

## **TUGAS AKHIR**

### **PENGARUH LAJU ALIRAN MASSA AIR TERHADAP KINERJA WCT ( *Wet Cooling Tower* ) MENGGUNAKAN *PERFORATED SPLASH FILL***

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

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD FARHAN MS**  
**2007230019**



# **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 Farhan Ms  
NPM : 2007230019  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Air Terhadap Kinerja *WCT* ( *Wet Cooling Tower* ) Menggunakan *Perforated Splash Fill*  
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik 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



Arya Rudi Nasution, 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 Farhan Ms  
Tempat / Tanggal Lahir : Desa Lalang, 03 Januari 2002  
NPM : 2007230019  
Bidang Keahlian : Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah  
Sumatera Utara ( UMSU )

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

**“Pengaruh Laju Aliran Massa Air Terhadap Kinerja *Wct (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 orisinil 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  
Saya yang menyatakan,



MUHAMMAD FARHAN MS  
2007230019

## ABSTRAK

*Cooling tower* merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke *atmosfir*. menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke *atmosfir*. Sebagai akibatnya, air yang tersisa didinginkan secara signifikan. Metode pada penelitian ini menggunakan metode statistik *deskriptif*, yang mana metode ini menjabarkan suatu objek penelitian yang digambarkan melalui grafik hasil pengolahan data dan data yang didapatkan dari hasil pengumpulan data pengukuran dan pengamatan. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah temperatur air masuk *cooling tower (inlet)* ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatur air keluar *cooling tower (outlet)* ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatur *wet bulb* ( $^{\circ}\text{C}$ ). Cara kerja *cooling tower* adalah memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang keatmosfer. Pengujian ini dilakukan dengan kecepatan aliran air dari 5 kg/menit, 7 kg/menit, 9 kg/menit, 11 kg/menit, 13 kg/menit, 15 kg/menit . Dari hasil pengujian ini telah diperoleh temperatur air masuk *cooling tower (Tin)* dan keluar *cooling tower (Tout)*. 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 (Tout)* dengan temperatur bila basah (*wet bulb*) udara lingkungan (*TWBulb*) sekitar *cooling tower*

Kata kunci : *cooling tower*, laju aliran air, *range*, *Approach*, *Efektifitas*

## **ABSTRACT**

*A cooling tower is a piece of equipment used to lower the temperature of a water stream by extracting heat from the water and emitting it into the atmosphere. uses evaporation where some water is evaporated into a moving air stream and then released into the atmosphere. As a result, the remaining water is significantly cooled. The method in this research uses descriptive statistical methods, where this method describes a research object which is depicted through graphs of data processing results and data obtained from the results of collecting measurement and observation data. The data needed in this research is the temperature of the water entering the cooling tower (inlet) ( $^{\circ}\text{C}$ ), the temperature of the water leaving the cooling tower (outlet) ( $^{\circ}\text{C}$ ), the temperature of the wet bulb ( $^{\circ}\text{C}$ ). The way a cooling tower works is by utilizing water and air in the heat transfer process which is released into the atmosphere. This test was carried out with water flow speeds of 5 kg/min, 7 kg/min, 9 kg/min, 11 kg/min, 13 kg/min, 15 kg/min. From the results of this test, the temperature of the water entering the cooling tower ( $T_{in}$ ) and leaving the cooling tower ( $T_{out}$ ) has been obtained. The greater the difference obtained, it can be said that the cooling tower's performance is very good and the cooling tower is able to work effectively. And obtained the temperature of the cold water leaving the cooling tower ( $T_{out}$ ) with the temperature when wet (wet bulb) of the environmental air ( $T_{WBulb}$ ) around the cooling tower*

*Key words: cooling tower, water flow rate, range, approach, effectiveness*

## 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 LAJU ALIRAN MASSA AIR 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 Rahmatullah S.T., M.Sc selaku dosen penguji I dan bapak Arya Rudi Nasution S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan tugas akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar S.T.M.T. Sebagai Ketua Program Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T.M.T Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury, S.T.M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis: Muliady dan Siti Aisyah, yang telah bersusah payah membesarkan dan mendidik saya dan membiayai studi penulis.
8. Sahabat-sahabat penulis: Imam Natawijaya, Muhammad Fakhri Pardosi, Librajib Alnabawi, Doli Hasibuan, Muhammad Haekal, Roby Alfiah Harahap S.T.
9. Rekan – rekan seperjuangan kelas A1 Pagi Stambuk 2020 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, 27 September 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Farhan', with a horizontal line underneath the name.

Muhammad Farhan Ms

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1</b>	<b>12</b>
<b>PENDAHULUAN</b>	<b>12</b>
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Rumusan Masalah	14
1.3 Ruang Lingkup	14
1.4 Tujuan Penelitian	15
1.4.1 Tujuan umum	15
1.4.2 Tujuan khusus	15
1.5 Manfaat Penelitian	15
<b>BAB 2</b>	<b>16</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>16</b>
2.1 Fungsi menara pendingin	16
2.2 Jenis – Jenis Cooling Tower	17
2.2.1 Cooling Tower Crossflow	17
2.2.2 Cooling Tower Counterflow	17
2.3 Pengertian sistem pendingin	18
2.3.1 Debit Aliran	18
2.3.2 Aliran Turbulen	18
2.4 Cara kerja cooling tower	18
2.4.1 Range	20
2.4.2 Approach	20
2.4.3 Efektivitas	20
2.4.4 Kalor yang dilepaskan air panas	21
2.4.5 Laju kehilangan penguapan air	21
2.4.6 Karakteristik menara	21
2.5 Bagian Bagian Menara Pendingin	21
<b>BAB 3</b>	<b>23</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>	<b>23</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.1.1 Tempat	23
3.1.2 Waktu	23
Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian	24
3.2 Alat Pengujian	25
3.2.1 Alat	25
3.3 Bagan Alir	29
3.4 Rancangan Alat Penelitian	30

3.5	Prosedur Pengujian	31
<b>BAB 4</b>		<b>32</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Data hasil pengujian</b>	<b>32</b>
4.2	Pengaruh laju aliran massa air	33
4.2.1	Hasil Pengujian 5 Liter	33
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>39</b>
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>40</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>42</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Cooling Tower Crossflow</i>	17
Gambar 2. 2 <i>Cooling Tower Counterflow</i>	17
Gambar 2.3 Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i>	19
Gambar 2. 4 <i>Raange</i> dan <i>Approach Cooling Tower</i>	20
Gambar 2. 5 Kontruksi Menara pendingin (Sutarya et al., 2008)	22
Gambar 3. 1 <i>Prototype Cooling tower</i>	25
Gambar 3. 2 Pompa air	13
Gambar 3 3 <i>Flow air</i>	14
Gambar 3. 4 <i>Stopwatch</i>	14
Gambar 3. 5 Kran air	14
Gambar 3. 6 <i>Heater</i>	27
Gambar 3. 7 <i>Blower</i>	15
Gambar 3. 8 Sensor	15
Gambar 3. 9 <i>Thermo-Hygrometer</i>	28
Gambar 3 10 Termometer Air Raksa	28
Gambar grafik 4. 1 laju aliran massa air terhadap <i>range</i>	33
Gambar grafik 4. 2 laju aliran massa air terhadap <i>Approach</i>	34
Gambar grafik 4. 3 laju aliran massa air terhadap <i>efektifitas</i>	35
Gambar grafik 4. 4 laju aliran massa air terhadap Q	36
Gambar grafik 4. 5 laju aliran massa air terhadap Mev	37
Gambar grafik 4. 6 laju aliran massa air terhadap Me	38

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tahap – tahap Pelaksanaan Penelitian	15
---	----

## DAFTAR NOTASI

$D$  = Diameter Pipa (mm)

$qm$  = Laju Aliran Massa (Kg/s)

$v$  = Kecepatan Air Rata-Rata (m/s)

$s$  = Jarak Tempuh (m)

$t$  = Waktu Tempuh (s)

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada satu sistem unit pembangkit termal diperlukan sistem pendingin utama, fungsi utama dari sistem air pendingin utama adalah menyediakan dan memasuk air pendingin yang diperlukan untuk menyerap panas laten uap keluaran dari turbin tekanan rendah (*Low Pressure Turbin*) kemudian mengkondensasikan uap keluaran tersebut di dalam kondensor. Jumlah dan temperatur air pendingin yang tersedia akan menentukan kerja kondensor yang dapat dicapai, oleh karena itu PLTU dibangun di tepi pantai (laut) karena berhubungan dengan tersedianya sumber air yang tak terbatas (Yohana et al., 2019)

Menara pendingin sebagai alat penukar kalor dengan sistem terbuka fluida panas (air) melepaskan panasnya ke fluida dingin (udara) berinteraksi secara langsung dengan bantuan induce draft fan yang berfungsi menghisap udara luar secara paksa masuk kedalam menara pendingin. Selama proses pendinginan di dalam menara pendingin sejumlah air pendingin mengalami penguapan, sehingga laju aliran massa air pendingin berkurang. Air yang hilang akibat penguapan akan digantikan oleh air penambah (*makeup water*) (Homzah, 2014).

Fungsi menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai srint pada *maen condensor* dan bisa diinjeksikan kembali. selain itu *cooling tower* juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang berupa uap atau gas ke *atmosfer*. *Cooling tower* memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke *atmosfer* (Fauzi & Rudiyanto, 2016).

Laju perpindahan massa dari permukaan air ke udara sebanding dengan beda tekanan permukaan air dan tekanan parsial uap di udara. Dan beda tekanan ini hampir sebanding dengan rasi kelembaban. Adanya proses perpindahan massa ini menyebabkan terjadinya perpindahan kalor laten, yang besarnya tergantung dari tetapan keseimbangan, luas permukaan kontak, beda antara rasio kelembaban udara jenuh dengan rasio kelembaban udara lingkungan, dan kalor laten penguapan. Nilai koefisien konveksi dan tetapan keseimbangan adalah

sebanding, rasionya sama dengan nilai kalor spesifik udara basah (Johanes & Faturrahman, 2011).

Pada umumnya proses pendinginan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, dengan menggunakan fluida udara dan fluida air. Pemanfaatan fluida udara langsung sebagai media pendingin sering digunakan untuk pendinginan yang berkapasitas kecil contohnya seperti pada sepeda motor. Sedangkan untuk pendinginan yang berkapasitas sedang biasanya menggunakan pendinginan secara bertingkat dimana mesin didinginkan oleh oli kemudian oli tersebut didinginkan dengan air. Air itu sendiri disirkulasikan ulang yang terlebih dahulu didinginkan di Menara Pendingin Air (*Wet Cooling Tower*). Dalam perencanaan ini, Menara Pendingin Air yang direncanakan merupakan tipe Plat datar dimana plat tersusun secara horizontal dan fluida air mengalir di atas plat tersebut, pola aliran seperti ini untuk memperlambat laju aliran massa fluida panas (air) sehingga luas kontak permukaan perpindahan panas antara fluida panas dengan udara dapat diperbesar dan waktu persentuhan fluida panas dengan udara dapat diperbesar dan waktu persentuhan fluida panas dengan udara dapat diperpanjang. Dengan memperbesar permukaan sentuh dan memperpanjang waktu persentuhan antara fluida panas dengan udara dapat memperbesar laju perpindahan panas sehingga pembuangan energi panas dari menara pendingin air ke udara dapat ditingkatkan. Menara pendingin merupakan salah satu komponen penting dalam suatu sistem pendinginan yang berfungsi sebagai alat untuk mendinginkan air keluaran kondensor yang dikontakkan langsung dengan udara lingkungan secara konveksi paksa menggunakan fan. (Amirah et al., 2019)

Proses pengolahan air kondensat pada *Cooling Tower* termasuk kedalam sistem air pendingin utama, dimana proses pendinginannya secara evaporasi dan transfer kalor secara konveksi, dimana aliran air kondensat yang masuk pada *Cooling Tower* akan mengalami kontak langsung dengan udara pendingin (*direct contact*) sehingga udara pendingin akan menyerap panas dari air kondensat sehingga air akan mengalami penurunan suhu. Temperatur air kondensat yang masuk ke dalam *Cooling Tower* berpengaruh terhadap *efektivitas* pendinginan yang terjadi di *Cooling Tower*. Semakin besar temperatur air kondensat, maka *efektivitas* proses pendinginan akan berkurang. (Ahluriza & Sinaga, 2021)

Kemudian untuk mengetahui laju aliran massa air pada (*Wet Cooling Tower*) Menara Pendingin Air ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dengan melakukan pengujian langsung pada (*Wet Cooling Tower*) dengan menganalisa laju aliran massa air yang digunakan untuk menganalisa perpindahan panas yang terjadi pada suatu alat penukar panas. (Effendi & Saputra, 2020)

Prinsip kerja dari menara pendingin adalah perpindahan masa antara udara dan air, kemudian juga perpindahan panas melalui proses perpindahan masa tersebut. Menara pendingin yang terpasang pada RSG-GAS jenis *Mechanical draft* dengan *Induced draft cooling tower* dimana sumber airnya sangat terbatas sehingga membutuhkan listrik yang besar untuk sirkulasi air dan pendinginan. Kemampuan kerja menara pendingin RSG-GAS. (Degradasi & Pendingin, 1990)

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*. (Tower, 2023)

berdasarkan latar belakang yang terurai di atas maka penulis memilih untuk melakukan penelitian analisa Pengaruh Laju Airan Massa Air Terhadap WCT (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan *Perforated Splash Fill*. Dimana luaran penelitian ini akan menjadi pijakan peneliti berikutnya dalam melakukan penelitian terkait *Wet Cooling Tower*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimana Pengaruh Laju Aliran Massa Air Terhadap Kinerja WCT (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan *Perforated Splash Fill*?

## 1.3 Ruang Lingkup

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

## 1.4 Tujuan Penelitian

### 1.4.1 Tujuan umum

Tujuan penelitian ini adalah Menganalisa dan mengevaluasi Pengaruh laju aliran massa air Terhadap Kinerja *WCT (Wet Cooling Tower)* Menggunakan *Perforated Splash Fill*.

### 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  $mev$  pada *cooling tower*
6. Untuk mengetahui nilai  $me$  pada *cooling tower*

## 1.5 Manfaat Penelitian

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

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Fungsi menara pendingin

Fungsi dari menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai sprint pada maen condensor dan bisa diinjeksikan kembali. selain itu cooling tower juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang berupa uap atau gas ke atmosfer. *Cooling tower* memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke *atmosfer*. Didalam sistem menara pendingin terdapat beberapa kontruksi peralatan diantaranya adalah *fan*, *spray nozzle (Springkel)*, *fill (Packing)*, *basin* dan *pump*. (Fauzi & Rudiyanto, 2016)

Metode pada penelitian ini menggunakan metode statistik deskriptif, yang mana metode ini menjabarkan suatu objek penelitian yang digambarkan melalui grafik hasil pengolahan data dan data yang didapatkan dari hasil pengumpulan data pengukuran dan pengamatan. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah temperatur air masuk *cooling tower (inlet)* (°C), temperatur air keluar *cooling tower (outlet)* (°C), temperatur *wet bulb* (°C). Selanjutnya dilakukan pengukuran *efektivitas* melalui perhitungan terhadap nilai- nilai sebagai berikut Pengukuran nilai *range*, *range* merupakan jarak atau perbedaan antara air masuk dan air keluar cooling tower dihitung menggunakan rumus berikut  $range\ (^{\circ}C) = Temp.\ Air\ Masuk\ CT\ (^{\circ}C) - Temp.\ Air\ Keluar\ CT\ (^{\circ}C)$ . Pengukuran nilai *approach*, *approach* merupakan perbedaan antara temperature *wet bulb* udara lingkungan dan air keluar *cooling tower* dihitung menggunakan rumus berikut  $approach\ (^{\circ}C) = Temp.\ Air\ Masuk\ CT\ (^{\circ}C) - Temp.\ Wetbulb\ (^{\circ}C)$ . Pengukuran Nilai Efektivitas, *Efektivitas cooling tower* yaitu perbandingan antara *range* dan *range* ideal Setelah menghitung nilai *range* dan *approach*, selanjutnya bisa menghitung nilai *efektivitas cooling tower* menggunakan rumus berikut:

$$Efektivitas = \frac{Range}{(Range + Approach)} \times 100 \text{ (Permana et al., 2023).}$$

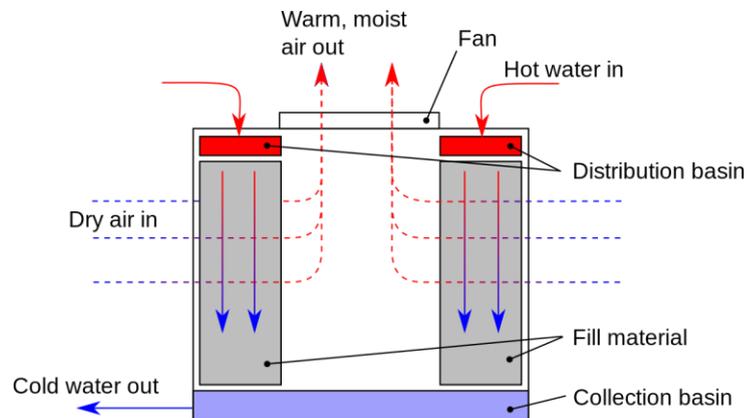
## 2.2 Jenis – Jenis *Cooling Tower*

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

*Cooling Tower Crossflow* Dan *Cooling Tower Counterflow*.

### 2.2.1 *Cooling Tower Crossflow*

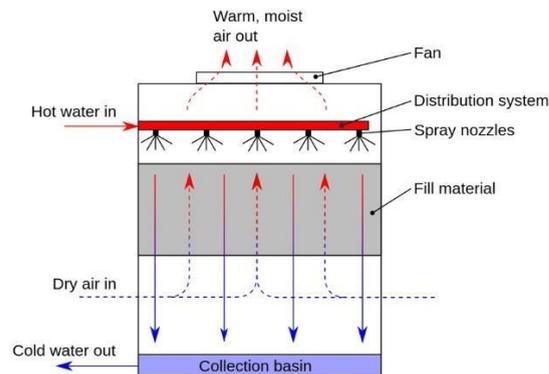
Berikut adalah gambar *Cooling Tower Crossflow*



Gambar 2. 1 *Cooling Tower Crossflow*

### 2.2.2 *Cooling Tower Counterflow*

Berikut adalah gambar *Cooling Tower counterflow*



Gambar 2. 2 *Cooling Tower Counterflow*

### 2.3 Pengertian sistem pendingin

*Cooling tower* merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer. Sebagai akibatnya, air yang tersisa didinginkan secara signifikan.

Menara pendingin mampu menurunkan suhu air lebih dari peralatan-peralatan yanghanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, oleh karena itu biayanya lebih efektif dan efisien energinya.(Komarudin et al., 2017)

#### 2.3.1 Debit Aliran

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Fitriyani, 2022).

#### 2.3.2 Aliran Turbulen

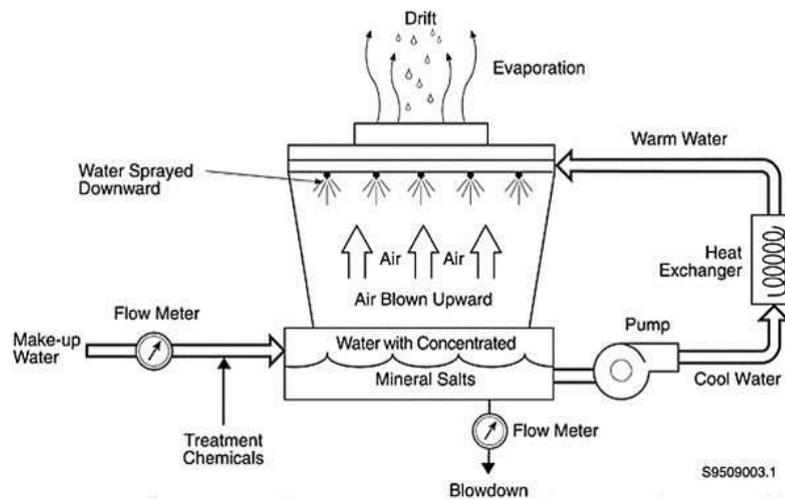
Pada industri pengolahan dengan pelibatan fluida, baik cair maupun gas, sifat aliran umumnya turbulen, tidak terkecuali dengan pemrosesan cairan atau gas melalui pompa, kompresor, jaringan pipa pada umumnya akan turbulen. Begitu juga dalam bidang rekayasa seperti sipil dan mesin, aliran turbulen akan sering ditemui. Ada banyak analogi yang lebih tepat jika ingin menggambarkan bahwa untuk membangkitkan turbulensi memerlukan energi dalam rupa ‘gangguan’, sekecil apa pun itu. Kecilnya gangguan tidak proporsional dengan dampaknya, turbulensi adalah *nonlinier* dan tidak terikat pada prinsip-prinsip Newton (Bloom & Reenen, 2013).

### 2.4 Cara kerja *cooling tower*

Cara kerja *cooling tower* adalah 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

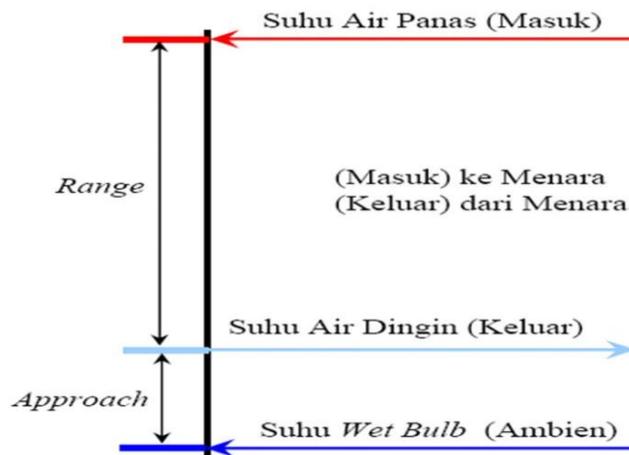
(*Approach*), dan *efektifitas* menara pendingin tentu tidak relevan dengan kondisi operasional pada saat ini, hal ini dibutuhkan analisa performa menara pendingin dan pengujian karakteristik untuk mengetahui kondisi operasional menara pendingin saat ini.(Fauzi & Rudiyanto, 2016)

*Cooling tower* didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakannya keudara sehinggamenguapkan sebagian kecil dari airtersebut. 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 (Fauzi & Rudiyanto, 2016)



Gambar 2.3 Prinsip Kerja *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 udaradari bawah. Air panas kontak dengan udara dingin dari bawah, makaakan terjadi pendinginan. Air yang menjadi dingin tersebut, lalu disirkulasikan kembali ke dalam sistem. Adapun skema prinsip kerja *Cooling Tower* dapat dilihat pada Gambar berikut ini.(Ahluriza & Sinaga, 2021)



Gambar 2. 4 Raange dan Approach Cooling Tower

#### 2.4.1 Range

Kinerja WCT akan dianalisis secara rinci, dan dengan demikian beberapa variabel harus diperhatikan. Range, seperti yang didefinisikan oleh persamaan 4.5, adalah salah satu parameter utama yang menggambarkan kinerja *wet cooling tower*. Kisaran Persamaan (1) didefinisikan sebagai perbedaan antara saluran masuk dan saluran keluar suhu air keluar ( $T_w$ ). Range

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

#### 2.4.2 Approach

*Approach* menara pendingin merupakan salah satu parameter penting lainnya menunjukkan kemampuan menara untuk mendapatkan suhu air keluar mendekati suhu bola basah.

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

#### 2.4.3 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:

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

#### 2.4.4 Kalor yang dilepaskan air panas

Laju perpindahan panas menara pendingin ditentukan dengan mengalikan laju aliran udara dengan perbedaan entalpi udara ( $\Delta h$ ). Laju perpindahan panas dihitung menggunakan persamaan (5)

$$\dot{Q}h = (h_o - h_i) \quad (2.4)$$

#### 2.4.5 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 (4).

$$m_{eV} = m_a (\varpi_o - \varpi_i) \quad (2.5)$$

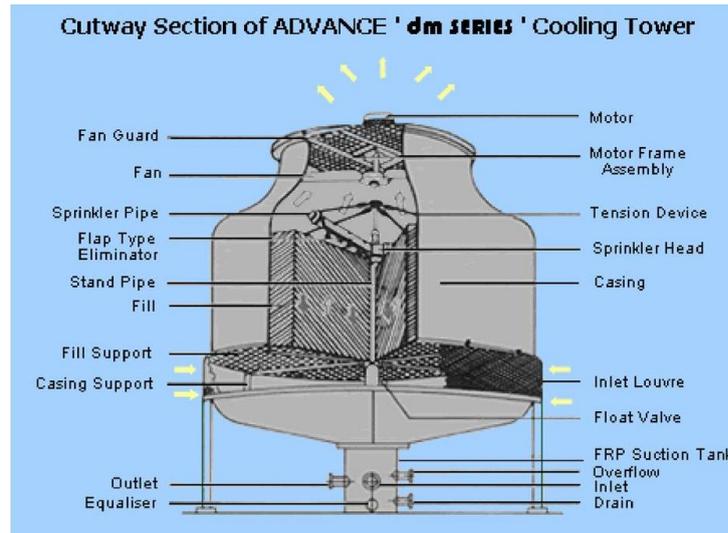
#### 2.4.6 Karakteristik menara

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.

$$Me = \frac{KaV}{m_w} \cong \frac{Tw_i - Tw_o}{4} (C_{pw}) \left[ \frac{1}{\Delta h_1} + \frac{1}{\Delta h_2} + \frac{1}{\Delta h_3} + \frac{1}{\Delta h_4} + \right] \quad (2.6)$$

### 2.5 Bagian Bagian Menara Pendingin

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



Gambar 2. 5 Kontruksi Menara pendingin (Sutarya et al., 2008)

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 poroskipas. 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.

1. Rangka pendukung menara

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

2. Rumah menara pendingin

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

3. 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 Penelitian

##### 3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan proses pembuatan dan pengujian prototipe *cooling tower* dilakukan dilaboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan

##### 3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan analisa ini dimulai dari persetujuan yang diberikan oleh ketua program studi teknik mesin fakultas teknik, pembuatan alat prototipe serta merangkainya, pengambilan data hingga pengolahan data sampai dinyatakan selesai diperkirakan lima (5) bulan.

Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■	■			
2	Persiapan Alat dan Bahan Penelitian		■	■			
3	Pengujian Alat <i>Cooling Tower</i>			■	■		
4	Analisa Data				■	■	
5	Evaluasi dan Penyelesaian Penulisan					■	■
6	Seminar Hasil dan Sidang Sarjana						■
7	Sidang dan Tugas Sarjana						■

### 3.2 Alat Pengujian



Gambar 3. 1 *Prototype 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 air

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 *Kran 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*

8. *Thermo-Hygrometer*

Digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban ruangan



Gambar 3. 9 *Thermo-Hygrometer*

9. *Termometer Air Raksa*

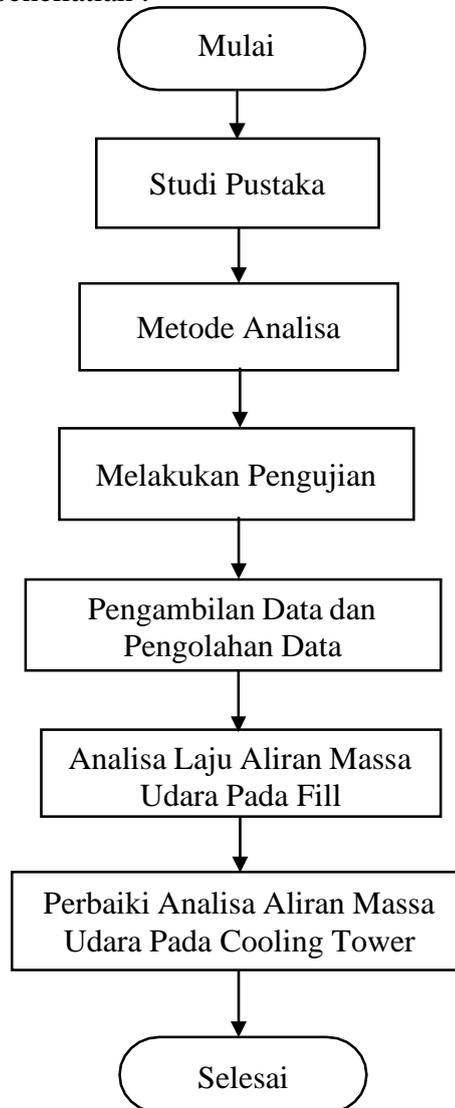
Untuk mengukur suhu air secara manu



Gambar 3 10 *Termometer Air Raksa*

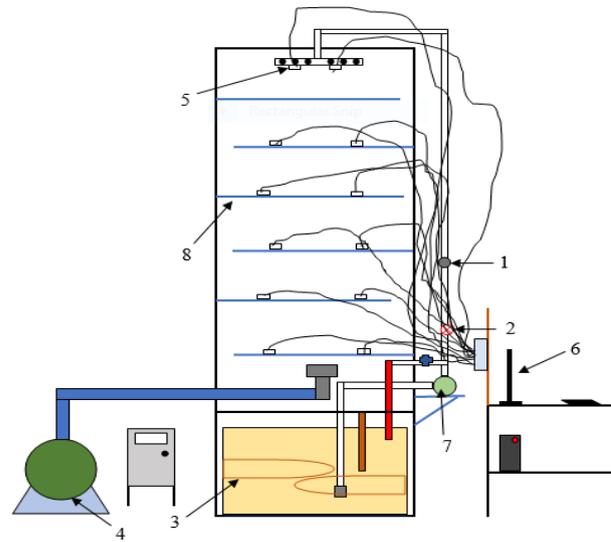
### 3.3 Bagan Alir

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



Gambar 3. 15 Bagan alir

### 3.4 Rancangan Alat Penelitian



Ada pun gambar di bawah ini perancangan alat penelitian yaitu :

1. *Water Flow sensor*, untuk mengukur laju aliran air.
2. Kran air untuk mengatur jumlah debit yang akan divariasikan.
3. *Water Heater*, untuk memanaskan air didalam bak penampung.
4. *Blower* untuk mengalirkan udara kedalam menara pendingin.
5. Sensor DS18B20, untuk mengukur suhu air dengan arduino.
6. Komputer digunakan untuk pengambilan data.
7. Pompa air untuk mensirkulasikan air keatas menara pendingin.
8. *Fill* berjumlah 6 tingkat, yang digunakan sebagai media jenis percikan pada *cooling tower*.

### 3.5 Prosedur Pengujian

Langkah - langkah yang dilakukan dalam melakukan prosedur pengujian prototipe *cooling tower* ini sebagai berikut :

1. Isi air pada ember penampung  $\pm$  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, 10 menit, 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 peralatan yang telah digunakan.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data hasil pengujian

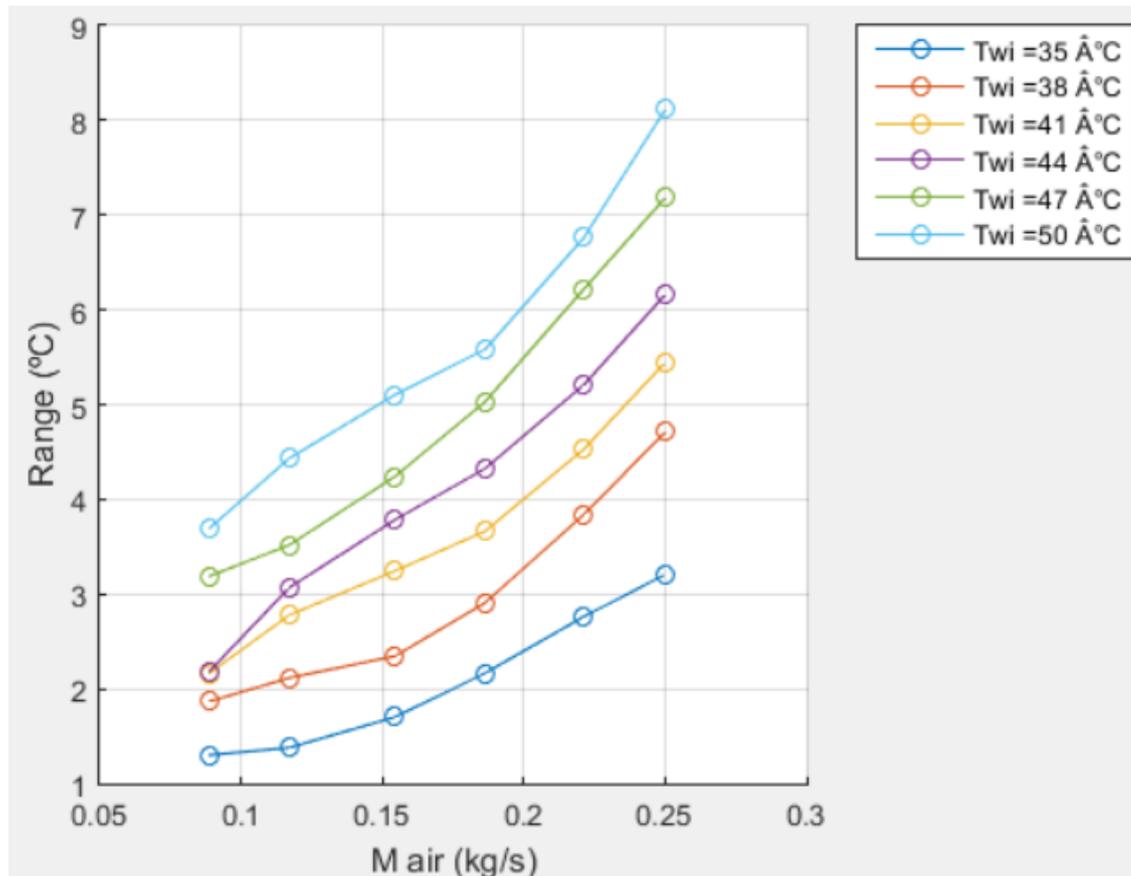
Pada bab ini akan menganalisis mengenai laju aliran massa air terhadap nilai range, approach, efektifitas,  $Q$ ,  $Me$  dan  $Mev$  pada wett cooling tower. Dari serangkaian proses pengujian yang telah dilakukan pada *Cooling Tower* di dapatkan nilai temperatur air dan debit aliran air dimana data ini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

Pengujian dilakukan dengan laju aliran massa air dari 5 kg/menit, 7 kg/menit, 9 kg/menit, 11 kg/menit, 13 kg/menit, 15 kg/menit. Dari hasil pengujian ini telah diperoleh temperatur air masuk cooling tower (*Tin*) dan keluar *cooling tower* (*Tout*). 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 (*Tout*) dengan temperatur bola basah (*wet bulb*) udara lingkungan (*TWBulb*) sekitar *cooling tower*. Proses pengambilan data dilakukan setiap 10 menit sekali sehingga di dapat data yang cukup bagus dan akurat.

## 4.2 Pengaruh laju aliran massa air terhadap kinerja WCT (*Wet Cooling Tower*) menggunakan *perforated splash fill*

### 4.2.1 Hasil Pengujian 5 Liter

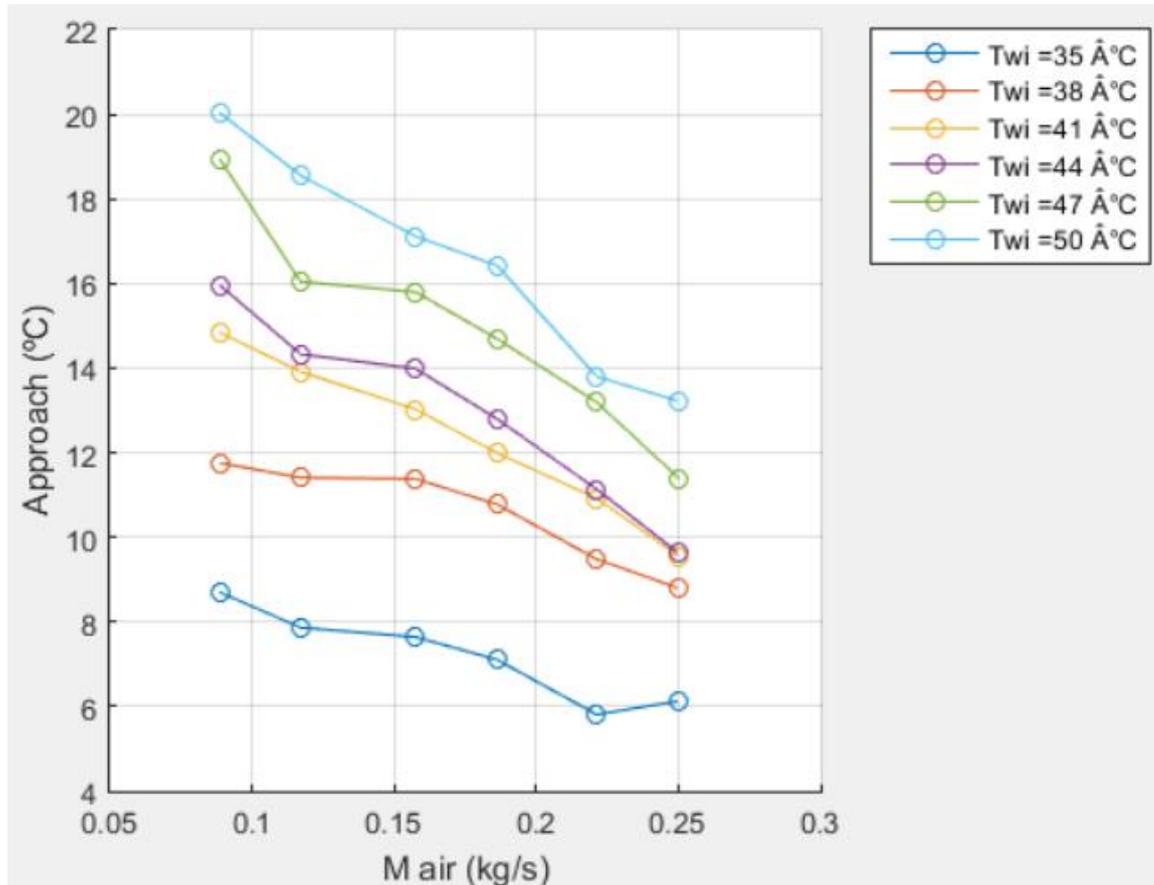
#### 1. Pengaruh laju aliran massa air terhadap *range*



Gambar 4. 1 Pengaruh laju aliran massa air terhadap *range*

Pada Gambar 4.1 menunjukkan keterangan grafik *range* bahwa suhu air masuk 50 °C dan suhu air keluar 29,20°C menunjukkan hasil nilai *range* 8,11°C pada  $m_{\text{air}}$  0,0887 kg/s adalah hasil *range* tertinggi di banding dengan nilai *range* pada suhu 47 °C, 44 °C, 41 °C dan 38 °C, Sedangkan hasil nilai *range* yang rendah di tunjukan pada suhu air masuk 35 °C dengan suhu air keluar 32,40 memiliki hasil nilai *range* 1,3 °C pada  $m_{\text{air}}$  0,0174 kg/s

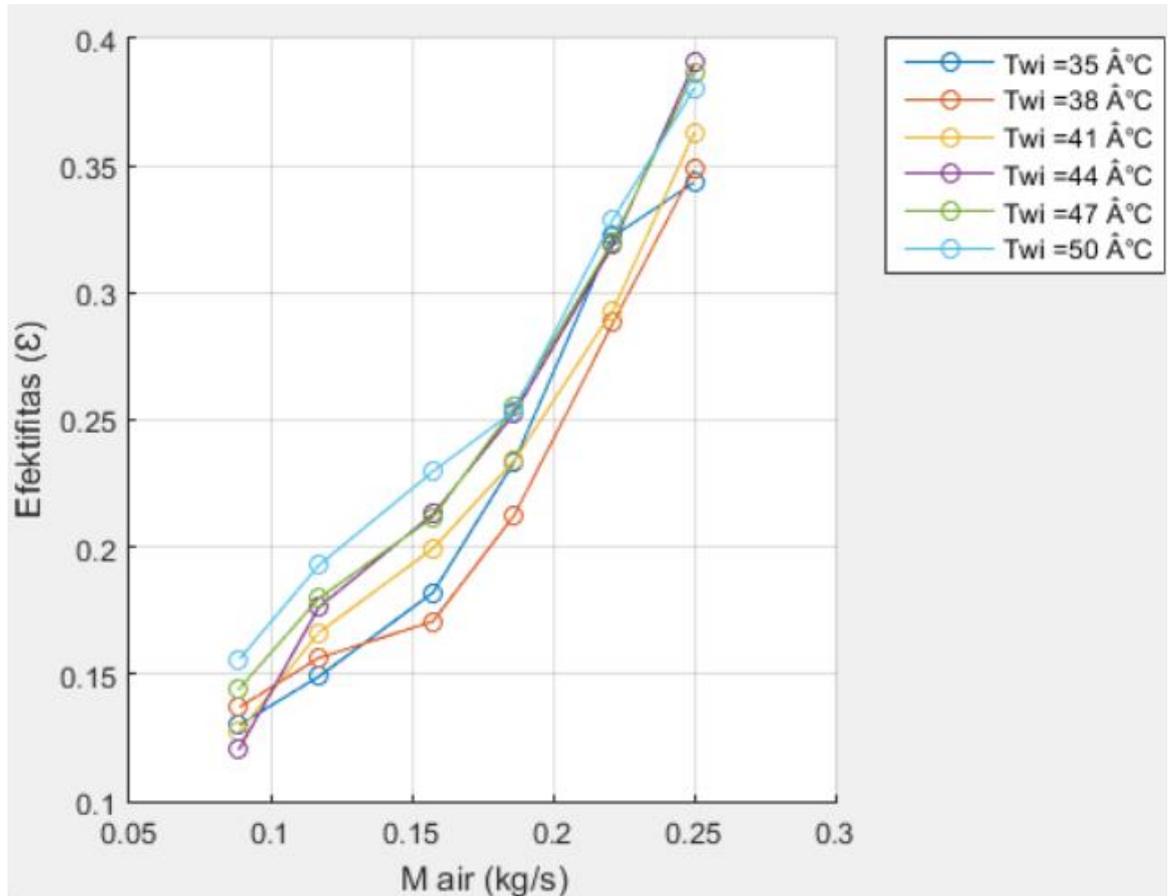
## 2. Pengaruh laju aliran massa air terhadap *approach*



Gambar 4. 2 Pengaruh laju aliran massa air terhadap *Approach*

Pada Gambar 4.2 menunjukkan keterangan grafik *approach* bahwa suhu air masuk 50 °C dan suhu air keluar 29,20 °C menunjukkan hasil nilai *approach* 13,218 °C pada  $m_{\text{air}}$  0,0887 kg/s adalah hasil *approach* tertinggi di banding dengan nilai *approach* pada suhu 47 °C, 44 °C, 41 °C dan 38 °C, Sedangkan hasil nilai *approach* yang rendah di tunjukan pada suhu air masuk 35 °C dengan suhu air keluar 32,40 °C memiliki hasil nilai *approach* 8,696 °C pada  $m_{\text{air}}$  0,0174 kg/s

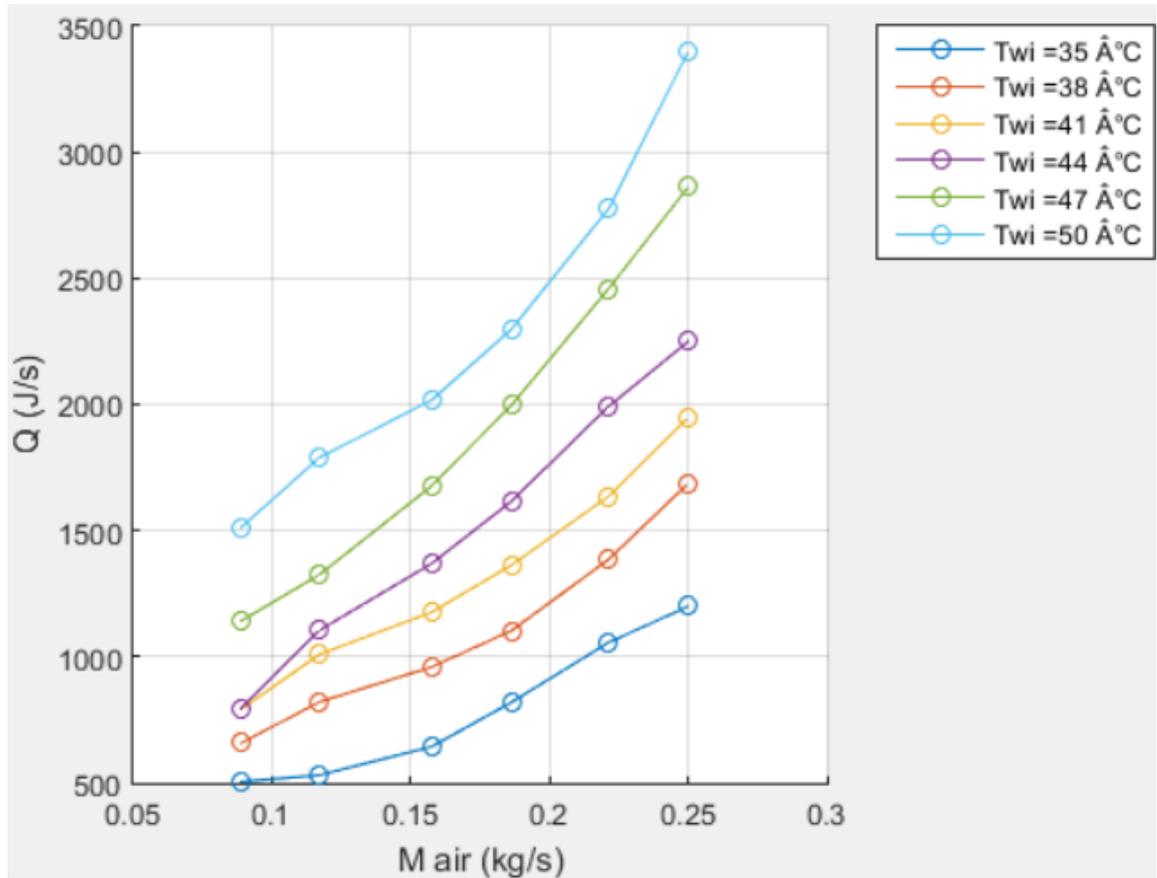
### 3. Pengaruh laju aliran massa air terhadap Efektifitas



Gambar 4. 3 Pengaruh laju aliran massa air terhadap *efektifitas*

Pada Gambar 4.3 menunjukkan grafik *Efektifitas* keterangan bahwa suhu air masuk 50 °C dan suhu air keluar 29,20 °C menunjukkan hasil nilai *efektifitas* 0,38°C pada  $m_{\text{air}} 0,0887 \text{ kg/s}$  adalah hasil *efektifitas* tertinggi di banding dengan nilai *efektifitas* pada suhu 47 °C, 44 °C, 41 °C dan 38 °C, Sedangkan hasil nilai *efektifitas* yang rendah di tunjukan pada suhu air masuk 35 °C dengan suhu air keluar 32,40 °C memiliki hasil nilai *efektifitas* 0,11 °C pada  $m_{\text{air}} 0,0174 \text{ kg/s}$

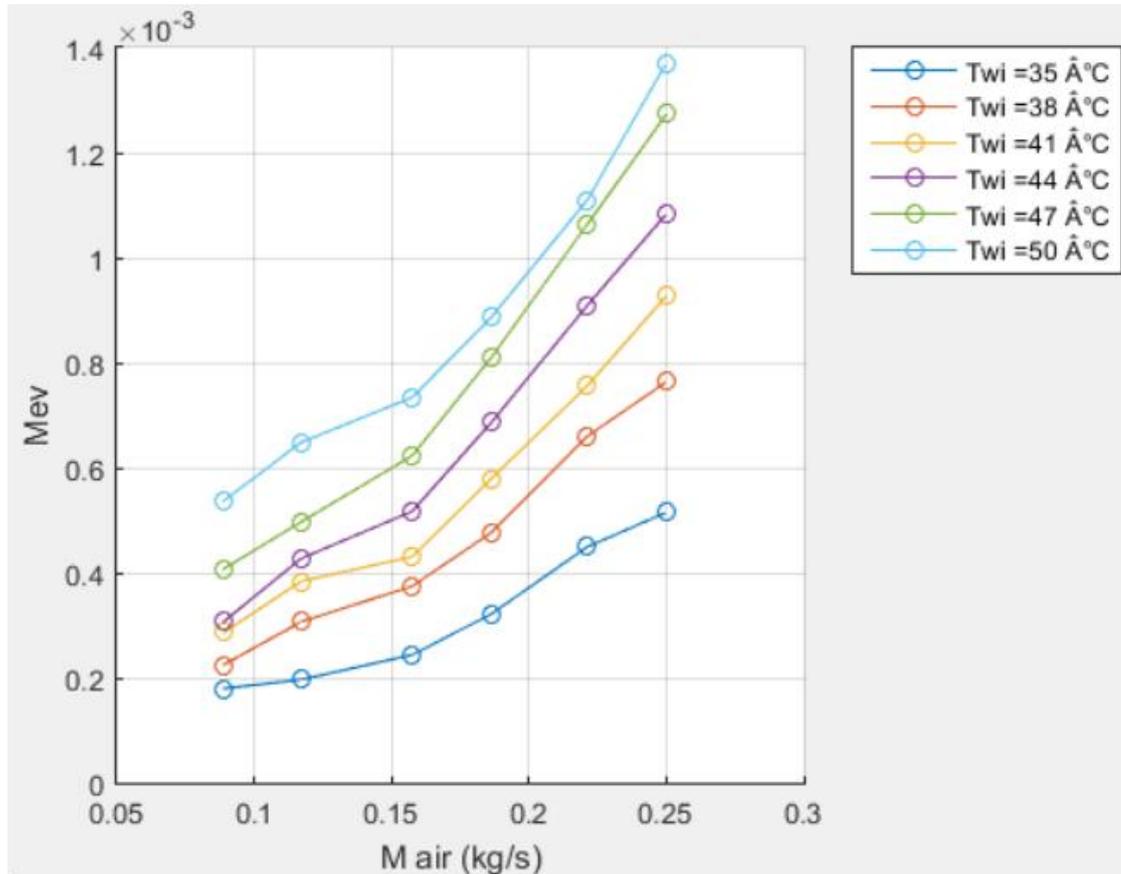
#### 4. Pengaruh laju aliran massa air terhadap $Q$



Gambar 4. 4 Pengaruh laju aliran massa air terhadap  $Q$

Pada Gambar 4.4 menunjukkan keterangan grafik  $Q$  bahwa suhu air masuk  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan suhu air keluar  $29,20\text{ }^{\circ}\text{C}$  menunjukkan hasil nilai  $Q$   $3,40^{\circ}\text{C}$  pada  $m_{\text{air}} 0,0887\text{ kg/s}$  adalah hasil  $Q$  tertinggi di banding dengan nilai  $Q$  pada suhu  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $41\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Sedangkan hasil nilai  $Q$  yang rendah di tunjukan pada suhu air masuk  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan suhu air keluar  $32,40^{\circ}\text{C}$  memiliki hasil nilai  $Q$   $5,58^{\circ}\text{C}$  pada  $m_{\text{air}} 0,0174\text{ kg/s}$

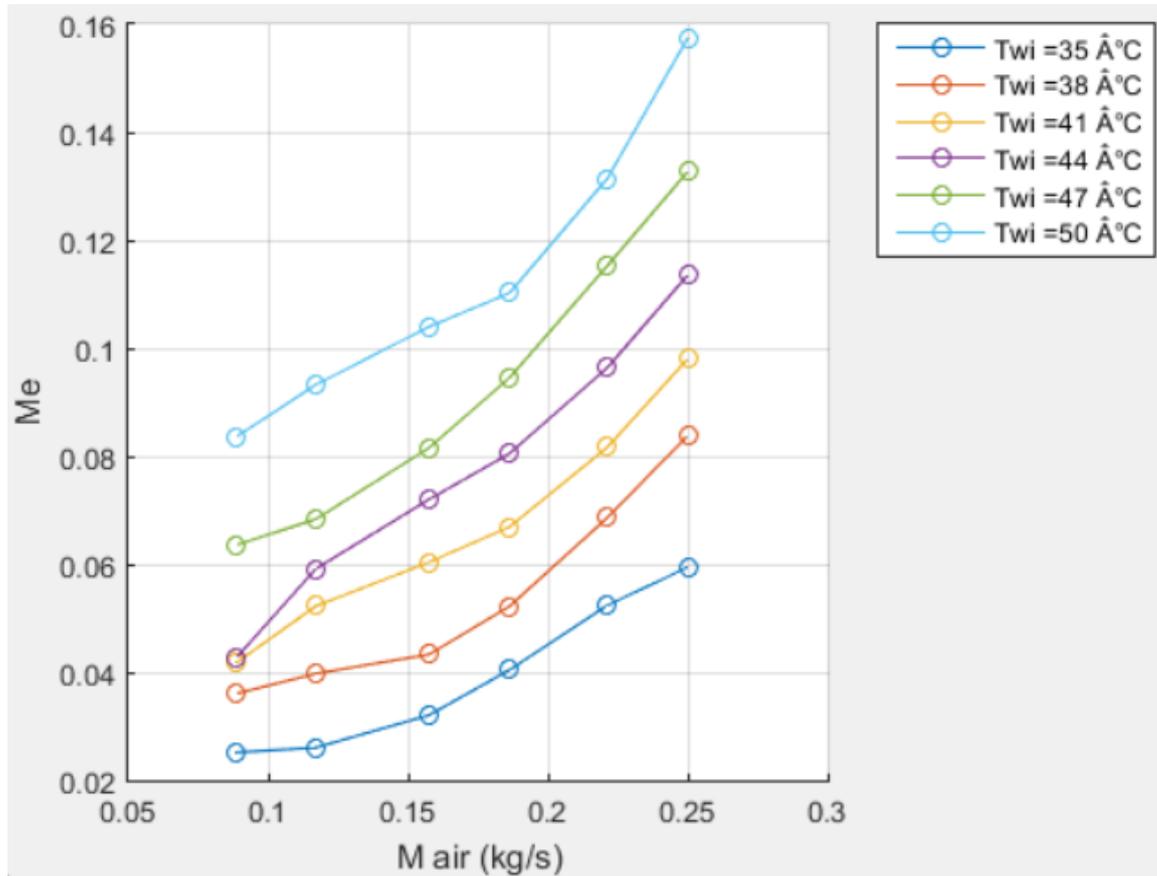
## 5. Pengaruh laju aliran massa air terhadap Mev



Gambar 4. 5 Pengaruh laju aliran massa air terhadap Mev

Pada Gambar 4.5 menunjukkan keterangan grafik Mev bahwa suhu air masuk 50°C dan suhu air keluar 29,20°C menunjukkan hasil nilai Mev 0,001371°C pada  $m_{\text{air}}$  0,0887 kg/s adalah hasil Mev tertinggi di banding dengan nilai Mev pada suhu 47°C, 44°C, 41°C dan 38°C, Sedangkan hasil nilai Mev yang rendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C dengan suhu air keluar 32,40°C memiliki hasil nilai Mev 0,000194°C pada  $m_{\text{air}}$  0,0174 kg/s

## 6. Pengaruh laju aliran massa air terhadap Me



Gambar 4. 6 Pengaruh laju aliran massa air terhadap Me

Pada Gambar 4.6 menunjukkan keterangan grafik Me bahwa suhu air masuk 50°C dan suhu air keluar 29,20°C menunjukkan hasil nilai Me 0,157°C pada  $m_{\text{air}}$  0,0887 kg/s adalah hasil Me tertinggi di banding dengan nilai Me pada suhu 47°C, 44°C, 41°C dan 38°C, Sedangkan hasil nilai Me yang rendah di tunjukan pada suhu air masuk 35°C dengan suhu air keluar 32,40 memiliki hasil nilai Me 0,02°C pada  $m_{\text{air}}$  0,0174 kg/s

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari Hasil pengujian analisa *prototipe cooling tower*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *range* yang tertinggi adalah  $8,11^{\circ}\text{C}$ , yang ditunjukkan pada pengujian air 5 liter/menit
2. Nilai *approach* yang tertinggi adalah  $13,21^{\circ}\text{C}$ , yang ditunjukkan pada pada pengujian air 5 liter/menit
3. Nilai *efektifitas* yang tertinggi adalah  $0,38^{\circ}\text{C}$ , yang ditunjukkan pada pada pengujian air 5 liter/menit
4. Nilai *me* yang tertinggi adalah  $0,15^{\circ}\text{C}$ , yang ditunjukkan pada pada pengujian air 5 liter/menit
5. Nilai *mev* yang tertinggi adalah  $0,0013^{\circ}\text{C}$ , yang ditunjukkan pada pada pengujian air 15 liter/menit
6. Nilai *Q* yang tertinggi adalah  $3,400\text{ J/s}$  yang ditunjukkan pada pada pengujian air 5 liter/menit

#### 5.2 Saran

Berdasarkan pengalaman yang diperoleh dari penelitian tentang pengujian kinerja *cooling tower*, direkomendasikan membuat *fill* berbentuk baru seperti *honeycomb* atau *fill* berlapis

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahluriza, P., & Sinaga, N. (2021). *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>
- Amirah, R., Amran, D., A, T. A., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2019). *Studi Pembuatan dan Uji Coba Menara Pendingin untuk Chiller Berbasis Tec Study Of Realization and Testing Cooling Tower for Tec Based. Roceeding of Engineering :, 6(2), 5429–5436.*
- Bloom, N., & Reenen, J. Van. (2013). *completed No Title No Title No Title. In NBER Working Papers.* <http://www.nber.org/papers/w16019>
- Degradasi, E., & Pendingin, M. (1990). *EVALUASI DEGRADASI MENARA PENDINGIN .... (Djunaidi).* 41–47.
- Effendi, Y., & Saputra, A. A. (2020). *Perencanaan Prototipe Menara Pendingin Mini Untuk Alat Penukar Kalor Tipe Plat Datar. Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin,3(1), 1–9.* <https://doi.org/10.31000/mbjtm.v3i1.3074>
- Fauzi, D. A., & Rudiyanto, B. (2016). *Analisa Performa Menara Pendingin Pada Pt. Geo Dipa Energi Unit Dieng. Jurnal Ilmiah Rotari, 1(1), 2532.*
- Fitriyani, N. P. V. (2022). *Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai ( DAS ). Ilmuteknik.Org, 2(2), 1–10.*

- Homzah, O. F. (2014). Analisa Performasi Pada Menara Pendingindengan Menggunakan Analisis Eksergi. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 2(1), 23–28.
- Irawan, T. (2022). *1003-3691-1-Pb*. 6(1), 53–6
- Johanes, S., & Faturrahman. (2011). Karakteristik Menara Pendingin Dengan BahanIsian Tali Ijuk. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 4(1), 103–113.
- Komarudin, K., Saputra, R., & Baskoro, S. Y. (2017). Analisis Pengaruh Penyerapan Kalor Terhadap Efisiensi *Cooling Tower* Pada Tungku Induksi Pengecoran Logam Di Polman Astra. *Bina Teknika*, 13(1), 11. <https://doi.org/10.54378/bt.v13i1.17>
- Permana, A., Margana, A. S., Ayu, W. S., & Kunci, K. (2023). *Analisis Efektivitas Cooling Tower* sebelum Dan Sesudah Perawatan Di Istana *Bec Bandung*. 507–510.
- 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/2543/2327>
- Tower, C. (2023). *PISTON: Jurnal Teknologi Sistem Pendingin Pada Induced Draft Counter flow Cooling Tower*. 07(02), 29–34.
- Yohana, E., Farizki, B., Sinaga, N., Julianto, M. E., & Hartati, I. (2019). Analisis Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Massa Cooling Water Terhadap Efektivitas Kondensor di PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng. *Rotasi*, 21(3), 155. <https://doi.org/10.14710/rotasi.21.3.155-159>
- 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

Berikut ini data hasil pengujian yang di lakukan pada fill yang di variasikan dengan kecepatan aliran air dari 35°C, 38°C, 41°C, 44°C, 47°C, dan 50°C.

Laju aliran air 35°C

mair	Range 35	Range 38	Range 41	Range 44	Range 47	Range 50
0,088789	1,299771	1,865459	2,163945	2,183624	3,188165	3,692752
0,117104	1,377844	2,115092	2,777798	3,068028	3,518165	4,433028
0,154489	1,701835	2,344633	3,245413	3,784495	4,241743	5,10445
0,186281	2,164725	2,907064	3,662064	4,323624	5,028991	5,581881
0,221265	2,761789	3,838624	4,529633	5,209312	6,219174	6,762294
0,250087	3,206514	4,711927	5,446514	6,16289	7,185138	8,117752

Laju aliran air 38°C

mair	App 35	App 38	App 41	App 44	App 47	App 50
0,088789	8,696743	11,75679	14,83954	15,95326	18,92844	20,02633
0,117104	7,86422	11,40839	13,91381	14,33	16,04156	18,55372
0,157521	7,643486	11,38206	13,02569	13,98633	15,79908	17,11564
0,186281	7,103578	10,77619	11,98821	12,79454	14,69009	16,42193
0,221265	5,808991	9,483761	10,92261	11,13587	13,19183	13,79821
0,250087	6,129174	8,79445	9,553532	9,623716	11,39872	13,21853

Laju aliran air 41°C

mair	Efek 35	Efek 38	Efek 41	Efek 44	Efek 47	Efek 50
0,088789	0,130022	0,136942	0,127265	0,120397	0,144153	0,155687
0,117104	0,149084	0,156401	0,166419	0,176343	0,179868	0,192851
0,157521	0,182106	0,170808	0,199459	0,212961	0,211655	0,229722
0,186281	0,233562	0,212454	0,233994	0,252575	0,255032	0,253678
0,221265	0,322233	0,288133	0,293137	0,318706	0,320394	0,328897
0,250087	0,343468	0,348867	0,3631	0,390387	0,386633	0,380467

Laju aliran air 44°C

mair	Q 35	Q 38	Q 41	Q 44	Q 47	Q 50
0,088789	504,6	657,72	791,7	795,18	1141,44	1512,06
0,117104	530,7	820,7	1009,2	1104,9	1325,3	1789,3
0,157521	643,7	959,4	1176,7	1369,4	1676,9	2017,2
0,186281	819,2	1103,3	1362,9	1616,01	1996,8	2297,6
0,221265	1056	1385,28	1635,4	1991,34	2457,6	2774,4
0,250087	1200	1687,5	1950	2250	2862,5	3400

Laju aliran air 47°C

mair	Mev 35	Mev 38	Mev 41	Mev 44	Mev 47	Mev 50
0,088789	0,000179	0,000224	0,000286	0,000306	0,000407	0,000536
0,117104	0,000196	0,000307	0,000384	0,000427	0,000497	0,000648
0,157521	0,000244	0,000374	0,000431	0,000517	0,000623	0,000734
0,186281	0,000321	0,000476	0,000579	0,000686	0,00081	0,000886
0,221265	0,000449	0,00066	0,000756	0,000909	0,001064	0,00111
0,250087	0,000515	0,000764	0,000928	0,001084	0,001274	0,001371

Laju aliran air 50°C

mair	Me 35	Me 38	Me 41	Me 44	Me 47	Me 50
0,088789	0,02515	0,036065	0,041822	0,042759	0,063582	0,083654
0,117104	0,026052	0,03975	0,052262	0,059176	0,068355	0,093243
0,157521	0,032043	0,043294	0,060381	0,072002	0,081554	0,103985
0,186281	0,040435	0,052201	0,066914	0,080485	0,094506	0,110209
0,221265	0,052382	0,068596	0,081638	0,096386	0,115254	0,131417
0,250087	0,059462	0,083858	0,098072	0,113585	0,132745	0,157478



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya  
Bila menjawab 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/XI/2022  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003  
<https://fattek.umsu.ac.id> [fattek@umsu.ac.id](mailto:fattek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1830/IL.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 07 Oktober 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD FARHAN MS  
Npm : 2007230019  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : IX ( Sembilan )  
Judul Tugas Akhir : PENGARUH LAJU MASSA AIR TERHADAP KINERJA WCT  
( WET COOLING TOWER ) MENGGUNAKAN PERFORATED  
SPLASH 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, 03 Rabi'ul Akhir 1446 H  
03 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 Farhan Ms  
 NPM : 2007230019  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Air Terhadap Kinerja WCT (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing - I : Khairul Umurani, ST, MT		..... <i>Khairul Umurani</i>	
Pembanding - I : <del>Mr. Yanti, ST, MT</del> Rahmatullah, S. M. G.		..... <i>Rahmatullah</i>	
Pembanding - II : Arya Rudi Nasution, ST, MT		..... <i>Arya Rudi Nasution</i>	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230040	m. Rival Kuarsyah	<i>Rival Kuarsyah</i>
2	2007230009	Pitnan Doli Hsb	<i>Pitnan Doli Hsb</i>
3	2007230033	Bambang Subrisno	<i>Bambang Subrisno</i>
4	2007230040	M. FAOHIT PRABAWA	<i>M. FAOHIT PRABAWA</i>
5			
6			
7			
8			
9			
10			

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

Ketua Prodi. T. Mesin

*Chandra A Siregar*

Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

---

Nama : Muhammad Farhan Ms  
NPM : 2007230019  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Air Terhadap Kinerja WCT (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill

Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nasution, 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 kontrol yang dimiliki pada sistem* .....
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.*  
M. Yani, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Muhammad Farhan Ms  
NPM : 2007230019  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Air Terhadap Kinerja WCT (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill

Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nasution, 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 :

.....  
- Perbaiki semua template  
- Ulangi pada Benar.  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....

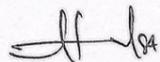
Medan 08 Rabi'ul Akhir 1446 H  
12 Oktober 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Arya Rudi Nasution, ST, MT

### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : PENGARUH LAJU ALIRAN MASSA AIR TERHADAP  
KINERJA WCT (WET COOLING TOWER)  
MENGUNAKAN PERFORATED SPLASH FILL  
Nama : Muhammad Farhan Ms  
NPM : 2007230019  
Dosen Pembimbing : Khairul Umurani, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pemberian spesifikasi Tugas Akhir	le
		- Perbaiki Pendahuluan	le
		- Perbaiki tujuan Penelitian	le
		- Perbaiki tinjauan pustaka	le
		- Perbaiki Metode	le
		- Perbaiki bahan alat	le
		- Perbaiki bab 4	le
		- Perbaiki kesimpulan	le
		- Ace, sumbu hisi	le



#### **A. DATA PRIBADI**

Nama : Muhammad Farhan Ms  
Alamat : Desa Lalang, Dusun Pekan No 122  
Jenis Kelamin : Laki – Laki  
Umur : 22 Tahun  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tempat dan Tanggal Lahir : Desa Lalang, 03 Januari 2002  
Tinggi dan Berat Badan : 168 Cm / 65 Kg  
Kewarganegaraan : Indonesia  
No. Telp : +62 812-6069-7336

#### **B. ORANG TUA**

Nama Ayah : Mulyadi  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Sity Aisyah  
Agama : Islam  
Alamat : Desa Lalang, Dusun Pekan No 122

#### **C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN**

2007-2013 : SD Negeri 018440 Desa Lalang  
2013-2016 : MTS AL-IHYA Tanjung Gading  
2016-2019 : SMK Penerbangan Pulau Brayan Darat MEDAN  
2020-2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara