



**UNIVERSITAS NEGERI
PADANG**

"Alam Takambang Jadi Guru"

TUGAS AKHIR-MSN1.62.8004

**STUDI EKSPERIMEN ALAT PEMINDAH PANAS UDARA-
AIR SEBAGAI PENDINGIN PASIF PADA VENTILASI UDARA**

**RAFI RAHMAT ICHSAN
NIM 18338041**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Padang
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Studi Eksperimen Alat Pemindah Panas Udara-Air Sebagai Pendingin Pasif

Nama : Rafi Rahmat Ichsan

NIM : 18338041

Tahun Masuk : 2018

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 13 November 2023

Disetujui Oleh,

Koordinator Program Studi

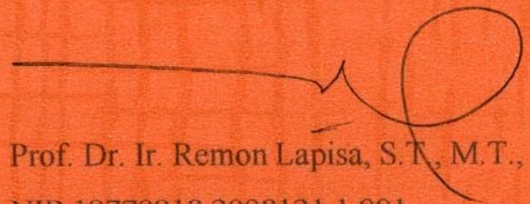
S1 Teknik Mesin



Yofli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.

NIP 19760706 200312 1 001

Dosen Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc.

NIP 19770918 2008121 1 001

HALAMAN 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 : Studi Eksperimen Alat Pemindah Panas Udara-Air Sebagai

Pendingin Pasif

Nama : Rafi Rahmat Ichsan

NIM : 18338041

Tahun Masuk : 2018

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 13 November 2023

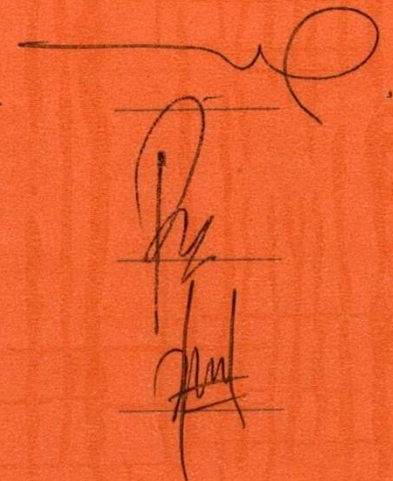
Tim Penguji

Nama

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

2. Anggota : Primawati, S.Si., M.Si.

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



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rafi Rahmat Ichsan
NIM / BP : 18338041 / 2018
Konsentrasi : Energi
Departemen : Teknik Mesin
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul : Studi Eksperimen Alat Pemindah Panas Udara-Air
Sebagai Pendingin Pasif pada Ventilasi Udara

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 13 November 2023

Yang Menyatakan



Rafi Rahmat Ichsan
NIM. 18338041

ABSTRAK

**Rafi Rahmat Ichsan: STUDI EKSPERIMEN ALAT PEMINDAH PANAS
UDARA-AIR SEBAGAI PENDINGIN PASIF
PADA VENTILASI UDARA**

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Letak geografis tersebut menjadikan kota – kota di Indonesia mendapatkan paparan penuh terhadap sinar matahari sepanjang tahun. Pemanasan global juga mengakibatkan suhu udara pada musim kemarau di Indonesia terjadi peningkatan. Suhu udara yang cukup tinggi tersebut mengakibatkan menurunnya kualitas dan mobilitas pekerjaan manusia yang beraktivitas dikarenakan tidak tercapainya kenyamanan termal. Alat pengkondisian udara yang digunakan oleh masyarakat pada umumnya berupa kipas angin dan AC, penggunaan kipas angin hanya mensirkulasi udara yang terdapat pada ruangan tersebut dan tidak ada sirkulasi dari luar maupun penurunan suhu, sedangkan dari penggunaan AC merupakan perangkat yang sangat baik dalam mencapai kondisi nyaman. Namun konsumsi energi AC sangat besar dan zat fluida yang berada dalam sistemnya tidak ramah lingkungan. Dengan solusi menggunakan sistem (Water-air Heat Exchanger), memanfaatkan suhu air yang berada di tabung penyimpanan air sebagai media penurunan suhu dari udara yang melewatinya. Udara yang digerakkan oleh inline duct fan dengan kecepatan aliran konstan 9,6 meter per detik dialirkan melalui selang PVC sebagai bagian utama pemindah panas yang dibenamkan ke dalam tabung berisi air dengan diameter 100 cm dan tinggi 110 cm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penukar panas udara-air yang dirancang memberikan efek pendinginan pasif yang cukup signifikan dan dapat menurunkan suhu udara hingga 6,83 °C. Dengan memanfaatkan efek pendinginan pasif, kapasitas pendinginan yang diperoleh selama periode pengukuran pada perangkat adalah 3,08 kJ hingga 7,67 kJ.

Kata Kunci: Penukar Panas, Kenyamanan Termal, Pendinginan Pasif, Sirkulasi Udara

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memeberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Eksperimen Alat Pindah Panas Udara-Air Sebagai Sistem Pendingin Pasif pada Ventilasi Udara”.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Keberhasilan penulis dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memotifasi dan meluangkan waktunya untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir.
2. Ibu Dr. Ir. Mulianti, M.T selaku Pembimbing Akademik penulis yang selalu mendorong dan memotivasi penulis selama perkuliahan.
3. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng selaku ketua Program Studi S1 Teknik Mesin.
5. Ibuk Primawati, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji tugas akhir.
6. Bapak Budi Syahri, S.Pd., M.Pd.T. selaku dosen penguji tugas akhir.
7. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Orang tua dan keluarga yang selalu memberi semangat motivasi dan do'a kepada penulis.

9. Teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, dorongan, motivasi, arahan dan do'a kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Semoga segala bantuan, bimbingan, dukungan dan petunjuk yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Semoga tugas akhir yang penulis selesaikan bermanfaat bagi kita semua dengan mengharap kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan tugas akhir ini.

Padang, 30 Oktober 2023

Rafi Rahmat Ichsan
NIM. 18338041

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Perpindahan Panas.....	8
B. Mekanisme Pemindah Panas	11
C. Klasifikasi Desain Konstruksi Pemindah Panas.....	12
D. Alat Pemindah Panas Udara-Air	14
E. Laju Aliran Massa Udara.....	16
F. Efektivitas Pemindah Panas	18

BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Objektivitas Penelitian.....	20
B. Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	21
C. Prosedur Pengambilan Data	21
D. Jenis dan Sumber Data	22
E. Diagram Alir Penelitian.....	24
F. Instumen Penelitian.....	25
G. Skema Uji Eksperimental.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Spesifikasi Penggerak Udara (Blower)	44
B. Perhitungan Laju Aliran Massa Udara	45
C. Analisa Data Temperatur Alat Pemindah Panas	45
D. Kapasitas Pendinginan.....	51
E. Analisa Temperatur Udara	54
F. Perhitungan Nilai Efektivitas Eksperimental.....	57
BAB V KESIMPULAN.....	60
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perpindahan Panas Konduksi pada Dinding(Holman 2010).....	9
Gambar 2. Perpindahan Panas Konveksi(Holman 2010).....	10
Gambar 3. Perpindahan Panas Radiasi (Holman 2010).....	10
Gambar 4. Alat Penukar Kalor (Donald Pitts 2011).....	11
Gambar 5. Diagram Alir	24
Gambar 6. Desain alat.....	25
Gambar 7. Blower	27
Gambar 8. Selang.....	28
Gambar 9. Pipa PVC.....	29
Gambar 10. Tabung Air	30
Gambar 11. Rangka Penahan	31
Gambar 12. Las	32
Gambar 13. Gerinda.....	32
Gambar 14. Alat Roll	33
Gambar 15. Katup Selang.....	34
Gambar 16. <i>Thermocouple</i>	36
Gambar 17. Base Data Logger	37
Gambar 18. Node 1	38
Gambar 19. Node 3	39
Gambar 20. Anemo Meter	39
Gambar 21. Laptop.....	40
Gambar 22. Gambar Skema	41
Gambar 23. Perubahan temperatur pada Inlet, Air dan <i>Outlet</i> pada Hari Pertama.....	49
Gambar 24. Perubahan temperatur pada Inlet, Air dan <i>Outlet</i> pada Hari Kedua.....	50
Gambar 25. Perbandingan udara masuk dan udara keluar hari pertama dan kedua	54
Gambar 26. Perbandingan udara masuk dan udara keluar hari pertama dan kedua ...	55
Gambar 27. Perbandingan udara masuk dan udara keluar hari pertama dan kedua ...	56
Gambar 28. Grafik intensitas cahaya matahari terhadap temperatur	57

Gambar 29. Perbandingan nilai efektivitas eksperimental hari pertama dan kedua ... 60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa, hal tersebut menjadikan Indonesia beriklim tropis yang hanya memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Secara umum, musim kemarau di Indonesia terjadi pada bulan April sampai September dan musim hujan terjadi pada bulan September sampai Maret. Meskipun musim di Indonesia terjadi secara periodik tetapi musim dapat bergeser. Akibat letak geografis tersebut, kota – kota di Indonesia mendapatkan paparan penuh terhadap sinar matahari, tidak terkecuali juga pada kota Padang, Sumatera Barat. Pada musim hujan Indonesia mempunyai curah hujan rata-rata besar dari 50mm/dasarian atau 10 hari dan suhu rata-rata 27°C. Sedangkan pada musim kemarau curah hujan rata-rata kurang dari 50mm/dasarian (10 hari) dan suhu rata-rata mencapai 36°C (BMKG, 2018). Untuk suhu ruangan normal antara 24°C-26°C, sedangkan suhu ruangan dingin dibawah 20°C dan suhu ruangan panas diatas 30°C (Badan Pusat Statistik. 2018).

Suhu yang cukup tinggi tersebut mengakibatkan menurunnya kualitas dan mobilitas pekerjaan manusia yang beraktivitas di dalam ruangan dikarenakan tidak tercapainya kenyamanan termal. Kenyamanan termal adalah sensasi panas atau dingin sebagai wujud respon dari sensor perasa kulit terhadap stimuli suhu di sekitarnya (Keryono, 2001). Maka untuk mencapai kenyamanan termal agar dapat meningkatkan kualitas pekerjaan dan kenyamanan pada ruangan dibutuhkan

perangkat pendingin udara untuk menurunkan temperatur. Temperatur dalam ruangan yang sehat berdasarkan (keputusan Menteri Kesehatan No. 261 tahun 1998 Tentang Kesehatan Lingkungan Kerja,1998) adalah temperature ruangan yang berisar antara $18^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$.

Pendingin udara yang biasanya digunakan oleh masyarakat pada umumnya seperti kipas angin dan AC, untuk mencapai kenyamanan termal pada penggunaan kipas angin hanya mensirkulasi udara yang terdapat pada ruangan tersebut dan tidak ada sirkulasi dari luar maupun penurunan suhu, sedangkan dari penggunaan AC merupakan perangkat yang sangat baik dalam mencapai kondisi nyaman dengan cepat. Namun perangkat AC membutuhkan energi atau penggunaan listrik yang besar dalam pengoperasiannya dan zat fluida yang berada dalam sistemnya tidak ramah lingkungan. Maka diperlukan alternatif dalam upaya mencapai kenyamanan termal dan sirkulasi udara dengan perangkat yang tidak menggunakan energi dalam jumlah besar atau hemat energi kemudian ramah lingkungan. Hal tersebut diharapkan dapat teratasi dalam penggunaan perangkat pendingin pasif yang memiliki prinsip *Heat Exchanger* memanfaatkan suhu yang ada di dalam tanah dan penampungan air sebagai media pendinginan udara yang akan menurunkan suhu udara yang melewatinya.

Safikhani (2020) dalam penelitiannya telah membuat energi alternatif penggunaan energi bumi (*Earth-air Heat Exchanger*) sebagai media pendingin dengan menggunakan pipa sebagai media alat pemindah kalornya. Proses yang terjadi pada (EAHE) juga cukup sederhana yaitu hanya diperlukannya media tanah yang bertemperatur lebih rendah dari temperatur lingkungan. Kemungkinan besar hal ini

dapat dicapai juga dengan menggunakan prinsip penukar panas atau kalor dengan menggunakan sistem (*Water-air Heat Exchanger*) sebagai media pendingin, yaitu dengan menyiapkan volume air tertentu dalam suatu media penampung air dan meletakkannya di tempat sejuk dan tidak terkena sinar matahari langsung, media yang digunakan juga berbahan yang mudah menghantarkan panas, agar dapat dengan maksimal melepas panas nantinya pada malam hari ke lingkungan.

Udara lingkungan dialirkan menggunakan *blower* ke dalam selang yang berada dalam tabung air diletak pada tempat yang tidak terkena matahari langsung dan mengalami perpindahan panas langsung dengan air. Usaha penggunaan dan juga pengembangan dari sistem pendingin ini adalah salah satu solusi untuk mengurangi tingkat kerusakan lingkungan yang tingginya kadar *CFC (Chloro-Fluoro-Carbon)* pada udara karena penggunaan pendingin ruangan seperti *air conditioner* dan dapat menyebabkan menipisnya lapisan ozon. (Manik, Terang, Tulus Burhanuddin Sitorusa, and Andi Syahputra 2020).

Upaya pengembangan metode sistem perpindahan panas pada lapisan tanah ini selain untuk pendinginan ruangan yang berbiaya murah dan lebih efisien dalam penggunaan energi listrik serta juga diharapkan dapat memperbaiki lingkungan dengan mengurangi kadar *CFC (Chloro-Fluoro-Carbon)* dalam udara dan mencengah penipisan ozon yang kadar senyawa *CFC* banyak digunakan mesin-mesin pendingin ruangan seperti AC (*air conditioner*).

Untuk memaksimalkan dan meningkatkan kerja prinsip penukar panas, penulis menambahkan penggunaan tabung berisi air, dimana selang atau pipa akan dimasukkan ke dalam tabung yang sudah diisi air, kemudian tabung air dengan selang

atau pipa di dalamnya akan ditempatkan pada ruangan atau tempat yang sejuk dan terhindar dari sinar matahari langsung. Udara dalam selang atau pipa dalam media yang diisi air diharapkan dingin karena panas di udara diserap oleh suhu air, yang juga diuntungkan dengan adanya media penampung air berbahan logam karena suhu air ketika malam hari dapat dilepas dan dingin dengan mudah, yang nantinya perbedaan suhu antara udara yang mengalir dalam sistem dan keluar saluran selang akan lebih dingin dari suhu lingkungan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Penggunaan bahan kimia freon pada pendingin AC yang mengandung *Chloro Fluoro Carbon* dapat merusak lingkungan dan mengakibatkan menipisnya lapisan ozon
2. Konsumsi energi listrik di alat pengkondisian udara AC pada kompresor dan mekanisme lainnya juga tergolong besar dan termasuk alat yang tidak hemat energi.
3. Dibutuhkannya suatu alat alternatif yang dapat menurunkan suhu udara terutama pada siang hari.
4. Kurang baiknya sirkulasi udara yang dicapai dengan hanya menggunakan kipas angin konvensional.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini sistematis maka ruang lingkup permasalahan perlu di batasi guna menghindari pembahasan masalah yang melebar dan tidak terarah pada permasalahan utama maka perlu adanya Batasan – batasan masalah sebagai berikut :

1. Sistem perpindahan panas pada pengujian eksperimen alat menggunakan siklus terbuka.
2. Aliran fluida yang digunakan sebagai penghantar panas adalah udara.
3. Jenis dan cara mendapatkan data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer.
4. Eksperimen alat pemindah panas hanya dilakukan dengan kondisi peletakan alat di tempat yang tidak terkena cahaya matahari langsung.

D. Rumusan Masalah

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

1. Seperti apa sistem dan alat yang akan digunakan sebagai alternatif dalam sirkulasi sekaligus penurun suhu udara yang tidak merusak lingkungan dan lapisan ozon.
2. Perangkat dan sistem yang dibuat dapat mengurangi konsumsi listrik dibandingkan penggunaan AC dan lebih hemat energi.
3. Berapa besar suhu yang terabsorpsi pada perangkat pendingin pasif (*Heat Exchanger*).

4. Seberapa baik udara dengan penggunaan alat pemindah panas (*Heat Exchanger*) dalam memberikan sirkulasi.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini

sebagai berikut :

1. Melakukan pembuatan perangkat pendingin pasif pada sistem ventilasi berupa alat pemindah panas udara-air sebagai alternatif dari penggunaan AC.
2. Penggunaan pemindah panas udara-air diharapkan dapat membantu menurunkan pemakaian energi.
3. Melakukan perhitungan dan analisa hasil data temperatur udara yang keluar melewati perangkat pendingin pasif sebagai penurunan suhu.
4. Menghitung besar kecepatan udara dan temperatur yang terabsorpsi pada perangkat pendingin pasif.

F. Manfaat Penelitian

1. Sebagai alat alternatif dalam penurunan suhu dan sirkulasi udara yang tidak merusak lingkungan dengan menggunakan prinsip pemindah panas (*Heat Exchanger*) udara-air.
2. Sebagai eksperimen sistem pendingin pasif memiliki potensi dalam mensirkulasikan dan menurunkan suhu udara.
3. Untuk mengetahui seberapa besar penurunan temperatur yang didapat dengan menggunakan sistem perpindahan panas pada (*Water-air Heat Exchanger*).

4. Sebagai bahan referensi untuk membuat perangkat pengkondisian udara yang lebih baik dan ramah lingkungan.