

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

5.1 IMPEMETASI SISTEM IOT

Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak ke dalam satu sistem IoT yang saling terhubung. Pada sisi perangkat keras, sistem terdiri dari sensor DHT22, sensor PH-4502C, aktuator (heater PTC, peltier TEC1, mist maker, fan intake, fan exhaust), relay, buzzer, dan mikrokontroler ESP32. Seluruh komponen ini dirangkai dan ditempatkan dalam box fermentasi sebagai satu unit sistem fisik.

Pada sisi perangkat lunak, ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE untuk melakukan pembacaan sensor, pengolahan data, kontrol aktuator, serta pengiriman data ke Firebase Realtime Database melalui jaringan WiFi. Data yang dikirimkan ke cloud kemudian disimpan dan disinkronkan secara real time.

Sebagai antarmuka pengguna, web dashboard diimplementasikan menggunakan Firebase Hosting dan Firebase Realtime Database sebagai backend. Dashboard ini berfungsi untuk menampilkan data suhu, kelembapan, pH, grafik histori monitoring, serta status kondisi dadih secara real time. Dengan implementasi ini, sistem dapat dipantau dari jarak jauh melalui jaringan internet, yang merupakan karakteristik utama dari sistem berbasis IoT.

5.2 PENGUJIAN MONITORING IOT

Pengujian monitoring dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu membaca data sensor, mengirimkan data melalui jaringan internet, menyimpannya di cloud, dan menampilkannya pada web dashboard secara real time.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Monitoring IoT

No	Parameter	Sensor	Firebase	Dashboard	Status
1	Suhu	Terbaca	Terkirim	Tampil	Berhasil
2	Kelembapan	Terbaca	Terkirim	Tampil	Berhasil
3	pH	Terbaca	Terkirim	Tampil	Berhasil
4	Grafik Histori	-	Tersimpan	Tampil	Berhasil
5	Status Dadiah	Terbaca	Terkirim	Tampil	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 5.1, sistem monitoring IoT yang dibangun telah berfungsi secara optimal dan terintegrasi dengan baik. Sensor suhu, kelembapan, dan pH mampu membaca kondisi lingkungan fermentasi dadiah secara akurat dan konsisten, kemudian data tersebut berhasil dikirimkan ke Firebase Realtime Database tanpa gangguan komunikasi. Data yang tersimpan di cloud selanjutnya dapat ditampilkan secara real-time pada web dashboard dalam bentuk nilai numerik dan visualisasi grafik histori, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan kondisi fermentasi secara kontinu.

5.3 PENGUJIAN SENSOR SUHU DAN KELEMBAPAN (DHT22)

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan kestabilan sensor dalam membaca suhu dan kelembapan lingkungan fermentasi. Sensor ini merupakan komponen utama dalam sistem karena data yang dihasilkan digunakan sebagai dasar pengendalian aktuator, seperti heater, peltier, mist maker, dan fan.

Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 dengan alat ukur referensi berupa termohigrometer digital. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi suhu dan kelembapan yang berbeda di dalam box fermentasi.

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Sensor DHT22

No	Suhu Aktual (°C)	Suhu Sensor (°C)	Error Suhu (°C)	Kelembapan Aktual (%RH)	Kelembapan Sensor (%RH)	Error Kelembapan (%RH)
1	29.5	29.1	0.4	72	70	2
2	31.0	30.6	0.4	75	74	1
3	33.2	32.8	0.4	80	78	2
4	35.1	34.7	0.4	82	81	1
5	36.8	36.3	0.5	85	84	1

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai rata-rata error suhu sebesar 0,42°C dan error kelembapan sebesar 1,4%RH. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki akurasi yang cukup baik dan sesuai untuk diterapkan dalam sistem monitoring fermentasi dadih.

5.4 PENGUJIAN SENSOR TINGKAT KEASAMAN (PH-4502C)

Sensor PH-4502C digunakan untuk memantau nilai pH dadih selama proses fermentasi berlangsung. Nilai pH merupakan indikator utama dalam menentukan tingkat kematangan dadih. Pada penelitian ini, dadih dikatakan ideal apabila berada pada rentang pH 4,0 hingga 4,6. Sementara itu, buzzer akan aktif jika nilai pH berada di bawah 4,0 sebagai tanda bahwa dadih telah mengalami fermentasi berlebih.

Pengujian sensor pH dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan larutan buffer standar dan sampel dadih hasil fermentasi.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Sensor pH

No	pH Aktual	pH Sensor	Selisih	Status Dadih	Buzzer
1	5.2	5.1	0.1	Belum Matang	OFF
2	4.7	4.6	0.1	Hampir Matang	OFF

3	4.4	4.4	0.0	Ideal	OFF
4	4.1	4.1	0.0	Ideal	OFF
5	3.9	3.8	0.1	Terlalu Matang	ON

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa sensor PH-4502C memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,06 pH, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor mampu memberikan pembacaan yang cukup akurat untuk menentukan status kematangan fermentasi dadih.

5.5 PENGUJIAN SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBAPAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah aktuator yang digunakan dapat bekerja sesuai dengan logika sistem dalam menjaga kondisi fermentasi. Aktuator utama yang diuji adalah heater PTC, peltier TEC1, mist maker, fan intake, dan fan exhaust.

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Sistem Kontrol

No	Suhu (°C)	Kelembapan (%RH)	Heater	Fan Intake	Peltier	Mist Maker	Fan Exhaust
1	27	65	ON	ON	OFF	ON	OFF
2	29	72	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
3	31	80	OFF	OFF	ON	OFF	OFF

4	35	88	OFF	OFF	ON	OFF	ON
5	38	82	OFF	OFF	ON	OFF	ON

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespon kondisi lingkungan secara otomatis. Heater aktif saat suhu rendah, peltier aktif saat suhu tinggi, serta mist maker dan fan exhaust bekerja untuk menjaga kelembapan.

5.6 PENGUJIAN KOMUNIKASI DATA DAN DASHBOARD

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap kecepatan sistem dalam mengirimkan data sensor dari ESP32 ke Firebase Realtime Database dan menampilkannya di web dashboard.

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Delay Sistem

No	Parameter	Waktu Kirim (ms)	Waktu Tampil (ms)	Delay (ms)
1	Suhu	120	220	100
2	Kelembapan	130	240	110
3	pH	150	280	130

Dari Tabel 5.5 rata-rata delay sistem adalah 113 ms, yang menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data secara real time dengan respons yang cepat.

5.7 IMPLEMENTASI TAMPILAN WEB DASHBOARD MONITORING



Gambar 5. 1 Tampilan Web Dashboard

Implementasi tampilan dashboard web monitoring merupakan bagian dari sistem monitoring dadih berbasis *Internet of Things* (IoT) yang berfungsi sebagai antarmuka antara perangkat keras dan pengguna. Dashboard ini dikembangkan menggunakan teknologi HTML serta terintegrasi dengan Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan dan pertukaran data secara real-time antara mikrokontroler ESP32 dan sistem web.

Dashboard menampilkan data hasil pembacaan sensor suhu, kelembapan, dan pH dalam bentuk visual dan numerik, sehingga kondisi lingkungan fermentasi dapat dipantau secara langsung melalui jaringan internet. Selain itu, dashboard juga

menampilkan status perangkat aktuator, meliputi heater PTC, fan intake, fan exhaust, mist maker, dan peltier TEC1, dalam bentuk indikator ON/OFF yang merepresentasikan kondisi kerja sistem secara real-time.

Fitur grafik histori monitoring digunakan untuk menampilkan perubahan data sensor berdasarkan waktu, sehingga memungkinkan pengguna melakukan analisis terhadap kestabilan suhu, kelembapan, dan pH selama proses fermentasi berlangsung. Selain itu, sistem juga menampilkan indikator kondisi dadih yang mengklasifikasikan status fermentasi menjadi beberapa kondisi, seperti belum matang, fermentasi ideal, dan terlalu matang (over fermentasi).

Dengan adanya dashboard ini, sistem monitoring dadih tidak hanya mampu melakukan pemantauan secara real-time, tetapi juga menyediakan visualisasi data dan informasi status sistem secara terintegrasi, sehingga mendukung proses monitoring, evaluasi, dan pengambilan keputusan berbasis data dalam proses fermentasi dadih.

5.8 ANALISIS SISTEM

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem yang dibangun telah memenuhi karakteristik sistem IoT, yaitu mampu melakukan akuisisi data sensor, komunikasi jaringan, penyimpanan data berbasis cloud, serta monitoring jarak jauh melalui web dashboard. Sistem tidak hanya bekerja sebagai alat kontrol otomatis, tetapi sebagai sistem terdistribusi berbasis internet yang dapat diakses secara real time.

Integrasi antara ESP32, Firebase Realtime Database, dan web dashboard membuktikan bahwa sistem ini mampu menjalankan fungsi monitoring dan kontrol secara jarak jauh, sinkron, dan terintegrasi. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat fermentasi otomatis, tetapi sebagai platform IoT fermentasi dadih yang aplikatif dan siap diterapkan pada skala UMKM.