

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN SPLASH FILL BERLUBANG PADA WET COOLING TOWER BERBAHAN PLAT GALVALUM

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

Disusun Oleh:

ADITIYA WARDHANA
1907230031



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aditiya Wardhana
NPM : 1907230031
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pembuatan *Splash Fill* Belubang 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 PROPOSAL TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Aditiya Wardhana
Tempat /Tanggal Lahir : Tangerang / 29 Juni 1998
NPM : 1907230031
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pembuatan *Splash Fill* Berlubang 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,

Aditiya Wardhana



ABSTRAK

Cooling tower di definisikan sebagai alat penukar kalor panas yang berfungsi untuk mendinginkan air melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap, serta menyerap panas dan membuang panas ke lingkungan dengan udara secara konveksi paksa. Proses Pendinginan air sangat bergantung pada *filler* atau material pengisi dari *Cooling Tower*. *Splash fill* merupakan salah satu jenis *filler* yang biasanya digunakan pada menara pendingin umumnya *splash fill* memiliki bentuk lubang bulat dengan jumlah yang banyak dan dipasang dengan posisi statis atau tetap pada menara pendingin. Tujuan penulisan ini adalah untuk mencoba mengembangkan bentuk bentuk lubang pada *splash fill* dengan bentuk yang lebih bervariasi yaitu bentuk berlubang bulat, segitiga dan kotak ,serta sudut kemiringan bagian pengisi *filler* yang berbeda. Pada pembuatan *Splash fill* dibuat menggunakan bahan utama plat galvalum dengan ketebalan 0,25 mm, panjang 560 mm lebar 530 mm. dengan ukuran diameter plat bingkai 2mm, panjang 50 mm dan lebar 47 mm. Menara pendingin dengan *range* yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan memiliki kinerja yang bagus. Dalam penelitian ini *range* selisih maksimum yang dapat dicapai dari menara pendingin adalah sebesar 14,65 °C pada fill berlubang segitiga. Sudut kemiringan bahan pengisi (*splash fill* berlubang) sangat berpengaruh dalam hasil data dibuktikan dengan perbedaan data yang terlihat dari masing masing percobaan sudut berbeda. Untuk sudut kemiringan 25° di dapatkan data yang cukup baik yaitu dengan *range* rata rata 12,38 °C

Kata Kunci : *Wet Cooling Tower*, *Splash fill* berlubang, Plat galvalum

ABSTRACT

Cooling tower is defined as a heat exchanger which functions to cool water through direct contact with air which results in a small part of the water evaporating, as well as absorbing heat and dissipating heat to the environment with air by forced convection. The water cooling process is very dependent on filler or filler material from the Cooling Tower. Splash fill is a type of filler that is usually used in cooling towers. In general, splash fill has the shape of a large number of round holes and is installed in a static or fixed position on the cooling tower. The purpose of this paper is to try to develop the shape of the hole in the splash fill with a more varied shape, namely round, triangular and square hollow shapes, as well as different inclination angles of the filler parts. In making Splash fill, the main ingredient is galvalum plate with a thickness of 0.25 mm, length 560 mm and width 530 mm. with a plate frame diameter of 2mm, length 50mm and width 47mm. Cooling tower with a high range means that the cooling tower has been able to reduce the water temperature effectively, and has a good performance. In this study the maximum difference range that can be achieved from the cooling tower is 14.65 for triangular perforated fill. The inclination angle of the fill (hollow splash fill) is very influential in the data results as evidenced by the differences in data seen from each different angle experiment. For the angle of inclination, we get quite good data, with an average range of 12.38

Keywords : Wet Cooling Tower, Splash fill with holes, Galvalum plate

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan *Splash Fill* Berlubang 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. dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. Sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Agus Achmad Hidayat dan Darajatun, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Seluruh Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Nanda Fahriza, Aditiya Wardhana, M sayid zufri,

Muhammad Iqbal, Syafrizal Syahputra, Syafira Mukhaira dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan 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

Aditiya Wardhana

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR DIAGRAM	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.4.1. Tujuan Umum	4
1.4.2. Tujuan Khusus	4
1.5. Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sistem Pendingin	5
2.1.1. Definisi Sistem Pendingin	5
2.1.2. Jenis Jenis Sistem Pendingin	5
2.2. Menara Pendingin	5
2.2.1. Definisi Menara Pendingin	5
2.2.2. Jenis Jenis Menara Pendingin	7
2.2.2.1. Menara Pendingin Basah	7
2.2.2.2. Menara Pendingin Kering	7
2.2.2.3. Menara Pendingin Basah Kering	8
2.3. Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i>	8
2.4. Konstruksi Dan Komponen Menara Pendingin (<i>Cooling Tower</i>)	10
2.5. Jenis Menara Pendingin (<i>Cooling Tower</i>)	14
2.6. Pengaruh Media Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	16
2.6.1 <i>Filling Material (Filler)</i>	17
2.7. Pembuatan Variasi Bentuk <i>Filler</i>	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1. Tempat Dan Waktu	21
3.1.1. Tempat	21
3.1.2. Waktu	21
3.2. Bahan Dan Alat	22
3.2.1. Bahan	22
3.2.2. Alat	24
3.3. Diagram Alir Penelitian	31

3.4.	Rancangan Alat Penelitian	32
3.5.	Prosedur Pembuatan	38
3.5.1.	Pembuatan <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Lingkaran	38
3.5.2.	Pembuatan <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Persegi	39
3.5.3.	Pembuatan <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Segitiga	39
3.5.4.	Pembuatan Bingkai <i>Filler</i>	40
3.5.5.	Pembuatan Topi Penyangga Aliran Air	40
3.6.	Pengujian Uji Tarik	41
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1.	Hasil Pembuatan <i>Splash Fill</i> Berlubang	43
4.1.1.	Membuat <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Bulat	43
4.1.2.	Membuat <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Segitiga	46
4.1.3.	Membuat <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Persegi	50
4.1.4.	Membuat Bingkai <i>Splash Fill</i> Berlubang	53
4.1.5.	Pembuatan Topi Penyangga Aliran Air	56
4.2.	Hasil Uji Tarik	58
4.2.1.	Hasil Pengujian Tarik	58
4.3.	Analisa Pengujian <i>Splash Fill</i> Berlubang	60
4.3.1.	Simulasi Pengujian <i>Splash Fill</i> Berlubang	63
4.3.2.	Simulasi Pengujian <i>Splash Fill</i> Berlubang Segitiga	66
4.3.3.	Simulasi Pengujian <i>Splash Fill</i> Berlubang Kotak	71
4.4.	Nilai Rata Rata Pengujian	77
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1.	Kesimpulan	79
5.2.	Saran	79
	DAFTAR PUSTAKA	81
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	SK PEMBIMBINGAN	
	BERITA ACARA	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Range Dan Approach</i> Temperatur Pendingin (Wuryanti, 2021a)	6
Gambar 2. 2 Menara Pendingin Basah (Irawan, 2022)	7
Gambar 2. 3 Menara Pendingin Kering (Irawan, 2022)	8
Gambar 2. 4 Menara Pendingin Basah-Kering (Irawan, 2022)	8
Gambar 2. 5 Sistem Kerja Menara Pendingin (Effendi & Saputra, 2020)	9
Gambar 2. 6 Tabung Menara Pendingin (Laksanawati Et Al., 2022)	10
Gambar 2. 7 Kipas Atau <i>Fan</i> (Laksanawati Et Al., 2022)	11
Gambar 2. 8 Bahan Pengisi	12
Gambar 2. 9 Bahan Pengisi Jenis Percikan <i>Splash Fill</i> (Wuryanti, 2021)	12
Gambar 2. 10 Bahan Pengisi Jenis Film <i>Film Fill</i> (Wuryanti, 2021)	13
Gambar 2. 11 Pipa <i>Sprinkler</i> (Laksanawati Et Al., 2022)	13
Gambar 2. 12 Penampung Air <i>Water Basin</i> (Effendi & Saputra, 2020)	14
Gambar 2. 13 <i>Neutral Draft Cooling Tower</i> Aliran <i>Counter Flow</i> Dan <i>Crossflow</i> (Ramarao, R.A., 2020)	15
Gambar 2. 14 <i>Draft</i> Yang Diinduksi <i>Cooling Tower</i> Aliran <i>Counter Flow</i> (Sastrawan & Subagyo, 2020)	16
Gambar 2. 15 Pembentukan Pola Pada Plat Galvalum Lembaran	18
Gambar 2. 16 Proses Pematangan Plat <i>Filler</i> Selanjutnya	19
Gambar 2. 17 Proses Pelubangan Plat <i>Filler</i>	19
Gambar 2. 18 Proses Penekukan Plat <i>Filler</i>	20
Gambar 2. 19 <i>Filler</i> Model <i>Splash</i>	20
Gambar 3. 1 Plat Galvalum	22
Gambar 3. 2 Cat	22
Gambar 3. 3 Baut Dan Mur	23
Gambar 3. 4 Kawat Las	23
Gambar 3. 5 Besi Plat <i>Strip</i>	24
Gambar 3. 6 Sarung Tangan	24
Gambar 3. 7 Bor Tangan	25
Gambar 3. 8 Meteran	25
Gambar 3. 9 Palu	26
Gambar 3. 10 Gerinda Tangan	26
Gambar 3. 11 Mesin Las	27
Gambar 3. 12 Kaca Mata Las	27
Gambar 3. 13 Kuas	28
Gambar 3. 14 Siku Las	28
Gambar 3. 15 Jangka Sorong	29
Gambar 3. 16 Gunting Plat	29
Gambar 3. 17 Mata Bor Kipas 10 Mm	30
Gambar 3. 18 Cetakan Mal Persegi Dan Segitiga	30
Gambar 3. 19 Diagram Alir	31
Gambar 3. 20 Pembuatan Fill Berlubang Bentuk Bulat	32
Gambar 3. 21 Pembuatan Fill Berlubang Bentuk Persegi	33
Gambar 3. 22 Pembuatan Fill Berlubang Bentuk Segitiga	34
Gambar 3. 23 Pembuatan Bingkai Rangka <i>Fill</i>	35
Gambar 3. 24 Pembuatan Topi Penyangga Aliran Air	36

Gambar 3. 25 Sudah Disatukan	36
Gambar 3. 26 Prototipe <i>Wet Cooling Tower</i>	37
Gambar 4. 1 Sketsa <i>Splash Fill</i> Berlubang Lingkaran	43
Gambar 4. 2 Sketsa <i>Splash Fill</i> Berlubang Lingkaran	44
Gambar 4. 3 Plat Galvalum 0,25 Mm	44
Gambar 4. 4 Memotong Plat Galvalum	45
Gambar 4. 5 Menekuk Bagian Plat Galvalum	45
Gambar 4. 6 Membuat Pola Lubang	46
Gambar 4. 7 Melubangi Plat Galvalum	46
Gambar 4. 8 Sketsa <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Segitiga	47
Gambar 4. 9 Sketsa <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Segitiga	47
Gambar 4. 10 Plat Galvalum 0,25 Mm	48
Gambar 4. 11 Memotong Plat Galvalum	48
Gambar 4. 12 Menekuk Bagian Plat Galvalum	49
Gambar 4. 13 Membuat Pola Lubang	49
Gambar 4. 14 Melubangi Plat Galvalum Bentuk Segitiga	50
Gambar 4. 15 Sketsa <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Persegi	50
Gambar 4. 16 Sketsa <i>Splash Fill</i> Berlubang Bentuk Persegi	51
Gambar 4. 17 Plat Galvalum 0,25 Mm	51
Gambar 4. 18 Memotong Plat Galvalum	52
Gambar 4. 19 Menekuk Bagian Plat Galvalum	52
Gambar 4. 20 Membuat Pola Lubang	53
Gambar 4. 21 Melubangi Plat Galvalum Bentuk Persegi	53
Gambar 4. 22 Proses Pemotongan Plat <i>Flat</i>	54
Gambar 4. 23 Proses Menekuk Plat Besi Menjadi Bingkai	54
Gambar 4. 24 Proses Menyatukan Bingkai	55
Gambar 4. 25 Pengamplasan Bingkai	55
Gambar 4. 26 Proses Pelubangan Bingkai <i>Fill</i>	56
Gambar 4. 27 Pengecatan Bingkai <i>Fill</i>	56
Gambar 4. 28 Plat Galvalum 0,25 mm	57
Gambar 4. 29 Pembuatan Mal	57
Gambar 4. 30 Pemotongan Plat Penyangga	58
Gambar 4. 31 Proses Pelubangan Penyangga Aliran Air	58
Gambar 4. 32 Spesimen Percobaan Uji Tarik	59
Gambar 4. 33 Grafik Hasil Percobaan Uji Tarik	59
Gambar 4. 34 Grafik Pengujian Nilai Temperatur <i>Range Fill</i> Bulat	62
Gambar 4. 35 Grafik Pengujian Nilai Temperatur <i>Approach Fill</i> Bulat	65
Gambar 4. 36 Grafik Pengujian Nilai Temperatur <i>Range Fill</i> Segitiga	68
Gambar 4. 37 Grafik Pengujian Nilai Temperatur <i>Approach Fill</i> Segitiga	71
Gambar 4. 38 Grafik Pengujian Nilai Temperatur <i>Range Fill</i> kotak	74
Gambar 4. 39 Grafik Pengujian Nilai Temperatur <i>Approach Fill</i> kotak	76

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan	21
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 15°	60
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 20°	61
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 25°	62
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 15°	63
Tabel 4. 5 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 20°	64
Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 25°	64
Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 15°	66
Tabel 4. 8 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 20°	66
Tabel 4. 9 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 25°	67
Tabel 4. 10 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 15°	69
Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 20°	69
Tabel 4. 12 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 25°	70
Tabel 4. 13 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 15°	72
Tabel 4. 14 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 20°	72
Tabel 4. 15 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 25°	73
Tabel 4. 16 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 15°	74
Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 20°	75
Tabel 4. 18 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 25°	76

DAFTAR DIAGRAM

Gambar 3. 16 Diagram Alir

31

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

Pada saat ini banyak sekali bermunculan industri besar. Industri –industri tersebut memerlukan mesin-mesin besar sebagai alat penunjang dalam semua proses produksinya. Mesin-mesin ini mengeluarkan kalor sebagai efek samping dari proses produksinya, sehingga dibutuhkan pendingin untuk kelangsungan kerjanya. Solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan menggunakan sistem pendingin. Ada berbagai macam sistem pendingin yang digunakan untuk mendinginkan air pada mesin, salah satunya adalah menggunakan menara pendingin (*cooling tower*).

Cooling tower (menara pendingin) sendiri adalah sebuah alat penukar kalor khusus dua fluida (air dan udara) yang dikontakkan secara langsung antara keduanya untuk memindahkan panas dari air ke atmosfer.(Wuryanti, 2021)

Sistem ini sangat efektif untuk mendinginkan air pendingin mesin dengan kapasitas yang banyak. Berbeda dengan mesin-mesin kecil yang hanya memerlukan Radiator sebagai sistem pendingin untuk mendinginkan mesin.

Dalam dunia industri, perpindahan panas merupakan proses yang sering dilakukan. *Cooling tower* Merupakan alat pendukung yang memiliki peranan penting dalam usaha penghematan energi dalam dunia industri. Jika suatu *cooling tower* memiliki efisiensi yang cukup tinggi, maka penggunaan air baru sebagai *fluida* pendingin bisa ditekan seminimal mungkin, sehingga biaya penyediaan air suatu pabrik bisa ditekan seminimal mungkin, sehingga biaya pnyedian air suatu pabrik bisa diminimalisir dibandingkan dengan penggunaan air baru. Contoh penggunaan *cooling tower* terdapat pada pendingin mesin-mesin produksi, Pendingin reactor nuklir, dan pendingin ruangan.

Secara umum ada dua jenis *cooling tower* berdasarkan arah aliran udara terhadap arah aliran airnya yang banyak dipakai, yaitu:

1. *Cross flow* (aliran silang) *cooling tower*.
2. *Counter flow* (aliran berlawanan arah) *cooling tower*.

Menara pendingin 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.

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 cerobon beton berukuran besar, aliran air dan udara yang biasanya digunakan adalah laju aliran tinggi, yaitu di atas 45.000 m³/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)

Cooling tower ini beroperasi menurut prinsip difusi, dimana adanya perubahan temperatur dapat mengakibatkan perbedaan besarnya laju perpindahan

massa dan panas yang terjadi. Besarnya laju perpindahan massa dan panas dipengaruhi oleh luas daerah kontak antara fluida panas dengan fluida dingin, waktu kontak, kecepatan fluida dan temperatur fluida. Pada *cooling tower* sebagian air menguap ke udara dan kalor sensible berpindah dari air panas ke udara yang lebih dingin. Kedua proses itulah mengakibatkan turunnya temperatur air dan untuk menjaga keseimbangan air, kita hanya perlu menambahkan air (*make up water*) untuk menggantikan air yang hilang karena penguapan atau terbawa oleh udara.

Wet cooling tower memiliki banyak bagian-bagian penyusunnya agar dapat berfungsi secara maksimal, *fan*, *casing* (rumah menara pendingin), *pipa sprinkler*, *reservoirs* (*water basin*), *inlet louver*, *fillers* dan lain-lain (Melkias, 2021)

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)

Dari uraian diatas maka saya mencoba melakukan penelitian sebagai tugas akhir saya yang berjudul “ Pembuatan *Splash Fill* Berlubang Pada *Wet Cooling Tower* Berbahan Plat Galvalum ”

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah bagaimana pembuatan *splash fill* berlubang pada *wet cooling tower* berbahan plat galvalum.

1.3 Ruang Lingkup

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

1. Membuat *splash fill* berlubang pada *wet cooling tower*.
2. Mengaplikasikan plat galvalum sebagai bahan pembuatan *splash fill* berlubang.
3. Penelitian berfokus pada keberhasilan pembuatan *splash fill* berlubang.

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari tugas sarjana ini adalah untuk mengetahui pembuatan *splash fill* berlubang pada *wet cooling tower* berbahan plat galvalum. Serta mempelajari dan mengetahui langkah langkah untuk merancang dan membuat menara pendingin (*Cooling tower*).

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengaplikasikan bahan plat galvalum pada *splash fill* berlubang.
2. Untuk membuat *splash fill* berlubang bentuk bulat, persegi, dan segitiga pada *wet cooling tower*.
3. Untuk mencari pengaruh *splash fill* berlubang pada *wet cooling tower*
4. Untuk mengetahui kekuatan manufakturing plat galvalum dengan melakukan pengujian kekuatan tarik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi penelitian selanjutnya terutama yang berkaitan dengan pembuatan *splash fill* berlubang pada *wet cooling tower*.
2. Untuk mengetahui cara pembuatan *splash fill* berlubang pada *wet cooling tower*.
3. Untuk mengembangkan ide bahan dalam pembuatan *filler* pada bahan pengisi *wet cooling tower* yang lebih efisien.
4. Untuk mengetahui cara kerja *wet cooling tower*

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pendingin

2.1.1 Definisi Sistem Pendingin

Sistem Pendingin adalah sekumpulan komponen tambahan untuk mencegah terjadinya *engine overheat*, sistem pendinginan memanfaatkan udara disekitar untuk melepaskan panas, dengan menggunakan prinsip termodinamika yang mana panas akan mengalir dari zat yang bersuhu tinggi ke zat yang bersuhu rendah, udara yang mengalir disekitar akan menyerap panas, sehingga temperatur tetap terjaga atau menjadi dingin (Hidayat et al., 2018).

2.1.2 Jenis Jenis Sistem Pendingin

1. Sistem pendingin udara terdiri dari sirip udara
2. Sistem pendingin air (*water coolant*)
3. Sistem pendingin oli (*oil cooler*)
4. Sistem refrigerasi (*cooling tower*)

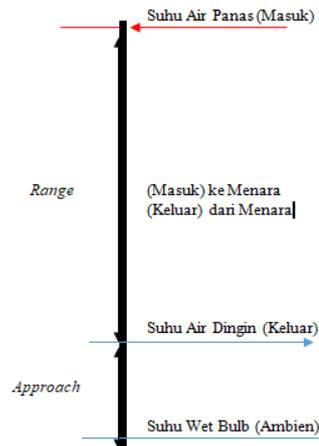
2.2 Menara Pendingin (*Cooling tower*)

2.2.1 Definisi Menara Pendingin

Cooling Tower adalah sebuah alat penukar panas atau kalor dimana fluida kerjanya adalah air dan udara yang berfungsi menurunkan suhu air, Proses pendinginan dengan cara mengontakkan langsung dengan udara sehingga sebagian kecil air menguap. *Cooling tower* bekerja berdasarkan prinsip kerja pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor.(Ayyam et al., 2018)

Cooling tower sangat dibutuhkan oleh industri sebab *cooling tower* merupakan bagian dari utilitas yang banyak digunakan. Dimana *cooling tower* memproses air yang panas menjadi air dingin yang digunakan kembali dan bisa dirotasikan. *Cooling tower* juga salah satu alat yang berfungsi mengolah air untuk mengatasi masalah polusi lingkungan.

Cooling tower yang bekerja pada sistem pendingin udara biasanya menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air melintasi menara. Performa *cooling tower* biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach*. Dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Range* Dan *Approach* Temperature Pendingin.(Wuryanti, 2021a)

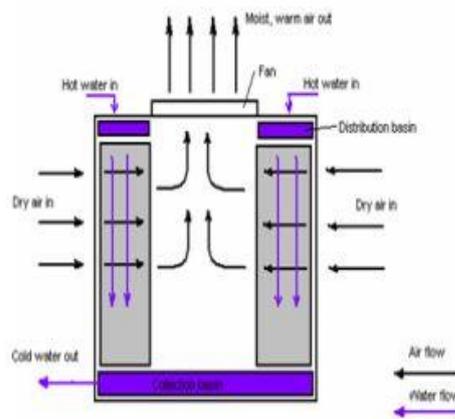
Range adalah perbedaan suhu antara tingkat suhu air masuk *cooling tower* dengan tingkat suhu air yang keluar *cooling tower* atau selisih antara suhu air panas dan suhu air dingin, sedangkan *approach* adalah perbedaan antara temperatur air keluar *cooling tower* dengan temperatur bola basah udara yang masuk atau selisih antara suhu air dingin dan temperatur bola basah (*wet bulb*) dari udara atmosfer.

Temperatur udara umumnya diukur dengan menggunakan thermometer biasa yang sering dikenal sebagai temperatur bola kering (*dry bulb temperature*), sedangkan temperatur bola basah (*wet bulb temperature*) adalah temperatur yang bolanya diberi kasa basah, sehingga air menguap dari kasa dan bacaan suhu pada thermometer menjadi lebih rendah daripada temperatur bola kering. Laju perpindahan panas konveksi pada plat rata dengan temperatur tertentu dapat ditingkatkan dengan menaikkan koefisien perpindahan panas rata-rata, menaikkan luas permukaan panas atau kedua duanya.(Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution⁴, 2023)

2.2.2 Jenis-Jenis Menara Pendingin (*Cooling tower*)

2.2.2.1 Menara Pendingin Basah

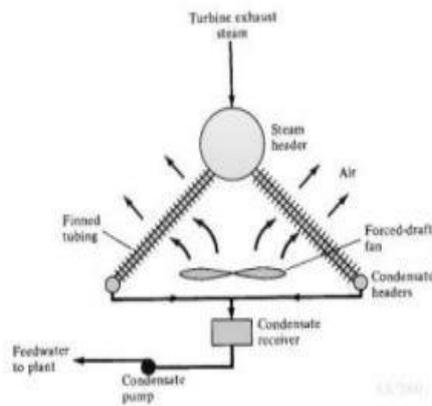
Menara pendingin basah memiliki sistem penyalur panas yang disemprotkan secara merata ke kisi-kisi, lubang-lubang pada sisi lubang horizontal menara yang disebut isian. Udara masuk dari luar menara melalui kisi-kisi yang berbentuk celah-celah horizontal yang terpancang pada sisi menara, celah ini biasanya mengarah miring ke bawah supaya air tidak keluar. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Menara Pendingin Basah (Irawan, 2022)

2.2.2.2 Menara Pendingin Kering

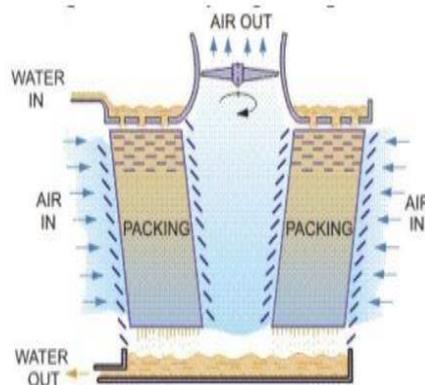
Menara pendingin kering adalah radiator seperti kebanyakan truk caror menggunakan satu. Air panas dipompa melalui susunan pipa-pipa dengan pelat logam yang terpasang kemudian memancarkan panas ke udara yang mengalir di menara pendingin. Mekanik Draft hanya menunjukkan bahwa konveksi di menara tidak alami 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 pendingin di menara, mereka dapat dibagi menjadi menara pendingin basah, basah-kering, dan kering. Dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Menara Pendingin Kering(Irawan, 2022)

2.2.2.3 Menara pendingin basah-kering

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). Dapat dilihat pada Gambar 2.4.



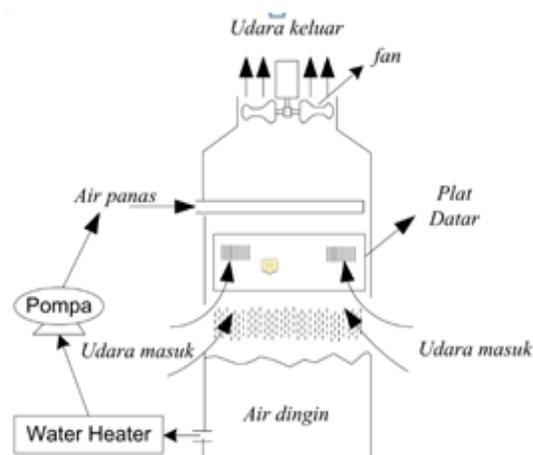
Gambar 2.4 Menara Pendingin Basah-Kering (Irawan, 2022)

2.3 Prinsip Kerja Cooling Tower

Cooling tower ini beroperasi menurut prinsip difusi, dimana adanya perubahan temperatur dapat mengakibatkan perbedaan besarnya laju perpindahan massa dan panas yang terjadi. Besarnya laju perpindahan massa dan panas dipengaruhi oleh luas daerah kontak antara fluida panas dengan fluida dingin,

waktu kontak, kecepatan fluida dan temperatur fluida. Pada *cooling tower* sebagian air menguap ke udara dan *kalor sensible* berpindah dari air panas ke udara yang lebih dingin. Kedua proses itulah mengakibatkan turunnya temperatur air dan untuk menjaga keseimbangan air, kita hanya perlu menambahkan air (*make up water*) untuk menggantikan air yang hilang karena penguapan atau terbawa oleh udara.

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 2.5.



Gambar 2.5 Sistem Kerja Menara Pendingin (Effendi & Saputra, 2020)

Air dari bak dipompa menuju *heater* untuk dipanaskan untuk keperluan industri dan setelah proses industri air dialirkan menuju *cooling tower*. Air panas yang keluar tersebut secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa karena pengaruh *fan* yang terpasang pada bagian atas *cooling tower*, lalu mengalir jatuh ke bahan pengisi.

Sistem ini sangat efektif dalam proses pendinginan air karena suhu kondensasinya sangat rendah mendekati suhu *wet-bulb* udara. Air yang sudah mengalami penurunan suhu ditampung ke dalam bak. Di dalam *cooling tower*

dipasang *make up water* untuk menambah kapasitas air pendinginan jika terjadi kehilangan air ketika proses *evaporative cooling* sedang berlangsung.

2.4 Konstruksi dan Komponen Menara Pendingin (*Cooling tower*)

Konstruksi *cooling tower* secara garis besar terdiri dari beberapa komponen dasar yang meliputi rangka dan wadah, bahan pengisi, bak penampung air, *eliminator* aliran, saluran masuk, *louvers*, *nozzle* dan *fan*. Rumah Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

1. Wadah atau 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. *Casing* atau rumah *cooling tower* berfungsi sebagai rumah dari komponen-komponen *cooling tower* sehingga harus memiliki ketahanan yang baik terhadap segala cuaca agar komponen awet dan memiliki umur pakai (*life time*) yang lama. Pada umumnya wadah atau rangka (wadah dan kolam) nya terbuat dari baja yang digalvalum atau, pada dasarnya yang korosif, menara dan / atau dasarnya dibuat dari *stainless steel*. Menara yang lebih besar kadangkala terbuat dari beton. Dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Tabung Menara Pendingin (Laksanawati et al., 2022)

2. Kipas / *fan*

Fan berfungsi untuk menarik udara dan kemudian mensirkulasikannya di dalam menara yang bertujuan untuk mendinginkan air, jika *fan* atau kipas tidak berfungsi dengan baik maka kinerja *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 digalvalum celup panas, baling-baling *fan* dari baja galvalum, aluminium, *plastic* yang diperkuat oleh *fiber glass* cetak. Dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kipas atau *Fan*(Laksanawati et al., 2022)

3. Bahan Pengisi (*Filling Material*)

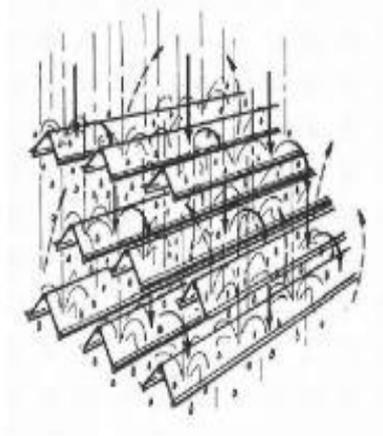
Menara pendingin pada umumnya menggunakan bahan pengisi (*filling*) yang terbuat dari bahan plastik dan kayu, yang berfungsi sebagai sarana perpindahan panas dengan memaksimalkan kontak udara dan air, memecah air menjadi butiran-butiran sehingga proses pemindahan kalor menjadi lebih efisien. Ada dua jenis bahan pengisi : bahan pengisi berbentuk percikan (*splash fill*) dan bahan pengisi berbentuk film (*film fill*). Dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Bahan Pengisi

4. Bahan Pengisi Jenis Percikan (*Splash fill*)

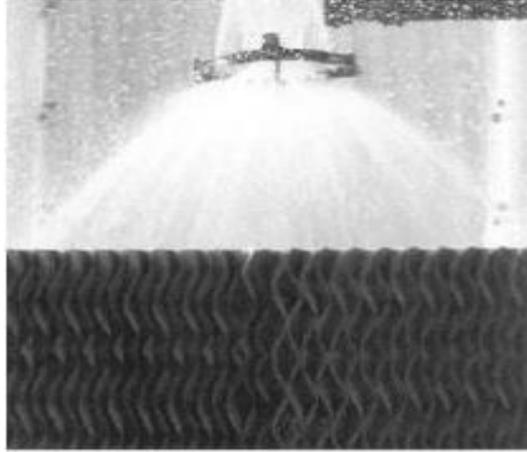
Air jatuh diatas lapisan yang berturut dari batang pemercik horizontal, secara terus menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil sambil membasahi permukaan bahan pengisi. Dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Bahan Pengisi Jenis Percikan *Splash Fill* (Wuryanti, 2021b)

5. Bahan Pengisi Jenis Film (*Film Fill*)

Terdiri dari permukaan plastik tipis dengan jarak yang berdekatan dimana diatasnya 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 daripada bahan pengisi jenis *splash*. Dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Bahan Pengisi Jenis *Film Fill* (Wuryanti, 2021b)

6. Pipa *Sprinkler*

Pipa *sprinkler* adalah pipa berlubang kecil-kecil yang kemudian di satukan ke dalam *head sprinkler* yang berfungsi untuk mensirkulasikan air secara merata pada *cooling tower*, sehingga perpindahan kalor air dapat menjadi efektif dan efisien. Dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Pipa *Sprinkler*(Laksanawati et al., 2022)

7. Penampung Air (*Water Basin*)

Penampung air berefungsi sebagai pengumpul air sementara yang jatuh dari *filling material* sebelum disirkulasikan kembali ke kondensor. Dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Penampung Air *Water Basin* (Effendi & Saputra, 2020)

8. Lubang Udara (*Inlet lover*)

Inlet louver berfungsi sebagai tempat masuknya udara melalui lubang-lubang yang ada, melalui *inlet louver* akan terlihat kualitas air yang akan didistribusikan.

9. *Flowmeter* udara

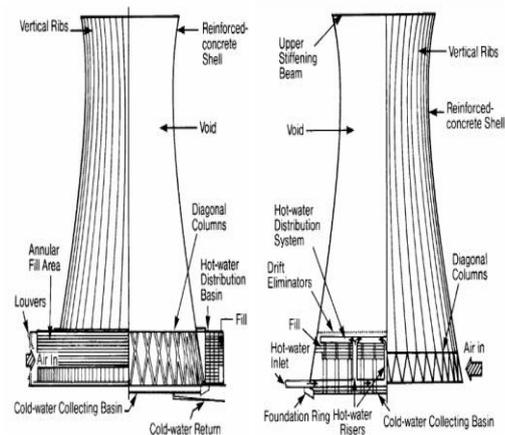
Flowmeter udara berfungsi untuk menghitung besaran massa udara yang masuk dan keluar dari menara pendingin

2.5 Jenis Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

1. *Neutral Draft Cooling Tower*

Neutral draft cooling tower tidak menggunakan kipas (*fan*). Aliran udaranya bergantung semata-mata pada tekanan alami. Pada *Neutral draft cooling tower* tidak ada bagian yang bergerak, udara mengalir ke atas akibat adanya perbedaan massa jenis antara udara dan atmosfer dengan udara kalor lembab di dalam *cooling tower* yang bersuhu lebih tinggi daripada udara atmosfer di sekitarnya.

Konstruksi beton banyak digunakan untuk dinding menara dengan ketinggian hingga mencapai 200 m. Menara pendingin tersebut kebanyakan hanya digunakan untuk jumlah panas yang besar sebab struktur beton yang besar cukup mahal. Dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Neutral Draft Cooling Tower Aliran Counter Flow Dan Cross Flow*(Ramarao, R.A., 2020)

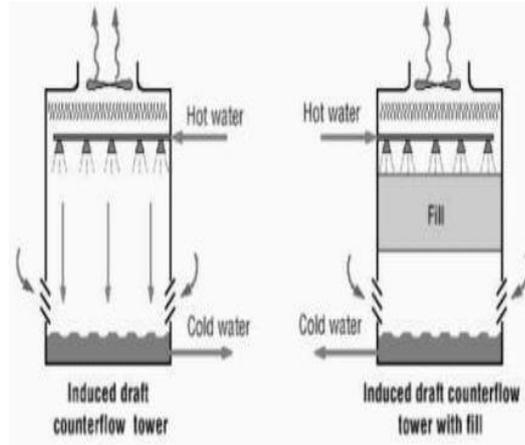
Menara aliran melintang *Cross flow* :udara di alirkan melintasi air yang jatuh dan bahan pengisi berada di luar menara sedangkan. Menara aliran berlawanan arah *Counter flow* :udara dihisap melalui air yang jatuh. Dan oleh karena itu bahan pengisi terletak di bagian dalam menara, walaupun desain tergantung pada kondisi tempat yang spesifik.

2. *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*). Dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Draft Yang Diinduksi *Cooling Tower* Aliran *Counter Flow*.

(Sastrawan, 2020)

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)

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.

2.6 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 pendinginnya

2.6.1 *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 Pembuatan variasi bentuk *filler*

Pembuatan bentuk *filler* pada penelitian ini menggunakan desain *filler* model *splash* dan kombinasi model *crossflow splash*. *Crossflow splash* merupakan variasi *filler* yang dirancang agar air dapat mengalir dengan dua jenis aliran. Bahan dasar *filler* yang dipakai adalah plat galvalum dengan ketebalan 0.2 mm. Proses pembuatan plat *filler* masih dilakukan dengan cara pemotongan plat satu persatu. Proses awal adalah pembentukan pola pada plat galvalum lembaran dan selanjutnya adalah proses pembentukan ukuran plat yang akan dipakai dan pemotongan plat sesuai pola yang telah dibuat. Dapat dilihat pada Gambar 2.15 dan Gambar 2.16.



Gambar 2.15 Pembentukan Pola Pada Plat alvanis Lembaran



Gambar 2.16 Proses Pemotongan Plat *Filler*

Selanjutnya plat yang sudah dipotong dilubangi dengan ukuran diameter 10 mm pada tiap lubang nya. Proses pelubangan plat dilakukan dengan alat bantu berupa bingkai besi dan mal ukuran lubang serta jumlah lubang yang telah di sesuaikan dengan jumlah lubang yang akan dibuat agar proses pelubangan plat bisa lebih cepat dan seragam. Dapat dilihat pada Gambar 2.17.



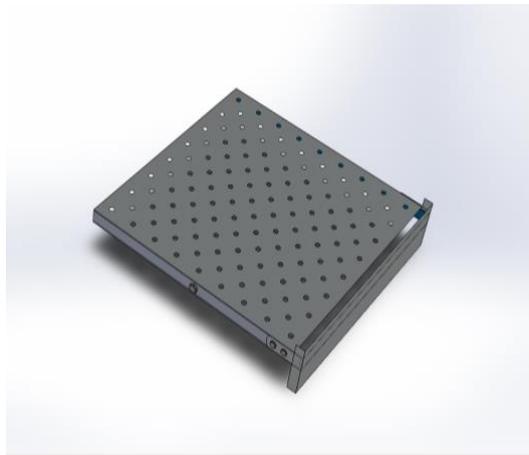
Gambar 2.17 Proses Pelubangan Plat *Filler*

Setelah semua plat *filler* dilubangi selanjutnya adalah proses penekukan plat *filler* sesuai pola. Proses penekukan plat masih menggunakan alat bantu berupa benda-benda siku. Dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Proses Penekukan Plat *Filler*

Setelah plat *splash filler* sesuai pada gambar 2.18 kemudian plat *filler* dipasangkan ke bingkai *filler* yang telah dibuat kemudian dipasangkan ke dalam bagian penyusun *colling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 *Filler Model Splash*

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian Pembuatan *Splash Fill* Berlubang Pada *Wet Cooling 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	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1.	Penganjuan Judul						
2.	Studi Literatur						
3.	Penyediaan Alat dan Bahan						
4.	Pembuatan <i>Splash fill</i> berlubang pada <i>wet cooling tower</i>						
5.	Penyelesaian Tulisan						
6.	Seminar Hasil						
7.	Sidang						

3.2 Bahan dan alat

3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk pembuatan *Splash fill berlubang* pada *cooling tower* menggunakan bahan plat galvalum sebagai berikut :

1. Plat Galvalum

Plat Galvalum digunakan untuk bahan pembuatan *Splash fill berlubang* pada *cooling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Plat Galvalum

2. Cat

Digunakan untuk mewarnai alat Menara pendingin *Cooling Tower*. Dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Cat

3. Baut Dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk mengikat atau mengunci komponen Menara Pendingin (*Cooling Tower*). Dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Baut Dan Mur

4. Kawat Las

Kawat las atau elektroda digunakan dalam proses penyambungan logam material tersebut memiliki fungsi sebagai pembakar, sehingga membuat busur menyala. Kawat las digunakan untuk proses pengelasan *Splash fill* berlubang pada menara pendingin (*cooling tower*). Dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kawat Las

5. Besi Plat *Strip*

Besi plat *strip* digunakan sebagai bahan pembuatan bingkai *Splash fill* berlubang pada menara pendingin (*cooling tower*). Dapat dilihat pada Gambar3.5.



Gambar 3.5 Besi Plat *Strip*

3.2.2 Alat

1. Sarung Tangan

Sarung tangan berfungsi melindungi kulit tangan dari benda yang panas dan tajam. Dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sarung Tangan

2. Bor Tangan

Bor tangan digunakan untuk melubangi benda kerja yang akan disatukan. Dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Bor Tangan

3. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur jarak atau panjang pada bahan struktur penyusun pembuatan menara pendingin (*wet cooling tower*). Dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Meteran

4. Palu

Digunakan untuk memberikan tumbukan kepada benda. Dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Palu

5. Gerinda Tangan

Gerinda tangan digunakan untuk menghaluskan permukaan pengelasan, dan juga untuk memotong bagian plat *Splash fill* berlubang pada *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Gerinda Tangan

6. Mesin Las

Mesin las KW14-722 digunakan untuk menyatukan tiap-tiap benda kerja, terutama pada saat pengerjaan *Splash fill* berlubang pada *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Mesin Las

7. Kaca Mata Las

Kacamata las berfungsi melindungi mata dari paparan cahaya las pada saat proses pengelasan berlangsung . Dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Kaca Mata Las

8. Kuas

Kuas digunakan untuk menempelkan cat. Dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Kuas

9. Siku Las

Siku las digunakan untuk proses menyikukan saat pengelasan. Dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Siku Las

10. Jangka Sorong

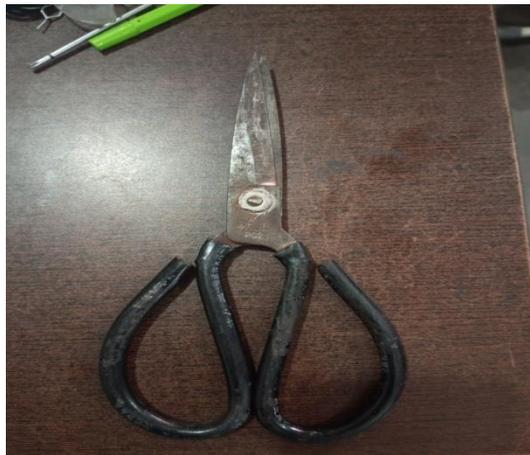
Jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang diameter luar maupun diameter dalam suatu benda. Dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Jangka Sorong

11. Gunting Plat

Gunting plat digunakan untuk memotong plat galvalum sesuai dengan pola yang telah ditentukan . Dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Gunting Plat

12. Mata Bor Kipas 10 mm

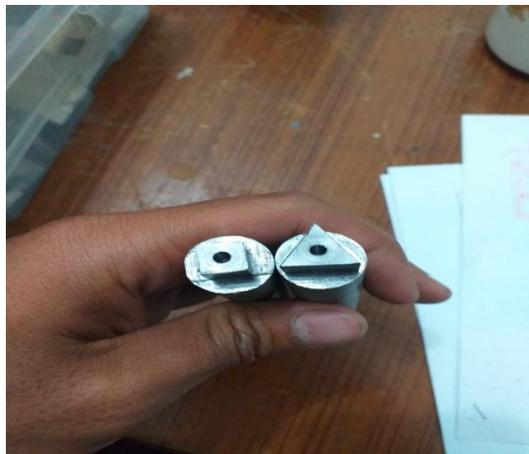
Mata Bor Kipas digunakan untuk melubangi Plat Galvalum berbentuk bulat sehingga mendapatkan bentuk likaran yang lebih presisi. Dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Mata Bor Kipas

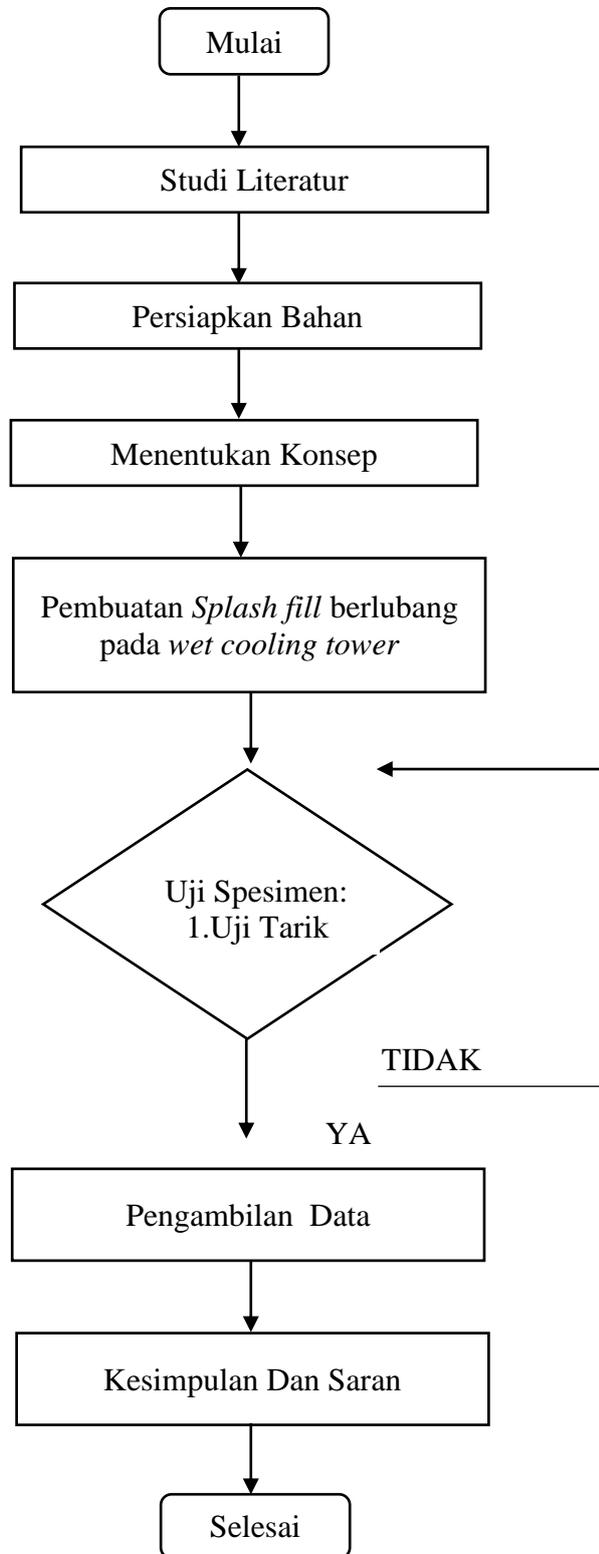
13. Cetakan Mal bentuk Persegi dan Segitiga

Cetakan mal bentuk persegi dan segitiga digunakan sebagai media pahat untuk membuat bentuk lubang pada plat galvalum. Dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Cetakan Mal Pesegi Dan Segitiga

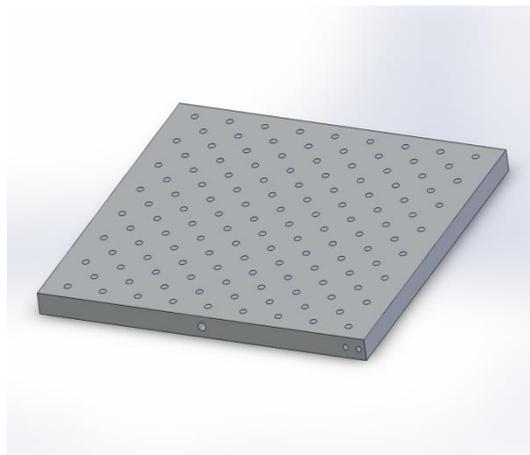
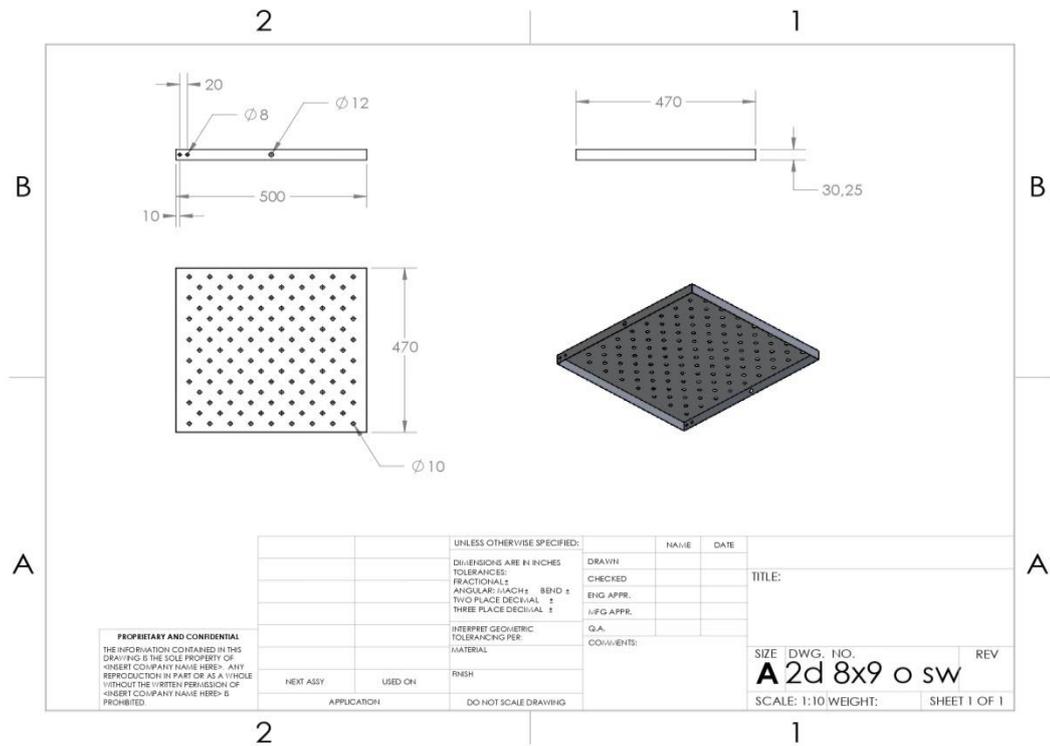
3.3 Diagram Alir Penelitian



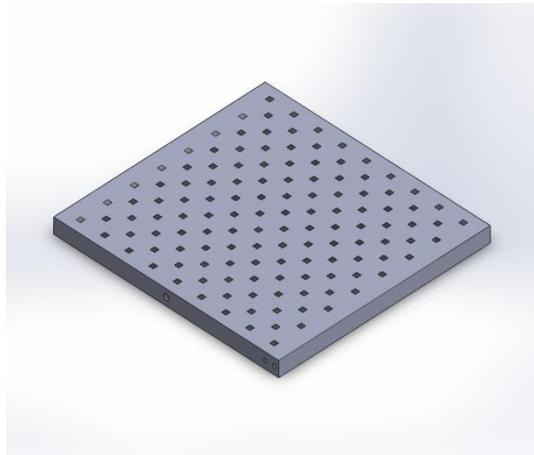
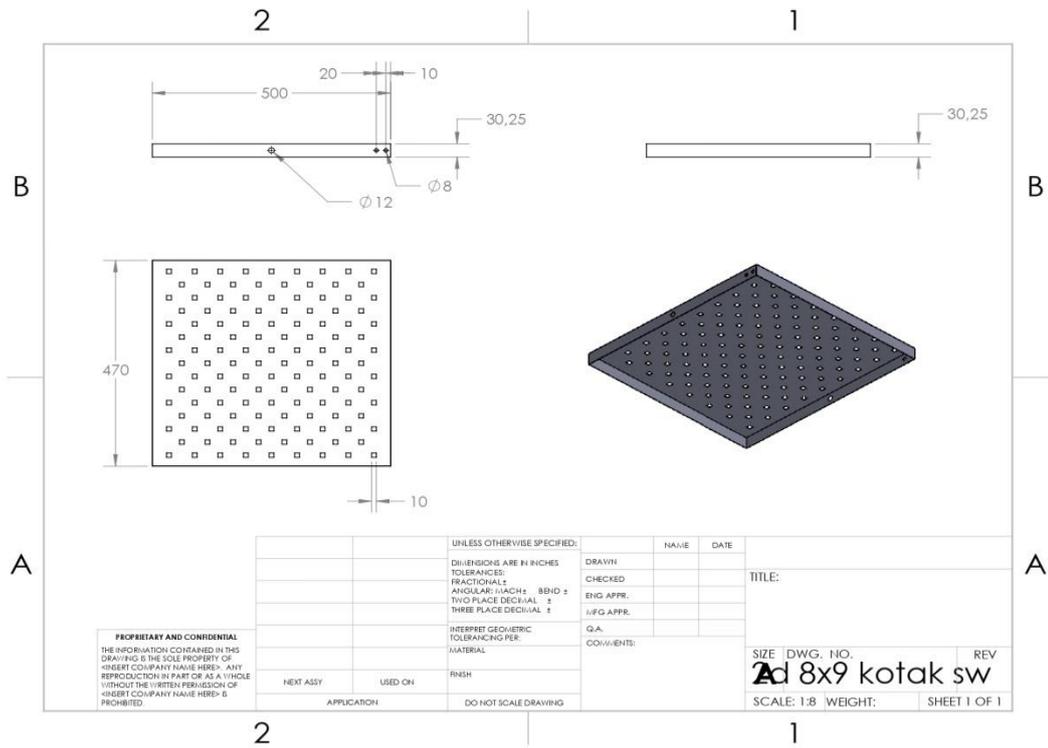
Gambar 3.19 Diagram Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian

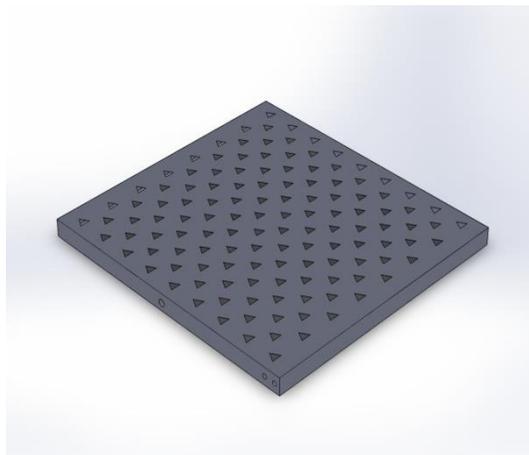
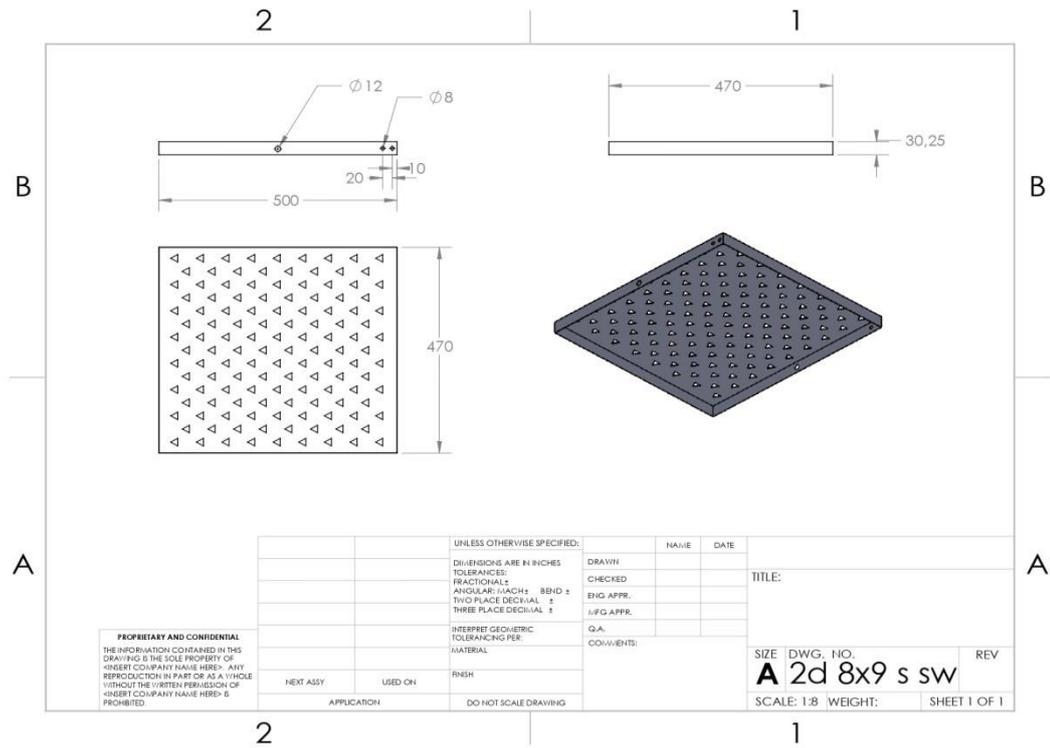
Gambar ini sebagai acuan pembuatan *Splash Fill* berlubang. Dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



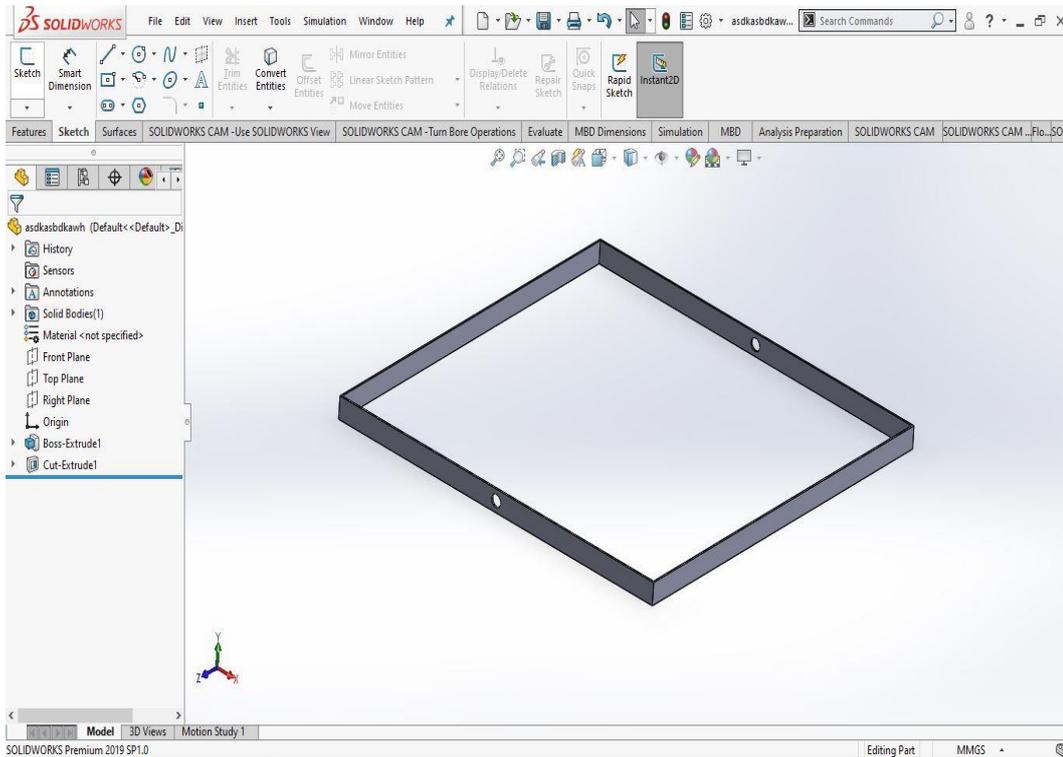
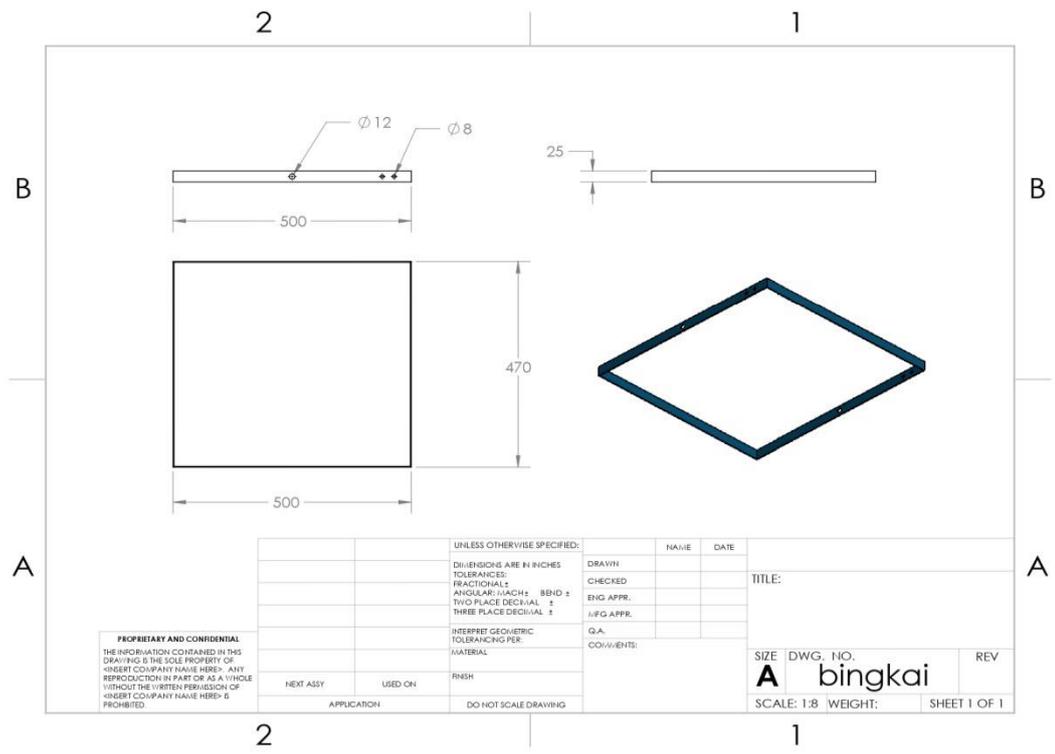
Gambar 3.20 Pembuatan *Fill* Berlubang Bentuk Bulat



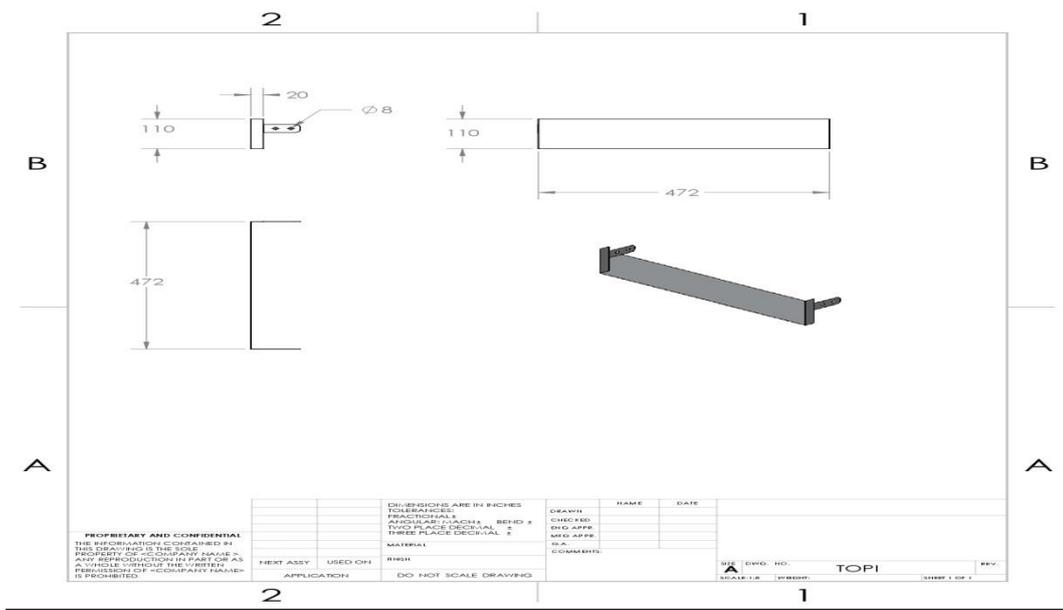
Gambar 3.21 Pembuatan *Fill* Berlubang Bentuk Persegi



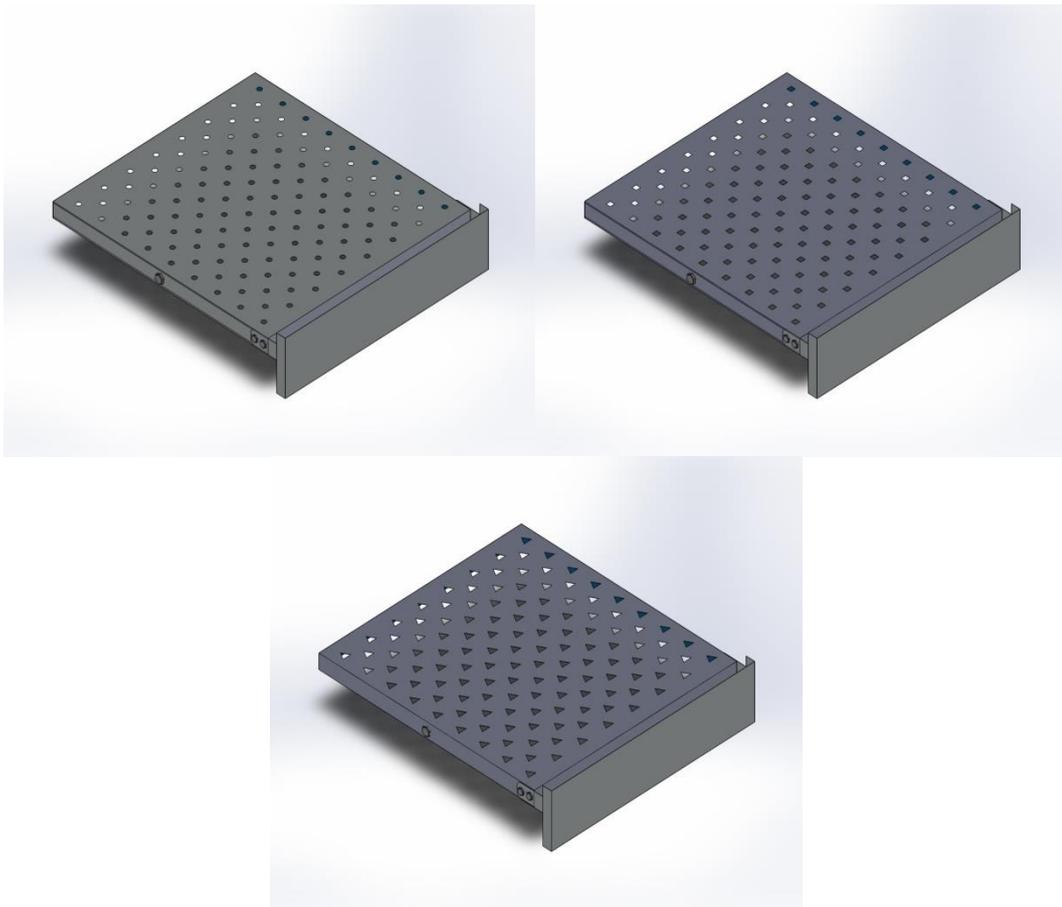
Gambar 3.22 Pembuatan *Fill* Berlubang Bentuk Segitiga



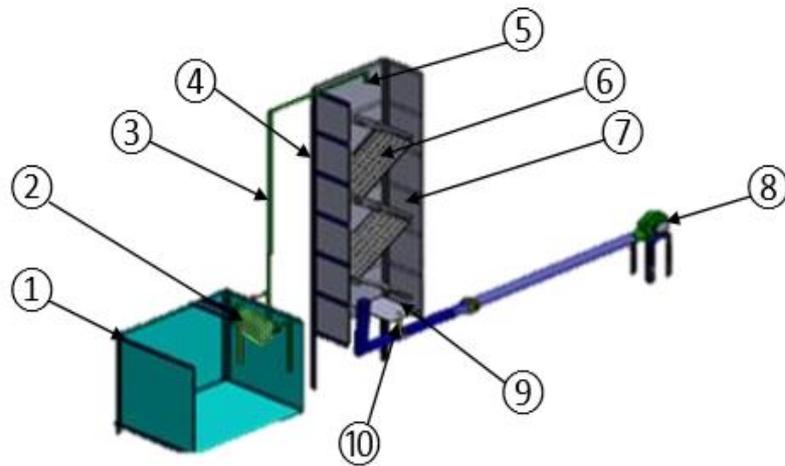
Gambar 3.23 Pembuatan Bingkai Rangka *Fill*



Gambar 3.24 Pembuatan Topi Penyangga Aliran Air



Gambar 3.25 Sudah Disatukan



Gambar 3.26 *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 *splash fill* berlubang pada menara pendingin basah (*Wet cooling tower*) dengan menggunakan plat galvalum. Perlu prosedur pembuatan sehingga dapat membuat *Splash fill* berlubang disini meliputi prosedur tersebut sebagai berikut :

Langkah- langkah proses pembuatan *Splash fill* berlubang yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.5.1 Pembuatan *Splash Fill* Berlubang Bentuk Lingkaran

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti mesin las, gerinda tangan, bor tangan, meteran, siku, palu, dan jangka.
2. Sediakan plat galvalum dengan ukuran tebal 0.25 mm, panjang 560 mm, lebar 530 mm.
3. Kemudian plat galvalum tersebut di mal tiap sisi nya berdiameter 30 mm, panjang plat galvalum 500 mm, lebar plat 470 mm.
4. Selanjutnya potong plat galvalum dengan ukuran mal yang telah dibuat.
5. Selanjutnya plat galvalum yang sudah di potong dibentuk persegi pada tiap sisi nya sesuai dengan mal yang telah ditentukan.
6. Proses pelubangan plat *filler* dilakukan dengan alat bantu berupa bingkai besi dan penjepit, proses pelubangan *filler* berlubang menggunakan mata bor kipas berdiameter 10 mm agar proses pelubangan plat bisa lebih cepat dan seragam.
7. Setelah semua plat *filler* dilubangi selanjutnya adalah proses penekukan plat *filler* sesuai pola.
8. Proses penekukan plat masih menggunakan alat bantu berupa benda benda siku.
9. Setelah plat *filler* sesuai pada rangkaian yang ingin kita buat kemudian plat *filler* disusun ke bingkai rangka *filler* penyusun agar lebih kokoh sebelum dimasukkan ke dalam akrilik.

3.5.2 Pembuatan *Splash Fill* Berlubang Bentuk Persegi

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti mesin las, gerinda tangan, bor tangan, meteran, siku, palu, dan jangka.
2. Sediakan plat galvalum dengan ukuran tebal 0.25 mm, panjang 560 mm, lebar 530 mm.
3. Kemudian plat galvalum tersebut di mal tiap sisi nya berdiameter 30 mm, panjang plat galvalum 500 mm, lebar plat 470 mm.
4. Selanjutnya potong plat galvalum dengan ukuran mal yang telah dibuat.
5. Selanjutnya plat galvalum yang sudah di potong dibentuk persegi pada tiap sisi nya sesuai dengan mal yang telah ditentukan.
6. Proses pelubangan plat *filler* dilakukan dengan alat bantu berupa bingkai besi dan penjepit, proses pelubangan *filler* bentuk persegi menggunakan mata pahat yang telah di mal persegi berdiameter 10 mm agar proses pelubangan plat bisa lebih cepat dan seragam.
7. Setelah semua plat *filler* dilubangi selanjutnya adalah proses penekukan plat *filler* sesuai pola.
8. Proses penekukan plat masih menggunakan alat bantu berupa benda benda siku.
9. Setelah plat *filler* sesuai pada rangkaian yang ingin kita buat kemudian plat *filler* disusun ke bingkai rangka *filler* penyusun agar lebih kokoh sebelum dimasukkan ke dalam akrilik.

3.5.3 Pembuatan *Splash Fill* Berlubang Bentuk Segitiga

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti mesin las, gerinda tangan, bor tangan, meteran, siku, palu, dan jangka.
2. Sediakan plat galvalum dengan ukuran tebal 0.25 mm, panjang 560 mm, lebar 530 mm.
3. Kemudian plat galvalum tersebut di mal tiap sisi nya berdiameter 30 mm, panjang plat galvalum 500 mm, lebar plat 470 mm.
4. Selanjutnya potong plat galvalum dengan ukuran mal yang telah dibuat.
5. Selanjutnya plat galvalum yang sudah di potong dibentuk persegi pada tiap sisi nya sesuai dengan mal yang telah ditentukan.

6. Proses pelubangan plat *filler* dilakukan dengan alat bantu berupa bingkai besi dan penjepit, proses pelubangan *filler* bentuk segitiga menggunakan mata pahat yang telah di mal segitiga berdiameter 10 mm agar proses pelubangan plat bisa lebih cepat dan seragam.
7. Setelah semua plat *filler* dilubangi selanjutnya adalah proses penekukan plat *filler* sesuai pola.
8. Proses penekukan plat masih menggunakan alat bantu berupa benda benda siku.
9. Setelah plat *filler* sesuai pada rangkaian yang ingin kita buat kemudian plat *filler* disusun ke bingkai rangka *filler* penyusun agar lebih kokoh sebelum dimasukkan ke dalam akrilik.

3.5.4 Pembuatan Bingkai *Filler*

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti mesin las, gerinda tangan, bor tangan, meteran, siku, palu, dan jangka.
2. Sediakan besi plat *strip* dengan ukuran lebar 25mm dan ketebalan 2mm dan panjang 2400 mm.
3. Kemudian plat besi tersebut di ukur dengan ukuran panjang 500 mm dan lebar 470 mm.
4. Kemudian plat besi yang telah di ukur tersebut di tekuk menggunakan alat bantu siku dan ragum, Plat ditekuk hingga menjadi bentuk persegi. Untuk menyatukan kedua sisi plat besi yang telah di tekuk, Plat besi tersebut di las di kedua sisi nya.
5. Selanjutnya setelah plat bingkai dibentuk, tiap bingkai di beri lubang di bagian tengah nya dengan ukuran lubang 14 mm ,yang berguna sebagai tempat dudukan baut 12 mm agar *fill* dapat dipasang di dalam akrilik.
6. Setelah itu bagian permukaan plat bingkai di amplas menggunakan gerinda tangan untuk membersihkan sisa las dan meratakan permukaan plat tersebut.
7. Selanjutnya proses pengecatan plat bingkai.

3.5.5 Pembuatan Topi Penyangga Aliran Air

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti meteran, siku, palu, gunting plat dan jangka.
2. Sediakan Plat galvalum dengan ukuran tebal 0,25 mm dengan panjang 530 mm dan lebar 120 mm.
3. Kemudian plat galvalum tersebut di mal pada sisi plat dengan panjang 30 mm, dan lebar 20 mm pada bagian panjang plat galvalum 530 mm, dengan jarak 30 mm dari bagian atas dan 60 mm dari sisi bagian bawah plat 530 mm hingga membentuk lengan penyangga topi dari bahan plat galvalum.
4. Kemudian plat galvalum yang telah di ukur tersebut di potong sesuai pola ukuran yang telah dibuat, dan di tekuk menggunakan alat bantu siku dan palu.
5. Setelah bagian dudukan lengan plat galvalum jadi terbentuk, pada bagian penyangga samping kanan dan kiri tersebut dilubangi menggunakan mata bor 8 mm.

3.6 Pengujian Uji Tarik

1. Periksa keadaan listrik dan perangkat hidrolik pastikan keadaanya siap untuk beroperasi.
2. Mempersiapkan specimen 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 cekam 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

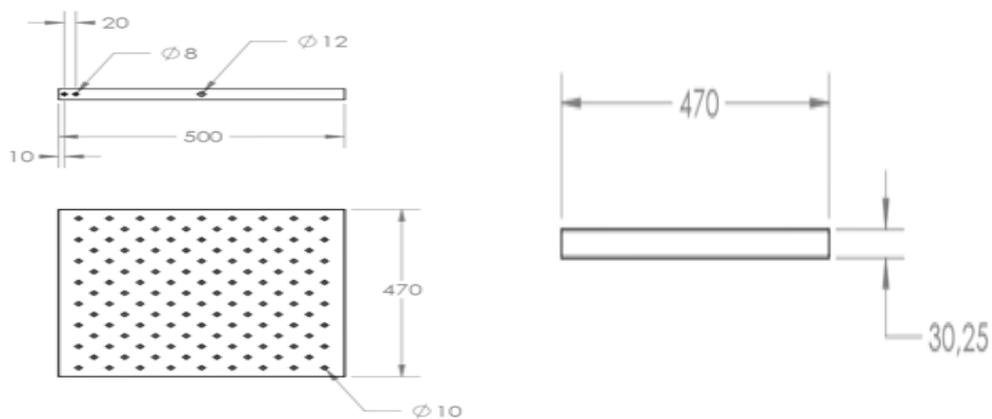
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan *Splash Fill* Berlubang

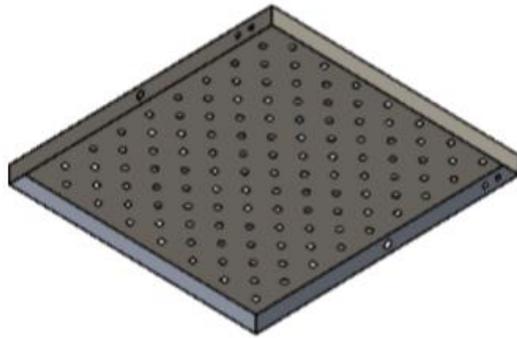
4.1.1. Membuat *Splash Fill* Berlubang Berbahan Plat Galvalum

Splash fill berlubang berupa bagian pengisi *Cooling tower* bermaterial plat galvalum, Fungsi *Splash fill* 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.

1. Membuat *Splash Fill* berlubang dengan diameter lubang 10 mm, pada masing masing lubang, dengan jumlah lubang 9×8 , dengan panjang plat galvalum 560 mm, lebar 530 mm. dan tiap sisi nya di mal dengan diameter 3mm, Sehingga membentuk plat galvalum berbentuk persegi dengan panjang 500 mm, dan lebar 470 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 Sketsa *Splash Fill* Berlubang Lingkaran



Gambar 4.2 Sketsa *Splash Fill* Berlubang Lingkaran

2. Sediakan plat Galvalum dengan ketebalan plat 0,25 mm dengan panjang 560 mm, lebar 530 mm, Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Plat Galvalum 0,25 mm

3. Kemudian selanjutnya membuat ukuran mal sesuai pola yang sudah ditentukan. setelah itu memotong plat galvalum yang sudah di mal sesuai dengan ukuran yang telah dibuat menggunakan gunting plat. Dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Memotong Plat Galvalum

4. Setelah melakukan pemotongan keseluruhan dari plat galvalum yang sudah di mal, lalu masuk ke proses menekuk plat galvalum sesuai dengan mal yang sudah di ukur sebelumnya. Dapat dilihat pada Gambar 4.5.



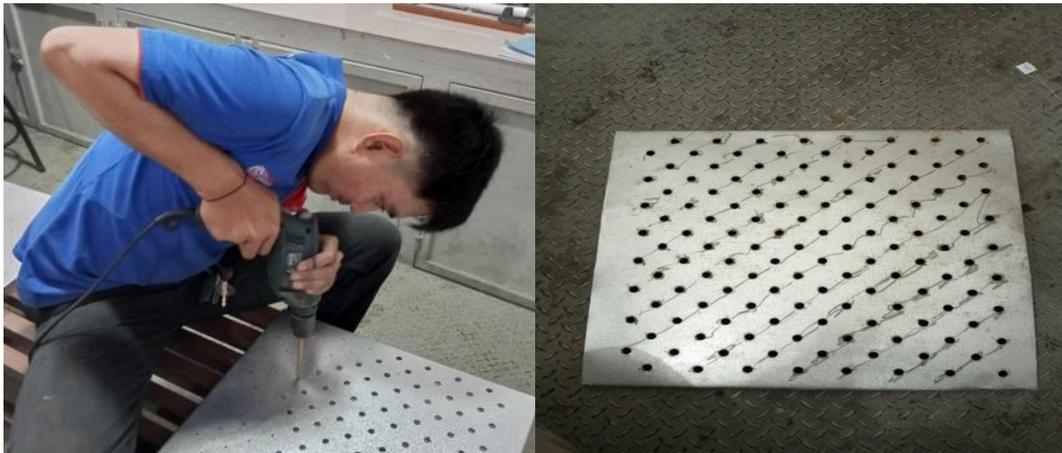
Gambar 4.5 Menekuk Bagian Plat Galvalum

5. Membuat pola lubang yang akan dibuat pada plat galvalum sebelum di lubangi dengan menggunakan mal berbentuk lubang kecil dan memiliki ukuran jarak yang telah disesuaikan tiap lubang nya. Dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Membuat Pola lubang

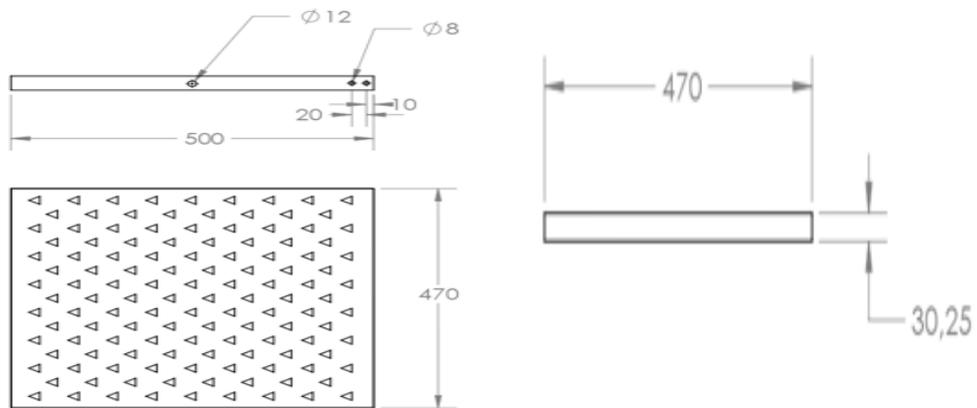
6. Setelah itu proses melubangi pola yang telah dibuat dengan mata bor kipas ukuran 10 mm, Proses ini dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan jumlah dan ukuran lubang yang sesuai. Dapat dilihat pada Gambar 4.7.



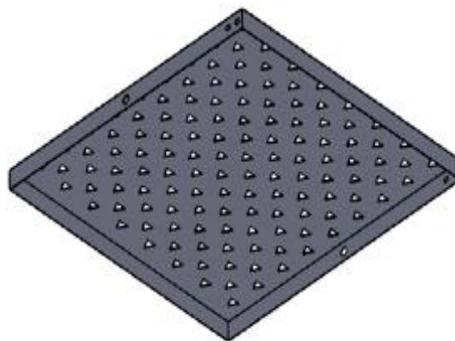
Gambar 4.7 Melubangi Plat Galvalum

4.1.2 Membuat *Splash Fill* Berlubang Bentuk Segitiga Berbahan Plat Galvalum.

1. Membuat *Splash Fill* berlubang bentuk segitiga dengan diameter lubang 10 mm, pada masing masing lubang, dengan jumlah lubang 9×8 , dengan panjang plat galvalum 560 mm, lebar 530 mm. dan tiap sisi nya di mal dengan diameter 3mm, Sehingga membentuk plat galvalum berbentuk persegi dengan panjang 500 mm, dan lebar 470 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4.8 Sketsa *Splash Fill* Berlubang Bentuk Segitiga



Gambar 4.9 Sketsa *Splash Fill* Berlubang Bentuk Segitiga

2. Sediakan plat Galvalum dengan ukuran tebal 0,25 mm dengan panjang 560 mm, dan lebar 530 mm, Dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Plat Galvalum 0,25 mm

3. Kemudian selanjutnya membuat ukuran mal sesuai pola yang sudah ditentukan. Setelah itu memotong plat galvalum yang sudah di mal sesuai dengan ukuran yang telah dibuat menggunakan gunting plat. Dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Memotong Plat Galvalum

4. Setelah melakukan pemotongan keseluruhan dari plat galvalum yang sudah di mal, lalu masuk ke proses menekuk plat galvalum sesuai dengan mal yang sudah di ukur sebelumnya. Dapat dilihat pada Gambar 4.12.



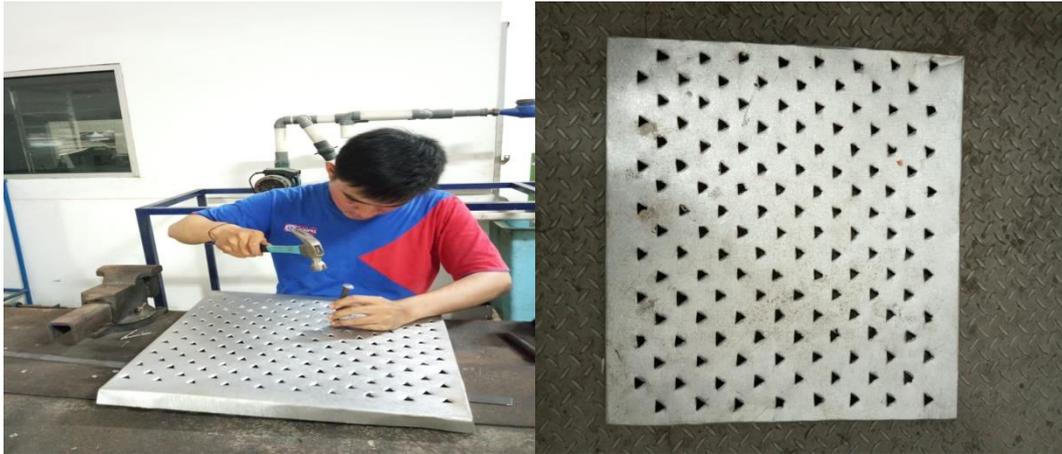
Gambar 4.12 Menekuk Bagian Plat Galvalum

5. Membuat pola lubang yang akan dibuat pada plat galvalum sebelum di lubangi dengan menggunakan mal berbentuk lubang kecil dan memiliki ukuran jarak yang telah disesuaikan tiap lubang nya. Dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Membuat Pola lubang

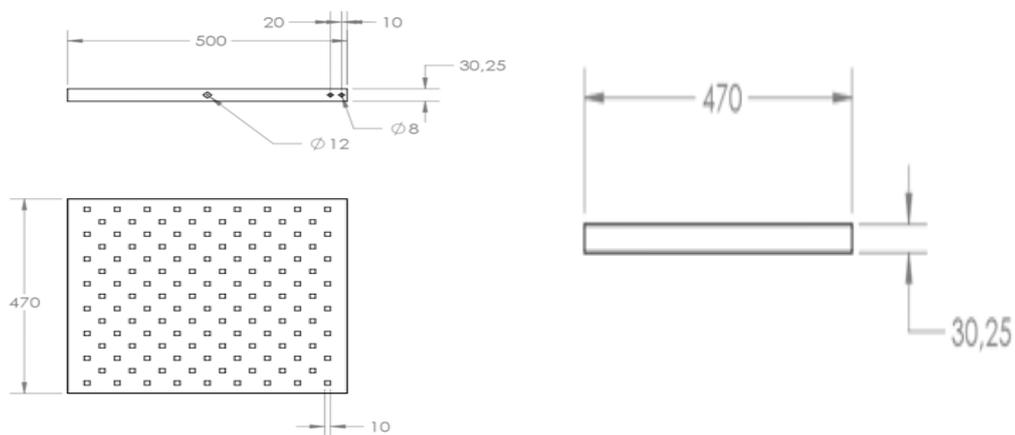
6. Setelah itu proses melubangi pola yang telah dibuat dengan alat bantu mata pahat yang telah di mal bentuk segitiga dengan ukuran 10 mm, Proses ini dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan jumlah dan ukuran lubang yang sesuai. Dapat dilihat pada Gambar 4.14.



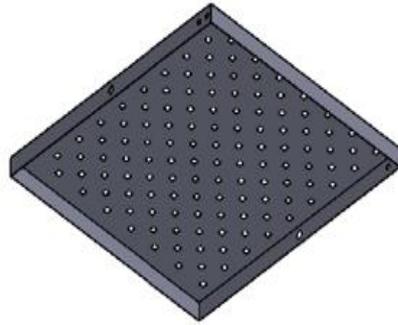
Gambar 4.14 Melubangi Plat Galvalum Bentuk Segitiga

4.1.3 Membuat *Splash Fill* Berlubang Bentuk Persegi Berbahan Plat Galvalum.

1. Membuat *Splash Fill* berlubang bentuk persegi dengan diameter lubang 10 mm, pada masing masing lubang, dengan jumlah lubang 9×8 , dengan panjang plat galvalum 560 mm, lebar 530 mm. dan tiap sisi nya di mal dengan diameter 3mm, Sehingga membentuk plat galvalum berbentuk persegi dengan panjang 500 mm, dan lebar 470 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan 4.16.

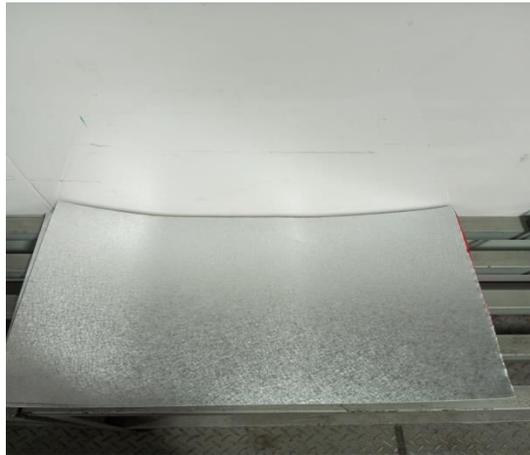


Gambar 4.15 Sketsa *Splash Fill* Berlubang Bentuk Persegi



Gambar 4.16 Sketsa *Splash Fill* Berlubang Bentuk Persegi

2. Sediakan plat Galvalum dengan ketebalan 0,25 mm dengan panjang 560 mm, lebar 530 mm, Dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Plat Galvalum 0,25 mm

3. Kemudian selanjutnya membuat ukuran mal sesuai pola yang sudah ditentukan. Setelah itu memotong plat galvalum yang sudah di mal sesuai dengan ukuran yang telah dibuat menggunakan gunting plat. Dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Memotong Plat Galvalum

4. Setelah melakukan pemotongan keseluruhan dari plat galvalum yang sudah di mal, lalu masuk ke proses menekuk plat galvalum sesuai dengan mal yang sudah di ukur sebelumnya. Dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Menekuk Bagian Plat Galvalum

5. Membuat pola lubang yang akan dibuat pada plat galvalum sebelum di lubang dengan menggunakan mal berbentuk lubang kecil dan memiliki ukuran jarak yang telah disesuaikan tiap lubang nya. Dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Membuat Pola lubang

6. Setelah itu proses melubangi pola yang telah dibuat dengan alat bantu mata pahat yang telah di mal bentuk persegi dengan ukuran 10 mm, Proses ini dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan jumlah dan ukuran lubang yang sesuai. Dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Melubangi Plat Galvalum Bentuk Persegi

4.1.4 Membuat Bingkai *Splash Fill* Berlubang

1. Memotong plat besi *flat* ukuran lebar 25 mm, panjang 2400 mm dan tebal 2 mm sesuai ukuran yang akan dibuat yaitu panjang 500 mm dan lebar 470 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Proses Pemotongan Plat *Flat*

2. Selanjutnya proses menekuk plat besi yang telah di potong sesuai dengan ukuran yang telah di tentukan, hingga membentuk bingkai persegi. Dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Proses Menekuk Plat Besi Menjadi Bingkai

3. Setelah besi plat di bentuk menjadi bingkai persegi, Kedua sisi persegi tersebut di satukan dengan cara di las. Dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Proses Menyatukan Bingkai

4. Setelah menyatukan bingkai dengan las, Selanjutnya pengaplasan sisa las pada besi bingkai. Dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Pengaplasan Bingkai

5. Selanjutnya bingkai yang telah jadi di beri lubang pada bagian tengah bingkai dengan mata bor 14 mm, dan pada bagian sisi kanan dan kiri dengan mata bor 8 mm sebagai tempat dudukan topi *filler* yang akan dibuat sesuai dengan ukuran yang telah di tentukan. Dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Pelubangan Bingkai *Fill*

6. Pengecatan bingkai *fill*, dalam proses ini 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 4.30.



Gambar 4.27 Pengecatan Bingkai *Fill*

4.1.5 Pembuatan Topi Penyangga Aliran Air

1. Sediakan Plat galvalum dengan ukuran tebal 0,25 mm dengan panjang 530 mm dan lebar 120 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Plat Galvalum 0,25 mm

2. Kemudian plat galvalum tersebut di mal pada sisi plat dengan panjang 30 mm, dan lebar 20 mm pada bagian panjang plat galvalum 530 mm, dengan jarak 30 mm dari bagian atas dan 60 mm dari sisi bagian bawah plat 530 mm hingga membentuk lengan penyangga topi dari bahan plat galvalum. Dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Pembuatan Mal

3. Pemotongan plat galvalum yang telah di mal tersebut di potong sesuai pola ukuran yang telah dibuat, dan di tekuk menggunakan alat bantu siku dan palu. Dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Pematongan Plat Penyangga

4. Proses pelubangan baut penyangga topi aliran air pada bagian penyangga samping kanan dan kiri tersebut dilubangi menggunakan mata bor 8 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Proses Pelubangan Penyangga Aliran Air

4.2 Hasil Uji Tarik

4.2.1 Hasil Pengujian Tarik Dan Gambar Grafik Pengujian

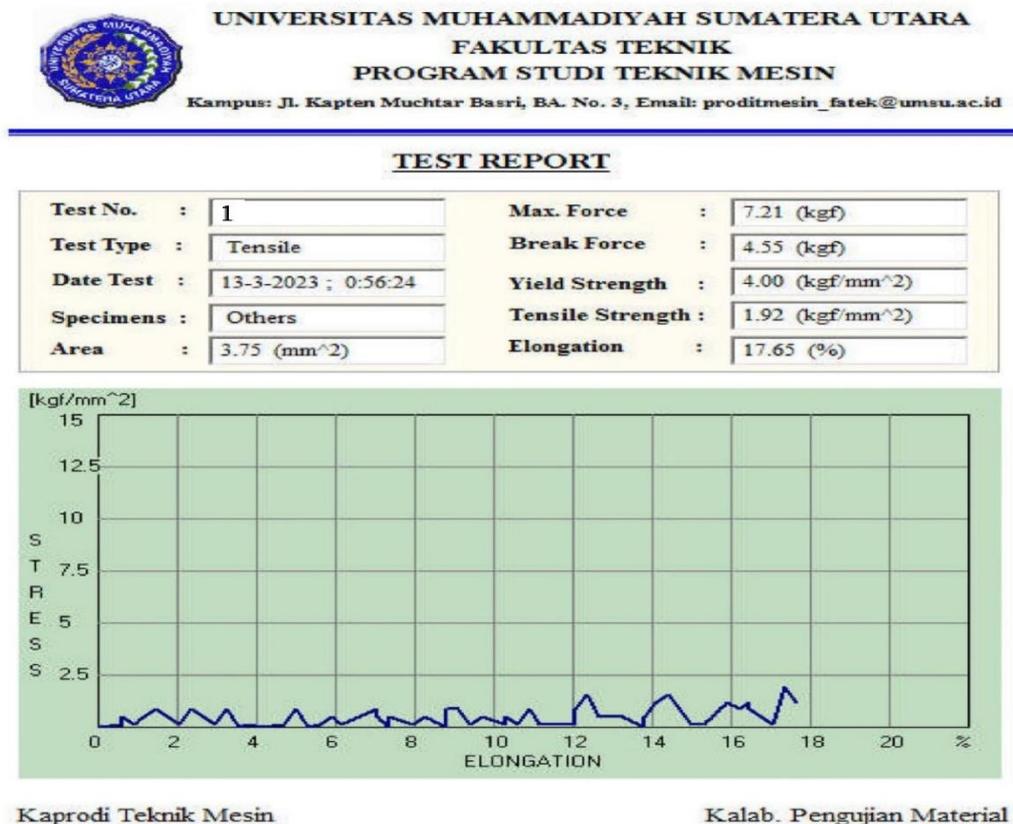
Berdasarkan hasil pengujian tarik material plat galvalum di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dengan spesimen plat galvalum ukuran, lebar 185 mm, lebar 25 mm tebal 0,25 mm. Dapat dilihat pada Gambar 4.32.

1. Pengujian tarik pada spesimen plat galvalum



Gambar 4.32 Spesimen Percobaan Uji Tarik

Dari gambar pengujian spesimen percobaan di atas setelah melakukan pengujian tarik, diperoleh grafik tegangan dan regangan sebagai berikut. Dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4. 33 Grafik Hasil Percobaan Uji Tarik

Pada grafik pengujian di atas plat galvalum mendapatkan hasil kekuatan uji tarik sebagai berikut. Spesimen mendapatkan kekuatan maksimal. (max. force) 7.21 kgf, tegangan putus (break force) 4.55 kgf, menghasilkan kekuatan (yield strength) 4.00 kgf/mm² , daya tarik (tensile strength) 1.92 kgf/mm² , pemanjangan (elongation) 17.65%.

Berdasarkan hasil kekuatan uji tarik yang telah dilakukan. spesimen dinyatakan layak digunakan untuk bahan utama pembuatan *splash fill* berlubang. karena plat galvalum memiliki kekuatan beban maksimal (max. force) 7.21 kgf yang lebih tinggi dari berat massa air yang akan digunakan dalam wet colling tower yang berkisar 5 kg/menit.

4.3 Analisa Pengujian *Splash Fill* Berlubang

4.3.1 Hasil Pengujian *Splash Fill* Berlubang Bulat

1. Temperatur *Range*

Range merupakan perbedaan antara suhu air masuk dan keluar menara pendingin. *Range* (cooling tower) yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan kinerjanya bagus. Rumusnya adalah

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

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian *Fill* Bulat Sudut 15°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
67,06	55,74	57,96	54,03	55,45	34,16	55,41	25,9
64,81	53,55	55,29	53,04	52,58	34,28	54,24	25,7
57,57	51,23	51,69	49,70	49,58	34,36	50,01	25
58,50	50,67	50,51	48,78	48,41	34,85	49,54	25,4
59,05	51,90	51,04	48,57	48,50	35,16	47,83	25,2

Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 15° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu temperatur air masuk 67,06⁰C dikurang suhu temperatur air keluar 55,45⁰C maka diperoleh *range* sebesar 11,61⁰C . Frekuensi

kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air masuk $64,81^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $52,58^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $12,23^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air masuk $57,57^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $49,58^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $7,99^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air masuk $58,50^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $48,41^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $10,10^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air masuk $59,05^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $48,50^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $10,55^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 20°

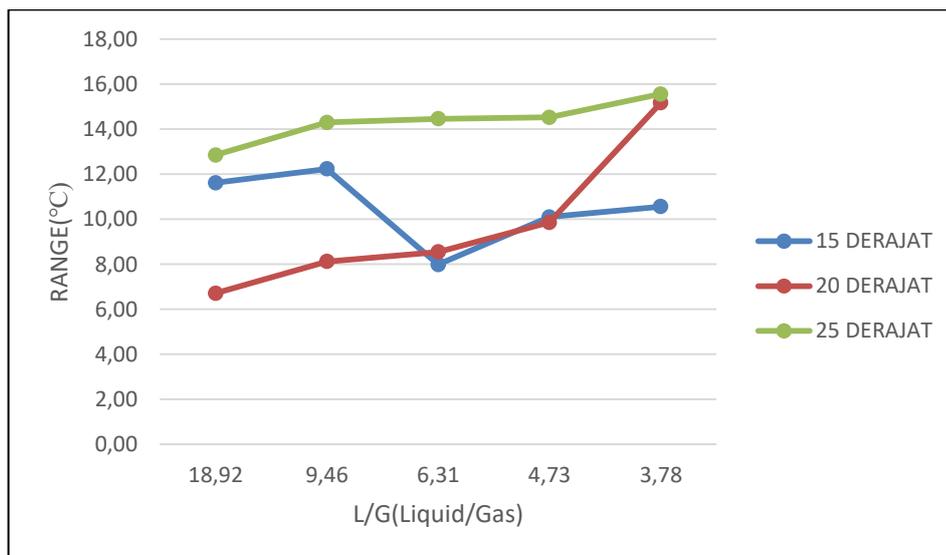
T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
60,92	56,28	56,12	54,72	54,21	34,78	56,00	26,5
59,34	55,17	53,01	54,27	51,22	35,06	56,15	26,8
58,20	52,83	50,87	51,50	49,66	34,64	59,67	27,1
58,83	52,44	49,04	49,35	48,98	34,36	60,28	27
60,07	49,71	49,53	43,74	44,91	33,96	58,37	26,3

Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 20° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air masuk $60,92^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $54,21^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $6,70^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air masuk $59,34^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $51,22^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $8,12^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air masuk $58,20^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $49,66^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $8,54^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air masuk $58,83^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $48,98^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $9,86^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air masuk $60,07^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur air keluar $44,91^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $15,16^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 25°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
66,37	55,85	58,55	48,42	53,52	32,87	62,70	26,2
66,12	54,80	58,24	46,59	51,83	33,60	58,69	26,1
63,40	52,36	54,08	44,25	48,95	34,06	56,31	26
61,50	50,53	52,11	42,75	46,98	33,76	55,66	25,6
61,80	49,33	51,15	41,83	46,25	33,90	59,13	26,4

Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 25° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air masuk 66,37⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 53,52⁰C maka diperoleh *range* sebesar 12,85⁰C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air masuk 66,12⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 51,83⁰C maka diperoleh *range* sebesar 14,29⁰C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air masuk 63,40⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 48,95⁰C maka diperoleh *range* sebesar 14,45⁰C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air masuk 61,50⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 46,98⁰C maka diperoleh *range* sebesar 14,52⁰C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air masuk 61,80⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 46,25⁰C maka diperoleh *range* sebesar 15,55⁰C . Gambar grafik pengujian *range fill* berlubang bulat dapat dilihat pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34 Grafik Hasil Pengujian Nilai Tempratur *Range Fill* Bulat

Pada Gambar grafik 4.34 di dapatkan data hasil percobaan *Range* dari tiap sudut kemiringan posisi *fill* yang di uji. kemiringan 15° di dapatkan data 11,61^{0C}, 12,23^{0C}, 7,98^{0C}, 10,10^{0C}, 10,55^{0C}. Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan data. 6,70^{0C}, 8,12^{0C}, 8,54^{0C}, 9,86^{0C}, 15,16^{0C}. Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan data. 12,85^{0C}, 14,29^{0C}, 14,45^{0C}, 14,52^{0C}, 15,55^{0C}.

2. Temperatur *Approach*

Approach Merupakan 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, '*approach*' merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

$$\text{approach } (^{\circ}\text{C}) = \text{Temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C}) - \text{Temperatur wet bulb } (^{\circ}\text{C})$$

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 15°

T1	T2	T3	T4	T5	Tling	RH	twb
67,06	55,74	57,96	54,03	55,45	34,16	55,41	25,9
64,81	53,55	55,29	53,04	52,58	34,28	54,24	25,7
57,57	51,23	51,69	49,70	49,58	34,36	50,01	25
58,50	50,67	50,51	48,78	48,41	34,85	49,54	25,4
59,05	51,90	51,04	48,57	48,50	35,16	47,83	25,2

Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 15° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu temperatur air keluar 55,45^{0C} dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25,9^{0C} maka diperoleh *approach* sebesar 29,55^{0C}. Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu temperatur air keluar 52,58^{0C} dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25,7^{0C} maka diperoleh *approach* sebesar 26,88^{0C}. Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu temperatur air keluar 49,58^{0C} dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25^{0C} maka diperoleh *approach* sebesar 24,58^{0C}. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu temperatur air keluar 48,41^{0C} dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25,4^{0C} maka diperoleh *approach* sebesar 23,01^{0C}. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu temperatur air keluar 48,50^{0C} dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25,2^{0C} maka diperoleh *range* sebesar 23,30^{0C}.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 20°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
60,92	56,28	56,12	54,72	54,21	34,78	56,00	26,5
59,34	55,17	53,01	54,27	51,22	35,06	56,15	26,8
58,20	52,83	50,87	51,50	49,66	34,64	59,67	27,1
58,83	52,44	49,04	49,35	48,98	34,36	60,28	27
60,07	49,71	49,53	43,74	44,91	33,96	58,37	26,3

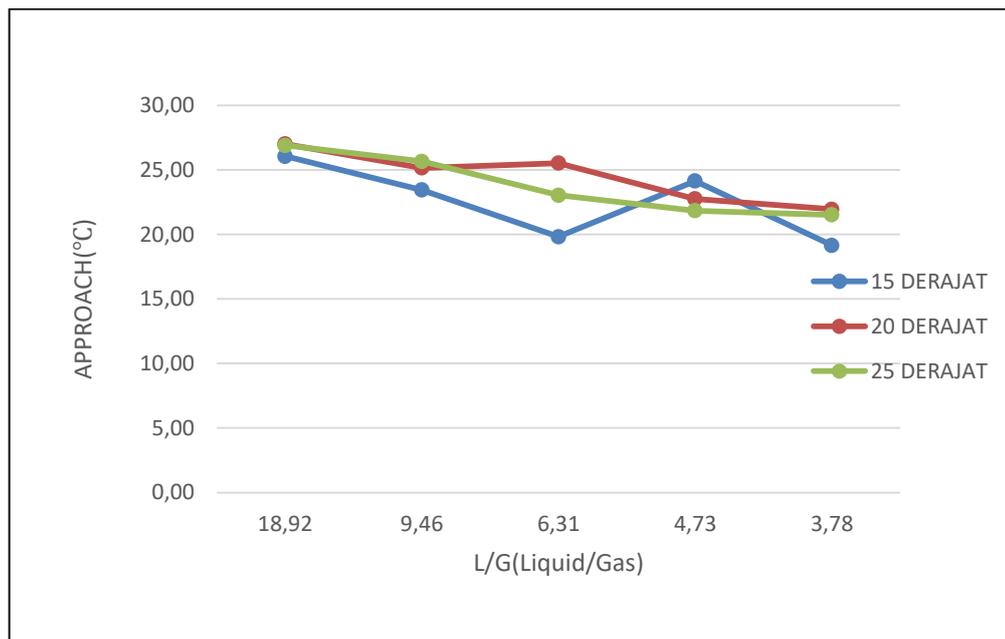
Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 20° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air keluar 54,21 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26,5 °C maka diperoleh *approach* sebesar 27,71 °C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air keluar 51,22 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26,8 °C maka diperoleh *approach* sebesar 24,42 °C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air keluar 49,66 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 27,1 °C maka diperoleh *approach* sebesar 22,56 °C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air keluar 48,98 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 27 °C maka diperoleh *approach* sebesar 21,98 °C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air keluar 44,91 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26,3 °C maka diperoleh *range* sebesar 18,61 °C .

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Fill Bulat Sudut 25°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
66,37	55,85	58,55	48,42	53,52	32,87	62,70	26,2
66,12	54,80	58,24	46,59	51,83	33,60	58,69	26,1
63,40	52,36	54,08	44,25	48,95	34,06	56,31	26
61,50	50,53	52,11	42,75	46,98	33,76	55,66	25,6
61,80	49,33	51,15	41,83	46,25	33,90	59,13	26,4

Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 25° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air keluar 53,52 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26,2 °C maka diperoleh *approach* sebesar 27,32 °C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air keluar 51,83 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26,1 °C maka diperoleh *approach* sebesar 25,73 °C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air keluar 48,95 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *approach* sebesar 22,95 °C . Frekuensi

kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air keluar $46,98^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,6^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *approach* sebesar $21,38^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air keluar $46,25^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $26,4^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $19,85^{\circ}\text{C}$. Gambar grafik pengujian nilai *approach fill* berlubang bulat dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Grafik Hasil Pengujian Nilai Tempratur *Approach Fill* Bulat

Pada Gambar grafik 4.35 di dapatkan data hasil percobaan *Approach* dari tiap sudut kemiringan posisi *fill* yang di uji. kemiringan 15° di dapatkan data $29,55^{\circ}\text{C}$, $26,88^{\circ}\text{C}$, $24,58^{\circ}\text{C}$, $23,01^{\circ}\text{C}$, $23,30^{\circ}\text{C}$. Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan data. $27,71^{\circ}\text{C}$, $24,42^{\circ}\text{C}$, $22,56^{\circ}\text{C}$, $21,98^{\circ}\text{C}$, $18,61^{\circ}\text{C}$. Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan data. $27,32^{\circ}\text{C}$, $25,73^{\circ}\text{C}$, $22,95^{\circ}\text{C}$, $21,38^{\circ}\text{C}$, $19,85^{\circ}\text{C}$.

4.3.2 Hasil Pengujian *Splash Fill* Berlubang Bentuk Segitiga

1. Temperatur *Range*

Range merupakan perbedaan antara suhu air masuk dan keluar menara pendingin. *Range* (cooling tower) yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan kinerjanya bagus. Rumusnya adalah

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

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian *Fill* Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 15°

T1	T2	T3	T4	T5	Tling	RH	twb
55,88	53,89	51,67	51,51	49,15	34,41	56,03	26
59,04	54,13	51,84	50,54	48,26	34,28	57,81	26
59,49	53,20	50,93	48,40	46,22	34,31	56,91	26
58,59	51,77	48,25	48,20	45,77	34,37	57,73	26
57,84	50,10	46,70	45,91	43,90	33,64	60,59	26

Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 15° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu temperatur air masuk 55,88⁰C dikurang suhu temperatur air keluar 49,15⁰C maka diperoleh *range* sebesar 6,73⁰C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu temperatur air masuk 59,04⁰C dikurang suhu temperatur air keluar 48,26⁰C maka diperoleh *range* sebesar 10,78⁰C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu temperatur air masuk 59,49⁰C dikurang suhu temperatur air keluar 46,22⁰C maka diperoleh *range* sebesar 13,27⁰C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu temperatur air masuk 58,59⁰C dikurang suhu temperatur air keluar 45,77⁰C maka diperoleh *range* sebesar 12,82⁰C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu temperatur air masuk 57,84⁰C dikurang suhu temperatur air keluar 43,90⁰C maka diperoleh *range* sebesar 13,94⁰C .

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian *Fill* Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 20°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
62,88	56,78	53,47	45,27	50,21	32,80	64,68	26
63,18	56,44	52,91	45,62	49,29	33,17	63,00	26
60,12	53,82	48,69	44,24	45,53	33,64	61,51	26

59,33	52,76	46,77	43,89	43,33	32,84	61,96	25
58,20	51,28	45,43	42,16	42,08	32,65	65,47	26

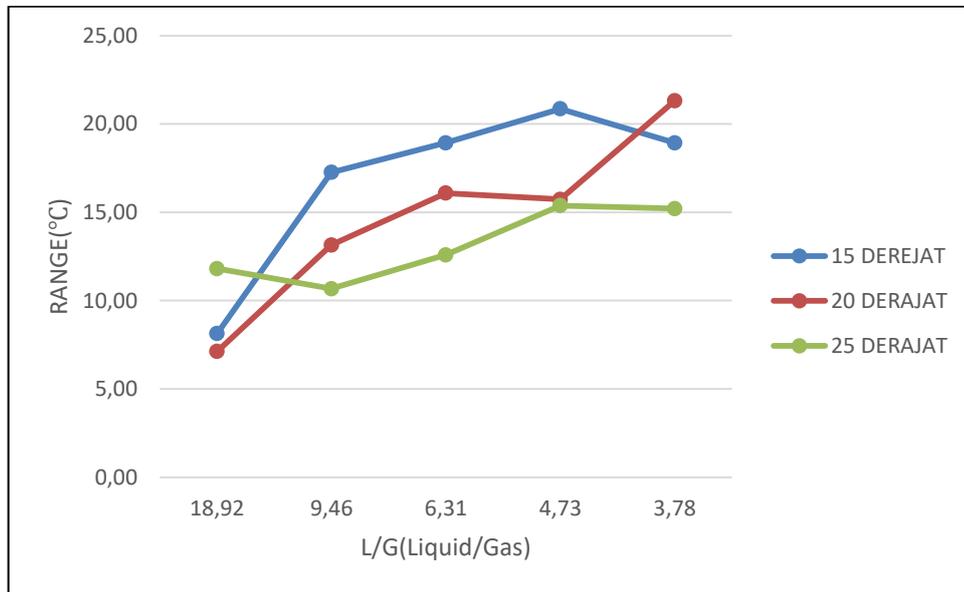
Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 20° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air masuk 62,88⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 50,21⁰C maka diperoleh *range* sebesar 12,67⁰C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air masuk 63,18⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 49,29⁰C maka diperoleh *range* sebesar 13,89⁰C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air masuk 60,12⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 45,53⁰C maka diperoleh *range* sebesar 14,59⁰C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air masuk 59,33⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 43,33⁰C maka diperoleh *range* sebesar 16,00⁰C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air masuk 58,20⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 42,08⁰C maka diperoleh *range* sebesar 16,12⁰C .

Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 25°

T1	T2	T3	T4	T5	Tling	RH	twb
62,81	58,88	55,13	54,50	53,06	32,58	64,74	26,00
61,56	58,41	53,83	52,61	50,50	31,85	69,67	25,00
60,99	56,59	52,49	51,20	48,40	30,90	70,97	25,00
58,33	54,09	49,97	48,33	45,20	30,41	72,55	25,00
58,59	52,33	49,79	47,87	39,97	30,25	72,15	25,00

Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 25° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air masuk 62,81⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 53,06⁰C maka diperoleh *range* sebesar 9,75⁰C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air masuk 61,56⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 50,50⁰C maka diperoleh *range* sebesar 11,06⁰C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air masuk 60,99⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 48,40⁰C maka diperoleh *range* sebesar 12,59⁰C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air masuk 58,33⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 45,20⁰C maka diperoleh *range* sebesar 13,13⁰C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air masuk 58,59⁰C dikurang suhu

temperatur air keluar $39,97^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $18,61^{\circ}\text{C}$. Gambar grafik pengujian nilai *range fill* berlubang bentuk segitiga dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Grafik Hasil Pengujian Nilai Temperatur *Range Fill* Berlubang Segitiga

Pada Gambar grafik 4.36 di dapatkan data hasil percobaan *Range* dari tiap sudut kemiringan posisi *fill* yang di uji. Pada sudut kemiringan 15° di dapatkan data. $6,73^{\circ}\text{C}$, $10,78^{\circ}\text{C}$, $13,27^{\circ}\text{C}$, $12,82^{\circ}\text{C}$, $13,94^{\circ}\text{C}$. Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan data. $12,67^{\circ}\text{C}$, $13,89^{\circ}\text{C}$, $14,59^{\circ}\text{C}$, $16,00^{\circ}\text{C}$, $16,12^{\circ}\text{C}$. Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan data. $9,75^{\circ}\text{C}$, $11,06^{\circ}\text{C}$, $12,59^{\circ}\text{C}$, $13,13^{\circ}\text{C}$, $18,61^{\circ}\text{C}$.

2. Temperatur *Approach*

Approach Merupakan 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, ‘*approach*’ merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

$$\text{approach } (^{\circ}\text{C}) = \text{Temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C}) - \text{Temperatur wet bulb } (^{\circ}\text{C})$$

Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 15°

T1	T2	T3	T4	T5	Tling	RH	twb
55,88	53,89	51,67	51,51	49,15	34,41	56,03	26
59,04	54,13	51,84	50,54	48,26	34,28	57,81	26
59,49	53,20	50,93	48,40	46,22	34,31	56,91	26
58,59	51,77	48,25	48,20	45,77	34,37	57,73	26
57,84	50,10	46,70	45,91	43,90	33,64	60,59	26

Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 15° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air keluar 49,15 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *approach* sebesar 23,15 °C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air keluar 48,26 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *approach* sebesar 22,26 °C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air keluar 46,22 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *approach* sebesar 20,22 °C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air keluar 45,77 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *approach* sebesar 19,77 °C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air keluar 43,90 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *range* sebesar 17,91 °C .

Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 20°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
62,88	56,78	53,47	45,27	50,21	32,80	64,68	26
63,18	56,44	52,91	45,62	49,29	33,17	63,00	26
60,12	53,82	48,69	44,24	45,53	33,64	61,51	26
59,33	52,76	46,77	43,89	43,33	32,84	61,96	25
58,20	51,28	45,43	42,16	42,08	32,65	65,47	26

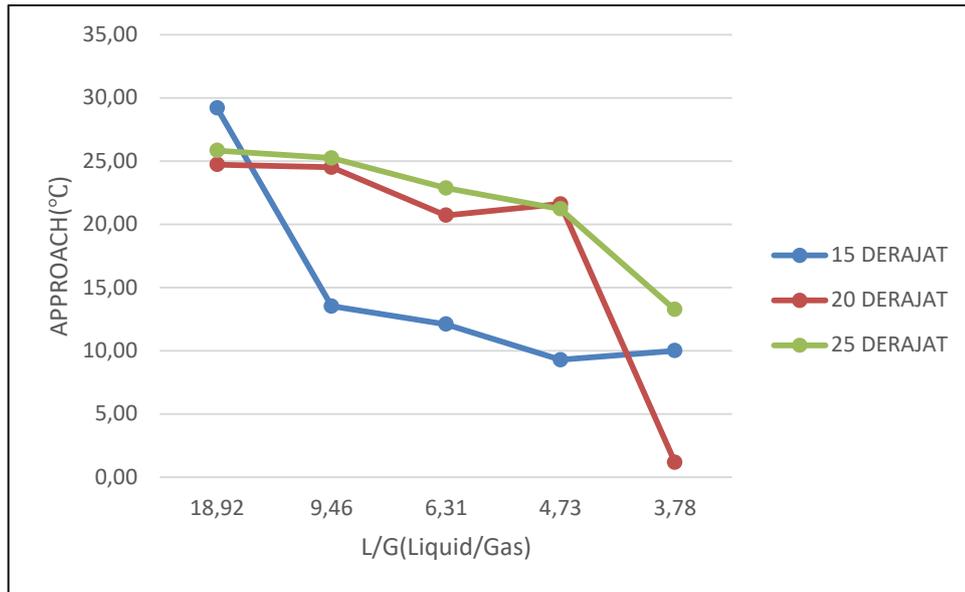
Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 20° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air keluar 50,21 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *approach* sebesar 24,21 °C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air keluar 49,29 °C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26 °C maka diperoleh *approach* sebesar 23,29 °C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air keluar 45,53 °C dikurang suhu

temperatur *wet bulb* 26°C maka diperoleh *approach* sebesar $19,53^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu temperatur air keluar $43,33^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25°C maka diperoleh *approach* sebesar $18,33^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu temperatur air keluar $42,08^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur *wet bulb* 26°C maka diperoleh *range* sebesar $16,08^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.12 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Segitiga Sudut 25°

T1	T2	T3	T4	T5	Tling	RH	twb
62,81	58,88	55,13	54,50	53,06	32,58	64,74	26,00
61,56	58,41	53,83	52,61	50,50	31,85	69,67	25,00
60,99	56,59	52,49	51,20	48,40	30,90	70,97	25,00
58,33	54,09	49,97	48,33	45,20	30,41	72,55	25,00
58,59	52,33	49,79	47,87	39,97	30,25	72,15	25,00

Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 25° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu temperatur air keluar $53,06^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur *wet bulb* 26°C maka diperoleh *approach* sebesar $27,06^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu temperatur air keluar $50,50^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25°C maka diperoleh *approach* sebesar $25,5^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu temperatur air keluar $48,40^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25°C maka diperoleh *approach* sebesar $23,4^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu temperatur air keluar $45,20^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25°C maka diperoleh *approach* sebesar $20,2^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu temperatur air keluar $39,97^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur *wet bulb* 25°C maka diperoleh *range* sebesar $14,97^{\circ}\text{C}$. Gambar grafik pengujian nilai *approach fill* belubang bentuk segitiga dapat dilihat pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37 Grafik Hasil Pengujian Nilai Temperatur *Approach Fill* Berlubang Segitiga

Pada Gambar grafik 4.37 di dapatkan data hasil percobaan *Approach* dari tiap sudut kemiringan posisi *fill* yang di uji. Pada sudut kemiringan 15° di dapatkan data. 23,15 °C , 22,26 °C , 20,22 °C , 19,77 °C , 17,91 °C . Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan data. 24,21 °C , 23,29 °C , 19,53 °C , 18,33 °C , 16,08 °C . Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan data. 27,06 °C , 25,50 °C , 23,40 °C , 20,20 °C , 14,97 °C .

4.3.3. Hasil Pengujian *Splash Fill* Berlubang Bentuk Kotak

1. Temperatur *Range*

Range merupakan perbedaan antara suhu air masuk dan keluar menara pendingin. *Range* (cooling tower) yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan kinerjanya bagus.

Rumusnya adalah

$$Range (°C) = \text{Temperatur air masuk } (°C) - \text{Temperatur air keluar } (°C)$$

Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 15°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
62,09	48,81	52,05	54,48	54,91	34,04	54,94	25,7
62,29	51,73	51,38	54,64	53,97	33,50	57,28	25,8
60,49	51,36	48,89	51,75	51,59	33,43	58,09	25,8
60,67	48,11	49,03	51,62	51,09	32,98	60,11	25,8
60,58	49,32	47,43	49,18	49,76	33,02	61,24	26,1

Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 15° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air masuk 62,09⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 54,91⁰C maka diperoleh *range* sebesar 7,18⁰C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air masuk 62,29⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 53,97⁰C maka diperoleh *range* sebesar 8,32⁰C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air masuk 60,49⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 51,59⁰C maka diperoleh *range* sebesar 8,90⁰C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air masuk 60,67⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 51,09⁰C maka diperoleh *range* sebesar 9,58⁰C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air masuk 60,58⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 49,76⁰C maka diperoleh *range* sebesar 10,82⁰C .

Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 20°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
61,59	57,28	53,60	55,96	55,93	32,96	56,77	25,2
60,15	56,20	52,74	54,09	53,62	33,27	55,70	25,3
58,90	55,22	51,14	51,44	51,80	33,45	53,75	25
61,83	56,82	51,55	53,20	52,59	33,45	52,85	24,8
58,43	54,18	48,45	50,62	49,16	33,19	57,15	25,4

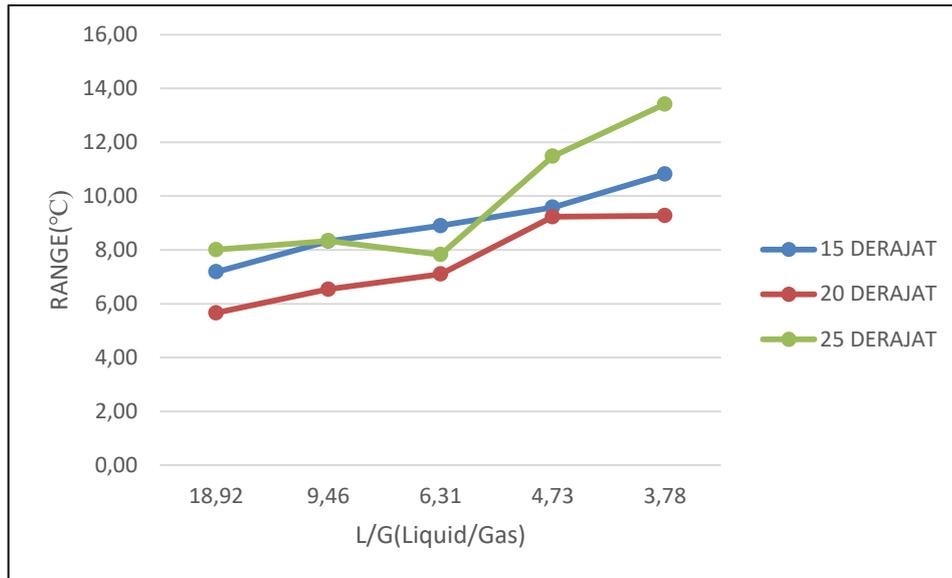
Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 20° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air masuk 61,59⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 55,93⁰C maka diperoleh *range* sebesar 5,66⁰C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air masuk 60,15⁰C dikurang suhu tempratur air keluar 53,62⁰C maka diperoleh *range* sebesar 6,54⁰C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air masuk 58,90⁰C dikurang suhu

temperatur air keluar $51,80^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $7,10^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu temperatur air masuk $61,83^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur air keluar $51,09^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $9,23^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu temperatur air masuk $58,43^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur air keluar $49,16^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $9,27^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.15 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 25°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
61,93	52,58	49,41	55,20	53,92	33,49	54,10	25,5
62,19	53,54	50,98	54,90	53,85	33,54	53,90	25,1
59,61	52,43	49,63	53,23	51,78	33,72	54,02	25,3
61,91	53,55	48,68	53,49	50,43	33,71	58,16	26,1
62,92	55,87	48,52	52,24	49,50	33,92	52,29	25,1

Pada hasil percobaan *range* sudut kemiringan 25° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu temperatur air masuk $61,93^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur air keluar $53,92^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $8,01^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu temperatur air masuk $62,19^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur air keluar $53,85^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $8,33^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu temperatur air masuk $59,61^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur air keluar $51,78^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $7,83^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu temperatur air masuk $61,91^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur air keluar $50,43^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $11,48^{\circ}\text{C}$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu temperatur air masuk $62,92^{\circ}\text{C}$ dikurang suhu temperatur air keluar $49,50^{\circ}\text{C}$ maka diperoleh *range* sebesar $13,42^{\circ}\text{C}$. Gambar grafik pengujian nilai *range fill* berlubang bentuk kotak dapat dilihat pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38 Grafik Hasil Pengujian Nilai Temperatur *Range Fill* Berlubang kotak

Pada Gambar grafik 4.36 di dapatkan data hasil percobaan *Range* dari tiap sudut kemiringan posisi *fill* yang di uji. Pada sudut kemiringan 15° di dapatkan data. 7,18⁰C , 8,32⁰C , 8,90⁰C , 9,58⁰C , 10,82⁰C . Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan data. 5,66⁰C , 6,54⁰C , 7,10⁰C , 9,23⁰C , 9,27⁰C . Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan data. 8,01⁰C , 8,33⁰C , 7,83⁰C , 11,48⁰C , 13,42⁰C .

2. Temperatur *Approach*

Approach Merupakan 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, '*approach*' merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

$$\text{approach } (^{\circ}\text{C}) = \text{Temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C}) - \text{Temperatur wet bulb } (^{\circ}\text{C})$$

Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk kotak Sudut 15°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
62,09	48,81	52,05	54,48	54,91	34,04	54,94	25,7
62,29	51,73	51,38	54,64	53,97	33,50	57,28	25,8
60,49	51,36	48,89	51,75	51,59	33,43	58,09	25,8
60,67	48,11	49,03	51,62	51,09	32,98	60,11	25,8
60,58	49,32	47,43	49,18	49,76	33,02	61,24	26,1

Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 15° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air keluar $54,91^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,7^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $29,21^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air keluar $53,97^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,8^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $28,17^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air keluar $51,59^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,8^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $25,78^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air keluar $51,09^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,8^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $25,29^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air keluar $49,76^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $26,1^\circ C$ maka diperoleh *range* sebesar $23,66^\circ C$.

Tabel 4.17 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 20°

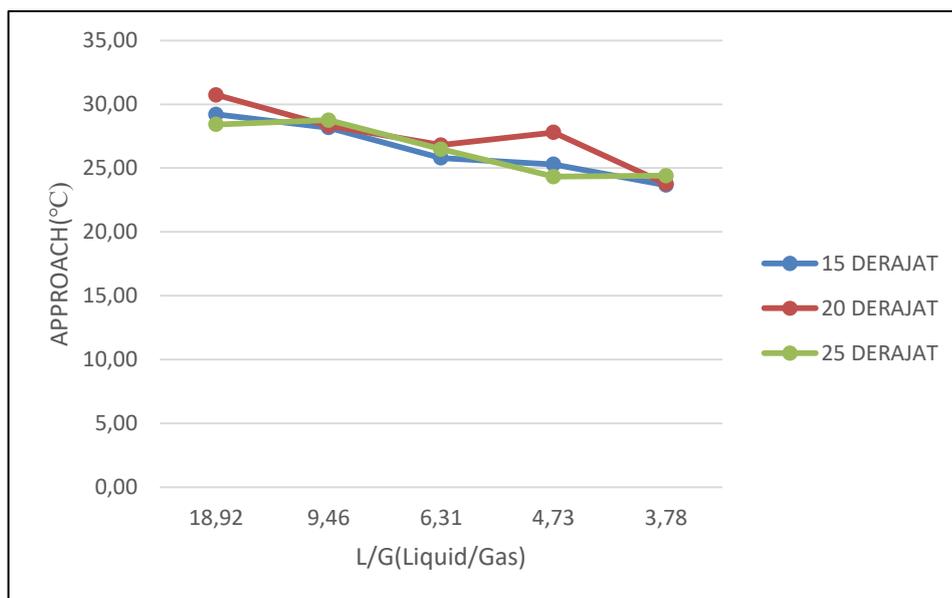
T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
61,59	57,28	53,60	55,96	55,93	32,96	56,77	25,2
60,15	56,20	52,74	54,09	53,62	33,27	55,70	25,3
58,90	55,22	51,14	51,44	51,80	33,45	53,75	25
61,83	56,82	51,55	53,20	52,59	33,45	52,85	24,8
58,43	54,18	48,45	50,62	49,16	33,19	57,15	25,4

Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 20° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air keluar $55,93^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,2^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $30,73^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air keluar $53,62^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,3^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $28,32^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air keluar $51,80^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $26,80^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air keluar $52,59^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $24,8^\circ C$ maka diperoleh *approach* sebesar $27,79^\circ C$. Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air keluar $49,16^\circ C$ dikurang suhu tempratur *wet bulb* $25,4^\circ C$ maka diperoleh *range* sebesar $23,76^\circ C$.

Tabel 4.18 Data Hasil Pengujian Fill Berlubang Bentuk Kotak Sudut 25°

T1	T2	T3	T4	T5	TLing	RH	twb
61,93	52,58	49,41	55,20	53,92	33,49	54,10	25,5
62,19	53,54	50,98	54,90	53,85	33,54	53,90	25,1
59,61	52,43	49,63	53,23	51,78	33,72	54,02	25,3
61,91	53,55	48,68	53,49	50,43	33,71	58,16	26,1
62,92	55,87	48,52	52,24	49,50	33,92	52,29	25,1

Pada hasil percobaan *approach* sudut kemiringan 25° dengan frekuensi kecepatan blower 10 hz, dengan suhu tempratur air keluar 53,92⁰C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 25,5⁰C maka diperoleh *approach* sebesar 28,42⁰C . Frekuensi kecepatan blower 20 hz, dengan suhu tempratur air keluar 53,85⁰C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 25,1⁰C maka diperoleh *approach* sebesar 28,75⁰C . Frekuensi kecepatan blower 30 hz, dengan suhu tempratur air keluar 51,78⁰C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 25,3⁰C maka diperoleh *approach* sebesar 26,48⁰C . Frekuensi kecepatan blower 40 hz, dengan suhu tempratur air keluar 50,43⁰C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 26,1⁰C maka diperoleh *approach* sebesar 24,33⁰C . Frekuensi kecepatan blower 50 hz, dengan suhu tempratur air keluar 49,50⁰C dikurang suhu tempratur *wet bulb* 25,1⁰C maka diperoleh *range* sebesar 24,40⁰C . Gambar grafik pengujian nilai *range fill* berlubang bentuk kotak dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Grafik Hasil Pengujian Nilai Temperatur *Approach Fill* Berlubang kotak

Pada Gambar grafik 4.36 di dapatkan data hasil percobaan *Range* dari tiap sudut kemiringan posisi *fill* yang di uji. Pada sudut kemiringan 15° di dapatkan data. $29,21^\circ C$, $28,17^\circ C$, $25,78^\circ C$, $25,29^\circ C$, $23,66^\circ C$. Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan data. $30,73^\circ C$, $28,32^\circ C$, $26,80^\circ C$, $27,79^\circ C$, $23,76^\circ C$. Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan data. $28,42^\circ C$, $28,75^\circ C$, $26,48^\circ C$, $24,33^\circ C$, $24,40^\circ C$.

4.4. Nilai Rata Rata Pengujian

Pada pengambilan data yang dilakukan di dapat rata rata dari tiap percobaan sebagai berikut:

Pada Nilai Temperatur *Range*

1. Rata rata nilai *range* Pada sudut kemiringan 15° di dapatkan nilai rata rata sebesar $10,49^\circ C$ pada fill berlubang bulat. $11,50^\circ C$ pada fill berlubang segitiga. $8,96^\circ C$ pada fill berlubang kotak.
2. Rata rata nilai *range* Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan nilai rata rata sebesar $9,67^\circ C$ pada fill berlubang bulat. $14,65^\circ C$ pada fill berlubang segitiga. $7,56^\circ C$ pada fill berlubang kotak.
3. Rata rata nilai *range* Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan nilai rata rata sebesar $14,33^\circ C$ pada fill berlubang bulat. $13,02^\circ C$ pada fill berlubang segitiga. $9,81^\circ C$ pada fill berlubang kotak.

Pada Nilai Temperatur *Approach*

1. Rata rata nilai *approach* Pada sudut kemiringan 15° di dapatkan nilai rata rata sebesar $25,46^\circ C$ pada fill berlubang bulat. $20,67^\circ C$ pada fill berlubang segitiga. $26,42^\circ C$ pada fill berlubang kotak.
2. Rata rata nilai *approach* Pada sudut kemiringan 20° di dapatkan nilai rata rata sebesar $23,05^\circ C$ pada fill berlubang bulat. $20,09^\circ C$ pada fill berlubang segitiga. $27,48^\circ C$ pada fill berlubang kotak.

3. Rata rata nilai *approach* Pada sudut kemiringan 25° di dapatkan nilai rata rata sebesar $23,44^\circ C$ pada fill berlubang bulat. $22,22^\circ C$ pada fill berlubang segitiga. $25,67^\circ C$ pada fill berlubang kotak.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan *splash fill* berlubang bentuk bulat, persegi, dan segitiga yang telah dilakukan dapat kesimpulan beberapa hal yaitu:

1. Menara pendingin dengan *range* yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan memiliki kinerja yang bagus. Dalam penelitian ini *range* selisih maksimum yang dapat dicapai dari menara pendingin adalah sebesar 14,65 °C pada fill berlubang segitiga.
2. Berdasarkan pengujian tarik yang dilakukan spesimen bahan plat galvalum dengan ketebalan 0,25 mm memiliki kekuatan beban maksimal (max. force) 7.21 kgf yang lebih tinggi dari berat massa air digunakan dalam wet colling tower yang berkisar 5 kg/menit.
3. Sudut kemiringan bahan pengisi (*splash fill* berlubang) sangat berpengaruh dalam hasil data dibuktikan dengan perbedaan data yang terlihat dari masing masing percobaan sudut berbeda. Untuk sudut kemiringan 25° di dapatkan data yang cukup baik yaitu dengan *range* rata rata 12,38 °C
4. Perbedaan bentuk lubang ternyata mempengaruhi penurunan suhu pada *splash fill* berlubang hal tersebut di buktikan dengan data yang bervariasi

5.2 Saran

1. Penulisan mengharapkan pada penelitian pembuatan *Splash Fill* berlubang pada alat *Prototipe Wet Cooling Tower* bermaterial plat non logam yang lain.
2. Untuk melakukan penelitian selanjutnya hendaknya pengkondisian suhu dan kelembaban lingkungan tempat dilaksanakannya penelitian diusahakan pada kondisi yang konstan, agar didapat data yang lebih teliti.
3. Dalam penelitian selanjutnya hendak variasi terhadap parameter-parameter lainnya lebih banyak dilakukan, seperti kecepatan daya hisap

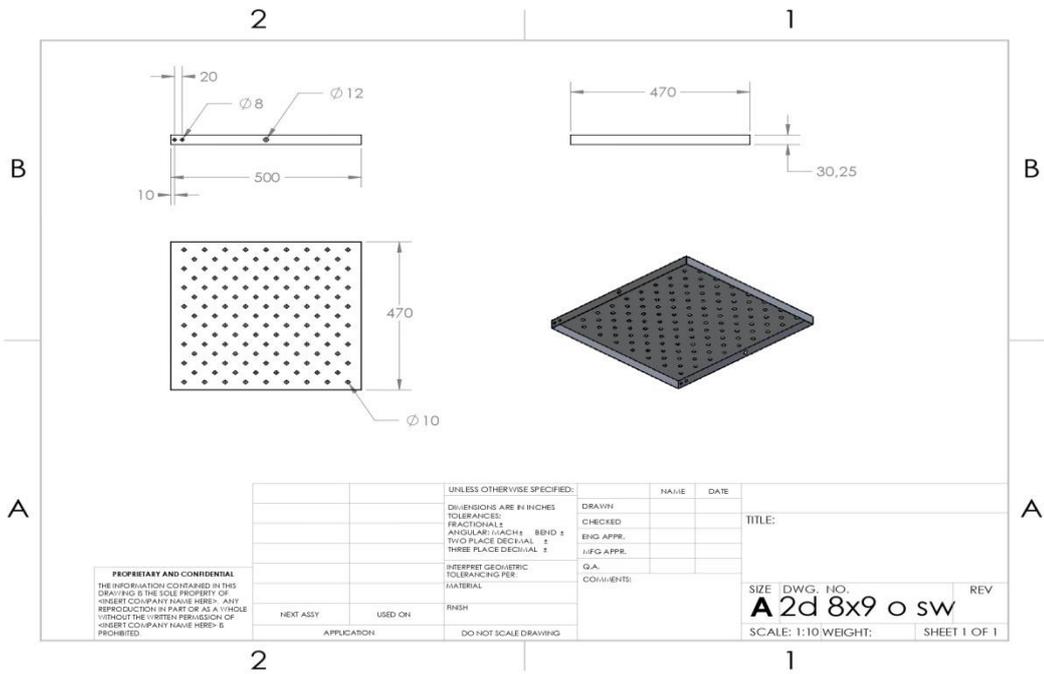
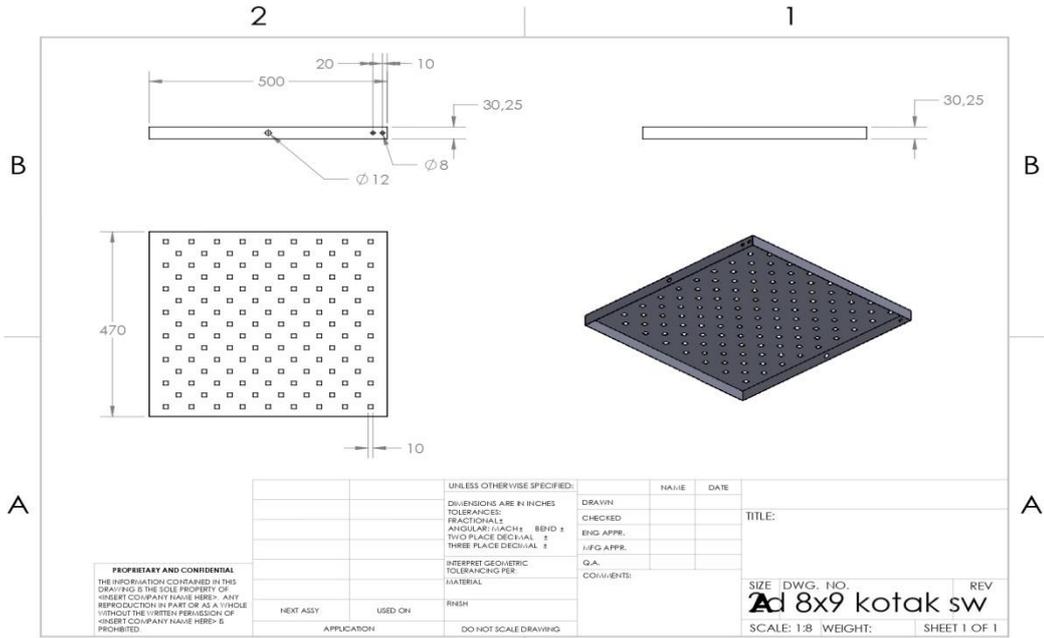
blower, laju aliran massa air, serta susunan dan jenis bahan pengisi. lebih banyak dilakukan, untuk mendapatkan data yang lebih bervariasi.

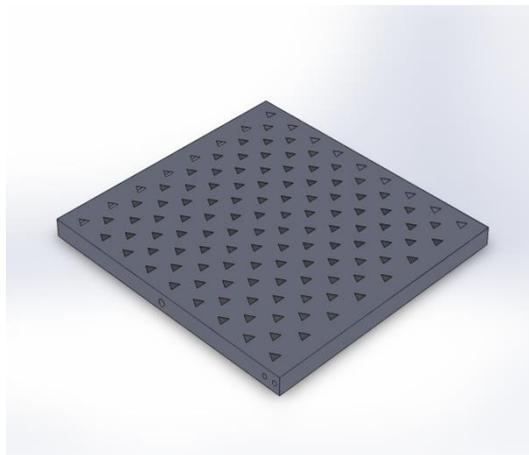
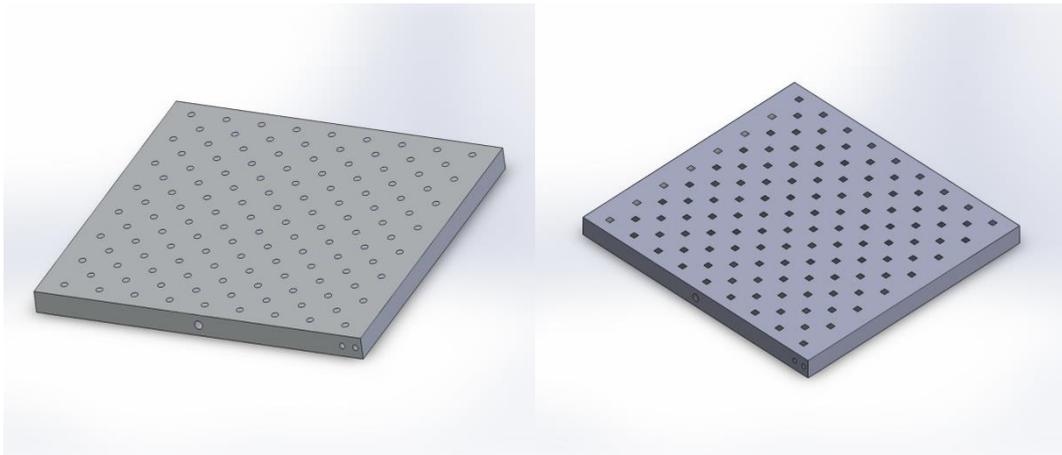
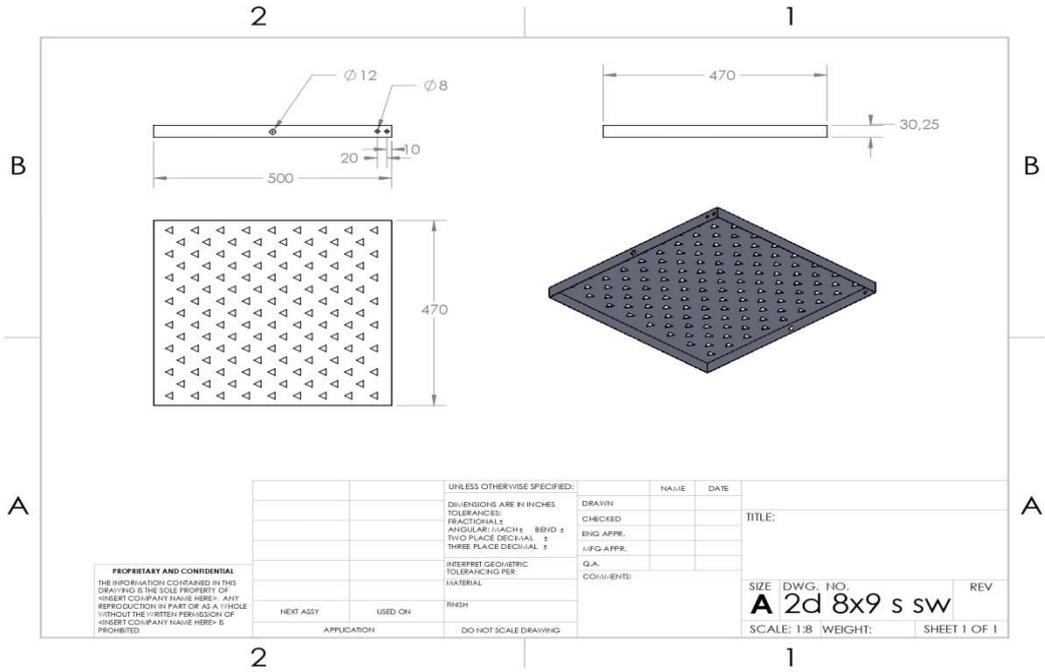
DAFTAR PUSTAKA

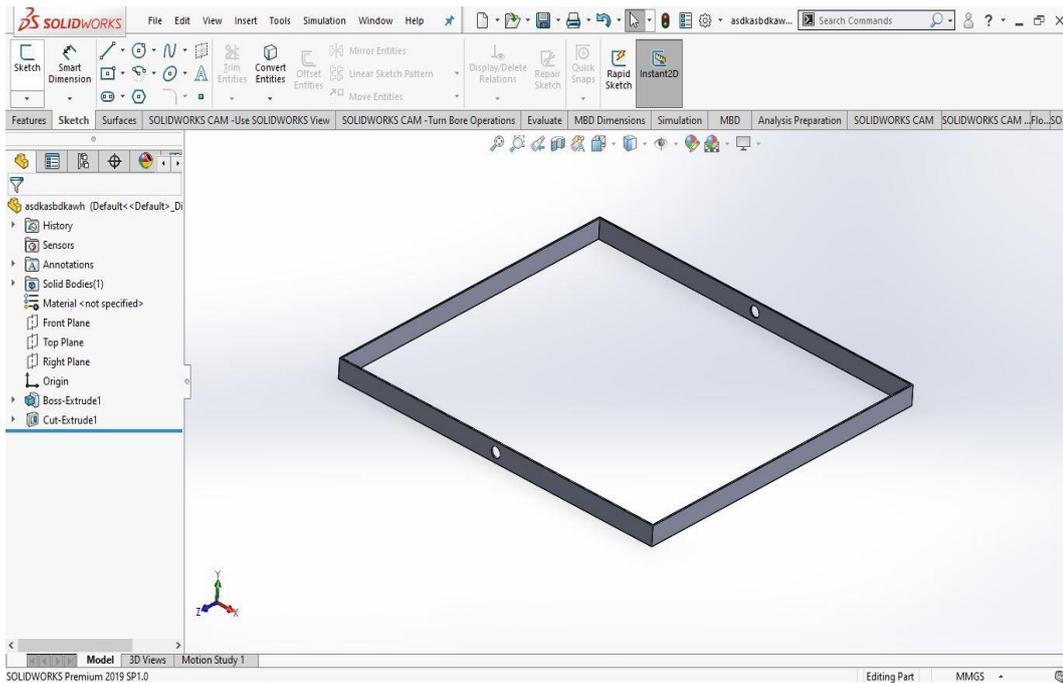
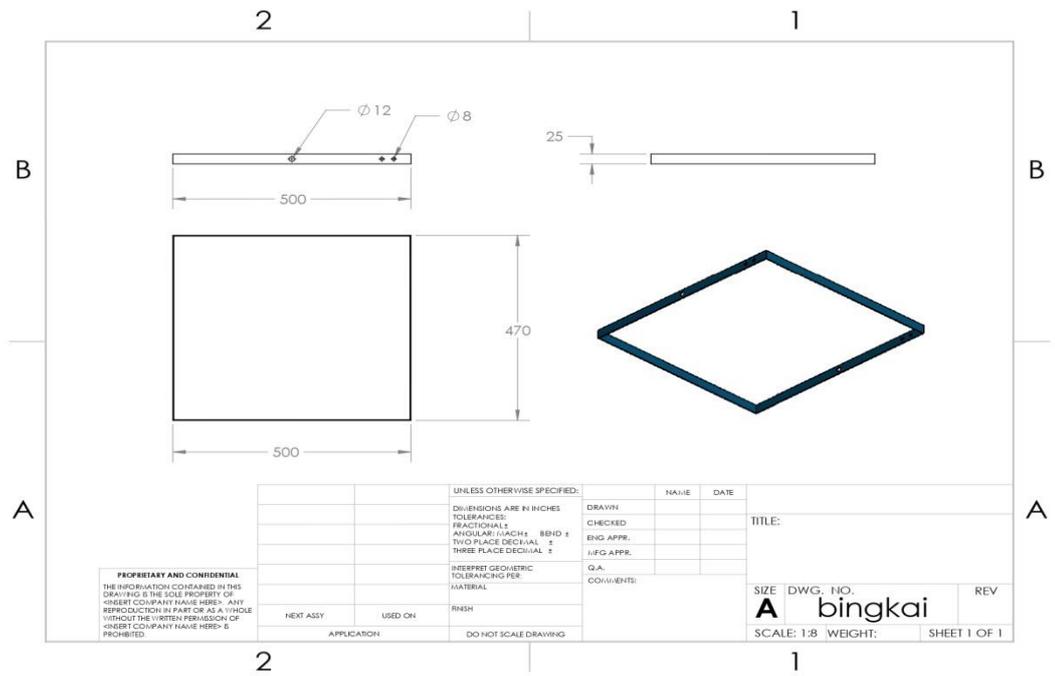
- Ayyam, K., Sari, M. P., Ma, Z., & P, W. D. (2018). Perbandingan Kerja Antar Bahan Pengisi pada Menara Cooling Tower dengan Sistem Destilasi Uap. *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 2(1), 19–29.
- Effendi, Y., & Saputra, A. A. (2020). Perencanaan Prototipe Menara Pendingin Mini Untuk Alat Penukar Kalor Tipe Plat Datar. *Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.31000/mbjtm.v3i1.3074>
- Elok, F. N. (2020). Analisis Kinerja Cooling Tower Induced Draft Counterflow Dengan Bahan Pengisi Alumunium Semisircular ARC.
- Hidayat, H. R., Nurhadi, N., & Saputra, T. J. (2018). Rancang Bangun Engine Stand Diesel Jenis Panther Dan Analisis Sistem Pendingin. *RIDTEM (Riset Diploma Teknik Mesin)*, 1(1), 16–18.
- 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).
- Wuryanti, S. (2021b). Peningkatan Efektivitas Cooling Tower dengan Metoda Air High Speed. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 40–43. <https://doi.org/10.35313/energi.v10i1.2326>
- Laksanawati, E. K., Sulaeman, A., & Rosyidin, A. (2022). Desain Rancang Bangun Cooling Tower menggunakan Aplikasi Autocad Skala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang. *Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 37. <https://doi.org/10.31000/mbjtm.v6i1.6698>
- Melkias, A. (2021). Analisa Performa Pada Cooling Tower Jenis Mechanical Draft Crossflow. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 24–28. <https://doi.org/10.35313/energi.v10i1.2321>
- 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.
- Ramarao, R.A., T. S. T. L. S. and D. of C. T. (2020). Menara pendingin 1. 1–17.
- Sastrawan. (2020). Analisa perpindahan panas cooling tower (induced draft) pltu

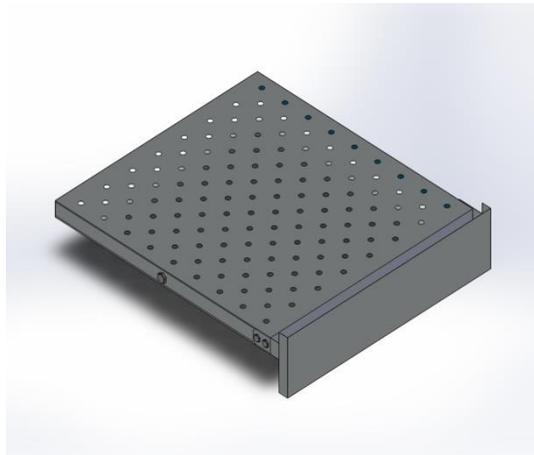
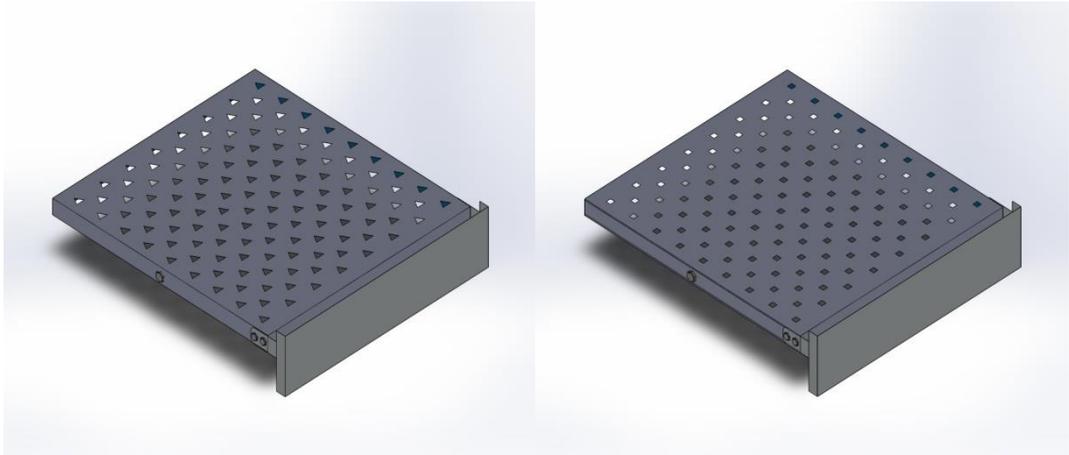
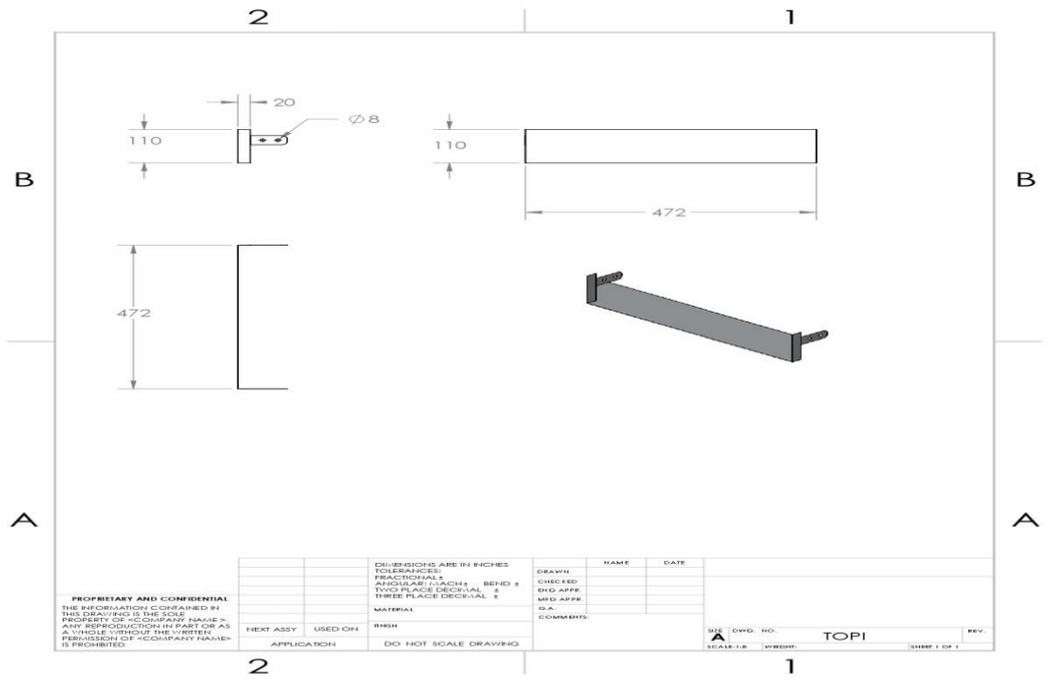
- 1 pulang pisau (2 x 60 mw). *Jtam Rotary*, 2(2), 171.
https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v2i2.2413
- Sastrawan, I. K. G., & Subagyo, R. (2020). Analisa perpindahan panas cooling tower (induced draft) pltu 1 pulang pisau (2 x 60 mw). *JtamRotary*,2(2),171.
https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v2i2.2413
- Wuryanti, S. (2021a). Peningkatan Efektivitas Cooling Tower dengan Metoda Air High Speed. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 40–43.
<https://doi.org/10.35313/energi.v10i1.2326>
- Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution4, R. F. P. (2023). Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous). *Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous) Khairul*, 6(2), 89–9

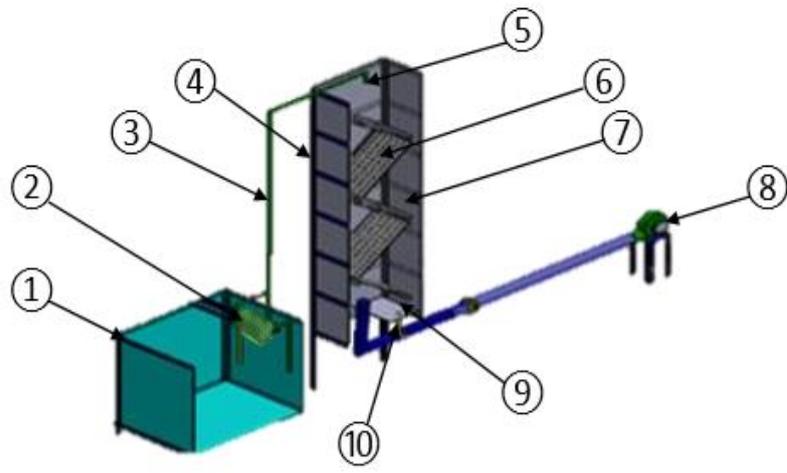
LAMPIRAN











LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pembuatan *Splash Fill* Berlubang Pada *Wet Colling Tower* Berbahan Plat Galvalum

Nama : Aditiya Wardhana
NPM : 1907230031

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin 10/10/2022	- Pemberian Spesifikasi Tugas Akhir	u
2.	Rabu 19/10/2022	- Perbaiki pendahuluan	M
3.	Kamis 20/10/2022	- Perbaiki Tujuan	u
4.	Senin 24/10/2022	- Perbaiki Tinjauan Pustaka	u
5.	Rabu 26/10/2022	- Lengkapi dengan <i>Splash Fill</i>	u
6.	Kamis 27/10/2022	- Perbaiki Metode	u
7.	Kamis 03/11/2022	- ACC, Seminar Proposal	u
8.	Senin 10/07/2023	- Perbaiki hasil dan Pembahasan	u
9.	Selasa 18/07/2023	- Perbaiki kesimpulan	u
10.	Senin 24/07/2023	- ACC Seminar Hasil	u



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar dituliskan 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 [f umsumedan](#) [ig umsumedan](#) [t umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 150/II.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 11 Februari 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : ADITYA WARDHANA
Npm : 1907230031
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : V11 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN SPLASH FILL BERLUBANG 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, 19 Rajab 1444 H
14 Februari 2023 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



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

Peserta seminar

Nama : Aditiya Wardhana
 NPM : 1907230031
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Splash Fill berlubang pada wet cooling tower berbahan plat Galvalum ..

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I : Khairul Umurani ST.MT	 <i>Khairul Umurani</i>	
Pembanding – I : Chandra A Siregar ST.MT	 <i>Chandra A Siregar</i>	
Pembanding II : Sudirman Lubis ST.MT	 <i>Sudirman Lubis</i>	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230001	RAFIDU ALFARIZI	<i>Rafidu</i>
2	1807230073	AFRIZAL SAPUTRA SAPUTRA	<i>Afrizal</i>
3	1907230046	RIANANDA FAHRIZA	<i>Riananda</i>
4	1907230020	M. SAYID ZUFRU	<i>M. Sayid</i>
5	1907230045	BAGUS KUNCORO BUDI	<i>Bagus</i>
6	1907230032	AGUNG SETIAWAN	<i>Agung</i>
7			
8			
9			
10			

Medan, 20 Muharram 1445 H
7 Agustus 2023 M

Ketua Prodi. T.Mesin

Chandra A Siregar

Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Aditiya Wardhana
NPM : 1907230031
Judul Tugas Akhir : pembuatan Splash Fill Berlubang Pada Wet Cooling tower berbahan Plat calvalum .

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar ST.MT
Dosen Pembanding – 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 :
..... lihat buku tugas akhir
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- I



Chandra A Siregar ST.MT

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

Nama : Aditiya Wardhana
NPM : 1907230031
Judul Tugas Akhir : pembuatan Fill bergelombang pada wet cooling tower berbahan plat Galvalum .

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar ST.MT
Dosen Pembanding – 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 :
- *perbaiki tsb II dengan alat*
- *untuk diperbaiki yg relevan*
.....
.....
.....
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