



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

"Alam Takambang Jadi Guru"

TUGAS AKHIR - MSN1.62.8004

**ANALISIS NUMERIK ALAT PEMINDAH PANAS AIR-UDARA SEBAGAI
SISTEM PENDINGIN PASIF PADA VENTILASI UDARA**

Firman Omni Saputra
NIM 19338029

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir Remon Lapsa, S.T., M.T., MSc.

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Padang
2023

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Analisis numerik alat pemindah panas air-udara sebagai sistem pendingin pasif pada ventilasi udara
Nama : Firman Omni Saputra
NIM : 19338029
Tahun Masuk : 2019
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 6 November 2023

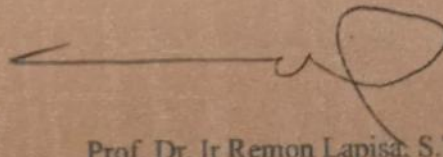
Disetujui oleh,

Koordinator Program Studi
S1 Teknik Mesin

Pembimbing



Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197607062003121001



Prof. Dr. Ir Remon Lapis, S.T.,
M.T., M.Sc.
NIP. 197709182008121001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

*Dinyatakan lulus setelah mempertahankan Tugas Akhir di depan tim penguji
Program Studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin,
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.*

Judul : Analisis numerik alat pemindah panas air-udara sebagai sistem pendingin pasif pada ventilasi udara
Nama : Firman Omni Saputra
NIM : 19338029
Tahun Masuk : 2019
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 6 November 2023

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Prof. Dr. Ir Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc.....

2. Anggota : Dr. Refdinal, M.T.
.....

3. Anggota : Budi Syahri, S.Pd., M.Pd.T.
.....

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, Tugas Akhir dengan judul “ Analisis numerik alat pemindah panas air-udara sebagai sistem pendingin pasif pada ventilasi udara adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di Perguruan Tinggi Lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila ada dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.



Padang, 6 November 2023
Saya yang menyatakan,

Firman Omni Saputra
NIM 19338029

ABSTRAK

Firman Omni Saputra,2023. Analisis Numerik Alat Pemindah Panas Air-Udara Sebagai Sistem Pendingin Pasif Pada Ventilasi Udara. Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Indonesia memiliki iklim tropis lembab dan banyak kota-kota besar yang berada di sepanjang pesisir sehingga menyebabkan besarnya kebutuhan energi akan kenyamanan termal. Dibutuhkan energi yang besar untuk mendapatkan kenyamanan termal. Jadi salah satu strategi efektif untuk efisiensi energi sistem HVAC (*Heating, Ventilation, dan Air Conditioning*) adalah teknik pendinginan pasif. Oleh karena itu, dilakukan penghematan dengan menggunakan alat pemindah panas sebagai pendingin pasif pada ventilasi udara. Penelitian ini dilakukan untuk melihat perbandingan antara data eksperimen dan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Metode pelaksanaan dalam penelitian ini dilakukan pada perangkat lunak Solidworks 2020 Berdasarkan data eksperimen temperatur inlet $32,35^{\circ}\text{C}$, temperatur outlet $28,4^{\circ}\text{C}$ dan temperatur air $27,58^{\circ}\text{C}$ serta laju aliran massa fluida udara yaitu 0.0936 kg/s didapatkan efektivitas sebesar $0,228$, lalu dilakukan variasi dengan laju aliran massa fluida udara 0.1872 kg/s didapatkan efektivitas sebesar $0,122$ dan variasi laju aliran massa fluida udara 0.2808 kg/s didapatkan efektivitas sebesar $0,083$.

Kata Kunci : HVAC, CFD, Solidworks 2020, Temperatur, Efektivitas

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“ANALISIS NUMERIK ALAT PEMINDAH PANAS AIR-UDARA SEBAGAI SISTEM PENDINGIN PASIF PADA VENTILASI UDARA”** yang mana merupakan salah satu untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Mesin di Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis belum tentu dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan dan keselamatan kepada penulis.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh dalam pendidikan.
3. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Dr. Ir Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Bapak Dr. Refdinal, M.T. selaku Dewan Penguji 1 yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Budi Syahri, S.Pd., M.Pd,T selaku Dewan Penguji 2 yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Ir. Arwizet K. S.T., M.T. selaku Dosen Penasehat Akademis yang telah membimbing dalam bidang akademis.
8. Bapak Dan Ibu Dosen beserta Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah membimbing penulis selama kuliah
9. Rekan–rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
10. Semua pihak yang tidak di sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan proposal skripsi ini

Walaupun demikian, dalam proposal ini penulis menyadari masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penelitian ini

Padang,6 November 2023

Firman Omni Saputra
NIM. 19338029

DAFTAR ISI

Halaman

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan.....	5
F. Manfaat.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Perpindahan Panas.....	6
B. Alat Penukar Panas (<i>Heat Exchanger</i>).....	8
C. Tipe-tipe Penukar Panas (<i>Heat Exchanger</i>)	10
D. Kenyamanan Termal.....	15
E. Metode NTU (<i>Number of Transfer Units</i>).....	16
F. <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD).....	19
G. Solidworks.....	21
H. <i>Flow Simulation</i>	22
I. Penelitian Relevan.....	24
J. Kebaruan Penelitian.....	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
A. Jenis Penelitian	27
B. Waktu dan Tempat Penelitian	27
C. Tahap Penelitian	28
D. Alat dan Bahan	34
E. Teknik Pengumpulan Data	35
F. Teknik Analisis Data.....	36
G. Flowchart.....	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	39
A. Data dan Hasil Pengujian	39
B. Analisa Data	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
A. Kesimpulan.....	48
B. Saran.....	48
DAFTAR RUJUKAN.....	49
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Shell-Tube Heat Exchanger</i>	11
2. <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	12
3. <i>Spiral Tube Heat Exchanger</i>	13
4. <i>Gasketed Plate Heat Exchanger</i>	14
5. (a).3D Model Pipa Spiral; (b). 3D Model Tabung Pemindah Panas; (c). 3D Model Alat Pemindah Panas Air-Udara.....	28
6. (a) <i>Input Lids</i> Pada Model; (b) <i>Check Geometry</i> Pada Model.....	29
7. <i>Input Fluid Subdomain</i>	30
8. <i>Input Material</i>	31
9. <i>Input Boundary Condition</i>	32
10. <i>Input Goals</i>	32
11. <i>Input Meshing</i>	33
12. (a) Hasil Analisis Numerik Pada Laju Aliran Massa Fluida 0.0936 kg/s; (b) Hasil Analisis Numerik Pada Laju Aliran Massa Fluida 0.1872; (c) Hasil Analisis Numerik Pada Laju Aliran Massa Fluida 0,2808	44
13. Grafik Efektivitas.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Batas Kenyamanan Termal SNI 03-6572-2001	16
2. Bahan Penelitian.....	35
3. Data Eksperimen Pada Pukul 23.30 – 00.30.....	36
4. Perbandingan Nilai <i>Error</i> dan Eksperimen.....	42
5. Hasil Simulasi	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Blanko Bimbingan Tugas Akhir	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah Indonesia beriklim tropis lembab dan membutuhkan konsumsi daya yang cukup tinggi untuk energi pada bangunan, yakni pada sistem pendinginan. Jika bangunan tersebut tidak direncanakan dengan baik maka, energi yang dibutuhkan untuk mendinginkan bangunan untuk daerah beriklim tropis lembab juga akan besar. Kenyamanan termal sangat dipengaruhi oleh sistem pengkondisian udara dan sistem ventilasi. Untuk memenuhi kenyamanan termal penghuni di iklim tropis, bangunan biasanya dilengkapi dengan alat penyejuk udara dan ventilasi yang sering disebut dengan sistem HVAC (*Heating, Ventilation, dan Air Conditioning*). (Lapisa et al., 2023).

Indonesia dikenal sebagai negara yang tangguh dalam pelayaran, baik nasional maupun internasional, yang diperlihatkan dengan banyaknya kota-kota pesisir di Indonesia. Pertambahan jumlah penduduk di kota pesisir sejalan dengan sejarah peradaban suku bangsa yang bermukim di sepanjang pesisir di Indonesia. Pertambahan jumlah penduduk menyebabkan bertambah luasnya kota pesisir di Indonesia, maka pertambahan ini akan berdampak pada peningkatan penggunaan energi (Wibowo & Supriatna, 2011).

Peningkatan populasi manusia menyebabkan peningkatan permintaan energi secara proporsional. Namun, sumber energi yang tersedia terbatas, dan penggunaannya dapat menciptakan masalah lingkungan seperti pemanasan global dan polusi udara. Konsumsi energi pada sistem HVAC di bangunan berkontribusi terhadap 40% konsumsi energi global (Magdalena & Tonbala,

2016). Jumlah Energi yang dibutuhkan tergantung pada beban dan sistem HVAC. Selain itu, penggunaan refrigeran dalam sistem HVAC berpotensi merugikan pada lingkungan, seperti penipisan lapisan ozon dan pemanasan global.

Isu mengenai krisis energi konvensional (tak terbarukan) yang semakin lama akan semakin habis menjadi topik hangat yang marak diperbincangkan dalam perkembangan dunia saat ini. Sejumlah ilmuwan telah memprediksi bahwa dalam beberapa tahun mendatang, sumber-sumber tak terbarukan, seperti minyak, gas alam, dan batu bara akan semakin langka dan tidak dapat diakses (Yolcan, 2023). Hal ini akan memiliki dampak yang sangat besar terhadap penggunaan energi di masa depan, sehingga perlunya pengembangan sumber-sumber energi terbarukan alternatif dan implementasi konservasi energi (kebijakan efisiensi energi) dalam setiap rancangan pembangunan.

Energi konvensional (tak terbarukan) hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi atau tergantikan dalam waktu singkat. Sumber-sumber cadangan energi tersebut semakin lama akan semakin habis, biaya penambangan menjadi meningkat, dan berdampak pada peningkatan harga jual pada masyarakat. Disaat yang bersamaan, energi konvensional tersebut menjadi faktor besar penyumbang pemanasan global dengan melepaskan emisi karbon ke atmosfer. Inilah mengapa energi konvensional dikatakan tidak ramah lingkungan, karena dapat menimbulkan polusi bagi lingkungan (udara, air dan tanah) juga berdampak pada penurunan

tingkat kesehatan dan standar hidup bagi makhluk hidup yang tinggal disekitar lingkungan.

Bertambahnya kebutuhan akan energi dapat menambah anggaran yang harus dikeluarkan untuk pendinginan. Salah satu strategi efektif untuk efisiensi energi sistem HVAC adalah teknik pendinginan pasif. Teknik ini merupakan metode penurunan temperatur suatu bangunan dengan menggunakan dua prinsip yaitu meminimalkan perolehan panas dari lingkungan dan memaksimalkan pembuangan panas ke lingkungan. Beberapa alternatif teknik pendinginan pasif yang dapat diterapkan pada bangunan antara lain ventilasi alami, pelindung sinar matahari, pendinginan evaporatif, pendinginan oleh tanah, material, stratifikasi termal (Lapisa & Romani, 2020). Oleh karena itu, dilakukan penghematan dengan menggunakan alat pemindah panas sebagai pendingin pasif pada ventilasi udara. Cara kerja alat ini dengan cara perangkat perpindahan panas dari udara yang mengalir dalam pipa penukar panas, yang direndam dalam tabung berisi air. Panas yang dibawa oleh udara kemudian dipindahkan ke dalam air saat melewati pipa penukar panas yang terendam dalam reservoir. Efektivitas pendinginan pasif dianalisis dengan menurunkan temperatur udara antara inlet dan outlet *ventilator* setelah melewati *heat exchanger*.

Computational Fluid Dynamics (CFD) masih menjadi alat yang berguna untuk mempelajari dinamika aliran dan perpindahan panas dalam *heat exchanger* secara menyeluruh sebelum meningkatkan desainnya (Khabbaz et al., 2016). Hal ini memungkinkan untuk menangkap perpindahan

panas yang terjadi serta kemungkinan struktur koheren 3D yang tertanam dalam aliran rata-rata, yang dapat sangat mempengaruhi perpindahan panas. Ini juga menunjukkan perpindahan panas secara internal, yang biasanya tidak ditangkap secara eksperimental. Namun, penulis lebih menekankan pada analisis numerik pengaruh laju aliran massa udara terhadap perpindahan panas.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang ada yaitu :

1. Iklim dan geografis di Indonesia menyebabkan dibutuhkannya alat pendingin eksternal untuk mencapai kenyamanan termal.
2. Besarnya energi yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan termal.

C. Batasan Masalah

Agar skripsi ini sistematis, maka ruang lingkup permasalahan perlu dibatasi guna menghindari pembahasan masalah yang melebar dan tidak terarah pada permasalahan utama, Jadi diperlukan adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis numerik perpindahan panas terhadap sistem pemindah panas air – udara.
2. Analisis numerik dilakukan untuk mengetahui perbedaan temperatur sebelum dan setelah aliran udara melewati alat pemindah panas dengan variasi laju aliran massa udara.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah model perpindahan panas pada alat pemindah panas air – udara dengan flow simulation.
2. Bagaimanakah pengaruh laju aliran massa fluida pada efektivitas alat pemindah panas air – udara dengan flow simulation.

E. Tujuan

Berdasarkan masalah yang dikemukakan, maka tujuan penelitian melakukan analisis numerik alat pemindah panas air-udara sebagai pendingin pasif pada ventilasi udara dengan variasi laju aliran massa fluida.

F. Manfaat

1. Mendapatkan laju aliran massa udara alat pemindah panas dengan performa yang lebih baik sebagai perbandingan dalam perancangan alat pemindah panas air – udara.
2. Hasil analisis dapat menjadi acuan untuk penelitian berikutnya.