

Pembuatan model alat pembuang panas untuk air pendingin alat praktikum *heat exchanger* merk PA Hilton seri H101 di laboratorium teknik mesin

Hadimi^{1*}, Rusadi²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak
Jl. Ahmad Yani Kota Pontianak Kalimantan Barat Indonesia
*Corresponding author: had_imi@yahoo.co.id

Abstract

Heat Exchanger Service Unit H101/08490 PA Hilton Ltd that use for heat transfer experiment has a weakness because the water flow from the unit after taking heat will directly enter the storage tank, still have a high temperature ($>33^{\circ}\text{C}$). The use of practicum equipment for a experiment with a long enough duration will cause the cooling water are used have a high temperature and be ineffective for the heat exchanger cooling process. The purpose of making a Cooling Tower Type Heat Dissipator Model for Heat Exchanger Service Unit H101/08490 PA Hilton Ltd so that the cooling water used to carry out the practicum will be maintained at a temperature of 28°C - 33°C . Maintaining the stability of the cooling water temperature is expected to produce data that does not vary too much and can be done in a fairly long data collection range. The results of the performance and effectiveness test of Cooling Tower cooling show that the temperature increase is only 4°C for 3 hours of testing and the cooling effectiveness increases and is relatively constant during the test time. This shows that the cooling system with a Cooling Tower can be used as a supporting medium for heat exchanger practicum in the Mechanical Engineering department.

Keywords: *Cooling Tower, heat exchanger, cooling water.*

Abstrak

*Heat Exchanger Service Unit H101/08490 Merk PA Hilton Ltd memiliki kelemahan karena air keluarannya setelah melakukan pengambilan panas akan langsung masuk ke dalam tangki penampung temperaturnya masih tinggi ($>33^{\circ}\text{C}$). Eksprimen dengan durasi waktu lama menyebabkan air pendingin yang digunakan mempunyai temperatur tinggi dan tidak efektif untuk proses pendinginan. Tujuan dibuatnya model *Cooling Tower* ini agar air pendingin yang digunakan untuk melakukan praktikum akan tetap terjaga pada temperatur 28°C - 33°C . Terjaganya stabilitas temperatur air pendingin tersebut diharapkan menghasilkan data yang tidak bervariasi terlalu jauh dengan jumlah data yang cukup banyak. Hasil uji performa dan efektivitas pendinginan *Cooling Tower* menunjukkan hasil kenaikan suhu hanya sebesar 4°C selama 3 jam pengujian dan efektivitas pendinginan naik dan relatif konstan selama waktu pengujian. Ini menunjukkan bahwa sistem pendinginan dengan *Cooling Tower* dapat digunakan sebagai media penunjang praktikum heat exchanger di jurusan Teknik Mesin.*

Kata Kunci : *Cooling Tower, heat exchanger, air pendingin.*

Pendahuluan

Salah satu peralatan untuk praktikum konversi energi yang saat ini digunakan di Prodi D4 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak adalah *Heat Exchanger Service Unit H101/08490 Merk PA Hilton Ltd*. Alat praktek ini bisa digunakan untuk mengetahui tingkat laju

perpindahan panas dan efisiensi dari *Heat Exchanger*.

Alat *Heat Exchanger* yang digunakan saat ini untuk melakukan praktikum *Heat Exchanger Service Unit H101/08490 Merk PA Hilton Ltd* memiliki kelemahan yakni ketika melakukan praktikum aliran air keluaran *Heat Exchanger* setelah

melakukan pengambilan panas akan langsung masuk kedalam tangki penampung masih dalam keadaan temperatur tinggi ($>33^{\circ}\text{C}$). Hal ini menyebabkan saat pengambilan data praktikum dengan durasi yang cukup lama air pendingin yang digunakan akan mempunyai temperatur yang cukup tinggi sehingga kestabilan dalam pengambilan data tidak terjaga.

Cooling Tower merupakan alat penukar kalor yang material fluida kerjanya adalah air dan udara. *Cooling Tower* berfungsi untuk mendinginkan air melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap [1]. Air pendingin yang dialirkan ke dalam *Cooling Tower* akan mengalami proses perpindahan panas. Proses perpindahan panas terjadi pada air pendingin yang bertemperatur tinggi menjadi temperatur rendah akibat kontak langsung dengan udara dingin. Proses pendinginan air tersebut akan mengakibatkan proses penguapan [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah penambahan menara pendingin (*Cooling Tower*) pada alat praktikum perpindahan panas dengan menggunakan Menara Pendingin Basah aliran angin mekanik (*Mechanical-Draft Cooling Tower*). *Cooling Tower* ini merupakan jenis yang memiliki system distribusi air panas yang disemprotkan secara merata dengan memperluas penampang permukaan perpindahan panas, adanya pencampuran antara air dan udara maka terjadi perpindahan panas sehingga air menjadi dingin. Air yang telah didinginkan akan ditampung sementara pada dasar *Cooling Tower*. Dengan demikian air yang digunakan untuk melakukan praktikum yang masuk ke alat praktikum tetap pada temperature 28°C - 33°C .

Tinjauan Pustaka

Penelitian terdahulu

Menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontaknya ke udara sehingga menguapkan sebagian

kecil dari air tersebut. Dalam kebanyakan menara pendingin yang melayani sistem refrigerasi dan penyamanan-udara, menggunakan satu atau lebih kipas propeler untuk menggerakkan udara secara vertikal keatas atau horisontal melintasi menara. Prestasi menara pendingin biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach* [3].

Cooling Tower juga dimanfaatkan dalam upaya peningkatan produktifitas serta efisiensi pada proses produksi mesin di industri. Karena dalam beberapa hal di industri dibutuhkan tingkat efisiensi dan temperatur yang sesuai agar dapat bekerja secara optimal. Untuk dapat menghasilkan suhu yang diinginkan, maka peralatan yang akan digunakan harus memenuhi kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki oleh mesin yang digunakan [4].

Air dingin yang dipakai untuk menurunkan suhu disisi *tube* pada *Heat Exchanger* berasal dari *Cooling Tower* kemudian dialirkan ke sisi shell agar terjadi pertukaran panas sesuai yang diharapkan. Kinerja *Cooling Tower* disini mempunyai peranan sangat penting terhadap pertukaran panas pada *Heat Exchanger*, apabila *Cooling Tower* tidak maksimal dalam mendinginkan air yang dialirkan menuju sisi shell pada *Heat Exchanger* maka penurunan suhu disisi *tube* pada *Heat Exchanger* juga tidak maksimal [5].

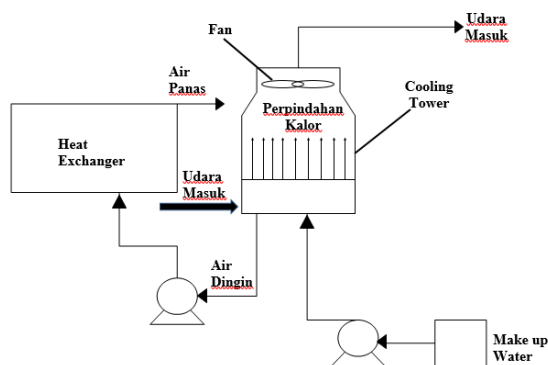
Secara umum menara pendingin adalah pendingin evaporatif untuk mensirkulasikan air ke pembangkit, penukar kalor berfungsi sebagai pengubah temperatur air dari rendah menjadi tinggi saat masuk ke dalam menara, dimana terdapat pompa yang bertugas memompakan air bertemperatur dingin dari basin masuk ke dalam kondenser sehingga temperatur air berubah menjadi panas, kemudian ke dalam pipa saluran *spray nozzle* untuk disebarkan ke dalam menara, agar temperatur air dalam menara turun kembali semula maka diperlukan udara dari luar masuk ke dalam menara pendingin.

Cooling Tower memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke atmosfer. Dengan adanya

pendinginan air dari proses pendinginan tersebut maka akan diketahui berapa beban kalor yang terjadi di menara pendingin, sehingga diketahui apakah pendinginan air yang berasal dari pendinginan mesin dapat berjalan dengan baik. Performansi dan Karakteristik menara pendingin dari data manual berupa kisaran (*Range*), pendekatan (*Approach*), dan efektifitas menara pendingin tentu tidak relevan dengan kondisi operasional pada saat ini, identifikasi area terjadinya pemborosan energi dan memberikan saran perbaikan. Pada Penelitian ini, diteliti hasil nilai *range*, *approach*, efektifitas, kapasitas pendingin, laju penguapan air ke udara, perbandingan cair/gas [6].

Cooling Tower

Cooling Tower merupakan alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah untuk mendinginkan air dengan proses konveksi paksa. Konsep perpindahan panas ini dilakukan pada aliran fluida gas atau cair yang disebabkan adanya bantuan tenaga kipas (*fan*) untuk menggerakkan udara secara vertikal ke atas atau horizontal melintasi menara pendingin ke atmosfer untuk proses perpindahan panas. Dapat dilihat pada Gambar 1 komponen *Cooling Tower* di bawah ini:



Gambar 1. Komponen *Cooling Tower*

Adapun komponen dari *Cooling Tower* secara garis besar sebagai berikut

1. Kerangka pendukung menara (*Tower Supporter*)

Berfungsi sebagai kerangka menara pendingin agar dapat berdiri dengan kuat dan tegak.

2. Kipas (*fan*)

Berfungsi sebagai bagian terpenting pada menara pendingin karena untuk menarik udara panas ditukar dengan udara dingin dan mensirkulasikan udara tersebut kedalam menara pendingin saat proses mendinginkan air.

3. Tangki menara pendingin

Berfungsi untuk menampung air yang telah dilakukan pendinginan dan akan bersirkulasi air dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

4. Pipa Sprinkler /*nozzle spray*

Berfungsi sebagai pipa yang mensirkulasikan air secara merata dengan memperluas permukaan air pada menara pendingin, sehingga perpindahan kalor air dapat efektif dan efisien.

5. Pompa Air

Berfungsi sebagai alat pemindah fluida air ke menara pendingin, dikarenakan posisi tangki air pendingin berada di atas. Sehingga membutuhkan bantuan pompa untuk memindahkan fluida air tersebut.

Prinsip dasar pengukuran unjuk kerja heat exchanger

Salah satu parameter penting untuk menilai unjuk kerja mesin fluida adalah efisiensi. Hal tersebut juga berlaku untuk mesin termal. Efisiensi merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan (*output*) dan daya yang dibutuhkan (*input*). Untuk penukar panas, daya input dan output berkaitan dengan laju perpindahan panas dari satu media ke media lain. Pada penukar panas yang memindahkan panas dari air panas ke air dingin, daya input diperoleh dari daya pelepasan panas dari air panas, dan daya output diperoleh dari daya penyerapan panas oleh air dingin.

Daya pelepasan panas oleh air panas dapat diperoleh dengan mengukur laju aliran dan beda suhu pada sisi masuk dan sisi keluar. Jika panas jenis, masa jenis, laju

aliran, suhu pada sisi masuk dan keluar air panas masing-masing dinyatakan dengan $c_p^H, \rho^H, Q^H, T_{in}^H, T_{out}^H$ maka daya pelepasan panas dapat dihitung dengan:

$$P_{TH} = c_p^H \rho^H Q^H |\Delta T^H| = c_p^H \rho^H Q^H |T_{out}^H - T_{in}^H| \quad (1)$$

Secara sama, daya penyerapan panas oleh air dingin dapat diperoleh dengan mengukur laju aliran dan beda suhu pada sisi masuk dan sisi keluar. Jika panas jenis, masa jenis, laju aliran, suhu pada sisi masuk dan keluar air dingin masing-masing dinyatakan dengan $c_p^C, \rho^C, Q^C, T_{in}^C, T_{out}^C$ maka daya pelepasan panas dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{TC} = c_p^C \rho^C Q^C |\Delta T^C| = c_p^C \rho^C Q^C |T_{out}^C - T_{in}^C| \quad (2)$$

Efisiensi dari penukar kalor dapat dicari berdasarkan dari persamaan (1) dan (2) diatas yaitu:

$$\eta T = \frac{c_p^C \rho^C Q^C |T_{out}^C - T_{in}^C|}{c_p^H \rho^H Q^H |T_{out}^H - T_{in}^H|} \quad (3)$$

Karena panas spesifik dan densitas sama karena fluida yang digunakan adalah sama yaitu air maka persamaan efisiensi diatas menjadi

$$\eta T = \frac{Q^C |T_{out}^C - T_{in}^C|}{Q^H |T_{out}^H - T_{in}^H|} \quad (4)$$

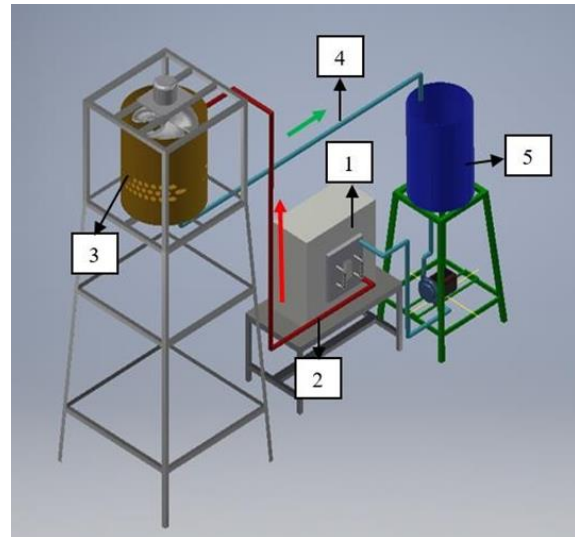
Metode Penelitian

Lokasi dan alat eksperimen

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak. Hasil desain *Cooling Tower* di rangkai dengan *Heat Exchanger Service Unit H101/08490* Merk PA Hilton Ltd. Alat heat exchanger bisa terkoneksi dengan PC atau laptop sehingga semua data hasil eksperimen dapat terekam.

Skema peralatan penelitian

Instalasi penelitian dan desain model pelepas panas untuk peralatan *Heat Exchanger PA Hilton H.101* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Gambar instalasi alat eksperimen

Ket:

1. Heat Exchanger Service Unit PA Hilton H101
2. Pipa Air Pendingin temperature tinggi dari HE
3. Model Alat Pelepas Panas (*Cooling Tower*)
4. Pipa Air Pendingin dari CT ke bak penampung air
5. Bak Penampung Air Pendingin HE

Variabel penelitian

Penelitian dilakukan dengan menyalurkan air pendingin dari Heat Exchanger PA Hilton H101 ke *Cooling Tower* (Model Pelepas Panas) untuk diturunkan temperaturnya dengan cara melepas panasnya. *Heat Exchanger PA Hilton H101* diatur pada temperatur pemanasan maksimal dengan beberapa kondisi atau variasi aliran baik pada aliran air pendingin maupun pada aliran air yang dipanaskan.

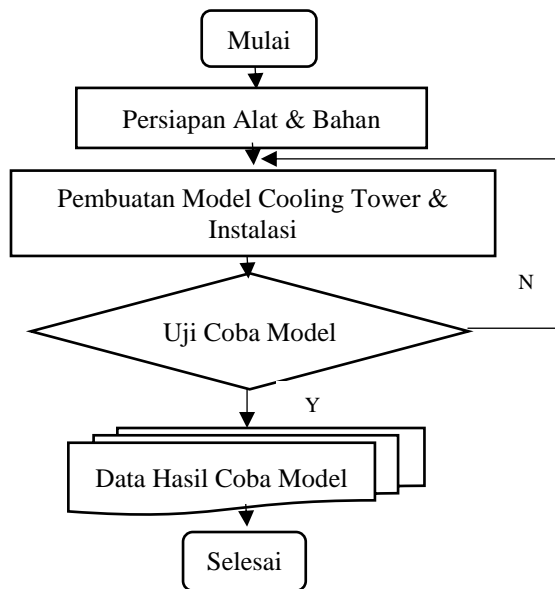
Adapun variabel-variabel penelitian ini adalah:

- a. Variabel bebas, adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah laju aliran baik fluida pendingin maupun fluida yang dipanaskan.
- b. Variabel terikat, adalah variabel yang dipengaruhi oleh adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah temperatur air pendingin yang masuk ke *Cooling Tower* dari air pendingin *Heat Exchanger*.
- c. Variabel Kontrol, adalah variabel yang diatur nilainya agar dapat diketahui pengaruh variabel bebas terhadap

variabel terikat. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah temperatur dari fluida yang dipanaskan.

Tahapan penelitian

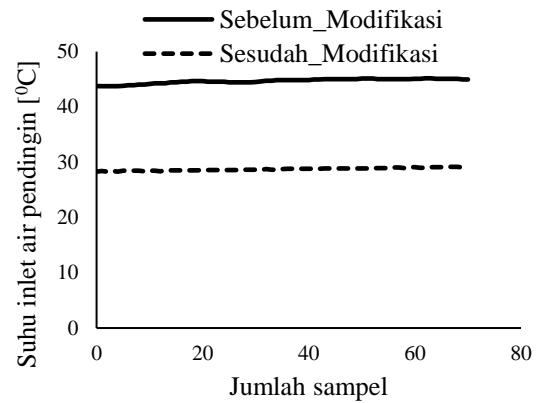
Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah mendapatkan temperature yang diinginkan untuk air yang akan digunakan sebagai air pendingin pada *Heat Exchanger* PA Hilton H101 sehingga praktikum yang dilakukan dengan menggunakan alat tersebut dapat berlangsung dalam waktu lama dengan temperature air pendingin yang dijaga konstan. Untuk memberikan solusi dari tujuan tersebut maka dilakukan penelitian dengan alur yang tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flow chart* penelitian

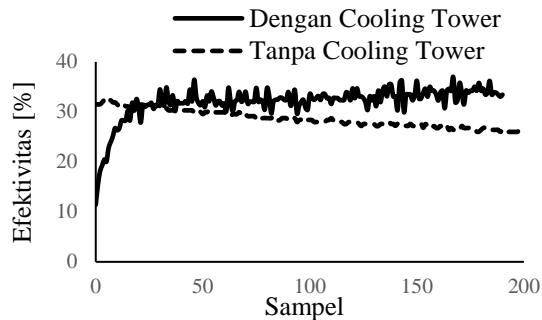
Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil dan ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan temperatur air masuk ke dalam *Heat Exchanger* Merk P.A. Hilton Seri H101 sebelum dipasang *Cooling Tower* dan sesudah dipasang seperti gambar 4.



Gambar 4. Grafik perbandingan suhu inlet air pendingin alat *heat exchanger* sebelum dipasang *Cooling Tower* dan sesudah dipasang *Cooling Tower*.

Dari referensi [1][2][3], penggunaan *Cooling Tower* akan menyebabkan terjadinya penurunan suhu pada fluida yang didinginkan karena terjadinya pelepasan panas. Dan ini dapat dilihat pada gambar 4 bahwa suhu inlet air pendingin sebelum dipasang *Cooling Tower* mengalami kenaikan seiring lama waktu pengujian. Suhu air pendingin saat memasuki inlet 38°C dan terus naik sepanjang waktu pengujian sampai 47°C . Hal ini disebabkan setelah air pendingin melewati saluran penukar kalor, air pendingin akan ditampung pada bak penampung yang proses pelepasan panas hanya melewati dinding bak penampung dan disirkulasikan terus menerus dalam sistem tertutup. Setelah dipasang *Cooling Tower* suhu air pendingin mengalami penurunan dan hampir mendekati suhu udara luar. Suhu air pendingin relative konstan selama waktu pengujian yaitu pada 30°C - 31°C saat memasuki inlet heat exchanger. Hal ini dikarenakan pada sisi outlet heat exchanger air pendingin sebelum memasuki bak penampung disalurkan terlebih dahulu pada sistem *Cooling Tower* yang mempermudah air pendingin untuk melepaskan panas dengan membuat air menjadi butiran-butiran kecil sehingga proses pendinginan atau proses penukaran kalor bisa dilakukan dengan cepat.



Gambar 5. Grafik perbandingan efektivitas pendinginan sebelum dipasang *Cooling Tower* dan sesudah dipasang *Cooling Tower*.

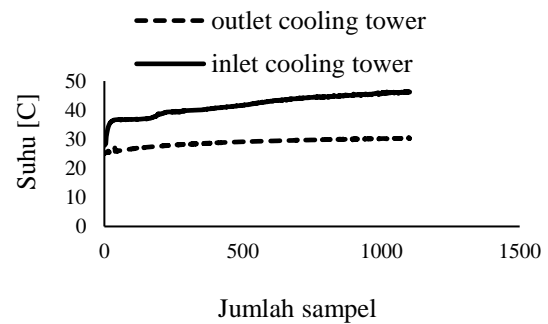
Efektivitas adalah perbandingan dalam persentase antara suhu air masuk dan suhu air keluar yang selanjutnya dibagi dengan suhu udara luar. Semakin tinggi dalam perbandingan ini, akan semakin tinggi pula efektivitas *Cooling Tower*. Berdasarkan referensi [4] dan dari Gambar 5 pendinginan tanpa menggunakan *Cooling Tower* menunjukkan efektivitas yang terus menurun sepanjang pengujian, ini disebabkan kecepatan pelepasan panas ke udara lebih lambat dibanding penyerapan panas pada dinding plat konsentrik oleh air pendingin. Sedangkan pendinginan menggunakan *Cooling Tower* memiliki efektivitas yang terus meningkat sepanjang waktu pengujian.

Dengan metode air panas disemprotkan oleh spray nozzle dengan memanfaatkan gravitasi. Butiran-butiran air (droplet) akan turun ke bawah dan berkontak langsung dengan udara luar yang diinduksi oleh fan blade. Gap temperatur antara aliran udara dan air panas akan menimbulkan transfer kalor diantara keduanya. Dengan mekanisme seperti ini, maka air panas akan mengalami penurunan temperatur yang berpengaruh pada penurunan temperature.

Untuk menguji performa *Cooling Tower* maka dilakukan pengujian dengan durasi 3 jam (1100 sampel). Gambar 6 menunjukkan pada sisi masuk *Cooling Tower* suhu air terus meningkat selama waktu pengujian. Suhu pada bagian outlet *Cooling Tower* yaitu setelah air pendingin melewati *Cooling Tower* suhu air pendingin mengalami penurunan dan delta suhu di

awal dan akhir pengujian selama tiga jam sekitar 4 °C.

Sesuai dengan teori dasar perpindahan kalor, efektivitas perpindahan kalor sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya kecepatan laju fluida [7],[8],[9],[10]. Di dalam *Cooling Tower* fluida pendingin berupa udara luar yang diinduksi oleh fan.



Gambar 6. Grafik uji performa *Cooling Tower* dengan durasi pengujian 1100 sampel.

Kesimpulan

Dengan dibuatnya Model Alat Pembuang Panas Untuk Air Pendingin Alat Praktikum Heat Exchanger Merk P.A. Hilton Seri H101 Di Laboratorium Teknik Mesin ini diperoleh air yang digunakan untuk melakukan praktikum yang masuk ke alat praktikum tetap pada temperature 28°C-33°C.

Model alat pembuang panas yang di desain dan dibuat ini adalah jenis *Cooling Tower* Basah aliran angin mekanik (*Mechanical-Draft Cooling Tower*).

Ucapan terimakasih

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Pontianak (Polnep) atas dukungan dana yang diberikan melalui penelitian terapan ini. Terimakasih juga untuk teman-teman Pranata Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Polnep dan Mahasiswa Teknik Mesin Polnep yang telah banyak membantu kegiatan penelitian ini.

Referensi

- [1]. Achmad Zulfikar Zakawali, Suryo Widodo, Ali Akbar,. "Penambahan Water Coolant Pada *Cooling Tower*

- Tipe Counter Flow”, Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri Email:fikarzaka1@gmail.com. Vol 1 2018
- [2]. Nurisman Enggal, Zulfa Syafira, Fatina Shania,. “Studi Kinerja *Cooling Tower* Unit Amoniak Dan Urea Pada Sistem Utilitas Industri Petrokimia” Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Vol 1.2020
- [3]. Handoyo, Y. Analisa Performa *Cooling Tower* LCT 400 Pada PT. XYZ, Tambun Bekasi. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 3. Hlm. 38-52. 2015.
- [4]. Suhardi Putra, R. (2015) ‘Analisa Perhitungan Beban *Cooling Tower* Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastik’, Jurnal Teknik Mesin, 4(2), p. 19. doi: 10.22441/jtm.v4i2.1010.
- [5]. Awwaluddin, Puji Santosa, Suwardiyono,.”Perhitungan Kebutuhan *Cooling Tower* Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset”.,Muhammad Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Batan. 2012
- [6]. Fauzi, D. A. et al. (2015) ‘Analisa Performa Menara Pendingin Pada Pt . Geo Dipa Energi Unit Dieng’, Jurnal Ilmiah Rotari, p. 26.
- [7]. Holman, J.P., “Heat Transfer”, sixth edition, McGraw Hill, Ltd., New York. 1986
- [8]. Incropera, Frank P., Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, David P. Dewitt, , “Fundamentals of Heat and Mass Transfer”. Seventh Edition. United States of America: John Wiley & Sons. 2007
- [9]. Kern, D.Q., “Process Heat Transfer”, International Student Edition, McGraw Hill Kogakusha, Ltd., New York. 2011
- [10]. Mikheyev, M., “Fundamentals of Heat Transfer”, John Willey & Sons Inc., New York, 1986.
- [11]. Anonym, ‘Penguujian Sifat-Sifat Termodinamika Udara’, Laboratorium Mesin Pendingin dan Pemanas Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- [12]. Cengel, Y. (2013) ‘Heat Transfer: A Practical Approach’, Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), pp. 1689–1699.
- [13]. Robert L. Mott, (1994) 'Applied Fluid Mechanics Fourth Edition. United States Of America.
- [14]. Sai, B. B. et al. (2013) ‘Design of *Cooling Tower*’, International Journal of Scientific & Engineering Research, 4(5), pp. 1560–1563. Available at: <http://www.ijser.org>.
- [15]. Sastrawan, I. K. G. And Subagyo, R. (2020) ‘Analisa Perpindahan Panas *Cooling Tower* (Induced Draft) Pltu I Pulang Pisau (2 X 60 Mw)’, Jtam Rotary, 2(2), P. 171. Doi: 10.20527/Jtam_Rotary.V2i2.2413.
- [16]. Shah, P. and Tailor, N. (2015) ‘Merkel’S Method for Designing Induced Draft *Cooling Tower*’, International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology, 6(2), pp. 63–70. Available at: www.jifactor.com.
- [17]. Stanford III, H. W. (2012) - *Cooling Tower Fundamentals*, HVAC Water Chillers and *Cooling Towers*. doi: 10.1201/b11510-13.
- [18]. Yuono, L. D., & Budiyanto, E. (2021). Pembuatan alat peraga sistem starter mobil sebagai alat bantu praktikum siswa SMK Muhammadiyah Seputih Raman.

