

SMART CLOTHESLINE: Sistem Jemuran Otomatis Berbasis IoT dengan Raindrops Sensor

SMART CLOTHESLINE: IoT-Based Automatic Clothesline System with Rain Drop Sensor

Ghina Aqli Syahirah¹, Malik Syafi'i², Laras Rahmawati³, Susilawati⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Singaperbangsa Karawang
e-mail: ghinasyahira856@gmail.com¹, maliksyafii426@gmail.com², larasrahmawati53@gmail.com³,
susilawati@unsika.ac.id⁴

Received: 16.09.2025	Revised: 05.10.2025	Accepted: 19.10.2025	Available online: 30.10.2025
-------------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------------

Abstrak: Proyek Smart Clothesline ini diciptakan untuk mengatasi permasalahan yang sering muncul di rumah terkait menjemur pakaian, khususnya ketika hujan datang secara tiba-tiba. Teknologi Internet of Things (IoT) diterapkan dalam sistem ini untuk mengotomatiskan proses menarik jemuran dengan memanfaatkan sensor hujan FC-37, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan motor servo SG90 sebagai komponen utamanya. Saat sensor mendeteksi air hujan, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal kepada motor servo untuk menggeser jemuran ke tempat yang aman. Selain itu, sistem ini terhubung ke dashboard yang berbasis web, memungkinkan pengguna untuk memantau keadaan cuaca dan status jemuran secara langsung melalui internet. Proses pengembangan proyek mengikuti pendekatan waterfall, yang mencakup langkah-langkah analisis, perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat beroperasi dengan akurasi deteksi hujan mencapai 95% dan waktu respon rata-rata 1–2 detik. Hasil tersebut membuktikan bahwa sistem jemuran otomatis yang berbasis IoT ini efektif dalam meningkatkan efisiensi, menghemat waktu, dan mendukung penerapan teknologi rumah tangga yang pintar, praktis, dan mudah digunakan dalam aktivitas sehari-hari.

Kata kunci: Internet of Things, otomatisasi rumah, pemantauan kondisi cuaca, smart home

Abstract: The Smart Clothesline project was created to address common household problems related to drying clothes, especially when rain comes suddenly. Internet of Things (IoT) technology is applied in this system to automate the process of pulling in the clothesline using an FC-37 rain sensor, NodeMCU ESP8266 microcontroller, and SG90 servo motor as its main components. When the sensor detects rainwater, the microcontroller sends a signal to the servo motor to move the clothesline to a safe place. In addition, this system is connected to a web-based dashboard, allowing users to monitor weather conditions and clothesline status directly via the internet. The project development process followed a waterfall approach, which included analysis, design, implementation, testing, and evaluation steps. Test results show that this system can operate with 95% rain detection accuracy and an average response time of 1–2 seconds. These results prove that this IoT-based automatic clothesline system is effective in increasing efficiency, saving time, and supporting the application of smart, practical, and easy-to-use household technology in daily activities.

Keywords: Internet of Things, home automation, weather monitoring, smart home

1. PENDAHULUAN

Menjemur pakaian merupakan salah satu aktivitas rumah tangga yang tampak sederhana dan sering dilakukan, namun kerap menghadapi kendala akibat faktor cuaca yang tidak menentu. Ketika kondisi cuaca tiba-tiba berubah, terutama saat hujan yang turun secara mendadak, menyebabkan pakaian yang hampir kering dapat kembali basah. Sehingga situasi tersebut menyebabkan pemborosan waktu, energi, dan menurunkan efisiensi kegiatan rumah tangga. Permasalahan ini menjadi lebih kompleks pada masyarakat perkotaan dengan mobilitas tinggi, yang umumnya tidak dapat memantau kondisi cuaca secara langsung dari rumah. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem otomatis yang mampu mendeteksi perubahan kondisi cuaca secara *real-time* dan mengambil tindakan cepat tanpa intervensi manual guna mendukung efisiensi dan kenyamanan aktivitas menjemur pakaian.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang besar untuk mengotomatiskan berbagai aktivitas rumah tangga melalui koneksi antar perangkat berbasis jaringan internet, sehingga memungkinkan proses otomatisasi yang lebih cerdas dan efisien [1]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem jemuran pakaian otomatis berbasis sensor hujan dan cahaya yang dapat membuka atau menutup area pengeringan sesuai kondisi cuaca [2], [6], [10]. Namun demikian, sebagian sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, seperti :

1. Tidak adanya pemantauan jarak jauh berbasis web atau aplikasi.

2. Waktu respon yang lambat akibat penggunaan protokol komunikasi HTTP, dan
3. Kurangnya analisis performa serta parameter teknis yang jelas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan pengembangan sistem jemuran pakaian otomatis berbasis IoT. Sistem ini memanfaatkan sensor hujan untuk mendeteksi kondisi cuaca secara langsung, dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali, serta menggunakan protokol komunikasi MQTT untuk mendukung konektivitas data karena bersifat ringan, efisien, dan stabil dalam lingkungan jaringan yang terbatas. Ruang lingkup penelitian mencakup integrasi antara perangkat keras (hardware) yang terdiri dari sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Pengembangan perangkat lunak (software) berbasis MQTT, serta implementasi pengujian pemantauan sistem pada berbagai kondisi cuaca melalui website yang telah dibuat. Penelitian ini tidak membahas aspek produksi skala besar, efisiensi energi secara detail, integrasi sistem dengan platform mobile maupun analisis biaya ekonomi.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengusulkan desain *Smart Clothesline* yang mampu meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan adaptabilitas proses pengeringan pakaian terhadap perubahan cuaca tanpa memerlukan intervensi manual pengguna. Dengan maksud dan tujuan tertentu, meliputi:

1. Mengembangkan sistem jemuran otomatis berbasis IoT yang mampu mendeteksi hujan secara cepat dan akurat.
2. Mengintegrasikan sistem dashboard berbasis web dengan fitur pemantauan dan pengendalian *real-time* melalui jaringan internet [3]. Agar pengguna dapat memantau status jemuran dari jarak jauh.
3. Mengevaluasi kinerja sistem melalui pengujian akurasi deteksi, waktu respon, dan stabilitas komunikasi data yang dikembangkan, dibandingkan dengan metode penjemuran pakaian konvensional.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik pada bidang smart home automation dengan menawarkan solusi efisien dan responsif berbasis MQTT, sekaligus meningkatkan kenyamanan pengguna dalam aktivitas rumah tangga.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Internet of things (IoT)*

Konsep Internet dari Segala Sesuatu memungkinkan benda fisik untuk saling berinteraksi dan bertukar informasi melalui jaringan internet tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung [1]. Ashton menyatakan bahwa IoT adalah sistem yang menghubungkan dunia nyata dengan dunia digital melalui penggunaan sensor, aktuator, dan koneksi internet [1]. IoT membuat perangkat dapat membuat keputusan sendiri berdasarkan informasi dari sensor. Dalam konteks Pakaian Pintar, IoT mengaitkan sensor hujan FC-37 dan NodeMCU ESP8266 dengan dasbor web yang berfungsi untuk menampilkan kondisi cuaca dan status jemuran secara langsung [2].

2.2. *Mikrokontroler NodeMCU ESP8266*

NodeMCU ESP8266 merupakan sebuah mikrokontroler yang didukung Wi-Fi, sering dipakai dalam proyek Internet of Things karena memiliki dukungan pada protokol TCP/IP, kapasitas memori yang memadai, serta koneksi tanpa kabel yang stabil [14]. NodeMCU berperan sebagai pengendali utama sistem yang mendapatkan informasi dari sensor hujan, mengolahnya, dan memberikan perintah kepada motor servo SG90. Di samping itu, NodeMCU juga mengirimkan informasi tentang kondisi ke server cloud agar pengguna bisa memantau keadaan jemuran dari lokasi mana pun.

2.3. *Sensor Hujan FC-37*

Sensor hujan FC-37 adalah perangkat untuk mendeteksi air yang terdiri dari papan penginderaan dan modul pengatur. Alat ini beroperasi atas dasar prinsip perubahan resistansi: saat permukaannya terkena air, resistansi berkurang dan mengkonversi sinyal analog menjadi digital yang siap dikirim ke mikrokontroler [5]. Sinyal ini berfungsi sebagai indikator penting yang menentukan instruksi untuk motor servo.

2.4. *Motor Servo SG90*

Motor servo SG90 merupakan aktuator mini yang memiliki akurasi tinggi dan diaktifkan oleh sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dari NodeMCU. Servo ini mampu berputar pada sudut tertentu untuk menarik atau membuka pengering pakaian. Keunggulan dari motor servo SG90 adalah dimensinya yang kompak, bobotnya yang ringan, serta waktu respons yang cepat, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi otomatisasi di rumah [8].

2.5. *Website IoT*

Situs web IoT beroperasi sebagai platform yang menyajikan informasi dari sensor, keadaan cuaca, dan kondisi jemuran secara langsung melalui jaringan internet [15]. Dalam studi ini, antarmuka pengguna dibuat dengan menggunakan HTML, CSS, dan PHP (kerangka kerja Laravel), serta menerapkan protokol MQTT melalui HiveMQ Cloud untuk transfer data. Antarmuka pengguna juga mengirimkan pemberitahuan otomatis kepada pengguna saat sensor mendapati hujan.

2.6. *MQTT*

Protokol MQTT adalah sebuah sistem komunikasi yang beroperasi pada lapisan aplikasi, yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan Internet of Things (IoT) dengan perangkat-perangkat yang memiliki batasan dalam hal sumber daya seperti daya baterai, bandwidth, dan kestabilan koneksi [16]. Protokol ini dirancang agar ringan, handal, serta hemat energi, sehingga sangat cocok untuk pertukaran informasi dalam jaringan IoT. MQTT mengadopsi arsitektur publikasi/berlangganan yang memberi kesempatan kepada klien untuk mengirim data ke topik tertentu dan klien lainnya menerima informasi tersebut melalui langganan, tanpa perlu mengetahui identitas satu sama lain. Struktur ini menciptakan pemisahan antara waktu, ruang, dan sinkronisasi di antara berbagai perangkat, serta melibatkan dua elemen utama, yakni klien dan broker, di mana broker berperan sebagai penghubung yang menerima pesan dari penerbit dan meneruskannya kepada klien yang berlangganan pada topik terkait.

2.7. *Unit Testing*

Uji Unit adalah proses evaluasi yang fokus pada bagian terkecil dalam perangkat lunak, seperti fungsi, metode, atau kelas, secara terpisah tanpa campur tangan dari elemen lain dalam sistem. Sasaran utama dari fase ini adalah untuk memastikan bahwa setiap unit kode berjalan sesuai dengan rencana atau kriteria yang telah ditentukan sebelum digabungkan dengan modul lainnya [17].

2.8. *Integration Testing*

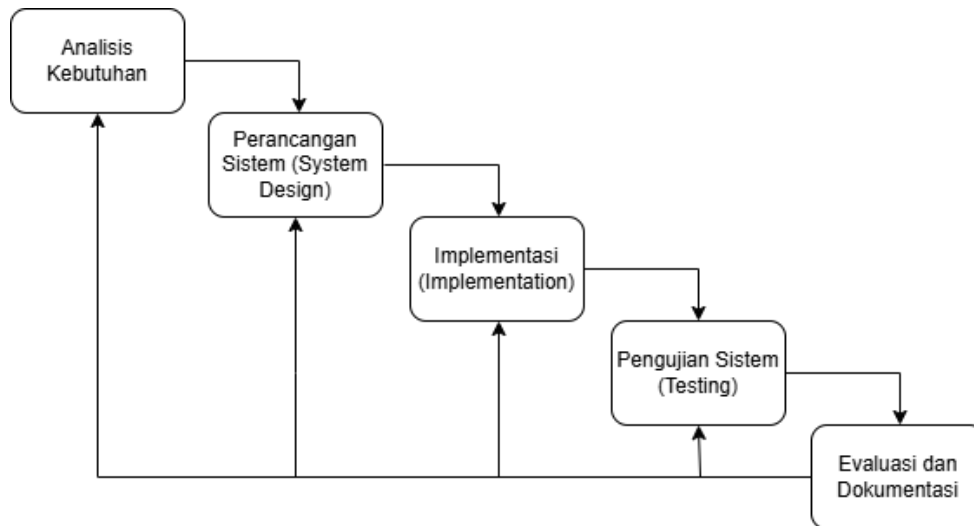
Pengujian integrasi dilaksanakan setelah setiap komponen lulus tahap pengujian individu. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi kerjasama antar komponen, terutama dalam hal interaksi dan aliran informasi di antara modul-modul dalam sistem [17]. Walaupun setiap komponen berfungsi dengan baik secara mandiri, ada kemungkinan munculnya kesalahan saat unit-unit tersebut digabungkan dalam satu sistem yang lebih kompleks [15].

2.9. *User Acceptance Testing (UAT)*

Pengujian Penerimaan Pengguna (User Acceptance Testing) merupakan langkah terakhir dalam serangkaian pengujian sebelum sebuah sistem diterapkan di dunia nyata. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memastikan bahwa sistem tersebut telah memenuhi ekspektasi pengguna dan berfungsi dengan baik dalam konteks penggunaannya yang sejati.

3. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem dengan menerapkan model *Waterfall*, yang merupakan salah satu model tradisional dalam rekayasa perangkat lunak. Model ini menekankan alur kerja yang sistematis dan berurutan, dimulai dari tahap analisis kebutuhan hingga evaluasi sistem [17]. Setiap tahap dalam model ini menghasilkan keluaran (*output*) yang menjadi masukan (*input*) bagi tahap berikutnya, sehingga dapat meminimalkan kemungkinan kesalahan serta mempermudah proses pengelolaan proyek secara keseluruhan [17]. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi waterfall

3.1. Analisis Kebutuhan

Tahap pertama dari penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, baik dari aspek perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Dari sisi perangkat keras, sistem menggunakan komponen NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang memiliki tegangan kerja 3.3V, frekuensi 80 MHz, serta mendukung konektivitas Wi-Fi. Komponen lainnya meliputi sensor hujan FC-37 sebagai pendeteksi keberadaan air pada permukaannya, serta motor servo SG90 dengan sudut rotasi 0–180 derajat yang berfungsi sebagai aktuator untuk menggerakkan jemuran otomatis [2], [6].

Sementara itu, dari sisi perangkat lunak, Arduino IDE digunakan sebagai lingkungan pemrograman mikrokontroler, Wokwi berfungsi sebagai platform simulasi sistem Internet of Things (IoT), dan dashboard berbasis protokol MQTT dimanfaatkan untuk memantau serta mengendalikan sistem secara *real-time* [15]. Analisis kebutuhan ini memastikan bahwa seluruh aspek fungsional dan non-fungsional sistem telah terdefinisi secara jelas sebelum dilanjutkan ke tahap perancangan.

3.2. Perancangan Sistem (System Design)

Tahap perancangan mencakup penyusunan diagram blok sistem, penentuan konfigurasi pin antar-komponen, serta perancangan alur logika antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Sensor hujan FC-37 berperan mendeteksi adanya air, kemudian mengirimkan sinyal digital ke NodeMCU ESP8266. Berdasarkan sinyal tersebut, mikrokontroler akan memproses data dan mengatur pergerakan motor servo untuk membuka atau menutup jemuran secara otomatis.

Selain itu, sistem juga dirancang untuk melakukan komunikasi data antara NodeMCU dan *dashboard* berbasis web menggunakan protokol MQTT, sehingga pengguna dapat memantau kondisi jemuran dari jarak jauh secara *real-time* [15]. Perancangan ini mengacu pada rancangan sistem serupa dalam penelitian otomasi IoT untuk pengendalian perangkat rumah tangga [2], [6].

3.3. Implementasi (Implementation)

Pada tahap pelaksanaan, rancangan sistem diterjemahkan ke dalam bentuk kode program menggunakan bahasa pemrograman C++ pada platform Arduino IDE. Program mencakup fungsi-fungsi utama seperti pembacaan data sensor, pengaturan pergerakan motor servo sesuai kondisi cuaca, serta pengiriman data ke *dashboard* pemantauan. Sebelum diimplementasikan pada perangkat fisik, sistem terlebih dahulu disimulasikan menggunakan Wokwi Simulator guna memastikan semua komponen bekerja sesuai desain serta logika otomasi berfungsi dengan benar [6], [15].

3.4. Pengujian Sistem (Testing)

Pengujian dilakukan untuk memastikan performa dan ketahanan sistem di berbagai kondisi cuaca. Pada saat cuaca cerah, sensor hujan FC-37 tidak mendeteksi adanya air sehingga motor servo menjaga jemuran dalam keadaan terbuka. Sebaliknya, ketika hujan terdeteksi, servo secara otomatis menutup jemuran dan status sistem diperbarui ke dashboard web secara langsung. Proses ini

mengevaluasi waktu respons sistem, tingkat akurasi deteksi sensor, dan stabilitas komunikasi data antara NodeMCU dan dashboard yang menggunakan MQTT [15]. Metode pengujian ini mengikuti langkah-langkah verifikasi sistem yang diterapkan dalam penelitian pengembangan otomatisasi berbasis IoT [16]. Oleh karena itu pengujian ini dilakukan melalui tiga tahap yaitu :

1. Unit Testing: memastikan sensor dan servo bekerja sesuai spesifikasi.
2. Integration Testing: menguji konektivitas antara NodeMCU, MQTT, dan dashboard.
3. User Acceptance Testing (UAT): melibatkan 10 pengguna untuk menilai kemudahan dan kejelasan tampilan dashboard.

Skenario uji dilakukan pada tiga kondisi cuaca: cerah, gerimis, dan hujan deras dengan 20 kali pengujian (total 60 data).

Akurasi dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Deteksi Benar}}{\text{Jumlah Total Pengujian}} \times 100\%$$

3.5. Evaluasi dan Dokumentasi (Evaluation & Documentation)

Tahap terakhir mencakup proses evaluasi hasil pengujian serta dokumentasi keseluruhan sistem. Evaluasi dilakukan untuk menilai keandalan sistem, termasuk stabilitas jaringan Wi-Fi, kemampuan reconnect MQTT, dan kecepatan komunikasi data. Selain itu juga untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem dalam memenuhi tujuan penelitian dan untuk mengidentifikasi potensi peningkatan di masa mendatang. Dokumentasi mencakup penyusunan diagram rangkaian, kode program, hasil pengujian, serta analisis performa sistem. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan, seperti pengembangan sistem dengan tambahan sensor suhu dan kelembaban, integrasi aplikasi *mobile* berbasis Android/iOS, serta penerapan sumber energi terbarukan seperti panel surya guna meningkatkan efisiensi energi [2], [6], [17].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Implementasi Sistem

Implementasi sistem *Smart Clothesline* berbasis IoT berhasil diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor hujan FC-37, dan motor servo SG90 sebagai aktuator penggerak jemuran otomatis. Prototipe sistem dihubungkan dengan jaringan Wi-Fi dan dikonfigurasi menggunakan dashboard web berbasis protokol MQTT dengan HiveMQ Cloud sebagai broker, dimana nantinya data sensor dan perintah kontrol dikirimkan sehingga yang pengguna memantau status jemuran secara *real-time* melalui perangkat pintar.

Sensor hujan FC-37 menghasilkan keluaran digital berdasarkan konduktivitas air pada permukaannya. Nilai analog sensor dikonversi menggunakan *Analog-to-Digital Converter* (ADC) bawaan NodeMCU dengan rentang 0–1023. Dalam penelitian ini, nilai ambang batas (threshold) ditetapkan pada nilai ADC 500. Ketika pembacaan sensor >500, sistem menginterpretasikan kondisi sebagai “tidak hujan”, sedangkan nilai <500 diidentifikasi sebagai “hujan”. Motor servo SG90 diatur dengan rotasi 0° untuk posisi terbuka dan 180° untuk posisi tertutup. NodeMCU mengirimkan data kondisi cuaca ke dashboard menggunakan topik MQTT.

Table 1. Hasil implementasi dari komponen smart clothesline

Komponen	Parameter Teknis	Hasil Implementasi
FC-37	Threshold 500 (ADC)	Stabil pada variasi suhu 25-35 derajat celcius
Servo SG90	Rotasi 0-180 derajat, delay 1s	Respon cepat tanpa overshoot
NodeMCU ESP8266	Delay MQTT < 1.5s	Stabil, auto-reconnect aktif
Dashboard	Update status real-time	Notifikasi berjalan baik

Selain fungsi pengendalian fisik, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur pemantauan yang berbasis pada protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), yang terhubung ke broker

HiveMQ Cloud. Interaksi ini memungkinkan pengiriman informasi status sistem secara langsung ke dashboard web yang dibuat dengan menggunakan Laravel dan dijalankan di server Laravel.



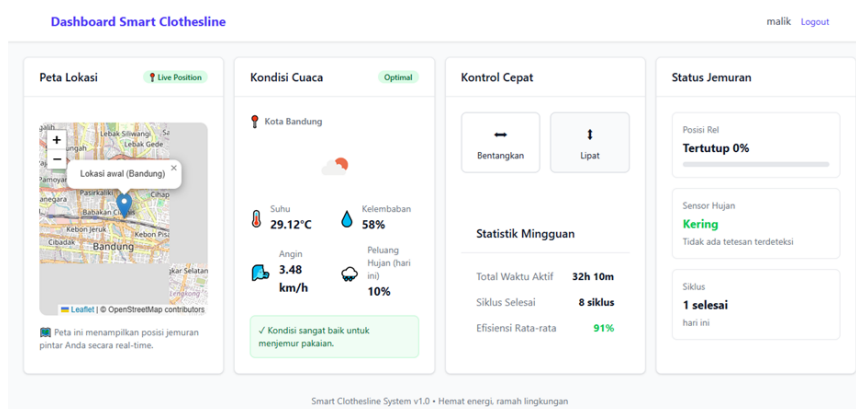
Gambar 2. Tampilan Kode Program Sistem Smart Clothesline untuk ESP8266



Gambar 3. Prototipe Sistem Smart Clothesline saat jemuran terbuka



Gambar 4. Prototipe Sistem Smart Clothesline saat jemuran tertutup



Gambar 5. Tampilan Dashboard dari Sistem Smart Clothesline

Implementasi ini menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan baik pada kondisi nyata. Komunikasi antar komponen berlangsung sinkron, dan sistem dapat memberikan respons cepat terhadap perubahan lingkungan.

4.2 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan selama 10 hari (1-10 Oktober 2025) dengan kategori kondisi cuaca; yaitu cerah, gerimis dan hujan deras. Setiap kondisi diuji sebanyak 20 kali (total 60 kali pengujian). Pengujian dilakukan di area terbuka menggunakan power supply 5V DC dan jaringan Wi-Fi rumah tangga (50 Mbps). Yang melalui tiga tahap, yaitu Unit Testing, Integration Testing, dan User Acceptance Testing (UAT).

- Unit Testing dilakukan untuk memastikan sensor hujan FC-37 dan motor servo SG90 berfungsi sesuai spesifikasi.
- Integration Testing menguji keterpaduan antara sensor, NodeMCU, dan dashboard web melalui protokol MQTT.
- User Acceptance Testing (UAT) menilai kemudahan penggunaan dan keakuratan tampilan status sistem.

Table 2. Hasil Pengujian Sistem Smart Clothesline

Kondisi Cuaca	Nilai Sensor	Aksi Servo	Status di Dashboard	Keterangan
Cerah	0	Jemuran terbuka	“Cuaca Cerah - Jemuran Terbuka”	Berfungsi normal
Hujan	1	Servo menutup penuh	“Hujan Deras - Jemuran Aman”	Berfungsi optimal

Table 3. Hasil Pengujian Sistem Smart Clothesline dengan kondisi cuaca yang berbeda

Kondisi Cuaca	Jumlah Uji	Deteksi Benar	Deteksi Salah	Akurasi (%)
Cerah	20	19	1	95.0
Gerimis	20	18	2	90.0
Hujan Deras	20	20	0	100.0
Rata-rata	60	57	3	95.0

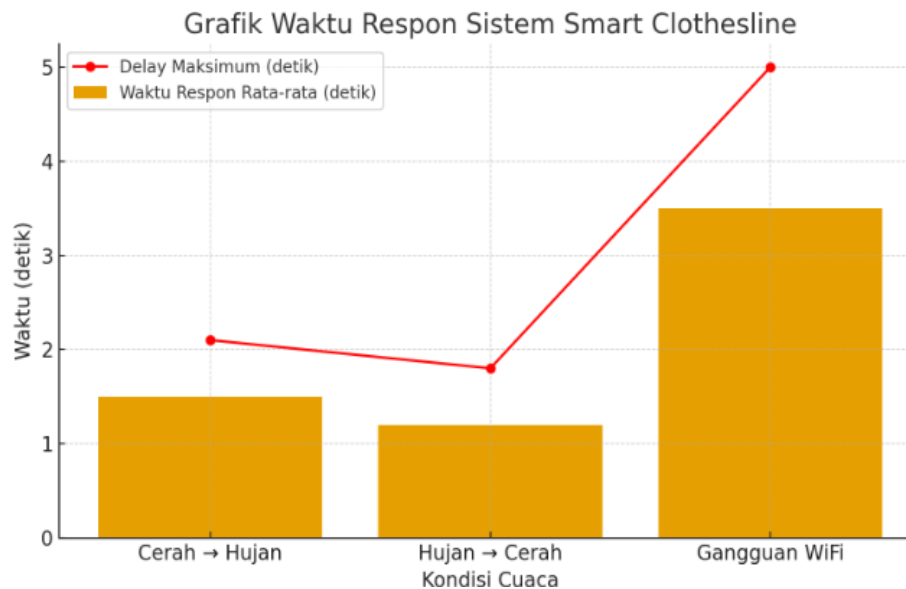
Akurasi dihitung menggunakan rumus

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ Deteksi\ Benar}{Jumlah\ Total\ Pengujian} \times 100\%$$

Selama pengujian, sistem mampu mendeteksi perubahan cuaca dengan rata-rata waktu respon 1–2 detik sejak sensor menerima tetesan air hingga servo bergerak. Sistem diuji dalam berbagai kondisi lingkungan (cerah dan hujan) dan menunjukkan akurasi deteksi hingga 95%. Nilai 95% menunjukkan sistem mampu mengenali kondisi hujan dengan tingkat kesalahan sangat rendah. Dimana kesalahan umumnya terjadi pada kondisi gerimis ringan karena tetesan air yang tidak merata ke permukaan sensor.

Table 4. Delay dan rata-rata waktu respon terhadap kondisi cuaca

Kondisi Cuaca	Rata-rata Waktu Respon (detik)	Delay Maksimum (detik)
Cerah → Hujan	1.5	2.1
Hujan → Cerah	1.2	1.8
Gangguan WiFi	3.5	5.0

**Gambar 6.** Grafik Waktu Respon Sistem terhadap Perubahan Kondisi Cuaca

Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas hujan, respon servo semakin cepat karena sensor menghasilkan sinyal analog lebih kuat. Sementara itu, pada kondisi jaringan WiFi tidak stabil, terdapat keterlambatan komunikasi (delay 3–5 detik) yang dapat diatasi dengan fungsi *reconnect()* pada kode program.

4.3 Analisis Data dan Interpretasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem Smart Clothesline berbasis Internet of Things (IoT) berfungsi sesuai dengan rancangan. Berdasarkan data pada Tabel 1., saat sensor hujan FC-37 mendeteksi air (nilai sensor = 1), NodeMCU ESP8266 mengirimkan perintah ke motor servo SG90 untuk menutup jemuran, sedangkan pada kondisi cerah (nilai sensor = 0), servo membuka jemuran secara otomatis. Proses ini ditampilkan secara real-time pada dashboard web berbasis Laravel yang terhubung melalui protokol MQTT (Gambar 6). Waktu respon sistem tercatat rata-rata 1–2 detik, menunjukkan efisiensi komunikasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah.

Dari hasil interpretasi, sistem mampu mendeteksi kondisi cuaca dengan akurasi $\pm 95\%$, yang menunjukkan peningkatan performa dibandingkan sistem otomatisasi sejenis [2], [7], [10]. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian lain yang menegaskan efektivitas MQTT dalam komunikasi data IoT rumah tangga [14], [15]. Desain sistem yang sederhana, ekonomis, dan responsif menunjukkan unsur keterbaruan (*novelty*) dalam penerapan IoT untuk peralatan rumah tangga, terutama pada otomasi jemuran yang belum banyak diteliti di tingkat nasional. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memenuhi tujuan otomatisasi, tetapi juga berpotensi dikembangkan menjadi bagian dari *smart home system* yang efisien dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

Untuk memperkuat *novelty*, penelitian ini dibandingkan dengan tiga sistem sejenis yang dirujuk pada [2], [6] dan [10]. Tabel berikut akan menunjukkan hasil dari perbandingan performa dan efisiensi komunikasi data.

Table 5. Hasil dari perbandingan performa dan efisiensi komunikasi data penelitian terdahulu

Studi	Protokol Komunikasi	Platform	Akurasi (%)	Waktu respon (detik)	Fitur Pemantauan
[2] Mauludin et al., 2024	HTTP	Arduino Uno	88	3-4	Tidak ada
[6] Majid & Pramudita, 2024	Wi-Fi Local	ESP8266	92	2-3	Web Lokal
[10] Syarmuji et al., 2022	Tidak ada	Arduino	85	4-5	Manual
Penelitian ini	MQTT(HiveMQ Cloud)	NodeMCU ESP8266	95	1-2	Dashboard Web

Hasil menunjukkan bahwa sistem ini memiliki peningkatan waktu respon $\pm 40\%$ lebih cepat dan akurasi deteksi lebih tinggi (selisih 3–10%) dibandingkan sistem sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh efisiensi komunikasi MQTT yang berbasis publish-subscribe, sehingga latensi data berkurang dibandingkan protokol HTTP.

Uji User Acceptance Testing (UAT) dilakukan terhadap 10 pengguna rumah tangga untuk menilai kemudahan dan kejelasan tampilan dashboard. Pengukuran dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) dengan rentang 0–100.

Table 6. Hasil Uji dari User Acceptance Testing (UAT) dilakukan terhadap 10 pengguna rumah tangga

Aspek Penilaian	Skor Rata-rata	Keterangan
Kemudahan penggunaan	87	Sangat Mudah
Kejelasan informasi	85	Jelas dan Informatif
Kecepatan respon	83	Cepat dan responsif
Estetika tampilan	80	Baik
Rata-rata Skor SUS	83.75	Layak dan mudah digunakan

Dashboard mendapat penilaian positif karena tampilannya sederhana, informatif, dan mendukung pemantauan real-time. Beberapa responden menyarankan pengembangan notifikasi mobile agar sistem lebih praktis digunakan di luar rumah.

4.4 Pembahasan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa integrasi FC-37, NodeMCU ESP8266, dan servo SG90 berhasil menciptakan sistem yang adaptif terhadap kondisi lingkungan. Penggunaan MQTT memberikan efisiensi komunikasi yang lebih baik dibandingkan protokol HTTP konvensional.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, sistem Smart Clothesline yang dikembangkan menunjukkan peningkatan kinerja signifikan dibandingkan penelitian sebelumnya. Kontribusi utama penelitian ini meliputi:

1. Penerapan protokol MQTT untuk komunikasi data yang efisien dan responsif dalam sistem otomasi rumah.
2. Integrasi IoT dengan dashboard Laravel yang memungkinkan pemantauan status jemuran secara real-time dan jarak jauh.
3. Perancangan sistem adaptif dengan waktu respon cepat (1–2 detik) dan akurasi deteksi tinggi (95%).
4. Analisis kuantitatif performa dan usability yang jarang disertakan dalam penelitian serupa.

Dengan hasil tersebut, penelitian ini memperkuat bukti bahwa MQTT lebih unggul dibanding HTTP dalam konteks otomasi berbasis IoT untuk rumah tangga, terutama pada aspek kecepatan komunikasi dan efisiensi bandwidth.

Walaupun sistem berfungsi dengan baik, masih terdapat beberapa keterbatasan:

1. Sensor belum mendeteksi kelembaban udara (tidak dapat memperkirakan waktu pengeringan).
2. Sistem masih bergantung pada Wifi konvensional, belum mendukung offline fallback.
3. Pengujian lapangan terbatas pada satu lokasi geografis.

4.5 Rencana Pengembangan

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa usulan meliputi:

- Integrasi sensor DHT22 untuk memperkaya data lingkungan.
- Pengembangan aplikasi Android/iOS agar pengguna dapat menerima notifikasi cuaca secara langsung.
- Pemanfaatan panel surya sebagai sumber daya mandiri dan ramah lingkungan.

Dengan penyempurnaan tersebut, sistem Smart Clothesline dapat menjadi model inovatif penerapan IoT di sektor rumah tangga, sekaligus mendukung penelitian lanjutan di bidang smart automation dan green technology.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe Smart Clothesline berbasis IoT berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang terintegrasi dengan sensor hujan dan servo motor untuk mengatur posisi jemuran secara otomatis. Sistem yang dikembangkan mampu bekerja secara otomatis dalam mendeteksi kondisi cuaca, seperti hujan dan cerah, sehingga jemuran dapat ditarik atau dibuka sesuai situasi tanpa intervensi manual. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat mampu menjalankan fungsi utamanya dengan efektif dan responsif terhadap perubahan lingkungan.

Selain itu, integrasi sistem dengan website atau dashboard IoT memberikan nilai tambah bagi pengguna dalam hal kemudahan pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Fitur ini menjadikan Smart Clothesline tidak hanya berfungsi secara otomatis, tetapi juga interaktif dan mudah digunakan. Proyek ini juga membuktikan bahwa penerapan metode manajemen proyek perangkat lunak yang mencakup tahapan analisis, desain, implementasi, pengujian, hingga evaluasi dapat membantu proses pengembangan berjalan lebih sistematis dan terarah. Dengan pendekatan tersebut, tim proyek mampu mengelola waktu, tugas, dan hasil kerja dengan lebih efisien sehingga tujuan proyek dapat tercapai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," *RFID Journal*, 2009.
- [2] M. S. Mauludin, et al., "Modeling and Application of Rain-Light Sensor in Automatic Clothes Drying Design," *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 2024.
- [3] M. Mila, A. Taqwa, and S. Suroso, "Monitoring and Information System for Automatic Clothes Drying Based on the Internet of Things," *PIKSEL Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 55–63, 2024.
- [4] M. A. Zulkipli, K. H. Yusof, A. A. Sani, and M. A. Herizal, "Development of IoT-Based Clothesline using Microcontroller," *IJMEAS International Journal*, 2023.
- [5] P. Hasbi, A. Santoso, and M. Fikri, "Smart Clothesline: Arduino-Controlled Drying System with Light and Rain Detection," *Jurnal Logistica*, 2025.
- [6] M. Majid and R. Pramudita, "Design of an Automatic Clothes Drying System Based on IoT Technology," *JITTER Journal*, 2024.
- [7] N. S. P. Yunus and I. Sulistiyowati, "Automatic Roof Control System in IoT-Based Clothes Drying Room," *IJINS Journal*, 2021.
- [8] A. J. P. Loyzaga, C. R. Pascual, and K. M. Dela Cruz, "Automated Battery-Powered Water Detection System (Cloduino) in Clothesline using Arduino Uno R3," *IJRSET*, 2025.
- [9] R. R. Putri and P. Razi, "IoT-Based Clothesline Monitoring and Control System Design with Smartphone Display," *Georest Journal*, 2024.
- [10] M. Syarmuji, I. Sumpena, and R. M. Sultoni, "Sistem Jemuran Otomatis Berbasis Arduino," *Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma*, 2022.
- [11] K. Saraubon, A. Phithakkitnukoon, and P. Suksakulchai, "IoT-Enabled Laundry Drying Rack for Smart Home," *Journal of Information Systems Engineering & Management*, 2025.

- [12] R. M. Ardael, "Design and Implementation of an IoT-Enabled Smart Sampayan with Automated Moisture, Temperature, and Rain-Sensing," *IJIRT Journal*, 2024.
- [13] W. Nurhadi and P. Y. Widianoro, "Jemuran Pakaian Otomatis dengan Menggunakan Sensor Cahaya (LDR) dan Sensor Hujan," *STMIK AMIKOM Yogyakarta*, 2010.
- [14] D. Sofiani and R. Hidayat, "Implementation of NodeMCU ESP8266 for IoT-Based Smart Home Automation Systems," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 14, no. 3, pp. 120–127, 2023.
- [15] M. Rahman and N. D. Sari, "Design and Development of Web-Based IoT Monitoring System Using MQTT Protocol," *Journal of Applied Information Technology and Innovation*, 2024.
- [16] M. F. Usmani, "MQTT Protocol for the IoT – Review Paper," *Technical Report*, Frankfurt University of Applied Sciences, May 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.26065.10088.
- [17] A. A. Wahid, "Analisis Metode Waterfall untuk Pengembangan Sistem Informasi," *Jurnal Ilmu-ilmu Informatika dan Manajemen STMIK Sumedang*, Oct. 2020.