

# TUGAS AKHIR

## PEMBUATAN FILL BERGELOMBANG PADA WET COOLING TOWER BERBAHAN PLAT GALVALUM

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

**Disusun Oleh:**

**RAFIDO ALFARIZI**  
**1907230001**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rafido Alfarizi  
NPM : 1907230001  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Pembuatan *Fill* Bergelombang Pada *Wet Cooling Tower* Berbahan Plat Galvalum  
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

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, 10 Agustus 2023


Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Chandra A Siregar S.T.,M.T

Dosen Penguji II




Sudirman Lubis 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 di bawah ini:

Nama Lengkap : Rafido Alfarizi  
Tempat /Tanggal Lahir : Tualang / 09 Maret 2000  
NPM : 1907230001  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Pembuatan *Fill* Bergelombang Pada *Wet Cooling Tower* Berbahan Plat Galvalum”**

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

Bila kemudian hari diduga kuat 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, 10 Agustus 2023



Saya yang menyatakan,

Rafido Alfarizi

## ABSTRAK

Cooling tower adalah alat utama yang digunakan untuk mendinginkan air panas dari kondensator dan melepaskan panas ke atmosfer di pembangkit listrik.. Salah satu komponen dari *cooling tower* adalah *filler*. Tujuan penelitian ini Membuat *fill wet cooling tower* bergelombang menggunakan plat galvalum , Memperoleh data dari hasil pengujian kekuatan tarik untuk manufaktur mengetahui pelubangan, pembekakan, penekukan, pemotongan, Mencari tahu karakteristik unjuk kerja *fill film* bergelombang terhadap kinerja *wet cooling tower*. *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 distribusi. Pada Proses pembuatan filler film bergelombang menggunakan gerinda, mesin las, kaca mata las, sarung tangan, bor, meteran, palu, siku las, jangka sorong, gunting, Diameter fill film 30 mm, dan derajat 42 mm, masing masing panjang akhir fill film 300 mm, lebar fill film 300 mm, lubang baut fill 8 mm untuk menyatukan fill film kedalam bingkai. Dalam penelitian uji tarik ini menggunakan plat galvalum lebar 185 mm, lebar 25 mm tebal 0,25 mm, nilai rata rata pada pengujian tarik mendapatkan kekuatan maksimal (max. force ) 9,41 kgf, tegangan putus (break force) 8,53 kgf, menghasilkan kekuatan (yield strength) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup> , daya tarik (tensile strength) 2,51 kgf/mm<sup>2</sup> , pemanjangan (elongation) 17.65%. Karakteristik unjuk kerja *fill film* bergelombang untuk dapat mengetahui nilai range dan approach , pada nilai range dan approach dengan frekuensi kecepatan blower 10 Hz 20 Hz 30 Hz 40 Hz 50 Hz.

Kata Kunci : Wet Cooling Tower, Fill film bergelombang, Plat galvalum

## **ABSTRAK**

*Cooling tower is the main tool used to cool hot water from the condenser and release heat into the atmosphere at the power plant. One of the components of the cooling tower is filler. The purpose of this research is to make corrugated fill wet cooling towers using galvalume plates. Obtain data from the results of tensile strength tests for manufacturing to determine perforation, bending, bending, cutting. To find out the performance characteristics of corrugated fill films on the performance of wet cooling towers. Cooling Tower works by circulating hot water to the top of the Cooling Tower and passing through the filler so that there is direct contact of water with air and then dropping it down and spreading it with the distribution pipe. In the process of making corrugated filler film using a grinder, welding machine, welding goggles, gloves, drill, tape measure, hammer, welding elbow, calipers, scissors, fill film diameter of 30 mm, and 42 mm degrees, respectively, the final length of the fill film 300 mm, fill film width 300 mm, fill screw hole 8 mm to attach the fill film to the frame. In this tensile test study using a galvalum plate 185 mm wide, 25 mm wide and 0.25 mm thick, the average value in the tensile test obtained a maximum force (max. force) 9.41 kgf, breaking stress (break force) 8.53 kgf, yielding a yield strength of 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, a tensile strength of 2.51 kgf/mm<sup>2</sup>, an elongation of 17.65%. Performance characteristics of corrugated film fill to determine range and approach values, range and approach values with blower speed frequencies of 10 Hz 20 Hz 30 Hz 40 Hz 50 Hz*

*Keywords : Wet Cooling Tower, Corrugated film fill, Galvalum plate*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan *Fill* Bergelombang Pada *Wet Cooling Tower* Berbahan Plat Galvalum” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan 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 Candra A Siregar, S.T., M.T selaku dosen penguji I dan Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Candra A Siregar S.T, M.T. Sebagai Ketua Program Studi 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 Siregar, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis: Edi Hendri Hamdani dan Nining Agustina, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Sahabat-sahabat penulis: Saidatun Nisa Simatupang, Nanda Fahriza, Aditiya Wardhana, M sayid zufri, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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.

Medan, 10 Agustus 2023

Rafido Alfarizi

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	4
1.3. Ruang Lingkup	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.4.1. Tujuan Umum	4
1.4.2. Tujuan Khusus	4
1.5. Manfaat	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. Pengertian Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	6
2.2. Prinsip Kerja Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	7
2.2.1. Destilasi Uap	8
2.2.2. Definisi Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	8
2.3. Klasifikasi Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	8
2.3.1. Jenis Jenis Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	9
2.3.1.1. Tipe Menara Pendingin Basah ( <i>Wet cooling tower</i> )	9
2.3.1.2. Menara Pendingin Kering ( <i>Dry cooling tower</i> )	9
2.3.1.3. Menara Pendingin Basah Kering ( <i>Wet dry cooling tower</i> )	10
2.4. Draf Mekanik Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	11
2.5. Bagian Bagian Penyusun Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	12
2.6. Konstruksi dan Komponen Menara Pendingin ( <i>Cooling Tower</i> )	14
2.7. Pengaruh Media Bahan Pengisi <i>Filler</i>	20
2.7.1. <i>Filling Material Filler</i>	20
2.7.2. Plat Galvalum	21
2.8. Pembuatan Variasi Bentuk <i>Filler</i>	22
2.9. Pengujian Tarik	25
2.10. Proses Pengelasan	26
2.11. Proses Gerinda	26
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>27</b>
3.1. Tempat dan Waktu	27
3.1.1. Tempat	27



3.1.2 Waktu	27
3.2 Bahan dan Alat	28
3.2.1. Bahan	28
3.2.2. Alat	30
3.3 Diagram Alir	38
3.4 Rancangan Alat Penelitian	39
3.5 Prosedur Pembuatan	41
3.5.1 Pembuatan Bingkai <i>fill</i> pada <i>wet cooling tower</i>	41
3.5.2 Pembuatan <i>fill</i> pada <i>wet cooling tower</i>	41
3.6 Pengujian Tarik	42
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>43</b>
4.1. Hasil Pembuatan <i>fill film</i> bergelombang pada <i>Cooling Tower</i>	43
4.1.1. Membuat Bingkai pada <i>Wet Cooling Tower</i>	43
4.1.2. Pembuatan <i>fill film</i> bergelombang	47
4.1.3. Perakitan Alat	51
4.2. Hasil Uji Tarik	52
4.2.1. Hasil pengujian tarik dan data gambar grafik pengujian	52
4.2.2. Karakteristik unjuk kerja <i>fill film</i> bergelombang	59
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>62</b>
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>SURAT KETERANGAN PEMBIMBING</b>	
<b>BERITA ACARA</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Menara Pendingin ( <i>coling tower</i> ) (Irawan, 2022)	6
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Menara Pendingin (Triyansah & Witanto, 2020)	7
Gambar 2.3 Menara Pendingin Basah ( <i>Wet cooling tower</i> ) (Irawan, 2022)	9
Gambar 2.4 Menara Pendingin Kering ( <i>Dry cooling tower</i> ) (Irawan, 2022)	10
Gambar 2.5 Menara Pendingin Basah-Kering ( <i>Wet-dry cooling tower</i> )	10
Gambar 2.6 Draf yang diinduksi aliran (Sastrawan & Subagyo, 2020)	11
Gambar 2.7 <i>Range</i> dan <i>Approach</i>	12
Gambar 2.8 Kerangka Pendukung	15
Gambar 2.9 Wadah atau rangka	15
Gambar 2.10 Kipas/ <i>fan</i>	16
Gambar 2.11 Bahan Pengisi <i>Splash Fill</i>	17
Gambar 2.12 Bahan Pengisi Berbentuk Film	17
Gambar 2.13 Pipa <i>Sprinkle</i>	18
Gambar 2.14 <i>Water Basin</i>	19
Gambar 2.15 Pintu Masuk <i>Louver</i>	19
Gambar 2.16 Flow Meter Udara	20
Gambar 2.17 Pembentukan Pola Pada Plat Galvalum	23
Gambar 2.18 Proses Pemotongan Plat <i>Filler</i>	23
Gambar 2.19 Alat Bantu Pada Proses Pelubangan plat <i>Filler</i>	24
Gambar 2.20 Proses Penekukan plat <i>Filler</i>	24
Gambar 2.21 <i>Filler Model film</i>	25
Gambar 2.22 Pengujian Tarik	25
Gambar 2.23 Spesimen Pengujian Uji Tarik	26
Gambar 3.1 Plat Galvalum	28
Gambar 3.2 Kawat Las	28
Gambar 3.3 Cat	29
Gambar 3.4 Baut dan Mur	29
Gambar 3.5 Besi Siku	30
Gambar 3.6 Gerinda Tangan	31
Gambar 3.7 Mesin Las	31

Gambar 3.8 Kaca Mata Las	32
Gambar 3.9 Sarung Tangan	32
Gambar 3.10 Bor Tangan	33
Gambar 3.11 Meteran	34
Gambar 3.12 Palu	34
Gambar 3.13 Kuas	35
Gambar 3.14 Siku Las	35
Gambar 3.15 Jangka Sorong	36
Gambar 3.16 Mesin Press	36
Gambar 3.17 Gunting	37
Gambar 3.18 Laptop	37
Gambar 3.19 Diagram Alir	38
Gambar 3.20 Pembuatan Bingkai <i>fill film</i>	39
Gambar 3.21 Pembuatan <i>fill film wet cooling tower</i>	39
Gambar 3.22 Prototipe <i>wet cooling tower</i>	40
Gambar 4.1 Sketsa Plat Bingkai dudukan rumah <i>fill</i>	43
Gambar 4.2 Sketsa Plat Bingkai dudukan rumah <i>fill</i>	44
Gambar 4.3 Plat strip besi 2 mm	44
Gambar 4.4 Mengukur Plat Strip Besi	45
Gambar 4.5 Proses pembentukan persegi bingkai <i>fill</i>	45
Gambar 4.6 Mengelas plat strip besi yg sudah di bentuk persegi	46
Gambar 4.7 proses pelubangn bingkai <i>fill</i>	46
Gambar 4.8. Pengamplasan Bingkai <i>fill</i>	47
Gambar 4.9 pengecatan pada bingkai	47
Gambar 4.10 Sketsa <i>fill film wet cooling tower</i>	48
Gambar 4.11 Sketsa <i>fill film wet cooling tower</i>	48
Gambar 4.12 Plat galvalum	49
Gambar 4.13 Mengukur plat galvalum	49
Gambar 4.14 Menggunting plat galvalum	50
Gambar 4.15 Pembentukan pola bergelombang	50
Gambar 4.16 Pelubangan pada bagian ujung <i>fill film</i>	51
Gambar 4.17 Perakitan <i>Fill Film</i> bergelombang	51

Gambar 4.18 Pemasangan <i>fill</i> kedalam rangka <i>cooling tower</i>	52
Gambar 4.19 Spesimen percobaan pertama setelah uji tarik	52
Gambar 4.20 Grafik percobaan pertama tegangan dan regangan	53
Gambar 4.21 Spesimen kedua setelah uji tarik	53
Gambar 4.22 Grafik percobaan kedua tegangan dan regangan	54
Gambar 4.23 Spesimen percobaan ketiga setelah uji tarik	54
Gambar 4.24 Grafik percobaan ketiga tegangan dan regangan	55
Gambar 4.25 Spesimen percobaan keempat setelah uji tarik	55
Gambar 4.26 Grafik percobaan keempat tegangan dan regangan	56
Gambar 4.27 Spesimen percobaan ke lima setelah uji tarik	56
Gambar 4.28 Grafik percobaan ke lima tegangan dan regangan	57
Gambar 4.29 Spesimen percobaan ke enam setelah uji tarik	57
Gambar 4.30 Grafik percobaan ke enam tegangan dan regangan	58
Gambar 4.31 Distributor <i>Temperature</i> Nilai <i>Range</i>	60
Gambar 4.32 Distributor <i>Temperature</i> Nilai <i>Approach</i>	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan	27
Tabel 3.2 Spesifikasi Gerinda Tangan	30
Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Las	31
Tabel 3.4 Spesifikasi Bor Tangan	33
Tabel 3.5 Spesifikasi Laptop / PC yang digunakan	37

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Kecepatan	Satuan
n	Kecepatan Putar	(rpm)
v	Kecepatan Potong	(mm/det)
d	Diameter roda gerinda	(mm)
POS	<i>Peripheral operating speed</i>	(rpm)

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri sangat pesat seiring dengan berkembangnya kemajuan ilmu dan teknologi. Indonesia adalah salah satu negara yang sedang berkembang dalam pembangunan ekonomi nasional. Dalam proses produksi banyak sekali elemen-elemen unit pendukung (utilitas) yang dibutuhkan untuk hasil produk yang maksimal dan efektif. Salah satu utilitas yang dibutuhkan adalah *cooling tower* didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah air dan udara yang berfungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara. Untuk menghasilkan kerja maksimal, diperlukan bahan pengisi yang berfungsi untuk menghambat laju aliran fluida. (Faizah, 2020)

Dalam dunia industri menara pendingin *cooling tower* adalah elemen penting dari pembangkit listrik, pabrik petrokimia, kilang minyak bumi, pabrik semi-konduktor, pabrik pengolahan gas alam, pabrik pengolahan makanan, dll. Fungsi utama menara pendingin adalah membuang panas ke lingkungan. Jenis utama menara pendingin adalah draft mekanis (*draft* yang diinduksi) dan pendinginan draft alami yang umum digunakan di menara pendingin. Cerobong beton yang sangat besar biasanya digunakan oleh menara pendingin draft alami, cerobong beton berfungsi untuk memasukkan udara melalui media aliran udara dan air yang masuk melalui cerobong beton berukuran besar, aliran air dan udara yang biasanya digunakan adalah laju aliran tinggi, yaitu di atas 45.000 m<sup>3</sup>/jam, karena ukurannya yang besar menara pendingin draft alami ini hanya digunakan oleh pembangkit listrik utilitas. Berbeda dengan menara pendingin draft mekanis biasanya aliran air dan udara yang dihasilkan menggunakan media kipas besar untuk menyedot atau memaksa udara masuk melalui pengisian air yang bersirkulasi.

Dalam menara pendingin ada dua pembagian berdasarkan jenis aliran diantaranya yaitu *Counter flow* (aliran berlawanan arah), dan *Cross flow* (aliran silang), adalah dua desain dasar aliran menara pendingin induksi (mekanis) yang umum digunakan. Dari dua jenis ini aliran pertukaran panas dalam aliran

berlawanan *Counter flow* lebih efektif daripada pertukaran panas dalam aliran silang atau aliran paralel (Patil et al., 2018)

Menara pendingin (*cooling tower*) banyak digunakan di pabrik-pabrik untuk mendinginkan air pendingin yang telah menjadi panas karena menyerap panas dari alat-alat yang memerlukan pendingin. Pada menara pendingin, kecepatan perpindahan panas dari air panas ke udara tergantung pada dua faktor, yaitu waktu kontak dan luas permukaan antar fase antara air panas dan udara. Usaha untuk memperbesar kedua faktor tersebut dilakukan dengan cara memberi bahan isian pada menara pendingin. Fungsi utama bahan isian pada menara pendingin adalah untuk memecah aliran dan memperlambat gerak jatuh air sehingga memperbesar waktu kontak dan luas bidang kontak antar air panas dan campuran uap air-udara

*Cooling tower* adalah alat utama yang digunakan untuk mendinginkan air panas dari kondensor dan melepaskan panas ke atmosfer di pembangkit listrik. Suhu dipertahankan sebagai kondisi keren seperti aslinya. Salah satu komponen dari *cooling tower* adalah *filler*. Sebuah studi eksperimental untuk mengevaluasi perpindahan panas dan massa koefisien dilakukan. Korelasi perpindahan panas dikembangkan variabel baru didefinisikan. Pengaruh parameter pengontrol seperti kisaran suhu, laju penolakan panas, efektivitas telah dianalisis. Itu Hasil menunjukkan bahwa karakteristik menara meningkat dengan meningkatnya kecepatan udara dingin, dengan variasi *filler*, karakteristik *tower* tertinggi didapatkan dari susunan *wave fil*. (Novianarenti et al., 2019).

Kehilangan penguapan air di menara pendingin menyebabkan konsumsi air bersih dalam jumlah besar, yang membutuhkan teknologi yang terbukti dan layak secara ekonomi untuk mengatasi masalah ini. Penggunaan filter yang dipasang di atas menara pendingin sebagai teknik untuk mengurangi jumlah kehilangan penguapan air adalah salah satu solusi yang paling menjanjikan dan dengan demikian telah diselidiki secara eksperimental dalam makalah ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan filter aluminium panel logam, kehilangan penguapan air berkurang sebesar 17%, sedangkan menggunakan pra-filter berlipat kerugian berkurang sebesar 14,30%, menggunakan serat kaca dan filter saku menghemat hingga 13% dan 11,30%. masing-masing dari kerugian penguapan. Hasilnya dikaitkan dengan kemampuan setiap jenis filter untuk



menyerap dan memadatkan tetesan air dan porositas, permeabilitas dan luas permukaan spesifik setiap filter. (Shublaq & Sleiti, 2020)

Untuk dapat menganalisa menara pendingin, dibutuhkan beberapa parameter yang harus dicari maupun diukur. Parameter-parameter tersebut didapatkan dengan cara mengukur langsung menggunakan alat ukurnya dan beberapa parameter lainnya dicari melalui referensi yang didapatkan baik itu dari media digital maupun dari buku. Parameter yang didapat menggunakan alat ukur yaitu parameter temperatur air keluar masuk menara pendingin dan temperatur udara lingkungan menara pendingin menggunakan termokopel probe K. Selanjutnya parameter kelembaban relatif udara lingkungan menara pendingin diukur menggunakan higrometer pada 4 in 1 meter. Parameter laju aliran air diukur menggunakan liquid flowmeter. Selanjutnya parameter *wet bulb* yaitu temperatur yang diukur menggunakan termometer yang *bulb* nya (bagian bawah) ditutupi kain basah lalu dialiri udara yang diinginkan. (Amirah et al., 2019).

Meningkatkan kinerja perpindahan panas dan massa dari menara pendingin basah yang besar, metode optimasi sinergis dari pengisian yang tidak sama dan distribusi air yang tidak seragam diusulkan dalam makalah ini. Hasil simulasi menunjukkan bahwa optimasi sinergis yang menggabungkan zona pengisian dan penyemprotan air secara signifikan meningkatkan keseragaman dinamika udara dan medan suhu. (Zhang et al., 2021). Laju perpindahan panas konveksi pada plat rata dengan temperatur tertentu dapat ditingkatkan dengan menaikkan koefisien perpindahan panas rata-rata, menaikkan luas permukaan perpindahan panas atau kedua-duanya. Perpindahan panas dengan konveksi paksa dengan media berpori adalah sebuah hal yang menarik banyak peneliti telah melakukan penelitian. Dalam penerapannya mencakup proses isothermal di atas plat rata pada berbagai kondisi profil kecepatan. (Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution, 2023).

*Filler* (bahan pengisi) merupakan komponen paling berpengaruh besar terhadap kinerja menara pendingin, dimana kontak antara air dengan udara diperluas dan waktunya diperpanjang. Bentuk *Filler* yang sering digunakan adalah bentuk *inclined honey comb* yang terbuat dari lembaran *PVC* (berbahan plastik) tipis dan harganya sangat mahal. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk menentukan

bahan *filler* yang harganya terjangkau dan memiliki tingkat efektifitas sangat tinggi terhadap perpindahan panas yang akan dihasilkan . *Filler* yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah *filler* yang terbuat dari material alumunium. Dimana kita ketahui bahwa material alumunium mempunyai daya penghantar yang lebih besar dibandingkan material plastik. Objek yang akan diuji merupakan menara pendingin yang dibuat khusus oleh penyusun untuk mengetahui data-data dari hasil pengukuran yang akan diuji. Dalam pengukuran ini peneliti lebih menitik beratkan terhadap efektifitas kinerja perpindahan panas *filler* yang terbuat dari alumunium terhadap menara pendingin. (Jamaludin, 2022)

## 1.2 Rumusan Masalah

Sehubung dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah bagaimana cara membuat *fill* bergelombang dan kekuatan tarik *fill* bergelombang pada *wet cooling tower* dari bahan plat galvalum

## 1.3 Ruang Lingkup

Untuk dapat melakukan pembahasan secara lebih terarah dan sistematis serta mudah dalam pemahan, maka penelitian ini diberikan batasan-batasan, diantaranya:

1. Membuat bahan pengisi menara pendingin *filler* bergelombang menggunakan plat galvalum
2. Bahan yang digunakan adalah plat galvalum tebal 0,25 mm
3. Peneliti ini hanya berfokus tentang pengujian pada kekuatan Tarik

## 1.4 Tujuan Penelitian

### 1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk menentukan bahan *filler* yang harganya terjangkau dan memiliki tingkat efektifitas sangat tinggi terhadap perpindahan panas yang akan dihasilkan.

### 1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan penelitian ini dilakukan adalahh

1. Membuat *fill wet cooling tower* bergelombang menggunakan plat galvalum
2. Memperoleh data dari hasil pengujian kekuatan tarik untuk manufaktur mengetahui pelubangan, pembekokan, penekukan, pemotongan
3. Mencari tahu karakteristik unjuk kerja *fill film* bergelombang terhadap kinerja *wet cooling tower*

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Menambah ilmu pengetahuan khususnya pada pembuatan *fill* bergelombang menara pendingin (*wet cooling tower*)
2. Meningkatkan kualitas penelitian dan penulisan tentang pembuatan *fill* bergelombang pada *wet cooling tower* menggunakan bahan plat galvalum
3. Sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya untuk mengkaji hal-hal yang tentunya berkaitan dengan pembuatan *fill wet cooling tower*.
4. Dapat mengetahui kekuatan tarik pada *filler* bahan pengisi *cooling tower*
5. Bagi masyarakat diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pembuatan *cooling tower* khususnya pembuatan *filler*

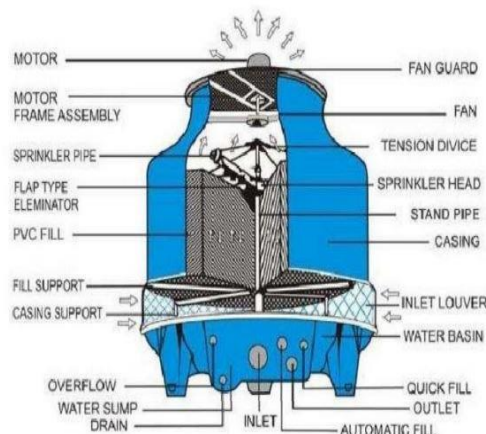
## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

Menara Pendingin (*Cooling tower*) merupakan suatu alat atau unit yang digunakan untuk pembuatan *cooling tower* yang baik. Air pendingin 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. Besarnya laju perpindahan massa dan panas dipengaruhi oleh luas daerah kontak antara fluida panas dengan fluida dingin, waktu kontak, kecepatan fluida dan temperatur fluida. (Jamaludin, 2022)

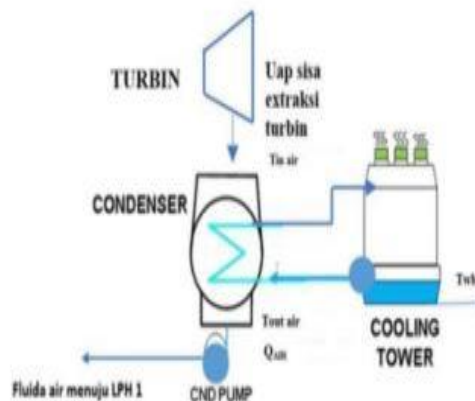
*Cooling tower* sebuah sistem yang melayani air dari kondensor untuk dibuang kalornya melalui *fan* kemudian disirkulasikan kembali pada kondensor agar tercapai suhu pada ruangan yang diinginkan. Dingin atau tidaknya air pada sirkulasi *cooling tower* bergantung pada level air pada masing-masing tandon air *cooling tower*. Tujuan dibuatnya *prototipe* untuk memudahkan pekerjaan manusia mengoptimalkan kapasitas air agar tidak terbuang sia-sia atau kapasitas air yang kurang sehingga mengganggu proses kondensasi pada *prototipe cooling tower*. (Cuk Sholahuddin Putra & Jamaaluddin, 2021). Dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Menara Pendingin (*coling tower*) (Irawan, 2022)

## 2.2 Prinsip Kerja Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

*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 distribusi. Air masuk ke dalam bak penampung air dingin. *Cooling Tower* dilengkapi dengan kipas untuk mempercepat proses pendinginan sehingga terjadi transfer panas. Ketika air jatuh ke bawah dan mengenai udara dari kipas maka terjadi perpindahan panas. Proses tersebut terjadi secara *continue*. Menara pendingin menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer. Sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan. Adapun Prinsip Kerja Menara Pendingin. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2. Prinsip Kerja Menara Pendingin (*Cooling Tower*) (Triyansah & Witanto, 2020)

Memompa air panas dari kondensor menuju menara *cooling tower* melalui sistem pemipaan yang pada ujungnya memiliki banyak *nozzle* untuk tahap semburan (*spraying*). Air panas yang keluar dari *nozzle* (*spray*) secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa karena pengaruh *fan* dan tertahan sementara karena air di hambat oleh *drift* eliminator yang terpasang pada *cooling tower*. Kemudian air yang sudah mengalami penurunan temperatur ditampung dalam kolam kemudian dipompa kembali menuju kondensor yang berada di dalam pendingin (*chiller*).

### 2.2.1 Destilasi Uap

Pada analisa perbandingan kerja *Cooling Tower* menggunakan metode destilasi uap. Proses pemisahan dengan metode destilasi uap dilakukan dengan cara mengalirkan uap air ke dalam campuran atau senyawa yang akan dipisahkan dengan dibantu pemanasan. Uap dari campuran atau senyawa yang dipisahkan akan naik dan melewati kondensor atau melewati proses pendinginan. Sehingga uap tersebut akan kembali atau keluar menjadi zat murni yang telah dipisahkan dan masuk kedalam labu destilat.

Air yang digunakan pada proses pendinginan di dalam kondensor tersebut mengalir secara terus-menerus dan akan mengalami perubahan temperatur. Sehingga tidak bisa digunakan untuk mendinginkan lagi sebelum didinginkan terlebih dahulu. Oleh itu air kondensor tersebut setelah dipakai mendinginkan dialirkan ke sebuah alat pendingin yang disebut sebagai *Cooling Tower*.

### 2.2.2 Definisi Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

Cooling tower merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. Cooling tower mampu menurunkan suhu air lebih dari peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas seperti radiator dalam mobil, oleh karena itu biayanya lebih efektif dan efisien energinya. Kegunaan utama dari cooling tower adalah untuk membuang panas yang diserap akibat sirkulasi air 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. (Anwar, 2016)

### 2.3 Klasifikasi *Cooling Tower*

Ada banyak klasifikasi *cooling tower*, namun pada umumnya pengklasifikasian dilakukan berdasarkan sirkulasi air yang terdapat di dalamnya. *Cooling tower* dapat diklasifikasikan atas tiga bagian, yaitu:

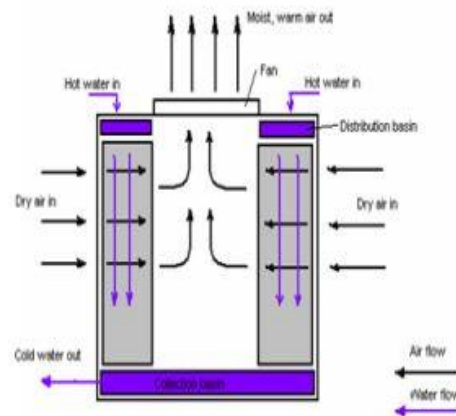
1. Menara pendingin basah (*Wet cooling tower*).
2. Menara pendingin kering (*Dry cooling tower*).
3. Menara pendingin campuran (*Wet - dry cooling tower*).

### 2.3.1 Jenis Jenis Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

Menara pending untuk alat penukar kalor yang fluida sebagai kerjanya air dan udara yang berfungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Menurut (Singham 1983) menara pendingin tiga jenis bagian, yaitu :

#### 2.3.1.1 Tipe menara pendingin basah (*Wet cooling tower*)

Menara pendingin basah 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. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.

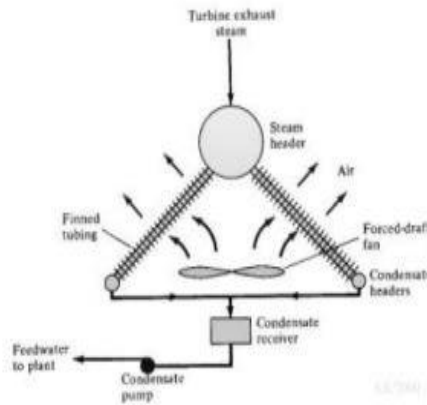


Gambar 2.3. Menara Pendingin Basah (*Wet cooling tower*) (Irawan, 2022)

#### 2.3.1.2 Menara pendingin kering (*Dry cooling tower*)

Menara pendingin kering adalah radiator seperti kebanyakan truk caror menggunakan satu. Air panas dipompa melalui susunan pipapipa dengan pelat logam yang terpasang kemudian memancarkan panas ke udara yang mengalir di menara pendingin. Mekanik *Draft* hanya menunjukkan bahwa konveksi di menara tidak alami tetapi juga diinduksi oleh kipas angin. Dari pergerakan udara dan air menjadi alasan untuk klasifikasi lain yang membaginya menjadi menara *cross flow* dan *counter flow*. Dan jika mempertimbangkan mekanisme pendinginan di menara,

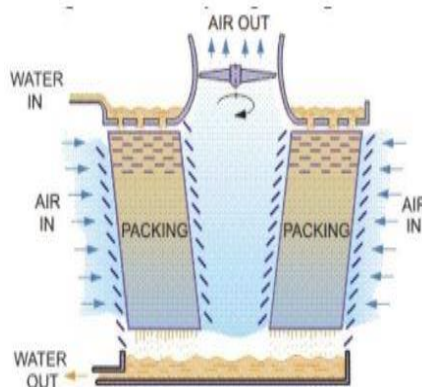
mereka dapat dibagi menjadi menara pendingin basah, basah-kering, dan kering. Dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4. Menara Pendingin Kering (*Dry cooling tower*) (Irawan, 2022)

### 2.3.1.3 Menara pendingin basah-kering (*Wet - dry cooling tower*)

Menara pendingin baru yang diusulkan sebagai metode campuran ini dapat mengurangikonsumsi air hingga sekitar 20% dari menara pendingin tipe basah konvensional (yang merupakan masalah yang tidak diinginkan pada sistem pendingin pembangkit listrik). Gambar 3 menunjukkan struktur menara pendingin Basah/kering. Dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5. Menara Pendingin Basah-Kering (*Wet-dry cooling tower*) (Irawan, 2022)



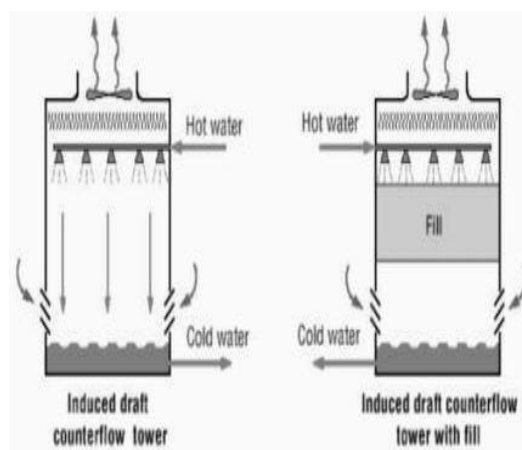
## 2.4 Draft Mekanik Cooling Tower

Sistem *Draft Mekanik cooling tower* dilengkapi dengan satu atau beberapa kipas (*fan*) yang digerakkan secara mekanik sehingga dapat mengalirkan udara. Berdasarkan fungsi kipas yang digunakan *cooling tower* aliran angin mekanik dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Tipe aliran angin dorong (*forced draft*).
2. Tipe aliran angin tarik (*induced draft*).

Aliran udara masuk menara pada dasarnya horizontal, tetapi aliran di dalam bahan pengisi ada yang horizontal seperti yang terdapat pada *cooling tower* aliran silang (*cross flow*) dan ada pula yang vertikal seperti *cooling tower* aliran lawan arah (*counter flow*). Aliran lawan arah lebih sering dipakai dan dipilih karena efisiensi termalnya lebih baik daripada aliran silang. Keunggulan *mechanical draft cooling tower* diantaranya: (Sastrawan & Subagyo, 2020). Dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini.

1. Terjaminnya jumlah aliran udara dalam jumlah yang diperlukan pada segala kondisi beban dan cuaca.
2. Biaya investasi dan konstruksinya lebih rendah.
3. Ukuran dimensinya lebih kecil.
4. Sedangkan kelemahan *mechanical draft cooling tower* adalah:
5. Kebutuhan daya yang besar.
6. Biaya operasi dan pemeliharaan yang besar.
7. Bunyinya lebih ribut.



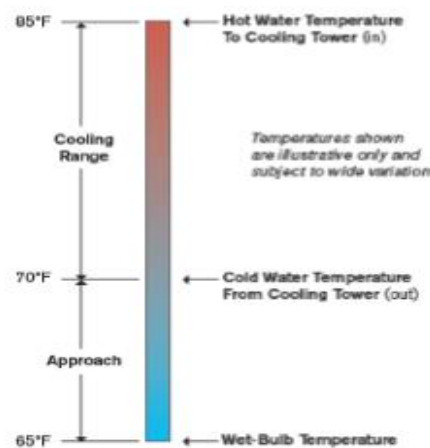
Gambar 2.6. *Draft* yang diinduksi *Cooling Tower* Aliran *Counter Flow*.  
(Sastrawan & Subagyo, 2020)

## 2.5 Performa Menara Pendingin

Performa menara pendingin dievaluasi untuk membahas *approach* dan *range* operasi pada nilai rancangan, indentifikasi area pemborosan energi, dan juga untuk sarana perbaikan. Sebagai evaluasi performa, pemantauan dilaksanakan untuk mengukur parameter-parameter signifikan berikut ini:

- a. Suhu udara *wet bulb*
- b. Suhu udara *dry bulb*
- c. Suhu air masuk menara pendingin
- d. Suhu air keluar menara pendingin
- e. Laju aliran air
- f. Laju aliran udara

Parameter terukur akan digunakan untuk mengukur performa menara pendingin merupakan Parameter yang penting untuk menentukan kinerja dari *counterflow induced draft with fill cooling tower* yaitu *range* dan *approach*. Dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7. *Range* dan *Approach* (Amri et al., 2022)

- a. *Range*

*Range* merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. *Range* yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah

mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik. Rumusnya adalah sebagai berikut.  $Range$  ( $^{\circ}C$ ) = temperatur air masuk ( $^{\circ}C$ ) – temperatur air keluar ( $^{\circ}C$ )  $Range$  bukan ditentukan oleh menara pendingin, namun oleh proses yang dilayaninya.  $Range$  pada suatu alat penukar kalor ditentukan seluruhnya oleh beban panas dan laju sirkulasi air yang melalui penukar panas dan menuju ke air pendingin. Menara pendingin biasanya dikhususkan untuk mendinginkan laju aliran tertentu dari satu suhu ke suhu lainnya pada suhu *wet bulb* tertentu.

b. *Approach*

*Approach* adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu *wet bulb ambien*. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara pendingin. Walaupun *range* dan *approach* harus dipantau, akan tetapi, *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.  $Approach$  ( $^{\circ}C$ ) = temperatur air keluar ( $^{\circ}C$ ) – temperatur *wet bulb* ( $^{\circ}C$ ) Sebagaimana aturan yang umum, semakin dekat *approach* terhadap *wet bulb*, akan semakin mahal menara pendinginnya karena meningkatnya ukuran. Ketika ukuran menara harus dipilih, maka *approach* menjadi sangat penting, yang kemudian diikuti oleh debit air dan udara, sehingga *range* dan *wet bulb* mungkin akan menjadi semakin tidak signifikan.

c. Efektifitas pendinginan

Efektifitas pendinginan merupakan perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektifitas pendinginan suatu menara pendingin.

$$\text{Efektifitas pendingin (\%)} = 100 \% \times \left( \frac{\text{temperatur air masuk} - \text{temperatur air keluar}}{\text{wet bulb}} \right)$$

d. Debit air spesifik

Sesuai dengan ukuran luas penampang menara pendingin dan debit air, maka dapat dihitung debit air spesifik dengan rumus sebagai berikut.

$$m_{sp.} = A_{tower} \times v$$

dimana  $m_{sp.}$  = debit air spesifik ( $\ell / \text{min}/m^2$ )

m = debit air ( $\ell/\text{menit}$ )

$A_{tower}$  = luas penampang menara pendingin ( $m^2$ )

$V$  = laju air ( $m^3$ /menit)

e. Kapasitas pendinginan (*cooling load*)

Kapasitas pendinginan suatu menara pendingin adalah setara dengan kemampuan menara pendingin tersebut dalam membuang panas ke lingkungan. Kapasitas pendinginan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.  $Q = mc \cdot \Delta T$  Sedangkan kapasitas pendinginan spesifik persatuan luas penampang menara pendingin dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut. (Handoyo, 2015)

$$Q_{sp} = \frac{Q}{A_{tower}}$$

dimana  $Q$  = kapasitas pendinginan ( kW)

$m$  = debit air (kg/s)

$C_p$  = kalor jenis air (KJ/kg $^{\circ}C$ )

$\Delta T$  = Perbedaan suhu air masuk dan suhuair keluar ( $^{\circ}C$ )

$A_{tower}$  = luas penampang menara pendingin ( $m^2$ )

## 2.6 Konstruksi dan Komponen Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

Dari konstruksi menara pendingin (*cooling tower*) memiliki berbagai macam jenis komponen komponen secara garis besar terdiri dari beberapa komponen dasar yang meliputi rangka menara pendingin dan wadah, bahan pengisi, bahan pengisi *spalash fill* dan bahan pengisi *fill film*, kipas/*fan*, pipa *sprinkle*, kolam air dingin (*water basin*), eliminators aliran, saluran masuk udara, *louvers*, *nozzel* dan *flowmeter* udara.

### 1. Kerangka pendukung (*Tower Support*)

Pada menara pendingin (*cooling tower*) kerangka pendukung *tower support* berfungsi dan sangat berperan penting dalam pembuatan suatu menara pendingin dan kerangka pendukung atau disebut tower support ini juga dapat mendukung *cooling tower* menara pendingin agar menara pendingin ini dapat berdiri dengan tegak dan kokoh. Dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Kerangka Pendukung *Tower support* (Effendi & Saputra, 2020)

## 2. Wadah atau Rangka

Wadah dan rangka hampir semua jenis *cooling tower*, memiliki rangka terstruktur yang menunjang tutup luarnya, yang meliputi didalamnya terdapat motor, *fan*, dan komponen lainnya. Namun untuk unit *cooling tower* yang lebih kecil seperti *fiber glass*, wadahnya dapat menjadi rangkanya. Dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9. Wadah atau rangka

## 3. Kipas / *fan*

Kipas /*Fan* berfungsi untuk menarik udara dan kemudian mensirkulasikannya di dalam menara pendingin (*cooling tower*) yang bertujuan untuk mendinginkan air, jika *fan* atau kipas tidak berfungsi dengan baik maka kinerja menara pendingin

(*cooling tower*) tidak optimal, kipas ini digerakkan oleh sebuah motor listrik yang langsung dikopel pada poros kipasnya, dua jenis *fan* yang biasa digunakan : *fan* aksial (jenis baling baling) dan *fan* sentrifugal. Bahan yang digunakan untuk *fan* adalah jenis aluminium, *fiber glass* dan baja yang digalvanis celup panas, baling-baling *fan* dari baja galvalum, *aluminium*, *plastic* yang diperkuat oleh *fiber glass* cetak. Dapat dilihat pada Gambar 2. 10 dibawah ini.



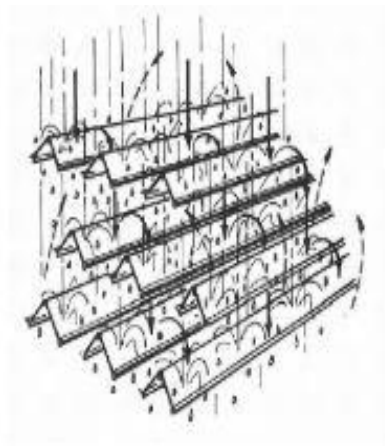
Gambar 2.10. Kipas/*fan*

#### 4. Bahan Pengisi

Pada Umumnya terdapat dua jenis bahan pengisi, yaitu :

a. Bahan pengisi berbentuk percikan/*Splash fill*:

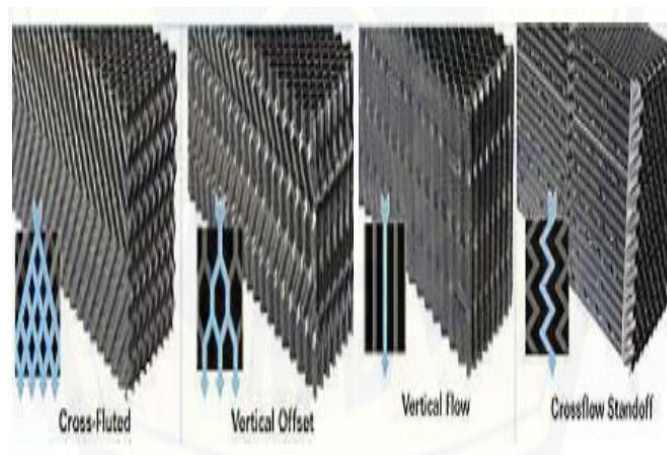
Pada bahan pengisi bentuk *spalash fill* merupakan salah satu bentuk model *filler* bahan pengisi yang berlubang dan pada model *sflash fill* ini memiliki banyak model bentuk lubang *splash fill* seperti bentuk lubang lingkaran, bentuk lubang persegi kotak, dan bentuk lubang segitiga. Air jatuh diatas lapisan yang berurut dari batang pemercik horizontal, secara terus menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil, sambil membasahi permukaan *filler* bahan pengisi. Bahan pengisi percikan dari plastik memberikan perpindahan panas yang lebih baik dari pada bahan pengisi percikan dari kayu. Dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11. Bahan Pengisi *Splash fill* (Ayyam et al., 2018)

b. Bahan pengisi berbentuk *fill film*

Pada bahan pengisi *fill film* ini terdiri dari permukaan plastik tipis dengan jarak yang berdekatan dimana di atasnya terdapat semprotan air, membentuk lapisan *film* yang tipis dan melakukan kontak dengan udara. Permukaannya dapat berbentuk datar, bergelombang, berlekuk, atau pola lainnya. Jenis bahan pengisi *film* lebih efisien dan memberi perpindahan panas yang sama dalam volume yang lebih kecil dari pada bahan pengisi jenis *splash*. Dapat dilihat pada Gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12. Bahan Pengisi berbentuk *film* (Saputra, 2020)

## 5. Pipa *Sprinkle*

Pipa *sprinkle* adalah pipa berlubang kecil-kecil sebagai bentuk keluar air kedalam menara pendingin (*cooling tower*), pipa *sprinkle* kemudian di satukan ke dalam *head sprinkle* yang berfungsi untuk mensirkulasikan air secara merata pada menara pendingin (*cooling tower*), pipa *sprinkle* ini juga sebagai alat dimana air keluar dan jatuh dari pipa kedalam menara pendingin dan jatuh pada bahan pengisi, sehingga perpindahan kalor air dapat menjadi efektif dan efisien. Dapat dilihat pada Gambar 2.13 dibawah ini.

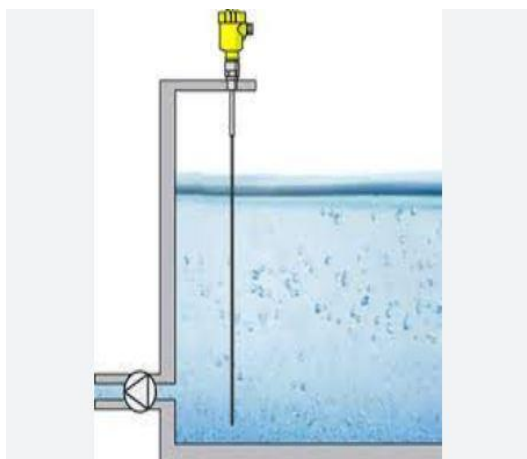


Gambar 2.13. Pipa *Srinkle*

## 6. *Water Basin* ( Baskom Air)

*Water basin* atau kolam air dingin terletak pada bagian bawah menara pendingin, *water basin* atau baskom air berfungsi sebagai tempat dimana telah terjadi sirkulasi air panas yang keluar melalui pipa *sprinkle* kemudian sirkulasi dengan bahan pengisi pada menara pendingin dan *water basin* kemudian menerima air dingin yang mengalir turun melalui menara pendingin dan bahan pengisi, *water basin* memiliki sebuah lubang atau titik terendah *water basin* untuk pengeluaran air dingin. Dapat dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini.





Gambar 2.14. *Water basin*

7. *Inlet Louver* (Saluran Masuk)

*Inlet louver* berfungsi sebagai tempat masuknya udara melalui lubang-lubang yang ada, melalui *inlet louver* akan terlihat kualitas air yang akan didistribusikan. Dapat dilihat pada Gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15. Pintu Masuk *Louver*

8. *Flowmeter* udara

*Flowmeter* udara berfungsi untuk menghitung besaran massa udara yang masuk dan keluar dari menara pendingin, Pengukur aliran (*flowmeter*) adalah suatu alat yang dipakai untuk mengetahui kecepatan aliran, volume, atau total fluida yang mengalir dalam waktu tertentu, alat ukur ini akan menunjukkan data ukuran berupa angka, *flowmeter* berfungsi untuk mengetahui adanya suatu aliran dengan segala

aspek aliran itu sendiri, yang meliputi kecepatan aliran dan total massa atau volume dari fluida yang mengalir dalam jangka waktu tertentu. Dapat dilihat pada Gambar 2. 16 dibawah ini.



Gambar 2.16 *Flowmeter* udara

## 2.7 Pengaruh Media Bahan Pengisi (*Filler*)

Dalam menara pendingin, air panas didistribusikan di atas media pengisi dan di dinginkan melalui penguapan ketika menuruni menara dan bersentuhan dengan udara. Media pengisi berdampak pada pemakaian energi dalam dua cara:

1. Digunakan listrik untuk memompa ke atas bahan pengisi dan untuk *fan* yang menciptakan *air draft*. Media pengisi yang dirancang secara efisien dengan distribusi air yang cukup, *drift eliminator*, *fan*, *gearbox* dan motor menyebabkan pemakaian listrik yang lebih rendah
2. Pertukaran panas antara udara dan air dipengaruhi oleh luas permukaan pertukaran panas, lamanya waktu pertukaran panas (interaksi) dan turbulensi dalam air mempengaruhi keseksamaan pencampuran. Media pengisi sangat mempengaruhi pertukaran panas, semakin besar pertukaran panas, maka semakin efektif menara pendinginya

### 2.7.1. *Filling material (Filler)*

*Filling material (Filler)* merupakan bagian paling berpengaruh dari menara pendingin yang berfungsi untuk mencampurkan air yang jatuh dengan udara yang

bergerak naik. Air masuk yang mempunyai suhu yang cukup tinggi (33°C) akan disemprotkan ke *filling material*. Pada *filling material* inilah air yang mengalir turun ke *water basin* akan bertukar kalor dengan udara segar dari atmosfer yang suhunya (28°C). Oleh sebab itu, *filling material* harus dapat menimbulkan kontak yang baik antara air dan udara agar terjadi laju perpindahan kalor yang baik. *Filling material* harus kuat, ringan dan tahan lapuk.(Jamaludin et al., 2022). Terdapat tiga jenis bahan pengisi:

1. Media pengisi pemercik (*Splash Fill*)

Media pengisi *splash* menciptakan area perbindahan panas yang dibutuhkan melalui pemercik air di atas media pengisi menjadi butiran air kecil. Luas permukaan butiran air adalah luas permukaan perpindahan panas dengan udara.

2. Media pengisi film (*Film Fill*)

Pada pengisi *film Fill*, air membentuk lapisan tipis pada sisi-sisi lembaran pengisi. Luas-permukaan dari lembaran pengisi adalah luas perpindahan panas dengan udara sekitar. Bahan pengisi *Film fill* dapat menghasilkan penghematan listrik yang signifikan melalui kebutuhan air yang lebih sedikit dan *head* pompa yang lebih kecil.

3. Bahan pengisi sumbatan rendah (*Low-clog film fills*)

Bahan pengisi sumbatan rendah dengan ukuran *flute* yang lebih tinggi saat ini dikembangkan untuk menangani air yang keruh. Jenis ini merupakan pilihan terbaik untuk air laut karena adanya penghematan daya dan kinerjanya dibandingkan tipe bahan pengisi pemercik konvensional.

### 2.7.2. Plat galvalum

Galvalum merujuk pada material baja dengan pelapisan yang mengandung unsur aluminium dan zinc, terdiri dari: 55% unsur coatingnya adalah aluminium, 43,5% adalah unsur seng/zink dan 1,5% unsur silicon. Sifat Aluminium yang tahan karat dikombinasikan dengan Zinc yang keras menjadikan kombinasi dari kedua bahan tersebut lebih tahan karat, kuat dan lebih ringan dibandingkan dengan Galvanis. Bahkan beberapa referensi menyatakan bahwa Baja Ringan zinalum

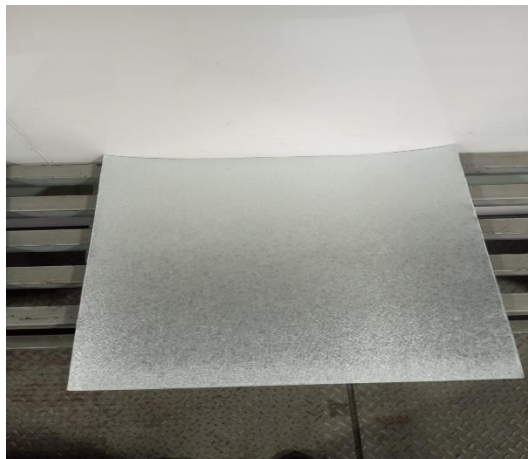
memiliki ketahanan karat/korosi mencapai 4 kali lipat dibanding baja berlapis Galvanis. Adapun beberapa keunggulan dan tingkat efektifitas plat galvalum sebagai berikut :

1. Lebih awet dan tahan lama dari seng biasa
2. Harganya ramah di kantong, lebih murah dari kayu, besi, dan baja berat.
3. Lebih Ekonomis Galvalume sangat ringan, memberikan meter persegi yang lebih luas untuk setiap bobotnya.
4. Tahan Terhadap Korosi Komposisi terbaik antara Zinc dan aluminium nya, mampu memiliki kekuatan 4x lebih baik dari jenis produk baja lainnya pada kondisi yang sama.
5. Mudah Dibentuk Memberikan banyak kemudahan dalam mendesain aplikasi produk.
6. Penampilan Atraktif Permukaan Galvalume yang dipenuhi kembangan yang halus, memberikan penampilan yang berbeda dan sangat menarik.
7. Lapisan Resin Galvalume memiliki lapisan yang bersih, sehingga memberikan tampilan yang lebih indah dengan permukaan akhir yang lembut sehingga mudah dalam proses pewarnaan serta tidak mudah terkena noda.
8. Tahan Terhadap Suhu Tinggi Hasil proses pada suhu permukaan yang 600F, membuat Galvalume mampu bertahan terhadap suhu tinggi tanpa takut akan terjadinya pemudaran warna.
9. Memiliki Kemampuan untuk Memantulkan Panas Baja memiliki sifat penghantar panas (konduktor yang baik), namun Galvalume secara baik mampu menunjukkan sifat memantulkan panas lebih baik dari jenis baja lainnya.

## 2.8 Pembuatan variasi bentuk *filler*

Pembuatan bentuk *filler* pada penelitian ini menggunakan desain *filler* model *splash fill*, *fill film* dan kombinasi model *crossflow splash*. *Crossflow splash* merupakan variasi *filler* yang dirancang agar air dapat mengalir dengan dua jenis aliran. Bahan dasar *filler film* yang digunakan adalah menggunakan bahan plat galvalum dengan ketebalan 0.25 mm. Proses pembuatan plat *filler* masih dilakukan

dengan cara pemotongan plat satu persatu dengan ukuran yang sudah ditentukan. Proses awal adalah mengukur plat galvalum yang akan dipotong menggunakan gunting plat kemudian setelah selesai digunting plat galvalum di ukur untuk berapa ukuran yang akan kita buat bergelombang, pembentukan pola pada plat galvalum lembaran dan selanjutnya adalah proses pemotongan plat sesuai pola. Dapat dilihat pada Gambar 2.17 dan 2.18 dibawah ini.



Gambar 2.17 Pembentukan pola pada plat galvalum lembaran



Gambar 2.18 Proses pemotongan plat *filler* Selanjutnya

Selanjutnya plat yang sudah dipotong dengan ukuran panjang 500 mm dan lebar 300 mm pada sisi dudukan. Proses penekukan plat dilakukan dengan alat bantu berupa mesin press besi siku dan penjepit atau clem c agar proses penekukan plat bisa lebih cepat dan seragam. Dapat dilihat pada Gambar 2.19 dibawah ini.



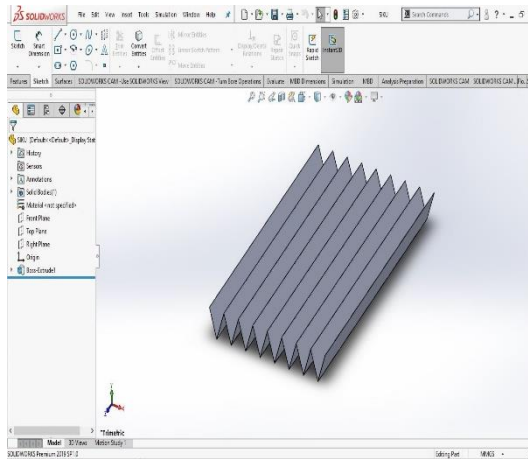
Gambar 2.19 Alat bantu pada proses penekukan plat *filler*

Setelah semua plat *filler* di potong selanjutnya adalah proses penekukan plat *filler* sesuai pola. Proses penekukan plat galvalum untuk mendapatkan pola bergelombang yang ingin dibuat menggunakan alat bantu berupa mesin press benda-benda besi siku. Dapat dilihat pada Gambar 2.20 dibawah ini.



Gambar 2.20 Proses penekukan plat *filler*

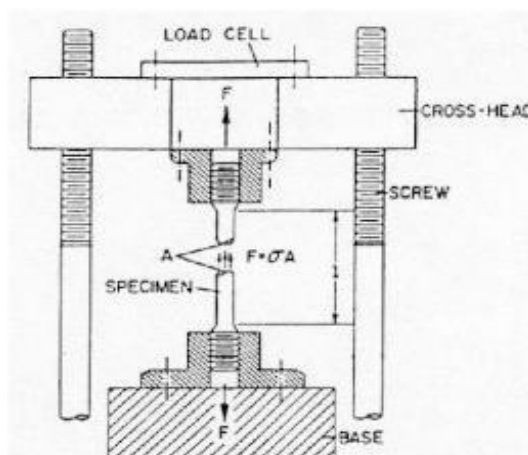
Setelah plat galvalum selesai dibentuk menjadi bahan pengisi menara pendingin *fill film* sesuai pada gambar yang sudah dibuat kemudian bahan pengisi *fill film* bergelombang disatukan menjadi satu bagian dalam satu bingkai *fill* kemudian *filler* bahan pengisi menara pendingin dimasukkan kedalam rangka akrilik menara pendingin (*wet cooling tower*). Dapat dilihat pada Gambar 2.21 dibawah ini.



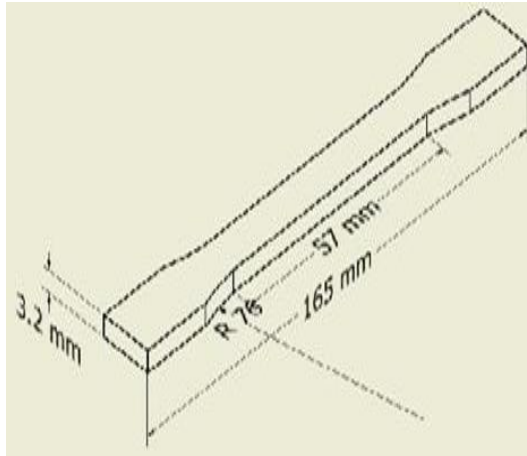
Gambar 2.21 *Filler model film*

## 2.9 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah antara lain adalah Shimadzu, Instron dan Dartec (Maros & Juniar, 2016). Dapat dilihat pada Gambar 2.22 dan 2.23 dibawah ini.



Gambar 2.22 Pengujian Tarik



Gambar 2.23 Spesimen Pengujian Uji Tarik Standart ASTM D 630-90

### 2.10 Proses Pengeleasan (*Welding*)

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu.

### 2.11 Proses Gerinda

Proses gerinda dilakukan untuk memotong atau menghaluskan permukaan bahan sisa pengerjaan, dengan tujuan merapikan sisa pengerjaan. Prinsip kerja proses gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, dan pengasahan. Adapun dari pengertian rumus proses pemotongan gerinda sebagai berikut :

$$\eta \equiv \frac{v \times 1000 \times 60}{\pi \times d} (rpm)$$



## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian Pembuatan *Fill* Bergelombang Pada *Wet Coling Tower* Menggunakan Bahan Plat Galvalum. Dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

#### 3.1.2 Waktu

Proses pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan Penelitian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Penganjuran Judul						
2.	Studi Literatur						
3.	Penyediaan Alat dan Bahan						
4.	Pembuatan fill bergelombang pada wet coling tower berbahan plat galvalum						
5.	Penyelesaian Tulisan						
6.	Seminar Hasil						
7.	Sidang						

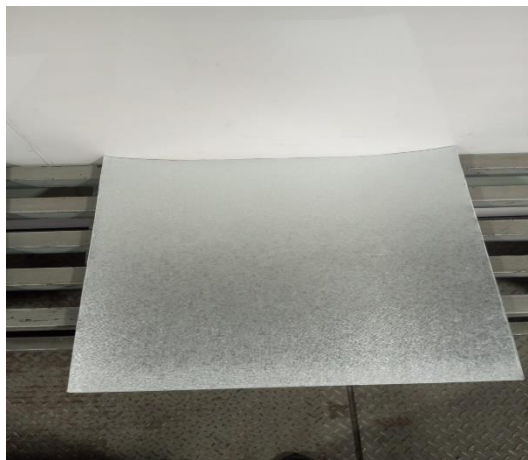
### 3.2 Bahan dan alat

#### 3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk pembuatan *fill wet* bergelombang pada *coling tower* menggunakan bahan plat galvalum sebagai berikut :

##### 1. Plat Galvalum

Plat Galvalum digunakan untuk bahan pengisi *filler* pada menara pendingin *fill* bergelombang pada *wet coling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Plat Galvalum

##### 2. Kawat Las

Kawat las digunakan untuk proses pengelasan rangka dan bingkai *filler* bergelombang menara pendingin (*coling tower*). Dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kawat las

### 3. Cat

Cat digunakan untuk mewarnai rangka *cooling tower*, bak air, pipa saluran udara dan bingkai *fill film* pada *wet cooling tower* dan alat *Coling Tower* lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Cat

### 4. Baut Dan Mur

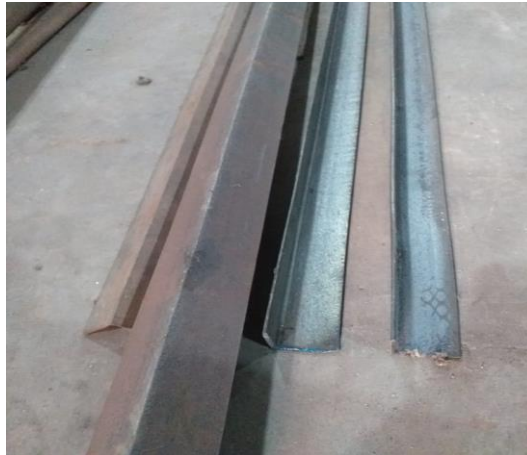
Baut dan mur digunakan untuk mengikat atau mengunci bagian rangka untuk menyatukan rangka dengan akrilik pada *wet cooling tower* dan digunakan juga sebagai untuk memasang sensor arduino dan dapat digunakan pada komponen Menara Pendingin. Dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Baut dan Mur

## 5. Besi siku

Besi siku digunakan untuk membuat rangka *wet cooling tower*, untuk membuat dudukan bak air penampung menara pendingin dan juga digunakan untuk sebagai alat bantu untuk mencetak *filler film* bergelombang, dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Besi siku

### 3.2.2 Alat

#### 1. Gerinda Tangan

Gerinda tangan digunakan untuk menghaluskan permukaan pengelasan, dan juga untuk memotong bagian bingkai plat *filler wet* bergelombang *coling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 3.6.

Tabel 3.2 Spesifikasi Gerinda Tangan

<i>Model Number</i>	GA 4030
<b>RPM</b>	11000
<i>Abrasive Disc (Mm)</i>	100
<i>Weight</i>	1,8
<i>Electrical Power (W)</i>	720



Gambar 3.6 Gerinda Tangan

## 2. Mesin Las

Mesin las KW14-722 digunakan untuk menyatukan tiap-tiap benda kerja, terutama pada saat pengerjaan *filler* bergelombang pada *coling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 3.7.

Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Las

<i>Merk</i>	Krisbow
<i>Type</i>	DC Inverter
<i>Dimension Unit (cm)</i>	40 × 17 × 28
<i>Welding Current Adjustment (A)</i>	5 - 200
<i>Rate Input Power</i>	6.1



Gambar 3.7 Mesin Las

### 3. Kaca Mata Las

Kacamata las berfungsi melindungi mata dari paparan cahaya las dan dapat digunakan untuk gerinda komponen menara pendingin agar dapat melindungi mata dari serpihan serpihan besi pada saat gerinda. Dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Kaca Mata Las

### 4. Sarung Tangan

Sarung tangan berfungsi untuk melindungi kulit tangan pada saat mengelas bagian rangka menara pendingin juga dari benda yang panas pada saat mengelas rangka menara pendingin mengelas bingkai *fill film* dan digunakan untuk melindungi tangan dari benda benda yang tajam. Dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Sarung Tangan

## 5. Bor Tangan

Bor tangan digunakan untuk melubangi benda kerja yang akan disatukan seperti melubangi rangka dan bingkai *fill* menara pendingin untuk menyatukan rangka pada akrilik dan digunakan juga untuk melubang benda kerja . Dapat dilihat pada Gambar 3.10.

Tabel 3.4 Spesifikasi Bor Tangan

<i>Model</i>	GSB 550
RPM tanpa beban	2700
<i>Merk</i>	Bosch
<i>Weight</i> kg	3
<i>Electrical Power</i> (W)	550



Gambar 3.10 Bor Tangan

## 6. Meteran

Meteran Berfungsi untuk mengukur jarak atau panjang. Meteran juga berguna untuk mengukur sudut, membuat sudut siku-siku, dan juga dapat dipakai untuk membuat lingkaran. Pada ujung pita dilengkapi dengan pengait dan diberi magnet agar lebih mudah ketika sedang melakukan pengukuran, dan pita tidak lepas ketika mengukur. Dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Meteran

#### 7. Palu

Digunakan untuk memberikan tumbukan kepada benda Menara Pendingin. Dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Palu

#### 8. Kuas

Kuas digunakan untuk menempelkan cat minyak pada rangka menara pendingin, bak air pipa saluran udara bingkai *fill* dan juga menempelkan cat pada benda kerja menara pendingin. Dapat dilihat pada Gambar 3.13.





Gambar 3.13 Kuas

#### 9. Siku Las

Siku las digunakan untuk proses menyikukan rangka menara pendingin saat pengelasan dan pembuatan bingkai fill dan rangka menara pendingin. Dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Siku Las

#### 10. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang diameter luar maupun diameter dalam suatu benda kerja dalam proses pembuatan menara pendingin. Dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Jangka Sorong

### 11. Mesin Press

Mesin Press digunakan sebagai alat bantu dalam pembuatan *fill* bergelombang, mesin press berperan penting dalam proses pembuatan pola bergelombang menjadi bahan pengisi *filler* yang ingin dibuat membentuk sesuai pada pola *filler* bergelombang pada menara pendingin (*cooling tower*). Dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Mesin Press

### 12. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong plat galvalum dapat dilihat pada Gambar 3.17 dibawah ini.



Gambar 3.17 Gunting

### 13. Laptop / PC

Laptop digunakan untuk pengambilan data simulasi *Wet Cooling Tower* dengan dihubungkannya sensor arduino dan kabel usb kedalam laptop. Dapat dilihat pada Gambar 3.18.

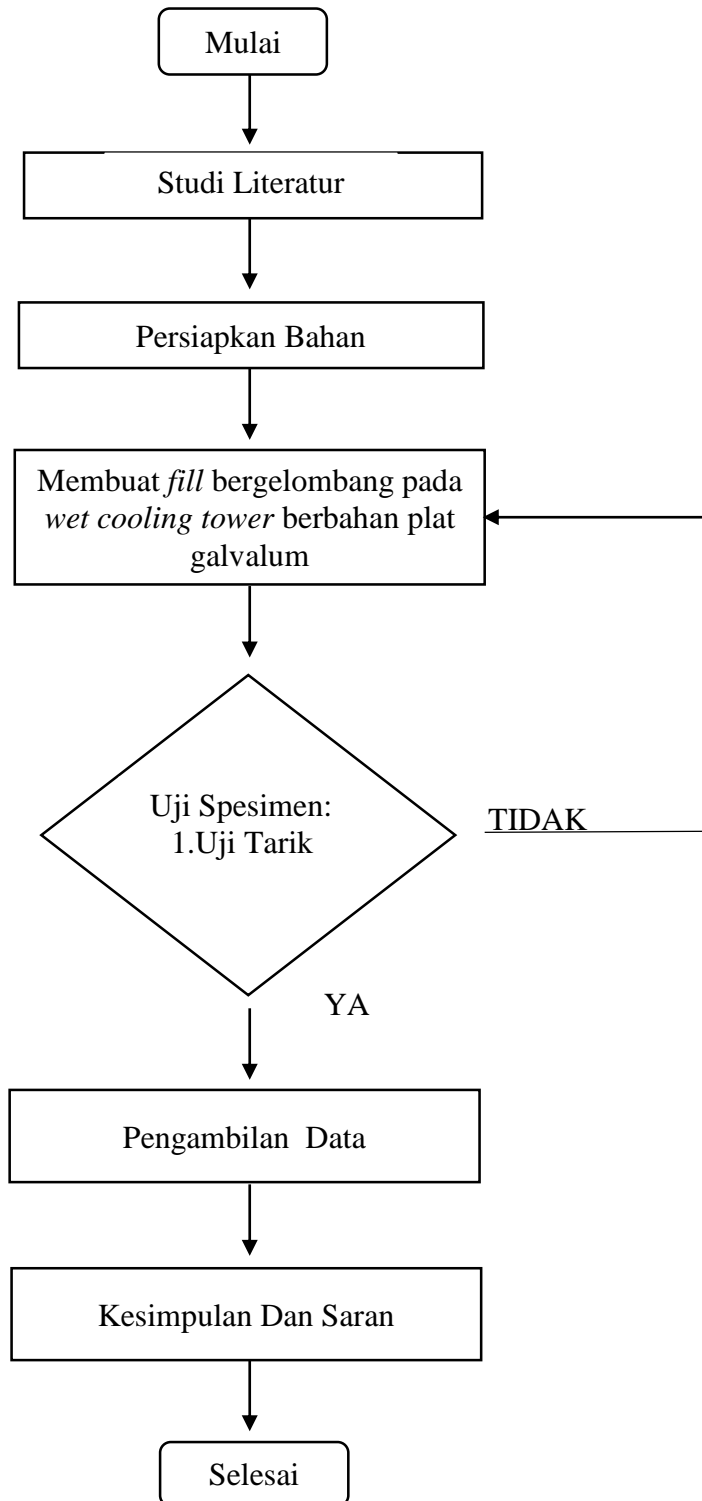
Tabel 3.5 Spesifikasi Laptop / PC yang digunakan

Merk	ASUS
Memory	4G HDD 1 TB
Prosesor	Intel Core i3
Windows	Windows 10
Lebar Layar	14 inch



Gambar 3.18 Laptop / PC

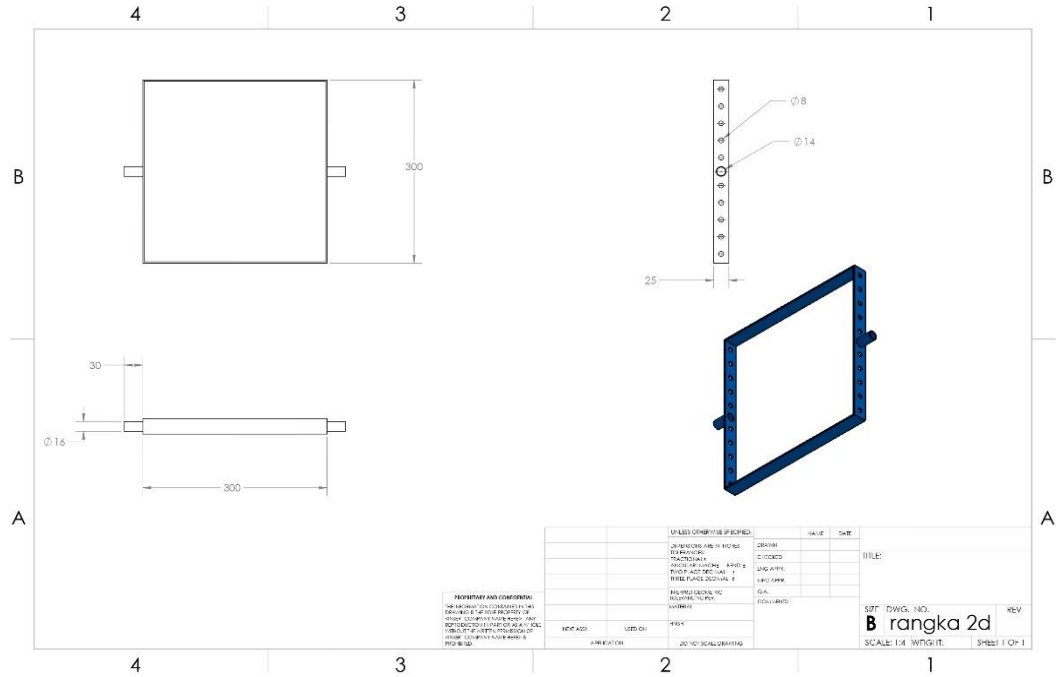
### 3.3 Diagram Alir



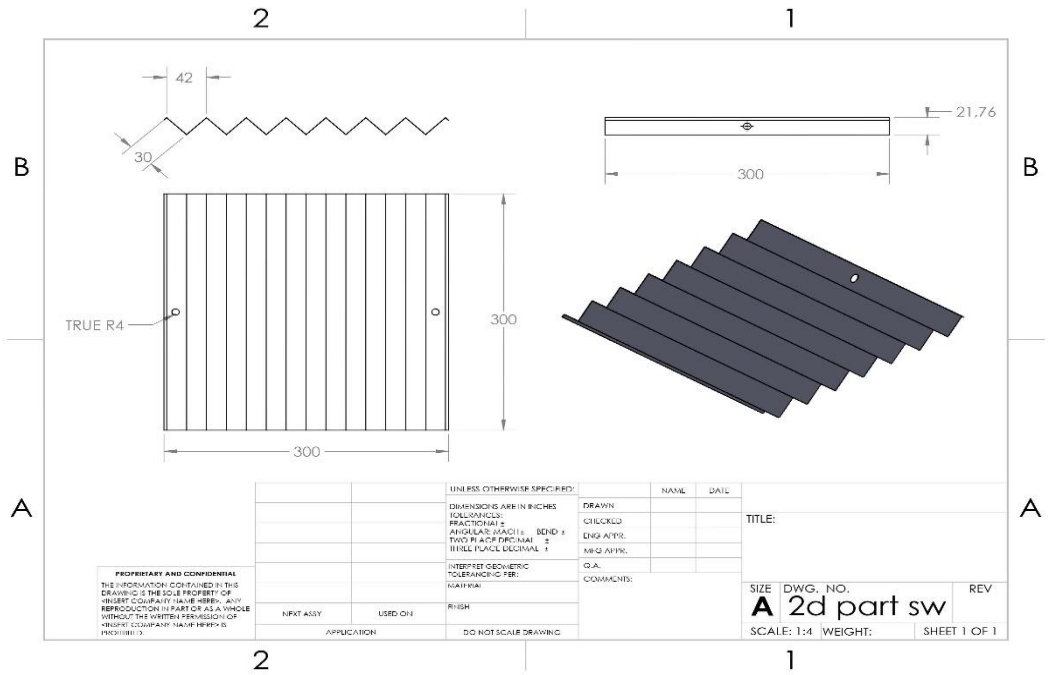
Gambar 3.19 Diagram Alir

### 3.4 Rancangan Alat Penelitian

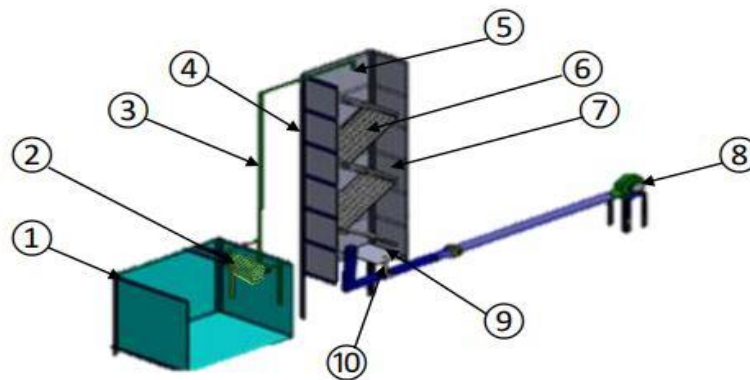
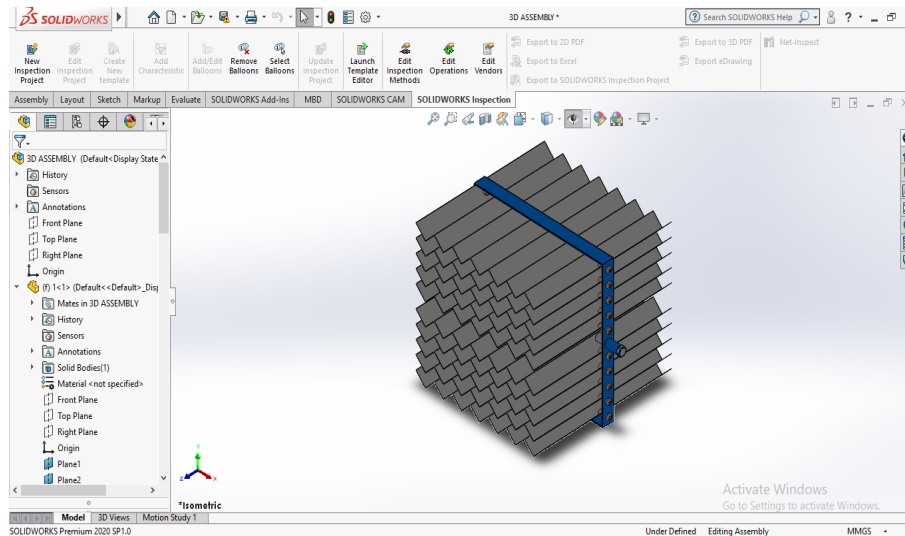
Gambar ini sebagai acuan pembuatan *Fill* bergelombang *wet cooling tower*. Adapun sebagai berikut : Dapat dilihat pada Gambar 3.20 , 3.21 dan 3.22.



Gambar 3.20 Pembuatan Bingkai Rumah dudukan *fill film*



Gambar 3.21 Pembuatan *Fill film wet cooling tower*



Gambar 3.22 *Prototipe Wet Cooling Tower*

Keterangan :

1. Bak Penampung/Wadah air Panas
2. Mesin Pompa Air
3. Pipa air masuk kedalam cooling tower
4. Rangka Akrilik wet cooling tower
5. Air masuk kedalam cooling tower ( $T_{in}$ )
6. Air mengenai filler bahan pengisi cooling tower
7. Suhu lingkungan ( $T_{link}$ ) / suhu wet bulb
8. Mesin Blower
9. Suhu Akhir cooling tower ( $T_{out}$ )
10. Air keluar dari cooling tower masuk kedalam bak penampung

### 3.5 Prosedur Pembuatan

Prosedur Pembuatan *filler wet* bergelombang pada *cooling tower* dengan menggunakan plat galvalum. Perlu prosedur pembuatan sehingga dapat membuat *filler* bergelombang disini meliputi prosedur tersebut.

Langkah langkah proses pembuatan *fill* bergelombang pada *wet cooling tower* berbahan plat galvalum yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 3.5.1 Pembuatan Bingkai rumah dudukan *fill* pada *wet cooling tower*

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti mesin las, gerinda tangan, bor tangan, meteran, siku, jangka, kuas, cat minyak.
2. Sediakan Plat Strip Besi dengan ukuran tebal 0,3 mm, lebar 20 mm, panjang 2400 mm
3. Kemudian mengukur Plat Strip Besi untuk membuat pola persegi
4. Selanjutnya proses penekukan pola pada Plat Strip Besi agar membentuk persegi
5. Jika sudah membentuk kedalam persegi kemudian memotong Plat Strip Besi yang berlebihan dan menyatukan bingkai yang sudah membentuk kedalam persegi dengan menggunakan mesin las
6. Selanjutnya proses pelubangan pada bingkai untuk menyatukan *fill* menjadi satu bagian dengan bingkai
7. Setelah itu proses pengamplasan pada bingkai guna menghilangkan bekas las las dan bekas pelubangan
8. Selanjutnya proses pengecatan pada bingkai berwarna biru oreo dengan cat dana paint
9. Setelah bingkai sesuai pada rangkaian yang ingin kita buat kemudian susun kedalam akrilik

#### 3.5.2 Pembuatan *Filler* pada *wet cooling tower*

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti mesin las, gerinda tangan, bor tangan meteran, siku, jangka.
2. Sediakan plat galvalum dengan ukuran tebal 0,25 mm, lebar 47 mm,

panjang 50 mm.

3. Selanjutnya potong plat galvalum dengan ukuran yang telah dibuat
4. Proses pencetakan plat dilakukan dengan alat bantu berupa mesin press dan besi siku ukuran 40 x 40
5. Selanjutnya letakan plat galvalum tersebut di mesin press dan ambil besi siku yg sudah disiapkan untuk proses percetakan menggunakan mesin press
6. Jika semua plat *filler* sudah selesai di pres kedalam bentuk sesuai pola penekukan dan plat masih menggunakan alat bantu mesin press
7. Setelah plat *filler* sesuai pada rangkaian yang ingin kita buat kemudian plat *filler* disusun ke akrilikfi

### 3.6 Pengujian Uji Tarik

1. Periksa keadaan listrik dan perangkat hidrolik pastikan keadaanya siap untuk beroperasi
2. Mempersiapkan spesimen uji tarik
3. Sambungkan alat uji kedalam panel listrik
4. Mengaktifkan program pada mesin UTM (*Universal Testing Machine*) di PC
5. Memasang cekam pada mesin UTM (*Universal Testing Machine*)
6. Melakukan penyetingan spesimen sebelum di uji
7. Memasukan data ukuran dan jenis spesimen sebelum di uji
8. Memasang spesimen tarik pada cekan mesin UTM (*Universal Testing Machine*)
9. Mengatur beban dalam pengujian
10. Tekan tombol start pada mesin UTM (*Universal Testing Machine*) di PC dan di *Controller*
11. Proses pengujian akan berlangsung
12. Selama pengujian berlangsung bersiap siap untuk menekan tombol stop pada mesin UTM (*Universal Testing Machine*) di PC dan *Controller* ketika benda uji spesimen patah
13. Setelah selesai proses pengujian input hasil data kedalam CD
14. Selesai.



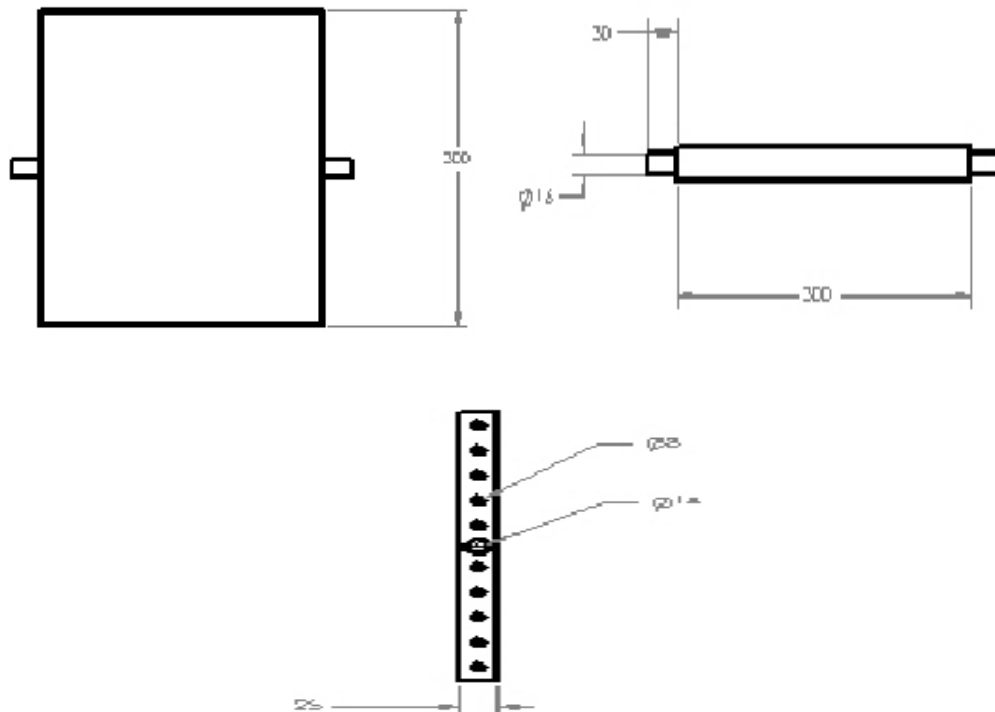
## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pembuatan *Fill Film* Bergelombang pada *Wet Cooling Tower*

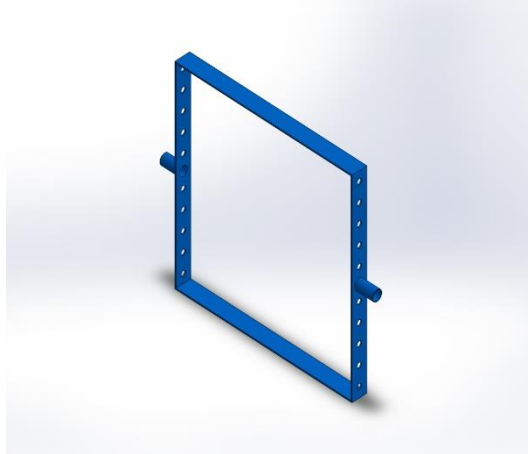
#### 4.1.1. Membuat Bingkai pada *Wet Cooling Tower*

Bingkai pada *Wet Cooling Tower* berupa bentuk persegi berbentuk kotak bermaterial Plat Strip Besi, fungsi bingkai sebagai rumah dudukan dudukan *fill*

1. Membuat plat bingkai untuk rumah dudukan *fill* dengan diameter 2 mm, masing masing panjang persegi pada plat bingkai 300 mm, lebar plat bingkai 25 mm. lubang dudukan rumah *fill* memiliki 11 buah lubang dengan jarak 20 mm lubang untuk masing masing dudukan *fill* berdiameter 8, untuk lubang baut dudukan plat bingkai yang berada di tengah plat bingkai berdiameter 14 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Sketsa Plat Bingkai dudukan rumah *fill*



Gambar 4.2 Sketsa Plat Bingkai dudukan rumah *fill*

2. Sediakan besi plat strip ukuran diameter 2 mm lebar 25 mm dan panjang besi plat 2400 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Plat strip besi 2 mm

3. Mengukur Plat Strip Besi menggunakan meteran dan memotong menggunakan gerinda tangan dan untuk pembentukan pola persegi untuk proses pembuatan pada plat bingkai yang masing masing memiliki ukuran panjang dan lebar 300 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Mengukur Plat Strip Besi

4. Ketika sudah selesai diukur menggunakan meteran Pembentukan Plat Strip Besi kedalam bentuk persegi untuk bingkai rumah dudukan *fill* proses pembentukan *fill* menggunakan alat bantu ragum dan palu atau martil . Dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 proses pembentukan persegi bingkai *fill*

5. Selanjutnya proses pengelasan dimana pengelasan ini untuk menyatukan plat strip besi yang sudah membentuk persegi sesuai pola yang sudah dibuat untuk bingkai pada rumah dudukan *fill*. Dapat dilihat pada Gambar 4.6 Dibawah ini.



Gambar 4.6 mengelas plat strip besi yg sudah di bentuk persegi

6. Melubangi plat strip besi bingkai menggunakan bor tangan dengan ukuran mata bor ukuran 8 mm pada jarak di setiap lubang 20 mm untuk dudukan *fill film*, melubangi pada pertengahan persegi 14 mm untuk baut 12 mm guna memasang *fill* kedalam rangka aklirik *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 proses pelubangn bingkai *fill*

7. Pengamplasan atau penghalusan menggunakan bor tangan ini bertujuan untuk menghilangkan permukaan atau bekas sisa percikan pada saat pengelasan menyatukan bingkai *fill* dan pengamplasan ini juga untuk meratakan dan menghasluskkan pada permukaan bingkai *fill* agar terlihat rapi Dapat dilihat pada Gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8. Pengamplasan Bingkai *fill*

8. Kemudian melakukan pewarnaan pada komponen Bingkai *fill*. Dalam proses dilakukan pengecatan dasar terlebih dahulu, setelah 60 menit cat kembali secara menyeluruh, hal yang dilakukan agar hasil pengecatan tebal dan merata. Dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah ini.

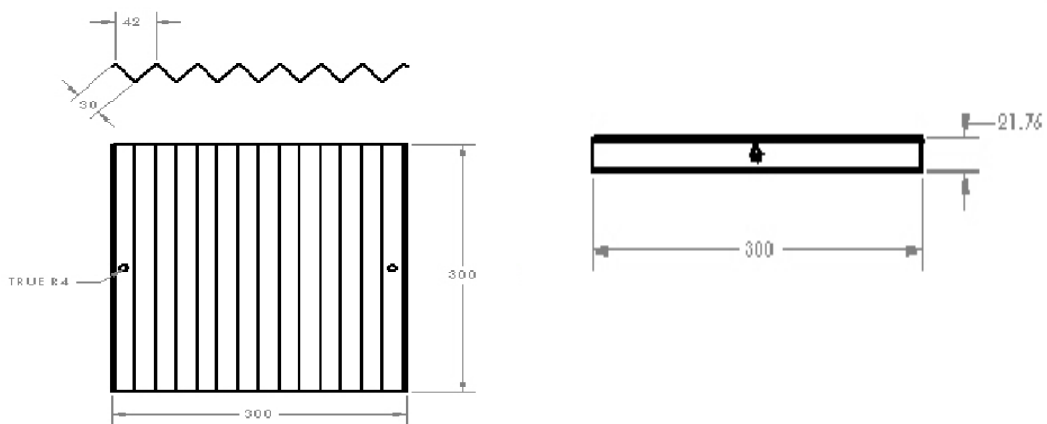


Gambar 4.9 pengecatan pada bingkai

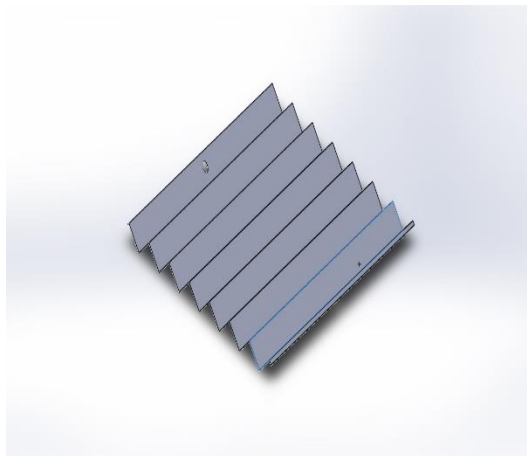
#### 4.1.2. Pembuatan *fill film* bergelombang

*Fill film* pada *Wet Cooling Tower* berupa bentuk bergelombang bermaterial Plat Galvalum 0,25 mm, fungsi bahan pengisi *film* lebih efisien dan memberi perpindahan panas yang sama dalam volume yang lebih kecil dari pada bahan pengisi jenis *splash*.

Membuat *fill film* bergelombang *wet cooling tower* bahan plat galvalum 0,25 mm dengan panjang awal 500 mm, dan lebar awal 300 mm, proses pembentukan pola bergelombang menggunakan alat bantu seperti mesin press dan besi siku ukuran 40 x 40 untuk proses mebuat *fill* bergelombang, hasil akhir *fill film* menjadi 7 gelombang dengan diameter *fill* 30 mm dan derajat 42 mm, masing masing panjang akhir pembuatan *fill film* menjadi 300 mm, lebar *fill film* 300 mm. lubang baut pada *fill* berdiameter 8 mm fungsi nya untuk menyatukan *fill film* kedalam bingkai. Dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11

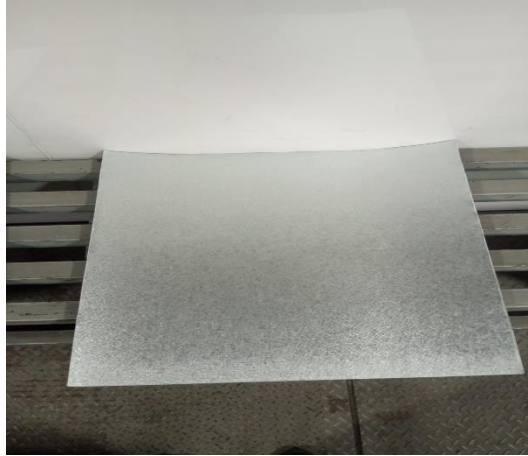


Gambar 4.10 Sketsa *fill film wet cooling tower*



Gambar 4.11 Sketsa *fill film wet cooling tower*

1. Sediakan plat galvalum ukuran diameter 0,25 mm, dimana plat galvalum ini berfungsi sebagai bahan pengisi *filler* menara pendingin *fill* bergelombang pada *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 4.12 plat galvalum

2. Mengukur Plat Galvalum menggunakan meteran atau roll untuk membuat pola pada *fill film* bergelombang spesimen awal panjang untuk ukuran *filler* nya 500 mm dan lebar 300 mm, Dapat dilihat pada Gambar 4.13 dibawah ini



Gambar 4.13 Mengukur Plat galvalum

3. Jika plat galvalum sudah diukur berapa panjang dan lebar yang akan kita potong untuk tahap pembuaan *filler* kemudian menggantung plat Galvalum tebal 0,25 mm menggunakan gunting khusus pemotong plat, Dapat dilihat pada Gambar 4.14 dibawah ini



Gambar 4.14 Menggunting plat galvalum

4. Pembentukan pola bergelombang pada *fill film* berdiameter 30 mm dan derajat 42 mm menggunakan alat bantu mesin press dan besi siku ukuran 40 x 40, pada mesin press ini berfungsi untuk menekan plat galvalum dan besi siku ini berfungsi untuk ditempelkan dengan plat galvalum untuk membentuk *filler* bergelombang setelah mendapatkan tekanan dari mesin press maka *fill* bergelombang mendapatkan hasil yang bagus dan berhasil sesuai gambar. Dapat dilihat pada Gambar 4.15 dibawah ini



Gambar 4.15 pembentukan pola bergelombang

5. Kemudian melubangi *filler* bergelombang menggunakan bor tangan, Proses pelubangan pada bagian tengah *fill film* yang sudah selesai pada proses pembentukan pola, fungsi lubang untuk menyatukan *fill film* kepada bingkai *fill*, berdiameter 8 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.16 dibawah ini.





Gambar 4. 16 Pelubangan pada bagian ujung *fill film*

#### 4.1.3. Perakitan Alat

Perakitan merupakan tahapan dimana suatu komponen-komponen disatukan adalah sebagai berikut:

1. Letakan *fill film* bergelombang kedalam bingkai dan menyatukan atau menggabungkan *fill* dengan bingkai menggunakan baut dan mur dengan ukuran 8 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17 Perakitan *fill film* bergelombang

2. Kemudian memasang atau menyatukan *fill film* bergelombang kedalam rangka akrilik menara pendingin (*wet cooling tower*) dengan ukuran baut dan mur 12 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 Pemasangan *fill* kedalam rangka akrilik *Cooling Tower*

## 4.2. Hasil Uji Tarik

### 4.2.1. Hasil pengujian tarik dan data gambar grafik pengujian

Berdasarkan hasil pengujian tarik material plat galvalum di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, spesimen dengan plat galvalum, lebar 185 mm, lebar 25 mm tebal 0,25 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.19, 4.21, 4.23, 4.25, 4.27 dan 4.29 dibawah ini.

#### 1. Pengujian tarik pada spesimen pertama.



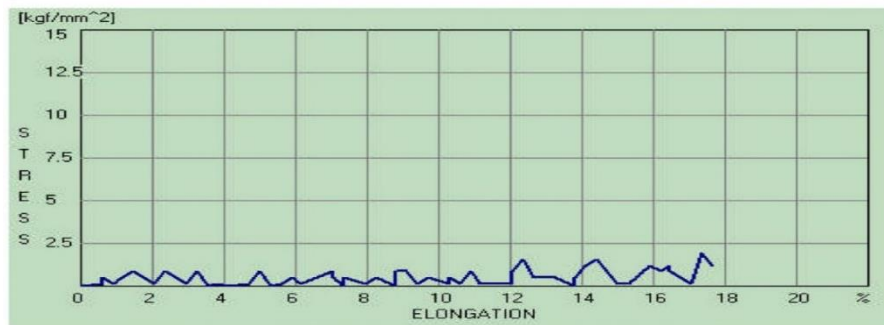
Gambar 4.19 Spesimen percobaan pertama setelah Uji Tarik

Dari gambar pengujian spesimen diatas, dapat diperoleh grafik seperti dibawah ini: Grafik tegangan dan regangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.20 dibawah ini.



**TEST REPORT**

Test No. :	1	Max. Force :	7.21 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	4.55 (kgf)
Date Test :	13-3-2023 ; 0:56:24	Yield Strength :	4.00 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	1.92 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	3.75 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	17.65 (%)



Kapropdi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar 4. 20 Grafik percobaan pertama tegangan dan regangan

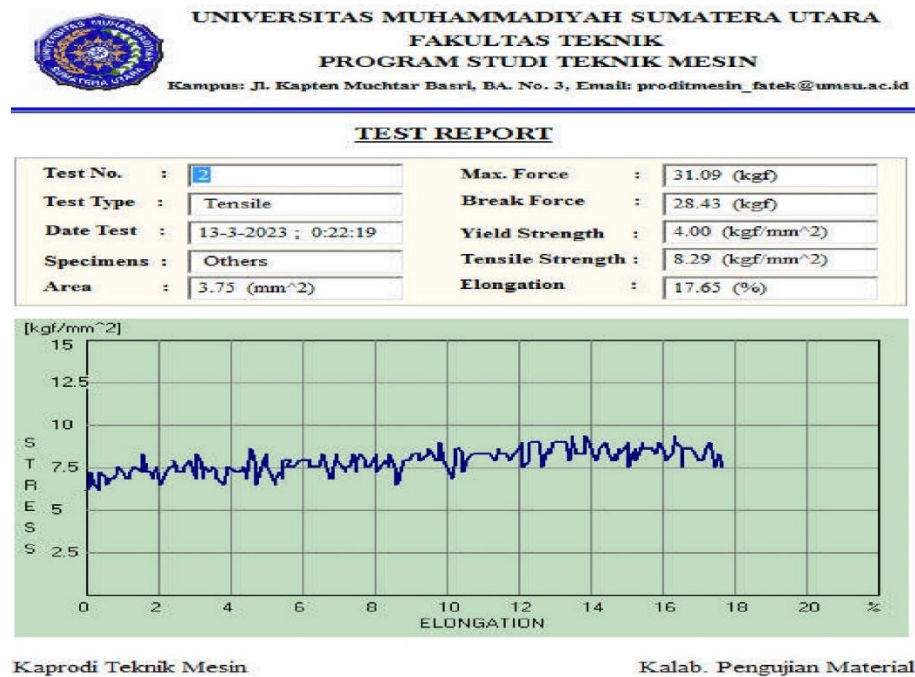
Pada grafik plat galvalum mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan pada spesimen, terlihat pada spesimen mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force*) 7.21 kgf, tegangan putus (*break force*) 4.55 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, daya tarik (*tensile strength*) 1.92 kgf/mm<sup>2</sup>, pemanjangan (*elongation*) 17.65%.

2. Pengujian tarik pada spesimen kedua..



Gambar 4.21 Spesimen Percobaan kedua Setelah Uji Tarik

Dari gambar pengujian spesimen diatas, dapat diperoleh grafik seperti dibawah ini:  
Grafik tegangan dan regangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.22 dibawah ini.



Gambar 4. 22 Grafik Tegangan Dan Regangan

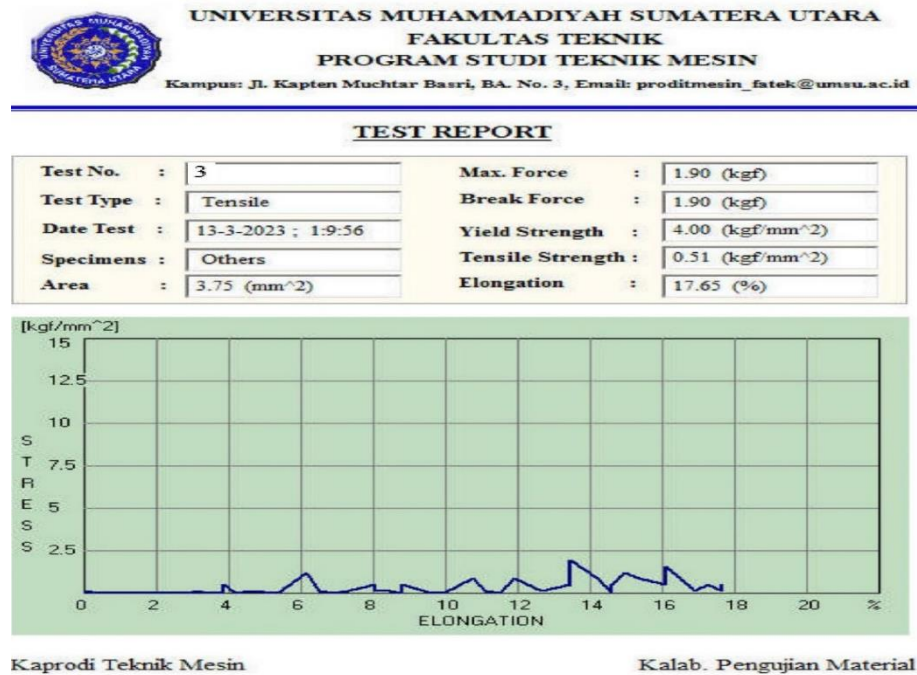
Pada grafik plat galvalum mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan pada spesimen, terlihat pada spesimen mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force*) 31.09 kgf, tegangan putus (*break force*) 28.43 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, daya tarik (*tensile strength*) 8.29 kgf/mm<sup>2</sup>, pemanjangan (*elongation*) 17.65%.

### 3. Pengujian tarik pada spesimen ketiga.



Gambar 4.23 Spesimen percobaan ketiga Setelah Uji Tarik

Dari gambar pengujian spesimen diatas, dapat diperoleh grafik seperti dibawah ini:  
Grafik tegangan dan regangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.24 dibawah ini.



Gambar 4. 24 Grafik percobaan ketiga Tegangan Dan Regangan

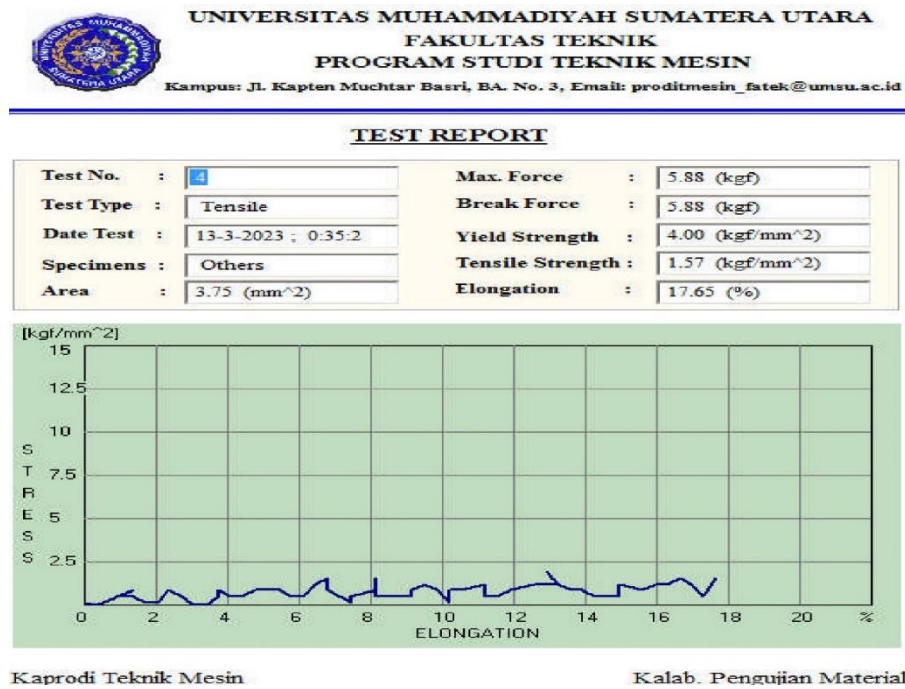
Pada grafik plat galvalum mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan pada spesimen, terlihat pada spesimen mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force*) 1.90 kgf, tegangan putus (*break force*) 1.90 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, daya tarik (*tensile strength*) 0,51 kgf/mm<sup>2</sup>, pemanjangan (*elongation*) 17.65%.

#### 4. Pengujian tarik pada spesimen keempat.



Gambar 4.25 Spesimen percobaan keempat Setelah Uji Tarik

Dari gambar pengujian spesimen diatas, dapat diperoleh grafik seperti dibawah ini:  
Grafik tegangan dan regangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.26 dibawah ini.



Gambar 4. 26 Grafik percobaan keempat Tegangan Dan Regangan

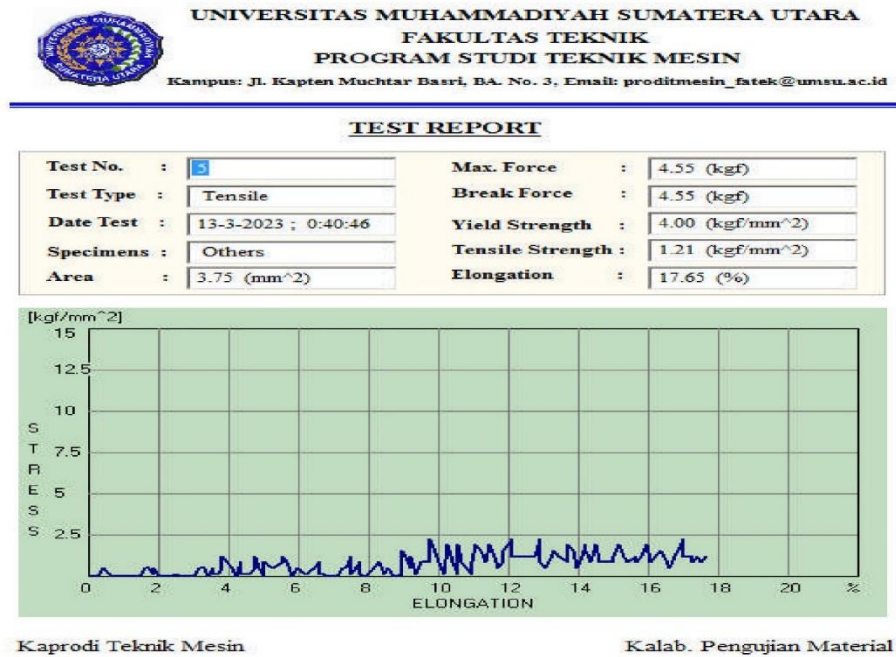
Pada grafik plat galvalum mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan pada spesimen, terlihat pada spesimen mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force* ) 5,88 kgf, tegangan putus (*break force*) 5,88 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup> , daya tarik (*tensile strength*) 1,57 kgf/mm<sup>2</sup> , pemanjangan (*elongation*) 17.65%.

5. Pengujian tarik pada spesimen ke lima



Gambar 4.27 Spesimen percobaan ke lima Setelah Uji Tarik

Dari gambar pengujian spesimen diatas, dapat diperoleh grafik seperti dibawah ini: Grafik tegangan dan regangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.28 dibawah ini.



Gambar 4. 28 Grafik percobaan kelima Tegangan Dan Regangan

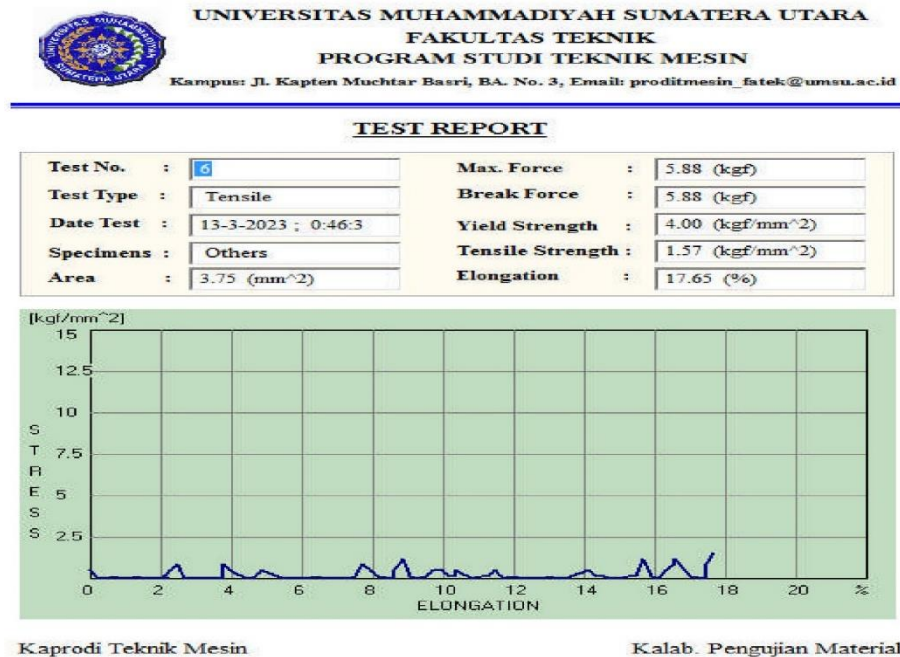
Pada grafik plat galvalum mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan pada spesimen, terlihat pada spesimen mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force*) 4.55 kgf, tegangan putus (*break force*) 4.55 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, daya tarik (*tensile strength*) 1,21 kgf/mm<sup>2</sup>, pemanjangan (*elongation*) 17.65%.

#### 6. Pengujian tarik pada spesimen ke enam



Gambar 4.29 Spesimen percobaan ke enam Setelah Uji Tarik

Dari gambar pengujian spesimen diatas, dapat diperoleh grafik seperti dibawah ini: Grafik tegangan dan regangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.30 dibawah ini.



Gambar 4. 30 Grafik percobaan ke enam Tegangan Dan Regangan

Pada grafik plat galvalum mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan pada spesimen, terlihat pada spesimen mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force*) 5,88 kgf, tegangan putus (*break force*) 5,88 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, daya tarik (*tensile strength*) 1,57 kgf/mm<sup>2</sup>, pemanjangan (*elongation*) 17.65%.

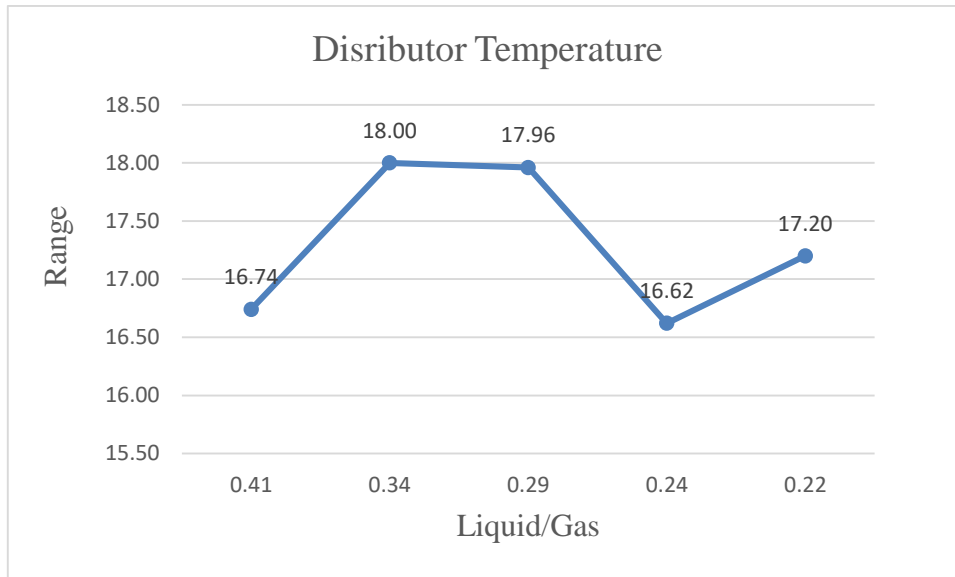
Berdasarkan hasil enam pengujian kekuatan tarik maka dapat disimpulkan bahwa nilai rata rata setiap pengujian pada spesimen plat galvalum mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force*) 9,41 kgf, tegangan putus (*break force*) 8,53 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, daya tarik (*tensile strength*) 2,51 kgf/mm<sup>2</sup>, pemanjangan (*elongation*) 17.65%. sedangkan berat massa air yang digunakan dalam pengujian fill bergelombang berkisar 5 kg/menit. Maka bahan plat galvalum yang digunakan dengan tebal 0,25 mm layak digunakan untuk pembuatan fill bergelombang karena kekuatan maksimal plat galvalum lebih tinggi dari pada berat massa air yang digunakan.



#### 4.2.2. Karakteristik unjuk kerja *fill film* bergelombang

##### 1. *Range*

Merupakan perbedaan antara suhu air masuk dan keluar menara pendingin. *Range (cooling tower)* yang tinggi bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan kinerjanya bagus. Rumusnya *Range (°C)* = (suhu masuk (°C) – suhu keluar (°C)) Pada pengujian *fill film* bergelombang pada menara pendingin terdapat variasi pengujian kecepatan udara menggunakan blower dengan frekuensi kecepatan blower 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz, Grafik dibawah ini menunjukkan hasil pengujian distribusi temperature pada nilai *range*, dimana pada percobaan pertama suhu awal air masuk kedalam *wet cooling tower* 60,09 °C, suhu air setelah mengenai *fill film* 55,20 °C dan suhu akhir yang keluar dari *wet cooling tower* 43,63 °C penurunan suhu pada percobaan pertama sebesar 16,46 °C dan didapat nilai *range* nya 16,74 °C. Pada percobaan kedua suhu awal air masuk *wet cooling tower* 62,28 °C, suhu air mengenai *fill film* 55,66 °C dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower* 42,37 °C penurunan suhu nya sebesar 19,91 °C dan didapat nilai *range* nya 18,00 °C. Pada percobaan ketiga awal suhu air masuk *wet cooling tower* 59,43 °C, suhu air mengenai *fill film* 53,09 °C dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower* 41,41 °C maka penurunan suhu nya sebesar 18,02 °C dan didapat nilai *range* nya 17,96 °C. Pada percobaan ke empat suhu awal air masuk *wet cooling tower* 61,64 °C, suhu air mengenai *fill film* 52,03 °C dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower* 47,22 °C maka penurunan suhu nya sebesar 14,42 °C dan didapat nilai *range* nya 16,62 °C. Pada percobaan ke lima suhu awal air masuk *wet cooling tower* 60,36 °C, suhu air mengenai *fill film* 52,03 °C dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower* 42,96 °C maka penurunan suhu nya sebesar 17,4 °C dan didapat nilai *range* nya 17,20 °C. Dapat dilihat pada Gambar 4.32 dibawah ini.

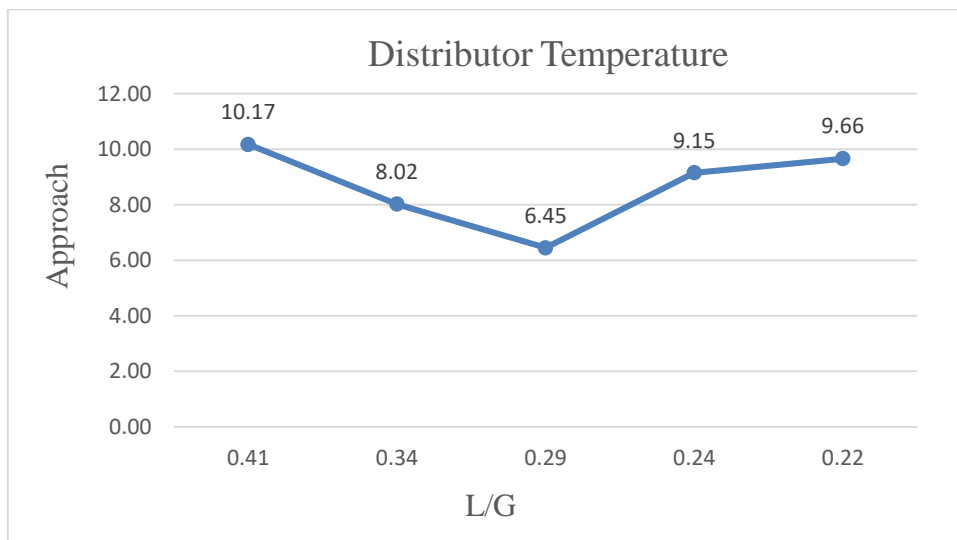


Gambar 4.31 Distributor *Temperature Range*

## 2. *Approach*

Merupakan perbedaan antara suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu *web bulb ambien*. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara pendingin. Walaupun, *range* dan *approach* harus dipantau, *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin. Rumusnya *Approach CT* ( $^{\circ}C$ ) = (suhu keluar ( $^{\circ}C$ ) - suhu *wet bulb* ( $^{\circ}C$ )). Pada pengujian fill bergelombang pada menara pendingin (*wet cooling tower*) terdapat variasi pengujian kecepatan udara menggunakan blower dengan frekuensi kecepatan blower 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz, Grafik dibawah ini menunjukkan hasil pengujian distribusi temperature pada nilai *approach* hasil distribusi *temperature* pada nilai *approach*, dimana pada percobaan pertama suhu awal air masuk kedalam *wet cooling tower*  $63,73^{\circ}C$ , suhu air setelah mengenai *fill film*  $58,02^{\circ}C$  dan suhu akhir yang keluar dari *wet cooling tower*  $45,86^{\circ}C$  maka penurunan suhu pada percobaan pertama sebesar  $17,87^{\circ}C$  dan didapat nilai *approach* nya  $10,17^{\circ}C$ . Pada percobaan kedua suhu awal air masuk *wet cooling tower*  $59,76^{\circ}C$ , suhu air mengenai *fill film*  $54,68^{\circ}C$  dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower*  $42,81^{\circ}C$  maka penurunan suhu nya sebesar  $16,95^{\circ}C$  dan didapat nilai *approach* nya  $8,02^{\circ}C$ . Pada percobaan ketiga awal suhu air masuk *wet cooling tower*  $59,38^{\circ}C$ , suhu air mengenai *fill film*  $53,26^{\circ}C$  dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower*  $41,22$

$^{\circ}\text{C}$  maka penurunan suhu nya sebesar  $18,16^{\circ}\text{C}$  dan didapat nilai *approach* nya  $6,45^{\circ}\text{C}$  . Pada percobaan ke empat suhu awal air masuk *wet cooling tower*  $59,90^{\circ}\text{C}$  ,suhu air mengenai *fill film*  $52,57^{\circ}\text{C}$  dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower*  $42,67^{\circ}\text{C}$  maka penurunan suhu nya sebesar  $17,23^{\circ}\text{C}$  dan didapat nilai *approach* nya  $9,15^{\circ}\text{C}$  . Pada percobaan ke lima suhu awal air masuk *wet cooling tower*  $59,24^{\circ}\text{C}$  ,suhu air mengenai *fill film*  $51,16^{\circ}\text{C}$  dan suhu akhir air keluar *wet cooling tower*  $42,57^{\circ}\text{C}$  maka penurunan suhu nya sebesar  $16,57^{\circ}\text{C}$  dan didapat nilai *approach* nya  $9,66^{\circ}\text{C}$  . Dapat dilihat pada Gambar 4.31 dibawah ini.



Gambar 4.32 Distributor *Temperature Approach*

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan *fill film* bergelombang dan pengujian uji tarik yang dilakukan dapat kesimpulan beberapa hal yaitu:

1. Membuat *fill film* bergelombang *wet cooling tower* bahan plat galvalum 0,25 mm dengan panjang awal 500 mm, dan lebar awal 300 mm, proses pembentukan pola bergelombang menggunakan alat bantu seperti mesin press dan besi siku ukuran 40 x 40 untuk proses membuat *fill* bergelombang, hasil akhir *fill film* menjadi 7 gelombang dengan diameter *fill* 30 mm dan derajat 42 mm, masing masing panjang akhir pembuatan *fill film* menjadi 300 mm, lebar *fill film* 300 mm. lubang baut pada *fill* berdiameter 8 mm fungsinya untuk menyatukan *fill film* kedalam bingkai.
2. Berdasarkan enam hasil pengujian kekuatan tarik maka dapat disimpulkan bahwa nilai rata rata setiap pengujian pada spesimen plat galvalum mendapatkan kekuatan maksimal (*max. force*) 9,41 kgf, tegangan putus (*break force*) 8,53 kgf, menghasilkan kekuatan (*yield strength*) 4.00 kgf/mm<sup>2</sup>, daya tarik (*tensile strength*) 2,51 kgf/mm<sup>2</sup>, pemanjangan (*elongation*) 17.65%. sedangkan berat massa air yang digunakan dalam pengujian *fill* bergelombang berkisar 5 kg/menit. Maka bahan plat galvalum yang digunakan dengan tebal 0,25 mm layak digunakan untuk pembuatan *fill* bergelombang karena kekuatan maksimal plat galvalum lebih tinggi dari pada berat massa air yang digunakan.
3. Karakteristik unjuk kerja *fill film* bergelombang untuk dapat mengetahui nilai *range* dan *approach*, pada nilai *range* dengan frekuensi kecepatan blower 10 Hz maka *range* nya 16,74, 20 Hz nilai *range* nya 18,00, 30 Hz maka nilai *range* nya 17,96, 40 Hz maka nilai *range* nya 16,62, 50 Hz maka nilai *range* nya 17,20. Pada *Approach* dengan frekuensi kecepatan blower 10 Hz maka *approach* nya 10,17, 20 Hz maka *approach* nya 8,02, 30 Hz maka *approach* nya 6,45, 40 Hz maka *approach* nya 9,15, 50 Hz maka *approach* nya 9,66.

## 5.2. Saran

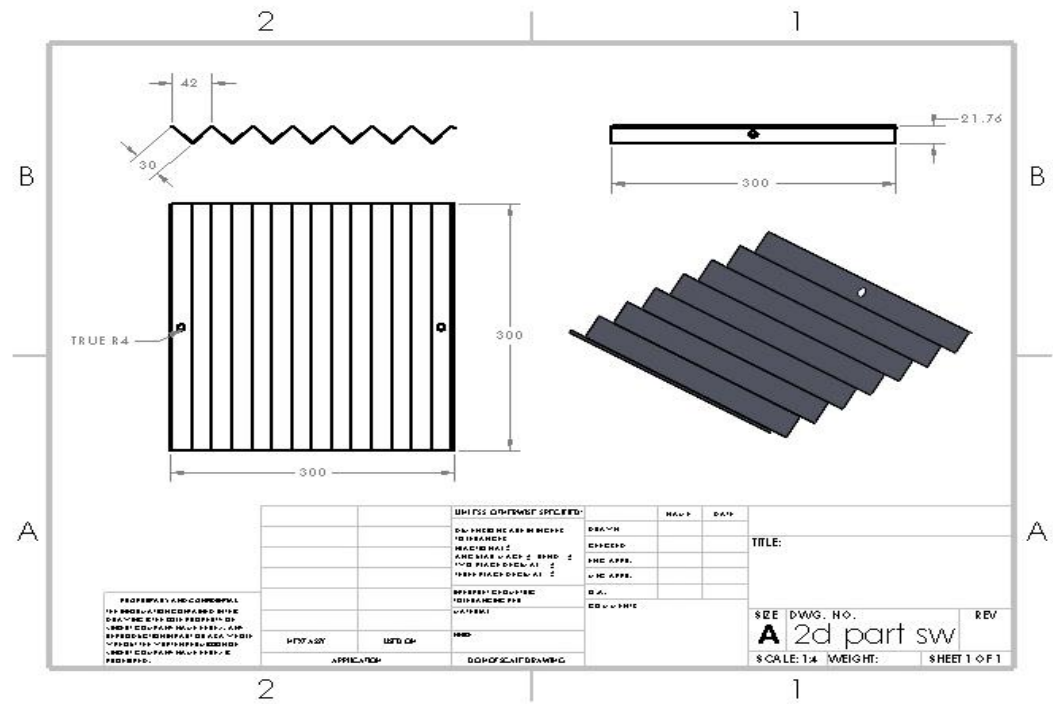
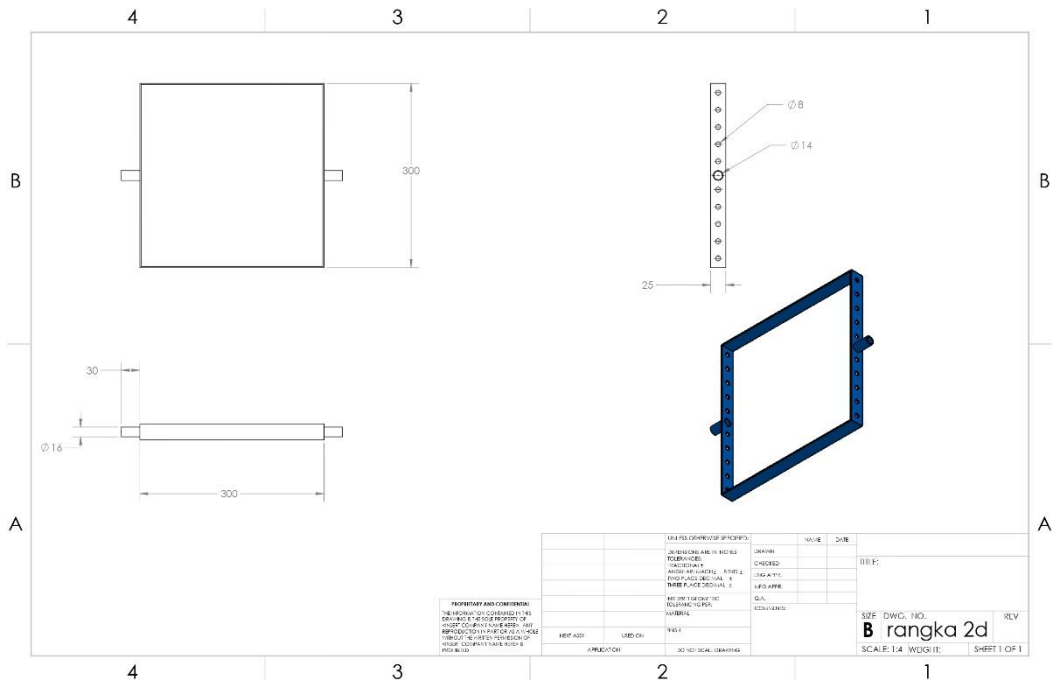
1. Penulisan mengharapkan pada penelitian pembuatan *fill film* bergelombang pada alat *Prototipe Wet Cooling Tower* bermaterial plat galvalum.
2. Mengkalibrasi sebelum mengambil data *Wet Cooling Tower* menggunakan Sensor Arduino dan sensor DHT11 Sensor Kelembaban Suhu *Humidity Temperature* DHT-11 Arduino, agar tidak terjadi kesalahan pada saat mengoperasikan *Wet Cooling Tower*

## DAFTAR PUSTAKA

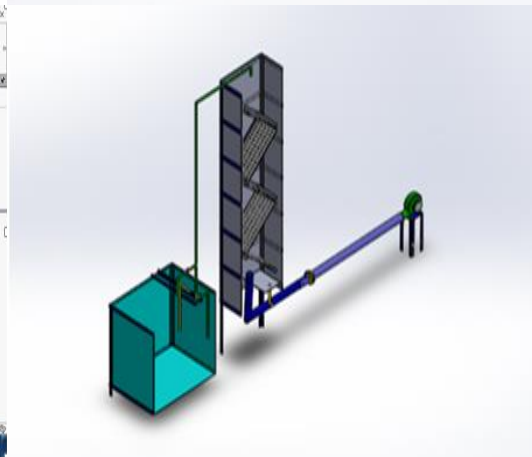
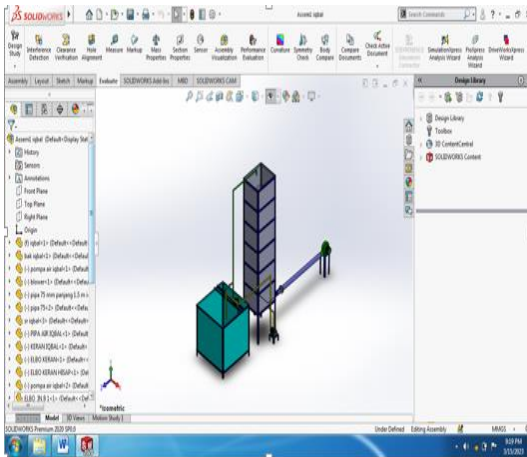
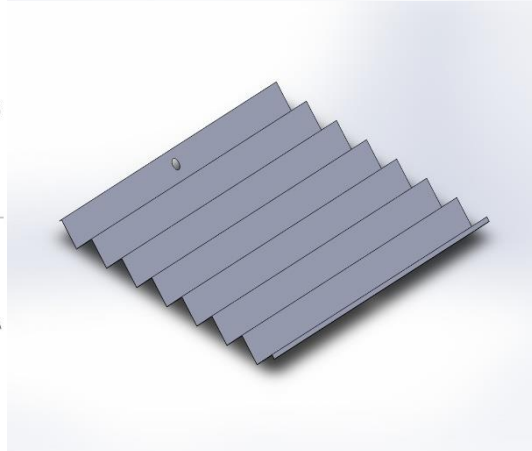
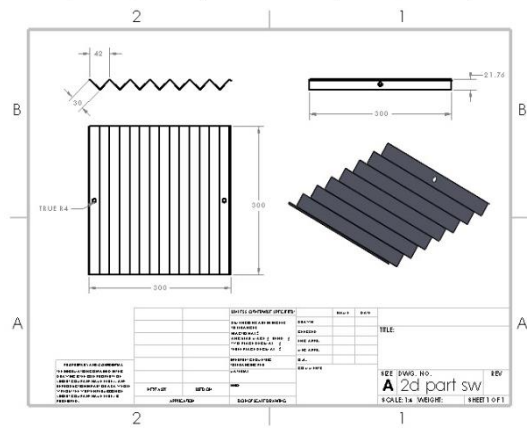
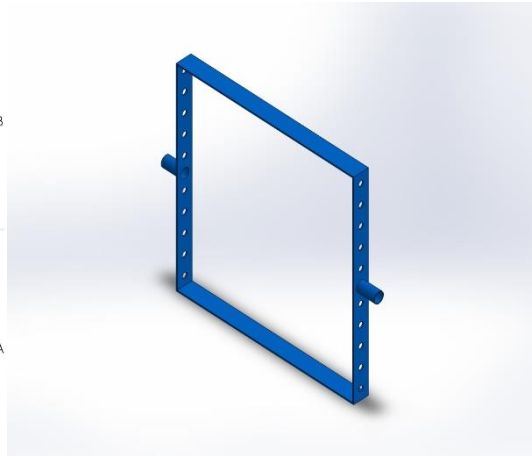
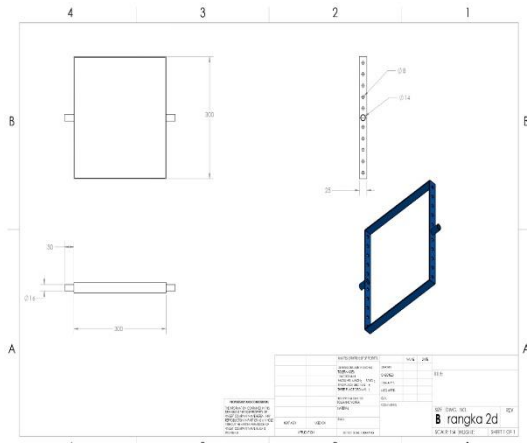
- Amirah, R., Amran, D., A, T. A., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2019). *STUDI PEMBUATAN DAN UJI COBA MENARA PENDINGIN UNTUK CHILLER BERBASIS TEC STUDY OF REALIZATION AND TESTING COOLING TOWER FOR TEC BASED*. 6(2), 5429–5436.
- Amri, K., Melkias, A. A., & Mashar, A. (2022). *ANALISIS PENGARUH MUSIN KEMARAU DAN MUSIM HUJAN TERHADAP KINERJA COOLING TOWER DI PLTU CIREBON UNIT 1*. 11(April), 36–41.
- Anwar, S. (2016). *Analisa Kinerja Cooling Tower Forced Draft Counterflow dengan pengisi Calciboard (Ditinjau dari kecepatan udara dan kemiringan bahan pengisi)*.
- Ayyam, K., Sari, M. P., Ma, Z., & P, W. D. (2018). Perbandingan Kerja Antar Bahan Pengisi pada Menara Cooling Tower dengan Sistem Destilasi Uap. *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 2(1), 19–29.
- Cuk Sholahuddin Putra, & Jamaaluddin. (2021). Rancang Bangun Sistem Balancing Level Air Cooling Tower menggunakan Sensor Ultrasonik dan Motorized Valve Berbasis Arduino Uno. *J-Eltrik*, 1(2), 35. <https://doi.org/10.30649/j-eltrik.v1i2.35>
- 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>
- Faizah, E. N. (2020). *Analisis Kinerja Cooling Tower Induced Draft Counterflow Dengan Bahan Pengisi Alumunium Semisircular ARC*. Universitas Jember.
- Handoyo, Y. (2015). Analisis Performa Cooling Tower LCT 400. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 3(1), 38–52. <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- Irawan, T. (2022). Kajian Analisis dan Kontruksi Menara Pendingin - Review. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 6(1), 53. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.1003>
- Jamaludin, Mesin, T., Teknik, F., & Tangerang, U. M. (2022). *Analisis Perbandingan Laju Perpindahan Panas*. 6(1).

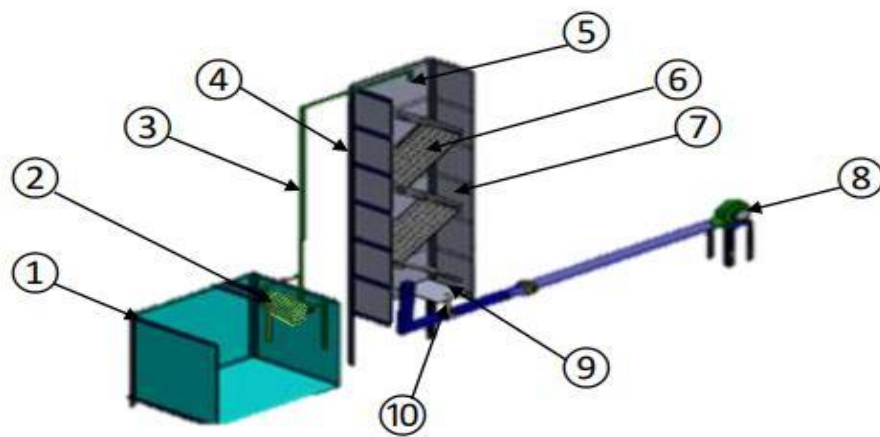
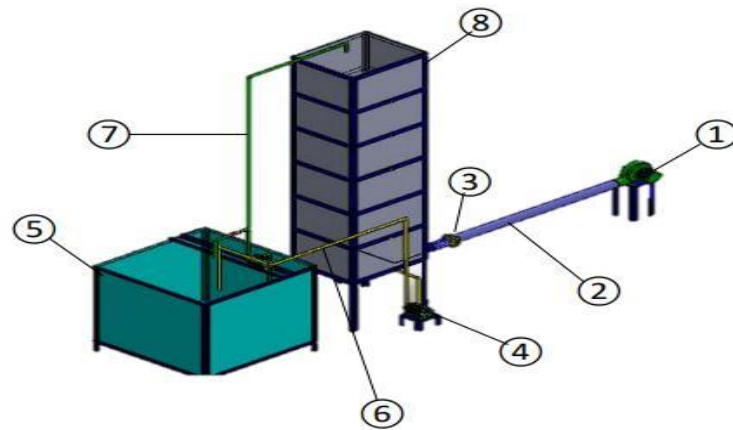
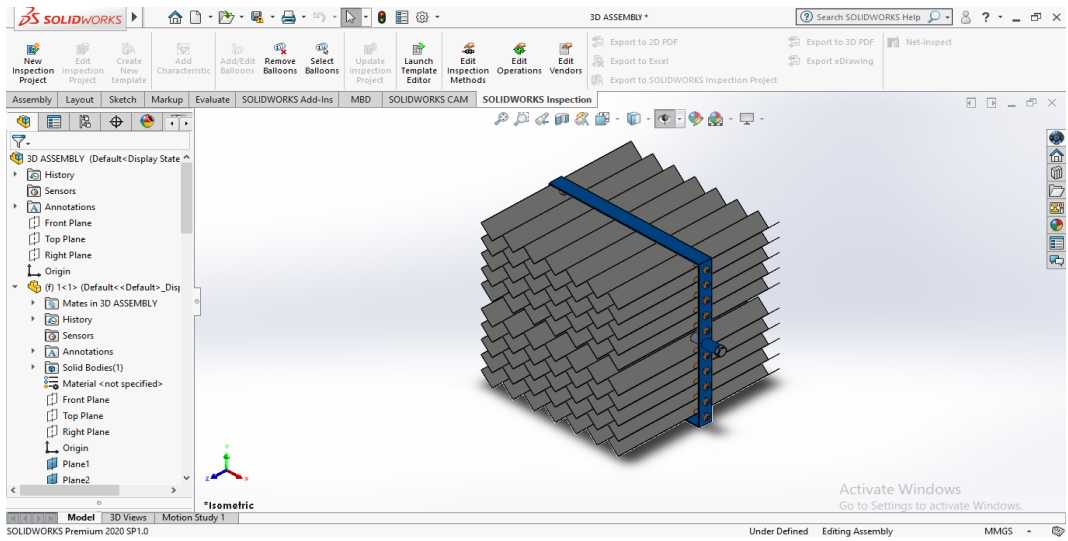
- Jamaludin, S. (2022). Analisis Perbandingan Laju Perpindahan Panas. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 6(1), 49–54.
- Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution, R. F. P. (2023). Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous). *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* [Http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME](http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME), 6(2), 89–98.
- Maros, H., & Juniar, S. (2016). 濟無No Title No Title No Title. 1–23.
- Novianarenti, E., Setyono, G., & Safitra, A. G. (2019). Experimental Study of the Performance Characteristic an Induced Draft Cooling Tower with Variates Fillings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 462(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/462/1/012027>
- Patil, M. M., Patil, S. J., Patil, P. S., & Mehta, S. J. (2018). Design and Analysis of Cooling Tower. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 05(02), 2240–2245.
- Saputra, R. A. (2020). *Analisis Performa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Counterflow Dengan Bahan Pengisi Aluminium Pipih*.
- Sastrawan, I. K. G., & Subagyo, R. (2020). Analisa Perpindahan Panas Cooling Tower (Induced Draft) PLTU I Pulang Pisau (2 x 60 MW). *Jtam Rotary*, 2(2), 171. [https://doi.org/10.20527/jtam\\_rotary.v2i2.2413](https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v2i2.2413)
- Shublaq, M., & Sleiti, A. K. (2020). Experimental analysis of water evaporation losses in cooling towers using filters. *Applied Thermal Engineering*, 175, 115418. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115418>
- Triyansah, O., & Witanto, Y. (2020). Efektivitas Cooling Tower Fan 6P-4051-Gb. Di Pt. Pupuk Sriwidjaja Sektor Stg-Bb, Palembang, Sumatera Selatan. *Rekayasa Mekanik*, 4(1), 9–12.
- Zhang, D., Zhang, Z., Han, Q., Wu, F., He, S., & Gao, M. (2021). Numerical simulation on synergetic optimization of non-equidistant fillings and non-uniform water distribution for wet cooling towers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 179, 121676. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121676>

# LAMPIRAN









### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

#### Pembuatan Fill Bergelombang Pada Wet Cooling Tower Berbahan Plat Galvalum

Nama : Rafido Alfarizi  
NPM : 1907230001

Dosen Pembimbing : Khairul Umurani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin 10/10/2022	- Pemberian spesifikasi Tugas akhir	le
2.	Rabu 19/10/2022	- Perbaiki Pendahuluan	le
3.	Kamis 20/10/2022	- Perbaiki Tujuan	le
4.	Senin 24/10/2022	- Perbaiki Tinjauan Pustaka	le
5.	Rabu 26/10/2022	- Lengkapi tentang Cooling tower	le
6.	Kamis 27/10/2022	- Perbaiki Metode	le
7.	Kamis 03/11/2022	- ACC Seminar Proposal	le
8.	Senin 10/07/2023	- Perbaiki Hasil & Pembahasan	le
9.	Selasa 18/07/2023	- Perbaiki kesimpulan & Saran	le
10.	Senin 24/07/2023	- ACC Seminar Hasil	le



**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 A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

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](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor :132/3AU/UMSU-07/F/2023**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 08 Februari 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : RAFIDO ALFARIZI  
Npm : 1907230001  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : 7 ( Tujuh )  
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN FILL BERGELOMBANG PADA WET COOLING  
TOWER BERBAHAN PLAT GALVALUM .  
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, 17 Rajab 1444 H  
08 Februari 2023 M

Dekan  


Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202



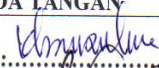






**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023**

Peserta seminar

Nama : Rafido Alfarizi

NPM : 1907230001

Judul Tugas Akhir : Pembuatan fill bergelombang pada wet cooling tower berbahan plat galvalum .

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani ST.MT			
Pembanding – I : Chandra A Siregar ST.MT			
Pembanding 11 : Sudirman Lubis ST.MT			
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230031	ADITIYA WARDHANA	
2	1907230046	NANIDA FAHRIZA	
3	1807230073	AFRIZAL SAPUTRA DAMANI	
4	1907230032	AGUNG SETIAWAN	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 20 Muharram 1445 H  
7 Agustus 2023 M

Ketua Prodi. T.Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

---

Nama : Rafido Alfarizi  
NPM : 1907230001  
Judul Tugas Akhir : pembuatan Fill bergelombang pada wet cooling tower berbahan plat Galvalum .

Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar ST.MT  
Dosen Pembimbing – II : Sudirman lubis ST.MT  
Dosen Pembimbing – : 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 :

..... Gilad Gaku Ngy alhar  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

Medan, 20 Muharram 1445 H  
7 Agustus 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembimbing- 1



Chandra A Siregar ST.MT

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

---

Nama : Rafido Alfarizi  
NPM : 1907230001  
Judul Tugas Akhir : pembuatan Fill bergelombang pada wet cooling tower berbahan plat Galvalum .


Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar ST.MT  
Dosen Pembimbing – II : Sudirman lubis ST.MT  
Dosen Pembimbing – : 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 :
  - *tanbahkan data dan gambar*
  - *kembali grade*
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan, 20 Muharram 1445 H  
7 Agustus 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- 11

  
Sudirman Lubis ST. MT

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Rafido Alfarizi  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Tualang, 09 Maret 2000  
Alamat : Desa Tualang Lingkungan IV Kec,  
Perbaungan, Kab Serdang Bedagai  
Agama : Islam  
E-mail : [Rafidoalfarizi09@gmail.com](mailto:Rafidoalfarizi09@gmail.com)  
No.Hp : 081397465755

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 105373 Tualang Tahun 2006-2012
2. SMP Setia Budi Abadi Perbaungan Tahun 2012-2015
3. SMA Setia Budi Abadi Perbaungan Tahun 2015-2018
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2019-2023