



Sistem Pendingin Pada *Induced Draft Counter flow Cooling Tower*

Muhammad Alfian^{1*}, La Ode Ahmad Barata², Nining Mahmuda Meliana³

^{1,3}Jurusan Teknik Perawatan Mesin Politeknik Industri Logam Morowali, Morowali 94974

²Jurusan Teknik Mesin Universitas Halu Oleo, Kendari

Riwayat Artikel:

Diajukan: 11/10/2022
Diterima: 14/12/2022
Tersedia online
20/01/2023
Terbit: 30/12/2022

Kata Kunci:

Menara Pendingin
Sistem Pendingin
Sirkulasi Fluida

Keywords:

Cooling Towers
Cooling System
Fluid Circulation

Abstrak

Terdapat dua faktor yang menentukan laju perpindahan kalor dari air panas ke udara sebagai media pendingin yaitu waktu kontak dan luas permukaan antar fase, dimana untuk menentukan kinerja menara pendingin performa *cooling tower* perlu diidentifikasi. Dikarenakan hal tersebut sehingga diperlukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sirkulasi fluida pada *induced draft counterflow cooling tower* serta untuk mengetahui kemampuan pendinginan dengan standar temperatur air masuk adalah 70°C dan standar temperatur air keluar 27°C. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan terstruktur atau kuantitatif dimana proses penelitian dilakukan dengan membuat design dan rancangan sistem pendingin yang kemudian *cooling tower* diidentifikasi melalui pengukuran dan perhitungan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan mekanisme sirkulasi fluida pada *induced draft counterflow cooling tower* dimulai dengan air panas yang masuk ke dalam menara dikeluarkan melalui *nozzle*, dimana air yang jatuh akan pecah dan melambat saat melalui *filler*. Pada saat yang bersamaan udara masuk melalui *inlet* dan melewati *filler*, uap panas akan ikut tertarik bersama udara dan air dingin akan jatuh kedalam kolam air dingin. *Cooling tower* mampu mendinginkan air dari temperatur 70°C ke temperatur standar air keluar 27°C dengan nilai rata-rata *range* 44,38°C dan rata-rata *approach* -0,67°C serta menghasilkan nilai Efektivitas mencapai 100% dan kapasitas penyerapan kalor maximum mencapai 225 kW.

Abstract

There are two factors that determine the rate of heat transfer from hot water to air as a cooling medium, namely the contact time and the surface area between the phases, where to determine the performance of the cooling tower, the performance of the cooling tower needs to be identified. Because of this, research is needed which aims to determine fluid circulation in induced draft counterflow cooling towers and to determine the cooling ability with a standard inlet water temperature of 70°C and a standard outlet water temperature of 27°C. This research uses a structured or quantitative approach method where the research process is carried out by making a design and design of a cooling system which is then identified by measuring and calculating cooling towers.

Based on research conducted on the mechanism of fluid circulation in induced draft counterflow cooling towers, it starts with hot water entering the tower being expelled through the nozzle, where the falling water will break and slow down as it passes through the filler. At the same time air enters through the inlet and passes through the filler, hot steam will be attracted along with the air and cold water will fall into the cold water pool. The cooling tower is capable of cooling water from a temperature of 70°C to a standard discharge temperature of 27°C with an average range of 44.38°C and an average approach of -0.67°C and produces an effectiveness value of up to 100% and a maximum heat absorption capacity of up to 225 kW.

Pendahuluan

Menara pendingin dirancang dan diproduksi dalam beberapa jenis dengan berbagai ukuran berdasarkan bentuk dan kebutuhan yang diinginkan, namun optimalisasi, pemodelan proses yang rinci memungkinkan kinerja yang lebih baik, dan memungkinkan peningkatan efisiensi yang lebih besar yang berpengaruh pada rasio antara laju aliran ke berbagai bagian yang dilayani oleh *cooling tower* [1]. Performa *cooling tower* dievaluasi untuk membahas nilai rancangan, identifikasi pemborosan energi, dan untuk sarana perbaikan pada *cooling tower*. Analisa dan kajian konstruksi *colling tower* juga diulas

*Korespondensi: muhammad.alfian.s.t.m.t@gmail.com

©2022 PISTON: Jurnal Teknologi. Diterbitkan: Oleh Program Pendidikan Vokasi Teknik Mesin UHO Kendari

oleh Irawan [2] yang menunjukkan bahwa laju aliran massa fluida dan temperatur air memberikan kontribusi terhadap prestasi *cooling tower*.

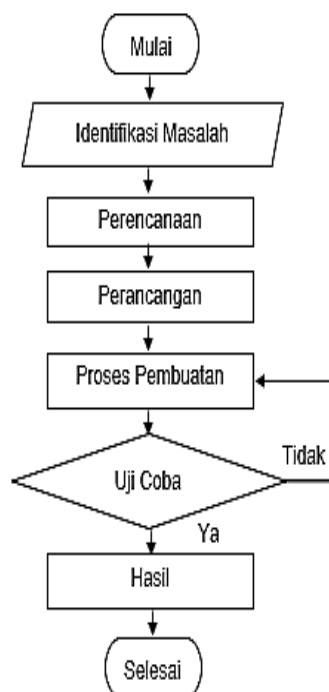
Penelitian sebelumnya tentang Analisa Kinerja *Cooling Tower* P.A Hlton Dengan Variasi Laju Aliran Udara Dan Variasi Temperatur Air Masuk Terhadap Efektivitas ditunjukkan oleh Hidayat [3] yang menganalisa kinerja *cooling tower*, pengukuran kinerja dicoba dengan bersumber pada perhitungan-perhitungan sehingga diketahui nilai *approach*, *range* dan efektivitas. Terdapat juga penelitian tentang efektivitas *cooling tower* melalui analisa Simulasi Numerik dan Validasi Experimental Distribusi Aliran Udara di dalam *Cooling Tower* yang diteliti oleh Prasetyo, 2007 [4] untuk memperbaiki desain distribusi aliran udara untuk meningkatkan kinerja *cooling tower*.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka dianggap perlu melakukan penelitian tentang Sistem Pendingin Pada *Induced Draft Counterflow Cooling Tower* yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mendinginkan furnace dalam kapasitas laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui sirkulasi fluida pada *induced draft counterflow cooling tower* serta untuk mengetahui kemampuan pendinginan dengan standar temperatur air masuk adalah 70°C dan standar temperatur air keluar 27°C. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan terstruktur atau kuantitatif dimana proses penelitian dilakukan dengan membuat design dan rancangan sistem pendingin yang kemudian *cooling tower* diidentifikasi melalui pengukuran dan perhitungan. Hubungan arus relatif udara dan air di dalam tipe *Counterflow* adalah air didinginkan dalam arah berlawanan dengan arah aliran udara di dalam *cooling tower*, dimana udara bergerak secara vertikal ke atas yang ditarik oleh *fan* melalui *fill*, melewati bagian bawah air yang didinginkan yang mengalir jatuh ke bawah [5].

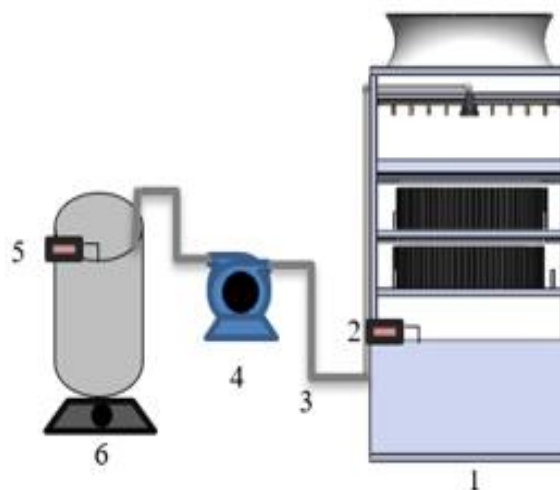
Metode Analisa

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan terstruktur atau kuantitatif dikarenakan proses penelitian memiliki tujuan, *design*, proses, rancangan, serta memiliki data dimana pada penelitian ini menggunakan aspek pengukuran, perhitungan, dan kapasitas data numerik. Terminologi *approach*, *range*, dan efektivitas model analisa diuraikan pada persamaan (1),(2), dan (3) di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Range CT} (^{\circ}\text{C}) &= [\text{temperatur masuk CW } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur keluar CW } (^{\circ}\text{C})] & (1) [6] \\ \text{Approach CT } (^{\circ}\text{C}) &= [\text{temperatur keluar CW } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur wet bulb } (^{\circ}\text{C})] & (2) [6] \\ \text{Efektivitas CT} (\%) &= \text{Range} / (\text{Range} + \text{Approach}) \times 100\% & (3) [7] \end{aligned}$$

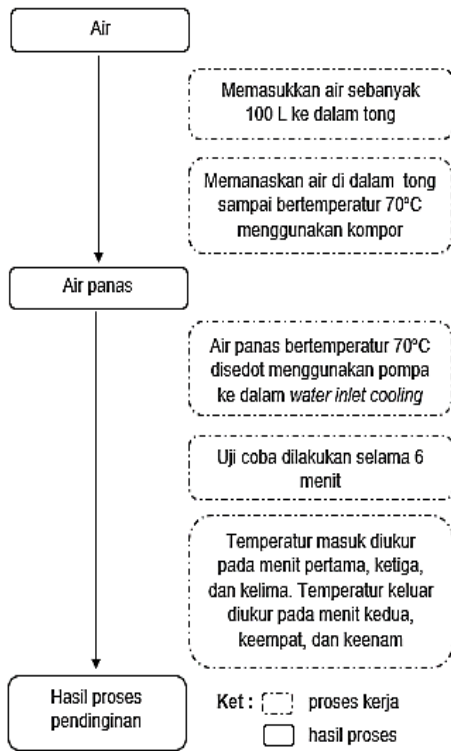


Gambar 1. Diagram Alir Proses Kerja

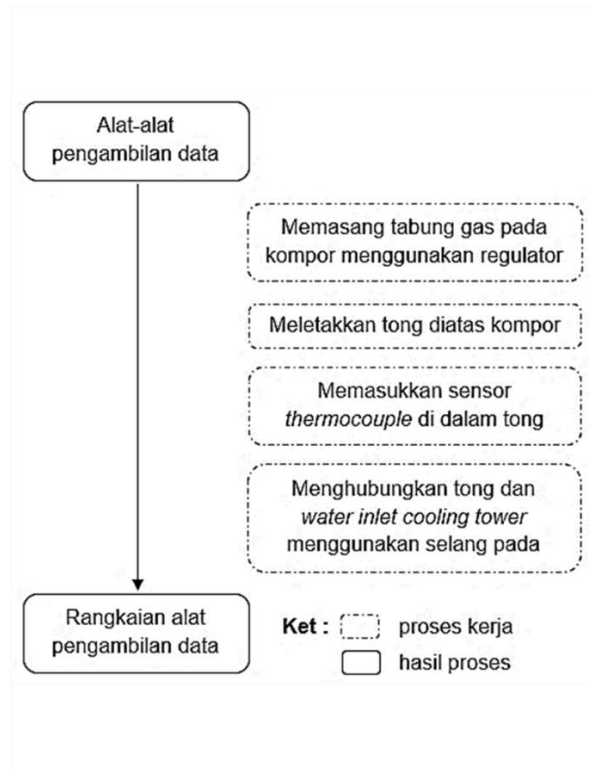


Keterangan :
 1. Cooling tower
 2. Thermocouple
 3. Selang
 4. Water pump
 5. Tong
 6. Kompor

Gambar 2. Desain alat pengambilan data



Gambar 3. Diagram Alir Pengambilan Data



Gambar 4. Diagram Alir Penyusunan Rangkaian Alat Pengambilan Data



Gambar 5. Alur pengerjaan hingga pengujian model

Hasil dan Pembahasan

Cooling tower di uji dengan melakukan pendekatan dimana diperkirakan temperatur air yang diterima dari coil dan juga trafo adalah 70 °C dengan memasak sekitar 100 liter air selama 5 jam. Pengujian dilakukan selama 6 menit dengan pengambilan data temperatur air setiap 2 menit.

Dari hasil uji coba dengan temperatur *wet bulb* 26,5°C menunjukkan bahwa sistem pendingin pada cooling tower dapat menghasilkan nilai *range* yang tinggi, dan nilai *approach* yang rendah dimana hal ini sesuai dengan ketentuan prestasi menara pendingin dimana semakin tinggi nilai *range*, dan semakin rendah nilai *approach* maka akan semakin baik. Sistem pendingin pada cooling tower juga memiliki Efektivitas mencapai lebih dari 100% dimana nilai Efektivitas menara pendingin dapat diketahui setelah mengetahui perbandingan *range* dan *range* ideal, semakin tinggi perbandingan ini maka semakin tinggi Efektivitasnya.

Kapasitas penyerapan kalor (Q) maximum dari menara pendingin yang dibangun berdasarkan prinsip *Termodinamika* sebagaimana pada referensi [8], dimana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) berikut.

$$Q = m C_p \Delta T \quad [4]$$

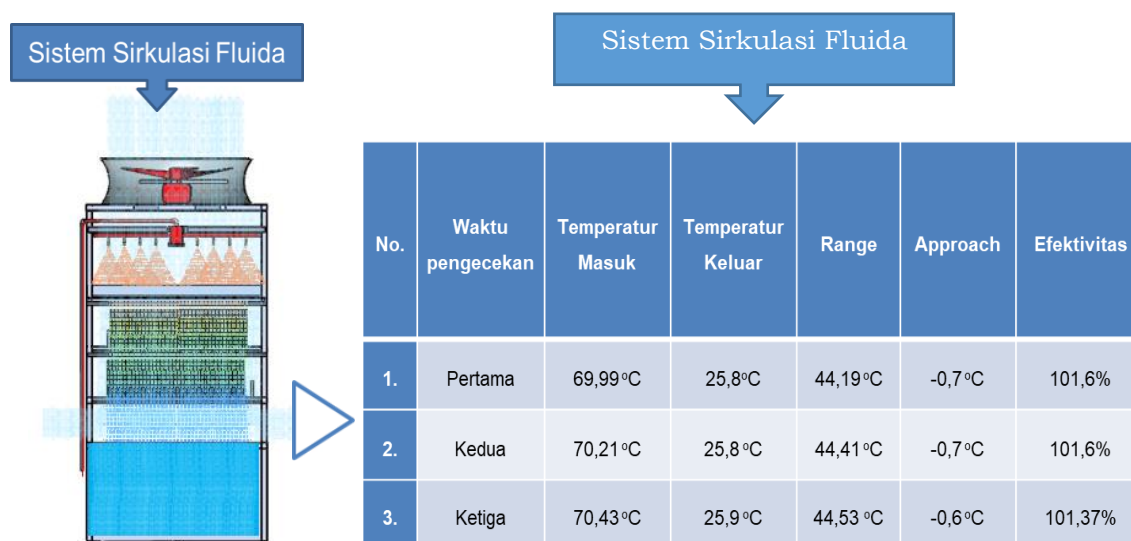
dimana:

$$m = Capacity\ pump \times \frac{massa\ jenis\ air}{60}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10 \text{ L/min} \times \frac{1 \text{ kg/L}}{60} \\
 &= 0,17 \text{ kg/s} \\
 C_p &= 4,1784 \text{ kJ/Kg} \cdot ^\circ\text{K} \\
 \Delta T &= \frac{317,19^\circ\text{C} + 317,41^\circ\text{C} + 317,53^\circ\text{C}}{3} \\
 &= 317,38 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai:

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,17 \text{ kg/s} \times 4,1784 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K} \times 317,38 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &= 225,44 \text{ kJ/s} \\
 &= 225,44 \text{ kW}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Rancangan Pengujian

Dengan peningkatan penyerapan kalor maka kerusakan pada *coil* dapat dieliminasi karena suhu kerja jauh dari suhu lebur tembaga, sehingga tidak terjadi kebocoran air tungku induksi yang di akibatkan retaknya *coil* karena mendapat konduksi kalor yang berlebih dari material yang lebur pada proses induksi. Dengan peningkatan penyerapan kalor, material pada *furnace* dapat dilebur dengan baik karena proses penginduksian logam berjalan sempurna dan dapat mengurangi material molten yang menggumpal dan menempel menutupi dinding *furnace* yang dapat menyebabkan kerusakan lapisan dinding *furnace* [9].

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mekanisme sirkulasi fluida pada *induced draft counterflow cooling tower* dimulai dengan air panas yang masuk ke dalam menara dikeluarkan melalui *nozzle*, dimana air yang jatuh akan pecah dan melambat saat melalui *filler*. Pada saat yang bersamaan udara masuk melalui *inlet* dan melewati *filler*, uap panas akan ikut tertarik bersama udara dan air dingin akan jatuh kedalam kolam air dingin. *Cooling tower* mampu mendinginkan air dari tempertur 70°C ke temperatur standar air keluar 27°C dengan nilai rata-rata *range* 44,38°C dan rata-rata *approach* - 0,67°C serta menghasilkan nilai Efektivitas mencapai 100% dan kapasitas penyerapan kalor maximum mencapai 225 kW. Pengujian kinerja *cooling tower* terhadap *furnace* dapat dilakukan berulang kali untuk memperoleh hasil kemampuan pendinginan yang sesuai dengan kapasitas sistem yang akan dilayani dari sistem desain ini.

Daftar Pustaka

- [1] J. H. Viljoen, C. J. Muller, & I. K. Craig, "Dynamic Modelling Of Induced Draft Cooling Towers With Parallel Heat Exchangers , Pumps And Cooling Water Network", *Journal Of Process Control*, 68, 34–51, 2018.

- [2] T. Irawan, "Kajian Analisis dan Konstruksi Menara Pendingin – Review", Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material, Vol.6, No.1, Hal. 53 – 62, 2022.
- [3] M. Z. A. Hidayat, "Analisa kinerja cooling tower P.A Hlton dengan variasi laju aliran udara dan variasi temperatur air masuk terhadap efektivitas, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Trisakti, 2021.
- [4] B. T. Prasetyo, "Simulasi Numerik dan Validasi Experimental Distribusi Aliran Udara Di Dalam *Cooling Tower*", Mesin, Vol. 9, No. 3, Hal. 190-194, 2007.
- [5] J. C. Hensley, *Cooling Tower Fundamentals* (2nd Ed.), SPX Cooling Technologies, Inc, 2009.
- [6] D. A. Fauzi, dan B. Rudiyanto, "Analisa Performa Menara Pendingin Pada PT Geo Dipa", Jurnal Ilmiah Rotari, Vol.1, No.1, Hal. 25 – 32, 2015.
- [7] A. Melkias, "Analisa Performa pada Cooling Tower Jenis Mechanical Draft Crossflow", Jurnal Teknik Energi, Vol. 10, No.1, hal. 24 – 28, 2020.
- [8] Y.A. Cengel, "Heat Transfer – Practical Approach", second edition, McGraw –Hill, 2007.
- [9] S.R. Komarudin, & S.Y. Baskoro, "Analisis Pengaruh Penyerapan Kalor Terhadap Efisiensi Cooling Tower Pada Tungku Induksi Pengecoran Logam Di Polman Astra", Bina Teknika, Vol.13, No.1, Hal. 11 – 21, 2017.

Ucapan penghargaan

Penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua rekan angkatan 2 Politeknik Industri Logam Morowali, dosen dan staf dalam mengerjakan proyek akhir ini.

Pernyataan Penulis

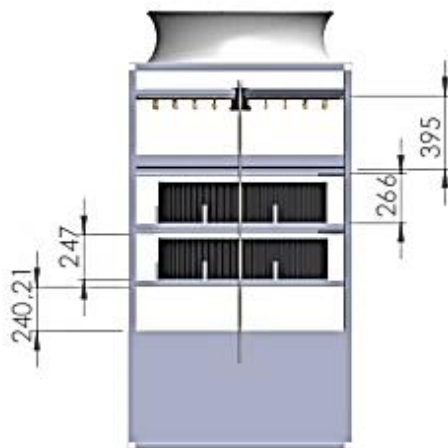
Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam publikasi artikel ini. Semua penulis menyetujui penerbitan artikel ini.

Lampiran

Desain model *cooling tower*



TOLERANSI KASAR



1	COOLING TOWER							A01			
JML	NAMA BAGIAN						POS	MATERIAL	UKURAN KASAR	BERAT	NO. GAMBAR
TOL	05-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-400	>400-1000	>1000-2000	PENGERJAAN LANJUT	NO. ORDER	PROYEKSI	
HALUS	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5				
SEDANG	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2				
KASAR	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3				
NAMA = COOLING TOWER								SKALA	DIGAMBAR	NINING	
NO. GAMBAR = A01								1:30	DIPERIKSA		
									DISAHKAN		
POLITEKNIK INDUSTRI LOGAM MOROWALI								A4	NIM : 201831020		