

TUGAS AKHIR

PENGARUH SUHU AIR MASUK TERHADAP KINERJA WCT (WET COOLING TOWER) MENGUNAKAN PERFORATED SPLASH FILL

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FAKHRI PARDOSI
2007230066



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Fakhri Pardosi
NPM : 2007230066
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Kinerja WCT
(Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash
Fill
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Oktober 2024

Mengetahui Dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



Rahmatullah, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II



Ahmat Marabdi Siregar S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani S.T., M.T

Ketua, Program Studi Teknik Mesin



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Fakhri Pardosi
Tempat / Tanggal Lahir : Binjai, 03 September 2002
NPM : 2007230039
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah
SumateraUtara (UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhirsaya yang berjudul:

“Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Kinerja *Wet (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill*”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Oktober 2024

a yang menyatakan,



MUHAMMAD FAKHRI PARDOSI
2007230066

ABSTRAK

Cooling tower adalah perangkat yang digunakan untuk membuang panas dari sistem industri atau gedung melalui proses evaporasi. Suhu air masuk ke *cooling tower* merupakan parameter penting yang mempengaruhi efisiensi dan performa alat tersebut. Abstrak ini membahas pentingnya pengukuran suhu air masuk dalam cooling tower dan dampaknya terhadap efisiensi operasionalnya.

Suhu air masuk, yaitu suhu air di variasikan dengan suhu air dari 35°C, 38°C, 41°C, 44°C, 47°C, dan 50°C. yang masuk ke *cooling tower* dari sistem proses atau pendinginan, dapat mempengaruhi kapasitas pendinginan dan konsumsi energi dari *cooling tower*. Dalam proses pendinginan, air yang lebih panas cenderung memerlukan lebih banyak energi untuk menurunkan suhunya ke tingkat yang diinginkan, sehingga mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem pendinginan.

Metodologi yang digunakan melibatkan pengukuran suhu air masuk dan keluar dari cooling tower, serta analisis selisih suhu untuk menilai kinerja. Data diambil setiap 10 menit untuk memastikan akurasi. Alat yang digunakan termasuk sensor suhu dan perangkat pengukur aliran udara. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu air masuk memiliki dampak signifikan terhadap kinerja WCT. menunjukkan pengaruh suhu air masuk pada Range dimana laju aliran air nya 5 ltr/m menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C memiliki nilai Range 8,12 dan Suhu air 50,41°C merupakan suhu paling tinggi dibandingkan masuk 47 °C, 44°C, 41°C, 38°C. Sedangkan grafik yang terendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C, Range 1,30 pada suhu air 35,23°C.

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa suhu air masuk memiliki dampak signifikan terhadap kinerja WCT, khususnya dalam hal range, approach, efektivitas, Q, Me dan Mev. Temuan ini dapat digunakan untuk optimasi desain cooling tower di industri untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja operasional.

Kata kunci: cooling tower, suhu, range, Q, Me, Mev.

ABSTRACT

A cooling tower is a device used to remove heat from industrial systems or buildings through the evaporation process. The temperature of the water entering the cooling tower is an important parameter that affects the efficiency and performance of the device. This abstract discusses the importance of measuring the temperature of the water entering the cooling tower and its impact on its operational efficiency. The temperature of the water entering, which is the temperature of the water varied with water temperatures of 35°C, 38°C, 41°C, 44°C, 47°C, and 50°C. entering the cooling tower from the process or cooling system, can affect the cooling capacity and energy consumption of the cooling tower. In the cooling process, hotter water tends to require more energy to lower its temperature to the desired level, thus affecting the overall performance of the cooling system. The methodology used involves measuring the temperature of the water entering and leaving the cooling tower, as well as analyzing the temperature difference to assess performance. Data were taken every 10 minutes to ensure accuracy. The tools used included temperature sensors and air flow measuring devices. The results of the analysis showed that the temperature of the water entering had a significant impact on the performance of the WCT. shows the effect of inlet water temperature on the Range where the water flow rate is 5 ltr/m shows that the inlet water temperature of 50°C has a Range value of 8.12 and the water temperature of 50.41°C is the highest temperature compared to 47°C, 44°C, 41°C, 38°C. While the lowest graph is shown at an inlet water temperature of 35°C, Range 1.30 at a water temperature of 35.23°C. The conclusion of this study shows that the inlet water temperature has a significant impact on WCT performance, especially in terms of range, approach, effectiveness, Q , Me and Mev . These findings can be used to optimize cooling tower design in industry to improve efficiency and operational performance.

Keywords: cooling tower, temperature, range, Q , Me , Mev .

KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “PENGARUH SUHU AIR MASUK TERHADAP KINERJA WCT (*WET COLING TOWER*) MENGGUNAKAN *PERFORATED SPLASH FILL*.”

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T.M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar S.T.M.T. Sebagai Ketua Program Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T.M.T Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury, S.T.M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Orang tua penulis: Edi Syamsuddin S.AG dan Sri Rahayu, yang telah bersusah payah membesarkan dan mendidik saya dan membiayai studi penulis.
7. Sahabat-sahabat penulis: Imam Natawijaya, Muhammad Farhan Ms, Librajib Alnabawi, Doli Hasibuan, Muhammad Haekal, Roby Alfiah Harahap S.T.
8. Rekan – rekan seperjuangan kelas A1 Pagi Stambuk 2020, serta rekan – rekan bidang keahlian konversi energy yang telah banyak memberi saran dan dukungan kepada penulis.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 14 Oktober 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Pardosi', with a long horizontal stroke extending to the right.

Muhammad Fakhri Pardosi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN		Error!
Bookmark not defined.		
ABSTRAK		iii
ABSTRACT		iv
KATA PENGANTAR		v
DAFTAR ISI		vii
DAFTAR GAMBAR		ix
DAFTAR TABEL		x
DAFTAR NOTASI		xi
BAB 1	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Masalah Rumusan	2
	1.3 Ruang Lingkup	2
	1.4 Tujuan Penelitian	3
	1.4.1 Tujuan Umum	3
	1.4.2 Tujuan khusus	3
	1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA	4
	2.1 Sistem Pendingin	4
	2.1.1 Menara Pendingin	4
	2.2.2 Pengertian Sistem Pendingin	4
	2.2.3 Pengertian Suhu	4
	2.2.4 Cara kerja Menara Pendingin	5
	2.2 Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i>	6
	2.2.1. Range	6
	2.2.2 Approach	7
	2.2.3 Efektivitas Efektivitas	7
	2.2.4 Kalor yang dilepaskan air panas	7
	2.2.5 Karakteristik menara	7
	2.2.6 Laju kehilangan penguapan air	8
	2.3 Fungsi Dan Prinsip <i>Cooling Tower</i>	8
	2.3.1 Fungsi dan Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i>	8
	2.3.3 Perpindahan Panas dalam cooling tower	9

2.4	Mengetahui Suhu Air Masuk	10
2.4.1	Suhu air masuk	10
2.4.2	Alat pengukur suhu	10
2.4.3	Wet Cooling Tower	11
2.4.4	Bagian Bagian <i>Cooling Tower</i>	11
BAB 3	METODE PENELITIAN	13
3.1	Tempat dan Waktu	13
3.1.2	Waktu dan Tahapan Penelitian	13
3.2	Alat Pengujian	14
3.2.1	Alat	14
3.3	Bagan Alir Penelitian	18
3.4	Peralatan Penelitian	19
3.5	Prosedur Penelitian	19
3.5.1	Pengambilan data	19
3.6	Metode Pengukuran	20
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1	Data dan hasil penelitian	21
4.2	Pembahasan	22
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1	Kesimpulan	28
5.2	Saran	28
	DAFTAR PUSTAKA	32
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	SK PEMBIMBING	
	BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cooling Tower	5
Gambar 2. 2 Range and Approach Cooling Tower	6
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Cooling Tower	8
Gambar 2. 4 Cooling Tower Crossflow dan counterflow	9
Gambar 2. 5 Sensor yang digunakan pada Cooling Tower	11
Gambar 2. 6 Menara pendingin	12
Gambar 3. 1 Prorotipe Cooling Tower	14
Gambar 3. 2 Pompa	14
Gambar 3. 3 Flow Air	15
Gambar 3. 4 Stopwatch	15
Gambar 3. 5 Keran Air	15
Gambar 3. 6 Heater	16
Gambar 3. 7 Blower	16
Gambar 3. 8 Sensor DS18B20	16
Gambar 3. 9 Thermo-Hygrometer	17
Gambar 3. 10 Termometer Air Raksasa	17
Gambar 3. 11 Bagan alir	17
Gambar 4. 1 Pengaruh suhu air masuk terhadap Range	22
Gambar 4. 2 pengaruh suhu air masuk terhadap Approach	23
Gambar 4. 3 Pengaruh suhu air masuk terhadap Efektivitas	24
Gambar 4. 4 Pengaruh suhu air masuk terhadap Q	25
Gambar 4. 5 Pengaruh suhu air masuk terhadap Me	26
Gambar 4. 6 Pengaruh suhu air masuk terhadap Mev	27

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tahap – tahap Pelaksanaan Penelitian

15

DAFTAR NOTASI

F = Gaya (N)

a = Percepatan ($\frac{m}{s^2}$)

Q = Kalor (J)

C = Kalor jenis (J/kg.K)

Δt = Perubahan suhu (k)

T_{wi} = Suhu air masuk

T_{wo} = Suhu air keluar

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses produksi di dunia industri menggunakan banyak mesin skala besar. Dalam prosesnya, mesin-mesin tersebut menghasilkan panas (kalor) sebagai efek samping dari kerja mesin, sehingga membutuhkan sistem pendinginan untuk kelangsungan kerjanya. Secara umum air banyak digunakan sebagai media penukar kalor dari berbagai kondensor pesawat pendingin ataupun alat-alat penukar kalor dari proses industri.(Ardani et al., 2018)

Cooling tower merupakan alat penukar panas atau kalor yang menggunakan udara dan air sebagai fluida kerja. Fluida tersebut mempunyai fungsi untuk menurunkan suhu air panas yang masuk ke dalam cooling tower dengan cara mengontak langsung dengan udara yang menyebabkan beberapa bagian air menguap. Cooling tower menggunakan prinsip penguapan dan perpindahan panas, dimana sebagian air diuapkan untuk dibuang ke atmosfer dengan menggunakan bantuan aliran udara [3]. Fungsi dari cooling tower yaitu memproses air panas menjadi air dingin, dimana panas dari air akan dibuang ke lingkungan, panas yang keluar dari cooling tower merupakan panas yang hilang dari air [4]. Cooling tower dalam proses industri sangat diperlukan, agar air yang telah digunakan dalam proses produksi dapat digunakan kembali setelah melewati proses pendinginan [5]. Karakteristik cooling tower pada umumnya diukur dengan perbandingan antara data approach, range, dan cooling load.(Pratama et al., 2021)

Menara pendingin dapat digunakan dalam proses pendinginan air di dunia industri. Peralatan ini menggunakan prinsip perpindahan panas antara air dan udara pendingin yang dihembuskan. Air panas dialirkan dalam butiran-butiran kecil melalui sekat-sekat pengisi. Air dialirkan dari bagian atas menara sedangkan udara dihembuskan dari bagian bawah.(Ardani et al., 2018)

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,

makaperalatan yang akan digunakan harus memenuhi kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki oleh mesin yang digunakan.(Suhardi Putra, 2015)

Fluida yang keluar dari hasil proses pendinginan pada mesin injeksi plastik, mempunyai suhu panas atau besar. Sehingga diperlukannya pendinginan agar fluida dari prosesmesin tersebut dapat digunakan kembali dengan suhu yang stabil. Fluida disini merupakan air yang mana pada sistem refrigerasi berkapasitas sedang dan besar air sebagai media pendingin kondenser. Hal ini dikarenakan air memiliki kemampuan pemindahan kalor yang lebih baik. Kondensor berpendingin airberdasarkan cara kerjanya memiliki dua klasifikasi.

Menara pendingin merupakan ruangan dimana air panas disemprotkan atau dipancarkan ke bawah, sementara itu udara atmosfer dialirkan melalui atau berlawanan dengan arah jatuhnya air panas. Dengan cara demikian air tersebut dapat didinginkan. Untuk menguapkan 1 kg air diperlukan kira-kira 600 kkal. Dengan mengeluarkan kalor laten dengan menguapkan sebagian dari air maka sebagian besar dari air pendingin dapat didinginkan.Dengan pendingin proses tersebut dapat dilaksanakan.(Brilliantoro et al., 2023)

Berdasarkan latar belakang ini, penulis ingin melakukan pengujian terhadap sebuah prototype cooling tower untuk mengetahui performa dari cooling tower. Pengujian yang dilakukan pada cooling tower berbentuk prototype dituangkan pada tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Kinerja Wct (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill”**.

1.2 Masalah Rumusan

Rumusan masalah dalam penelitian adalah:

1. Bagaimana Pengaruh suhu air masuk Terhadap Kinerja WTC (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan Perforated Splash Fill.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah analisa Pengaruh suhu air masuk. Terhadap Kinerja WCT (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan Perforated Splash Fill.

1. Efektifitas suhu air masuk terhadap alat ukur yang menggunakan Sensor

DS18B20 untuk mengukur suhu air di dalam *cooling tower*.

2. Suhu air yang masuk terhadap wet cooling tower menggunakan temperature air 35°C, 38°C, 41°C, 44°C, 47°C, 50°C.
3. Aliran air yang digunakan dalam pengujian adalah 5,7,9,11,13 dan 15 liter.
4. Aliran udara yang masuk dan keluar wet cooling tower menggunakan blower dengan frekuensi 10 Hz, 15 Hz, 20Hz, 30Hz, 40Hz, dan 50Hz.

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun yang menjadi tujuan umum dari pengujian ini adalah untuk menganalisa pengaruh suhu air masuk terhadap kinerja *cooling tower*.

1.4.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus dari pengujian prototype cooling tower ini adalah

1. Untuk mengetahui nilai *range cooling tower*
2. Untuk mengetahui nilai *approach* pada *cooling tower*
3. Untuk mengetahui nilai *efektivitas* pada *cooling tower*
4. Untuk mengetahui nilai *Q* pada *cooling tower*
5. Untuk mengetahui nilai *me* pada *cooling tower*
6. Untuk mengetahui nilai *mev* pada *cooling tower*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah terungkapnya Pengaruh suhu air masuk Terhadap Kinerja WCT (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan Perforated Splash Fill. Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat pijakan untuk penelitian berikutnya yang mengarah pada pengaruh suhu air masuk Terhadap Kinerja WCT (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan Perforated Splash Fill.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pendingin

2.1.1 Menara Pendingin

Menara pendingin atau cooling tower suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan temperatur aliran air dengan cara mengambil panas dari air dan membuangnya ke atmosfer. Cooling tower menggunakan penguapan di mana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer. Sebagai akibatnya, air yang tersisa didinginkan secara signifikan (Maedi, 2021)

2.2.2 Pengertian Sistem Pendingin

Sistem pendingin merupakan area kerja dari komponen-komponen pendingin yang digunakan untuk mendinginkan. Sistem pendingin terbagi menjadi tiga macam berdasarkan metode mendinginkan, yaitu pendinginan udara, pendinginan air dan pendinginan oli. Sistem pendingin air terbagi menjadi dua bagian, yaitu sistem pendinginan dengan cooling ponds dan sistem pendingin dengan cooling tower. Cooling tower mampu menurunkan suhu air lebih rendah dibandingkan dengan peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, dan oleh karena itu biayanya lebih efektif dan efisien energinya. (Amri et al., 2022)

Pengertian Menara Pendingin Menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakannya 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 seperti yang terlihat pada gambar berikut. (Handoyo, 2015)

2.2.3 Pengertian Suhu

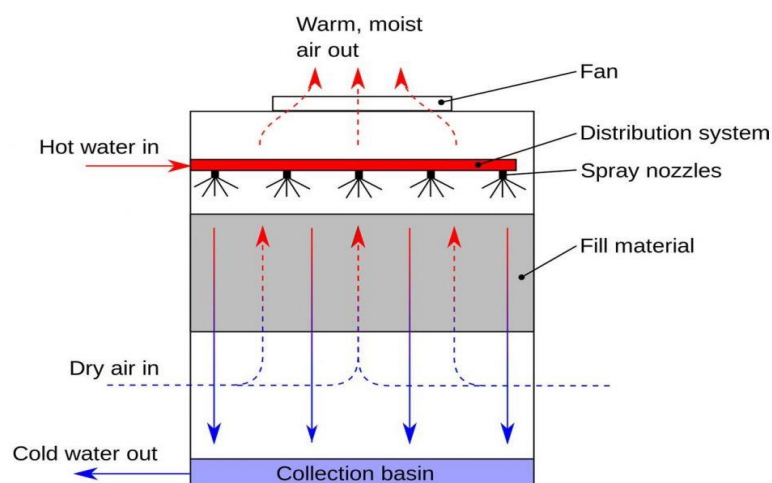
Suhu adalah suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan atau sesuatu lainnya. Satuan ukur dari Suhu yang banyak di gunakan di indonesia adalah (Derajat

Celcius). Sementara satuan ukur yang banyak digunakan di luar negeri adalah derajat fahrenheit.(Mardia Rahmi dalam Oboi, 2013)

2.2.4 Cara kerja Menara Pendingin.

Cara kerja menara pendingin yaitu dengan mengontakkan air yang bertemperatur tinggi dengan udara lingkungan yang bertemperatur rendah, sehingga terjadi perpindahan panas antara air dengan udara. Air yang sudah didinginkan oleh udara akan jatuh ke bawah menuju bak penampung air, sementara udara yang naik akan memiliki temperatur yang lebih tinggi dari sebelumnya, dan kemudian udara tersebut akan ditarik ke atas oleh baling-baling cooling tower menuju bagian atas cerobong dan kemudian dilepaskan ke atmosfer.(Rahman & Mursadin, 2022)

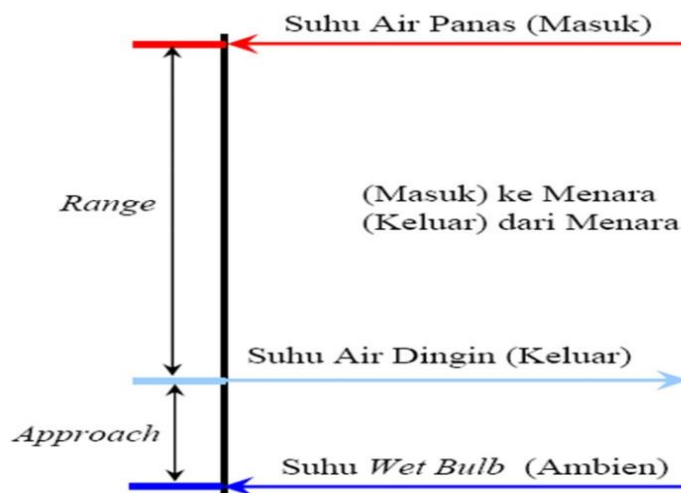
Ada pun Filter foam yang dapat digunakan sebagai filler pada cooling tower, karena memiliki banyak pori-pori dan memiliki kelebihan mampu dicuci dan digunakan kembali. Akan tetapi penggunaan filter foam masih perlu diteliti untuk menentukan susunan pemasangannya pada cooling tower. Pada penelitian ini dilakukan pengujian penggunaan filter foam sebagai bahan alternatif filler cooling tower dengan pemasangan bersusun dengan variasi jarak zig zag untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa cooling tower. Bentuk zig zag dipilih karena lebih mudah dalam pembuatan dan pengaturan jaraknya.(Setiawan & Fahrudin, 2021)



Gambar 2. 1 Cooling Tower

2.2 Prinsip Kerja *Cooling Tower*

Prinsip kerja dari *Cooling Tower* ini adalah memompa air panas dari kondensor menuju menara *Cooling Tower* melalui sistem pemipaan yang pada ujungnya memiliki banyak nozzle untuk tahap semburan (*spraying*). Air panas yang keluar dari nozzle (*spray*) secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa disebabkan oleh pengaruh fan dan tertahan sementara karena air dihambat oleh *drift eliminator* yang terpasang pada *Cooling Tower*. Kemudian air yang sudah mengalami penurunan temperatur ditampung dalam sebuah kolam kemudian dipompa kembali menuju kondensor yang berada di dalam pendingin (*chiller*). Pada *Cooling Tower* juga dipasang katup *make up water* yang dihubungkan ke sumber air terdekat untuk menambah kapasitas air jikalau terjadi kekurangan air ketika proses *evaporasi*. (Ahluriza & Sinaga, 2021a)



Gambar 2. 2 Range and Approach *Cooling Tower*

2.2.1. Range

Range merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. Range yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik. Rumusnya adalah sebagai berikut. Dirumuskan dengan :

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = \text{temperatur air masuk } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C}) \quad (2.1)$$

2.2.2 Approach

Approach adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu wet bulb ambien. Semakin rendah approach semakin baik kinerja menara pendingin. Walaupun range dan approach harus dipantau, akan tetapi, approach merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin. Dirumuskan dengan :

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = T_{out} (^{\circ}\text{C}) - T_{wbamb} (^{\circ}\text{C}) \quad (2.2)$$

2.2.3 Efektivitas

Efektivitas merupakan perbandingan antara Range dan Range ideal (dalam persentase), yaitu perbedaan antara temperatur masuk air (inlet) pendingin dan temperatur wetbulb. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi pula efektivitas Cooling Tower. Efektivitas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \times 100\% \quad (2.3)$$

2.2.4 Kalor yang dilepaskan air panas

Laju perpindahan panas menara pendingin ditentukan dengan mengalikan laju aliran udara dengan perbedaan entalpi udara (Δh). Laju perpindahan panas dihitung menggunakan persamaan.

$$\dot{Q}h = (\dot{m}_o - \dot{m}_i) \quad (2.4)$$

2.2.4 Karakteristik menara

Perpindahan panas di menara pendingin melibatkan dua mekanisme perpindahan panas sensibel dan evaporatif. Pengangkutan massa uap air ke udara merupakan aspek tambahan dari perpindahan panas evaporatif. Merkel [4] menjelaskan dampak gabungan dari dua mekanisme perpindahan panas ini dalam persamaan yang tercantum di bawah ini [7] Bilangan Merkel

$$Me = \frac{KaV}{m_w} \cong \frac{T_{wi} - T_{wo}}{4} (C_{pw}) \left[\frac{1}{\Delta h_1} + \frac{1}{\Delta h_2} + \frac{1}{\Delta h_3} + \frac{1}{\Delta h_4} + \right] \quad (2.5)$$

2.2.6 Laju kehilangan penguapan air

Massa air yang menguap bersama udara harus diperiksa karena pendinginan evaporatif adalah fenomena perpindahan panas utama dalam menara pendingin; Laju penguapan air dapat dihitung dengan dari persamaan.

$$m_{eV} = m_a (\bar{\omega}_o - \bar{\omega}_i) \quad (2.6)$$

2.3 Fungsi Dan Prinsip *Cooling Tower*

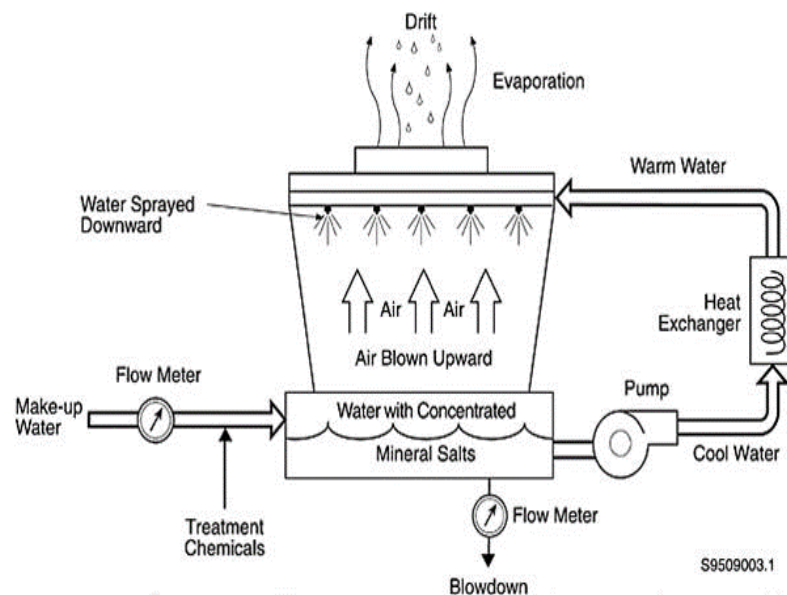
2.3.1 Fungsi dan Prinsip Kerja *Cooling Tower*

1. Fungsi *Cooling Tower*

Cooling Tower secara umum berfungsi untuk melepaskan kalor ke atmosfer. Panas ini dilepaskan menggunakan udara bergerak untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer.

2. Prinsip *cooling tower*

Prinsip kerja dari *Cooling Tower* ini adalah air dingin di pompa, kemudian digunakan sebagai pendingin di dalam alat penukar panas. Selanjutnya, air dingin tersebut menjadi panas, lalu air panas ini disemburkan dari atas kemudian dikontakkan dengan udara dari bawah. Air panas kontak dengan udara dingin dari bawah, maka akan terjadi pendinginan. Air yang menjadi dingin tersebut, lalu disirkulasikan kembali ke dalam sistem. (Ahluriza & Sinaga, 2021b)



Gambar 2. 3 Prinsip Kerja *Cooling Tower*

2.3.2 Jenis jenis cooling tower

Pada umumnya menara pendingin atau disebut cooling tower ada dua jenis cooling tower yaitu:

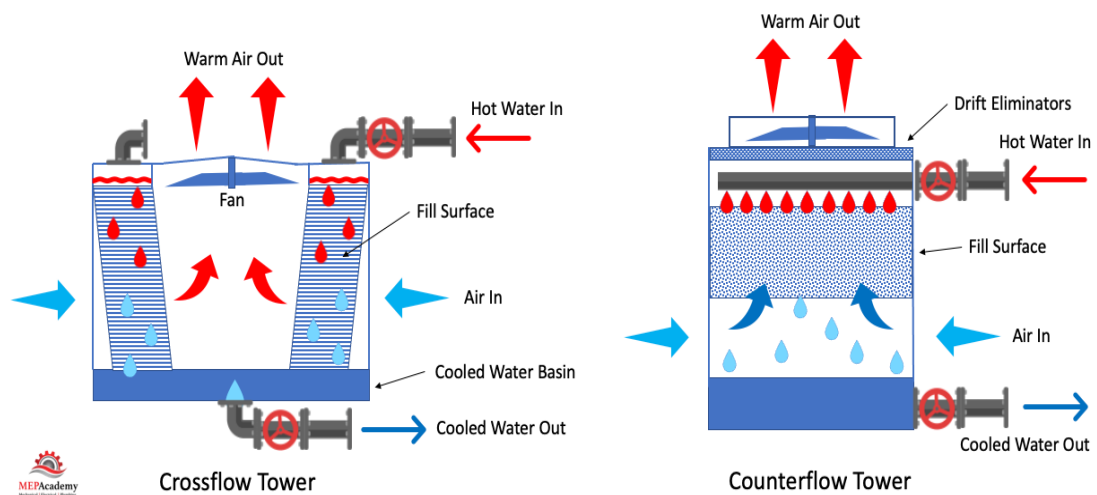
1. Cooling Tower *Crossflow*

Cooling tower crossflow adalah jenis menara pendingin di mana air panas mengalir secara vertikal ke bawah melalui fill media (material pengisi) sementara udara mengalir secara horizontal melalui fill media tersebut.

2. Cooling Tower *Counterflow*

Cooling tower counterflow adalah jenis menara pendingin di mana aliran air dan aliran udara bergerak berlawanan arah satu sama lain.

Berikut adalah perbedaan gambar Cooling Tower *Crossflow* dan *counterflow*



Gambar 2. 4 Cooling Tower Crossflow dan counterflow (คำนวณน้ำใช้ใน Cooling Tower, n.d.)

2.3.3 Perpindahan Panas dalam cooling tower

Perpindahan panas atau kalor yang terjadi pada type cooling tower ini adalah perpindahan panas secara konveksi paksa, dimana perpindahan panas terjadi dari temperature air masuk cooling tower dengan temperatur lebih tinggi ke udara yang mengalir akibat isapan fan/kipas yang berada di atas tower. Secara sederhana nilai perpindahan panas ini dapat di hitung dengan mempertimbangkan nilai penurunan temperatur (ΔT) nilai koefisien perpindahan panas dan luasan penampang perpindahan panas. (Sastrawan & Subagyo, 2020)

2.4 Mengetahui Suhu Air Masuk

2.4.1 Suhu air masuk

Untuk mengetahui nilai range cooling tower ini, harus mengetahui terlebih dahulu nilai dari temperatur air masuk (T_{in}) dan temperatur air keluar (T_{out}). Temperatur air masuk (T_{in}) dan temperatur air keluar (T_{out}) ini memiliki nilai batasan. Untuk temperatur air masuk (T_{in}) memiliki suhu ideal antara 40°C – 55°C , temperatur air menurunkan temperatur air secara efektif, dan kinerjanya bagus. U masuk (T_{in}) ini tidak boleh kurang dari 40°C dan juga tidak boleh lebih dari 55°C . Karena apabila suhu air masuk kurang dari 40°C , maka akan mengakibatkan suhu air menjadi kurang panas yang akan menyebabkan berkurangnya uap yang akan dihasilkan oleh PLTP. Sedangkan jika temperatur air masuk (T_{in}) ini melebihi 55°C maka akan mengakibatkan suhu air menjadi sangat panas, yang akan menyebabkan pipa uap bocor karena terlalu banyak uap yang diproduksi. Dan untuk temperatur air keluar (T_{out}) memiliki suhu ideal antara 26°C – 30°C . Temperatur air keluar (T_{out}) ini tidak boleh kurang dari 26°C , karena akan mengakibatkan suhu air menjadi terlalu dingin. Sedangkan jika temperatur air keluar (T_{out}) melebihi 30°C maka akan mengakibatkan suhu air menjadi hangat, yang akan menyebabkan sistem pendingin tidak bekerja optimal. (Ahyadi, 2020)

2.4.2 Alat pengukur suhu

Ada pun alat yang digunakan untuk mengukur suhu pada cooling tower yaitu menggunakan:

1. Sensor Thermocouple

Thermocouple merupakan sistim pengukuran temperatur. Elemen sensor temperatur (measuring junction) menghasilkan beda tegangan atau electromotive force (emf), yang kemudian emf yang dihasilkan dibandingkan dengan skala konversi tertentu menjadi unit temperatur. (Sutarya et al., 2008)



Gambar 2. 5 Sensor yang digunakan pada Cooling Tower (Sensor, n.d.)

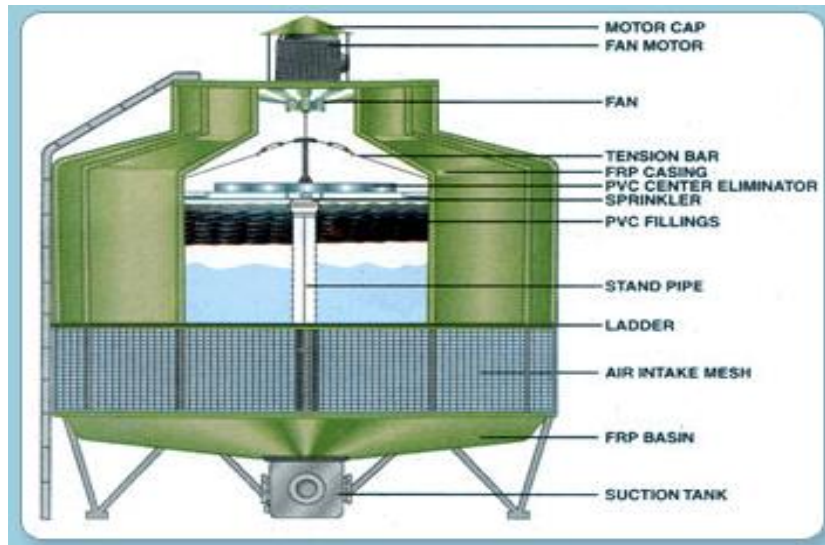
Elemen sensor sebuah thermocouple merupakan dua jenis logam konduktor yang berbeda yang disebut termo-element, satu sama lain diisolasi kecuali pada bagian junction. Kabel ekstensi thermocouple yang dapat digunakan adalah sepasang kabel yang mempunyai karakteristik temperatur-emf relatif terhadap thermocouple-nya sehingga pada saat digunakan tidak memberikan pengaruh negativ (penyebab kesalahan) terhadap hasil pengukuran.(Sutarya et al., 2008)

2.4.3 Wet Cooling Tower

Menara pendingin basah (*wet cooling tower*) adalah bangunan yang berfungsi untuk mendinginkan air panas hasil proses industry atau pembangkit Listrik.

2.4.4 Bagian Bagian *Cooling Tower*

Berbagai peneliti telah melakukan penelitian dan investigasi terhadap berbagai karakteristik menara pendingin yang berdampak pada efektifitas dan fungsi menara pendingin.(Irawan, 2022)



Gambar 2. 6 Menara pendingin

Bagian kotruksi menara pendingin adalah:

1. Kipas

Kipas tidak berfungsi maka kerja menara pendingin tidak akan bekerja secara maksimal. Kipas digerakkan oleh motor listrik yang dikopel langsung dengan bantuin poros kipas. Kipas bagian salah satu terpenting dari sebuah menara pendingin karena mempunyai berfungsi untuk menarik udara dingin dan mensirkulasikan udara tersebut di dalam menara untuk mendinginkan air.

2. Rangka pendukung menara

Rangka pendukung menara digunakan untuk menahan menara pendingin agar dapat berdiri kuat dan tegak. Tower supporter terbuat dari baja.

3. Rumah menara pendingin

Menara pendingin memiliki syarat untuk kualitas yang baik terhadap segala cuaca dan gempa umur pakai dalam waktu yang lama.

4. Pipa Sprinkler

Pipa sprinkler pipa yang mempunyai fungsi untuk mensirkulasikan aliran air secara merata dan tepat pada bagian menara pendingin.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Berikut adalah tempat dan waktu penelitian yang dilakukan pada Analisa Pengaruh suhu air masuk Terhadap Kinerja WCT (*Wet Cooling Tower*).

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penulisan tugas akhir Pengaruh suhu air masuk Terhadap Kinerja WCT (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan Perforated Splash Fill menggunakan *software Solidworks* dilaksanakan di Laboratorium Proses produksi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jl. Kapten Muchtar Basri No. 03 Medan.

3.1.2 Waktu dan Tahapan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini di mulai dari tanggal di sahkannya usulan judul Pengaruh suhu air masuk Terhadap Kinerja Wct (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan *Perforated Splash Fill* oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin yaitu pada tanggal 1 November 2023 sampai dengan Desember 2023 (kurang lebih 2 bulan) dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 3. 1Tahap – tahap Pelaksanaan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Studi Literatur						
2.	Persiapan Alat dan Bahan Penelitian						
3.	Desain Cooling Tower						
4.	Pengujian dengan Metode CAE						
5.	Analisa Data						
6.	Penyelesaian Penulisan						
7.	Seminar Hasil dan Sidang Sarjana						

3.2 Alat Pengujian



Gambar 3. 1 Prorotipe Cooling Tower

3.2.1 Alat

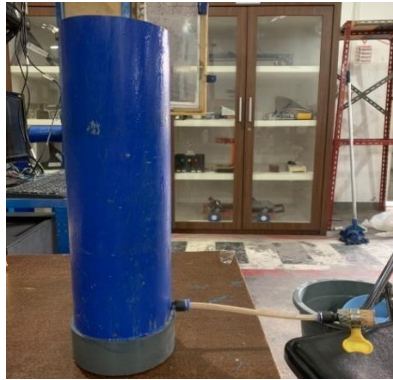
Adapun Alat yang digunakan untuk pembuatan alat penelitian Pengaruh terhadap air masuk terhadap.

1. Pompa air, untuk mensirkulasikan air.



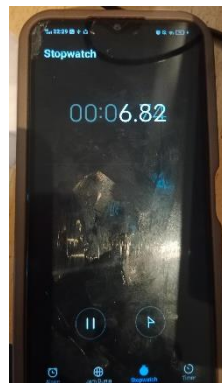
Gambar 3. 2 Pompa

2. Flow meter, untuk mengukur volume air.



Gambar 3. 3 Flow Air

3. Stop Watch untuk mengukur waktu alir air.



Gambar 3. 4 Stopwatch

4. Kran air mengatur jumlah debit yang divariasi.



Gambar 3. 5 Keran Air

5. Water Heater memanaskan air.



Gambar 3. 6 Heater

6. Blower untuk mengalirkan udara kedalam Menara Pendingin



Gambar 3. 7 Blower

7. Sensor DS18B20

Digunakan untuk mengukur suhu air dengan Arduino



Gambar 3. 8 Sensor DS18B20

8. Thermo-Hygrometer

Digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban ruangan



Gambar 3. 9 Thermo-Hygrometer

9. Termometer Air Raksa

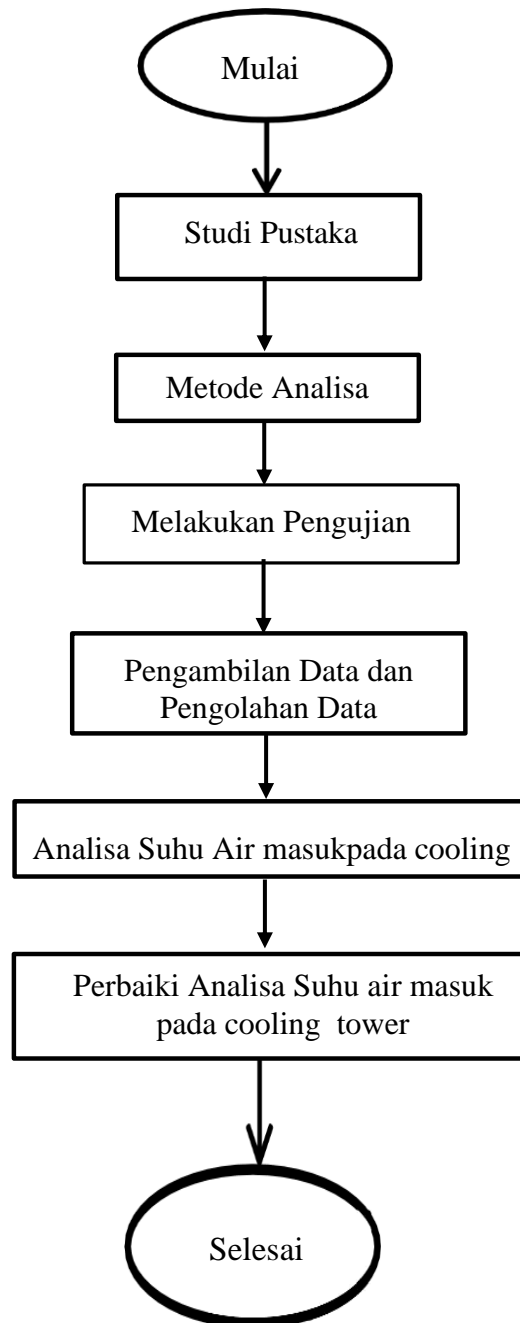
Untuk mengukur suhu air secara manual



Gambar 3. 10 Termometer Air Raksa

3.3 Bagan Alir Penelitian

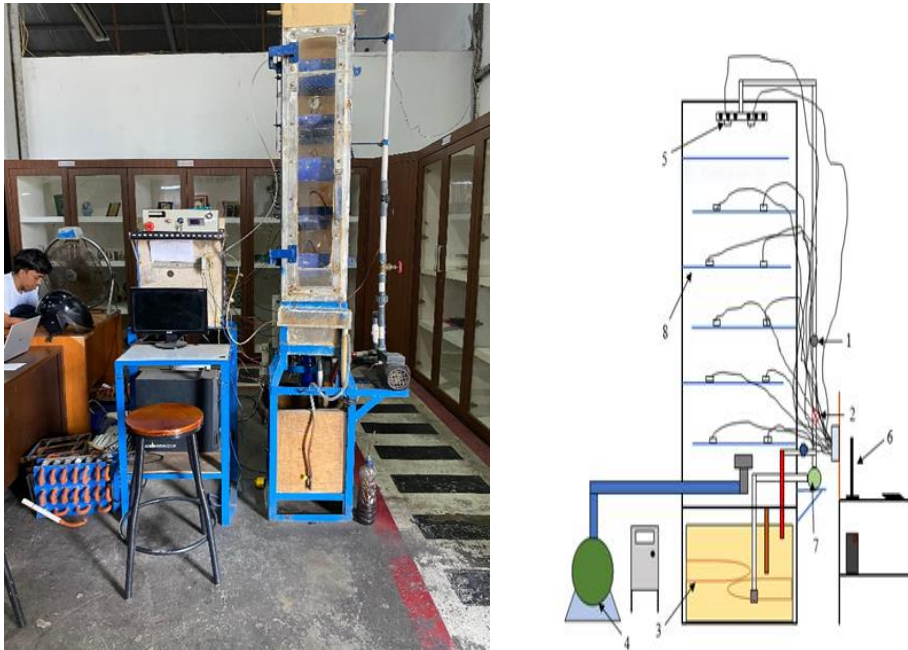
Agar Penelitian dapat berjalan lancar secara sistematis, maka diperlukan rancangan penelitian:



3.11 Bagan alir

3.4 Alat Penelitian

Ada pun gambar di bawah ini alat penelitian yaitu :



Gambar 3. 11 alat Penelitian

3.4 Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan antara lain.

1. *Water flow sensor*, untuk mengukur laju aliran air.
2. Kran air mengatur jumlah debit yang divariasi.
3. *Water heater* untuk memanaskan air dalam bak penampung.
4. Blower untuk mengalirkan udara ke dalam Menara Pendingin.
5. Sensor DS18B20, untuk mengukur air di *cooling tower*.
6. computer digunakan untuk pengambilan data.
7. Pompa air untuk mensirkulasikan air ke atas *cooling tower*.
8. *Fill* berjumlah 6 tingkat yang di gunakan sebagai media jenis percikan pada *cooling tower*.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Langkah Langkah sebagai berikut :

1. Isi air pada ember penampung ± 36 liter
2. Hidupkan *heater* untuk memanaskan air pada bak penampung

3. Gunakan *stopwatch* untuk mengukur lamanya waktu pemanasan
4. Setelah temperatur air bernilai 35, 38, 41, 44, 47, 50 °C, maka nyalakan pompa dan *blower*. Kemudian sirkulasikan air panas menuju *cooling tower* melalui pipa *pvc* yang telah terpasang
5. Ukur debit air yang mengalir menggunakan *water meter*
6. Gunakan *thermometer thermocouple* untuk mengukur temperatur air panas yang masuk dan temperatur air dingin yang keluar dari *cooling tower*.
7. Pasang 2 buah *thermometer* air raksa untuk mengetahui nilai temperatur *drybulb* dan *wet bulb* udara masuk
8. Catat nilai kelembaban dan temperatur *drybulb* udara keluar yang muncul pada monitor data logger
9. Catat semua data hasil pembacaan alat selama selang waktu 5 menit, 10menit, 20 menit, dan seterusnya
10. Lakukan pengujian pada 3 variasi waktu, yaitu pagi, siang, dan sore hari
11. Lakukan pembacaan diagram psikrometrik untuk mendapatkan nilai entalpi, kelembaban relatif, rasio kelembaban, dan volume spesifik
12. Apabila proses pengujian selesai dilakukan, maka matikan semua peralatanyang telah digunakan.

3.6 Metode Pengukuran

Metode yang di lakukan untuk menghitung perpindahan kalor cooling tower adalah dengan membaca pergerakan pertambahan suhu yang terjadi setelah cooling tower di jalan kan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan hasil penelitian

Pada bab ini akan di analisis mengenai nilai perpindahan panas, range, approach, efektifitas, Q , Me dan Mev pada wett cooling tower. Dari serangkaian proses pengujian yang telah dilakukan pada Cooling Tower di dapatkan nilai temperatur air dan debit aliran air dimana data ini didapatkan langsung saat pengujian atau diberjalannya cooling.

Pengujian dilakukan dengan dengan suhu yang berpareasi dari suhu air 35°C, 38°C, 41°C, 44°C, 50°C. Dari hasil pengujian ini telah diperoleh temperatur air masuk *cooling tower* (T_{in}) dan keluar *cooling tower* (T_{out}). Makin besar selisih yang didapatkan, maka bisa dikatakan *cooling tower* tersebut kinerjanya sangat bagus dan *cooling tower* mampu bekerja secara efektif. Dan diperoleh temperatur air dingin yang keluar *cooling tower* (T_{out}) dengan temperatur bila basah (wet bulb) udara lingkungan (T_{WBamb}) sekitar *cooling tower*. Proses pengambilan data dilakukan setiap 10 menit sekali sehingga di dapat data yang cukup bagus dan akurat.

Pengujian ini dilakukan di Laboraturium perstasi teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dari pengamatan pada proses data yang berfokus pada perpindahan panas, range, approach, efektifitas, Q , Me , dan Mev pada *cooling tower* saat pengujian di lakukan.

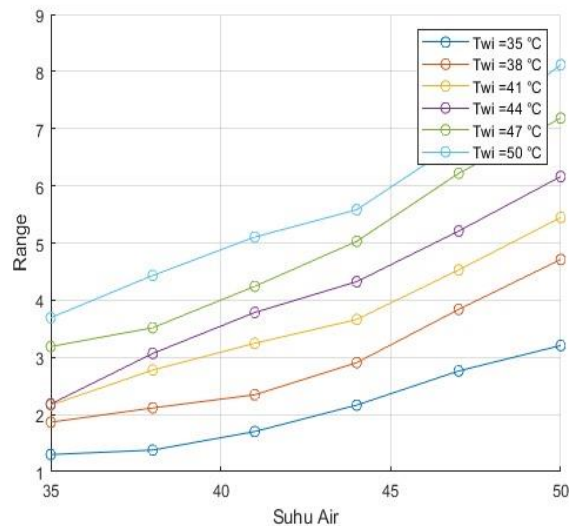
4.2 Pembahasan

Ada pun di bawah ini membahas tentang pengaruh suhu air masuk terhadap *Range*, *Approach*, *Efektivitas*, *Q*, *Me*, *Mev*.

1. Pengaruh suhu air masuk terhadap *range cooling tower*

Dibawah ini tabel 4.1 Laju aliran 5 liter/menit Terhadap *Range*.

Suhu Air	Range 35	Range 38	Range 41	Range 44	Range 47	Range 50
35,00	1,30	1,87	2,16	2,18	3,19	3,69
38,00	1,38	2,12	2,78	3,07	3,52	4,43
41,00	1,70	2,34	3,25	3,78	4,24	5,10
44,00	2,16	2,91	3,66	4,32	5,03	5,58
47,00	2,76	3,84	4,53	5,21	6,22	6,76
50,00	3,21	4,71	5,45	6,16	7,19	8,12



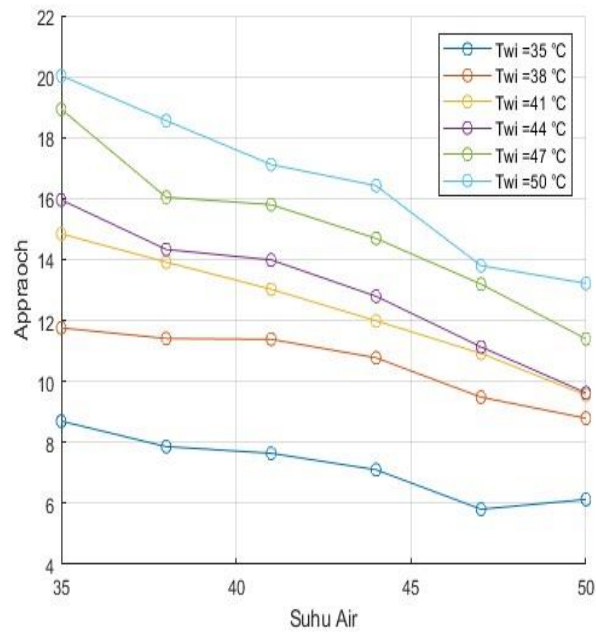
Gambar 4. 1 Pengaruh suhu air masuk terhadap *Range*

Dari Gambar 4.1 menunjukkan pengaruh suhu air masuk pada *Range* dimana laju aliran air nya 5 ltr/m menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C memiliki nilai *Range* 8,12 dan Suhu air 50°C merupakan suhu paling tinggi dibandingkan masuk 47 °C, 44°C, 41°C, 38°C. Sedangkan grafik yang terendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C, memiliki *Range* 1,30 pada suhu air 35°C

2. Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap *Approach cooling tower*

Dibawah ini tabel 4.2 Laju aliran 5 liter/menit Terhadap *Approach*.

Suhu Air	App 35	App 38	App 41	App 44	App 47	App 50
35,00	8,70	11,76	14,84	15,95	18,93	20,03
38,00	7,86	11,41	13,91	14,33	16,04	18,55
41,00	7,64	11,38	13,03	13,99	15,80	17,12
44,00	7,10	10,78	11,99	12,79	14,69	16,42
47,00	5,81	9,48	10,92	11,14	13,19	13,80
50,00	6,13	8,79	9,55	9,62	11,40	13,22



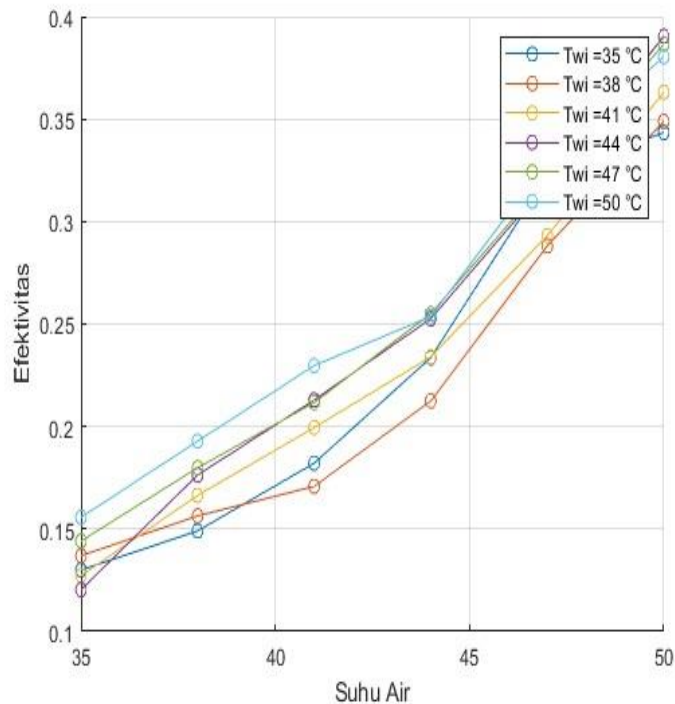
Gambar 4. 2 Pengaruh suhu air masuk terhadap *Approach*

Dari Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh suhu air masuk pada *Approach* dimana laju aliran air nya 5 ltr/m menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C memiliki nilai *Approach* 20,03 dan Suhu air 50°C merupakan suhu paling tinggi dibandingkan masuk 47 °C, 44°C, 41°C, 38°C. Sedangkan grafik yang terendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C, memiliki nilai *Approach* 0,71 pada suhu air 35°C.

3. Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Efektivitas cooling tower.

Dibawah ini tabel 4.3 Laju aliran 5 liter/menit Terhadap Efektivitas.

Suhu Air	Efek 35	Efek 38	Efek 41	Efek 44	Efek 47	Efek 50
35,00	0,13	0,14	0,13	0,12	0,14	0,16
38,00	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19
41,00	0,18	0,17	0,20	0,21	0,21	0,23
44,00	0,23	0,21	0,23	0,25	0,26	0,25
47,00	0,32	0,29	0,29	0,32	0,32	0,33
50,00	0,34	0,35	0,36	0,39	0,39	0,38



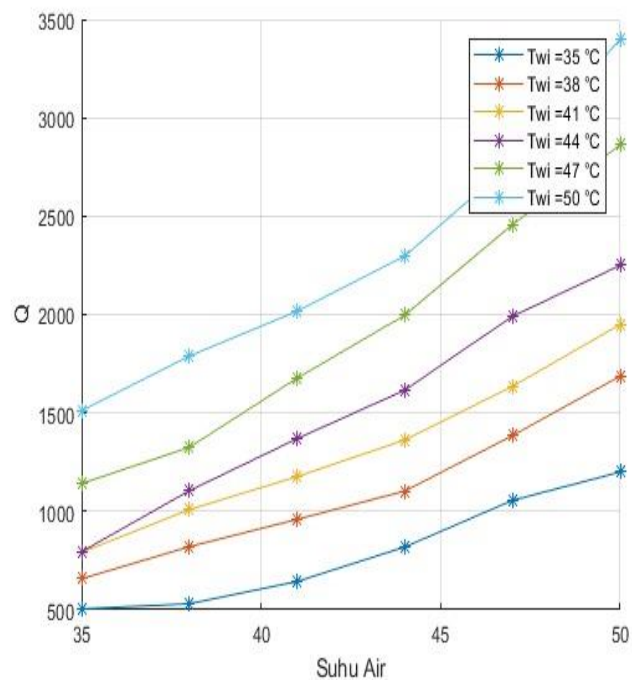
Gambar 4. 3 Pengaruh suhu air masuk terhadap *Efektivitas*

Dari Gambar 4.3 menunjukkan pengaruh suhu air masuk pada *Efektivitas* dimana laju aliran air nya 5 ltr/m menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C memiliki nilai *Efektivitas* 0,38 dan Suhu air 50°C merupakan suhu paling tinggi dibandingkan masuk 47 °C, 44°C, 41°C, 38°C. Sedangkan grafik yang terendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C, memiliki nilai *Efektivitas* 0,13 pada suhu air 35°C.

4. Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Q cooling tower.

Dibawah ini tabel 4.4 Laju aliran 5 liter/menit Terhadap Q .

Suhu Air	Q 35	Q 38	Q 41	Q 44	Q 47	Q 50
35,00	504,60	657,72	791,70	795,18	1141,44	1512,06
38,00	530,70	820,70	1009,20	1104,90	1325,30	1789,30
41,00	643,70	959,40	1176,70	1369,40	1676,90	2017,20
44,00	819,20	1103,30	1362,90	1616,01	1996,80	2297,60
47,00	1056,00	1385,28	1635,40	1991,34	2457,60	2774,40
50,00	1200,00	1687,50	1950,00	2250,00	2862,50	3400,00



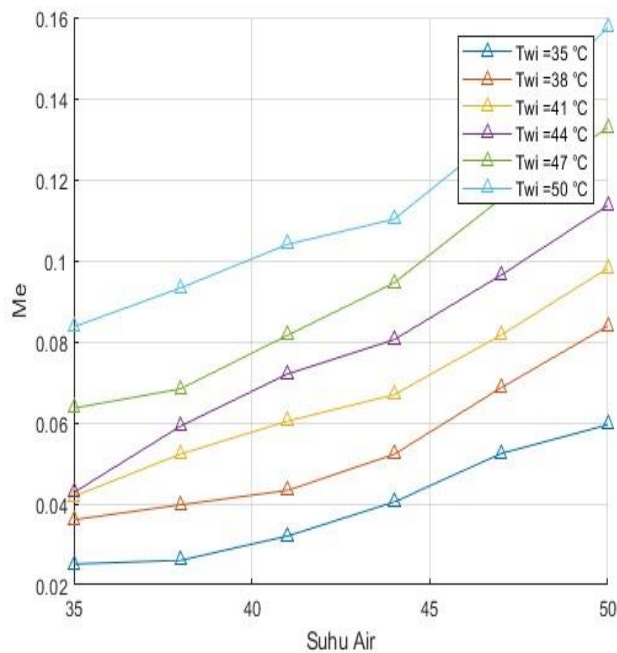
Gambar 4. 4 Pengaruh suhu air masuk terhadap Q

Dari Gambar 4.4 menunjukkan pengaruh suhu air masuk pada Q dimana laju aliran air nya 5 ltr/m menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C memiliki nilai Q 4300,00 dan Suhu air 50°C merupakan suhu paling tinggi dibandingkan masuk 47 °C, 44°C, 41°C, 38°C. Sedangkan grafik yang terendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C, memiliki nilai Q 657,72 pada suhu air 35°C.

5. Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap *Me* cooling tower

Dibawah ini tabel 4.5 Laju aliran 5 liter/menit Terhadap *Me*.

Suhu Air	Me 35	Me 38	Me 41	Me 44	Me 47	Me 50
35,00	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08
38,00	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09
41,00	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,10
44,00	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11
47,00	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13
50,00	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,16



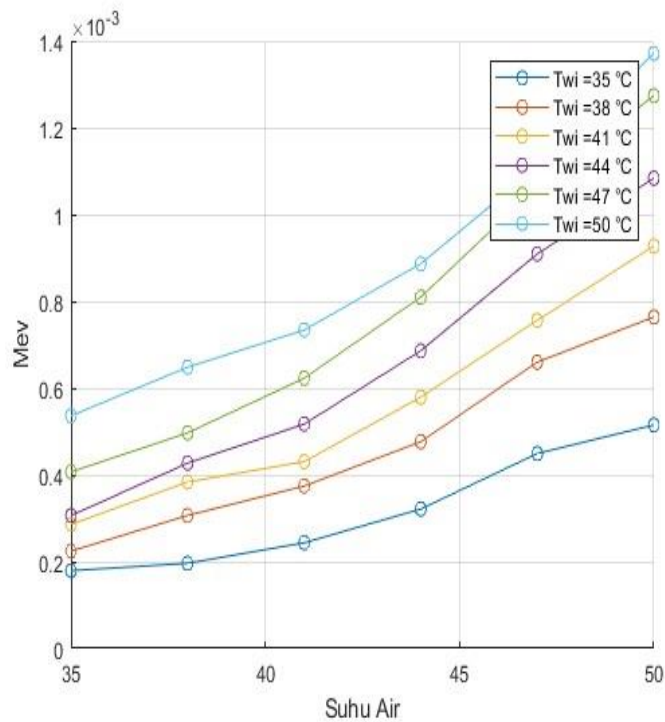
Gambar 4. 5 Pengaruh suhu air masuk terhadap *Me*

Dari Gambar 4.5 menunjukkan pengaruh suhu air masuk pada *Me* dimana laju aliran air nya 5 ltr/m menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C memiliki nilai *Me* 0,16 dan Suhu air 50°C merupakan suhu paling tinggi dibandingkan masuk 47 °C, 44°C, 41°C, 38°C. Sedangkan grafik yang terendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C, memiliki nilai *Me* 0,03 pada suhu air 35°C.

6. Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap *Mev cooling tower*.

Dibawah ini tabel 4.6 Laju aliran 5 liter/menit Terhadap *Mev*.

Suhu Air	Mev 35	Mev 38	Mev 41	Mev 44	Mev 47	Mev 50
35	0,000179	0,000224	0,000286	0,000306	0,000407	0,000536
38	0,000196	0,000307	0,000384	0,000427	0,000497	0,000648
41	0,000244	0,000374	0,000431	0,000517	0,000623	0,000734
44	0,000321	0,000476	0,000579	0,000686	0,00081	0,000886
47	0,000449	0,00066	0,000756	0,000909	0,001064	0,00111
50	0,000515	0,000764	0,000928	0,001084	0,001274	0,001371



Gambar 4. 6 Pengaruh suhu air masuk terhadap *Mev*

Grafik *Mev* diatas menunjukkan pengaruh suhu air masuk pada *Mev* dimana laju aliran air nya 5 ltr/m menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C memiliki nilai *Mev* 0,0013 dan Suhu air 50°C merupakan suhu paling tinggi dibandingkan masuk 47 °C, 44°C, 41°C, 38°C. Sedangkan grafik yang terendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C, memiliki nilai *Mev* 0,0001 pada suhu air 35°C.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian analisa *cooling tower*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai *range* yang tertinggi adalah 8,12 yang di tunjukkan pada pengujian air 5 liter.
2. Nilai *approach* yang tertinggi adalah 20,03 yang di tunjukkan pada pengujian air 5 liter.
3. Nilai *efektivitas* yang tertinggi adalah 0,38 yang di tunjukkan pada pengujian air 5 liter.
4. Nilai *Q* yang tertinggi adalah 4300,00 yang di tunjukkan pada pengujian air 5 liter.
5. Nilai *me* yang tertinggi adalah 0,16 yang di tunjukkan pada pengujian air 5 liter.
6. Nilai *mev* yang tertinggi adalah 0,0013 yang di tunjukkan pada pengujian air 5 liter.

5.2 Saran

Berdasarkan pengalaman yang diperoleh dari penelitian tentang pengujian kinerja *cooling tower*, direkomendasikan.

1. Membuat lubang *fill* yang berpareasi.
2. Membuat *Hybrid* pada *cooling tower*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahluriza, P., & Sinaga, N. (2021a). Review Pengaruh Range Dan Approach Terhadap Efektivitas Cooling Tower di PT. IP. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 9(2), 134–142. <https://doi.org/10.23887/jptm.v9i2.34899>
- Ahluriza, P., & Sinaga, N. (2021b). Review Pengaruh Range Dan Approach Terhadap Efektivitas Cooling Tower Unit 2 Di Pt. Indonesia Power Kamojang. *Energi & Kelistrikan*, 13(2), 141–149. <https://doi.org/10.33322/energi.v13i2.1267>
- Ahyadi, H. (2020). Analisis Temperatur Analisis Temperatur Lingkungan Terhadap Kinerja Cooling Tower Tipe Induced Draft Unit 2. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 30(1), 18–23. <https://doi.org/10.37277/stch.v30i1.494>
- Amri, K., Melkias, A., & Mashar, A. (2022). Analisis Pengaruh Musin Kemarau Dan Musim Hujan Terhadap Kinerja Cooling Tower Di Pltu Cirebon Unit 1. *Jurnal Teknik Energi*, 11(2), 36–41. <https://doi.org/10.35313/energi.v11i2.3518>
- Ardani, A., Qiram, I., & Rubiono, G. (2018). Pengaruh sudut alur sekat terhadap unjuk kerja menara pendingin (cooling tower). *Dinamika Teknik Mesin*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.29303/dtm.v8i1.136>
- Brilliantoro, B., Turnip, P., & A, E. S. (2023). *Analisa Pengaruh Volume Bahan Pengisi Terhadap Temperatur Fluida di Menara Pendingin PENDAHULUAN Pada jaman sekarang , banyak industri-industri besar yang telah berkembang yang menggunakan mesin-mesin berat sebagai hasil dari produksinya , sedangkan mesin. 1(1)*, 34–43.
- Handoyo, Y. (2015). Analisis Performa Cooling Tower LCT 400. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 3(1), 38–52. <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- Irawan, T. (2022). *1003-3691-1-Pb. 6(1)*, 53–62.
- M, S., Tehuayo, H., Hasriadi, M., & Fadhilah, N. (2022). Rancang bangun alat pengukur suhu air cooling tower berbasis IOT pada PT. Tirta Fresindo Jaya. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 17(1), 11–14. <https://doi.org/10.47398/iltek.v17i1.663>
- Maedi, H. (2021). *Analisis Efektivitas Menara Pendingin PT. Anugrah Mutu Bers*

- Mardia Rahmi dalam Oboi, S. C. U. (2013). *No Analisis struktur ko-sebaran indikator utama. Title.* 7–18.
- Pratama, F. P., Setyawan, D. L., & Ramadhan, M. E. (2021). *ANALISIS UNJUK KERJA COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTER FLOW DENGAN BAHAN PENGISI ASBES Industrial development is one of the economic components that influences national economic growth . Increased industrial growth is also aimed at realizing national go.* 14(April), 35–42.
- Rahman, R., & Mursadin, A. (2022). Analisis Kinerja Cooling Tower Menggunakan Metode Range Dan Approach Di Pltu Asam-Asam. *Jtam Rotary*, 4(2), 129. https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v4i2.6411
- Sastrawan, I. K. G., & Subagyo, R. (2020). ANALISA PERPINDAHAN PANAS COOLING TOWER (INDUCED DRAFT) PLTU I PULANG PISAU (2 x 60 MW). *Jtam Rotary*, 2(2), 171. https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v2i2.2413
- sensor. (n.d.).
- Setiawan, A., & Fahrudin, A. (2021). Pengaruh Kecepatan Fluida Dan Jarakantar Zig Zag Filter Foam Filler Terhadap Efektifitas Cooling Tower. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 6(1), 27–32. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v6i1.168>
- Suhardi Putra, R. (2015). Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastik. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 19. <https://doi.org/10.22441/jtm.v4i2.1010>
- Sutarya, D., Bahan, B., & Nuklir -Ptbn, B. (2008). Analisis Unjuk Kerja Thermocouple W3Re25 pada Suhu Penyinteran 1500°C. *Journal Batan*, 01(01),16–24. [http://jurnal.batan.go.id/index.php/pin/article/viewFile/2543/2327Cooling Tower](http://jurnal.batan.go.id/index.php/pin/article/viewFile/2543/2327CoolingTower). (n.d.). <https://www.greenwatertreat.com/16019291/> Hitung air yang digunakan -cooling-tower
- Umurani, K., Syuhada, A., Maulana, M. I., & Fuadi, Z. (2023). *Pengaruh Rasio Massa Air dan Udara Terhadap Unjuk Kerja Forced Draft Wet Cooling SudutInklinasi Splash Fill Berlubang.* 8(2502), 35–41.

LAMPIRAN



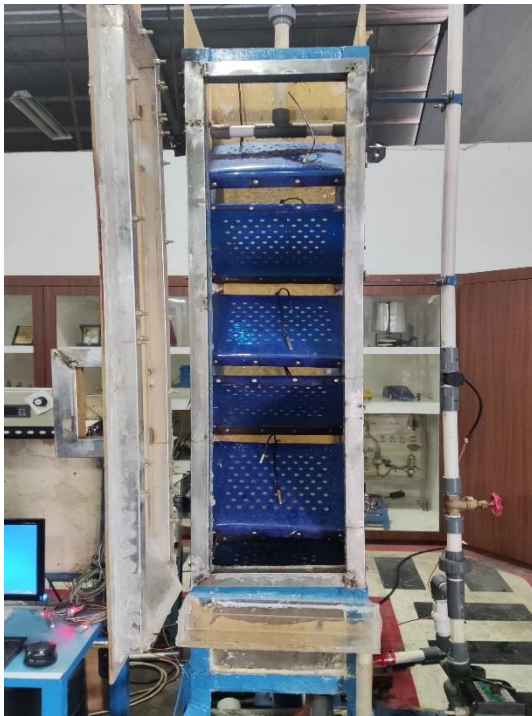
Mengisi air pada bak penampung sebanyak 36 L



Water heater untuk memanaskan air



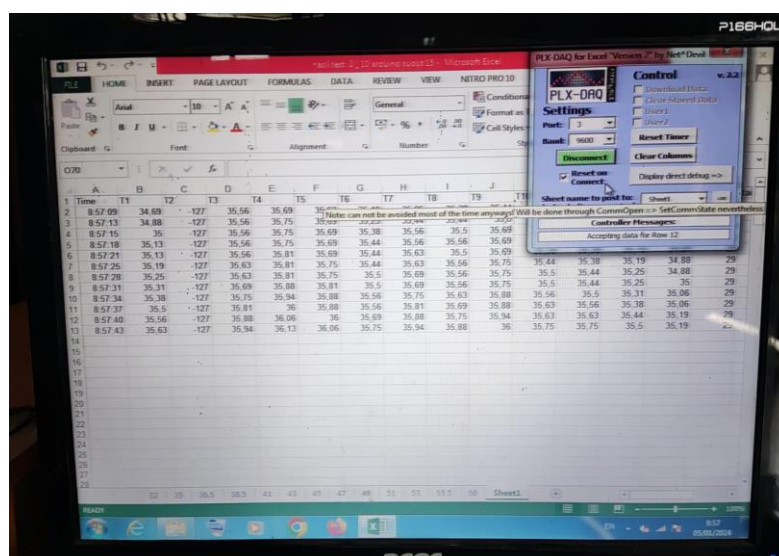
Proses pemasangan *fill*.



Fill yang sudah terpasang.



Alat Penelitian



Proses Pengambilan Data



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila menjabar surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XU/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1778/II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 02 Oktober 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD FAKHRI PARDOSI
Npm : 2007230066
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 9 (Sembilan)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH SUHU AIR MASUK TERHADAP KINERJA WCT (WET COOLING TOWER) MENGGUNAKAN PERFORA TED FILL.

Pembimbing : KHAIRUL UMURANI ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

3. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
4. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 28 Rabi'ul Awal 1446 H
02 Oktober 2024 M



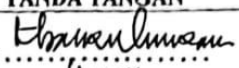
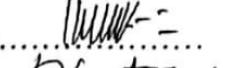
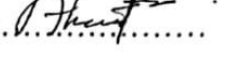
Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202










**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Muhammad Fakhri Pardosi
 NPM : 2007230066
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Kinerja WTC (Wet Colling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani, ST, MT	
Pemanding – I	: Rahmatullah, ST, M.Sc	
Pemanding – II	: Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230002	Qasy Idris Haryati	
2	20072300700	m. Ruzi Ruzi	
3	2007230009	Pitriani Doci'schikman	
4	2007230033	Bambang Sutrisno	
5	2007230019	Muhammad Farhan M	
6	2007230046	Muhammad Fauzil Prati	
7	2109020098	Rian Andika	
8			
9			
10			

Medan, 08 Rabi'ul Akhir 1446 H
12 Oktober 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muhammad Fakhri Pardosi
NPM : 2007230066
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Kinerja WTC (Wet Colling Tower)
Menggunakan Perforated Splash Fill

Dosen Pembanding – I : Rahmatullah, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
..... *Perbaikan komunikasi yang di sarankan pada skripsi*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan, 08 Rabi'ul Akhir 1446 H
12 Oktober 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT



Rahmatullah, ST, M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muhammad Fakhri Pardosi
NPM : 2007230066
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Suhu Air Masuk Terhadap Kinerja WTC (Wet Colling Tower)
Mengunakan Perforated Splash Fill

Dosen Pembanding – I : Rahmatullah, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

..... *Perbaikan sistem koneksi yang di sarankan pada skripsi*

.....

.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....

.....

.....

Medan, 08 Rabi'ul Akhir 1446 H
12 Oktober 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Rahmatullah, ST, M.Sc

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : PENGARUH SUHU AIR MASUK TERHADAP KINERJA WCT (WET COOLING TOWER) MENGGUNAKAN PERFORATED SPLASH FILL.
 Nama : Muhammad Fakhri Pardosi
 NPM : 2007230066
 Dosen Pembimbing : Khairul Umurani, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pemberian Spekulasi Tugas Akhir	ke
		- Perbaiki pendahuluan	ke
		- Perbaiki Rumusan, tujuan penelitian	ke
		- Perbaiki persamaan yang di gunakan	ke
		- Perbaiki metode	ke
		- Perbaiki alat dan Bahan	ke
1		- Perbaiki Bab 4	ke
		- Perbaiki kesimpulan	ke
		Ace, seminar hasil	ke



A. DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Fakhri Pardosi
Alamat : Cinta Dapat Dusun Tanjung.
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat dan Tanggal Lahir : Binjai, 03 September 2002
Tinggi dan Berat Badan : 165 Cm / 55 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No. Telp : +62 831-9214-7387

B. ORANG TUA

Nama Ayah : Edi Syamsuddin, S, AG
Agama : Islam
Nama Ibu : Sri Rahayu
Agama : Islam
Alamat : Cinta Dapat Dusun Tanjung.

C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2006-2007 : Tk Esa Prakarsa
2007-2013 : SD Negeri 050592 Padang Brahrang
2013-2016 : SMP Negeri 1 Selesai
2016-2019 : SMK Tunas Pelita Binjai
2020-2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara