Prototipe Sistem Kendali Cerdas Kanopi Rumah Berdasarkan Parameter Cuaca Berbasis Mikrokontroler

Abdul Karim[1], A. Irmayani Pawelloi[2], Muhammad Zainal[3], Ashadi Amir[4], Asrul[5]

[1,2,3,4,5]Program Studi Teknik Elekro, Universitas Muhammadiyah Parepare,

Correspondent Author : abdulkarimred@gmail.com

***Abstract* — Unpredictable weather conditions can hinder the clothes-drying process, thus requiring an automatic canopy control system based on real-time weather conditions. This study aims to design a microcontroller-based automatic canopy control system prototype using two transmitters and one receiver communicating via the NRF24L01 PA+LNA module. Each transmitter employs a BH1750 light sensor, an FC-37 rain sensor, and an anemometer to detect light intensity, rainfall, and wind speed, while the receiver controls a DC motor through a BTS7960 driver with a limit switch serving as the canopy position limiter. The test results show that the light sensor achieved an accuracy of 87.08%–99.4%, the rain sensor reached 100% reliability, and the wind speed sensor achieved an accuracy of 90%–100%. In the overall system testing, the transmitter sent signal codes based on a combination of bright, non-rainy, and low-wind conditions with a 100% success rate. The canopy automatically opens when both transmitters send signal 1, and closes when either transmitter sends signal 0. These results demonstrate that the prototype operates accurately, consistently, and responsively to changing weather conditions.**

Keyword* — *automatic canopy, control system, weather, NRF24L01, microcontroller.

Abstrak — Kondisi cuaca yang tidak menentu dapat menyulitkan proses penjemuran pakaian, sehingga diperlukan sistem kendali kanopi otomatis berbasis kondisi cuaca secara real-time. Penelitian ini bertujuan merancang prototipe sistem kendali kanopi otomatis berbasis mikrokontroler menggunakan dua transmitter dan satu receiver yang berkomunikasi melalui modul NRF24L01 PA+LNA. Setiap transmitter menggunakan sensor cahaya BH1750, sensor hujan FC-37, dan anemometer untuk mendeteksi intensitas cahaya, curah hujan, dan kecepatan angin, sedangkan receiver mengendalikan motor DC melalui driver BTS7960 dengan limit switch sebagai pembatas posisi kanopi. Hasil pengujian menunjukkan sensor cahaya memiliki akurasi 87,08%–99,4%, sensor hujan mencapai keandalan 100%, dan sensor kecepatan angin memiliki akurasi 90%–100%. Pada pengujian keseluruhan, transmitter mengirimkan kode sinyal berdasarkan kombinasi kondisi terang, tidak hujan, dan angin pelan dengan tingkat kesesuaian 100%. Kanopi terbuka otomatis ketika kedua transmitter mengirimkan sinyal 1, dan tertutup jika salah satu mengirimkan sinyal 0. Hasil ini membuktikan prototipe bekerja akurat, konsisten, dan responsif terhadap perubahan cuaca.

Kata kunci — kanopi otomatis, sistem kendali, cuaca, NRF24L01, mikrokontroler

I. PENDAHULUAN

Penjemuran pakaian merupakan salah satu aktivitas rumah tangga yang sangat penting untuk menjaga kebersihan, kesehatan, dan kenyamanan. Proses ini tidak hanya berfungsi untuk mengeringkan pakaian, tetapi juga membantu menghilangkan bau tidak sedap dan bakteri yang menempel pada kain. [1], [2]. Namun, penjemuran pakaian secara manual masih menghadapi berbagai kendala yang cukup signifikan, terutama terkait dengan kondisi cuaca yang tidak menentu dan sering berubah secara tiba-tiba. Cuaca yang tidak stabil seperti hujan mendadak, angin kencang, dan intensitas cahaya matahari yang fluktuatif dapat mengganggu proses pengeringan pakaian dan bahkan berpotensi merusak pakaian yang sedang dijemur [3]. Misalnya, hujan yang turun secara tiba-tiba dapat membuat pakaian basah kembali, sehingga memperpanjang waktu pengeringan dan menimbulkan bau tidak sedap. Selain itu, angin kencang dapat menyebabkan pakaian terjatuh atau merusak kanopi jemuran yang tidak kokoh, menimbulkan kerugian material dan ketidaknyamanan bagi pengguna rumah tangga [4]. Kondisi ini menjadi semakin kompleks karena sebagian besar kanopi jemuran yang digunakan masih bersifat manual, sehingga pengguna harus secara aktif memantau kondisi cuaca dan membuka atau menutup kanopi secara manual sesuai perubahan lingkungan [5]. [6]. Hal ini tentu kurang praktis dan tidak efisien, terutama bagi mereka yang memiliki aktivitas padat atau tidak selalu berada di rumah.

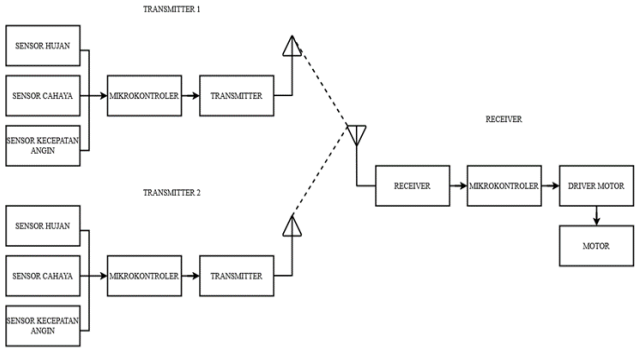
Ketidakteraturan pengawasan sering menyebabkan keterlambatan dalam menutup kanopi saat hujan atau angin kencang, sehingga risiko kerusakan pakaian dan kanopi menjadi tinggi. Situasi nyata yang sering terjadi adalah ketika seseorang meninggalkan pakaian untuk dijemur pada pagi hari dengan cuaca cerah, namun tiba-tiba hujan turun tanpa peringatan. Jika kanopi tidak segera ditutup, pakaian akan basah dan proses pengeringan harus diulang, membuang waktu dan energi. Contoh lain adalah saat angin kencang melanda, kanopi yang tidak dapat menyesuaikan posisinya dapat rusak atau bahkan terlepas, menimbulkan bahaya bagi penghuni rumah dan lingkungan sekitar [7]. Permasalahan ini menunjukkan bahwa sistem kanopi jemuran saat ini masih sangat terbatas dalam hal responsivitas dan adaptasi terhadap kondisi cuaca yang tidak menentu [8], [9]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi inovatif berupa sistem kendali kanopi rumah jemuran yang dapat bekerja secara otomatis dan responsif terhadap perubahan cuaca. Sistem ini diharapkan mampu mengatasi keterbatasan kanopi manual dengan memanfaatkan teknologi sensor dan mikrokontroler untuk mendeteksi

kondisi cuaca secara real-time. Dengan demikian, proses penjemuran pakaian dapat berlangsung lebih efisien, aman, dan nyaman tanpa harus selalu diawasi secara langsung oleh pengguna. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan kualitas hidup masyarakat dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, tetapi juga memberikan solusi praktis terhadap permasalahan yang selama ini sering dihadapi dalam penjemuran pakaian di rumah [10].

II. Metodologi Penelitian

A. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang terdiri atas dua node transmitter dan satu node receiver. Kedua transmitter memiliki fungsi untuk membaca kondisi lingkungan pada lokasi masing-masing. Setiap transmitter menggunakan sensor BH1750 untuk membaca intensitas cahaya, sensor FC-37 untuk mendeteksi kondisi hujan, dan anemometer untuk mengukur kecepatan angin. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh Arduino Uno pada masing-masing transmitter. Data tersebut kemudian dikirimkan melalui modul NRF24L01 PA+LNA menuju receiver. Pada sisi receiver, data dari kedua transmitter diterima dan diproses kembali. Hasil pemrosesan digunakan sebagai dasar untuk menentukan kondisi motor penggerak kanopi. Motor dikendalikan menggunakan driver BTS7960. Sistem juga menggunakan limit switch untuk menghentikan pergerakan motor ketika kanopi telah mencapai posisi batas buka atau batas tutup.

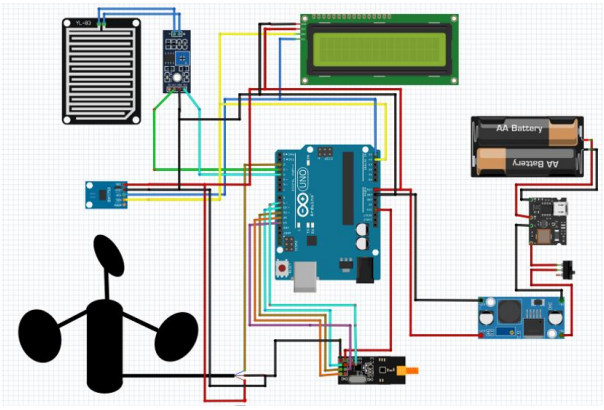


Gambar 1. Blok Diagram

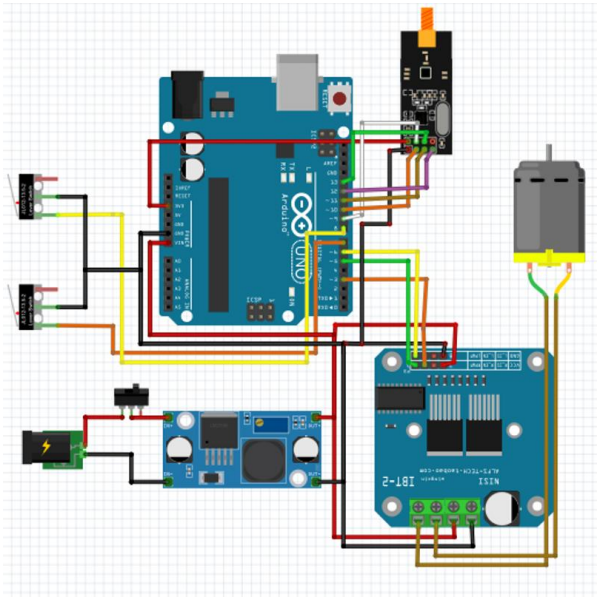
B. Perancangan Perangkat Keras

Komponen utama yang digunakan dalam sistem meliputi Arduino Uno, sensor cahaya BH1750, sensor hujan FC-37, anemometer, modul komunikasi NRF24L01 PA+LNA, driver motor BTS7960, motor, LCD, limit switch, PCB, sumber daya, serta komponen mekanik berupa aluminium, akrilik, kabel, dan baut. Sistem menggunakan dua unit transmitter. Masing-masing transmitter memiliki tiga sensor, yaitu satu sensor cahaya, satu sensor hujan, dan satu sensor kecepatan angin. Receiver bertugas menerima data dari kedua transmitter dan mengendalikan aktuator kanopi. Prototipe dibuat berdasarkan rancangan kanopi dengan ukuran asli 240 cm × 200 cm dan dibuat dalam skala 1:8 sehingga ukuran prototipe menjadi 30 cm × 25 cm. BH1750 digunakan untuk mengetahui intensitas cahaya yang diterima pada lokasi pengujian. Sensor ini menghasilkan data intensitas cahaya dalam satuan lux secara digital sehingga dapat langsung dibaca oleh mikrokontroler. Nilai pembacaan sensor digunakan untuk menentukan kondisi lingkungan dalam kategori terang atau gelap. Informasi tersebut selanjutnya dikombinasikan dengan data sensor hujan dan sensor kecepatan angin sebagai dasar pengambilan keputusan sistem. Sensor FC-37 digunakan untuk mendeteksi adanya air pada permukaan sensor sebagai indikator kondisi hujan. Data sensor dikategorikan menjadi kondisi Hujan dan Kering. Kondisi sensor hujan menjadi salah satu parameter utama dalam sistem. Apabila salah satu transmitter mendeteksi kondisi hujan, maka sistem tidak memenuhi persyaratan untuk membuka kanopi. Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin pada lokasi pengukuran. Nilai kecepatan angin digunakan untuk menentukan kondisi angin menjadi kategori pelan atau kondisi lainnya sesuai batas yang ditetapkan pada program sistem. Komunikasi antar-node menggunakan modul NRF24L01 PA+LNA. Sistem menggunakan dua transmitter yang mengirimkan data sensor menuju satu receiver. Konsep komunikasi tersebut memungkinkan data lingkungan dari dua titik dikumpulkan pada receiver. Receiver kemudian melakukan pengambilan keputusan berdasarkan data yang diterima dari kedua transmitter. Yaitu kedua transmitter berkondisi terang, kering, dan angin pelan.

Jika seluruh kondisi tersebut terpenuhi, receiver memberikan perintah kepada driver motor untuk membuka kanopi. Sebaliknya, apabila terdapat salah satu parameter dari salah satu transmitter yang tidak memenuhi kondisi pembukaan, maka kanopi tetap atau bergerak menuju kondisi tertutup. Dengan demikian, keputusan pembukaan kanopo dapat direpresentasikan secara sederhana jika Kondisi TX1 terpenuhi dan kondisi TX2 terpenuhi.



Gambar 2. Perangkat Keras Transmitter



Gambar 3. Perangkat Keras *Receiver*

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk mengatur proses pembacaan sensor, pengolahan data, komunikasi antar-node, serta pengambilan keputusan untuk mengendalikan kanopi. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan program pada mikrokontroler Arduino Uno. Sistem perangkat lunak dibagi menjadi program transmitter 1, transmitter 2, dan receiver.

Program pada masing-masing transmitter diawali dengan inisialisasi Arduino, sensor BH1750, sensor FC-37, anemometer, dan modul komunikasi NRF24L01. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem melakukan pembacaan ketiga sensor secara berulang. Data dari BH1750 digunakan untuk mengetahui kondisi intensitas cahaya. Sensor FC-37 digunakan untuk menentukan kondisi hujan atau kering, sedangkan anemometer digunakan untuk memperoleh nilai kecepatan angin. Data hasil pembacaan kemudian dikategorikan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan pada sistem. Setelah seluruh data diperoleh, Arduino transmitter membentuk data yang berisi informasi kondisi cahaya, kondisi hujan, dan kecepatan angin. Data tersebut kemudian dikirimkan melalui NRF24L01 menuju receiver. Proses pada transmitter dilakukan secara berulang sehingga perubahan kondisi lingkungan dapat dikirimkan kepada receiver. Program receiver bertugas menerima data dari transmitter 1 dan transmitter 2, mengolah data tersebut, kemudian menentukan kondisi kanopi.

Pada tahap awal, Arduino receiver melakukan inisialisasi NRF24L01, LCD, driver motor, dan limit switch. Selanjutnya receiver menunggu data yang dikirimkan oleh kedua transmitter. Data yang diterima kemudian diperiksa berdasarkan kondisi masing-masing transmitter. Receiver menentukan apakah kondisi transmitter memenuhi persyaratan untuk membuka kanopi atau tidak. Logika pengambilan keputusan menggunakan prinsip bahwa kanopi hanya dapat terbuka apabila kedua transmitter memenuhi seluruh kondisi yang telah ditentukan. Kondisi tersebut adalah terang, kering atau tidak hujan, dan angin pelan. Jika kondisi TX1 dan TX2 sama-sama memenuhi persyaratan, receiver memberikan perintah kepada driver BTS7960 untuk menggerakkan motor pada arah membuka. Motor akan terus bergerak hingga limit switch posisi buka mendeteksi bahwa kanopi telah mencapai batasnya. Sebaliknya, apabila salah satu transmitter tidak memenuhi persyaratan, receiver memberikan perintah untuk menutup kanopi atau mempertahankan kondisi tertutup. Motor akan bergerak menuju posisi tutup sampai limit switch posisi tutup aktif. Dengan demikian, program receiver berfungsi sebagai pusat pengambilan keputusan berdasarkan data dari kedua transmitter.



Gambar 4. Rancangan Alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor Cahaya

Pengujian sensor cahaya dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan intensitas cahaya pada kondisi lingkungan dengan tingkat pencahayaan yang berbeda. Pengujian dilakukan pada transmitter 1 dan transmitter 2 dengan variasi jarak pengukuran 0–14 cm. Hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan nilai yang diperoleh dari alat ukur sebagai nilai acuan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai error dan akurasi untuk mengetahui tingkat ketelitian dan kinerja sensor dalam mengukur intensitas cahaya. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel I dan II

TABEL I
HASIL PENGUJIAN SENSOR CAHAYA PADA TRANSMITTER I

Jarak	Sensor Cahaya (Lux)	Alat ukur (Lux)	Error (%)	Akurasi (%)
0	13277.50	13770	3.58	96.42
4	2954.17	2810	5.13	94.87
6	1533.67	1683	8.87	91.13
10	1041.68	1048	0.60	99.4
12	778.33	789	1.35	98.65
14	651.83	659	1.09	98.91

TABEL II
HASIL PENGUJIAN SENSOR CAHAYA PADA TRANSMITTER II

Jarak	Sensor Cahaya (Lux)	Alat ukur (Lux)	Error (%)	Akurasi (%)
0	12049.17	11190	7.68	92.32
4	3444.10	3199	7.66	92.34
6	2439.12	2160	12.92	87.08
10	1501.67	1356	10.74	89.26
12	1139.33	1048	8.71	91.29
14	620.83	606	2.45	97.55

Berdasarkan Tabel I, sensor cahaya pada Transmitter I menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi, dengan rentang akurasi antara 91,13%–99,4% dan error terbesar terjadi pada jarak 6 (8,87%). Pada Tabel II, Transmitter II menunjukkan pola serupa namun dengan error yang relatif lebih besar pada jarak 6 dan 10 (masing-masing 12,92% dan 10,74%), yang diduga disebabkan oleh variasi intensitas cahaya lingkungan saat pengujian berlangsung. Secara umum, kedua transmitter menunjukkan performa sensor cahaya yang layak digunakan dalam sistem, dengan akurasi rata-rata di atas 90%.

B. Pengujian Sensor Hujan

Pengujian sensor hujan dilakukan dengan memberikan kondisi basah dan kering secara bergantian pada permukaan sensor, kemudian membandingkan hasil pembacaan sensor dengan status yang ditampilkan pada serial monitor untuk kedua transmitter. Pengujian dilakukan sebanyak enam kali percobaan untuk memastikan konsistensi respons sensor.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN SENSOR HUJAN

Uji	Transmitter I		Transmitter II	
	Perlakuan Sensor Hujan	Output	Perlakuan Sensor Hujan	Output
1	Basah	Sedang Hujan	Basah	Sedang Hujan
2	Kering	Tidak Hujan	Kering	Tidak Hujan
3	Basah	Sedang Hujan	Basah	Sedang Hujan
4	Kering	Tidak Hujan	Kering	Tidak Hujan
5	Basah	Sedang Hujan	Basah	Sedang Hujan
6	Kering	Tidak Hujan	Kering	Tidak Hujan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor hujan pada kedua transmitter memberikan respons yang konsisten dan sesuai dengan kondisi aktual yang diberikan; kondisi "Basah" secara akurat terdeteksi sebagai "Sedang Hujan" dan kondisi "Kering" terdeteksi sebagai "Tidak Hujan" pada seluruh percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa sensor hujan bekerja dengan tingkat keandalan 100% pada kondisi pengujian yang dilakukan.

C. Pengujian Sensor Kecepatan Angin

Pengujian sensor kecepatan angin dilakukan dengan membandingkan nilai kecepatan angin yang terbaca oleh sensor pada Transmitter 1 dan Transmitter 2 terhadap nilai hasil pengukuran alat ukur referensi pada berbagai variasi jarak. Perhitungan error dan akurasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat presisi masing-masing sensor.

TABEL IV
PENGUJIAN SENSOR KECEPATAN ANGIN TRANSMITTER I

Jarak	Sensor Kecepatan Angin (m/s)	Alat Ukur (m/s)	Error (%)	Akurasi (%)
15	4.1	4.2	2.38	97.62
35	3.2	3.4	5.88	94.12
55	2.8	2.9	3.45	96.55
65	2.2	2.4	8.33	91.67
85	1.5	1.6	6.25	93.75
105	0.9	1.0	10	90

TABEL V
PENGUJIAN SENSOR KECEPATAN ANGIN TRANSMITTER II

Jarak	Sensor Kecepatan Angin (m/s)	Alat Ukur (m/s)	Error (%)	Akurasi (%)
15	4.4	4.3	2.33	97.67
35	3.4	3.6	5.56	94.44
55	3.0	3.1	3.23	96.77
65	2.7	2.6	3.85	96.15
85	1.9	2.0	5	95
105	1.2	1.2	0	100

Data pada tabel menunjukkan bahwa akurasi sensor kecepatan angin cenderung menurun seiring bertambahnya jarak pengujian, terlihat dari peningkatan nilai error pada jarak terjauh (10% pada Transmitter 1 jarak 105 cm). Meskipun demikian, Transmitter 2 menunjukkan performa yang relatif lebih stabil, bahkan mencapai akurasi 100% pada jarak 100 cm. Secara keseluruhan, sensor kecepatan angin pada kedua transmitter masih berada dalam rentang akurasi yang dapat diterima (>90%) untuk sebagian besar titik pengujian.

D. Pengujian Prototipe Sistem Kendali Kanopi

Pengujian secara keseluruhan pada Prototipe Sistem Kendali Kanopi Rumah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja seluruh sensor, proses pengiriman data dari transmitter ke receiver, serta respon kendali pada receiver terhadap data yang dikirimkan. Pengujian ini melibatkan dua transmitter yang diuji secara bersamaan, di mana masing-masing transmitter akan mengirimkan Kode Sinyal 1 apabila seluruh kondisi terpenuhi, yaitu kondisi terang (sensor cahaya), cerah (sensor hujan), dan pelan (sensor kecepatan angin). Sebaliknya, apabila salah satu dari ketiga kondisi tersebut tidak terpenuhi, transmitter akan mengirimkan Kode Sinyal 0. Hasil pengujian pada Transmitter 1 dan Transmitter 2 disajikan pada tabel berikut.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN PADA TRANSMITTER I

Sensor Cahaya		Sensor Hujan	Sensor Kecepatan Angin		Kode Sinyal
Kondisi	Nilai (lux)		Kondisi	Nilai (m/s)	
Gelap	30	Hujan	Pelan	1.2	0
Gelap	41	Hujan	Kencang	3.7	0
Terang	510	Cerah	Pelan	1.1	1
Terang	467	Cerah	Pelan	2.6	1
Terang	354	Cerah	Kencang	3.2	0
Terang	398	Cerah	Pelan	0.9	1
Gelap	23	Cerah	Pelan	1.3	0
Terang	412	Cerah	Pelan	2.2	1
Gelap	14	Hujan	Kencang	3.4	0

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN PADA TRANSMITTER II

Sensor Cahaya		Sensor Hujan	Sensor Kecepatan Angin		Kode Sinyal
Kondisi	Nilai (lux)		Kondisi	Nilai (m/s)	
Gelap	19	Cerah	Kencang	4.1	0
Terang	391	Cerah	Pelan	0.7	1
Terang	536	Hujan	Pelan	2.2	0
Terang	421	Cerah	Pelan	2.8	1
Gelap	36	Cerah	Pelan	1.8	0
Gelap	12	Hujan	Kencang	4.0	0
Terang	391	Cerah	Pelan	1.2	1
Terang	213	Cerah	Pelan	2.3	1
Terang	484	Hujan	Kencang	3.6	0

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN PADA RECEIVER

Kode Sinyal		Kondisi Kanopi
Transmitter I	Transmitter II	
0	0	Tertutup
0	1	Tertutup
1	0	Tertutup
1	1	Terbuka
0	0	Tertutup
1	0	Tertutup
0	1	Tertutup
1	1	Terbuka
0	0	Tertutup

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel di atas, terlihat bahwa Kode Sinyal 1 hanya dikirimkan oleh transmitter ketika ketiga kondisi sensor terpenuhi secara bersamaan, yaitu kondisi terang, cerah, dan angin pelan. Sebaliknya, Kode Sinyal 0 dikirimkan apabila salah satu kondisi tidak terpenuhi, baik akibat kondisi gelap, hujan, maupun angin kencang. Pola ini konsisten teramati pada kedua transmitter, di mana Kode Sinyal 0 selalu muncul setiap kali terdapat kondisi yang tidak sesuai, meskipun kondisi lainnya terpenuhi. Hasil ini membuktikan bahwa logika pengambilan keputusan sistem berbasis kombinasi ketiga sensor telah bekerja secara akurat dan sesuai dengan rancangan, dengan tingkat kesesuaian mencapai 100% terhadap seluruh data pengujian pada kedua transmitter.

Kode sinyal yang dihasilkan oleh masing-masing transmitter tersebut kemudian menjadi dasar bagi receiver dalam menentukan respon kendali kanopi. Kanopi akan terbuka apabila data kode sinyal yang diterima pada receiver dari kedua transmitter bernilai 1, yang menandakan bahwa kondisi lingkungan di kedua titik pemantauan berada dalam keadaan aman. Sebaliknya, kanopi akan tertutup apabila salah satu transmitter mengirimkan kode sinyal 0, yang mengindikasikan adanya kondisi tidak aman pada salah satu

titik pemantauan. Dengan demikian, keakuratan logika pendeteksian kondisi pada sisi transmitter secara langsung menentukan ketepatan respon kendali kanopi pada sisi receiver, sehingga sistem secara keseluruhan mampu bekerja secara otomatis dan konsisten sesuai dengan rancangan yang ditetapkan.

IV. KESIMPULAN

Sistem kendali kanopi otomatis berhasil dirancang menggunakan dua transmitter dan satu receiver berbasis Wireless Sensor Network. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat berfungsi dengan baik, di mana sensor cahaya, sensor hujan, dan sensor kecepatan angin masing-masing menunjukkan akurasi tinggi (di atas 90%), dengan sensor hujan mencapai keandalan 100%. Sistem berhasil mengintegrasikan ketiga sensor tersebut ke dalam satu logika pengambilan keputusan pada transmitter, di mana Kode Sinyal 1 hanya dikirimkan apabila seluruh kondisi (terang, cerah, dan angin pelan) terpenuhi secara bersamaan dengan tingkat kesesuaian 100%, yang kemudian menjadi dasar bagi receiver untuk membuka kanopi ketika kedua transmitter mengirimkan sinyal 1 dan menutup kanopi apabila salah satu mengirimkan sinyal 0, sehingga prototipe ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai sistem kendali kanopi rumah yang responsif terhadap perubahan kondisi cuaca secara real-time.

DAFTAR ACUAN

[1] W. T. Hidayah and N. K. N. KN, "Monitoring tingkat kekeringan pakaian pada laundry berbasis IoT (Internet of Things)," *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 9, no. 1, pp. 1–9, 2025.

[2] A. Surbakti, J. Muhammad, E. Taer, R. Setiadi, and U. Malik, "Teknologi mesin pengering pakaian berbasis limbah tempurung kelapa untuk meningkatkan ekonomi bagi UKM yang bergerak dalam bidang laundry di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru," in *Unri Conference Series: Community Engagement*, vol. 2, pp. 550–558, 2020.

[3] P. Hasbi, A. Ryan, E. S. E. Rumapea, A. N. K. Pane, and S. N. Maulidina, "Smart Clothesline: Arduino-controlled drying system with light and rain detection," *Jurnal Logistica*, vol. 3, no. 2, pp. 70–75, 2025.

[4] B. Bukhari, A. S. Ismy, T. Turmizi, and M. Razi, "Rancang bangun alat pengering pakaian secara otomatis berbasis Internet of Thing," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 4, no. 1, pp. 128–133, 2020.

[5] M. Yahya, Y. Salahudin, and D. Erwanto, "Rancang bangun sistem kontrol kanopi otomatis menggunakan aplikasi Blynk berbasis IoT," *Fuse-Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 119–128, 2025.

[6] M. D. Firdaus and P. F. Ariyani, "Prototipe sistem kanopi otomatis pada tribun sepak bola menggunakan sensor suhu dan sensor hujan berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP8266," in *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, vol. 1, no. 1, pp. 1237–1245, Sep. 2022.

[7] I. Irdawati, *Jemuran Pakaian Otomatis Menggunakan Sensor Raindrop dengan Indikator Kondisi Cuaca Berbasis Internet of Thing (IoT)*, Skripsi, Universitas Sulawesi Barat, 2025.

[8] M. Alzahra and F. Damsi, "Analisis komparatif efektivitas sensor pada sistem jemuran otomatis berbasis mikrokontroler," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, 2025.

[9] D. J. Ritonga and S. D. F. Ritonga, "Rancang bangun sistem jendela otomatis berbasis mikrokontroler," *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 63–72, 2026.

[10] A. Irfan, M. Mulyati, and A. Asmawati, "Strategi meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing bisnis usaha laundry melalui pemanfaatan teknologi modern," *Advances in Management & Financial Reporting*, vol. 3, no. 3, pp. 318–334, 2025.