>Relative Humidity</i> ) .....	45
4.5. Thermal Index .....	47
4.6. Hasil Validasi Data.....	50
<b>BAB V.....</b>	<b>52</b>
5.1. Kesimpulan.....	52
5.2. Saran.....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem kerja AC split.....	8
Gambar 2. 2 mixing ventilation .....	9
Gambar 2. 3 Displacement ventilation.....	10
Gambar 2. 4 Diagram Zona Nyaman Dan Temperatur Efektif.....	17
Gambar 2. 5 Perpindahan Panas Konduksi .....	20
Gambar 2. 6 Perpindahan Panas Konveksi .....	20
Gambar 2. 7 Perpindahan Panas Radiasi.....	21
Gambar 2. 8 Aliran Laminer .....	24
Gambar 2. 9 Aliran Turbulen .....	25
Gambar 3. 1 termometer .....	30
Gambar 3. 2 Anemometer .....	30
Gambar 3. 3 geometri kondisi exsisting.....	31
Gambar 3. 4 Tampilan Meshing Model .....	32
Gambar 3. 5 Hubungan PMV dan PPD .....	35
Gambar 4. 1 Titik Pengukuran .....	36
Gambar 4. 2 Distribusi Kecepatan Udara dengan nilai 2.6 m/s.....	37
Gambar 4. 3 Grafik Kecepatan Udara Hasil permodelan Skema Exsisting.....	38
Gambar 4. 4 Streamline.....	39
Gambar 4. 5 Distribusi Temperatur .....	41
Gambar 4. 6 Grafik Temperatur Hasil permodelan Skema Exsisting.....	42
Gambar 4. 7 Grafik Temperatur kondisi Exsisting .....	44
Gambar 4. 8 psychometric chart.....	45
Gambar 4. 9 plotting parameter pada pschometric chart .....	46
Gambar 4. 10 CBE Thermal Tools .....	47
Gambar 4. 11 Hasil kalkulasi CBE Thermal Tools.....	48
Gambar 4. 12 Hasil CBE Thermal Tools (tidak nyaman).....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Efektivitas Distribusi Udara.....	11
Tabel 2. 2 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kenyamanan bagi manusia	12
Tabel 2. 3 Standar Kebutuhan Udara Untuk Tujuan Berbeda .....	13
Tabel 2. 4 Peneliti terdahulu .....	25
Tabel 2. 5 Peneliti terdahulu (Lanjutan) .....	26
Tabel 3. 1 Properties Fluida .....	33
Tabel 4. 1 Dry bulb temperature skema existing.....	46
Tabel 4. 2 Nilai kelembaban relatif udara (RH).....	46
Tabel 4. 3 Hasil simulasi CBE Thermal Tools .....	49
Tabel 4. 4 Hasil simulasi CBE Thermal Tools (Lanjutan).....	50
Tabel 4. 5 Nilai Standar Error Hasil Pengukuran dan skema existing .....	50

## DAFTAR NOTASI

$Q$	=	tingkat penghawaan alami ( $m^3/s$ )
$V$	=	volume ruangan ( $m^3$ )
$A$	=	luasan bukaan ( $m^2$ )
$T_m$	=	suhu permukaan (K)
$F_{mp}$	=	faktor sudut antara orang dan permukaan
$h_g$	=	koefisien konfeksi rata-rata globe
MRT	=	<i>Mean Radiant Temperature</i> ( $^{\circ}C$ )
GT	=	<i>globe temperature</i> ( $^{\circ}C$ )
$V_a$	=	kecepatan udara
$\epsilon$	=	emisivitas globe = 0.95 (untuk <i>black globe</i> )
$D$	=	diameter <i>of the globe</i> (m)
$T_a$	=	temperatur udara ( $^{\circ}C$ )
$\frac{\partial \rho}{\partial t}$	=	perubahan massa jenis terhadap waktu per satuan volume ( $kg.m^{-3} .s^{-1}$ )
$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}$	=	laju perubahan massa per satuan volume pada sumbu x ( $kg.m^{-3} .s^{-1}$ )
$\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}$	=	laju perubahan massa per satuan volume pada sumbu y ( $kg.m^{-3} .s^{-1}$ )
$\frac{\partial(\rho w)}{\partial z}$	=	laju perubahan massa per satuan volume pada sumbu z ( $kg.m^{-3} .s^{-1}$ )
$\eta$	=	viskositas dinamis (kg/m.s)
$\mu$	=	kecepatan (m/s)
$\rho$	=	massa jenis ( $kg/m^3$ )
$p$	=	tekanan (Pa)
$F$	=	kekuatan volume seperti gravitasi ( $m/s^2$ )
$Q_{cond}$	=	Laju Perpindahan Panas Konduksi, W
$k$	=	Konduktivitas Panas, W/m.K
$A$	=	Luasan Perpindahan Panas, $m^2$
$\frac{dT}{dx}$	=	Gradien suhu, yang merupakan kemiringan kurva temperatur pada diagram T-x (laju perubahan dari T dengan x), di lokasi x
$dx$	=	Beda jarak, m
$Q_{conv}$	=	Laju perpindahan panas konveksi, W
$h$	=	Koefisien perpindahan panas konveksi, W/ $m^2$ .K
$A_s$	=	Luas permukaan dimana perpindahan panas konveksi berlangsung, $m^2$
$T_s$	=	Temperatur permukaan, K
$T_{\infty}$	=	Temperatur fluida yang cukup jauh dari permukaan, K
$Q_{conv}$	=	Laju Perpindahan Panas Radiasi, W

$\sigma$	=	Konstanta Stefan-Boltzman, $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
$\epsilon$	=	Emisivitas bahan
$A_s$	=	Luas permukaan dimana perpindahan panas radiasi berlangsung, $\text{m}^2$
$T_s$	=	Temperatur permukaan, K
$T_{surr}$	=	Temperatur lingkungan, K
$\rho$	=	massa jenis
$U$	=	kecepatan
$L$	=	karakteristik panjang
$\mu$	=	viskositas dinamika fluida
$\nu(\mu/\rho)$	=	viskositas kinematik fluida
PMV	=	predicted mean vote
$M$	=	nilai metabolisme, dalam $\text{W/m}^2$ dari area permukaan tubuh
$W$	=	kegiatan external, dalam, =0 untuk kebanyakan aktivitas
$I_{cl}$	=	daya tahan termal pada pakaian, dalam $\text{m}^2\text{K/W}$
$F_{cl}$	=	rasio area permukaan orang ketika berpakaian, dengan area permukaan ketika tidak berpakaian
$t_a$	=	temperatur udara dalam $^{\circ}\text{C}$
$t_r$	=	mean radiant temperature dalam $^{\circ}\text{C}$
$p_a$	=	partial water vapour pressure dalam Pa
$h_c$	=	convective heat transfer, dalam $\text{W/m}^2\text{K}$
$t_{cl}$	=	permukaan temperatur pakaian, dalam $^{\circ}\text{C}$
PPD	=	Predicted Percentage of Dissatisfied