

**Uji Performansi In-Duct Direct Evaporative Cooler Yang
Ditambahkan Condenser**

SKRIPSI

Oleh :

Nama : Adhitya Farick Fadillah

NRP : 173030064



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Uji Performansi In-Duct Direct Evaporative Cooler Yang Ditambahkan Condenser



Nama : Adhitya Farick Fadillah
NPM : 173030064

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Hery Sonawan, MT

Pembimbing Pendamping



Ir. Toto Supriyono, MT

ABSTRAK

Evaporative cooling merupakan alat pengkondisi udara dengan media pendingin *cooling pad*. Semakin kecil temperatur udara yang keluar, performansi dari *evaporative cooling* akan semakin tinggi. *Evaporative cooling* bisa dimodifikasi dengan penambahan *cooling coil* atau *condenser* pada sistem *evaporative cooling* untuk meningkatkan performansi, karena *condenser* merupakan susunan pipa yang memiliki temperatur permukaan yang rendah dan kondisi ini bisa membuat udara mengalami penurunan temperatur ketika udara melewati susunan pipa *condenser*.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi yakni menggunakan enam level kecepatan udara yang berbeda, dan tiga level temperatur untuk *cooling pad* dan *condenser*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh dari penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap penurunan rasio kelembapan udara, penurunan temperatur udara, dan pengaruh terhadap performansi dari *direct evaporative cooling* yang meliputi nilai efisiensi saturasi, dan nilai *energy efficiency ratio*.

Dari penelitian didapat hasil bahwa penambahan *condenser* dapat menurunkan rasio kelembapan udara, menurunkan temperatur udara, meningkatkan efisiensi saturasi, dan meningkatkan EER. Semakin rendah temperatur air pendingin akan menghasilkan penurunan rasio kelembapan udara, penurunan temperatur udara, efisiensi saturasi, dan EER yang tinggi. Kemudian semakin rendah kecepatan udara akan menghasilkan penurunan temperatur udara, efisiensi saturasi, dan EER yang tinggi sedangkan untuk penurunan rasio kelembapan udara akan menghasilkan nilai yang rendah.

Kata kunci: *direct evaporative cooling, cooling pad, evaporative cooling, condenser*

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	15
1. Latar Belakang	15
2. Rumusan Masalah	16
3. Tujuan Penelitian.....	16
4. Manfaat Penelitian	16
5. Batasan Masalah.....	17
6. Sistematika Penulisan	17
BAB 2 STUDI LITERATUR	18
1. Evaporative Cooling	18
2. Bahan <i>Cooling Pad</i>	18
1. Serat rami	19
2. Serat pelepah pisang.....	19
3. <i>Condenser</i>	20
4. <i>Psychrometric Chart</i>	21
5. Performansi Direct Evaporative Cooling.....	22
1. Efisiensi saturasi.....	22

2.	<i>Energy efficiency ratio</i>	22
6.	Penelitian Terdahulu	22
1.	Penelitian oleh Hery Sonawan, Evi Sofia, Arief Ramadhan.....	23
2.	Penelitian oleh M. Arief Ramadhan	24
3.	Penelitian oleh Kendi Melian Octaviansyah	24
4.	Penelitian oleh M. Hary Pahlawan	25
5.	Penelitian oleh Ilhamudin Abdillah.....	25
BAB 3 METODE PENELITIAN		26
1.	Alur Penelitian.....	26
2.	Rancangan Pengujian.....	27
1.	Tabel pengujian	27
2.	Setup pengujian	29
3.	Alat dan bahan yang diperlukan	29
4.	Prosedur pengujian	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		34
1.	Hasil Pengujian	34
1.	Sejarah hasil pengujian <i>in-duct direct evaporative cooling</i> dengan <i>cooling pad</i> serat rami	34
2.	Sejarah hasil pengujian <i>in-duct direct evaporative cooling</i> dengan <i>cooling pad</i> serat pelepah pisang	36
3.	Rekapitulasi data pengujian	37
2.	Pengolahan Data dan Pembahasan.....	38
1.	Rasio kelembapan udara.....	39
2.	Penurunan temperatur bola kering udara	40
3.	Penurunan rasio kelembapan udara	48
4.	Efisiensi saturasi	56
5.	EER	61
3.	Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	67

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	69
1. Kesimpulan.....	69
2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73
1. Tabel properti udara.....	73
2. Program Arduino.....	74

BAB 1 PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara dengan iklim tropis cenderung memiliki temperatur rata-rata per hari lebih tinggi dibanding jenis iklim lainnya. Hal ini disebabkan oleh posisi Indonesia yang berada di garis lintang di sekitar garis ekuator [1]. Temperatur udara di beberapa daerah di Indonesia tercatat mencapai $35,7^{\circ}\text{C}$ pada temperatur tertingginya [2]. Temperatur udara di Indonesia yang tinggi ini menyebabkan ketidaknyamanan termal di dalam ruangan [3, 4]. Kriteria nyaman optimal udara ruangan di daerah tropis berada pada kondisi temperatur $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$ dengan kelembapan udara relatif 40%-50% [5]. Sifat termodinamika udara ruangan yang awalnya tidak sesuai standar perlu direkayasa dengan pengondisi udara atau mesin pendingin agar kenyamanan termal dapat dicapai [6]. Dalam suatu gedung, udara yang telah dikondisikan oleh mesin pendingin akan didistribusikan ke berbagai ruangan di dalam gedung itu [7].

Mesin pendingin adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari dalam ruangan keluar ruangan, atau suatu rangkaian yang mampu bekerja untuk menghasilkan temperatur dingin [8]. Di beberapa kalangan telah banyak menggunakan *Air Conditioner* (AC) sebagai alat penyejuk ruangan. Namun, AC membutuhkan daya yang besar untuk penggunaannya serta menggunakan fluida pendingin yang kurang ramah pada lingkungan. Demi menanggulangi masalah tersebut, ada alternatif pengkondisi udara yang hemat energi dan ramah lingkungan yaitu *evaporative cooling* [9]. Jenis *evaporative cooling* yang ada di pasaran saat ini ada dua, yaitu *Direct Evaporative Cooling* (DEC) dan *Indirect Evaporative Cooling* (IEC). DEC merupakan jenis *evaporative cooling* yang paling umum digunakan dengan *cooling pad* sebagai media pendinginnya. *Cooling pad* berperan sebagai media pendingin sekaligus filter, udara yang melewati *cooling pad* akan mengalami penurunan temperatur dan kenaikan kelembapan. Semakin kecil temperatur air pendingin dan semakin besar debit air yang diberikan, penurunan temperatur bola kering udara, efektivitas pendinginan (efisiensi saturasi), kapasitas pendinginan, dan EER akan cenderung semakin tinggi [10] atau bisa dikatakan meningkatkan performansi dari *evaporative cooling*. Untuk meningkatkan performansi, *evaporative cooling* bisa dimodifikasi dengan penambahan *cooling coil* atau *condenser* pada sistem *evaporative cooling*, karena *condenser* merupakan susunan pipa yang memiliki temperatur

permukaan yang rendah dan kondisi ini bisa membuat udara mengalami penurunan temperatur ketika udara melewati susunan pipa *condenser*.

Dari latar belakang tersebut, dilakukan penelitian untuk memodifikasi sistem *evaporative cooling* dengan penambahan *condenser* setelah *cooling pad* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *condenser* terhadap performansi *evaporative cooling*.

2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap penurunan temperatur udara;
2. Bagaimana pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap penurunan rasio kelembapan;
3. Bagaimana pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap perubahan nilai efisiensi saturasi, dan;
4. Bagaimana pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap perubahan nilai *energy efficiency ratio*?

3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini di antaranya:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap penurunan temperatur udara secara eksperimental;
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap penurunan rasio kelembapan secara eksperimental;
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap perubahan nilai efisiensi saturasi secara eksperimental, dan;
4. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *condenser* setelah *cooling pad* terhadap perubahan nilai *energy efficiency ratio* secara eksperimental.

4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini di antaranya:

1. Bisa membentuk inovasi baru yakni modifikasi *direct evaporative cooling* yang ditambahkan *condenser*;

2. Sebagai bahan referensi untuk semua orang yang akan melakukan penelitian.

5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, diharapkan penyelesaian masalah dapat terarah sehingga dibuatlah batasan masalah, yaitu:

1. Desain *condenser* adalah 4U dua unit yang disusun secara seri;
2. Material *cooling pad* yaitu serat rami dan serat pelepah pisang;
3. Kecepatan udara divariasikan menjadi enam level kecepatan berbeda;
4. Temperatur air pendingin divariasikan menjadi tiga level temperatur berbeda;
5. Rangka *cooling pad* dengan tebal 50 mm.

6. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan skripsi ini disajikan dalam bentuk susunan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini terdiri atas dasar teori dan penelitian-penelitian terdahulu yang diambil dari buku-buku serta jurnal-jurnal yang dipakai untuk pedoman dalam kelancaran penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri atas metode penelitian yang menjelaskan proses pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas hasil pengujian dan analisa pembahasan hasil yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan dari hasil penelitian tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini terdiri atas kesimpulan dari hasil penelitian serta saran bermanfaat untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang semua pustaka yang digunakan dalam proses penyusunan skripsi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Merdeka.com, “Mengenal Negara Tropis di Dunia, Berikut Penjelasan Lengkapnya,” 2022. <https://www.merdeka.com/jabar/mengenal-negara-tropis-di-dunia-berikut-penjasannya-klm.html>
- [2] BMKG, “Ekstrem Perubahan Iklim,” 2021. <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim>
- [3] BMKG, “Catatan Kondisi Iklim, Kualitas Udara dan Gas Rumah Kaca tahun 2019,” Jakarta, 2019.
- [4] BMKG, “Anomali Iklim: Antara Sisi Bencana dan Sisi Keberkahannya, 5th ed.,” *KLIMA*, 2021.
- [5] *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara*. Badan Standardisasi Nasional, 2001.
- [6] R. McDowall, *Fundamentals of HVAC Systems: SI Edition*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers eLearning, 2007.
- [7] T. Supriyono and B. Ariantara, “Studi Numerik Aliran Udara Dalam Plenum Sistem Distribusi Aliran Udara,” in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin & Thermofluid IV*, Universitas Gadjah Mada, 2012.
- [8] F. T. Hidayat *et al.*, “Pembuatan Sistem Pengujian Performansi Mesin Pendingin Kompresi Uap Kapasitas $\frac{1}{2}$ PK,” Universitas Pasundan, 2018.
- [9] M. J. Moran *et al.*, *Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*. John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- [10] I. N. Suryana, “Studi Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Portable Dengan Pad Berbahan Spon Dengan Ketebalan Berbeda,” *J. Ilm. Tek. Desain Mek.*, vol. 1, 2014.
- [11] S. K. Wang, *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*, vol. 2. McGraw-Hill, 2001.
- [12] M. Shepard, *Commercial Space Cooling and Air Handling Technology Atlas*. E-Source, inc., Boulder, CO, 1995.

- [13] O. Amer *et al.*, “A Review of Evaporative Cooling Technologies,” *Int. J. Environ. science Dev.*, 2015.
- [14] D. R. Anestyian *et al.*, “Study Eksperimental Performansi Evaporative Cooling Pad Dengan Penggunaan Aliran Paksa Udara Dingin Dengan Saluran Udara Berbentuk Persegi Empat,” *J. Ilm. Tek. Desain Mek.*, vol. 7, 2018.
- [15] E. Novarini and M. D. Sukardan, “Potensi Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*) sebagai Bahan Baku Industri Tekstil dan Produk Tekstil dan Tekstil Teknik,” *J. Arena Tekst.*, vol. 30, 2015.
- [16] M. H. Pahlawan, “Studi Eksperimen Air Cooler Dengan Variasi Kerapatan Cooling Pad Berbahan Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*),” Universitas Pasundan, Bandung, 2021.
- [17] E. P. Febriyani *et al.*, “Selulosa Mikrofibril dari Batang Pisang sebagai Bahan Baku Film Plastik,” *J. Dep. Kim. IPB*, 2014.
- [18] I. Abdillah, “Studi Eksperimen Air Cooler Dengan Variasi Kerapatan Cooling Pad Berbahan Serat Pelepeh Pisang (*Musa sp.*),” Universitas Pasundan, Bandung, 2021.
- [19] S. Ihsan, “Perencanaan dan Analisa Perhitungan Jumlah Tube dan Diameter Shell pada Kondensor Berpendingin Air pada Sistem Refrigerasi NH₃,” *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 2, 2017.
- [20] R. Winarso *et al.*, “Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Model Refluk Bertingkat Dengan Bahan Baku Singkong,” *J. Simetris*, vol. 5, 2014.
- [21] K. Ridhuan and I. G. Angga, “Pengaruh Media Pendingin Air pada Kondensor terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin,” *Turbo*, vol. 3.
- [22] pi.com, “Kondensor dan Prinsip Kerjanya,” 2015. <https://www.prosesindustri.com/2015/01/kondensor-dan-prinsipkerjanya.html>
- [23] B. Hidayati *et al.*, “Analisis Kelembapan Udara pada AC Split Wall Usia Pakai 8 Tahun dengan Kapasitas 18000 Btu/hr,” *J. Austenit*, 2021.
- [24] H. Sonawan *et al.*, “Assessment of direct evaporative cooler performance with a cooling pad made from banana midrib and ramie fiber,” *Emerald*, 2020.
- [25] M. A. Ramadhan, “Uji Performansi Air Cooler Dengan Cooling Pad Berbahan

Dasar Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*) dan Serat Pelelah Pisang (*Musa Sp*),” Universitas Pasundan, Bandung, 2020.

[26] K. M. Octaviansyah, “Uji Performansi Air Cooler Dengan Cooling Pad Berbahan Dasar Serat Nanas,” Universitas Pasundan, Bandung, 2020.

[27] T. Supriyono, *Mekanika Fluida Dasar*. Teknik Mesin Unpas, 2019.

[28] T. Supriyono, *Mekanika Fluida Lanjut*. Teknik Mesin Unpas, 2021.