

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT

5.1 Pengujian dan Analisis Alat

Pengujian dan analisis alat dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pengharum ruangan adaptif yang telah dirancang. Pengujian ini meliputi kerja RTC sebagai acuan waktu operasi, pembacaan sensor MQ-135 terhadap perubahan kondisi udara ruangan, proses penyemprotan berdasarkan nilai ambang batas, tampilan data pada OLED, serta penyimpanan data ke *Google Spreadsheet*. Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah alat telah bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang.

5.2 Prosedur dan Tempat Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pengharum ruangan adaptif pada kondisi penggunaan sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan menjalankan alat sesuai dengan cara kerja yang telah dirancang, mulai dari pembacaan waktu, pembacaan sensor MQ-135, proses penyemprotan, hingga penyimpanan data hasil kerja sistem.

Pengujian dilaksanakan pada salah satu ruangan di rumah yang digunakan untuk kegiatan ibadah. Pengambilan data dilakukan selama satu hari pada lima waktu sholat, yaitu Subuh, Dzuhur, Ashar, Maghrib, dan Isya'. Pada setiap waktu sholat, sistem bekerja selama 15 menit dan nilai sensor MQ-135 dicatat setiap 1 menit, sehingga diperoleh 15 data pembacaan pada setiap waktu operasi. Selama pengujian, data hasil kerja sistem dikirim dan disimpan secara otomatis pada *Google Spreadsheet* untuk digunakan sebagai bahan pengujian dan analisis.

5.3 Pengujian dan Analisis RTC, Jadwal Sholat, dan Waktu Operasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah RTC dan jadwal sholat dapat digunakan sebagai acuan waktu kerja sistem. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk melihat apakah alat dapat mulai bekerja pada waktu sholat dan tetap aktif selama 15 menit sesuai rancangan. Pada sistem yang dibuat, jadwal sholat

diperbarui melalui koneksi internet pada pukul 00.00 WIB, kemudian waktu operasi alat mengikuti data jadwal sholat yang telah tersimpan pada sistem.

Tabel 5- 1 Hasil Pengujian RTC dan Waktu Operasi Sistem

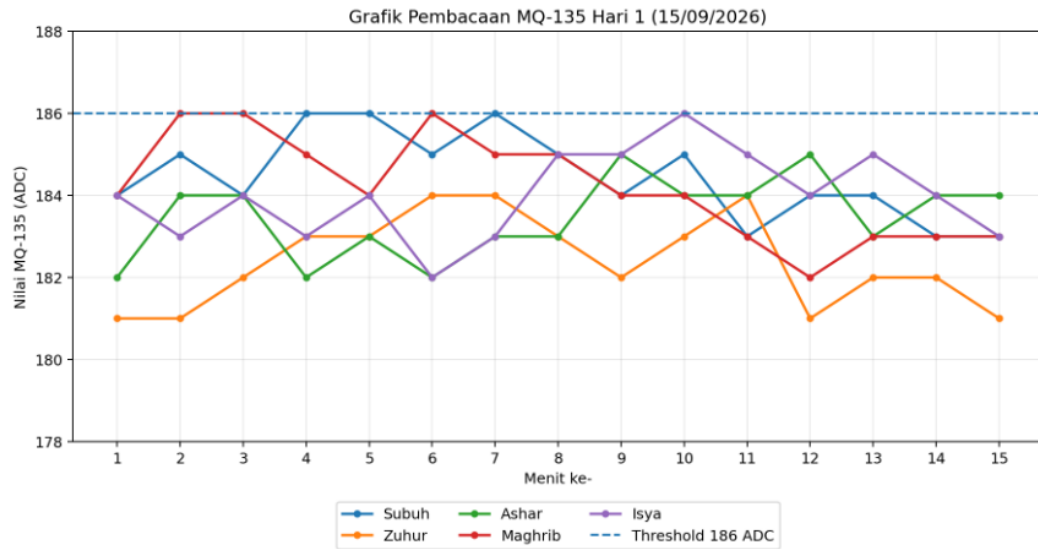
Waktu Sholat	Jadwal Sholat Tersimpan	Waktu Sistem Mulai	Waktu Sistem Selesai	Lama Operasi	Hasil
Subuh	04.13 WIB	04.13 WIB	04.28 WIB	15 menit	Sesuai
Dzuhur	11.32 WIB	11.32 WIB	11.47 WIB	15 menit	Sesuai
Ashar	14.45 WIB	14.45 WIB	15.00 WIB	15 menit	Sesuai
Maghrib	17.35 WIB	17.35 WIB	17.50 WIB	15 menit	Sesuai
Isya'	18.44 WIB	18.44 WIB	18.59 WIB	15 menit	Sesuai

Berdasarkan Tabel 5-1, RTC dapat digunakan dengan baik sebagai acuan waktu kerja sistem. Alat mulai bekerja tepat pada waktu sholat dan tetap aktif selama 15 menit pada setiap waktu operasi. Setelah waktu operasi selesai, sistem kembali ke mode *deep sleep* untuk menunggu waktu sholat berikutnya. Hasil ini menunjukkan bahwa RTC, jadwal sholat, dan waktu operasi sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan.

5.4 Penentuan Nilai Ambang Batas MQ-135

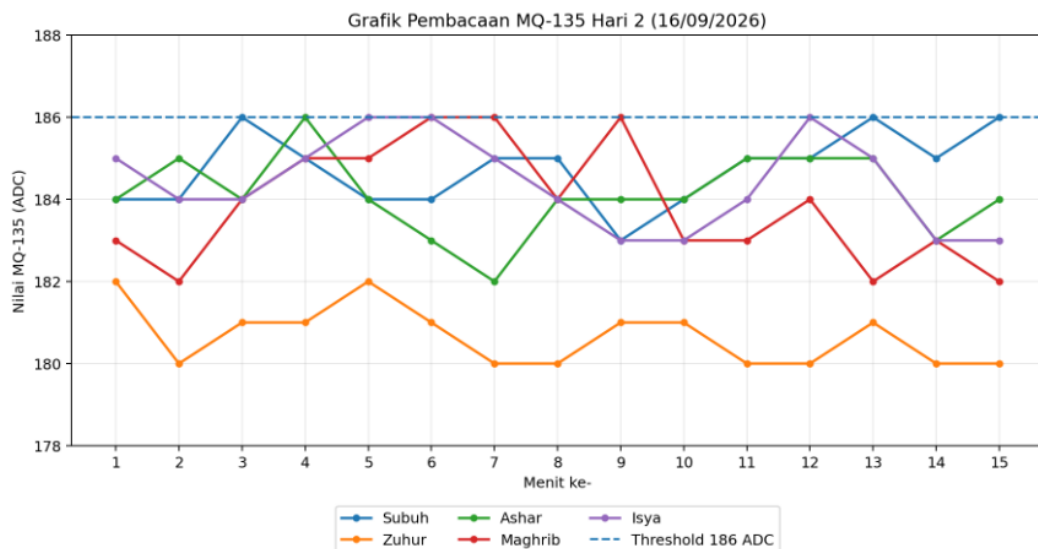
Penentuan nilai ambang batas sensor MQ-135 dilakukan berdasarkan hasil pembacaan sensor selama tiga hari pada lokasi pengujian. Pengambilan data dilakukan pada lima waktu sholat, yaitu Subuh, Dzuhur, Ashar, Maghrib, dan Isya'. Pada setiap waktu sholat dilakukan 15 kali pencatatan nilai MQ-135, sehingga diperoleh 75 data dalam satu hari dan total 225 data selama tiga hari.

Pada tahap penentuan nilai ambang batas, fungsi penyemprotan tidak diaktifkan agar hasil pembacaan MQ-135 tidak dipengaruhi oleh proses penyemprotan pengharum. Data hasil pembacaan kemudian digunakan untuk melihat kestabilan nilai sensor selama tiga hari dan sebagai dasar dalam menentukan nilai ambang batas sistem.



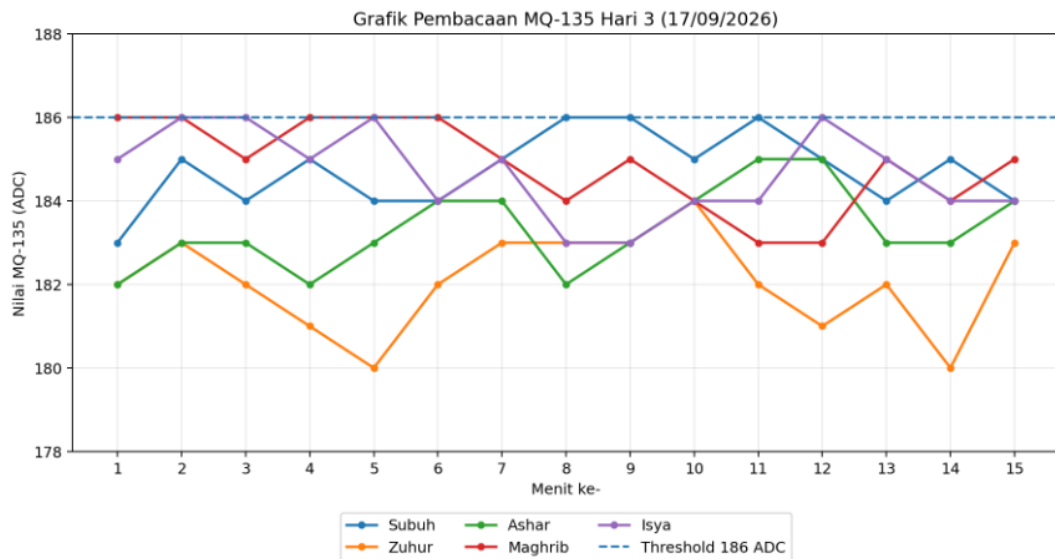
Gambar 5. 1 Grafik Pembacaan MQ-135 Hari Ke-1

Berdasarkan Gambar 5.1, nilai pembacaan MQ-135 pada hari pertama berada pada rentang 181–186 ADC dengan nilai rata-rata sebesar 183,71 ADC. Nilai pembacaan selama lima waktu sholat berada pada kisaran yang relatif berdekatan sehingga menunjukkan pembacaan sensor yang relatif stabil pada hari pertama.



Gambar 5. 2 Grafik Pembacaan MQ-135 Hari Ke-2

Berdasarkan Gambar 5.2, nilai pembacaan MQ-135 pada hari kedua berada pada rentang 180–186 ADC dengan nilai rata-rata sebesar 183,56 ADC. Nilai yang diperoleh masih berada pada kisaran yang hampir sama dengan hari pertama sehingga menunjukkan bahwa pembacaan sensor tetap relatif stabil.



Gambar 5. 3 Grafik Pembacaan MQ-135 Hari Ke-3

Berdasarkan Gambar 5.3, nilai pembacaan MQ-135 pada hari ketiga berada pada rentang 180–186 ADC dengan nilai rata-rata sebesar 183,93 ADC. Hasil tersebut masih berada pada kisaran yang sama dengan dua hari sebelumnya sehingga pembacaan sensor selama tiga hari dapat dikatakan relatif stabil.

Berdasarkan hasil pengujian selama tiga hari, nilai rata-rata pembacaan MQ-135 berada pada rentang 183,56–183,93 ADC. Nilai maksimum yang diperoleh selama pengujian adalah 186 ADC. Nilai 186 ADC dipilih sebagai nilai ambang batas karena merupakan batas atas pembacaan sensor yang masih muncul secara berulang selama pengujian. Nilai tersebut dipilih agar sistem hanya memberikan respons penyemprotan ketika pembacaan sensor telah mencapai bagian atas rentang hasil pengujian. Oleh karena itu, 186 ADC ditetapkan sebagai nilai ambang batas MQ-135 pada sistem.

Tabel 5- 2 Ketentuan Nilai Ambang Batas MQ-135

Nilai MQ-135 (ADC)	Kondisi Nilai Ambang	Respons Sistem
< 186	Tidak mencapai	Penyemprotan tidak aktif
≥ 186	Mencapai	Penyemprotan dapat aktif

Berdasarkan Tabel 5-2, nilai MQ-135 di bawah 186 ADC dinyatakan tidak mencapai nilai ambang sehingga penyemprotan tidak dilakukan. Apabila nilai MQ-135 mencapai atau melebihi 186 ADC, syarat nilai ambang telah terpenuhi dan penyemprotan dapat dilakukan selama sistem tidak berada dalam kondisi *cooldown*.

5.5 Pengujian dan Analisis Sensor MQ-135

Pada penelitian ini, nilai pembacaan sensor MQ-135 merupakan hasil konversi tegangan keluaran analog sensor menjadi data digital melalui proses *Analog to Digital Converter* (ADC) pada ESP32-S2. Nilai tersebut menunjukkan respons elektrik sensor terhadap perubahan kandungan gas atau uap di sekitar sensor, bukan konsentrasi maupun identitas suatu jenis gas tertentu. Oleh karena itu, hasil pembacaan MQ-135 digunakan sebagai indikator perubahan respons sensor terhadap kondisi udara pada lokasi pengujian. Nilai ambang batas sebesar 186 ADC ditetapkan berdasarkan hasil pengambilan data selama tiga hari dan digunakan sebagai acuan dalam proses pengambilan keputusan sistem. Ketika nilai pembacaan mencapai atau melebihi 186 ADC, sistem menganggap bahwa respons sensor telah memenuhi kriteria penyemprotan yang ditentukan dalam penelitian, dengan tetap mempertimbangkan waktu operasi dan kondisi *cooldown*.

Pengujian sensor MQ-135 dilakukan untuk mengetahui respons sistem terhadap perubahan nilai pembacaan sensor selama waktu operasi. Pengujian dilakukan selama satu hari pada lima waktu sholat, yaitu Subuh, Dzuhur, Ashar, Maghrib, dan Isya'. Pada setiap waktu sholat, sistem bekerja selama 15 menit dan nilai MQ-135 dicatat setiap 1 menit, sehingga diperoleh 15 data pada setiap waktu operasi. Nilai yang dicatat merupakan hasil pembacaan sensor yang telah dirata-ratakan selama 1 menit. Setiap nilai kemudian dibandingkan dengan nilai ambang batas sebesar 186 ADC. Nilai yang mencapai atau melebihi 186 ADC dinyatakan

Mencapai, sedangkan nilai di bawah 186 ADC dinyatakan Tidak Mencapai. Penyemprotan dapat dilakukan apabila nilai sensor mencapai nilai ambang dan sistem tidak berada dalam kondisi *cooldown*. Setelah penyemprotan dilakukan, sistem menerapkan *cooldown* selama 5 menit sebelum penyemprotan berikutnya dapat dilakukan. Hasil pengujian sensor MQ-135 ditunjukkan pada Tabel 5-3.

Tabel 5- 3 Hasil Pengujian Sensor MQ-135

SUBUH			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
04.13	1	182	Tidak aktif
04.14	2	187	Aktif*
04.15	3	192	Tidak aktif
04.16	4	190	Tidak aktif
04.17	5	185	Tidak aktif
04.18	6	186	Tidak aktif
04.19	7	186	Tidak aktif
04.20	8	185	Tidak aktif
04.21	9	189	Aktif*
04.22	10	206	Tidak aktif
04.23	11	197	Tidak aktif
04.24	12	191	Tidak aktif
04.25	13	192	Tidak aktif
04.26	14	191	Tidak aktif
04.27	15	188	Aktif*
Jumlah Penyemprotan			3 kali
DZUHUR			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
11.32	1	180	Tidak aktif
11.33	2	185	Tidak aktif

DZUHUR			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
11.34	3	180	Tidak aktif
11.35	4	183	Tidak aktif
11.36	5	179	Tidak aktif
11.37	6	182	Tidak aktif
11.38	7	185	Tidak aktif
11.39	8	179	Tidak aktif
11.40	9	187	Aktif*
11.41	10	254	Tidak aktif
11.42	11	212	Tidak aktif
11.43	12	205	Tidak aktif
11.44	13	196	Tidak aktif
11.45	14	195	Tidak aktif
11.46	15	190	Aktif*
Jumlah Penyemprotan			2 kali
ASHAR			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
14.45	1	185	Tidak aktif
14.46	2	183	Tidak aktif
14.47	3	182	Tidak aktif
14.48	4	182	Tidak aktif
14.49	5	182	Tidak aktif
14.50	6	184	Tidak aktif
14.51	7	186	Aktif*
14.52	8	209	Tidak aktif
14.53	9	212	Tidak aktif
14.54	10	203	Tidak aktif
14.55	11	196	Tidak aktif

ASHAR			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
14.56	12	200	Tidak aktif
14.57	13	200	Aktif*
14.58	14	242	Tidak aktif
14.59	15	215	Tidak aktif
Jumlah Penyemprotan			2 kali
MAGHRIB			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
17.35	1	190	Aktif*
17.36	2	211	Tidak aktif
17.37	3	206	Tidak aktif
17.38	4	198	Tidak aktif
17.39	5	195	Tidak aktif
17.40	6	192	Tidak aktif
17.41	7	194	Aktif*
17.42	8	202	Tidak aktif
17.43	9	203	Tidak aktif
17.44	10	199	Tidak aktif
17.45	11	191	Tidak aktif
17.46	12	193	Tidak aktif
17.47	13	192	Aktif*
17.48	14	221	Tidak aktif
17.49	15	209	Tidak aktif
Jumlah Penyemprotan			3 kali
ISYA'			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
18.44	1	191	Aktif*

ISYA'			
Waktu	Menit Ke-	MQ-135 (ADC)	Spray
18.45	2	201	Tidak aktif
18.46	3	196	Tidak aktif
18.47	4	195	Tidak aktif
18.48	5	195	Tidak aktif
18.49	6	195	Tidak aktif
18.50	7	190	Aktif*
18.51	8	212	Tidak aktif
18.52	9	202	Tidak aktif
18.53	10	199	Tidak Aktif
18.54	11	195	Tidak Aktif
18.55	12	191	Tidak Aktif
18.56	13	193	Aktif*
18.57	14	203	Tidak Aktif
18.58	15	202	Tidak Aktif
Jumlah Penyemprotan			3 kali

Berdasarkan Tabel 5-3, selama lima waktu sholat diperoleh 75 data pembacaan sensor MQ-135. Dari jumlah tersebut terdapat 58 pembacaan yang mencapai atau melebihi nilai ambang 186 ADC. Jumlah pembacaan yang mencapai nilai ambang terdiri dari 12 kali pada Subuh, 7 kali pada Dzuhur, 9 kali pada Ashar, serta masing-masing 15 kali pada Maghrib dan Isya'. Meskipun jumlah pembacaan yang mencapai nilai ambang cukup banyak, sistem hanya melakukan penyemprotan sebanyak 13 kali dalam satu hari, yaitu 3 kali pada Subuh, 2 kali pada Dzuhur, 2 kali pada Ashar, 3 kali pada Maghrib, dan 3 kali pada Isya'.

Perbedaan antara jumlah pembacaan yang mencapai nilai ambang dengan jumlah penyemprotan terjadi karena sistem menerapkan *cooldown* selama 5 menit setelah setiap proses penyemprotan. Selama *cooldown* masih aktif, motor tidak melakukan penyemprotan kembali meskipun nilai MQ-135 masih berada pada atau

di atas 186 ADC. Setelah waktu *cooldown* selesai, penyemprotan dapat dilakukan kembali apabila nilai sensor masih memenuhi nilai ambang. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai MQ-135 dan kondisi *cooldown* bekerja secara bersamaan dalam menentukan proses penyemprotan. Nilai sensor digunakan sebagai syarat awal penyemprotan, sedangkan *cooldown* membatasi penyemprotan agar tidak terjadi secara berulang dalam waktu yang terlalu dekat. Dengan demikian, sistem dapat merespons perubahan nilai MQ-135 tanpa menyebabkan motor pengharum bekerja terus-menerus.

5.6 Pengujian dan Analisis Sistem Penyemprotan dan Tampilan OLED

Pengujian sistem penyemprotan dan tampilan OLED dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara kondisi kerja sistem dengan informasi yang ditampilkan pada OLED. Pengujian dilakukan pada kondisi *standby*, *spray*, dan *cooldown*. Saat nilai MQ-135 memenuhi nilai ambang dan sistem tidak berada dalam kondisi *cooldown*, motor pengharum melakukan penyemprotan dan status pada OLED berubah menjadi *spray*. Setelah penyemprotan selesai, sistem masuk ke kondisi *cooldown* selama 5 menit sebelum dapat melakukan penyemprotan kembali. Hasil pengujian sistem penyemprotan dan tampilan OLED ditunjukkan pada Tabel 5-4.

Tabel 5- 4 Hasil Pengujian Sistem Penyemprotan dan Tampilan OLED

Gambar	Kondisi
	OLED menampilkan jenis sholat, waktu, nilai MQ-135, dan status <i>Standby</i>. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem belum melakukan penyemprotan karena nilai sensor belum memenuhi syarat atau sistem masih menunggu kondisi penyemprotan.

Gambar	Kondisi
	OLED menampilkan jenis sholat, waktu, nilai MQ-135, dan status <i>Spray</i> saat motor pengharum melakukan penyemprotan. Kondisi ini terjadi ketika nilai MQ-135 mencapai nilai ambang dan sistem tidak berada dalam kondisi <i>cooldown</i>.
	OLED menampilkan jenis sholat, waktu, nilai MQ-135, dan status <i>Cooldown</i> setelah proses penyemprotan selesai. Pada kondisi ini, sistem menahan penyemprotan berikutnya selama 5 menit agar motor tidak bekerja berulang dalam waktu yang terlalu dekat.

Berdasarkan Tabel 5-4, perubahan status pada OLED sesuai dengan kondisi kerja sistem. Saat belum terjadi penyemprotan, OLED menampilkan status *Standby*. Ketika nilai MQ-135 mencapai nilai ambang, status berubah menjadi *Spray*. Setelah penyemprotan selesai, sistem masuk ke kondisi *Cooldown* selama 5 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tampilan OLED dapat memberikan informasi kondisi sistem secara langsung dan sesuai dengan proses penyemprotan.

5.7 Pengujian dan Analisis Pengiriman Data ke Google Spreadsheet

Pengujian pengiriman data ke Google *Spreadsheet* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengirimkan dan menyimpan data hasil kerja alat melalui jaringan internet. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dari sistem dapat dikirim dengan baik menggunakan

koneksi WiFi pada ESP32-S2 dan tersimpan secara otomatis pada Google *Spreadsheet* sebagai media pencatatan hasil pengujian. Data yang dikirim meliputi tanggal jadwal, waktu pengiriman, jadwal lima waktu sholat, nilai pembacaan sensor MQ-135, jumlah penyemprotan, serta persentase baterai.

Pada setiap waktu sholat, sistem melakukan pembacaan MQ-135 selama 15 menit dengan interval pengambilan data setiap 1 menit. Data hasil pembacaan kemudian dikirim ke Google *Spreadsheet* melalui koneksi internet menggunakan Google Apps Script. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah seluruh data dapat tersimpan dengan lengkap dan berurutan sesuai waktu pengoperasian sistem. Tampilan hasil pengiriman data pada Google *Spreadsheet* ditunjukkan pada Gambar 5.4.

JAY_TA

File Edit Tampilan Stijikan Format Data Alat Ekstensi Bantuan

🔍 Menu

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

🔍

Gambar 5. 4 Tampilan Hasil Pengiriman Data pada Google Spreadsheet

Berdasarkan Gambar 5.4, Google *Spreadsheet* dapat menerima dan menampilkan data yang dikirim oleh ESP32-S2 melalui jaringan internet. Data yang tersimpan meliputi tanggal jadwal, waktu pengiriman, jadwal sholat, nilai pembacaan MQ-135 selama waktu operasi, jumlah penyemprotan, dan persentase baterai. Data pada masing-masing waktu sholat tersimpan secara berurutan sehingga dapat digunakan untuk mempermudah pencatatan dan analisis hasil pengujian. Berdasarkan hasil pengujian, proses pengiriman data dari ESP32-S2 ke

Google *Spreadsheet* dapat berjalan dengan baik dan data yang dikirim dapat tersimpan sesuai dengan hasil pembacaan alat. Google *Spreadsheet* pada sistem ini hanya digunakan sebagai media penyimpanan dan pemantauan data.

5.8 Pengujian dan Analisis Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah setiap bagian pada sistem pengharum ruangan adaptif dapat bekerja secara bersamaan sesuai dengan rancangan. Pengujian ini merupakan rangkuman dari beberapa pengujian sebelumnya, meliputi RTC dan jadwal sholat sebagai acuan waktu operasi, pembacaan sensor MQ-135, penerapan nilai ambang batas, sistem penyemprotan dan *cooldown*, tampilan OLED, serta pengiriman data ke Google *Spreadsheet*. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan alat sesuai dengan alur kerja sistem. Alat mulai bekerja berdasarkan jadwal sholat yang telah tersimpan, melakukan pembacaan sensor selama waktu operasi, menentukan kondisi penyemprotan berdasarkan nilai MQ-135 dan *cooldown*, serta menampilkan kondisi alat pada OLED. Data hasil pengujian juga dikirim ke Google *Spreadsheet* sebagai media pencatatan. Setelah waktu operasi selama 15 menit selesai, ESP32-S2 kembali masuk ke mode *deep sleep*. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 5-5.

Tabel 5- 5 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

No	Pengujian	Hasil	Keterangan
1.	RTC, jadwal sholat, dan waktu operasi	Sesuai	Sistem mulai bekerja berdasarkan jadwal sholat, aktif selama 15 menit, kemudian kembali ke mode <i>deep sleep</i> .
2.	Sensor MQ-135	Sesuai	Sensor dapat membaca perubahan nilai dan menghasilkan nilai ADC selama waktu operasi sistem.
3.	Nilai ambang batas	Sesuai	Nilai ≥ 186 ADC dinyatakan mencapai ambang batas keputusan sistem.

No	Pengujian	Hasil	Keterangan
4.	Sistem penyemprotan dan <i>cooldown</i>	Sesuai	Penyemprotan dapat dilakukan saat nilai MQ-135 mencapai nilai ambang dan <i>cooldown</i> tidak aktif. Setelah penyemprotan, <i>cooldown</i> aktif selama 5 menit.
5.	OLED 128×64	Sesuai	OLED dapat menampilkan jenis sholat, waktu, nilai MQ-135, dan status kerja sistem seperti <i>Standby</i> , <i>Spray</i> , dan <i>Cooldown</i> .
6.	Google <i>Spreadsheet</i>	Sesuai	Data hasil kerja alat dapat dikirim dan tersimpan pada Google <i>Spreadsheet</i> melalui koneksi internet.
7.	Mode <i>deep sleep</i>	Sesuai	ESP32-S2 kembali masuk ke mode <i>deep sleep</i> setelah waktu operasi selama 15 menit selesai.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5-5, seluruh bagian utama sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. RTC dapat digunakan sebagai acuan waktu berdasarkan jadwal sholat yang telah tersimpan, sedangkan sensor MQ-135 mampu memberikan perubahan nilai pembacaan selama sistem berada dalam waktu operasi. Informasi berupa jenis sholat, waktu, nilai pembacaan MQ-135, dan status *Standby*, *Spray*, dan *Cooldown* juga dapat ditampilkan pada OLED sehingga kondisi kerja alat dapat dilihat secara langsung oleh pengguna.

Selain itu, nilai ambang batas sebesar 186 dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan syarat penyemprotan. Motor DC akan aktif ketika nilai MQ-135 mencapai atau melebihi 186 dan sistem tidak sedang berada dalam kondisi *cooldown*. Setelah penyemprotan dilakukan, sistem memberikan waktu jeda selama 5 menit sebelum dapat melakukan penyemprotan kembali. Setelah waktu operasi selama 15 menit selesai, ESP32-S2 kembali masuk ke mode *deep sleep*.

5.9 Analisis Penggunaan Pengharum Ruangan

Analisis penggunaan pengharum ruangan dilakukan untuk membandingkan sistem adaptif dengan pengaturan bawaan Stella Matic berdasarkan jumlah penyemprotan, kebutuhan isi ulang, dan estimasi biaya selama satu tahun. Berdasarkan informasi pada kemasan Stella Matic, terdapat tiga pilihan waktu penyemprotan, yaitu 10 menit, 20 menit, dan 40 menit. Harga satu isi ulang Stella Matic yang digunakan dalam penelitian sebesar Rp45.000. Informasi pengaturan waktu dan perkiraan lama penggunaan berdasarkan kemasan ditunjukkan pada Tabel 5-6.

Tabel 5- 6 Informasi Pengaturan Waktu Stella Matic

Pengaturan Waktu	Perkiraan Lama Penggunaan
10 menit	15 hari
20 menit	30 hari
40 menit	60 hari

Dengan asumsi Stella Matic bekerja selama 24 jam, pengaturan 10 menit menghasilkan sekitar 144 kali penyemprotan per hari, pengaturan 20 menit sebanyak 72 kali per hari, dan pengaturan 40 menit sebanyak 36 kali per hari. Berdasarkan informasi lama penggunaan pada kemasan, ketiga pengaturan tersebut menunjukkan perkiraan total sekitar 2.160 kali penyemprotan dalam satu periode penggunaan. Sementara itu, berdasarkan hasil pengujian sistem adaptif, penyemprotan terjadi sebanyak 13 kali dalam satu hari.

Dengan dasar tersebut, perkiraan lama penggunaan sistem adaptif adalah sekitar:

$$\frac{2160}{13} = 166 \text{ hari}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, sistem adaptif diperkirakan memiliki lama penggunaan sekitar 166 hari pada pola penyemprotan hasil

pengujian. Selanjutnya, perbandingan penggunaan dilakukan dalam periode satu tahun atau 365 hari agar sistem adaptif dan ketiga pengaturan Stella Matic dapat dibandingkan pada periode yang sama. Jumlah penyemprotan selama satu tahun dihitung dengan mengalikan jumlah penyemprotan per hari dengan 365 hari. Kebutuhan isi ulang selama satu tahun dihitung berdasarkan perkiraan lama penggunaan masing-masing sistem. Hasil kebutuhan isi ulang dibulatkan ke atas karena kebutuhan isi ulang dihitung dalam jumlah penuh. Estimasi biaya tahunan kemudian diperoleh dengan mengalikan kebutuhan isi ulang dengan harga satu isi ulang sebesar Rp45.000.

Tabel 5- 7 Perbandingan Penggunaan Pengharum Ruangan Selama Satu Tahun

Sistem	Penyemprotan per Hari	Penyemprotan per Tahun	Kebutuhan Isi Ulang per Tahun	Estimasi Biaya per Tahun
Stella Matic 10 menit	144 kali	52.560 kali	25 kali	Rp1.125.000
Stella Matic 20 menit	72 kali	26.280 kali	13 kali	Rp585.000
Stella Matic 40 menit	36 kali	13.140 kali	7 kali	Rp315.000
Sistem adaptif	13 kali	4.745 kali	3 kali	Rp135.000

Berdasarkan Tabel 5-7, sistem adaptif menghasilkan sekitar 4.745 kali penyemprotan dalam satu tahun dengan kebutuhan sekitar 3 kali isi ulang dan estimasi biaya sebesar Rp135.000 per tahun. Sementara itu, Stella Matic membutuhkan sekitar 25 kali isi ulang pada pengaturan 10 menit, 13 kali isi ulang pada pengaturan 20 menit, dan 7 kali isi ulang pada pengaturan 40 menit. Jika dibandingkan dengan Stella Matic pengaturan 10 menit, sistem adaptif menghasilkan selisih biaya sebesar Rp990.000 per tahun. Pada pengaturan 20 menit, selisih biaya sebesar Rp450.000 per tahun, sedangkan pada pengaturan 40 menit sebesar Rp180.000 per tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem adaptif memiliki kebutuhan isi ulang dan estimasi biaya tahunan yang lebih rendah.

Selain perbandingan penggunaan selama satu tahun, dilakukan perhitungan *Break Even Point* (BEP) berdasarkan waktu pengembalian biaya investasi. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui perkiraan waktu yang diperlukan agar biaya pembuatan sistem adaptif dapat tertutupi oleh penghematan biaya penggunaan pengharum ruangan. Total biaya pembuatan sistem adaptif pada penelitian ini sebesar Rp250.000.

Perhitungan BEP dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$BEP \text{ (bulan)} = \frac{\text{Biaya Pembuatan Sistem}}{\text{Penghematan Biaya per Tahun}} \times 12$$

BEP terhadap Stella Matic pengaturan 10 menit dihitung sebagai berikut:

$$BEP = \frac{250.000}{990.000} \times 12 \approx 3 \text{ Bulan}$$

BEP terhadap Stella Matic pengaturan 20 menit dihitung sebagai berikut:

$$BEP = \frac{250.000}{450.000} \times 12 \approx 7 \text{ Bulan}$$

BEP terhadap Stella Matic pengaturan 40 menit dihitung sebagai berikut:

$$BEP = \frac{250.000}{180.000} \times 12 \approx 17 \text{ Bulan}$$

Tabel 5- 8 Hasil Perhitungan BEP Sistem Adaptif

Perbandingan	Biaya Stella per Tahun	Biaya Sistem Adaptif per Tahun	Penghematan per Tahun	BEP
Stella Matic 10 menit	Rp1.125.000	Rp135.000	Rp990.000	3 bulan
Stella Matic 20 menit	Rp585.000	Rp135.000	Rp450.000	7 bulan
Stella Matic 40 menit	Rp315.000	Rp135.000	Rp180.000	17 bulan

Berdasarkan Tabel 5-8, biaya pembuatan sistem adaptif diperkirakan dapat tertutupi dalam waktu sekitar 3 bulan jika dibandingkan dengan Stella Matic pengaturan 10 menit, sekitar 7 bulan pada pengaturan 20 menit, dan sekitar 17 bulan pada pengaturan 40 menit. Perbedaan waktu BEP terjadi karena masing-masing pengaturan Stella Matic memiliki estimasi biaya penggunaan tahunan yang berbeda. Semakin besar penghematan biaya yang diperoleh dari penggunaan sistem adaptif, semakin singkat waktu yang diperlukan untuk mengembalikan biaya investasi pembuatan sistem.

Dengan demikian, berdasarkan estimasi penggunaan selama satu tahun, sistem adaptif menghasilkan jumlah penyemprotan dan kebutuhan isi ulang yang lebih rendah dibandingkan ketiga pengaturan bawaan Stella Matic. Selain itu, biaya pembuatan sistem adaptif sebesar Rp250.000 diperkirakan dapat kembali melalui penghematan biaya penggunaan dalam waktu sekitar 3 hingga 17 bulan, tergantung pada pengaturan Stella Matic yang digunakan sebagai pembanding.