

TUGAS AKHIR

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

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

Disusun Oleh:

IMAM NATAWIJAYA
2007230039



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:

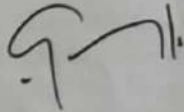
Nama : Imam Natawijaya
NPM : 2007230039
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Udara Terhadap Kinerja
*Wct (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated
Splash Fill*
Bidang ilmu : Konversi Energi

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

Medan, 27 Agustus 2024

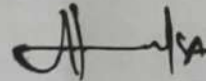
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



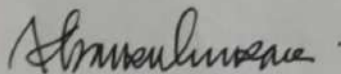
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



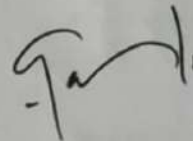
Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.Sc

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 : Imam Natawijaya
Tempat / Tanggal Lahir : Jelatang / 14 Oktober 2001
NPM : 2007230039
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara (UMSU)

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

“Pengaruh Laju Aliran Massa Udara 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, 27 Agustus 2024

Saya yang menyatakan,



IMAM NATAWIJAYA
2007230039

ABSTRAK

Menara Pendingin (*Cooling tower*) merupakan suatu alat atau unit yang digunakan untuk membuat air menjadi dingin didalam *cooling tower*. Air yang berasal dari alat atau sistem penukar panas didinginkan di menara pendingin dengan cara mengontakkan dengan udara yang dilewatkan secara berlawanan arah. Bila zat cair panas dikontakkan dengan gas tak jenuh, sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair akan turun. Penurunan suhu zat cair demikian biasanya merupakan tujuan dari berbagai operasi kontak gas dan zat cair. Besarnya laju perpindahan massa dan panas dipengaruhi oleh luas daerah kontak antara *fluida* panas dengan *fluida* dingin. *Cooling Tower* bekerja dengan cara air panas disirkulasikan ke bagian atas *Cooling Tower* dan melewati bahan pengisi (*Filler*) sehingga terjadi kontak langsung air dengan udara kemudian dijatuhkan ke bawah menyebar dengan pipa *sprinkle*. Air masuk ke dalam bak penampung air dingin. *Cooling tower* dilengkapi dengan kipas atau *blower* untuk mempercepat proses pendinginan sehingga terjadi *transfer* panas. Ketika air jatuh ke bawah dan mengenai udara dari kipas maka terjadi perpindahan panas. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui kinerja *Cooling tower*. Metodologi yang di pakai adalah dengan memvariasikan kecepatan dari 0,0174 kg/s, 0,0290 kg/s , 0,0410 kg/s , 0,0649 kg/s, 0,0962 kg/s 0,1250 kg/s, terhadap air panas yang masuk kedalam *cooling tower*. Parameter kinerja dari *Cooling tower* adalah : Suhu udara *wet bulb*, suhu udara *dry bulb*, suhu air masuk *Cooling tower*, suhu air keluar *Cooling tower*, suhu udara keluar, laju alir air, laju alir udara. Parameter tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kinerja *cooling tower*. *Range* adalah selisih dari temperatur air masuk *cooling tower* (*Tin*) dan temperatur air 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. *Approach* adalah selisih temperatur air dingin yang keluar *cooling tower* (*Tout*) dengan temperatur bola basah (*wet bulb*) udara lingkungan sekitar *cooling tower*.

Kata kunci : kinerja *cooling tower*, *range*, *approach*.

ABSTRACT

A cooling tower is a device or unit used to make water cold in a cooling tower. The water originating from the heat exchanger or system is cooled in the cooling tower by contacting air that is passed in the opposite direction. When a hot liquid is contacted with an unsaturated gas, some of the liquid will evaporate and the temperature of the liquid will drop. Such a decrease in liquid temperature is usually the goal of various gas and liquid contact operations. The rate of mass and heat transfer is influenced by the area of contact between the hot fluid and the cold fluid. The Cooling Tower works by circulating hot water to the top of the Cooling Tower and passing through the filling material (Filler) so that the water comes into direct contact with the air and then drops it down spreading with a sprinkler pipe. Water enters the cold water reservoir. Cooling towers are equipped with fans or blowers to speed up the cooling process so that heat transfer occurs. When the water falls down and hits the air from the fan, heat transfer occurs. The aim of the research is to determine the performance of the cooling tower. The methodology used is to vary the speed from 0.0174 kg/s, 0.0290 kg/s, 0.0410 kg/s, 0.0649 kg/s, 0.0962 kg/s, 0.1250 kg/s, of hot water entering the cooling tower. The performance parameters of the Cooling tower are: Wet bulb air temperature, dry bulb air temperature, Cooling tower inlet water temperature, Cooling tower exit water temperature, outlet air temperature, water flow rate, air flow rate. These parameters are then used to determine the performance of the cooling tower. Range is the difference between the temperature of the water entering the cooling tower (T_{in}) and the temperature of the water leaving the cooling tower (T_{out}). 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. Approach is the difference between the temperature of the cold water leaving the cooling tower (T_{out}) and the wet bulb temperature of the environmental air around the cooling tower.

Keywords : cooling tower performance, range, approach

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

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 Udara Terhadap Kinerja *Wct (Wet Cooling 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:

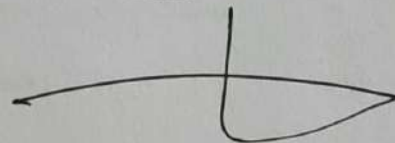
1. Bapak Khairul Umurani S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak Chandra Amirsyah Siregar S.T., M.T selaku dosen penguji I dan bapak Arya Rudi Nasution S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan tugas akhir ini.
3. Bapak Chandra Amirsyah Siregar S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ade Faisal, S.T, M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Yatno dan Ibunda Enizar Harahap yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Khairil Imran S.T, yang telah banyak memberikan saran, ilmu, dukungan dana serta semangat kepada penulis demi selesainya Tugas sarjana ini.
10. Roby Alfiah Harahap S.T, yang telah memberikan saran, bantuan dan dukungan kepada penulis.
11. Ayu Suharningsih dan Suprayogi Pratama, yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis untuk tidak menyerah mengerjakan tugas akhir ini.
12. Alya Rahma Sitorus S.Pd. (perempuan dari planet lain yang sangat dan entah bagaimana menjelaskan keindahannya) yang memberikan semangat dan dorongan untuk segera menyelesaikan tugas sarjana ini.
13. Rekan – rekan seperjuangan, Muhammad farhan, Muhammad Fakhri, Doli Hasibuan, Librajib Alnabawi, Muhammad Haekal tim proyek prototype cooling tower yang telah bersama – sama berjuang dalam mengerjakan dan membuat alat serta memberikan bantuan, saran dan dukungan kepada penulis.
14. 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 dengan senang hati dan penuh lapang dada menerima 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.

Medan, 27 Agustus 2024

Penulis



IMAM NATAWIJAYA

2007230039

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii	
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii	
ABSTRAK	v	
ABSTRACT	vi	
KATA PENGANTAR	vii	
DAFTAR ISI	ix	
DAFTAR GAMBAR	xi	
DAFTAR TABEL	xiii	
DAFTAR NOTASI	xiv	
BAB 1	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Ruang Lingkup	3
1.4	Tujuan Penelitian	3
1.4.1	Tujuan Umum	3
1.4.2	Tujuan khusus	3
1.5	Manfaat Penelitian	3
BAB 2	TINJUAN PUSTAKA	4
2.1	<i>Cooling Tower</i>	4
2.1.1	Pengertian <i>Cooling Tower</i>	4
2.2	Fungsi <i>Cooling Tower</i>	5
2.3	Kinerja <i>Cooling Tower</i>	5
2.3.1	<i>Range cooling tower</i>	6
2.3.2	<i>Approach cooling tower</i>	6
2.3.3	Efektivitas <i>cooling tower</i>	6
2.2.4	Karakteristik menara <i>Cooling tower</i>	7
2.2.5	Lajupenguapan air <i>cooling tower</i>	7
2.2.6	Kalor pada <i>Cooling tower</i>	7
2.4	Komponen <i>Cooling Tower</i>	7
2.5	Jenis – jenis arah aliran udara <i>Cooling Tower</i>	8
2.6	Massa Jenis Udara	10
2.7	Aliran <i>Laminar</i> dan <i>Turbulen</i>	11
BAB 3	METODE PENELITIAN	13
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.1.1	Tempat	13
3.1.2	Waktu	13
3.2	Alat Dalam Pengujian	14
3.2.1	Alat yang Digunakan	14
3.3	Bagan Alir	19
3.4	Rancangan Alat Penelitian	20
3.5	Prosedur Pengujian	21

BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1	Hasil Pengujian Cooling Tower	22
4.2	Hasil laju Aliran Massa Udara <i>Cooling Tower</i>	23
4.2.1	Hasil Pengujian air 5 Liter	23
4.2.2	Hasil Pengujian Air 7 Liter	26
4.2.3	Hasil Pengujian Air 9 Liter	29
4.2.4	Hasil Pengujian Air 11 Liter	32
4.2.5	Hasil Pengujian Air 13 Liter	35
4.2.6	Hasil Pengujian Air 15 Liter	39
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
SK PEMBIMBING		
BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Temperatur	6
Gambar 2. 2 <i>Crossflow Tower</i>	9
Gambar 2. 3 <i>Counterflow Tower</i>	9
Gambar 2. 4 <i>Forced Draft</i>	10
Gambar 3. 1 Prototipe <i>Cooling Tower</i>	14
Gambar 3. 2 Komputer	14
Gambar 3. 3 Manometer Digital	15
Gambar 3. 4 <i>Hot Wire Anemometer</i>	15
Gambar 3. 5 Pompa	15
Gambar 3. 6 <i>Arduino Uno</i>	16
Gambar 3. 7 <i>Flow air</i>	16
Gambar 3. 8 <i>keran air</i>	16
Gambar 3. 9 <i>Heater</i>	17
Gambar 3. 10 <i>Blower</i>	17
Gambar 3. 11 <i>Thermometer digital</i>	17
Gambar 3. 12 <i>thermometer air raksa</i>	18
Gambar 3. 13 <i>Sensor DS18B20</i>	18
Gambar 3. 14 <i>Spalsh fill</i>	18
Gambar 3. 15 <i>Bagan alir</i>	19
Gambar 4. 1 Grafik Nilai <i>Temperature Range Fill</i>	23
Gambar 4. 2 Grafik Nilai <i>Temperature Approach Fill</i>	23
Gambar 4. 3 Grafik Nilai <i>Temperature Efektivitas Fill</i>	24
Gambar 4. 4 Grafik Nilai <i>Temperature Me Fill</i>	24
Gambar 4. 5 Grafik Nilai <i>Temperature Mev Fill</i>	25
Gambar 4. 6 Grafik Nilai <i>Temperature Q Fill</i>	25
Gambar 4. 7 Grafik Nilai <i>Temperature Range Fill</i>	26
Gambar 4. 8 Grafik Nilai <i>Temperature Approach Fill</i>	26
Gambar 4. 9 Grafik Nilai <i>Temperature Efektivitas Fill</i>	27
Gambar 4. 10 Grafik Nilai <i>Temperature Me Fill</i>	27
Gambar 4. 11 Grafik Nilai <i>Temperature Mev Fill</i>	28
Gambar 4. 12 Grafik Nilai <i>Temperature Q Fill</i>	28
Gambar 4. 13 Grafik Nilai <i>Temperature Range Fill</i>	29
Gambar 4. 14 Grafik Nilai <i>Temperature Approach Fill</i>	29
Gambar 4. 15 Grafik Nilai <i>Temperature Efektivitas Fill</i>	30
Gambar 4. 16 Grafik Nilai <i>Temperature Me Fill</i>	30
Gambar 4. 17 Grafik Nilai <i>Temperature Mev Fill</i>	31
Gambar 4. 18 Grafik Nilai <i>Temperature Q Fill</i>	31
Gambar 4. 19 Grafik Nilai <i>Temperature Range Fill</i>	32
Gambar 4. 20 Grafik Nilai <i>Temperature Approach Fill</i>	32
Gambar 4. 21 Grafik Nilai <i>Temperature Efektivitas Fill</i>	33
Gambar 4. 22 Grafik Nilai <i>Temperature Me Fill</i>	34
Gambar 4. 23 Grafik Nilai <i>Temperature Mev Fill</i>	34
Gambar 4. 24 Grafik Nilai <i>Temperature Q Fill</i>	35
Gambar 4. 25 Grafik Nilai <i>Temperature Range Fill</i>	35
Gambar 4. 26 Grafik Nilai <i>Temperature Approach Fill</i>	36
Gambar 4. 27 Grafik Nilai <i>Temperature Efektivitas Fill</i>	36

Gambar 4. 28 Grafik Nilai <i>Temperature Me Fill</i>	37
Gambar 4. 29 Grafik Nilai <i>Temperature Mev Fill</i>	38
Gambar 4. 30 Grafik Nilai <i>Temperature Q Fill</i>	38
Gambar 4. 31 Grafik Nilai <i>Temperature Range Fill</i>	39
Gambar 4. 32 Grafik Nilai <i>Temperature Approach Fill</i>	39
Gambar 4. 33 Grafik Nilai <i>Temperature Efektivitas Fill</i>	40
Gambar 4. 34 Grafik Nilai <i>Temperature Me Fill</i>	40
Gambar 4. 35 Grafik Nilai <i>Temperature Mev Fill</i>	41
Gambar 4. 36 Grafik Nilai <i>Temperature Q Fill</i>	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu kegiatan penelitian

13

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
d	Diameter pelat orifice	mm
D	Diameter pipa	mm
Δp	Tekanan udara	Kpa
U	Laju aliran udara	m/s
C_d	Koefisien debit	
q_m	Laju aliran massa	Kg/s

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegunaan utama dari *cooling tower* adalah untuk membuang panas yang diserap akibat sirkulasi air pada sistem pendingin yang digunakan pada pembangkit daya, kilang petroleum, pabrik petrokimia, pabrik pemrosesan gas alam, pabrik makanan, pabrik semi konduktor, dan fasilitas-fasilitas industri lainnya. (Theo, 2015). *Cooling tower* merupakan salah satu fasilitas terpenting dalam dunia industri, yang dapat menghilangkan panas dari fluida air proses produksi. Tujuan *cooling tower* adalah untuk menyerap panas dalam jumlah besar dan menyediakan air pendingin dalam jumlah besar untuk peralatan pendinginan. Dengan kata lain, *cooling tower* berfungsi untuk menurunkan suhu air dan melepaskan panas ke atmosfer, dengan memanfaatkan sistem *refrigerasi* kompresi uap, yaitu pada proses penyerapan kalor oleh sistem kemudian dilepas ke lingkungan. Sistem ini menggunakan *water cooled chiller* dengan jenis kondensor yaitu *water cooled condensor* sehingga memerlukan *cooling tower* untuk membantu atau memproses pelepasan kalor dari sistem. (Permana et al., 2023)

Beberapa menara-menara pendingin berbentuk menara kosong tanpa bahan isian. Butiran-butiran air dijatuhkan dari puncak menara pendingin, sedangkan udara dihembuskan dari bawah. Dengan *konfigurasi* seperti ini maka terjadi kontak yang baik antara air panas dengan udara sebagai media pendingin, sehingga menjadikan proses pendinginan yang begitu cepat, sedangkan semakin banyak kontak antara air dengan udara akan membuat proses pendinginan akan menjadi lebih efektif. (Setiawan, 2018)

Menara pendingin basah (*wet cooling tower*) memiliki sistem penyalur air panas yang disemprotkan secara merata ke kisi-kisi, lubang-lubang pada sisi lubang lubang *horizontal* menara yang disebut isian. Udara masuk dari luar menara melalui kisi-kisi yang berbentuk celah-celah *horizontal* yang terpancang pada sisi menara, celah ini biasanya mengarah miring ke bawah supaya air tidak keluar. (Irawan, 2022)

Fungsi menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai *sprint* pada *maen condensor*, *after coler*, *intercondensor* dan bisa diinjeksikan kembali. Dalam kebanyakan *cooling tower* yang bekerja pada sistem pendinginan udara menggunakan pompa *sentrifugal* untuk menggerakkan air *vertikal* ke atas melintasi menara. Kinerja *cooling tower* disini mempunyai peranan sangat penting terhadap pertukaran panas pada *heat exchanger*. (Dewantara, 2020)

Proses perpindahan panas terjadi pada air pendingin yang bertemperatur tinggi menjadi temperatur rendah akibat kontak langsung dengan udara dingin. Proses pendinginan air tersebut akan mengakibatkan proses penguapan. Kedua proses itulah yang mengakibatkan turunnya temperatur air. 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 proses pendinginan mesin dapat berjalan dengan baik. *Performansi* dan karakteristik *cooling tower* yang berasal dari data manual berupa kisaran (*range*), pendekatan (*approach*) dan efektifitas menara pendingin sering kali tidak relevan dengan kondisi operasional, sehingga dibutuhkan analisa performa menara pendingin dan pengujian karakteristik untuk mengetahui kondisi operasional dari *cooling tower*. (Simanjuntak, 2023)

Berdasarkan latar belakang ini, penulis ingin melakukan penelitian analisa untuk mengetahui laju aliran massa udara pada *cooling tower*. Pengujian yang dilakukan pada *cooling tower* berbentuk prototipe dituangkan pada tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Laju Aliran Massa Udara Terhadap Kinerja *Wct* (*Wet Cooling Tower*) Menggunakan *Perforated Splash Fill*”

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pengujian prototipe *cooling tower* ini antara lain sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh laju aliran massa udara terhadap kinerja *wct* (*wet cooling tower*) menggunakan *perforated splash fill*

1.3 Ruang Lingkup

1. Efektifitas laju aliran massa udara terhadap alat ukur laju aliran udara menggunakan *hot wire anemometer* untuk mengukur laju aliran udara
2. Aliran udara yang masuk dan keluar *wet cooling tower* menggunakan *blower* dengan frekuensi 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz
3. Suhu air yang masuk terhadap *wet cooling tower* menggunakan temperature air 35°C, 38°C, 41°C, 44°C, 47°C, 50°C
4. Aliran air yang digunakan dalam pengujian adalah 5, 7, 9, 11, 13, dan 15 liter

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun yang menjadi tujuan umum dari pengujian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju aliran massa udara terhadap kinerja *wet cooling tower*

1.4.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus dari pengujian prototipe *cooling tower* ini adalah :

1. Untuk mengetahui nilai *range* terhadap kinerja *cooling tower*
2. Untuk mengetahui nilai *approach* terhadap kinerja *cooling tower*
3. Untuk mengetahui nilai *efektifitas* terhadap kinerja *cooling tower*
4. Untuk mengetahui nilai *me* terhadap kinerja *cooling tower*
5. Untuk mengetahui nilai *mev* terhadap kinerja *cooling tower*
6. Untuk mengetahui nilai *Q* terhadap kinerja *cooling tower*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini :

1. Mengetahui tentang bagaimana cara pengujian *cooling tower* ini dilakukan sehingga didapat hasil yang maksimal
2. Memberikan informasi dari hasil analisa *cooling tower* seperti *range*, *approach*, serta *efektivitas* yang dihasilkan relevan

BAB 2

TINJUAN PUSTAKA

2.1 *Cooling Tower*

2.1.1 Pengertian *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat bantu yang sifat pendinginannya merupakan sistem pendingin terbuka, yaitu proses pendinginan air dengan udara sebagai media pendingin. Air panas yang bersentuhan dengan udara yang ditarik oleh *fan cooling tower* menyebabkan terjadinya pertukaran panas antara air dengan udara, air yang jatuh tadi secara perlahan akan menurun temperaturnya hingga batas normal, sedangkan temperatur udara akan meningkat dan naik ke atas hingga keluar melalui bagian cerobong *cooling tower*. (Rahman & Mursadin, 2022)

Cooling tower adalah suatu sistem refrigerasi yang melepaskan kalor ke udara. *Cooling tower* mampu menurunkan suhu air lebih rendah dibandingkan dengan peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, oleh karena itu biayanya lebih efektif dan energinya efisien. (Ahluriza & Sinaga, 2021a)

Cooling tower ini sangat diperlukan di tiap industri khususnya industri pembangkit listrik tenaga panas bumi dalam rangka pelaksanaan untuk efisiensi dan konversi energi dimana suatu alat atau unit yang digunakan untuk sirkulasi air pendingin. Air yang berasal dari alat atau sistem penukar panas didinginkan di menara pendingin dengan cara mengontakkan dengan udara yang dilewatkan bila zat cair panas dikontakkan dengan gas tak jenuh, sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair akan turun. Penurunan suhu zat cair demikian biasanya merupakan tujuan dari berbagai operasi kontak gas dan zat cair, lebih – lebih kontak udara – gas. (Muhsin & Pratama, 2018)

Air pendingin menjadi komponen yang sangat dibutuhkan sebagai media yang digunakan untuk melakukan pertukaran panas antara fluida panas dengan air pendingin. *Cooling tower* merupakan alat penukar kalor yang material fluida kerjanya adalah air dan udara. (Wahyu et al., 2023)

2.2 Fungsi *Cooling Tower*

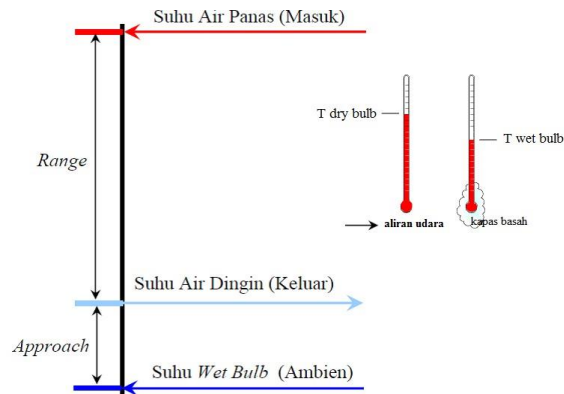
Fungsi dari *cooling tower* yaitu mengambil panas dari air yang berasal dari *kondensor*, kemudian panas tadi akan dibawa oleh udara yang ditarik oleh *fan cooling tower* menuju ke atas sehingga udara tersebut akan memiliki temperatur yang lebih panas dari sebelumnya, kemudian air tadi akan memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan sebelumnya yaitu dari temperatur awal 45 oC -50 oC menjadi air yang bertemperatur lebih rendah yaitu 30 oC – 25 oC. Naik dan turunnya temperatur air dipengaruhi oleh kinerja *cooling tower* dan juga lingkungan sekitar *cooling tower*. Sistem pendinginan air pada *cooling tower* lebih efektif dibanding alat pendukung pendinginan air lainnya, hal itu dikarenakan *cooling tower* hanya menggunakan udara lingkungan sekitar sebagai media untuk mendinginkan air, tanpa memerlukan media pendingin lain, selain itu uap panas yang keluar melalui cerobong *cooling tower* tidak menyebabkan kerusakan bagi lingkungan sekitar, sehingga bersifat ramah lingkungan dan juga pengoperasian *cooling tower* yang mudah dipahami serta ekonomis karena tidak memerlukan biaya yang besar dalam hal perawatan dibandingkan dengan sistem pendinginan lain yang pengoperasiannya terbilang rumit serta biaya perawatan yang lebih mahal. (Rahman & Mursadin, 2022)

2.3 Kinerja *Cooling Tower*

Banyak studi yang telah melakukan evaluasi karakteristik kinerja berdasarkan parameter input, seperti laju aliran air dan udara, ketinggian menara, dan suhu air masuk, faktor lingkungan, faktor desain menara pendingin, menjadi dasar dari banyak penelitian menara pendingin. Kinerja menara pendingin ditunjukkan oleh parameter-parameter seperti *Range*, *efektivitas*, ϵ , *koefisien* perpindahan panas dan massa global, K_a , dan laju penguapan, M_{ev} , Karakteristik menara. (Umurani et al., 2023). Dan kinerja *cooling tower* dapat dievaluasi dari metoda *range* dan *approach*, efektivitas operasi pada nilai rancangan, indentifikasi area pemborosan energi, dan juga untuk sarana perbaikan. (Ahluriza & Sinaga, 2021b)

Metoda *approach* dan *range* menggunakan peristiwa utama berupa konveksi paksa dengan mengandalkan peristiwa penyerapan panas yang dipaksa oleh udara

lingkungan sekitar, laju perpindahan panas suatu benda sebanding dengan beda temperatur antara benda dengan fluida sekelilingnya.



Gambar 2. 1 range dan approach temperatur cooling tower
(Muhsin & Pratama, 2018)

2.3.1 Range cooling tower

Didefinisikan sebagai perbedaan temperatur air panas masuk (*Tinlet*) dan temperatur air dingin keluar (*Toutlet*) dari *cooling tower*. *Range CT* yang tinggi berarti bahwa *cooling tower* telah mampu menurunkan temperatur air secara efektif, dan kinerjanya bagus. Perhitungan *Range* dilakukan menggunakan persamaan 1 berikut ini:

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{inlet}} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{outlet}} (^{\circ}\text{C}) \quad (2.1)$$

2.3.2 Approach cooling tower

Merupakan perbedaan antara temperatur air dingin keluar *cooling tower* (*Toutlet*) dan temperatur *wet bulb* lingkungan (*Twb*). Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja *cooling tower*. Perhitungan *approach* dilakukan menggunakan persamaan 2 berikut ini:

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{outlet}} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{wb ambient}} (^{\circ}\text{C}) \quad (2.2)$$

2.3.3 Efektivitas cooling tower

Merupakan perbandingan antara *range* dan penjumlahan antara *range* dan *approach* (Yunus A. Cengel.1998). Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektivitas *cooling tower*. Perhitungan efektivitas dilakukan menggunakan persamaan 3 berikut ini:

$$\text{Efektivitas CT (\%)} = 100 \times \frac{\text{range}}{\text{range} + \text{approach}} \quad (2.3)$$

(Maedi, 2021)

2.2.4 Karakteristik menara *cooling tower*

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.

$$Me = \frac{KaV}{m_w} \cong \frac{Tw_i - Tw_o}{4} (C_{pw}) \left[\frac{1}{\Delta h_1} + \frac{1}{\Delta h_2} + \frac{1}{\Delta h_3} + \frac{1}{\Delta h_4} + \right] \quad (2.4)$$

2.2.5 Laju kehilangan penguapan air *cooling tower*

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.

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

2.2.6 Kalor yang dilepaskan pada *Cooling tower*

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

$$\dot{Q}h = (h_o - h_i) \quad (2.6)$$

2.4 Komponen *Cooling Tower*

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

1. Kerangka pendukung menara (*Tower Supporter*)

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

2. Kipas (*fan*)

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

3. Tangki menara pendingin

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

4. Pipa *Sprinkler /nozzle spray*

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

5. Pompa Air

Berfungsi sebagai alat pemindah fluida air ke menara pendingin, dikarenakan posisi tangki air pendingin berada di atas. Sehingga membutuhkan bantuan pompa untuk memindahkan fluida air tersebut.(Hadimi & Rusadi, 2022)

2.5 Jenis – jenis arah aliran udara *Cooling Tower*

Berdasarkan arah aliran udara ada 3 jenis arah cooling tower yaitu :

a. *Cross Flow*

Crossflow adalah desain di mana aliran udara diarahkan tegak lurus terhadap aliran air. Aliran udara masuk melalui kisi-kisi *cooling tower* di mana aliran air mengalir tegak lurus dari udara karena pengaruh gravitasi.



Gambar 2. 2 *Crossflow Tower* (Novianto et al., 2018)

b. *Counterflow*

Counterflow adalah desain di mana aliran air yang disemprotkan oleh *nozzel* berlawanan arah dengan aliran air. Udara mengalir ke atas melawan jatuhnya air ke bawah.



Gambar 2. 3 *Counterflow Tower* (Novianto et al., 2018)

c. *Forced Draft*

Pada jenis ini udara dihisap oleh kipas *sentrifugal* di bagian bawah *cooling tower* dan dibuang ke arah atas. Jenis ini cocok untuk melawan resistansi udara yang tinggi.



Gambar 2. 4 *Forced Draft* (Novianto et al., 2018)

2.6 Massa Jenis Udara

Massa jenis atau densitas adalah ukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi, misalnya besi, memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda ber massa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah, misalnya udara. Udara memiliki massa jenis 1,2 kg/m³ pada temperatur 27°C. Nilai inilah yang akan digunakan sebagai nilai yang akan dimasukkan kedalam persamaan untuk mendapatkan nilai laju aliran massa teoretis. (Nudiani et al., 2015)

Rumus yang digunakan untuk menghitung massa jenis udara adalah :

$$\rho = \frac{p}{R \text{ spesifik } T} \quad (2.7)$$

Dimana :

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

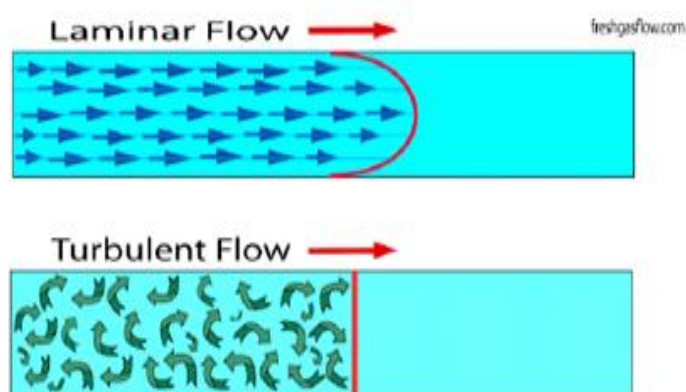
p = tekanan udara (hPa)

R spesifik = konstanta gas tertentu (J/kg·K)

T = suhu (K)

2.7 Aliran *Laminar* dan *Turbulen*

Aliran *laminar* dan *turbulen* ini dibedakan berdasarkan pada karakteristik internal aliran. Umumnya klasifikasi ini bergantung pada gangguan-gangguan yang dapat dialami oleh suatu aliran yang mempengaruhi gerak dari partikel-partikel fluida tersebut. Apabila aliran mempunyai kecepatan relatif rendah atau fluidanya sangat *viscous*, gangguan yang mungkin dialami oleh medan aliran akibat getaran, ketidak teraturan permukaan batas dan sebagainya, relatif lebih cepat teredam oleh *viskositas* fluida tersebut dan aliran fluida tersebut disebut aliran *laminar*. Fluida dapat dianggap bergerak dalam bentuk lapisan-lapisan dengan pertukaran *molekuler* yang hanya terjadi diantara lapisan-lapisan yang berbatasan untuk kondisi tersebut. Gangguan yang timbul semakin besar hingga tercapai kondisi peralihan pada kecepatan aliran yang bertambah besar atau efek viskositas yang berkurang. Terlampauinya kondisi peralihan menyebabkan sebagian gangguan tersebut menjadi semakin kuat, dimana partikel bergerak secara fluktuasi atau acak dan terjadi percampuran gerak partikel antara lapisan lapisan yang berbatasan. Kondisi aliran yang demikian disebut dengan aliran *turbulen*. Perbedaan yang mendasar antara aliran *laminar* dan *turbulen* adalah bahwa gerak olakan / acak pada aliran *turbulen* jauh lebih efektif dalam pengangkutan massa serta momentum fluidanya daripada gerak molekulernya. Tidak ada hubungan yang bisa dipastikan secara teoritis antara medan tekanan dan kecepatan rata-rata pada aliran *turbulen* sehingga pada analisa aliran *turbulen* dilakukan dengan pendekatan setengah *empiris*. Kondisi aliran yang *laminar* dan *turbulen* ini dapat dinyatakan dengan bilangan *Rayleigh*. (Faruk & Kamiran, 2017)



Gambar 2. 5 Aliran *Laminar* dan Aliran *Turbulent* (Faruk & Kamiran, 2017)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan proses pembuatan dan pengujian prototipe *cooling tower* dilakukan dilaboraturium 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 (6) 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			■			
4	Analisa Data				■		
5	Evaluasi dan Penyelesaian Penulisan				■		
6	Seminar Hasil dan Sidang Sarjana				■		
7	Sidang dan Tugas Sarjana				■		

3.2 Alat Dalam Pengujian

3.2.1 Alat yang Digunakan

1. *Cooling Tower*



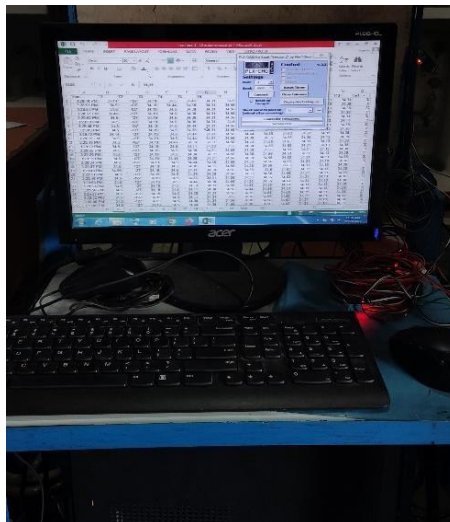
Gambar 3. 1 Prototipe *Cooling Tower*

2. Komputer

a. *Processor* : Intel Core i3

b. *Ram* : 3 GB DDR3

c. *Operasi system* : Windows 7 ultimate 64-bit



Gambar 3. 2 Komputer

3. *Manometer Digital*

Manometer digital yang digunakan untuk mengukur jumlah tekanan fluida yang melalui *venturimeter*



Gambar 3. 3 *Manometer Digital*

4. *Hot Wire Anemometer*

Digunakan untuk mengukur suhu dan kecepatan aliran udara saat keluar dari *blower* dan yang masuk kedalam *wet cooling tower*



Gambar 3. 4 *Hot Wire Anemometer*

5. *Pompa Air*

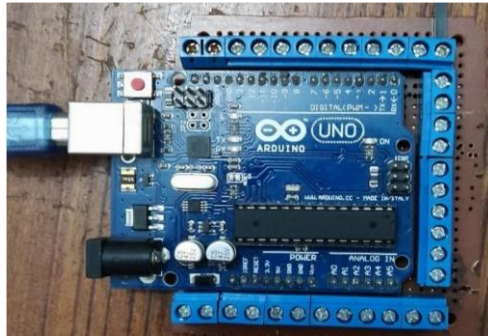
Pompa berfungsi untuk memompa air dari bak penampungan hingga keluar menuju jalur untuk disemprotkan



Gambar 3. 5 *Pompa*

6. *Arduino Uno*

Arduino digunakan untuk menghitung debit air, suhu dengan menggunakan sensor.



Gambar 3. 6 *Arduino Uno*

7. *Flow meter*

Flow meter adalah alat untuk mengukur jumlah laju aliran dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa.



Gambar 3. 7 *Flow air*

8. Kran air

Untuk mengatur jumlah debit yang akan divariasasi.



Gambar 3. 8 kran air

9. *Water Heater*

Untuk memanaskan air didalam bak penampung.



Gambar 3. 9 *Heater*

10. *Blower*

Untuk mengalirkan udara kedalam Menara Pendingin



Gambar 3. 10 *Blower*

11. *Thermo hygrometer*

Untuk mengukur temperatur air, temperatur udara dan temperatur lingkungan



Gambar 3. 11 *Thermometer digital*

12. Termometer Air Raksa

Untuk mengukur suhu air secara manual



Gambar 3. 12 *thermometer air raksa*

13. Sensor DS18B20

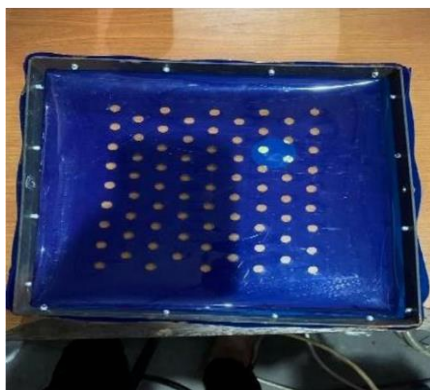
Digunakan untuk mengukur suhu air dengan *arduino*



Gambar 3. 13 *Sensor DS18B20*

14. *Fill*

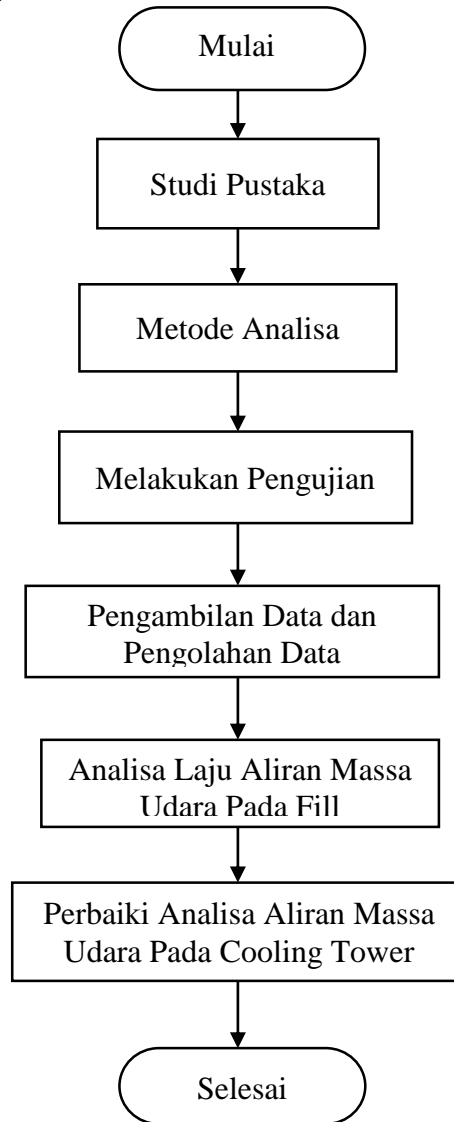
Media jenis percikan (*Splash fill*) ukuran 26 x 26 cm diameter lubang 8 mili meter bahan pengisi percikan dari plastik memberikan perpindahan kalor yang lebih baik



Gambar 3. 14 *Spalsh fill*

3.3 Bagan Alir

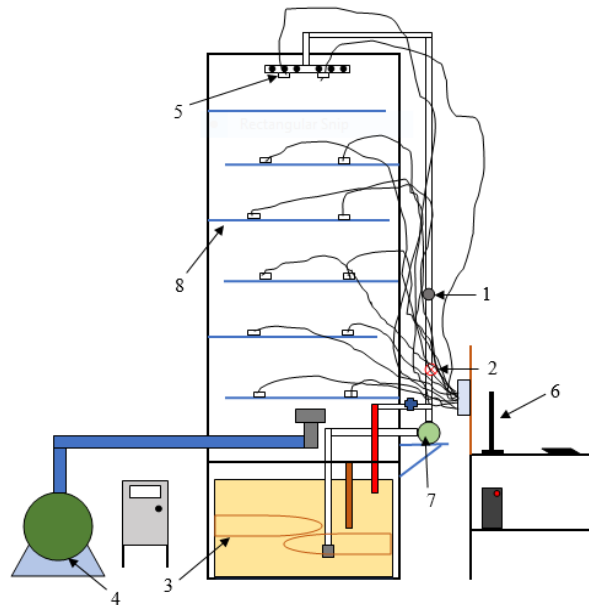
Agar Penelitian dapat berjalan lancar secara sistematis, maka diperlukan rancangan peneliatian :



Gambar 3. 15 *Bagan alir*

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Adapun perancangan alat penelitian yaitu



Gambar 3. 16 Skema alat penelitian

1. *Water Flow sensor*, untuk mengukur laju aliran air.
2. Kran air untuk mengatur jumlah debit yang akan divariasi.
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 Hasil Pengujian *Cooling Tower*

Pada bab ini akan di analisa mengenai nilai *range*, *approach*, *efektifitas*, *me*, *mev* dan *Q* pada *wett cooling tower*. Pengujian dilakukan dengan aliran udara dari 0,0174 kg/s, 0,0290 kg/s, 0,0410 kg/s, 0,0649 kg/s, 0,0962 kg/s, 0,1250 kg/s. 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 (*TWBamb*) sekitar *cooling tower*. Proses pengambilan data dilakukan setiap 5 menit sekali sehingga di dapat data yang cukup bagus dan akurat. Dari pengamatan pada proses data yang berfokus pada kinerja *range*, *approach*, *efektifitas*, *Me*, *Mev* dan nilai *Q* pada *cooling tower* saat pengujian di lakukan

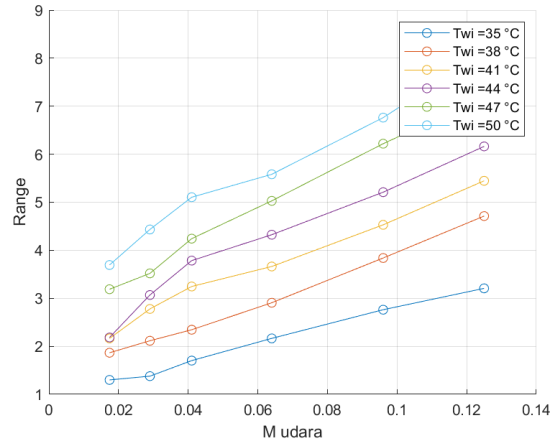
Rumus mencari kecepatan aliran massa udara

	Sudut Fill 0			
Frekuensi :	10 Hz = 2,645 m/s			
	15 Hz = 4,416 m/s			
	20 Hz = 6,239 m/s			
	30 Hz = 9,862 m/s			
	40 Hz = 14,61 m/s			
	50 Hz = 18,98 m/s			
	Dapat dilihat dari tabel properti udara pada suhu 301,15 terletak 250 k dan 350 k maka didapat 300k dengan ρ udara 1,1614 kg/m ³			
Rumus A	$A = \frac{\pi}{4} d^2$			
Diameter pipa :	8,5 cm > 0,085 meter			
Luas :	$A = 0,785 \times (0,085^2)$			
	= 0,0056 m ²			
Suhu Ruangan :	28 c > 301,15 k			
	: 1,1614 kg/m ³			
	Rumus = $\rho \times V \times A$			
Maka	10 Hz		Maka	30 Hz
m Udara =	$1,1614 \text{ kg/m}^3 \times 2,645 \text{ m/s} \times 0,0056 \text{ m}^2$		m Udara =	$1,1614 \text{ kg/m}^3 \times 9,862 \text{ m/s} \times 0,0056 \text{ m}^2$
	: 0,0174 kg/s			: 0,0640 kg/s
Maka	15 Hz		Maka	40 Hz
m Udara =	$1,1614 \text{ kg/m}^3 \times 4,416 \text{ m/s} \times 0,0056 \text{ m}^2$		m Udara =	$1,1614 \text{ kg/m}^3 \times 14,61 \text{ m/s} \times 0,0056 \text{ m}^2$
	: 0,0290 kg/s			: 0,0960 kg/s
Maka	20 Hz		Maka	50 Hz
m Udara =	$1,1614 \text{ kg/m}^3 \times 6,239 \text{ m/s} \times 0,0056 \text{ m}^2$		m Udara =	$1,1614 \text{ kg/m}^3 \times 18,98 \text{ m/s} \times 0,0056 \text{ m}^2$
	: 0,0410 Kg/s			: 0,1250 kg/s

4.2 Hasil Pengaruh laju Aliran Massa Udara Terhadap *Cooling Tower*

4.2.1 Hasil Pengujian air 5 Liter

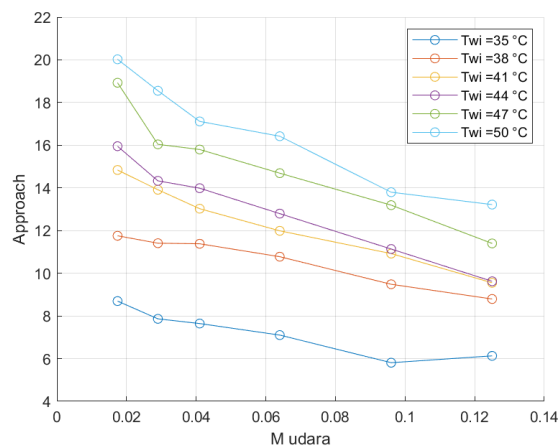
1. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Range*



Gambar 4. 1 Grafik Nilai *Temperature Range Fill*

Grafik *range* diatas menunjukkan bahwa temperatur air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *range* 8,117°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *range* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C memiliki nilai 1,299°C pada M udara 0,0174 kg/s

2. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Approach*

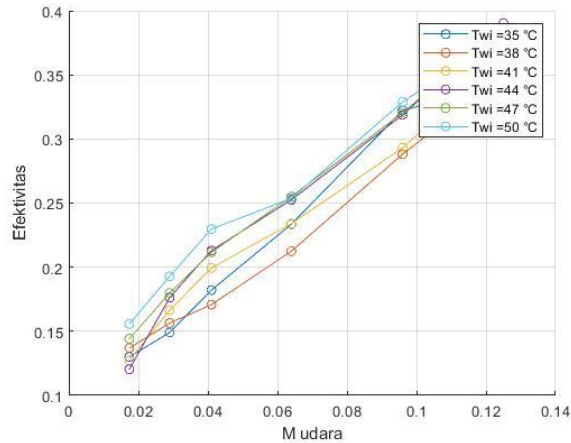


Gambar 4. 2 Grafik Nilai *Temperature Approach Fill*

Grafik *Approach* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Approach* 13,218°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C,

sedangkan nilai *Approach* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C memiliki nilai 8,696°C pada M udara 0,0174 kg/s

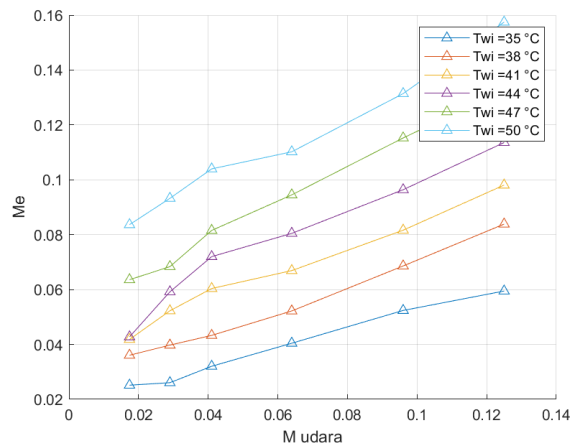
3. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Efektivitas*



Gambar 4. 3 Grafik Nilai *Temperature Efektivitas Fill*

Grafik *Efektivitas* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Efektivitas* 0,380°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *Efektivitas* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C nilai 0,120°C pada M udara 0,0174 kg/s

4. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Me*

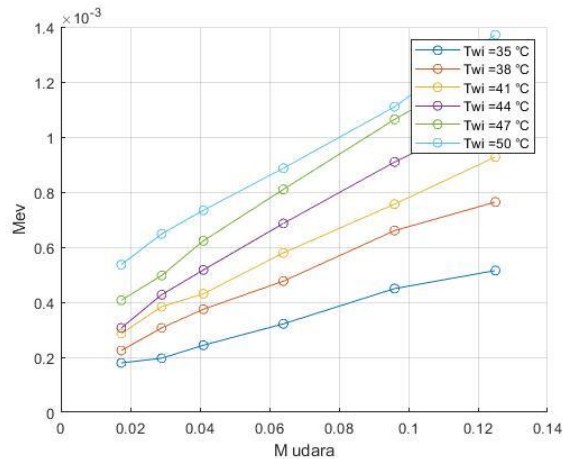


Gambar 4. 4 Grafik Nilai *Temperature Me Fill*

Grafik *Me* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Me* 0,157°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan

nilai Me terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ nilai $0,025^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

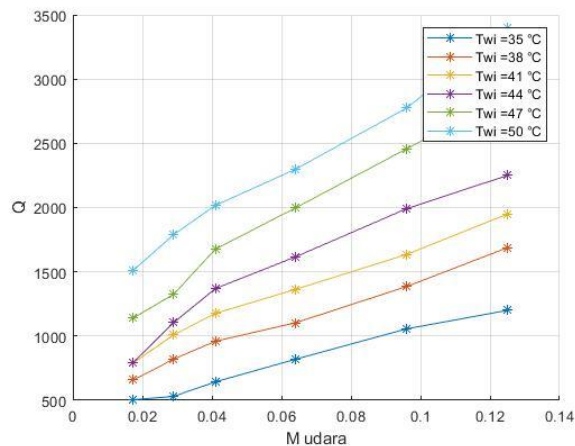
5. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Mev



Gambar 4. 5 Grafik Nilai *Temperature Mev Fill*

Grafik Mev diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Mev $0,001371^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai Mev terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ nilai $0,000179^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

6. Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Q



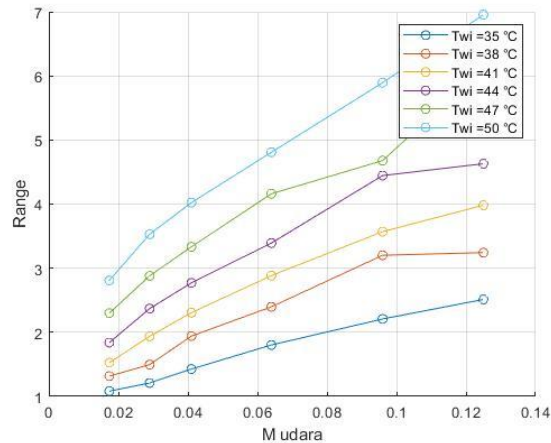
Gambar 4. 6 Grafik Nilai *Temperature Q Fill*

Grafik Q diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Q $3,40^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai

Q terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ nilai 5.04°C pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

4.2.2 Hasil Pengujian Air 7 Liter

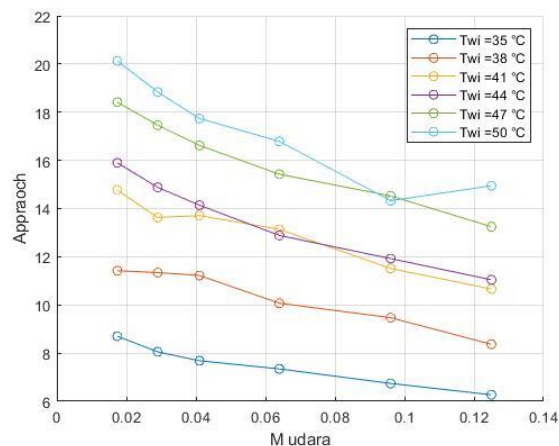
1. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Range*



Gambar 4. 7 Grafik Nilai *Temperature Range Fill*

Grafik *range* diatas menunjukkan bahwa temperatur air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *range* $8,117^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *range* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $1,299^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

2. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Approach*

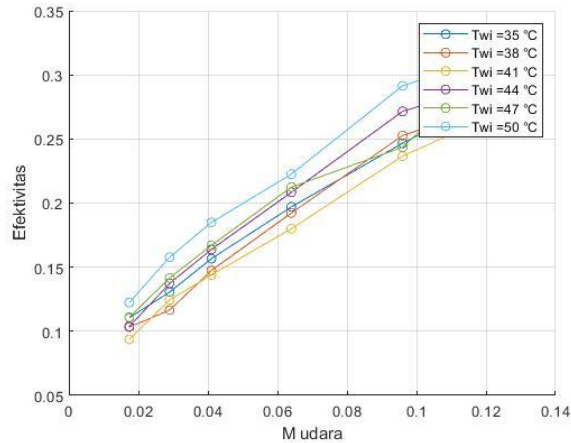


Gambar 4. 8 Grafik Nilai *Temperature Approach Fill*

Grafik *Approach* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Approach* $13,218^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C ,

sedangkan nilai *Approach* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C memiliki nilai 8,696°C pada M udara 0,0174 kg/s

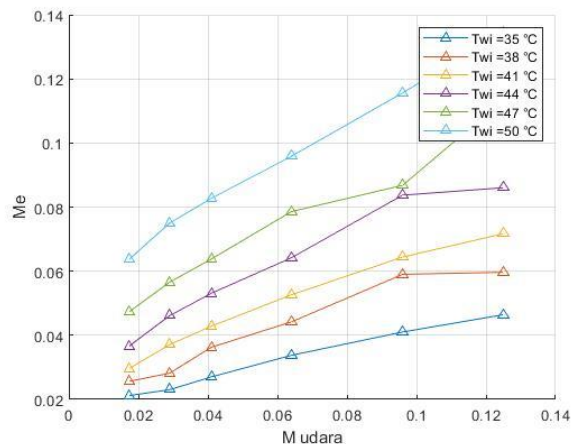
3. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Efektivitas*



Gambar 4. 9 Grafik Nilai *Temperature Efektivitas Fill*

Grafik *Efektivitas* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Efektivitas* 0,31°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *Efektivitas* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C memiliki nilai 0,11°C pada M udara 0,0174 kg/s

4. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Me*

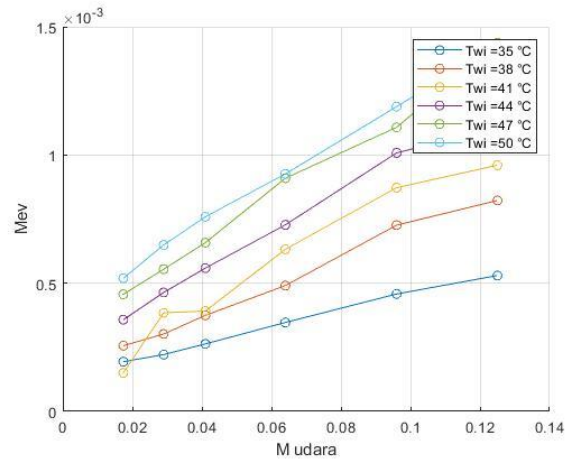


Gambar 4. 10 Grafik Nilai *Temperature Me Fill*

Grafik *Me* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Me* 0,13°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan

nilai Me terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,02^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

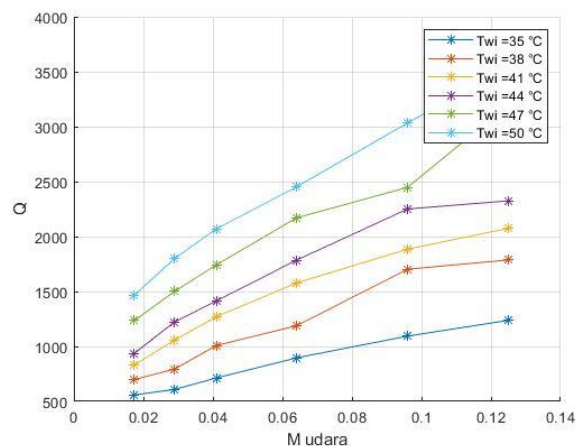
5. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Mev



Gambar 4. 11 Grafik Nilai *Temperature Mev Fill*

Grafik Mev diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Mev $0,001428^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai Mev terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,000194^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

6. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Q



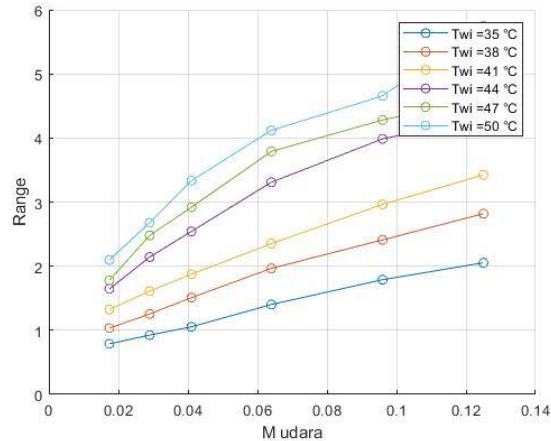
Gambar 4. 12 Grafik Nilai *Temperature Q Fill*

Grafik Q diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Q $3,55^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai

Q terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $5,58^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

4.2.3 Hasil Pengujian Air 9 Liter

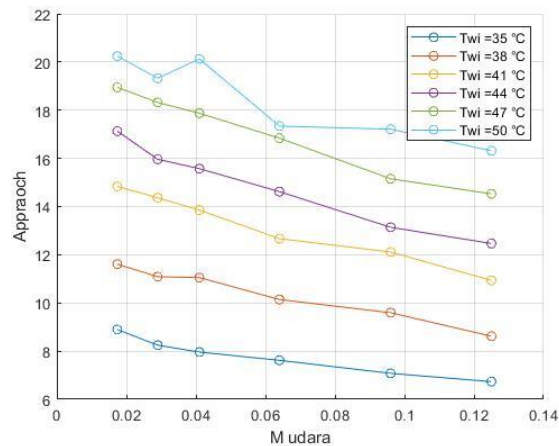
1. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Range*



Gambar 4. 13 Grafik Nilai *Temperature Range Fill*

Grafik *range* diatas menunjukkan bahwa temperatur air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *range* $8,117^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *range* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40$ memiliki nilai $1,299^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

2. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Approach*

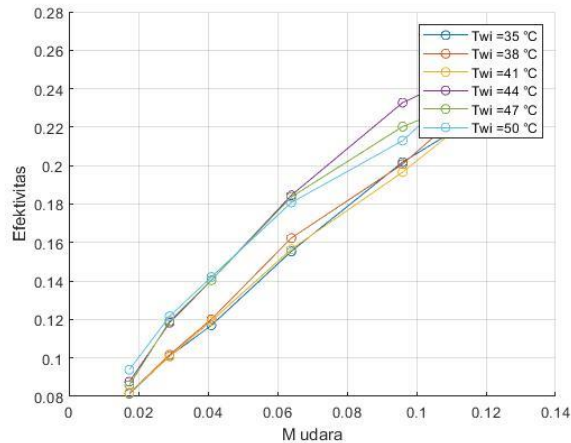


Gambar 4. 14 Grafik Nilai *Temperature Approach Fill*

Grafik *Approach* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Approach* $13,218^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$

merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *Approach* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40 memiliki nilai 8,696°C pada M udara 0,0174 kg/s

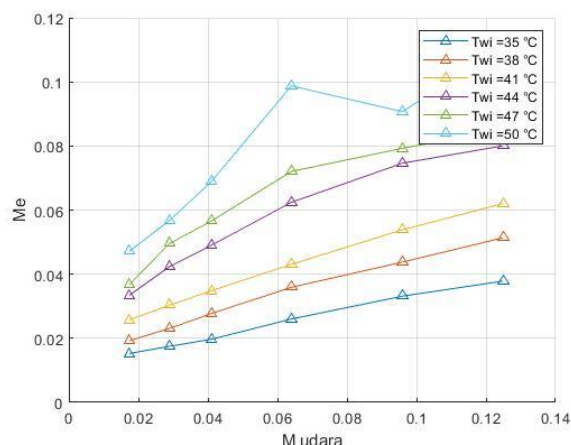
3. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Efektivitas*



Gambar 4. 15 Grafik Nilai *Temperature Efektivitas Fill*

Grafik *Efektivitas* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Efektivitas* 0,26°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *Efektivitas* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C memiliki nilai 0,08°C pada M udara 0,0174 kg/s

4. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Me*

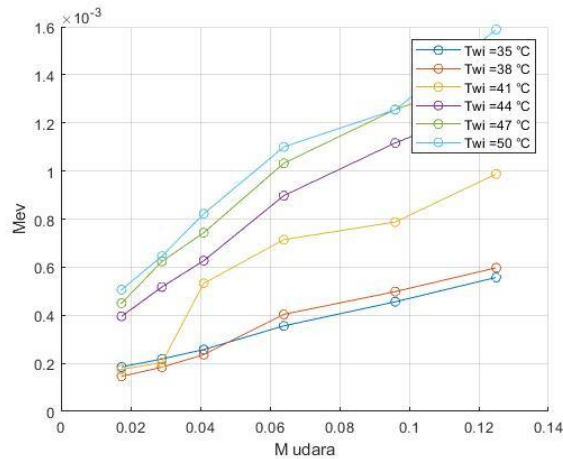


Gambar 4. 16 Grafik Nilai *Temperature Me Fill*

Grafik *Me* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Me* 0,11°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan

nilai Me terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,01^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

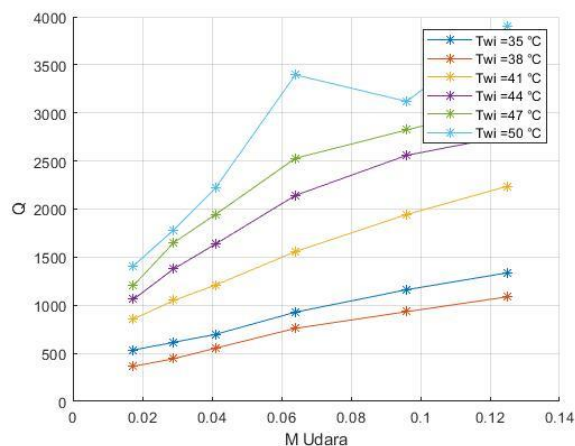
5. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Mev



Gambar 4. 17 Grafik Nilai Temperature Mev Fill

Grafik Mev diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Mev $0,001589^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai Mev terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,000185^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

6. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Q



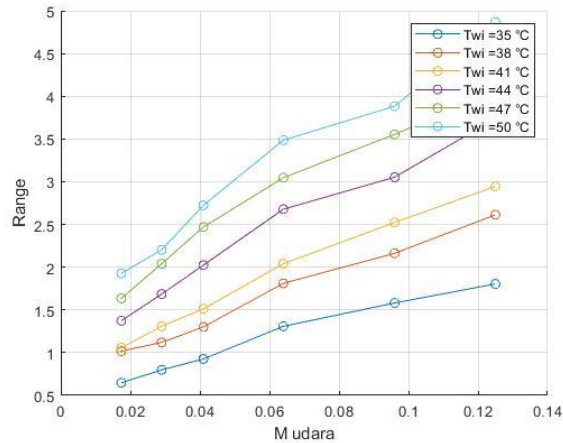
Gambar 4. 18 Grafik Nilai Temperature Q Fill

Grafik Q diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Q $3,90^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai

Q terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $5,34^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

4.2.4 Hasil Pengujian Air 11 Liter

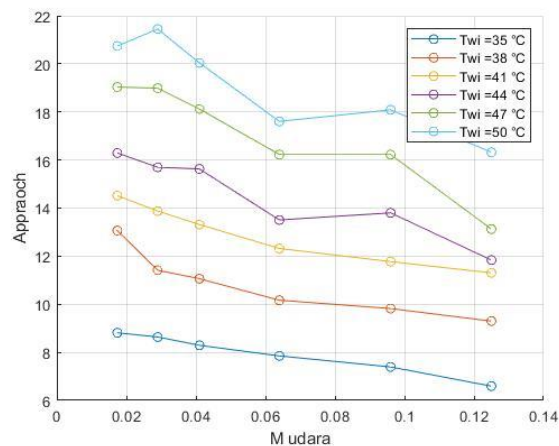
1. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Range*



Gambar 4. 19 Grafik Nilai *Temperature Range Fill*

Grafik *range* diatas menunjukkan bahwa temperatur air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *range* $8,117^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250 \text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *range* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40$ memiliki nilai $1,299^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174 \text{ kg/s}$

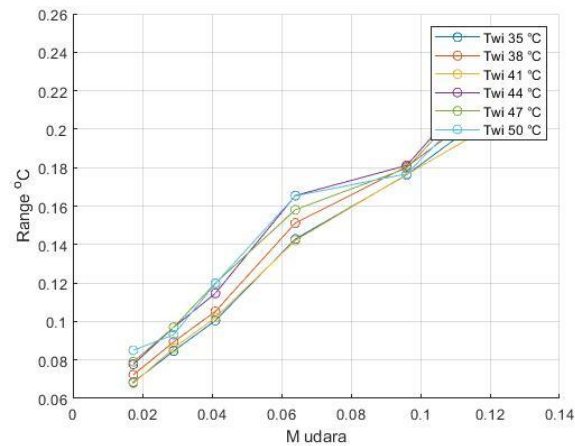
2. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Approach*



Gambar 4. 20 Grafik Nilai *Temperature Approach Fill*

Grafik *Approach* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Approach* $13,218^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Approach* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40$ memiliki nilai $8,696^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

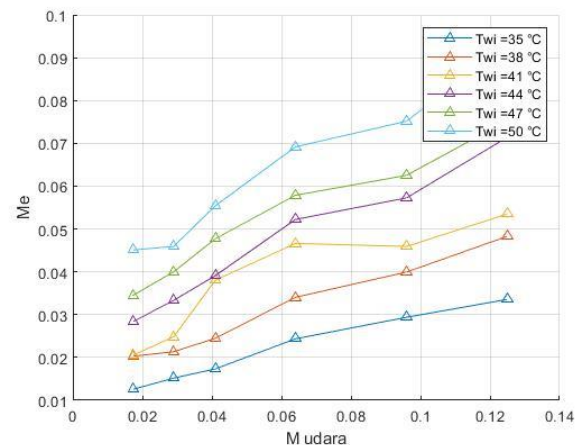
3. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Efektivitas*



Gambar 4. 21 Grafik Nilai *Temperature Efektivitas Fill*

Grafik *Efektivitas* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Efektivitas* $0,22^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Efektivitas* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,06^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

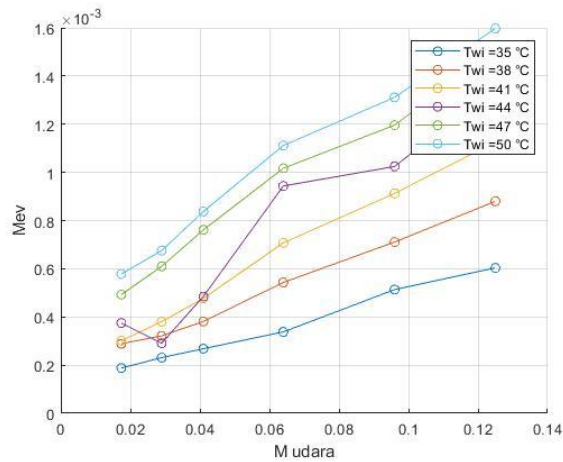
4. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Me*



Gambar 4. 22 Grafik Nilai *Temperature Me Fill*

Grafik *Me* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Me* $0,09^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Me* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,01^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

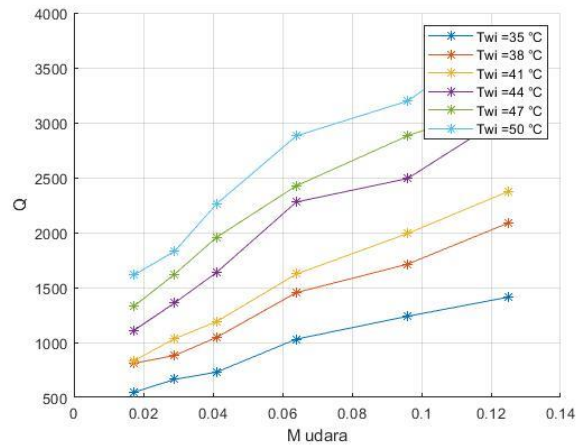
5. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Mev*



Gambar 4. 23 Grafik Nilai *Temperature Mev Fill*

Grafik *Mev* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Mev* $0,001598^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Mev* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,000188^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

6. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Q

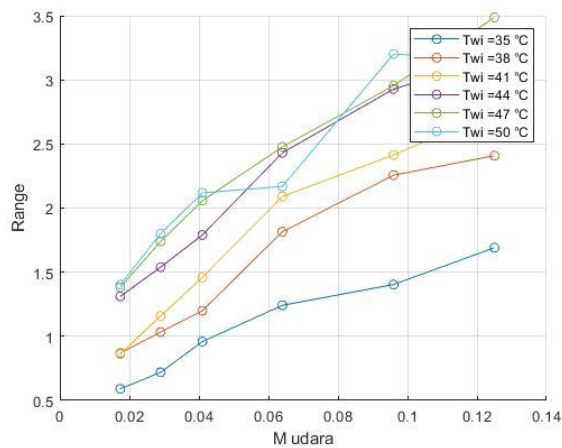


Gambar 4. 24 Grafik Nilai *Temperature Q Fill*

Grafik Q diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Q $3,83^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250$ kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai Q terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $5,48^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174$ kg/s

4.2.5 Hasil Pengujian Air 13 Liter

1. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Range*

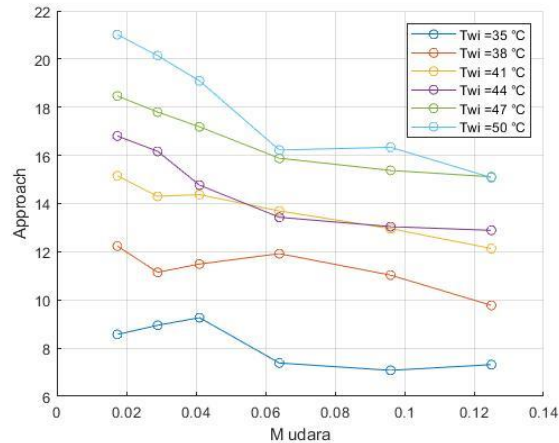


Gambar 4. 25 Grafik Nilai *Temperature Range Fill*

Grafik *range* diatas menunjukkan bahwa temperatur air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai range $8,117^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250$ kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C ,

sedangkan nilai *range* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40 memiliki nilai 1,299°C pada M udara 0,0174 kg/s

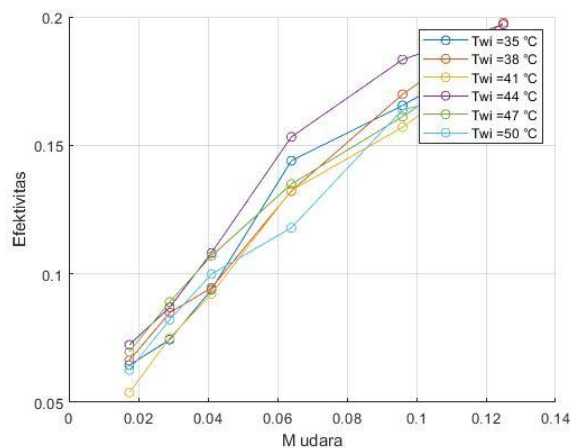
2. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Approach*



Gambar 4. 26 Grafik Nilai *Temperature Approach Fill*

Grafik *Approach* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Approach* 13,218°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *Approach* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40 memiliki nilai 8,696°C pada M udara 0,0174 kg/s

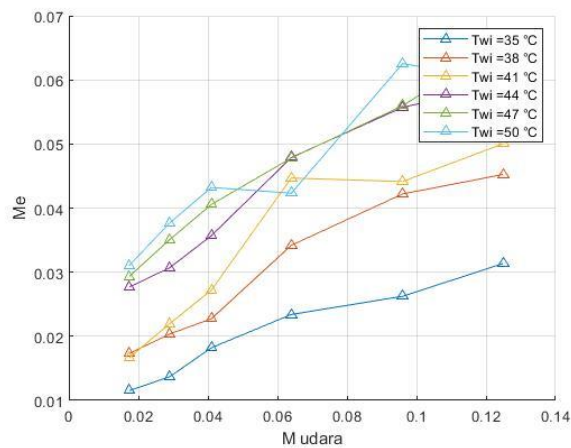
3. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Efektivitas*



Gambar 4. 27 Grafik Nilai *Temperature Efektivitas Fill*

Grafik *Efektivitas* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Efektivitas* $0,17^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Efektivitas* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,06^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

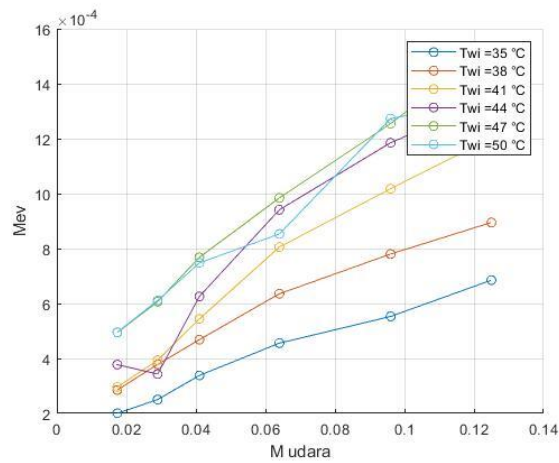
4. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Me*



Gambar 4. 28 Grafik Nilai *Temperature Me Fill*

Grafik *Me* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Me* $0,06^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Me* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,01^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

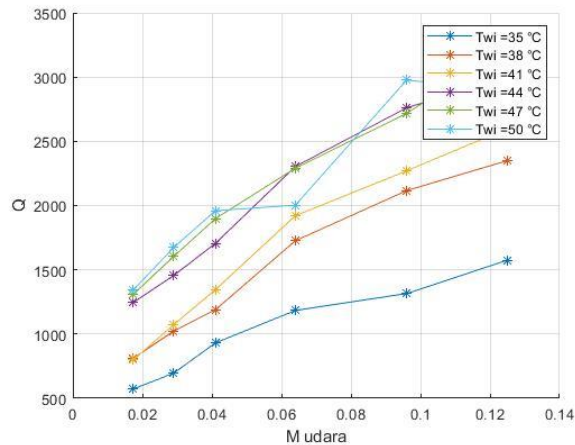
5. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Mev*



Gambar 4. 29 Grafik Nilai *Temperature Mev Fill*

Grafik *Mev* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Mev* 0,001349°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *Mev* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C memiliki nilai 0,000201°C pada M udara 0,0174 kg/s

6. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Q*

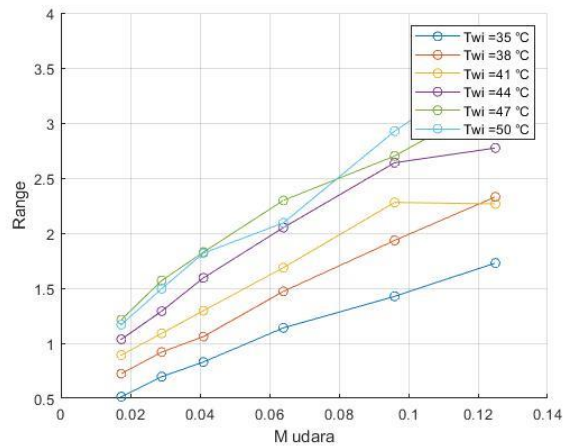


Gambar 4. 30 Grafik Nilai *Temperature Q Fill*

Grafik *Q* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar 29,20°C memiliki nilai *Q* 2,90°C pada M udara 0,1250 kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C, 41°C dan 38°C, sedangkan nilai *Q* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar 32,40°C memiliki nilai 5,72°C pada M udara 0,0174 kg/s

4.2.6 Hasil Pengujian Air 15 Liter

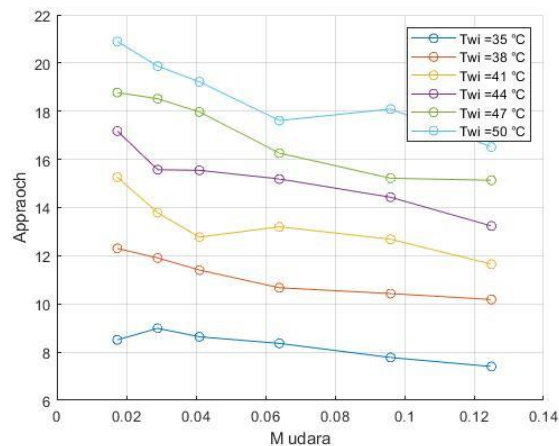
1. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Range*



Gambar 4. 31 Grafik Nilai *Temperature Range Fill*

Grafik *range* diatas menunjukkan bahwa temperatur air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *range* $8,117^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *range* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40$ memiliki nilai $1,299^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

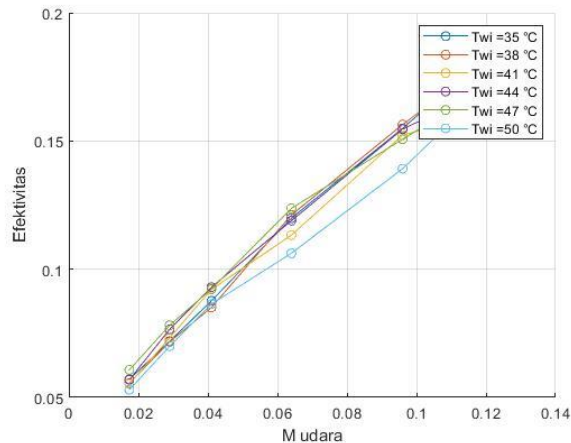
2. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Approach*



Gambar 4. 32 Grafik Nilai *Temperature Approach Fill*

Grafik *Approach* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Approach* $13,218^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Approach* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40$ memiliki nilai $8,696^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

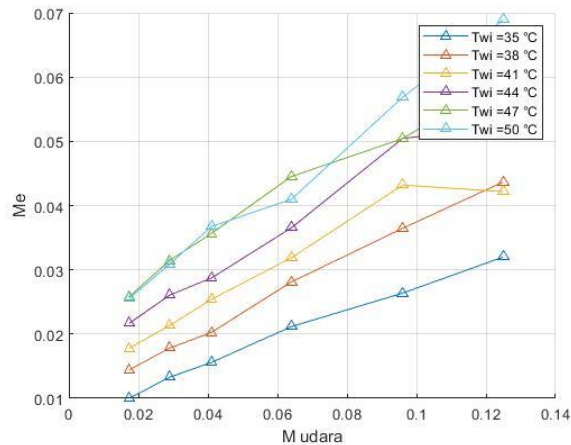
3. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Efektivitas*



Gambar 4. 33 Grafik Nilai *Temperature Efektivitas Fill*

Grafik *Efektivitas* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Efektivitas* $0,17^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Efektivitas* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,05^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

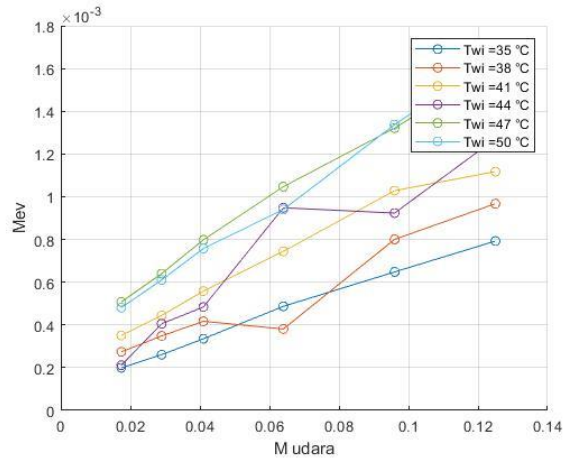
4. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap *Me*



Gambar 4. 34 Grafik Nilai *Temperature Me Fill*

Grafik *Me* diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai *Me* $0,06^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250\text{ kg/s}$ merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai *Me* terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,01^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174\text{ kg/s}$

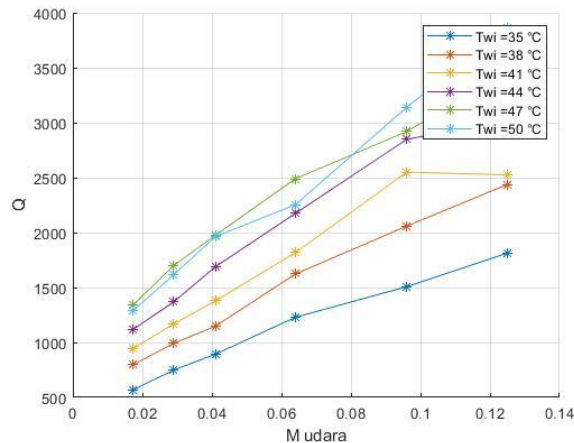
5. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap M_{ev}



Gambar 4. 35 Grafik Nilai *Temperature Mev Fill*

Grafik M_{ev} diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai M_{ev} $0,001656^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250$ kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai M_{ev} terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $0,000199^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174$ kg/s

6. Grafik Pengaruh laju Aliran Massa Udara terhadap Q



Gambar 4. 36 Grafik Nilai *Temperature Q Fill*

Grafik Q diatas menunjukkan bahwa suhu air masuk 50°C dan temperatur air keluar $29,20^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai Q $3,86^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,1250$ kg/s merupakan suhu tertinggi dibanding dengan suhu air 47°C , 44°C , 41°C dan 38°C , sedangkan nilai Q terendah ditunjukkan pada suhu air 35°C dengan temperature air keluar $32,40^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai $5,70^{\circ}\text{C}$ pada M udara $0,0174$ 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
2. Nilai *approach* yang tertinggi adalah $16,51^{\circ}\text{C}$, yang ditunjukkan pada pada pengujian air 15 liter
3. Nilai efektifitas yang tertinggi adalah $0,38^{\circ}\text{C}$, yang ditunjukkan pada pada pengujian air 5 liter
4. Nilai *me* yang tertinggi adalah $0,14^{\circ}\text{C}$, yang ditunjukkan pada pada pengujian air 5 liter
5. Nilai *mev* yang tertinggi adalah $0,0016^{\circ}\text{C}$, yang ditunjukkan pada pada pengujian air 15 liter
6. Nilai *Q* yang tertinggi adalah $3,90^{\circ}\text{C}$, yang ditunjukkan pada pada pengujian air 9 liter

5.2 Saran

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

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>
- Dewantara, D. (2020). Analisa Dan Perhitungan Laju Aliran Massa Air Pada Cooling Tower Di Mesin Heat Chamber. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 69. <https://doi.org/10.22441/jtm.v8i2.4523>
- Faruk, U., & Kamiran. (2017). Analisis Pengaruh Aliran Turbulen Terhadap Karakteristik Lapisan Batas pada Pelat Datar Panas. *Jurnal Sains dan Seni*, 1(1), 57–60.
- Hadimi, H., & Rusadi, R. (2022). Pembuatan model alat pembuang panas untuk air pendingin alat praktikum heat exchanger merk PA Hilton seri H101 di laboratorium teknik mesin. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(1), 11–18. <https://doi.org/10.24127/trb.v11i1.1768>
- Irawan, T. (2022). Kajian Analisis dan Kontruksi Menara Pendingin - Review. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 6(1), 53. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.1003>
- Maedi, H. (2021). *Analisis Efektivitas Menara Pendingin PT. Anugrah Mutu Bersama*. www.enexio.com
- Muhsin, A., & Pratama, Z. (2018). Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach. *Opsi*, 11(2), 119. <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i2.2552>
- Novianto, S., Setia Nugraha, A., Putro Prakoso, A., Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, J., & Magister, P. (2018). Pengujian Kinerja Cooling Tower Dengan Variasi Waktu Pengujian Di Laboratorium Termodinamika Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco. *Seminar Nasional Cendekiawan ke, 4*, 741–746.
- Nudiani, G. A., Firmansyah, S., Muchtadi, F. I., & Mukhlis, F. (2015). Pembuatan

- Prototipe Thermal Mass Flowmeter Tipe Heat Transfer untuk Pengukuran Laju Aliran Massa Udara. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 6(1), 11. <https://doi.org/10.5614/joki.2014.6.1.2>
- Permana, A., Margana, A. S., Ayu, W. S., & Kunci, K. (2023). *Analisis Efektivitas Cooling Towersebelum Dan Sesudah Perawatan Di Istana Bec Bandung*. 507–510.
- 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
- Setiawan, J. (2018). *Artikel Pengaruh Penambahan Kisi-Kisi Pada Kinerja Cooling*.
- Simanjuntak, J. N. (2023). *ANALISA PERFORMA TESTBED COOLING TOWER DENGAN KAPASITAS AIR 8 LPM MENGGUNAKAN VARIASI FILLER COOLING PAD TUGAS*. 31–41.
- Theo, L. (2015). Bab I باحض خ. *Galang Tanjung*, 2504, 1–9.
- Umurani, K., Syuhada, A., Maulana, M. I., & Fuadi, Z. (2023). *Pengaruh Rasio Massa Air dan Udara Terhadap Unjuk Kerja Forced Draft Wet Cooling Sudut Inklinasi Splash Fill Berlubang*. 8(2502), 35–41.
- Wahyu, S., Mustain, A., & Rizky, M. A. (2023). Analisa Perhitungan Efisiensi Cooling Tower 32 T 821 Pada Utilitas Ii Produksi Ii B Pt Petrokimia Gresik. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(1), 114–119. <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i1.520>

LAMPIRAN

Berikut ini data hasil pengujian yang dilakukan pada *fill* yang di variasikan dengan kecepatan aliran udara dari 0,0174 kg/s, 0,0290 kg/s , 0,0410 kg/s , 0,0649 kg/s, 0,0962 kg/s dan 0,1250 kg/s.

Laju Aliran Air Suhu 35°C

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	mair	cpair	mudara	cpudara	L/G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tai	Rhi	twb	Tao	RH	twb
10	0,09	4179,00	0,0174	1000,64	5,18	35,79651	35,59	35,29	35,62	34,87	34,50	29,89	76,50	25,80	32,40	98,00	31,30
15	0,09	4179,00	0,0290	1000,64	3,16	35,14206	34,92	34,64	34,92	34,12	33,76	30,00	76,67	25,90	30,90	95,74	29,50
20	0,09	4179,00	0,0410	1000,64	2,19	35,34532	35,08	34,53	35,00	33,97	33,64	30,00	77,17	26,00	30,50	94,28	29,20
30	0,09	4179,00	0,0640	1000,64	1,41	35,2683	34,95	34,10	34,73	33,50	33,10	29,97	77,00	26,00	29,90	95,30	28,50
40	0,09	4179,00	0,0960	1000,64	0,95	35,47078	35,11	34,08	34,80	33,29	32,71	30,98	76,94	26,90	30,00	97,88	29,00
50	0,09	4179,00	0,1250	1000,64	0,71	35,23569	34,81	33,42	34,44	32,83	32,03	30,01	76,66	25,90	29,20	96,02	27,90

Laju Aliran Air Suhu 38°C

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	mair	cpair	mudara	cpudara	L/G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tai	Rhi	twb	Tao	RH	twb
10	0,08	4179,00	0,0174	1000,64	4,83	39,02225	38,79	38,19	38,64	37,73	37,16	32,99	57,73	25,40	36,80	78,91	32,30
15	0,09	4179,00	0,0290	1000,64	3,18	38,62349	38,36	37,89	38,17	37,13	36,51	32,92	56,58	25,10	34,00	83,80	30,60
20	0,10	4179,00	0,0410	1000,64	2,37	38,5267	38,25	37,70	37,98	36,73	36,18	32,87	55,19	24,80	32,90	82,83	29,50
30	0,09	4179,00	0,0649	1000,64	1,38	37,78326	37,42	36,33	36,93	35,36	34,88	32,64	52,40	24,10	30,90	82,94	27,70
40	0,09	4179,00	0,0962	1000,64	0,90	37,52239	37,12	35,40	36,50	34,47	33,68	32,79	52,03	24,20	29,80	86,94	27,30
50	0,09	4179,00	0,1250	1000,64	0,68	37,60638	37,11	35,13	36,37	34,08	32,89	32,50	52,64	24,10	30,50	80,63	27,00

Laju Aliran Air Suhu 41°C

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	mair	cpair	mudara	cpudara	L/G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tai	Rhi	twb	Tao	RH	twb
10	0,09	4179,00	0,0174	1000,64	4,96	41,50349	41,27	40,73	41,09	40,13	39,34	33,48	50,73	24,50	36,20	85,28	32,90
15	0,09	4179,00	0,0290	1000,64	2,96	41,09161	41,27	40,04	40,46	39,28	38,31	33,30	51,23	24,40	34,00	87,39	31,20
20	0,08	4179,00	0,0410	1000,64	2,06	40,8711	40,52	39,44	40,02	38,59	37,63	33,39	51,70	24,60	34,60	77,75	30,20
30	0,09	4179,00	0,0649	1000,64	1,33	40,25028	39,87	38,28	39,16	37,27	36,59	33,50	51,06	24,60	31,40	87,51	28,80
40	0,09	4179,00	0,0962	1000,64	0,89	39,75225	39,30	37,35	38,51	36,14	35,22	33,34	50,43	24,30	30,00	89,75	27,80
50	0,08	4179,00	0,1250	1000,64	0,67	39,40005	38,82	36,47	37,94	35,31	33,95	33,50	50,37	24,40	29,90	89,15	27,60

Laju Aliran Air Suhu 44°C

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	mair	cpair	mudara	cpudra	L/G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tai	Rhi	twb	Tao	RH	twb
10	0,09	4179,00	0,0174	1000,64	4,99	43,63688	43,37	42,81	43,19	42,25	41,45	34,97	49,97	25,50	35,40	94,69	33,70
15	0,09	4179,00	0,0290	1000,64	2,97	43,09803	43,37	41,95	42,36	41,13	40,03	35,00	50,66	25,70	35,30	88,54	32,60
20	0,09	4179,00	0,0410	1000,64	2,09	43,37083	42,93	41,54	42,34	40,68	39,59	34,50	50,18	25,60	35,50	82,17	31,70
30	0,09	4179,00	0,0649	1000,64	1,36	42,61817	42,12	40,37	41,29	39,13	38,29	34,50	49,71	25,50	32,50	90,39	30,20
40	0,09	4179,00	0,0962	1000,64	0,94	41,94518	41,36	39,34	40,48	37,81	36,74	35,00	50,52	25,60	31,30	94,06	29,60
50	0,09	4179,00	0,1250	1000,64	0,70	41,58661	40,96	38,45	39,90	37,02	35,42	35,00	51,11	25,80	31,00	93,22	29,30

Laju Aliran Air Suhu 47°C

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	mair	cpair	mudara	cpudra	L/G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tai	Rhi	twb	Tao	RH	twb
10	0,08	4179,00	0,0174	1000,64	4,79	45,41661	45,04	43,47	44,57	43,34	42,23	33,21	49,81	23,30	37,40	91,21	35,00
15	0,09	4179,00	0,0290	1000,64	3,09	44,05972	43,67	42,33	43,12	41,76	40,54	33,91	49,36	24,50	35,60	89,29	33,00
20	0,09	4179,00	0,0410	1000,64	2,30	44,64083	44,18	42,49	43,43	41,73	40,40	33,98	49,45	24,60	35,80	83,71	32,40
30	0,09	4179,00	0,0649	1000,64	1,45	44,31908	43,75	41,43	42,75	40,42	39,29	34,00	49,42	24,60	32,80	91,05	30,60
40	0,09	4179,00	0,0962	1000,64	0,98	44,01101	43,35	40,47	42,19	39,10	37,79	34,00	49,22	24,60	31,40	93,40	29,70
50	0,09	4179,00	0,1250	1000,64	0,76	43,28385	42,52	39,32	41,26	37,99	36,10	34,22	49,13	24,70	31,20	92,31	29,30

Laju Aliran Air Suhu 50°C

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	mair	cpair	mudara	cpudra	L/G	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tai	Rhi	twb	Tao	RH	twb
10	0,10	4179,00	0,0174	1000,64	5,46	50,41908	50,00	48,76	49,46	48,07	46,73	34,00	60,00	26,70	41,20	97,68	39,70
15	0,10	4179,00	0,0290	1000,64	3,30	49,68674	49,21	47,77	48,45	46,85	45,25	33,99	60,33	26,70	38,10	97,91	36,70
20	0,09	4179,00	0,0410	1000,64	2,29	49,02009	48,47	46,42	47,50	45,64	43,92	34,00	60,66	26,80	37,20	92,98	35,10
30	0,10	4179,00	0,0640	1000,64	1,52	48,90381	48,27	45,71	47,10	44,61	43,32	34,00	61,35	26,90	34,40	98,00	33,20
40	0,10	4179,00	0,0960	1000,64	1,02	47,5605	46,80	43,67	45,52	42,41	40,80	33,98	61,78	27,00	33,30	98,00	32,20
50	0,10	4179,00	0,1250	1000,64	0,80	48,43628	47,54	43,88	46,08	42,33	40,32	34,00	62,31	27,10	33,10	98,00	32,00

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : PENGARUH LAJU ALIRAN MASSA TERHADAP
KINERJA WCT (*Wet Cooling Tower*)
MENGUNAKAN *PERFORATED SPLASH FILL*

Nama : Imam Natawijaya

NPM : 2007230039

Dosen Pembimbing : Khairul umurani, S.T., MSc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	30/5 2024.	Perbaiki spesifikasi	
2	5/6 2024	Perbaiki Pendahuluan	
3	13/6 2024	Perbaiki Tujuan Postaka	
4	19/6 2024	Perbaiki Alat dan bahan	
5	28/6 2024	Perbaiki Tolakan Penelitian.	
6	8/7 2024.	Metoda Penelitian.	
7	8/7 2024.	Perbaiki Analisa Data	
8	17/7 2024	Perbaiki kesimpulan.	
9	2/8 2024	ACC, Seminar Lirisil.	



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

UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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://fatek.umsu.ac.id> ✉ fatek@umsu.ac.id 📘 [umsumedan](#) 📱 [umsumedan](#) 📺 [umsumedan](#) 📺 [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor: 1066/IL.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 03 November 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : IMAM NATA WIJAYA
Npm : 20072300039
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH LAJU ALIRAN MASSA UDARA TERHADAP KINERJA WCT (WET COOLING TOWER) MENGGUNAKAN PERFORATED SPLASH FIIL

Pembimbing : KHAIRUL UMURANI ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. 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.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 20 Rabiul Akhir 1445 H
03 November 2023 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



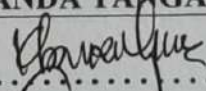
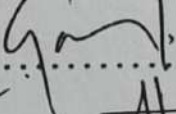
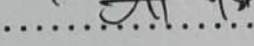
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

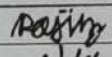

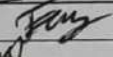


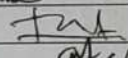
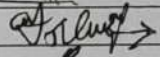



Peserta seminar

Nama : Imam Natawijaya

NPM : 2007230039

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Udara Terhadap Kinerja WCT (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill

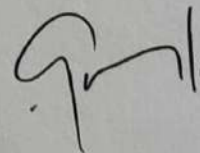
DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT 
Pembanding – I : Chandra A Siregar, ST, MT 
Pembanding – II : Arya Rudi Nasution, ST, MT 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230072	Librajib Alnabawi	
2	2007230001	Muhammad Haikal	
3	2007230114	Fauzan Wahyu Putra	
4	2007230070	m. Rival Ransyar	
5	2007230024	RIKI KURNIAN SYAH	
6	2007230171	IQBAL SYAIF HAITAGALING	
7	2007230003	Firman Nanda Irawan	
8	1907230176	Ahmad Khairul Badri	
9	2007230027	Muhammad Fauzan	
10	1907230132	Kio Gicang Ramadhan	

Medan, 09 Safar 1446 H

14 Agustus 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Imam Natawijaya
NPM : 2007230039
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Udara Terhadap Kinerja WCT (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar, 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 : *lihat buku tugas alihir*

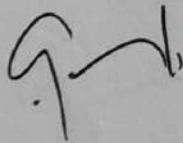
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

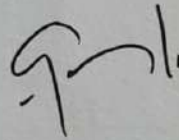
Medan, 09 Safar 1446 H
14 Agustus 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Imam Natawijaya
NPM : 2007230039
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Aliran Massa Udara Terhadap Kinerja WCT (Wet Cooling Tower) Menggunakan Perforated Splash Fill

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nasution, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

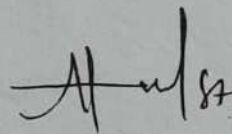
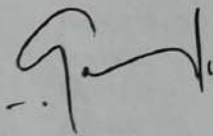
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Memperbaiki Buku Skripsi sesuai Template
 - Menambahkan literatur & Tinjauan pustaka.
 - Menyimpulkan Beberapa kesimpulan
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 09 Safar 1446 H
14 Agustus 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

Arya Rudi Nasution, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Imam Natawijaya
Alamat : Jl. Tuarindah 2 No. 268 Blok 9 Griya Martubung
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Umur : 23 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat dan Tanggal Lahir : Jelatang, 14 Oktober 2001
Tinggi dan Berat Badan : 174 Cm / 54 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No. Telp : +62 853-2843-8923

B. ORANG TUA

Nama Ayah : Yatno
Agama : Islam
Nama Ibu : Enizar Harahap
Agama : Islam
Alamat : Jl. Tuar Indah 2 No.268 Blok 9 Griya Martubung

C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2008-2014 : SD Negeri 066659 Panah Hijau, Medan Labuhan
2014-2017 : SMP Swasta Hang Tuah II Medan
2017-2020 : SMA Negeri 19 MEDAN
2020-2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara