

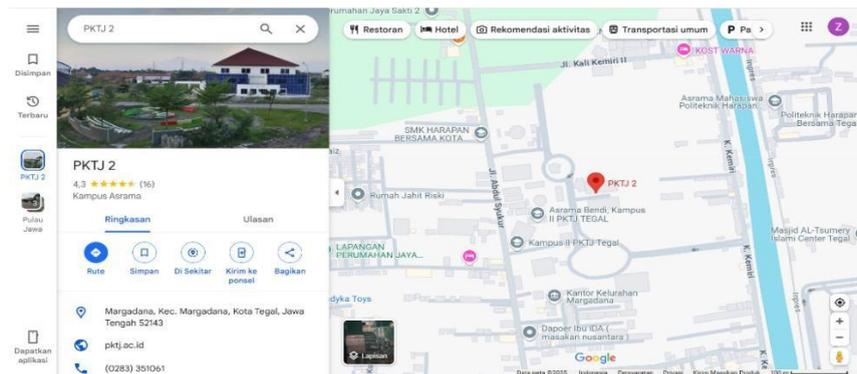
BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

III.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pelaksanaan berada di Kampus 2 Poiteknik Keselamatan Transportasi Jalan yang beralamat di Margadana, Kec. Margadana, Kota Tegal, Jawa Tengah 52143. Kampus 2 PKTJ dijadikan lokasi untuk mengumpulkan subjek penelitian untuk menguji rancang bangun alat.



Gambar III.1 Lokasi Penelitian

III.1.2 Waktu Penelitian

Tahapan diawali pada Oktober 2024 melalui pengajuan judul. Penyusunan proposal berlangsung selama dua bulan dimulai November hingga Desember 2024. Seminar proposal dijadwalkan pada Januari 2025. Pengambilan data dilakukan pada Februari hingga Maret 2025 dan dilanjutkan proses pengolahan data sepanjang Maret sampai April 2025. Penyusunan KKW dirancang pada Mei dan Juni 2025. Sidang seminar hasil direncanakan terlaksana pada Juli 2025. Seluruh kegiatan tersusun secara terstruktur dan waktu pelaksanaan yang efisien.

III.2 Alat dan Bahan

Hasil penelitian bergantung pada teknik pengumpulan data, metode, kelengkapan data, serta alat dan bahan agar output sesuai tujuan. Alat dan bahan dibagi menjadi dua kategori, yaitu perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*). Perangkat lunak mencakup kebutuhan sistem digital dan perangkat keras terdiri atas komponen fisik penyusun alat. Kebutuhan *software* dapat dilihat pada **Tabel III.2**

Tabel III.1 Kebutuhan Perangkat Lunak (*software*)

No	Software	Kegunaan
1.	Fritzing	Desain awal alat dibuat dengan bantuan perangkat lunak simulasi rangkaian agar rancangan lebih akurat dan efisien sebelum masuk tahap produksi.
2.	Autodesk 360	Merancang model 3D alat secara presisi. Software ini juga mendukung simulasi dan perakitan komponen secara digital.
3.	Thonny	Menulis dan mengunggah program ke mikrokontroler. <i>Software</i> ini mempermudah proses pemrograman alat berbasis Rassyberry pi.

Kebutuhan *hardware* atau perangkat keras pada rancangan alat ini dapat dilihat pada **Tabel III.3**

Tabel III.2 Kebutuhan Perangkat Keras (*hardware*)

No	Hardware	Kegunaan
1.	Laptop	Perangkat pemrograman alat dengan software sesuai mikrokontroler yang digunakan.
2.	AHT 20	Mendeteksi suhu dan kelembaban
3.	Rassyberry Pi Pico	Mengolah data dan menjalankan program agar alat dapat beroperasi
4.	LCD I2C	Menampilkan output dari data suhu dan kelembaban
5.	Buzzer	Sebagai peringatan

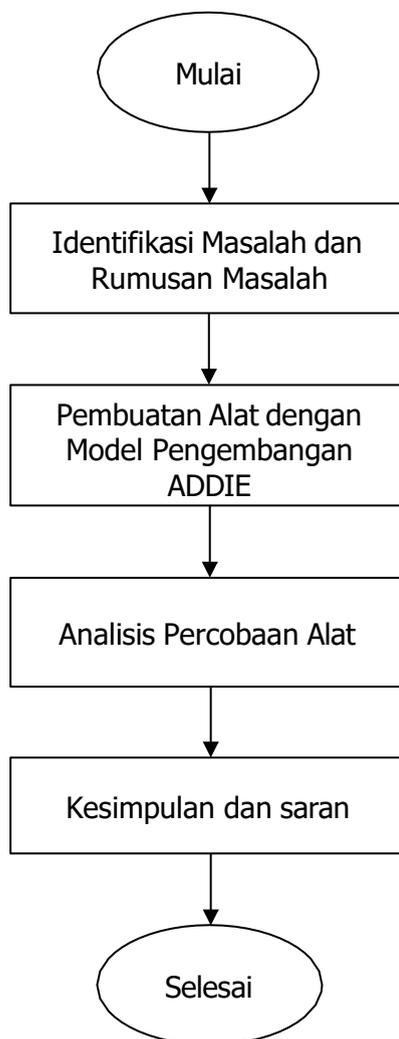
Media yang digunakan untuk melakukan percobaan yaitu Tangki Air Shimizu yang memiliki spesifikasi berikut (Station, 2019):

1. Diameter (mm) : 270 mm
2. Tinggi (mm) : 346.5

- 3. Tekanan : 10 maks
- 4. Kapasitas : 19 liter
- 5. Material : Steel Plate 1 mm

III.3 Diagram Alir Penelitian

Rangkaian tahapan dalam pengembangan alat monitoring kelembaban udara pada tangki udara dengan menggunakan raspberry pi dapat dilihat pada **Gambar III.2.**



Gambar III.2 Diagram Alir Penelitian

III.3.1 Identifikasi Masalah dan Rumusan Masalah

Tahap identifikasi masalah diawali dengan pengamatan terhadap kondisi tangki udara pada kendaraan, yang menunjukkan adanya air di

dalam tangki sebagai indikasi permasalahan. Identifikasi permasalahan menjadi dasar penyusunan rumusan masalah, yang selanjutnya digunakan untuk merancang alat monitoring kelembaban udara pada tangki udara menggunakan Raspberry Pi Pico.

III.3.2 Pembuatan Alat dengan Pengembangan ADDIE

Perancangan dilakukan menggunakan model pengembangan ADDIE, Analisis (*Analyze*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), Evaluasi (*Evaluation*) (Fitriyah et al., 2021).

III.3.3 Percobaan Alat

Tahap perancangan mencakup proses perakitan dan penyusunan pemrograman, kemudian dilanjutkan dengan pengujian alat untuk memastikan fungsinya telah sesuai dengan rancangan.

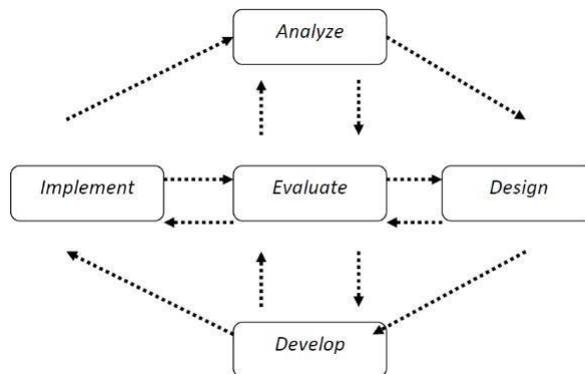
III.3.4 Kesimpulan dan Saran

Pada terakhir ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil pengujian dan data yang terkumpul dari hasil percobaan.

III. 4 Model Pengembangan

Alat monitoring kelembaban udara pada tangki udara dibuat berbasis Raspberry Pi menggunakan pendekatan *Research and Development*. Pendekatan tersebut dipilih agar kelembaban udara terpantau secara real-time sehingga potensi gangguan akibat perubahan kelembaban tidak stabil dapat dicegah.

Pengembangan memakai pendekatan ADDIE meliputi tahap Analisis (*Analyze*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), Evaluasi (*Evaluation*). Model ADDIE diterapkan sebagai kerangka kerja sistematis untuk mengembangkan alat monitoring kelembaban udara pada tangki udara berbasis Raspberry Pi. Setiap tahapan saling berkesinambungan dan mendukung proses pengembangan produk secara menyeluruh (Safitri & Aziz, 2022). Berikut adalah diagram alir yang menggambarkan tahapan metode ADDIE yang digunakan dalam penelitian :



Gambar III.3 Diagram Alir ADDIE

III.4.1 Analisis (*Analyze*)

Tahap analisis dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan yang diperlukan dalam pengembangan alat monitoring kelembaban udara. Analisis mencakup dua aspek utama yaitu kebutuhan software dan hardware. Kebutuhan *software* meliputi perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan memprogram sistem. Kebutuhan hardware mencakup komponen fisik penyusun alat seperti Raspberry Pi Pico, sensor kelembaban (AHT20), modul LCD I2C, LED indikator, buzzer, serta kabel dan konektor pendukung lainnya.

III.4.2 Desain (*Design*)

Tahap desain dilakukan perancangan secara rinci yang mencakup spesifikasi alat, pemilihan komponen, penyusunan diagram alur sistem dan rancangan teknis dari alat monitoring kelembaban udara. Tujuan perancangan adalah memastikan setiap komponen alat mulai dari sensor hingga output tampilan berfungsi optimal sesuai kebutuhan pemantauan kelembaban pada tangki udara.

III.4.3 Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan alat merupakan proses pembangunan alat berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Pembuatan program dilakukan menggunakan bahasa *MicroPython* yang kompatibel dengan platform Raspberry Pi Pico diikuti oleh proses perakitan komponen alat sesuai dengan rancangan yang telah disusun sebelumnya. Perakitan dilakukan setelah program diuji secara fungsional pada sistem Raspberry Pi, kemudian dilanjutkan dengan

menyusun setiap komponen seperti sensor AHT20, LCD, LED indikator dan buzzer berdasarkan skema rangkaian yang telah dirancang menggunakan aplikasi Fritzing.

III.4.4 Pelaksanaan (*Implementation*)

Tahap implementasi merupakan proses pemasangan dan pengujian alat monitoring kelembaban udara yang telah dirakit sebelumnya. Pemasangan alat dilakukan pada tabung simulasi tangki udara yang berfungsi sebagai media pengganti tangki udara kendaraan besar. Alat dipasang pada *drat check valve* dengan sistem *Plug and Play* (PnP) yang memungkinkan pemasangan dan pelepasan secara mudah tanpa memerlukan modifikasi besar.

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian sensor AHT20, LCD I2C, buzzer, maupun chatbot Telegram yang menjadi output data dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Uji bertujuan untuk mengevaluasi apakah sensor dapat membaca kelembaban dan suhu udara dengan akurat, mikrokontroler (Raspberry Pi Pico) mampu memproses data dan semua output berjalan secara sinkron. Pengujian memberikan gambaran mengenai respons alat terhadap fluktuasi suhu dan kelembaban dalam ruang tertutup seperti tabung udara.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pendeteksian alat monitoring dengan hygrometer digital sebagai alat referensi. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengetahui apakah alat yang dirancang mampu menghasilkan data yang akurat dan sesuai dengan nilai yang terdeteksi oleh alat acuan.

1. Menentukan nilai standar suhu dan kelembaban yang digunakan sebagai acuan.
2. Memastikan bahwa kedua alat (*hygrometer* dan alat monitoring buatan) diletakkan pada ruang yang sama untuk mendapatkan kondisi lingkungan yang identik.
3. Melakukan pembacaan suhu dan kelembaban menggunakan *hygrometer* digital terlebih dahulu.

4. Melakukan pembacaan dengan alat yang telah dirancang untuk memperoleh nilai dari sensor AHT 20.
5. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap kondisi lingkungan yang berbeda (pagi, siang dan malam).
6. Mencatat seluruh hasil pengukuran dan menghitung selisih nilai dari kedua alat pada form tabel kalibrasi untuk dianalisis tingkat keakuratannya.

Perbandingan bermaksud untuk mengetahui adanya error atau selisih pada sistem alat baik penggunaan program maupun komponen konsep alat. Hasil pengukuran dari alat rancang bangun dibandingkan dengan pembacaan *hygrometer* untuk mengetahui selisih akurasi alat pendeteksi suhu dan kelembaban pada tangki udara. Kalibrasi alat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel III.3 Perbandingan Pendeteksian Suhu pada Pagi Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit Ke	Suhu (°C)		Akurasi (%)	
			Rancang Bangun Alat	Hygrometer	Selisih	Akurasi
1.	05.00-06.00	5				
		...				
		60				
		Rata-rata				

Tabel III.4 Perbandingan Pendeteksian Kelembaban pada Pagi Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit Ke	Kelembaban (%)		Akurasi (%)	
			Rancang Bangun Alat	Hygrometer	Selisih	Akurasi
1.	05.00-06.00	5				
		...				
		60				
		Rata-rata				

Tabel III.5 Perbandingan Pendeteksian Suhu pada Siang Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit Ke	Kelembaban (%)		Akurasi (%)	
			Rancang Bangun Alat	Hygrometer	Selisih	Akurasi
2.	12.00-13.00	5				
		...				
		60				
		Rata-rata				

Tabel III.6 Perbandingan Pendeteksian Kelembaban pada Siang Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit Ke	Kelembaban (%)		Akurasi (%)	
			Rancang Bangun Alat	Hygrometer	Selisih	Akurasi
2.	12.00-13.00	5				
		...				
		60				
		Rata-rata				

Tabel III.7 Perbandingan Pendeteksian Suhu pada Malam Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit Ke	Kelembaban (%)		Akurasi (%)	
			Rancang Bangun Alat	Hygrometer	Selisih	Akurasi
3.	00.00-01.00	5				
		...				
		60				
		Rata-rata				

Tabel III.8 Perbandingan Pendeteksian Kelembaban pada Malam Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit Ke	Kelembaban (%)		Akurasi (%)	
			Rancang Bangun Alat	Hygrometer	Selisih	Akurasi
3.	00.00-01.00	5				
		...				
		60				
		Rata-rata				

Perhitungan nilai selisih untuk menentukan perbedaan antara nilai hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya dari objek yang diukur. Rumus yang menentukan nilai selisih dijabarkan sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \left[\frac{\text{nilai pengukuran} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai sebenarnya}} \right] \times 100 \quad (2)$$

Tabel III.9 Klasifikasi Akurasi Alat Berdasarkan Selisih terhadap Alat Referensi

No	Selisih	Kategori
1.	$\leq \pm 1\%$	Sangat Akurat
2.	$> 1\% - 5\%$	Akurat
3.	$> 5\% - 10\%$	Cukup Akurat
4.	$> 10\%$	Kurang Akurat

III.4.5 *Evaluasi* (Evaluation)

Validasi produk dilakukan menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS), yaitu metode yang digunakan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan selama proses desain. Usability didefinisikan berdasarkan beberapa komponen kualitas, yaitu efektivitas, efisiensi, dan kepuasan (Aziza, 2023).

Metode *System Usability Scale* (SUS) menggunakan kuesioner sebagai data untuk memperoleh dan mengetahui kebutuhan pengguna produk yang telah di buat. Sasaran kuesioner yang dibuat ditujukan kepada 20 sopir truk yang menggunakan rem angin. Kuesioner yang telah dibuat berisi 10 instrumen pertanyaan yang dirancang khusus untuk menilai kegunaan alat meliputi aspek tampilan, notifikasi, dan kesesuaian dengan kebutuhan penggunaan. (A. Saputra, 2019). Kuesioner yang dibuat seperti pada **Tabel III.5**

Tabel III.10 Kuesioner

No	Kuesioner	Jawaban				
		Sangat Setuju	Setuju	Netral	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
1.	Alat ini dibutuhkan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara pada tangki.					
2.	Informasi kelembaban udara pada tangki tidak langsung muncul saat alat diaktifkan					
3.	Mudah untuk mengoperasikan alat ini tanpa bantuan orang lain.					
4.	Beberapa komponen pada alat tidak berfungsi dengan baik.					
5.	Sensor dapat mendeteksi suhu dan kelembaban udara secara konsisten.					
6.	Sulit untuk memahami cara kerja alat ini.					
7.	Alat tidak mengganggu konsentrasi pengemudi saat mengemudi					
8.	Sulit untuk membaca tampilan suhu dan kelembaban udara pada alat ini.					

9.	Alat ini membantu mendeteksi suhu dan kelembaban udara di tangki secara otomatis.
10.	Sulit untuk memasang alat ini langsung pada kendaraan.

Tabel III.5 memuat kuesioner dengan pilihan jawaban yang dapat diisi responden menggunakan tanda centang (✓) pada form skor sesuai tingkat persetujuan terhadap pernyataan yang diberikan. Ada 5 pilihan untuk skor skala penilaian yaitu sangat setuju, setuju, netral, tidak setuju, dan sangat tidak setuju. Hasil setiap pilihan dapat dilihat pada **Tabel III.6**

Tabel III.11 Skala Penilaian Skor

No	Jawaban	Skor
1.	Sangat Tidak Setuju	1
2.	Tidak Setuju	2
3.	Netral	3
4.	Setuju	4
5.	Sangat Setuju	5

Proses pengumpulan data kuesioner dilanjutkan dengan perhitungan nilai skor *System Usability Scale* (SUS). Skor yang diperoleh dikonversi ke dalam bentuk nilai SUS. Berikut merupakan langkah-langkah konversi skor dengan skala SUS yaitu (A. Saputra, 2019) :

- Pernyataan ganjil, yaitu: 1, 3, 5, 7, dan 9 skor yang diberikan oleh responden dikurangi dengan 1. Rumus pernyataan ganjil seperti pada persamaan (3).

$$Skor\ SUS\ ganjil = \sum(Px - 1) \quad (2)$$

Dimana Px adalah jumlah pertanyaan ganjil.

- Pernyataan genap, yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 skor yang diberikan oleh responden digunakan untuk mengurangi 5. Rumus pernyataan genap seperti pada persamaan (4).

$$Skor\ SUS\ genap = \sum(5 - Pn) \quad (3)$$

Dimana Pn adalah jumlah pertanyaan genap.

- c. Hasil dari konversi selanjutnya dilakukan penjumlahan dan dikalikan dengan 2,5 agar mendapatkan rentang nilai antara 0-100. Rumus total skor seperti pada persamaan (5).

$$Total = (\sum Skor Ganjil - \sum Skor Genap) \times 2,5 \quad (4)$$

Skor total responden dibagi jumlah responden untuk memperoleh nilai rata-rata. Rumus yang digunakan untuk menghitung sesuai dengan persamaan (6) (Maulia et al., 2024) :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (5)$$

\bar{x} = Skor rata-rata

$\sum x$ = Jumlah Skor SUS

n = Jumlah Responden

Penilaian hasil usability dilakukan menggunakan skor persentil *System Usability Scale* (SUS) yang diklasifikasikan ke dalam lima tingkatan yaitu A hingga E (Saputra, 2019). Kategori skor *System Usability Scale* (SUS) tersebut disajikan pada **Tabel III.7**

III.7

Tabel III.12 *System Usability Scale* (SUS) *Score Percentile Rank* (Saputra, 2019).

No	Nilai	Skor
1	A (Sangat Baik)	>80,3
2	B (Baik)	75 - 80,3
3	C (Cukup)	69 - 74
4	D (Buruk)	51 - 68
5	E (Sangat Buruk)	<51

III.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data didasarkan pada fakta di lapangan. Adapun teknik yang digunakan meliputi :

III.5.1 Observasi

Peneliti menggunakan teknik observasi dengan tujuan mengamati

secara langsung kinerja dari alat yang dirancang oleh peneliti. Baik dari pembacaan sensor suhu (°C) dan kelembaban (%), pesan yang terkirim melalui chatbot maupun tampilan LCD.

III.5.2 Dokumentasi

Teknik dokumentasi juga digunakan sebagai bukti autentik dalam setiap tahapan penelitian baik gambar maupun dokumen tertulis.

III.5.3 Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan memanaskan tabung simulasi tangki udara pada suhu 30 °C dan 50 °C untuk mensimulasikan kondisi operasional kendaraan.

III.6 Analisis Data

Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban relatif udara dalam tangki melalui dua pendekatan yaitu berdasarkan perbedaan waktu pengamatan (pagi, siang, sore, malam) dan berdasarkan variasi suhu tangki (30 °C dan 50 °C) untuk mensimulasikan kendaraan saat posisi idle dan beroperasi (He et al., 2011). Sesi pengamatan berlangsung selama 90 menit untuk memperoleh gambaran perubahan suhu dan kelembaban terhadap kondisi lingkungan maupun perlakuan pemanasan.

Data suhu dan kelembaban yang diperoleh digunakan untuk menghitung estimasi massa uap air dalam tangki berkapasitas 0,019 m³ (19 L). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan psikrometri sebagai berikut:

$$\text{Massa Uap Air (Gram)} : \rho_{sat}(T) \times \left(\frac{RH}{100}\right) \times V \quad (6)$$

Keterangan :

$\rho_{sat}(T)$: massa jenis uap air jenuh pada suhu T (gram/m³)

RH : kelembaban relatif (%)

V : volume ruang (m³)

Tabel III.13 Tabel Tekanan Uap Jenuh dan Massa Jenis Uap Air terhadap Suhu
(Toolbox, 2024)

Temperature		Saturation Pressure				Density	
(°C)	(°F)	(Pa)	(mmHg)	(psia)	(inHg)	(kg/m ³)	10 ⁻³ (lb/ft ³)
0	32	603	4.6	0.09	0.18	0.005	0.30
10	50	1212	9.2	0.18	0.36	0.009	0.59
20	68	2310	17.4	0.33	0.68	0.017	1.08
30	86	4195	31.7	0.61	1.24	0.030	1.90
40	104	7297	55.1	1.06	2.15	0.051	3.20
50	122	12210	92.2	1.8	3.60	0.083	5.19
60	140	19724	149	2.9	5.82	0.13	8.13
70	158	30866	233	4.5	9.11	0.20	12.3
80	176	46925	354	6.8	13.8	0.29	18.2
90	194	69485	525	10.1	20.5	0.42	26.3
100	212	100446	758	14.6	29.6	0.59	36.9
120	248	196849	1486	28.6	58.1	1.10	68.7
140	284	358137	2704	51.9	105.7	1.91	119
160	320	611728	4619	88.7	180.5	3.11	194
180	356	990022	7475	144	292.1	4.80	300
200	392	1529627	11549	222	451.2	7.11	444

Tabel III.14 Form Percobaan pada Pagi Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit ke	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1.	Pagi (04.00)	5		
		10		
		15		
		20		
		25		
		...		
		90		
		Rata-Rata		
		Estimasi Massa Uap Air (gram)		

Tabel III.15 Form Percobaan pada Siang Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit ke	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
2.	Siang (13.00)	5		
		10		
		15		

20
25
...
90
Rata- Rata
Estimasi Massa Uap Air (gram)

Tabel III.16 Form Percobaan pada Sore Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit ke	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
3.	Sore (16.00)	5		
		10		
		15		
		20		
		25		
		...		
		90		
		Rata- Rata		
		Estimasi Massa Uap Air (gram)		

Tabel III.17 Form Percobaan pada Malam Hari

No	Waktu Pengamatan	Menit ke	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
4.	Malam (19.00)	5		
		10		
		15		
		20		
		25		
		...		
		90		
		Rata- rata		
		Estimasi Massa Uap Air (gram)		

Tabel III.18 Form Percobaan pada Suhu 30 °C dan 50 °C

No	Menit ke	35 °C		50 °C	
		Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	5				

2	10
3	15
4	20
5	25
	...
18	90
	Rata-rata
	Estimasi Massa Uap Air (gram)

III.7 Perancangan Alat

Perancangan alat monitoring kelembaban udara pada tangki udara dilakukan secara terstruktur dengan memanfaatkan perangkat lunak Autodesk 360 sebagai media desain 3D. Perancangan bertujuan untuk menghasilkan visualisasi fisik dan struktur mekanik dari alat yang akan dibangun, sehingga memudahkan dalam proses perakitan serta memastikan kesesuaian antar komponen. Desain perancangan alat bisa dilihat pada **Gambar III.8**.



Gambar III.4 Desain Perancangan Alat