

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN INSTRUMENT PENGUKURAN LAJU ALIRAN UDARA PADA WET COOLING TOWER

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

Disusun Oleh:

NANDA FAHRIZA
1907230046



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nanda Fahriza
NPM : 1907230046
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara
Pada *Wet Cooling Tower*
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

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

Medan, 10 Agustus 2023

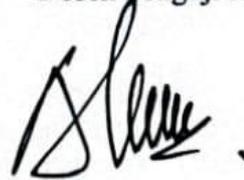
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Chandra A Siregar S.T.,M.T

Dosen Penguji II



Sudirman Lubis S.T.,M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T.,M.T

Ketua, Program Studi Teknik Mesin



Chandra A Siregar S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Nanda Fahriza
Tempat /Tanggal Lahir : Batu Anam / 05 Desember 2000
NPM : 1907230046
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

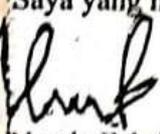
“Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara Pada *Wet Cooling Tower*”

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,

Nanda Fahriza



ABSTRAK

Menara pendingin merupakan dampak positif dari kemajuan teknologi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja dan ketahanan alat industri, menara pendingin bekerja untuk mendinginkan fluida air secara paksa menggunakan kipas atau blower, bekerja untuk menyerap panas pada fluida air yang bersal dari mesin yang menghasilkan panas seperti chiler, kemudian dikontak langsung dengan fluida dingin (udara), salah satu bagian menara pendingin ialah instrument pengukuran laju aliran udara yaitu perangkat yang berfungsi mengukur aliran udara, mengukur kecepatan sebenarnya dari udara yang mengalir melalui perangkat dalam segmen waktu yang ditetapkan, dinyatakan dalam satuan meter per detik (m/s) terdiri dari rangkaian pipa, rangkaian alat ukur dibuat menggunakan gerinda, bor tangan, mesin las, meteran gulungan, 3D printing, panjang rangkaian aliran fluida 2.362 mm, diameter dalam pipa 85,15 mm, tinggi dudukan pipa 290 mm, lebar 150 mm, diameter dalam dari sambungan pipa 92,70 mm, diameter luar 150 mm, pengujian laju aliran udara dengan menggunakan hot wire anemometer dan manometer didapatkan hasil bahwasanya kecepatan udara rata - rata pada gelombang udara 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz berturut-turut mencapai 1,407 m/s, 2,7569 m/s, 4,3828 m/s, 5,6121 m/s dan 7,1806 m/s serta didapatkan penurunan tekanan 30 Pa, 151 Pa, 350 Pa, 620 Pa, 1000 Pa, dan koefisien debit berturut turut sebesar 0,617113, 0,615004, 0,614735, 0,613772, 0,61157 dengan rata-rata koefisien debit dari rangkaian aliran udara 0,614439.

Kata kunci : instrument pengukuran laju aliran udara, menara pendingin, chiler, koefisien debit.

ABSTRACT

Cooling towers are a positive impact of technological advances used to increase the performance and durability of industrial equipment, cooling towers work to cool water fluids by force using fans or blowers, work to absorb heat in water fluids originating from machines that produce heat such as chillers, then in direct contact with a cold fluid (air), one of the parts of the cooling tower is an instrument for measuring the air flow rate, namely a device that functions to measure air flow, measure the actual speed of air flowing through the device within a set time segment, expressed in units of meters per second (m/s) consists of a series of pipes, a series of measuring instruments made using a grinder, hand drill, welding machine, roll meter, 3D printing, the length of the fluid flow series is 2,362 mm, the pipe inner diameter is 85.15 mm, the pipe seat height is 290 mm, width of 150 mm, inner diameter of the pipe connection 92.70 mm, outer diameter of 150 mm, testing the air flow rate using a hot wire anemometer and manometer showed that the average air velocity in air waves was 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz and 50 Hz successively reached 1.407 m/s, 2.7569 m/s, 4.3828 m/s, 5.6121 m/s and 7.1806 m/s and obtained a pressure drop of 30 Pa, 151 Pa, 350 Pa, 620 Pa, 1000 Pa, and discharge coefficients respectively 0.617113, 0.615004, 0.614735, 0.613772, 0.61157 with an average discharge coefficient from the air flow series of 0.614439.

Keywords: instrument for measuring air flow rate, cooling tower, chiller, discharge coefficient.

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 *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara Pada *Wet Cooling Tower*” 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 Chandra 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 penulis dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
3. Bapak Chandra 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. Seluruh Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis: Nazaruddin dan Hanidar, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

8. Sahabat-sahabat penulis: Aditiya Wardhana, Afrizal Syahputra, Muhammad Iqbal, Muhammad sayid zufri, Rafido Alfarizi, Destiara Pratiwi, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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

Medan, 10 Agustus 2023

Nanda Fahriza

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR DIAGRAM	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Ruang lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.1 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Pendingin	4
2.1.1 Definisi Sistem Pendingin	4
2.1.2 Jenis-Jenis Menara Pendingin	4
2.2 Menara Pendingin (<i>Cooling Tower</i>)	4
2.2.1 Definisi Menara Pendingin	4
2.2.2 Jenis-Jenis Menara Pendingin	5
2.2.3 Langkah Kerja Menara Pendingin	6
2.2.4 Bagian-Bagian Penyusun Menara Pendingin	7
2.3 Pengukuran Aliran (<i>Flowmeter</i>)	12
2.3.1 Definisi Pengukuran Aliran	12
2.3.2 Jenis-jenis <i>Flowmeter</i>	13
2.4 Tabung Pitot (<i>Pitot Tube</i>)	15
2.4.1 Definisi Tabung Pitot	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu	16
3.1.1 Tempat	16
3.1.2 Waktu	16
3.2 Bahan dan Alat	17
3.2.1 Bahan	17
3.2.2 Alat	21
3.3 Diagram Alir	29
3.4 Rancangan Alat Penelitian	30

3.5	Prosedur Pembuatan Alat Penelitian	33
3.6	Prosedur Pengujian Alat Penelitian	33
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Hasil Pembuatan <i>Instrument</i> Pengukuran Laju Aliran Udara	35
4.1.1	Membuat Rangkaian Aliran Fluida	35
4.1.2	Membuat Dudukan Atau Kaki Pipa	38
4.1.3	Membuat Rumah Manometer U	40
4.2	Pembahasan Hasil Pengujian <i>Instrument</i> Pengukuran Laju Aliran Udara	43
4.2.1	Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 10 Hz	44
4.2.2	Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 20 Hz	45
4.2.3	Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 30 Hz	47
4.2.4	Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 40 Hz	49
4.2.5	Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 50 Hz	51
4.3	Perhitungan Hasil Pengujian	52
4.3.1	Nilai C_d Untuk 10 Hz	53
4.3.2	Nilai C_d Untuk 20 Hz	54
4.3.3	Nilai C_d Untuk 30 Hz	56
4.3.4	Nilai C_d Untuk 40 Hz	57
4.3.5	Nilai C_d Untuk 50 Hz	58
4.4	Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap <i>Pressure Drop</i>	60
4.5	Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap <i>Coefficient Of Discharge</i>	60
4.6	perbandingan C_d eksperimen dan C_d standar	61
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	65
	LAMPIRAN	68
	LEMBAR ASISTENSI	
	SK PEMBIMBINGAN	
	BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Menara Pendingin Basah (Irawan, 2022)	5
Gambar 2.2 Menara Pendingin Kering (Irawan, 2022)	5
Gambar 2.3 Menara Pendingin Basah Kering (Irawan, 2022)	6
Gambar 2.4 <i>Range</i> dan <i>Approach</i> (Triyansah & Witanto, 2020)	7
Gambar 2.5 Sistem Kerja <i>Cooling Tower</i> (Effendi & Saputra, 2020)	7
Gambar 2.6 Tabung / Wadah <i>Cooling Tower</i> (Laksanawati et al., 2022)	8
Gambar 2.7 <i>Fan Cooling Tower</i> (Laksanawati et al., 2022)	8
Gambar 2.8 <i>Fill Cooling Tower</i> (Laksanawati et al., 2022)	9
Gambar 2.9 <i>Splash Fill</i> (Ayyam et al., 2018)	9
Gambar 2.10 <i>Film Fill</i> (Ayyam et al., 2018)	10
Gambar 2.11 Pipa <i>Sprinkle</i> (Laksanawati et al., 2022)	10
Gambar 2.12 <i>Water Basin</i>	11
Gambar 2.13 <i>Inlet Louver</i>	11
Gambar 2.14 Rotameter (State et al., 2021)	12
Gambar 2.15 Bagian-Bagian <i>Cooling Tower</i> (Dan & Di, 2022)	12
Gambar 2.16 <i>Ultrasonic Flowmeter</i> (Riduan AzharI Muhammad et al., 2022)	13
Gambar 2.17 <i>Magnetic Flowmeter</i> (Styles et al., 2020)	14
Gambar 2.18 <i>Cariolis Flowmeter</i> (Hu et al., 2021)	14
Gambar 2.19 Tabung Pitot Sederhana (Iqbal & Faisal, 2018)	15
Gambar 3.1 Oli <i>Shock</i>	17
Gambar 3.2 Pipa	17
Gambar 3.3 Selang <i>Waterpass</i>	18
Gambar 3.4 Lem Pipa	18
Gambar 3.5 Arduino Nano	18
Gambar 3.6 Cat dan Kuas	19
Gambar 3.7 Akrilik Bening	19
Gambar 3.8 Sensor Kelembaban Udara	20
Gambar 3.9 Baut dan Mur	20
Gambar 3.10 Kawat Las	21
Gambar 3.11 Manometer Digital	21
Gambar 3.12 <i>Stopwatch</i>	22
Gambar 3.13 <i>Blower</i>	22
Gambar 3.14 Mesin Las	23
Gambar 3.15 <i>Hot Wire Anemometer</i>	24
Gambar 3.16 Termokopel	24
Gambar 3.17 Manometer U	25
Gambar 3.18 Laptop	26
Gambar 3.19 Gerinda Tangan	26
Gambar 3.20 Bor Tangan	27
Gambar 3.21 <i>3D Printing</i>	27
Gambar 3.22 Anemometer	28
Gambar 3.23 Diagram Alir	29
Gambar 3.24 Pembuatan <i>Instrument</i> Pengukuran Laju Aliran Udara	30
Gambar 3.25 <i>Instrument</i> Pengukuran Laju Aliran Udara	31
Gambar 3.26 Bagian-Bagian <i>Wet Cooling Tower</i>	32

Gambar 4.1 Sketsa Pipa	35
Gambar 4.2 Memotong Pipa	35
Gambar 4.3 Mengecat Pipa	36
Gambar 4.4 Sketsa Sambungan Pipa	36
Gambar 4.5 Sambungan Pipa	37
Gambar 4.6 Memasang Baut Pada Sambungan Pipa	37
Gambar 4.7 Sambungan Pipa Yang Telah Dipasang	37
Gambar 4.8 Lubang Sensor	38
Gambar 4.9. Memotong Besi Plat <i>Strip</i>	38
Gambar 4.10 Mengelas Besi Plat <i>Strip</i>	39
Gambar 4.11 Mengecat Kaki Pipa	39
Gambar 4.12 Hasil Akhir Kaki Pipa	39
Gambar 4.13 Memotong Akrilik	40
Gambar 4.14 Merekatkan Akrilik Setelah Diberi Lem	40
Gambar 4.15 Memasang Baut	41
Gambar 4.16 Memasang Striker	41
Gambar 4.17 Mengisi Cairan Manometer	42
Gambar 4.18 Hasil Akhir Rumah Manometer U	42
Gambar 4.19 Pemasangan selang <i>waterpass</i>	42
Gambar 4.20 Sketsa Rangkaian Pengukuran Laju Aliran Udara	43
Gambar 4.21 Rangkain Pengukuran Laju Aliran Fluida	43
Gambar 4.22 Pengukuran Menggunakan <i>Hot Wire Anemometer</i> Di 10 Hz	44
Gambar 4.23 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 10 Hz	45
Gambar 4.24 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 10 Hz	45
Gambar 4.25 Pengukuran Menggunakan <i>Hot Wire Anemometer</i> Di 20 Hz	46
Gambar 4.26 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 20 Hz	46
Gambar 4.27 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 20 Hz	47
Gambar 4.28 Pengukuran Menggunakan <i>Hot Wire Anemometer</i> Di 30 Hz	48
Gambar 4.29 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 30 Hz	48
Gambar 4.30 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 30 Hz	49
Gambar 4.31 Pengukuran Menggunakan <i>Hot Wire Anemometer</i> Di 40 Hz	50
Gambar 4.32 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 40 Hz	50
Gambar 4.33 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 40 Hz	50
Gambar 4.34 Pengukuran Menggunakan <i>Hot Wire Anemometer</i> Di 50 Hz	51
Gambar 4.35 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 50 Hz	52
Gambar 4.36 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 50 Hz	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan	16
Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Las	23
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Hot Wire Anemometer</i>	24
Tabel 3.4 Spesifikasi Laptop	25
Tabel 3.5 Spesifikasi Gerinda Tangan	26
Tabel 3.6 Spesifikasi Bor Tangan	27
Tabel 4.1 Hasil Pengujian 10 Hz	44
Tabel 4.2 Hasil Pengujian 20 Hz	45
Tabel 4.3 Hasil Pengujian 30 Hz	47
Tabel 4.4 Hasil Pengujian 40 Hz	49
Tabel 4.5 Hasil Pengujian 50 Hz	51
Tabel 4.6 <i>Standard Coefficient Of Discharge</i>	53

DAFTAR DIAGRAM

Gambar 4.1 Grafik <i>Pressure Drop</i>	60
Gambar 4.2 Grafik <i>Coefficient Of Discharge</i>	61
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan C_d Penelitian dan C_d Standard	61

DAFTAR NOTASI

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

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia perindustrian selalu dibutuhkan peningkatan kinerja dari alat-alat industri dengan memanfaatkan teknologi yang semakin maju, dibutuhkan kehandalan dari fasilitas pendukungnya. Salah satu fasilitas pendukung yang memiliki peran penting di dunia industri adalah menara pendingin, peningkatan pertumbuhan industri ditujukan untuk mewujudkan tujuan nasional untuk kesejahteraan masyarakat, dalam prosesnya alat-alat industri menghasilkan panas sebagai efek samping dari kerja mesin, sehingga diperlukan sistem pendingin yaitu *cooling tower* atau menara pendingin untuk mengurangi bahaya dari efek samping kerja mesin tersebut, menara pendingin juga dapat mempertahankan mesin industri agar dapat bekerja dengan maksimal walaupun digunakan secara kontinu (Pratama et al., 2021).

Menara pendingin adalah alat penghilang panas yang digunakan untuk memindahkan kalor buangan ke atmosfer, menara pendingin umumnya digunakan untuk mendinginkan air yang dialirkan, pada kilang minyak, pabrik kimia, pusat pembangkit listrik, dan pendinginan gedung, ada berbagai jenis menara pendingin yang telah dikembangkan dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing, menara pendingin kering, menara pendingin basah, menara pendingin basah-kering salah satu jenis dari menara pendingin yang paling sering digunakan adalah *wet cooling tower* (menara pendingin basah), dimana sistem distribusinya secara *evaporasi*, air panas yang disemprotkan secara merata di batang-batang horizontal pada sisi menara yang disebut *fill pack*, udara masuk dari luar menara melalui *fan*, sehingga terjadi percampuran antara air dan udara yang menyebabkan perpindahan kalor dan menghasilkan air yang dingin, air yang sudah dingin masuk kedalam bak atau basin didasar menara lalu diteruskan ke kondenser atau langsung ke mesin yang digunakan, sementara itu udara akan keluar melalui atas menara (Irawan, 2022).

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),

dan ada juga cooling tower yang menggunakan *flowmeter udara*, berbagai jenis flowmeter udara, *flowmeter ultrasonic*, *flowmeter electromagnetic*, *carolis mass flowmeter*, dan salah satu yang paling sering digunakan adalah tabung pitot yang menerapkan hukum *bernoulli*.

Hukum *Bernoulli* menyatakan bahwa tekanan dari fluida yang bergerak seperti udara, berkurang ketika fluida tersebut bergerak lebih cepat, fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir seperti air, minyak, pelumas, susu dan gas, fluida terbagi menjadi dua bagian yakni fluida *statis* (fluida diam) dan fluida *dinamis* (fluida bergerak), tabung pitot (*pitot tube*) adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kelajuan gas atau udara dalam sebuah pipa yang diciptakan oleh insinyur dari Perancis bernama Henri Pitot pada tahun 1700, gas (udara) mengalir melalui lubang, lubang ini sejajar dengan arah aliran gas sehingga kelajuan lubang dilubang sama dengan aliran arus di luar lubang, tabung pitot dilengkapi pula dengan manometer, manometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah tekanan fluida (cair dan gas) melalui tabung berisi cairan khusus (Abidin & Wagiani, 2013)

Dari uraian diatas maka saya mencoba melakukan penelitian sebagai tugas akhir saya yang berjudul “ Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara Pada *Wet Cooling Tower* ”

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah bagaimana Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara Pada *Wet Cooling Tower*.

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. Menggunakan *blower* untuk mengisi aliran udara.
2. Menggunakan *hot wire anemometer* dan manometer U untuk mengukur laju aliran udara dan tekanan udara.

3. Gelombang udara yang digunakan dalam penelitian 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz dan 50 Hz.

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari tugas sarjana ini adalah untuk mengetahui Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara Pada *Wet Cooling Tower*.

1.4.2 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

1. Untuk membuat *instrument* pengukuran laju aliran udara pada *wet cooling tower*.
2. Untuk menghitung laju aliran udara yang masuk ke dalam *wet cooling tower*.
3. Untuk mengevaluasi hasil dari perhitungan pengukuran laju aliran udara pada *wet cooling tower*.

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 *instrument* pengukuran laju aliran udara.
2. Mengetahui bagaimana cara pengukuran aliran udara pada *wet cooling tower* dengan akurasi yang lebih baik.
3. Untuk mengembangkan ide dalam pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara untuk *wet cooling tower* dengan baik dan benar, sehingga menjadi bahan pembelajaran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pendingin

2.1.1 Definisi Sistem Pendingin

Mesin bukan instrumen dengan efisiensi sempurna, panas hasil pembakaran tidak semuanya terkonversi menjadi energi, sebagian terbuang melalui saluran pembuangan dan sebagian terserap oleh material disekitar ruang bakar, oleh karena itu mesin membutuhkan sisteem pendingin. Sistem Pendingin adalah sekumpulan komponen tambahan untuk mencegah terjadinya *engine overheat*, sistem pendinginan memanfaatkan udara disekitar untuk melepaskan panas, dengan menggunakan prinsip thermodinamika yang mana panas akan mengalir dari zat yang bersuhu tinggi ke zat yang bersuhu rendah, udara yang mengalir disekitar akan menyerap panas, sehingga termperatur 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*)

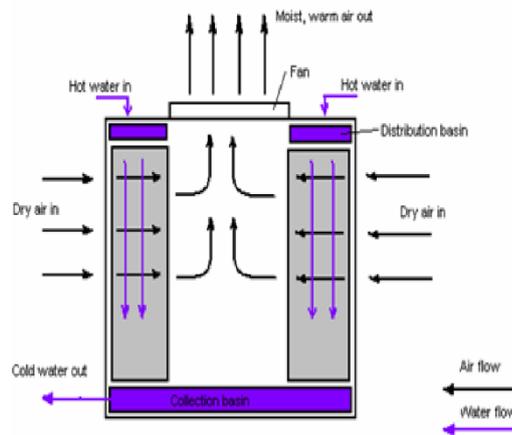
2.2.1 Definisi Menara Pendingin

Menara pendingin (*cooling tower*) adalah suatu alat yang bekerja untuk menyerap panas pada fluida udara yang berasal dari *heat exchanger (kondensor, generator air cooler, lube air cooler, boiler feed pump)* menggunakan fluida udara yang secara alami maupun oleh *fan*. Kalor panas yang diserap oleh udara membutuhkan kontak yang baik antara udara dan udara agar terjadi proses pendinginan yang maksimal. Proses pendinginan yang maksimal pada praktiknya tidak dapat terjadi karena dipengaruhi oleh komponen yang terpasang pada menara pendingin (Wuryanti, 2021).

2.2.2 Jenis-Jenis Menara Pendingin

1. Menara Pendingin Basah (*Wet Cooling Tower*)

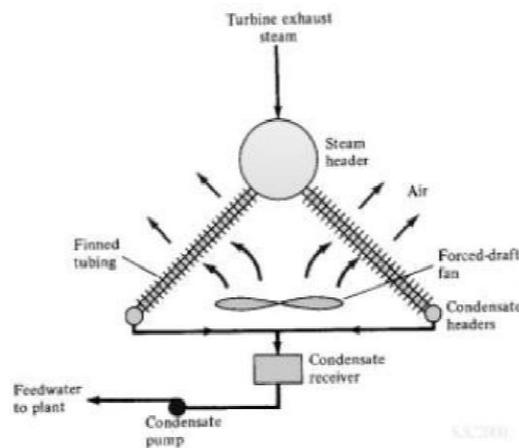
Menara pendingin basah memiliki sistem penyalur air panas yang disemprotkan secara merata ke lubang-lubang yang berbentuk celah-celah horizontal yang terpancang pada sisi menara, Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Menara Pendingin Basah (Irawan, 2022)

2. Menara Pendingin Kering (*Dry Cooling Tower*)

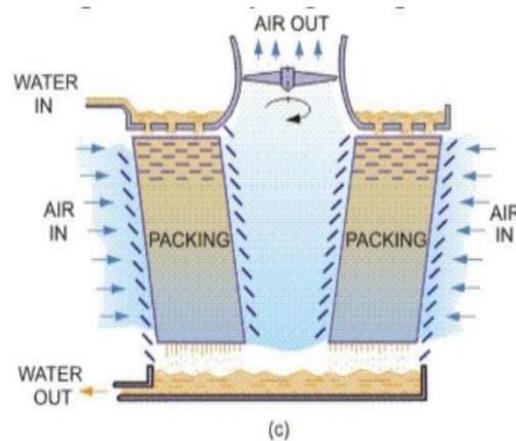
Menara pendingin kering adalah radiator seperti kebanyakan truk, air panas dipompa melalui susunan pipa-pipa dengan plat logam yang terpasang kemudian memancarkan panas ke udara yang mengalir di menara pendingin. Dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Menara Pendingin Kering (Irawan, 2022)

3. Menara Pendingin Basah-Kering (*Dry-Wet Cooling Tower*)

Menara pendingin baru yang diusulkan sebagai metode campuran ini dapat mengurangi konsumsi air hingga 20% dari menara pendingin basah. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Menara Pendingin Basah Kering (Irawan, 2022)

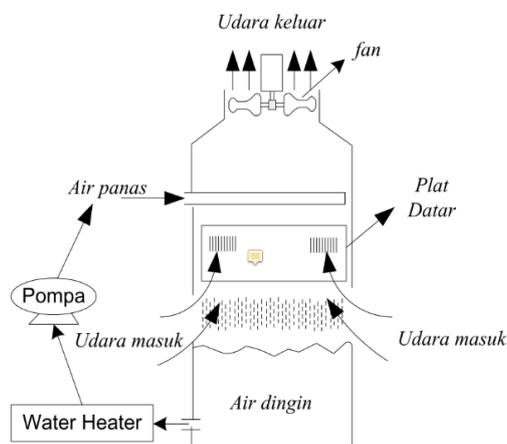
2.2.3 Langkah Kerja Menara Pendingin

1. Memompa air panas dari *kondensor* menuju menara *cooling tower* melalui sistem pemipaan yang pada ujungnya memiliki banyak *nozzle* untuk tahap *spraying* atau semburan.
2. Air panas yang keluar dari *nozzle* (*spray*) secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa karena pengaruh *fan/blower* yang terpasang pada *cooling tower*.
3. Air yang sudah mengalami penurunan *temperature* ditampung dalam bak/basin untuk kemudian dipompa kembali menuju *kondensor* yang berada didalam *chiller*.
4. Pada *cooling tower* juga dipasang katup *make up water* yang dihubungkan ke sumber air terdekat untuk menambah kapasitas air jika terjadi kehilangan air ketika proses *evaporative* dan *blowdown*.
5. Prestasi menara pendingin biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach*, dimana *range* adalah penurunan suhu air yang melewati *cooling tower* dan *approach* adalah selisih antara suhu udara *wet-bulb* dan suhu air yang keluar. Dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Range* dan *Approach* (Triyansah & Witanto, 2020)

6. Perpindahan kalor yang terjadi pada *cooling tower* berlangsung dari air ke udara tak jenuh, ada dua penyebab terjadinya perpindahan kalor yaitu perbedaan suhu dan perbedaan tekanan *parsial* antara air dan udara. Suhu pengembunan yang rendah pada *cooling tower* membuat sistem ini lebih hemat energi jika digunakan untuk sistem *refrigerasi* pada skala besar seperti *chiller*. Dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sistem Kerja *Cooling Tower* (Effendi & Saputra, 2020)

2.2.4 Bagian-Bagian Penyusun 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. Dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Tabung / Wadah *Cooling Tower* (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 dan *fan sentrifugal*. Bahan yang digunakan untuk *fan* adalah jenis aluminium, *fiber glass* dan baja yang digalvanis. Dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Fan *Cooling Tower* (Laksanawati et al., 2022)

3. Bahan Pengisi

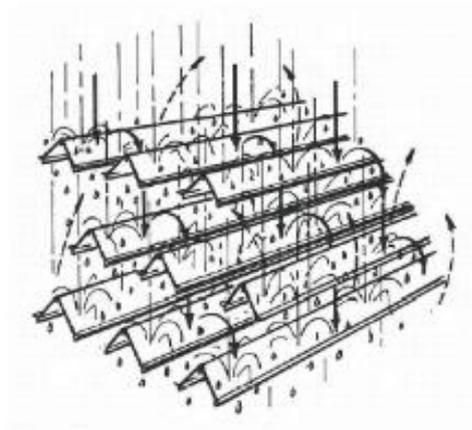
Menara pendingin menggunakan bahan pengisi yang terbuat dari bahan plastik dan kayu, yang berfungsi sebagai sarana perpindahan panas dengan memaksimalkan kontak udara dan air, memecah air menjadi butiran-butiran sehingga proses pemindahan kalor menjadi lebih efisien. Ada dua jenis bahan pengisi : bahan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



Gambar 2.8 Fill *Cooling Tower* (Laksanawati et al., 2022)

- *Splash fill*

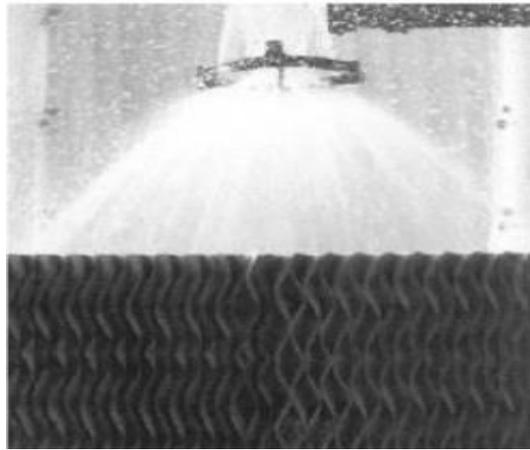
Air jatuh diatas lapisan yang berturut dari batang pemercik horizontal, secara terus menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil sambil membasahi permukaan bahan pengisi. Dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Splash Fill* (Ayyam et al., 2018)

- *Film Fill*

Terdiri dari permukaan plastik tipis dengan jarak yang berdekatan dimana di atasnya terdapat semprotan air, membentuk lapisan film yang tipis dan melakukan kontak dengan udara. Bahan pengisi *Film fill* dapat menghasilkan penghematan listrik yang signifikan melalui kebutuhan air yang lebih sedikit dan *head* pompa yang lebih kecil. Dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Film Fill* (Ayyam et al., 2018)

4. Pipa *Sprinkle*

Pipa *sprinkle* adalah pipa berlubang kecil-kecil yang kemudian di satukan ke dalam *head sprinkle* 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 *Sprinkle* (Laksanawati et al., 2022)

5. *Water Basin*

Water basin atau kolam air dingin terletak pada bagian bawah menara, menerima air dingin yang mengalir turun melalui menara dan bahan pengisi, *water basin* memiliki sebuah lubang atau titik terendah untuk pengeluaran air dingin atau penampung air sementara yang jatuh dari filling material sebelum disirkulasikan kembali ke kondensor. Dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Water Basin*

6. *Inlet Louver*

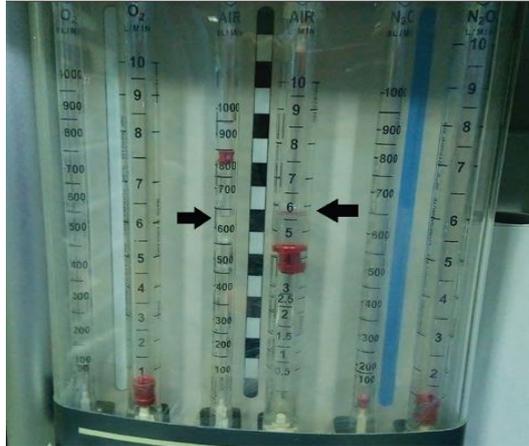
Inlet louver berfungsi sebagai tempat masuknya udara melalui lubang-lubang yang ada, melalui *inlet louver* akan terlihat kualitas dan kuantitas air yang akan didistribusikan. Dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Inlet Louver*

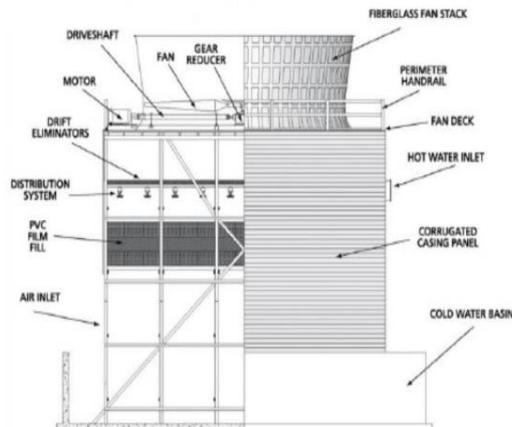
7. *Flowmeter udara*

Flowmeter udara berfungsi untuk menghitung besaran massa udara yang masuk dan keluar dari menara pendingin. Salah satu contoh *flowmeter* udara adalah rotameter. Dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Rotameter (State et al., 2021)

Berikut dibawah ini adalah bagian-bagian *cooling tower* secara lengkap. Dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Bagian-Bagian *Cooling Tower* (Dan & Di, 2022)

2.3 Pengukur Aliran (*Flowmeter*)

2.3.1 Definisi Pengukur aliran (*flowmeter*)

Pengukur aliran (*flowmeter*) adalah suatu alat yang dipakai untuk mengetahui kecepatan aliran, volume, atau total fluida yang mengalir dalam waktu tertentu, alat

ukur ini akan menunjukkan data ukuran berupa angka, *flowmeter* berfungsi untuk mengetahui adanya suatu aliran dengan segala aspek aliran itu sendiri, yang meliputi kecepatan aliran dan total massa atau volume dari fluida yang mengalir dalam jangka waktu tertentu (Tjahyo Eka et al., 2019). Kecepatan aliran mempengaruhi banyak hal, salah satunya penurunan pada faktor gesekan yang disebabkan oleh bertambahnya kecepatan pada aliran udara (Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution, 2023).

2.3.2 Jenis-Jenis *Flowmeter*

1. *Ultrasonic Flowmeter*

Ultrasonic flowmeter adalah *flowmeter* yang menggunakan *ultrasound* untuk mengukur *velocity* dari aliran fluida, kebanyakan *ultrasonic flowmeter* dipasang menggunakan metode *clump on*, yaitu metode pengukuran fluida yang cara mengukurnya tidak bersentuhan langsung dengan fluida (Riduan AzharI Muhammad et al., 2022). Dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 *Ultrasonic Flowmeter* (Riduan AzharI Muhammad et al., 2022)

2. *Magnetic Flowmeter*

Magnetic flowmeter adalah *flowmeter* yang mengukur aliran fluida dengan tegangan yang diinduksi melintasi cairan oleh alirannya melalui medan magnet *flowmeter* yang sistemnya muatan cairan yang mengalir melalui EMF diarahkan oleh magnet yang tegak lurus terhadap arah aliran, pembawa muatan yang dialihkan menghasilkan tagangan listrik antara dua elektroda yang tegak lurus terhadap

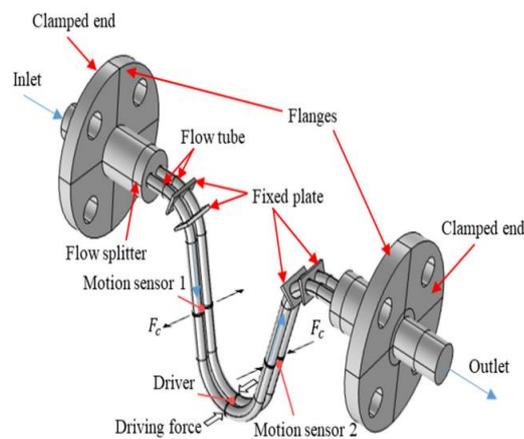
medan magnet, dengan mengukur tegangan ini maka didapatkan volume aliran (Gmbh et al., 2020) Dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 *Magnetic Flowmeter* (Styles et al., 2020)

3. *Cariolis Flowmeter*

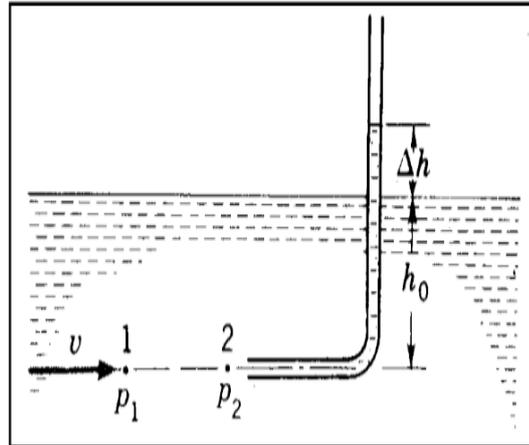
Flowmeter cariolis adalah jenis *flowmeter* yang digunakan untuk pengukuran laju aliran massa yang akurat, keakuratannya ditujukan untuk lebih tinggi untuk mengukur aliran air. Pengukur aliran memanfaatkan efek coriolis, fenomena pembelokkan arah benda yang bergerak yang terlihat seperti melengkung pada saat benda itu bergerak. *Flowmeter cariolis* memiliki tiga komponen utama, yang pertama adalah tabung yang dilalui oleh fluida yang di ukur, kedua adalah pemancar yang menganyunkan tabung pada frekuensi alami, dan yang ketiga adalah kawat gigi pada tabung yang berfungsi meningkatkan kompleksitas konfigurasi *flowmeter* (Shavrina et al., 2021). Dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 *Cariolis Flowmeter* (Hu et al., 2021)

4. Tabung Pitot (*Pitot Tube*)

Tabung pitot adalah *flowmeter* yang mengukur tekanan stagnasi yang juga disebut tekanan total, tekanan total terdiri dari dua bagian dinyatakan dalam panjang kolom fluida yang mengalir (Iqbal & Faisal, 2018). Dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Tabung Pitot Sederhana (Iqbal & Faisal, 2018)

2.4 Tabung Pitot (*Pitot Tube*)

2.4.1 Definisi Tabung Pitot (*Pitot Tube*)

Tabung pitot merupakan alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran suatu gas atau udara dan fluida. Fluida terbagi menjadi dua bagian yakni fluida *statis* (fluida diam) dan fluida *dinamis* (fluida bergerak), tabung pitot menerapkan hukum *Bernoulli* dimana jumlah tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume memiliki nilai yang sama di setiap titik sepanjang aliran fluida ideal (Kusrini, 2020). Secara matematis dapat dinyatakan dengan $P + \rho gh + 1/2\rho v^2 = \text{konstan}$, dimana :

P adalah tekanan (Pascal)

ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3)

v adalah kecepatan fluida (m/s)

g adalah percepatan gravitasi ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

h adalah ketinggian (m)

Penerapan hukum *Bernoulli* terjadi pada tangki air yang berlubang, gaya angkat pada sayap pesawat terbang, pipa venturi, tabung pitot dan sebagainya.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara Pada *Wet Cooling Tower*. 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.	Pengajuan Judul						
2.	Studi Literatur						
3.	Penyediaan Alat dan Bahan						
4.	Pembuatan pengukuran laju aliran udara 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-bahan yang digunakan dalam pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara dan pengujian adalah:

1. Oli *Shock* Sepeda Motor

Oli *shock* sepeda motor digunakan untuk mengisi cairan pada manometer U. Dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Oli *Shock*

2. Pipa

Pipa yang digunakan untuk mengalirkan fluida udara ke dalam *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pipa

3. Selang *Waterpass*

Selang *Waterpass* berfungsi untuk menghubungkan pipa dan manometer U. Dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Selang *Waterpass*

4. Lem Pipa

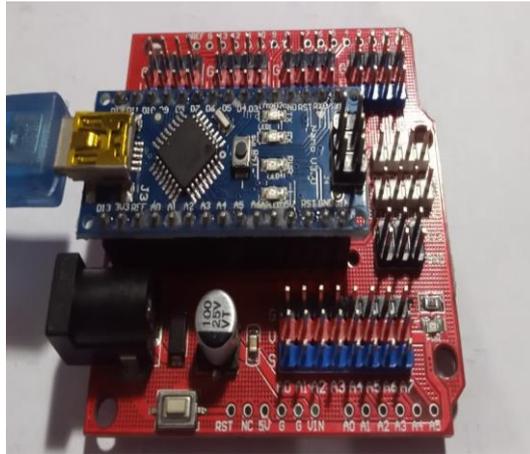
Lem pipa digunakan untuk merekatkan sambungan pipa agar merekat dengan sempurna, tidak ada kebocoran. Dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Lem Pipa

5. Arduino Nano

Arduino nano digunakan untuk menjadi sensor untuk mengukur suhu dan aliran udara. Dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Arduino Nano

6. Cat

Cat digunakan untuk mewarnai pipa agar pipa terlihat lebih baik. Dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Cat dan Kuas

7. Akrilik Bening

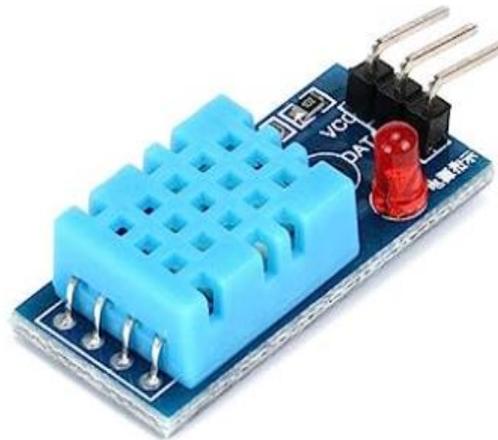
Akrilik bening digunakan untuk menjadi dasar atau tempat untuk meletakkan manometer U. Dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Akrilik Bening

8. Sensor Kelembaban Arduino

Sensor ini berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengkomunikasikan besaran fisik suhu, panas, tekanan, jarak, kelembaban dan gas serta mendeteksi kejadian atau perubahan lingkungan sekitarnya dan menghasilkan keluaran sesuai fungsinya. Dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Sensor Kelembaban Udara

9. Baut dan Mur

Baut dan mur disini digunakan untuk mengunci sambungan pipa dengan sambungan pipa lainnya, baut terbuat dari empat bahan yaitu *stainless steel*, *alloy steel*, aluminium dan titanium, berdasarkan kekuatannya baut dan mur yang paling kuat adalah yang terbuat dari aluminium, baut yang digunakan pada alat ini adalah baut 12. Dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Baut dan Mur

10. Kawat Las

Kawat las digunakan untuk proses pengelasan pada pembuatan dudukan pipa. Dapat dilihat pada gambar 3.10.



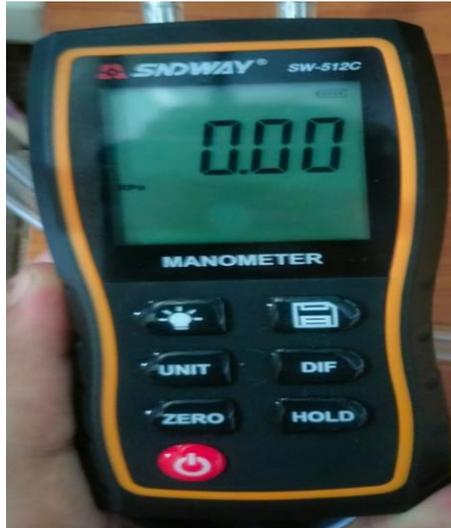
Gambar 3.10 Kawat Las

3.2.2 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara dan pengujian adalah:

1. Manometer Digital

Manometer digital yang digunakan untuk mengukur jumlah tekanan fluida yang melalui venturimeter. Dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Manometer Digital

2. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mengukur atau menandai dalam waktu berapa menit fluida yang masuk ke *wet cooling tower* mencapai batas tertentu. Dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Stopwatch*

3. *Blower*

Blower yang digunakan untuk menghasilkan kecepatan aliran udara yang dibutuhkan. Spesifikasi tipe *centrifugal* air *blower*. Dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Blower*

4. Mesin Las

Mesin las KW 14-722 digunakan untuk menyatukan besi dan plat untuk membuat kaki atau dudukan pipa. Dapat dilihat pada gambar 3.14.

Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Las

<i>Merk</i>	Krisbow
<i>Type</i>	DC Inverter
<i>Dimension Unit (cm)</i>	40 × 17 × 28
<i>Welding Current Adjustment (A)</i>	5 - 200
<i>Rate Input Power</i>	6. 1
<i>Duty Cycle (%)</i>	60
<i>Efficiency %</i>	80



Gambar 3.14 Mesin Las

5. Hot Wire Anemometer

Hot Wire Anemometer digunakan untuk mengukur suhu dan kecepatan aliran udara saat keluar dari *blower* dan yang masuk ke dalam *wet cooling tower*, mengukur kecepatan aliran menggunakan prinsip pemanasan kawat tipis yang dipasang pada sebuah sensor, mengukur perubahan suhu yang disebabkan oleh aliran udara yang melewati kawat tersebut. Ketika udara mengalir melalui kawat tipis yang dipanaskan, suhu kawat akan menurun karena panasnya diserap oleh aliran udara. Perubahan suhu tersebut akan mempengaruhi resistansi kawat tipis sehingga dapat diukur oleh alat. Dengan demikian, kecepatan aliran udara dapat dihitung berdasarkan perubahan resistansi kawat tipis tersebut. Dapat dilihat pada gambar 3.15.

Tabel 3.3 Spesifikasi *Hot Wire Anemometer*

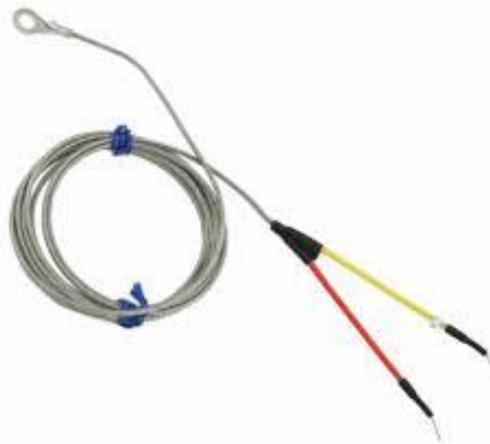
<i>Type</i>	Benetech GM803
<i>Resolution</i>	0.1 m/s, 0,2°C
<i>Net Weight (g)</i>	330 g
<i>Low Battery Indicating</i>	4V±0,2V
<i>Dimension (mm)</i>	77 × 36 × 164
<i>Operating Current</i>	≤ 60 mA



Gambar 3.15 *Hot Wire Anemometer*

6. Termokopel

Termokopel berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur suhu (temperatur) dengan melalui dua jenis logam konduktor berbeda. Dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Termokopel

7. Manometer U

Manometer U digunakan untuk mengukur tingkat tekanan fluida melalui tabung yang telah diisi dengan cairan pengukur dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Manometer U

8. PC / Laptop

PC / Laptop digunakan untuk membaca hasil perhitungan aliran udara yang dilakukan oleh Arduino. Dapat dilihat pada gambar 3.18.

Tabel 3.4 Spesifikasi Laptop

<i>Merk</i>	ASUS
<i>Processor</i>	AMD Ryzen 3 3250U
<i>Windows</i>	Windows 11+OHS 2021
<i>Storage</i>	SSD 512 GB
<i>Graphics</i>	AMDradeon™Graphics



Gambar 3.18 Laptop

9. Gerinda Tangan

Gerinda digunakan untuk memotong pipa menjadi beberapa bagian, selain memotong, gerinda juga dapat digunakan untuk menghaluskan permukaan benda seperti permukaan kayu, permukaan bodi mobil dan lain-lain, dengan mengganti mata gerinda. Dapat dilihat pada gambar 3.19.

Tabel 3.5 Spesifikasi Gerinda Tangan

<i>Model Number</i>	GA 4030
<i>RPM</i>	11000
<i>Abrasive Disc (Mm)</i>	100
<i>Weight</i>	1,8
<i>Electrical Power (W)</i>	720
<i>Ukuran Spindel</i>	M10 × 1,5
<i>Dimensi Produk (cm)</i>	34 × 14 × 12



Gambar 3.19 Gerinda Tangan

10. Bor Tangan

Bor tangan digunakan untuk melubangi pipa yang nanti akan dipasangkan sambungan pipa. Dapat dilihat pada gambar 3.20.

Tabel 3.6 Spesifikasi Bor Tangan

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



Gambar 3.20 Bor Tangan

11. 3D Printing

3D printing digunakan untuk mencetak sambungan pipa yang memiliki fungsi sama dengan venturimeter. Dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 3D Printing

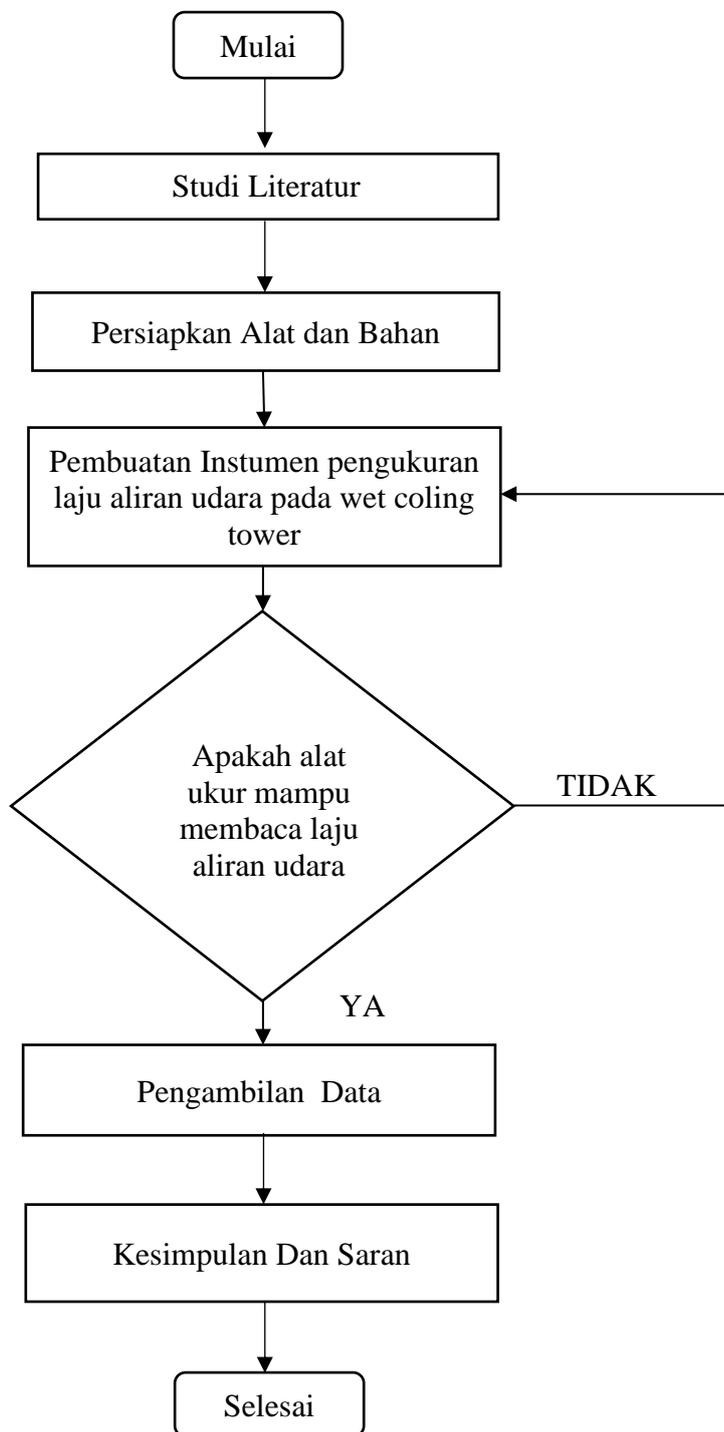
12. Anemometer

Anemometer digunakan untuk menghitung kecepatan aliran udara yang sampai atau masuk kedalam *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22 Anemometer

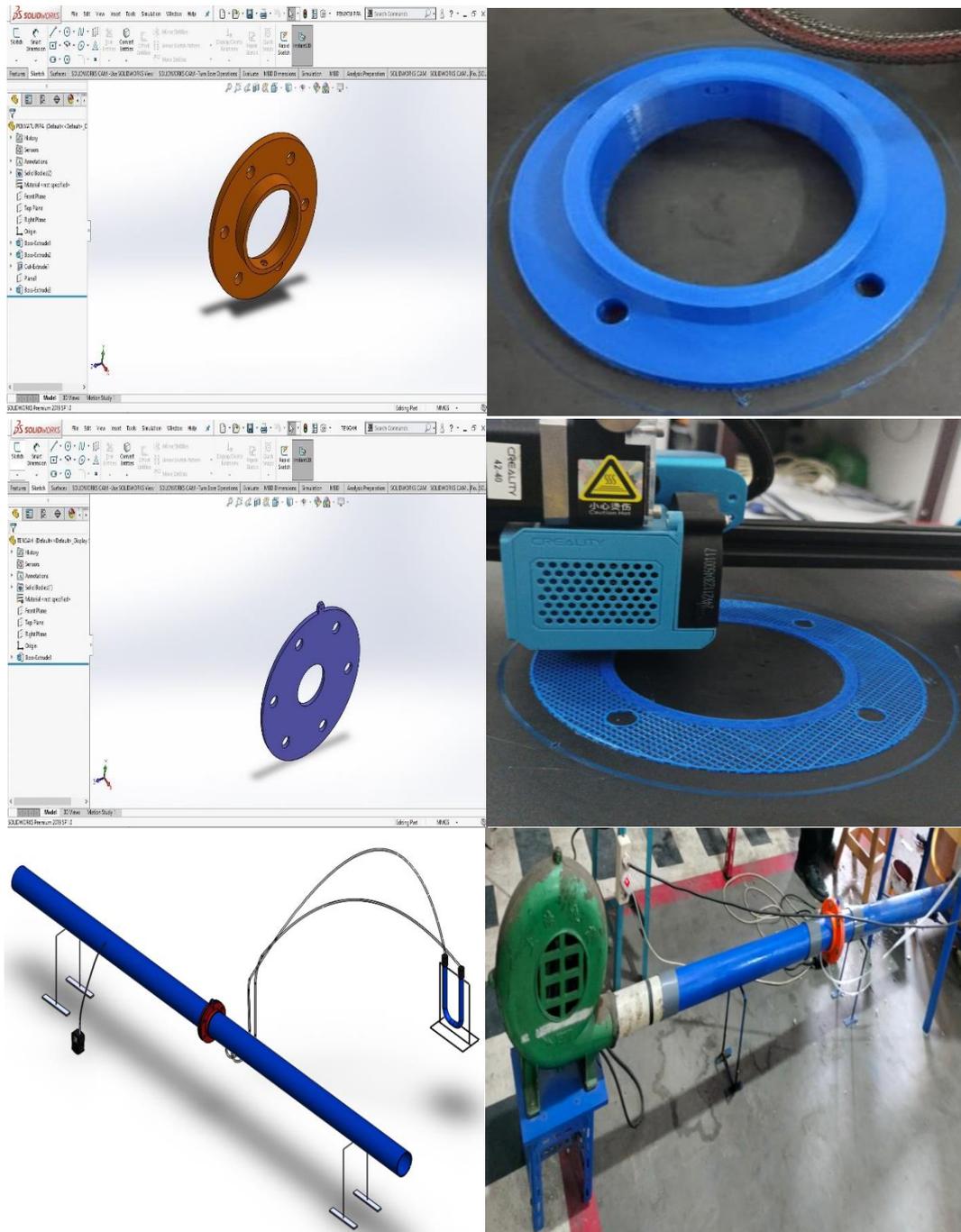
3.3 Diagram Alir



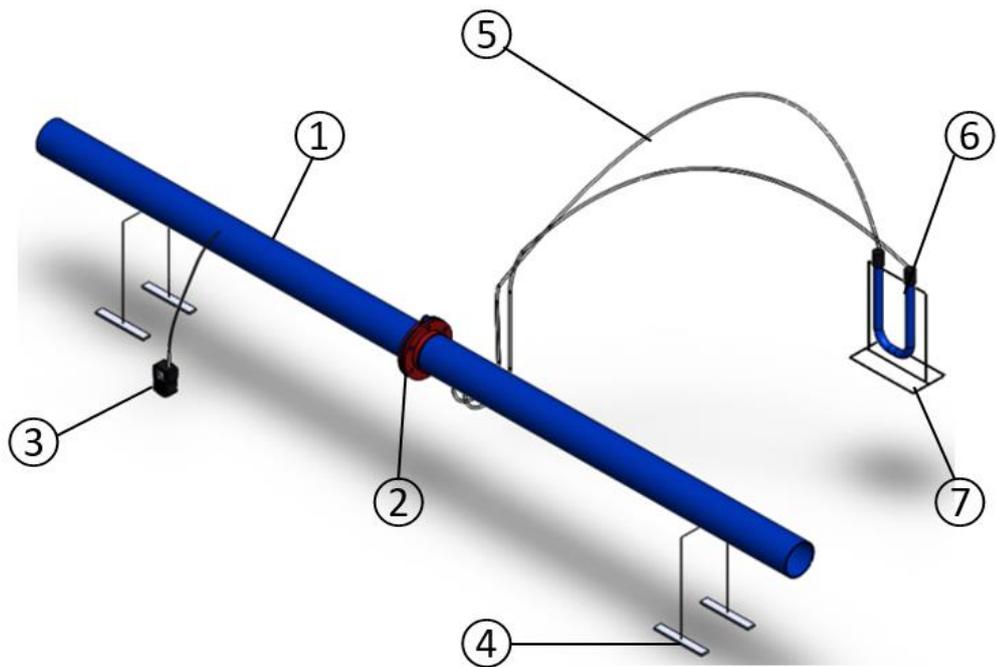
Gambar 3.23 Diagram Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Gambar ini sebagai acuan pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara pada *wet cooling tower* :



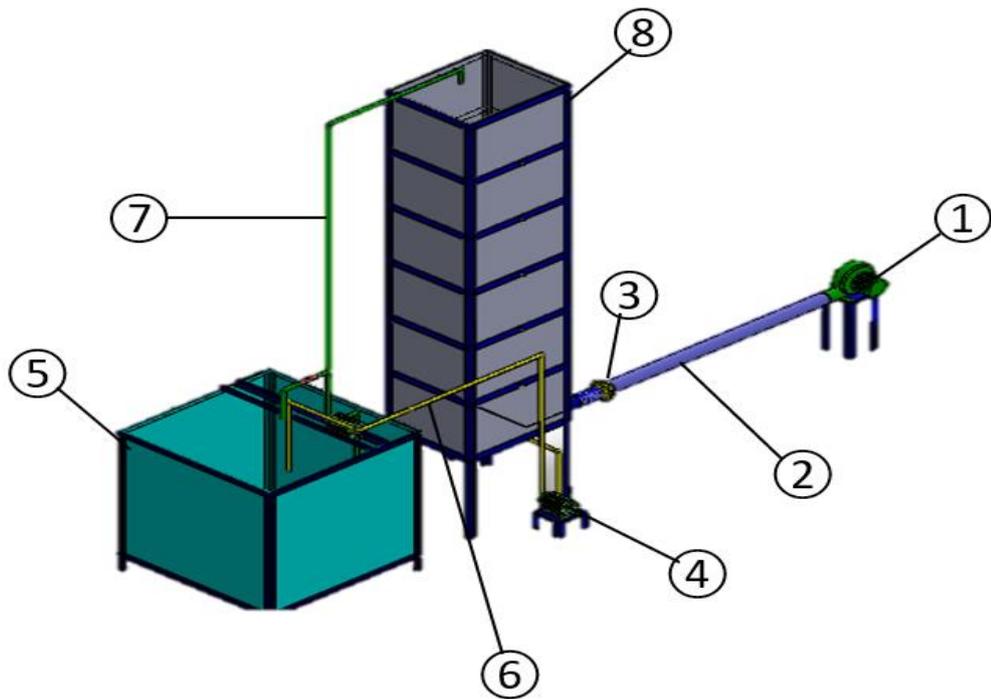
Gambar 3.24 Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara



Gambar 3.25 *Instrument Pengukuran Laju Aliran Udara*

Keterangan :

1. Rangkaian Pipa
2. Sambungan Pipa Dengan Fungsi Venturimeter
3. *Hot Wire Anemometer*
4. Dudukan/Kaki Pipa
5. Selang *Waterpass*
6. Manometer U
7. Rumah Manometer U



Gambar 3.26 Bagian-Bagian *Wet Cooling Tower*

Keterangan :

1. *Blower*
2. Rangkaian Pipa
3. Sambungan Pipa Dengan Fungsi Venturimeter
4. Mesin Pompa Air
5. *Water Basin*
6. Pipa Air Keluar
7. Pipa Air Masuk
8. Wadah / Badan *Wet Cooling Tower*

3.5 Prosedur Pembuatan Alat Penelitian

Prosedur pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara pada *wet cooling tower* sebagai berikut :

1. Siapkan bahan dan alat berupa, Pipa, Selang *Waterpass*, Lem Pipa, *Stopwatch*, *Blower*, Alat Tulis, Venturimeter, Termokopel, Manometer U, anemometer, *hot wire anemometer*, mesin las, gerinda.
2. Potong pipa berukuran 1.250 mm sebanyak dua buah, menggunakan gerinda tangan.
3. Membuat sambungan pipa dengan kerja venturimeter menggunakan 3D printing.
4. Memasang sambungan pipa disetiap pangkal pipa menggunakan lem pipa agar tidak terjadi kebocoran.
5. Mengecat kedua batang pipa.
6. Menyatukan kedua pangkal pipa yang terdapat sambungan pipa menggunakan baut.
7. Membuat kaki atau dudukan pipa dari bahan besi beton dengan ukuran, tinggi 290 mm dan lebar 15 mm.
8. Membuat rumah manometer U. dengan Panjang 200 mm dan lebar 100 mm.
9. Menghubungkan sambungan pipa dengan kerja venturimeter dengan manometer U atau manometer digital menggunakan selang *waterpass*.
10. Membuat lubang pada pipa di tempat yang paling dekat dengan blower untuk memasukkan sensor dari alat *hot wire anemometer*.
11. selanjutnya merakit semua komponen yang telah dibuat menjadi *instrument* pengukuran laju aliran udara yang utuh.

3.6 Prosedur Pengujian Alat Penelitian

Prosedur pengujian *instrument* pengukuran laju aliran udara pada *wet cooling tower* sebagai berikut :

1. Hidupkan *blower* untuk mengisi rangkaian aliran udara.
2. Atur kecepatan *blower* agar aliran udara yang dikeluarkan sesuai dengan yang dibutuhkan.

3. Mengukur suhu udara yang keluar dari *blower* menggunakan termokopel, sensor kelembaban arduino dan *hot wire anemometer*
4. Mengukur tekanan udara pada manometer U
5. Mengukur laju aliran udara menggunakan *flowmeter* udara, *hot wire anemometer* pada saat udara keluar *blower* dan saat memasuki *wet cooling tower*.
6. Untuk membandingkan hasil pengujian dilakukan dengan mengubah kecepatan *blower*.
7. Selesai.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

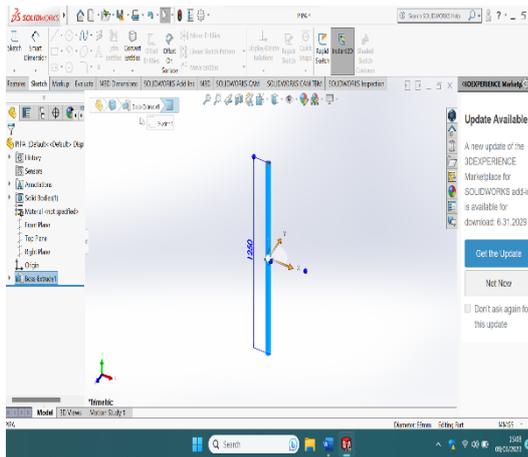
4.1 Hasil Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara

4.1.1 Membuat Rangkaian Aliran Fluida

Instrument pengukuran laju aliran udara terbentuk dari rangkaian pipa yang menghubungkan *blower* dengan *wet cooling tower*.

Proses pembuatan rangkaian aliran fluida adalah sebagai berikut :

1. Membuat rangkaian aliran fluida berupa udara menggunakan pipa 3 inch yang berdiameter 76.2 mm dengan Panjang 1250 mm sebanyak 2 buah dipotong menggunakan gerinda tangan. Dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.1 Sketsa Pipa



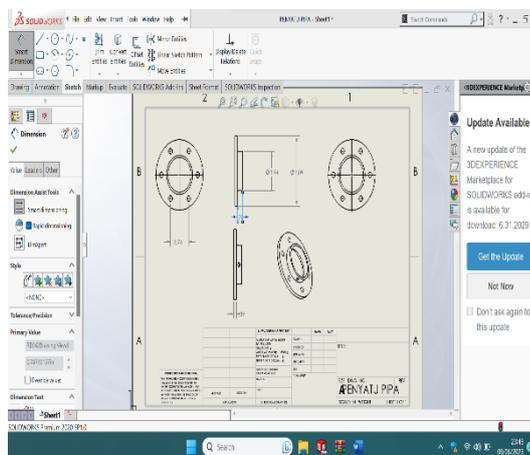
Gambar 4.2 Memotong Pipa

2. Mengecat pipa yang telah dipotong dengan cat berwarna biru diseluruh bagian pipa agar pipa terlihat rapi, proses ini dilakukan secara manual menggunakan cat dan kuas, tidak menggunakan spray, untuk mendapat hasil cat yang baik, sebelum dicat bersihkan terlebih dahulu permukaan pipa menggunakan ampelas pvc, setelah itu cat permukaan pipa satu sampai dua lapisan. Dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Mengecat Pipa

3. Membuat sambungan pipa dengan kerja venturimeter menggunakan 3D *printing*, dengan diameter luar untuk memasukkan pipa 100 mm dan ketebalan 10 mm, diameter keseluruhan 283,6 mm dan ketebalan 15,6 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Sketsa Sambungan Pipa



Gambar 4.5 Sambungan Pipa

4. Memasang sambungan pipa menggunakan lem pipa agar tidak terjadi kebocoran, lalu baut setelah lem mengering. Dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Memasang Baut Pada Sambungan Pipa



Gambar 4.7 Sambungan Pipa Yang Telah Dipasang

5. Membuat lubang diameter 10 mm, untuk memasukkan sensor dari alat *hot wire anemometer*. Dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Lubang Sensor

4.1.2 Membuat Dudukan Atau Kaki Pipa

Dudukan atau kaki pipa terletak di bawah rangkaian fluida, dudukan ini terbuat dari besi beton dan besi plat *strip* yang dilas berbentuk menyerupai kaki, yang berfungsi menyangga pipa untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan atau patah, akibat terbentur oleh benda lain.

Proses pembuatan dudukan atau kaki pipa :

- 1 Siapkan besi beton dan besi plat *strip*, potong besi beton dengan ukuran, tinggi 290 mm dan lebar 150 mm dan besi plat *strip* berdiameter 20 mm dengan Panjang 141,6 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Memotong Besi Plat *strip*

2. Mengelas besi beton yang telah dipotong dengan besi plat *strip* hingga membentuk seperti kaki. Dapat dilihat pada gambar 4.10.

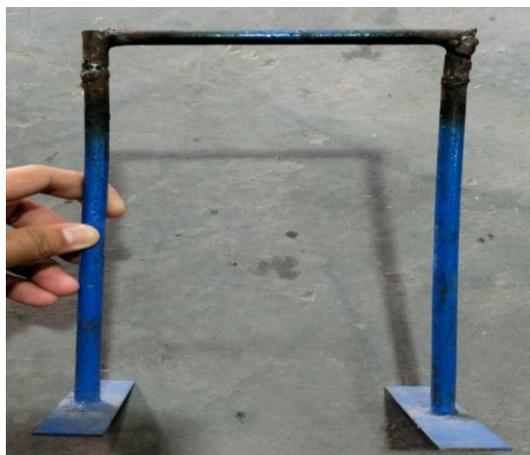


Gambar 4.10 Mengelas Besi Plat *Strip*

3. Mengecat kaki pipa dengan cat warna biru, Dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Mengecat Kaki Pipa



Gambar 4.12 Hasil Akhir Kaki Pipa

4.1.3 Membuat Rumah Manometer U

Rumah manometer U terletak di bagian samping dari badan *wet cooling tower* berukuran Panjang 200 mm dan lebar 100 mm yang berfungsi untuk meletakkan manometer U agar mudah untuk dilihat

Proses pembuatan rumah manometer U :

1. Siapkan akrilik dengan ketebalan 3 mm, kemudian akrilik dijepitkan ke meja dengan *clamp* C agar saat dipotong akrilik tidak bergerak, lalu potong menggunakan pisau akrilik. Dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Memotong Akrilik

2. Rekatkan akrilik yang telah dipotong menggunakan lem akrilik agar menjadi rangkaian rumah manometer yang kuat dan tidak mudah lepas. Dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Merekatkan Akrilik Setelah Diberi Lem

3. Memasang baut pada akrilik yang telah dilem untuk memasang jepitan selang *waterpass*. Dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Memasang Baut

4. Setelah itu pasang stiker yang berisi ukuran seperti penggaris yaitu centimeter dan milimeter sebagai acuan untuk mengukur tekanan udara yang masuk, semakin tinggi tekanan udara yang masuk, semakin tinggi pula *range* ketinggian dari cairan manometer. Dapat dilihat pada gambar 4.16.

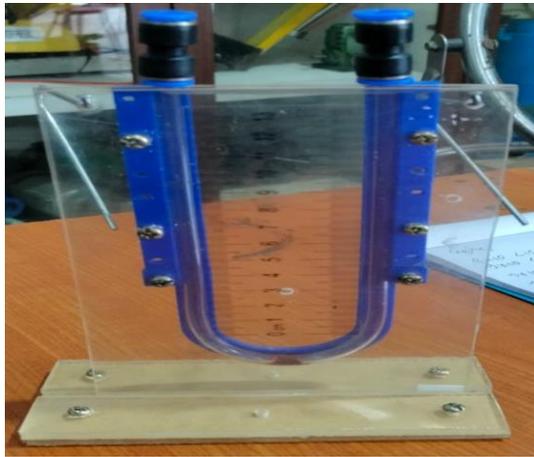


Gambar 4.16 Memasang Striker

5. Setelah rangkaian selesai dibuat, isi manometer U menggunakan cairan oli *shock*, kenapa memilih oli *shock* dari pada air, karena massa jenis oli lebih kecil dari air, sehingga tekanan udara yang kecil pun mampu terbaca oleh manometer U yang berisi oli. Dapat dilihat pada gambar 4.17



Gambar 4.17 Mengisi Cairan Manometer



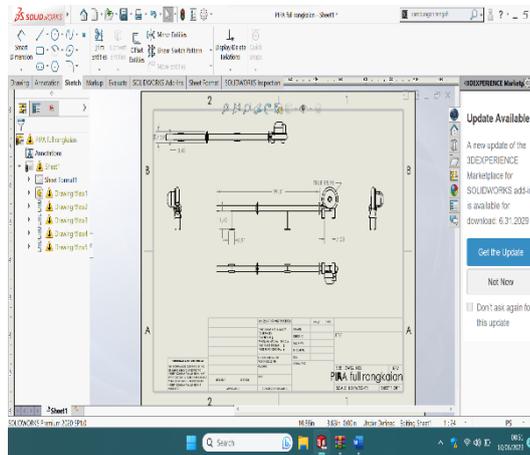
Gambar 4.18 Hasil Akhir Rumah Manometer U

6. Kemudian hubungkan manometer U dengan sambungan pipa menggunakan selang *waterpass*. Dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pemasangan selang *waterpass*

Setelah semua proses pembuatan selesai dilakukan, selanjutnya merakit semua komponen yang telah dibuat menjadi *instrument* pengukuran laju aliran udara yang utuh. Dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Sketsa Rangkaian Pengukuran Laju Aliran Udara



Gambar 4.21 Rangkain Pengukuran Laju Aliran Fluida

4.2 Pembahasan Hasil Pengujian *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara

Untuk mengukur kecepatan dan tekanan udara pada *instrument* pengukuran laju aliran udara ini menggunakan tiga cara pengukuran :

1. Menggunakan *hot wire anemometer*
2. Menggunakan manometer digital
3. Menggunakan manometer U

4.2.1 Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 10 Hz

Dari kecepatan blower 10 Hz didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian 10 Hz

NO	Δp (Kpa)	U (m/s)	P (mm)
1	0,03	1,363	3
2	0,03	1,420	3
3	0,02	1,463	3
4	0,03	1,409	3
5	0,03	1,415	3
6	0,02	1,398	3
7	0,03	1,389	3
8	0,03	1,429	3
9	0,03	1,389	3
10	0,03	1,395	3
\bar{X}	0,028	1,407	3

1. Dengan menggunakan *hot wire anemometer* didapatkan hasil pengukuran kecepatan aliran udara untuk kecepatan *blower* 10 Hz dengan rata-rata 1,407 m/s. Dapat dilihat pada gambar 4.22



Gambar 4.22 Pengukuran Menggunakan *Hot Wire Anemometer* Di 10 Hz

2. Dengan menggunakan manometer digital didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 10 Hz dengan rata-rata 0,028 Kpa. Dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 10 Hz

3. Dengan menggunakan manometer U didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 10 Hz dengan *range* 3 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 10 Hz

4.2.2 Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 20 Hz

Dari kecepatan blower 20 Hz didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian 20 Hz

NO	Δp (Kpa)	U (m/s)	P (mm)
2	0,15	2,762	17

3	0,15	2,780	17
4	0,15	2,762	17
5	0,15	2,762	17
6	0,15	2,762	17
7	0,15	2,762	17
8	0,15	2,762	17
9	0,16	2,715	17
10	0,15	2,748	17
\bar{X}	0,151	2,7569	17

1. Dengan menggunakan *hot wire anemometer* didapatkan hasil pengukuran kecepatan aliran udara untuk kecepatan *blower* 20 Hz dengan rata-rata 2,7569 m/s. Dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Pengukuran Menggunakan *Hot Wire Anemometer* Di 20 Hz



Gambar 4.26 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 20 Hz

2. Dengan menggunakan manometer digital didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 20 Hz dengan rata-rata 0,151 Kpa. Dapat dilihat pada gambar 4.26.
3. Dengan menggunakan manometer U didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 20 Hz dengan *range* 17 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 20 Hz

4.2.3 Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 30 Hz

Dari kecepatan blower 30 Hz didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian 30 Hz

NO	Δp (Kpa)	U (m/s)	P (mm)
1	0,35	4,403	42
2	0,35	4,391	42
3	0,35	4,391	42
4	0,35	4,397	42
5	0,35	4,391	42
6	0,35	4,391	42
7	0,35	4,372	42
8	0,35	4,391	42
9	0,35	4,366	42
10	0,35	4,335	42
\bar{X}	0,35	4,3828	42

1. Dengan menggunakan *hot wire anemometer* didapatkan hasil pengukuran kecepatan aliran udara untuk kecepatan *blower* 30 Hz dengan rata-rata 4,3828 m/s. Dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Pengukuran Menggunakan *Hot Wire Anemometer* Di 30 Hz

2. Dengan menggunakan manometer digital didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 30 Hz dengan rata-rata 0,35 Kpa. Dapat dilihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 30 Hz

3. Dengan menggunakan manometer U didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 30 Hz dengan *range* 42 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 30 Hz

4.2.4 Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 40 Hz

Dari kecepatan blower 40 Hz didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil Pengujian 40 Hz

NO	Δp (Kpa)	U (m/s)	P (mm)
1	0,64	5,662	78
2	0,64	5,662	78
3	0,64	5,662	78
4	0,64	5,481	78
5	0,63	5,652	78
6	0,64	5,552	78
7	0,64	5,669	78
8	0,64	5,591	78
9	0,64	5,606	78
10	0,64	5,584	78
\bar{X}	0,639	5,6121	78

1. Dengan menggunakan *hot wire anemometer* didapatkan hasil pengukuran kecepatan aliran udara untuk kecepatan *blower* 40 Hz dengan rata-rata 5,6121 m/s. Dapat dilihat pada gambar 4.31.



Gambar 4.31 Pengukuran Menggunakan *Hot Wire Anemometer* Di 40 Hz

2. Dengan menggunakan manometer digital didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 40 Hz dengan rata-rata 0,639 Kpa. Dapat dilihat pada gambar 4.32.



Gambar 4.32 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 40 Hz



Gambar 4.33 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 40 Hz

3. Dengan menggunakan manometer U didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 40 Hz dengan *range* 78 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.33.

4.2.5 Hasil Pengujian Dengan Kecepatan Blower 50 Hz

Dari kecepatan blower 50 Hz didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian 50 Hz

NO	Δp (Kpa)	U (m/s)	P (mm)
1	1,00	7,000	121
2	1,00	7,000	121
3	1,00	7,186	121
4	1,00	7,104	121
5	1,00	7,114	121
6	1,00	7,115	121
7	1,00	7,095	121
8	1,00	7,324	121
9	1,00	7,472	121
10	1,00	7,396	121
\bar{X}	1,00	7,1806	121

1. Dengan menggunakan *hot wire anemometer* didapatkan hasil pengukuran kecepatan aliran udara untuk kecepatan *blower* 50 Hz dengan rata-rata 7,1806 m/s. Dapat dilihat pada gambar 4.34.



Gambar 4.34 Pengukuran Menggunakan *Hot Wire Anemometer* Di 50 Hz

2. Dengan menggunakan manometer digital didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 50 Hz dengan rata-rata 1,00 Kpa. Dapat dilihat pada gambar 4.35.



Gambar 4.35 Pengukuran Menggunakan Manometer Digital Di 50 Hz

3. Dengan menggunakan manometer U didapatkan hasil pengukuran tekanan udara pada kecepatan *blower* 50 Hz dengan *range* 121 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.36.



Gambar 4.36 Pengukuran Menggunakan Manometer U Di 50 Hz

4.3 Perhitungan Hasil Pengujian

Tabel 4.6 *Standard Coefficient Of Discharge*

β	Pipe Reynold Number		
	4000	10000	50000
0,44	0,62167	0,61213	0,60483
0,46	0,62410	0,61374	0,60581
0,48	0,62676	0,61548	0,60687
0,50	0,62966	0,61737	0,60799
0,52	0,63280	0,61939	0,60707

Dengan menggunakan persamaan :

$$q_m = N_1 C_d E_v Y d^2 \sqrt{P_{t,p} \Delta p}$$

Dapat mencari nilai C_d dari hasil pengujian yang telah dilakukan, C_d (*coefficient of discharge*) yaitu rasio debit aktual terhadap debit ideal, rasio laju aliran massa pada ujung debit nosel ke nosel ideal yang memperluas fluida kerja

4.3.1 Nilai C_d Untuk 10 Hz

10Hz

Diketahui :

$$d : 42,65mm = 0,04265m$$

$$D : 8,515cm = 0,08515m$$

$$\Delta p : 0,0028Kpa = 2,8kg / m^2$$

$$E_v : \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0,500881)^4}} = \frac{1}{0,96801756}$$

$$E_v : 1,0330391$$

$$N_1 : 1$$

$$P_{t,p} : 1,2$$

$$Y : 1$$

$$V : 1,407$$

Ditanya : C_d ?

Penyelesaian :

$$C_d = \frac{q_m}{N_1 E_v Y d^2 \sqrt{P_{t.p} \times \Delta p}}$$

$$q_m = V \times A \times \rho$$

$$V = 1,407$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0,785 \times 0,08515^2 = 0,00569164$$

$$\rho = 1,2$$

$$q_m = 0,00960977$$

$$C_d = \frac{0,00960977}{1 \times 1,0330391 \times 1 \times 0,0072505 \sqrt{1,2 \times 2,8}} = \frac{0,00960977}{0,013729488}$$

$$C_d = 0,6999365$$

Bilangan Reynold

10Hz

Diketahui :

$$v : 1,407 m / s$$

$$D : 8,515 cm = 0,08515 m$$

$$\mu : 15,69 \times 10^{-6}$$

Ditanya : Re?

Penyelesaian:

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{1,407 \times 0,08515}{15,69 \times 10^{-6}} = 7635,82218$$

4.3.2 Nilai C_d Untuk 20Hz

20Hz

Diketahui :

$$d : 42,65 mm = 0,04265 m$$

$$D : 8,515 cm = 0,08515 m$$

$$\Delta p : 0,151 Kpa = 15,1 kg / m^2$$

$$E_v : \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0,500881)^4}} = \frac{1}{0,96801756}$$

$$E_v : 1,0330391$$

$$N_1 : 1$$

$$P_{t,p} : 1,2$$

$$Y : 1$$

$$V : 2,7569$$

Ditanya : C_d ?

Penyelesaian :

$$C_d = \frac{q_m}{N_1 E_v Y d^2 \sqrt{P_{t,p} \times \Delta p}}$$

$$q_m = V \times A \times \rho$$

$$V = 2,7569$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0,785 \times 0,08515^2 = 0,00569164$$

$$\rho = 1,2$$

$$q_m = 0,0188295$$

$$C_d = \frac{0,0188295}{1 \times 1,0330391 \times 1 \times 0,0072505 \sqrt{1,2 \times 15,1}} = \frac{0,0188295}{0,03188335}$$

$$C_d = 0,59041$$

Bilangan Reynold

20Hz

Diketahui :

$$v : 2,7569 \text{ m/s}$$

$$D : 8,515 \text{ cm} = 0,08515 \text{ m}$$

$$\mu : 15,69 \times 10^{-6}$$

Ditanya : Re?

Penyelesaian:

$$\text{Re} = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{2,7569 \times 0,08515}{15,69 \times 10^{-6}} = 14961,76131$$

4.3.3 Nilai C_d Untuk 30 Hz

30Hz

Diketahui :

$$d : 42,65\text{mm} = 0,04265\text{m}$$

$$D : 8,515\text{cm} = 0,08515\text{m}$$

$$\Delta p : 0,35\text{Kpa} = 35\text{kg} / \text{m}^2$$

$$E_v : \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0,500881)^4}} = \frac{1}{0,96801756}$$

$$E_v : 1,0330391$$

$$N_1 : 1$$

$$P_{t.p} : 1,2$$

$$Y : 1$$

$$V : 4,3828$$

Ditanya : C_d ?

Penyelesaian :

$$C_d = \frac{q_m}{N_1 E_v Y d^2 \sqrt{P_{t.p} \times \Delta p}}$$

$$q_m = V \times A \times \rho$$

$$V = 4,3828$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0,785 \times 0,08515^2 = 0,00569164$$

$$\rho = 1,2$$

$$q_m = 0,0299344$$

$$C_d = \frac{0,0299344}{1 \times 1,0330391 \times 1 \times 0,0072505 \sqrt{1,2 \times 35}} = \frac{0,0299344}{0,0485411}$$

$$C_d = 0,65731$$

Bilangan Reynold

30Hz

Diketahui :

$$v : 4,3828m / s$$

$$D : 8,515cm = 0,08515m$$

$$\mu : 15,69 \times 10^{-6}$$

Ditanya : Re?

Penyelesaian:

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{4,3828 \times 0,08515}{15,69 \times 10^{-6}} = 23785,55895$$

4.3.4 Nilai C_d Untuk 40 Hz

40Hz

Diketahui :

$$d : 42,65mm = 0,04265m$$

$$D : 8,515cm = 0,08515m$$

$$\Delta p : 0,639Kpa = 63,9kg / m^2$$

$$E_v : \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} = \frac{1}{\sqrt{1 - (0,500881)^4}} = \frac{1}{0,96801756}$$

$$E_v : 1,0330391$$

$$N_1 : 1$$

$$P_{t,p} : 1,2$$

$$Y : 1$$

$$V : 5,6121$$

Ditanya : C_d ?

Penyelesaian :

$$C_d = \frac{q_m}{N_1 E_v Y d^2 \sqrt{P_{t.p} \times \Delta p}}$$

$$q_m = V \times A \times \rho$$

$$V = 5,6121$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0,785 \times 0,08515^2 = 0,00569164$$

$$\rho = 1,2$$

$$q_m = 0,038305$$

$$C_d = \frac{0,038305}{1 \times 1,0330391 \times 1 \times 0,0072505 \sqrt{1,2 \times 63,9}} = \frac{0,038305}{0,06558821}$$

$$C_d = 0,58402265$$

Bilangan Reynold

40Hz

Diketahui :

$$v : 5,6121m / s$$

$$D : 8,515cm = 0,08515m$$

$$\mu : 15,69 \times 10^{-6}$$

Ditanya : Re?

Penyelesaian:

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{5,6121 \times 0,08515}{15,69 \times 10^{-6}} = 30456,99904$$

4.3.5 Nilai C_d Untuk 50 Hz

50Hz

Diketahui :

$$d : 42,65mm = 0,04265m$$

$$D : 8,515cm = 0,08515m$$

$$\Delta p : 1,00Kpa = 100kg / m^2$$

$$E_v : \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{1}{\sqrt{1-(0,500881)^4}} = \frac{1}{0,96801756}$$

$$E_v : 1,0330391$$

$$N_1 : 1$$

$$P_{t,p} : 1,2$$

$$Y : 1$$

$$V : 7,1806$$

Ditanya : C_d ?

Penyelesaian :

$$C_d = \frac{q_m}{N_1 E_v Y d^2 \sqrt{P_{t,p} \times \Delta p}}$$

$$q_m = V \times A \times \rho$$

$$V = 7,1806$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0,785 \times 0,08515^2 = 0,00569164$$

$$\rho = 1,2$$

$$q_m = 0,0490433$$

$$C_d = \frac{0,0490433}{1 \times 1,0330391 \times 1 \times 0,0072505 \sqrt{1,2 \times 100}} = \frac{0,0490433}{0,0820494}$$

$$C_d = 0,597729$$

Bilangan Reynold

50Hz

Diketahui :

$$v : 7,1806 \text{ m/s}$$

$$D : 8,515 \text{ cm} = 0,08515 \text{ m}$$

$$\mu : 15,69 \times 10^{-6}$$

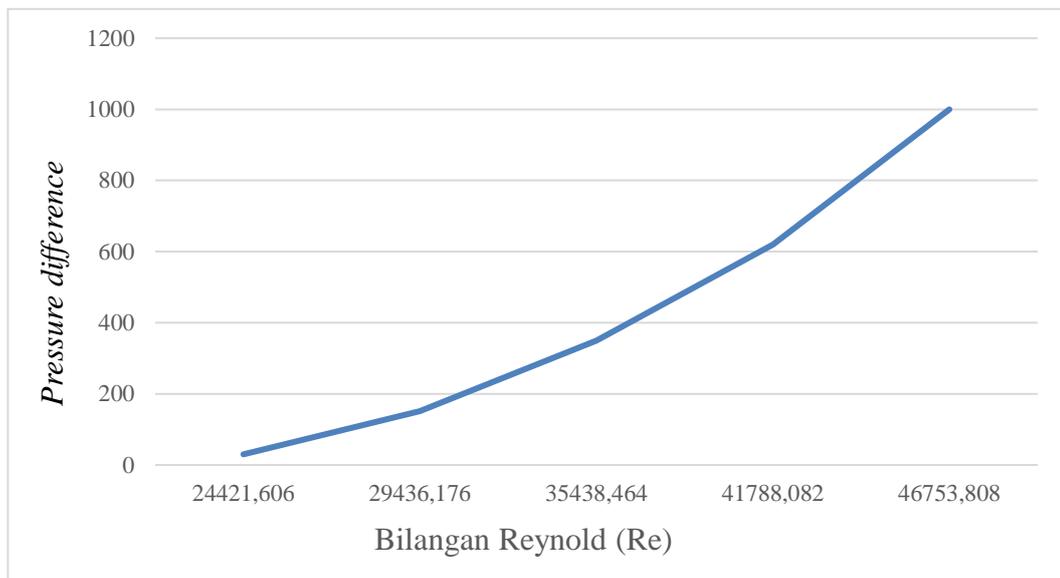
Ditanya : Re?

Penyelesaian:

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{7,1806 \times 0,08515}{15,69 \times 10^{-6}} = 38969,28553$$

4.4 Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap *Pressure Drop*

Pressure drop (penurunan tekanan) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik dalam pipa atau tabung ke titik lain yang disebabkan oleh faktor gesekan pada pipa, diameter pipa, dan bilangan Reynold.

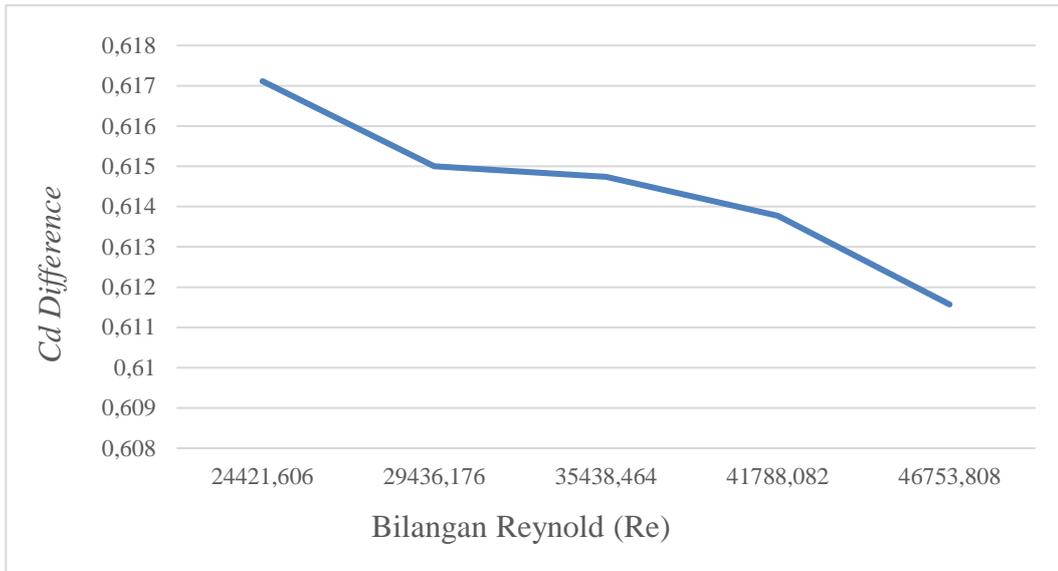


Gambar 4.1 Grafik *Pressure Drop*

Dari gambar 4.1 Grafik *Pressure Drop* dapat diketahui bahwa pada bilangan Reynold berturut-turut 24421,61, 29436,18, 35438,46, 41788,08, 46753,81 didapatkan *pressure drop* (penurunan tekanan) 30 Pa, 151 Pa, 350 Pa, 620 Pa, 1000 Pa, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi bilangan Reynold semakin tinggi pula *pressure drop* (penurunan tekanan) nya.

4.5 Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap *Coefficient Of Discharge*

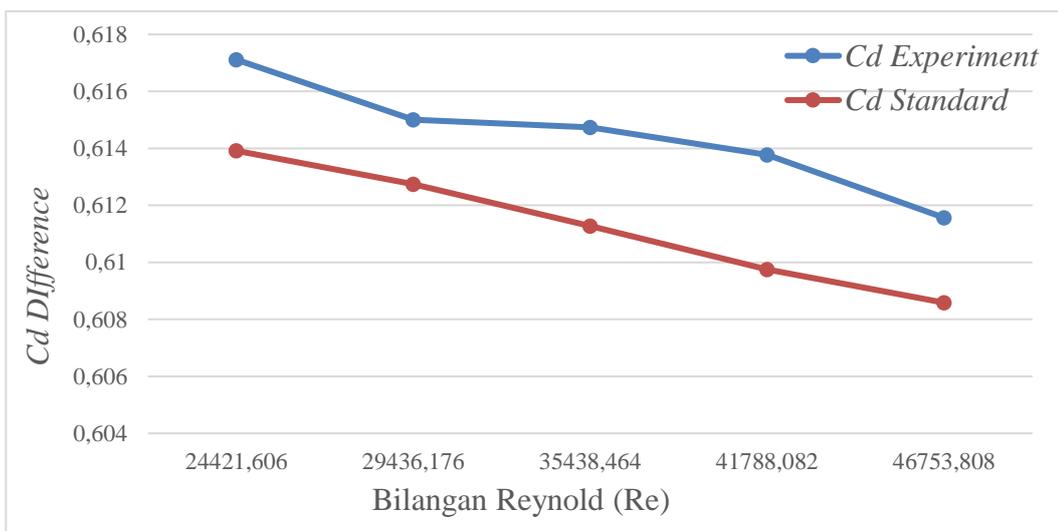
Koefisien debit (Cd) didefinisikan sebagai perbandingan antara debit nyata dan debit teoritis,



Gambar 4.2 Grafik *Coefficient Of Discharge*

Dari gambar 4.2 Grafik *Coefficient Of Discharge* dapat diketahui bahwa pada bilangan Reynold berturut-turut 24421,61, 29436,18, 35438,46, 41788,08, 46753,81, didapatkan koefisien debit 0,617113, 0,615004, 0,614735, 0,613772, 0,61157, maka rata-rata *Coefficient Of Discharge* (koefisien debit) dari rangkaian aliran udara 0,614439.

4.6 perbandingan C_d eksperimen dan C_d standar



Gambar 4.3 Grafik perbandingan C_d eksperimen dan C_d standar

Dari gambar grafik 4.3 dapat diketahui bahwa perbandingan antara koefisien debit standar dengan koefisien debit dari hasil percobaan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda, dengan rata-rata perbedaan 0,005179282 atau 0,52% oleh karena itu *instrument* pengukuran laju aliran udara dapat digunakan sebagai sarana aliran udara dari *blower* menuju *wet cooling tower*.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan dan pengujian *instrument* pengukuran laju aliran udara pada *wet cooling tower* didapatkan kesimpulan beberapa hal yaitu :

1. Pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara dengan rangkaian pipa, rangkaian alat ukur dan *blower*, menggunakan gerinda, bor tangan, mesin las, meteran, 3D *printing*, Panjang rangkaian aliran fluida 2.362 mm, diameter dalam pipa 85,15 mm, tinggi dudukan pipa 290 mm, lebar 150 mm, diameter dalam dari sambungan pipa 92,70 mm, diameter luar 150 mm.
2. Berdasarkan pengujian laju aliran udara dengan menggunakan *hot wire anemometer* dan manometer didapatkan hasil bahwasanya kecepatan udara pada gelombang udara 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz berturut-turut mencapai 1,407 m/s, 2,7569 m/s, 4,3828 m/s, 5,6121 m/s dan 7,1806 m/s serta didapatkan *pressure drop* 30 Pa, 151 Pa, 350 Pa, 620 Pa, 1000 Pa, *coefficient of discharge* berturut turut sebesar 0,617113, 0,615004, 0,614735, 0,613772, 0,61157.
3. Berdasarkan hasil pengujian dapat dihitung bahwa rata-rata *coefficient of discharge* (koefisien debit) dari rangkaian aliran udara yang dibuat 0,614439, dan rata-rata dari *standard coefficient of discharge* 0,6112566, rata-rata perbedaan 0,005179282 atau 0,52% oleh karena itu *instrument* pengukuran laju aliran udara dapat digunakan sebagai sarana aliran udara dari *blower* menuju *wet cooling tower*.

5.2 Saran

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara pada *wet cooling tower* ini masih belum sempurna Adapun saran untuk pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara ini adalah :

1. Pada pembuatan *instrument* pengukuran laju aliran udara berikutnya agar lebih dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin maju dengan banyak variasi gelombang udara.

2. Diharapkan lebih teliti dalam merangkai pipa, karena kebocoran sedikitpun mempengaruhi laju aliran udara.
3. Mengkalibrasi sebelum menggunakan alat pengambilan data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

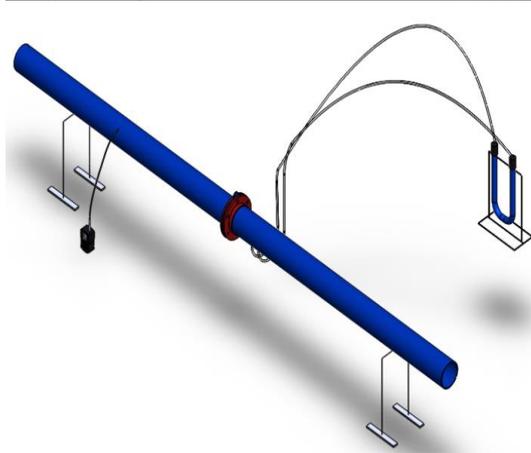
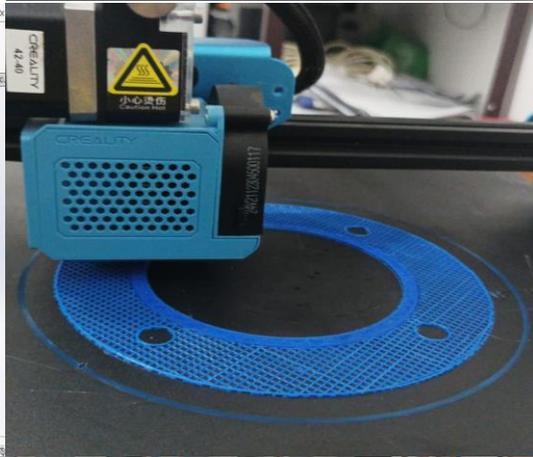
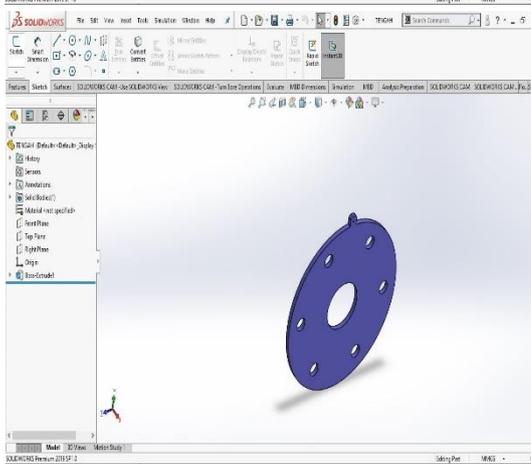
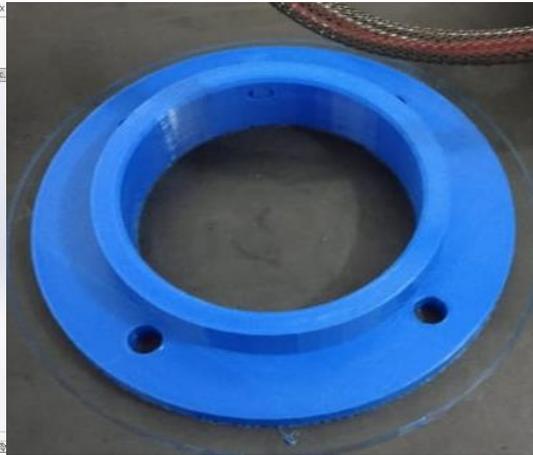
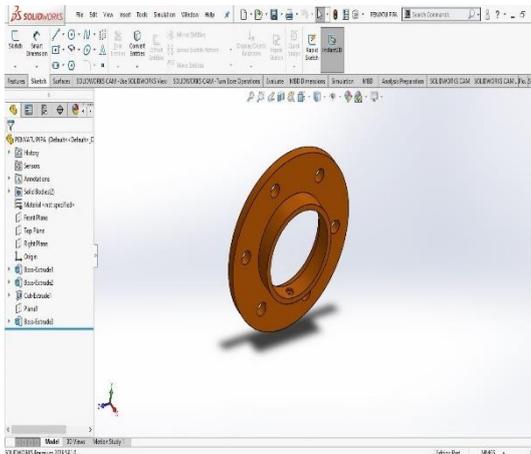
- Abidin, K., & Wagiani, S. (2013). Studi Analisis Perbandingan Kecepatanaliran Air Melalui Pipa Venturi Dengan Perbedaan Diameter Pipa. *Jurnal Dinamika*, 4(1), 62–78.
- Ayyam, K., Sari, M. P., Ma, Z., & P, W. D. (2018). Perbandingan Kerja Antar Bahan Pengisi pada Menara Cooling Tower dengan Sistem Destilasi Uap. *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 2(1), 19–29.
- Dan, R., & Di, A. (2022). ISSN: 2745-6331 (online) page 015-027. 4(2), 15–27.
- 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>
- Gmbh, K. I., Fritsch, T., & Gentemann, R. (2020). *Monitoring of Pumps and Valves in Fluidic Systems with Electro-Magnetic Monitoring of Pumps and Valves in Fluidic Systems with Electro-Magnetic Flowmeters*. June, 9–11. <https://doi.org/10.5162/SMSI2020/B2.1>
- 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.
- Hu, Y. C., Chen, Z. Y., & Chang, P. Z. (2021). Fluid–structure coupling effects in a dual u-tube coriolis mass flow meter. *Sensors (Switzerland)*, 21(3), 1–30. <https://doi.org/10.3390/s21030982>
- Iqbal, M. T., & Faisal, Z. (2018). Studi Kecepatan Aliran Air dengan Menggunakan Tabung Pitot. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.31963/intek.v5i1.194>
- 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>
- Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution, R. F. P. (2023). Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous). *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 6(2), 89–98.

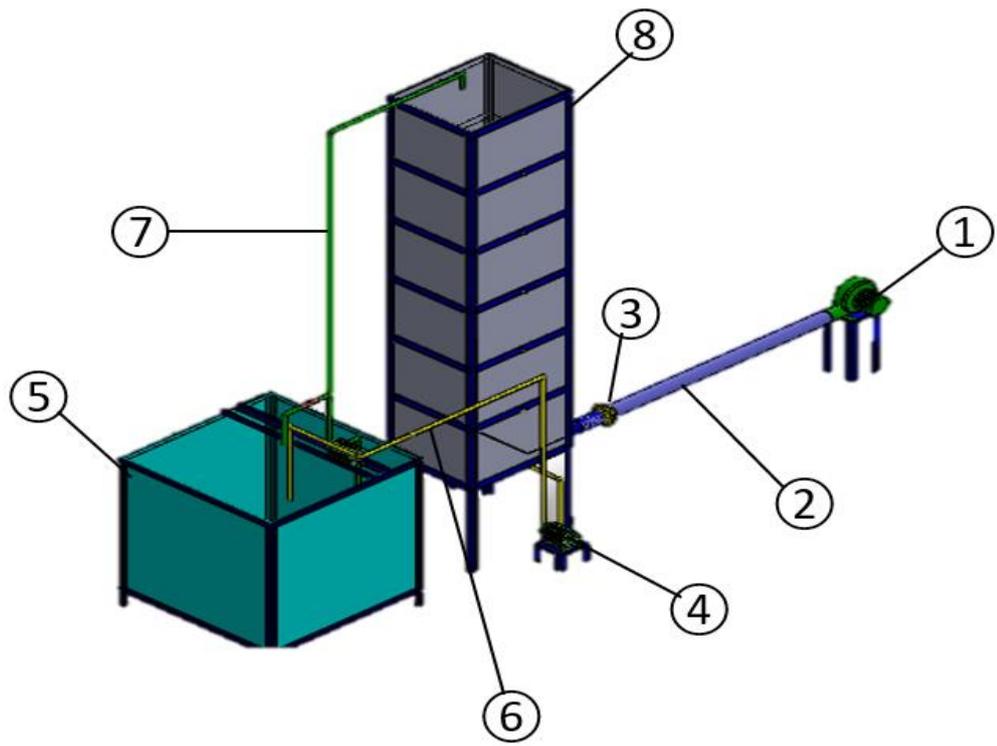
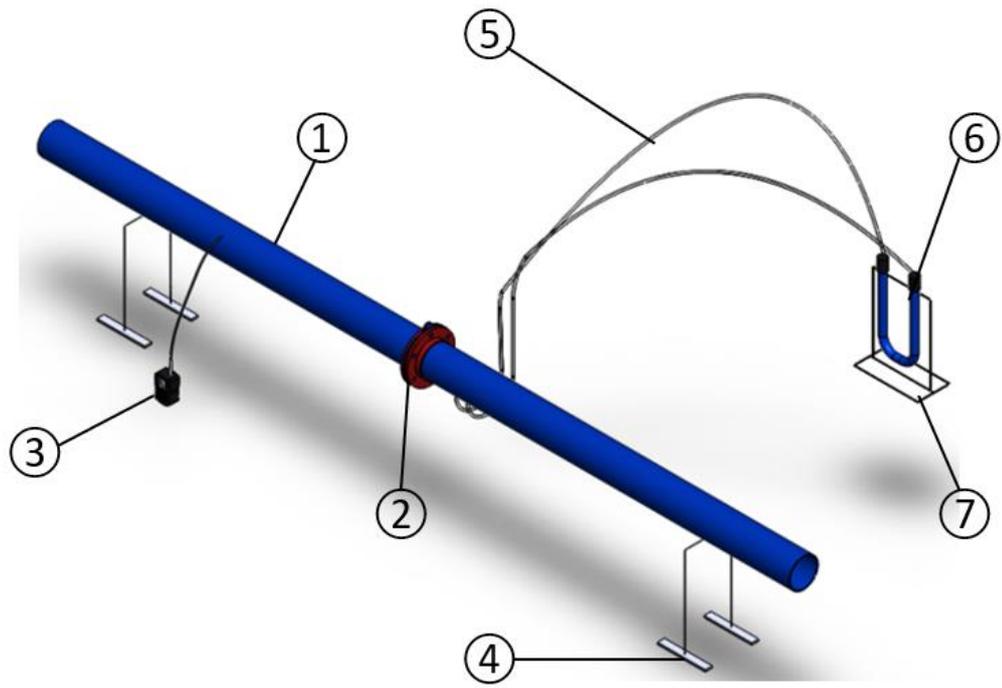
- Kusrini, S. P. (2020). Modul Pembelajaran SMA Fisika Kelas XI. *Direktorat Jendral PAUD, DIKDAS, Dan DIKMEN*, 25–29.
- Laksanawati, E. K., Sulaeman, A., & Rosyidin, A. (2022). Desain Rancang Bangun Cooling Tower menggunakan Aplikasi Autocad Skala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang. *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>
- Pratama, F. P., Setyawan, D. L., & Ramadhan, M. E. (2021). Analisis Unjuk Kerja Cooling Tower Induced Draft Counter Flow Dengan Bahan Pengisi Asbes. *Rotor*, 14(1), 35. <https://doi.org/10.19184/rotor.v14i1.24224>
- Riduan AzharI Muhammad, Ali Ahmad Umar, & Satria Wicaksana Jati. (2022). *Desain Dan Implementasi Pengukuran Debit Air Menggunakan Portable Flow Meter Berbasis Internet Of Things (Studi Kasus Pdam Kabupaten Madiun) Design And Implementation Of Water Flow Measurement Using A Portable Flow Meter Based On The Internet Of Things (S. 9(3), 997–1011.*
- Shavrina, E., Nguyen, V. T., Yan, Z., & Khoo, B. C. (2021). Fluid-solid interaction simulation methodology for coriolis flowmeter operation analysis. *Sensors*, 21(23), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s21238105>
- State, K., Idakwo, J., Yaro, C. A., Akoh, Q. P., & Raji, R. O. (2021). *A study of Trichomonas vaginalis and risk factors in women of reproductive age attending health facilities in Okene. April*, 213–217. <https://doi.org/10.4103/JCSR.JCSR>
- Styles, S., Sierra Layous, P., & Jack Evans, P. (2020). Magnetic Flow Meter Testing and the Effect of Upstream Chemical Injection on Meter Performance. *Itrc*, 805.
- Tjahyo Eka, N. D., Putri, R., Ch, F. M., Qiyaman, D. M., & Riset dan Pengembangan SDM-BSN, P. (2019). *Sistem Pengukuran Volume Cairan Menggunakan Sensor Kapasitif: Studi Kasus Pada Industri Minuman Susu Measurement System of Liquid Volume Using a Capacitive Sensor: Case Study on Milk Beverage Industry. C*, 115–124.

Triyansah, O., & Witanto, Y. (2020). Efektivitas Cooling Tower Fan 6P-4051-Gb. Di Pt. Pupuk Sriwidjaja Sektor Stg-Bb, Palembang, Sumatera Selatan. *Rekayasa Mekanik*, 4(1), 9–12.

Wuryanti, S. (2021). Peningkatan Efektivitas Cooling Tower dengan Metoda Air High Speed. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 40–43. <https://doi.org/10.35313/energi.v10i1.2326>

LAMPIRAN





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

Peserta seminar

Nama : Nanda Fahriza
 NPM : 1907230046
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Instrument pengukuran Laju Aliran Udara pada wet .
 Cooling Tower ..

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – 1 : Khairul Umurani ST.MT		
Pembanding – I : Chandra A Siregar ST.MT		
Pembanding II : Sudirman Lubis ST.MT		
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230001	RAFIDO ALFARIZI	
2	1907230031	ADITIYA WARDHANA	
3	1907230073	AERIZAL SAPUTRA DAMANIE	
4	1907230020	M. SAYID ZUFRI	
5	1907230045	BAGUS KUNCORO BUDI	
6	1907230032	AGUNG JETAWAN	
7			
8			
9			
10			

Medan, 20 Muharram 1445 H
7 Agustus 2023 M

Ketua Prodi. T.Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Nanda Fahriza
NPM : 19072300046
Judul Tugas Akhir : pembuatan Instrument Pengukuran Laju Aliran Udara Pada wet ,
Cooling Tower ..

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 :
..... *alat busa gas 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



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bisa meredakan, kuat, dan ager diadukan
komor dan tanggapan

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

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KR/PT/20/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

Nomor : 768/IL3-AU/UMSU-07/F/2023
Lamp : -
Hal : Undangan Seminar Tugas Akhir
Program Studi Teknik Mesin

Medan, 13 Muharram 1445H
03 Agustus 2023 M

Kepada : Yth.Sdr.

1. Chandra A Siregar ST.MT

(Dosen Pembanding - I)

2. Sudirman Lubis ST.MT

(Dosen Pembanding II)

3. Khairul Umurani ST.MT

(Dosen Pembimbing - I)

di-

Medan.

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan hormat, sesuai dengan Rekomendasi Ka. Prodi Teknik Mesin, pada hari Senin, Tanggal 07 Agustus 2023 tentang Dosen Pembimbing Tugas Akhir maka melalui surat ini kami mengundang Saudara untuk menghadiri Seminar Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas nama mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

Nama : Nanda Fahriza

NPM : 1907230046

Jurusan : Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Instrument Pengukuran Laju Aliran Udara Pada Wet Cooling Tower .

InsyaAllah akan dilaksanakan pada :

Hari / tanggal : Senin / 07 Agustus 2023

Waktu : 10.00 Wib S/D Selesai

Tempat : Fakultas Teknik UMSU

Jalan Mukhtar Basri No. 03 Medan.

Demikian undangan ini kami sampaikan atas perhatian saudara kami ucapkan terima kasih. Akhirnya selamat dan sejahteralah kita semua Amin.

Wassalam
Dekan



Munawar Aransury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pembuatan *Instrument* Pengukuran Laju Aliran Udara Pada *Wet Cooling Tower*

Nama : Nanda Fahriza
NPM : 1907230046

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	u
3.	Kamis 20/10/2022	- Perbaiki Rumusan Masalah	u
4.	Senin 24/10/2022	- Perbaiki Tujuan Pustaka	u
5.	Rabu 26/10/2022	- Perbaiki pembahasan tentang Cooling Tower	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.	Selasa 25/07/2023	- Acc, Seminar Hasil	u

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Nanda Fahriza
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Batu Anam, 05 Desember 2000
Alamat : Dusun V, Desa Batu Anam, Kec. Rahuning
Kab. Asahan, Prov. Sumatera Utara
Agama : Islam
E-mail : nandafahriza53@gmail.com
No.Hp : 082276594305

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDS Muara Tiga	Tahun 2007-2013
2. SMP N 1 Air Batu	Tahun 2013-2016
3. SMA N 1 Air Batu	Tahun 2016-2019
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2019-2023