

RANCANG BANGUN SISTEM IOT BERBASIS MESH UNTUK MONITORING DAN PENYIRAMAN TERKENDALI TANAMAN HORTIKULTURA

RIZKI ACHMAD RIFA'I DWI WARNO



**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem IoT Berbasis Mesh untuk Monitoring dan Penyiraman Terkendali Tanaman Hortikultura” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2026

Rizki Achmad Rifa'i Dwi Warno
J0404221153



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

ABSTRAK

RIZKI ACHMAD RIFA'I DWI WARNO. Rancang Bangun Sistem IoT Berbasis Mesh untuk Monitoring dan Penyiraman Terkendali Tanaman Hortikultura. Dibimbing oleh RIDWAN SISKANDAR

Pemantauan lingkungan tanaman hortikultura di lahan terbuka sulit dilakukan secara manual dan berkelanjutan sehingga diperlukan sistem pemantauan jarak jauh. Penelitian ini bertujuan membangun sistem IoT berbasis jaringan mesh untuk memantau kondisi lingkungan sekaligus mengendalikan penyiraman. Sistem terdiri atas lima *node* ESP32-C3 Mini yang dilengkapi sensor DHT22, BH1750, dan kelembapan tanah kapasitif, serta satu gateway ESP32 WROOM 32U untuk mengendalikan pompa air. Data dikirim melalui *painlessMesh*, disimpan di Firebase, dan ditampilkan pada *dashboard* web. Pengujian dilakukan pada jarak antara 6,2 meter hingga 18,1 meter. Sistem mampu meneruskan data hingga tiga hop dengan Packet Delivery Ratio (PDR) sebesar 96,2% dan delay rata-rata 398,5 milidetik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jaringan mesh dan *dashboard* berfungsi sesuai rancangan, sedangkan kendali penyiraman terbukti bekerja pada mode manual maupun otomatis dengan ambang kendali yang masih menunggu kalibrasi seluruh sensor kelembapan tanah.

Kata kunci: *Internet of Things*, jaringan sensor nirkabel, mesh, *packet delivery ratio*, kendali penyiraman

ABSTRACT

RIZKI ACHMAD RIFA'I DWI WARNO. Design and Development of a Mesh-Based IoT System for Monitoring and Controlled Irrigation of Horticultural Crops. Supervised by RIDWAN SISKANDAR

Monitoring the growing environment of horticultural crops in open fields is difficult to perform manually and on a sustained basis, making a remote monitoring system necessary. This research aims to develop a mesh-based IoT system to monitor environmental conditions and control irrigation. The system consists of five ESP32-C3 Mini *nodes* equipped with DHT22, BH1750, and capacitive soil moisture sensors, as well as one ESP32 WROOM 32U gateway to control the water pump. Data is transmitted via *painlessMesh*, stored in Firebase, and displayed on a web dashboard. Testing was conducted at distances ranging from 6,2 meters to 18,1 meters, during which the system was able to relay data up to three hops with a packet delivery ratio of 96,2% and an average delay of 398,5 milliseconds. These results indicate that the mesh network and the dashboard performed as designed, while irrigation control was demonstrated in both manual and automatic modes, with its threshold still pending calibration of all soil moisture sensors.

Keywords: irrigation control, Internet of Things, mesh, packet delivery ratio, wireless sensor network



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

RANCANG BANGUN SISTEM IOT BERBASIS MESH UNTUK MONITORING DAN PENYIRAMAN TERKENDALI TANAMAN HORTIKULTURA

RIZKI ACHMAD RIFA'I DWI WARNO

Laporan Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer

**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Gema Parasti Mindara, S.Si., M.Kom.

Perpustakaan IPB University



Judul Laporan Akhir : Rancang Bangun Sistem IoT Berbasis Mesh untuk Monitoring dan Penyiraman Terkendali Tanaman Hortikultura

Nama : Rizki Achmad Rifa'I Dwi Warno
NIM : J0404221153

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dr. Ridwan Siskandar, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si.
NPI 201811198611192014

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP 196607171992031003

Tanggal Ujian:
05 September 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah dengan judul “Rancang Bangun Sistem IoT Berbasis Mesh untuk Monitoring dan Penyiraman Terkendali Tanaman Hortikultura” berhasil diselesaikan dan dapat disusun dengan baik. Laporan akhir ini merupakan hasil dari penelitian laporan akhir yang dilaksanakan di Laboratorium Bengkel Elektromekanik Sekolah Vokasi IPB yang dilaksanakan sejak bulan September 2025 sampai bulan Agustus 2026.

Proses penyusunan laporan akhir ini, penulis telah menerima begitu banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada dosen pembimbing Dr. Ridwan Siskandar, S.Si., M.Si. yang dengan sabar memberikan arahan, masukan, serta motivasi sejak tahap perumusan ide hingga penyusunan laporan akhir ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teknisi, laboran, dan seluruh civitas Laboratorium Bengkel Elektromekanik Sekolah Vokasi IPB yang telah memberikan izin, bantuan teknis, dan dukungan sarana prasarana yang digunakan selama pelaksanaan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber semangat utama dalam menjalani perkuliahan dan menyelesaikan laporan akhir ini. Tidak lupa penulis berterima kasih kepada teman-teman lab bengkel serta sahabat dekat, atas kebersamaan, diskusi, dan dukungan yang membantu penulis melewati berbagai proses akademik hingga tahap saat ini. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat nyata bagi pihak yang membutuhkan serta berkontribusi bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, September 2026

Rizki Achmad Rifa'i Dwi Warno



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Budidaya Hortikultura pada Lahan Terbuka	6
2.2 <i>Internet of Things</i> dan Arsitektur Sistem Pemantauan	7
2.3 Jaringan Sensor Nirkabel dan Komunikasi <i>Mesh</i>	7
2.4 Komponen Utama <i>Hardware</i>	10
2.5 Komponen Utama <i>Software</i>	15
III METODE	17
3.1 Perancangan <i>Hardware</i>	18
3.2 Perancangan Jaringan <i>Mesh</i>	21
3.3 Perancangan <i>Software</i>	26
3.4 Integrasi Sistem	28
3.5 Uji Kinerja	29
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 <i>Node</i> Sensor	37
4.2 <i>Gateway</i> dan Aktuator	39
4.3 <i>Dashboard</i> Pemantauan	40
4.4 Pembentukan Topologi Jaringan <i>Mesh</i>	44
4.5 Mekanisme <i>Multi-hop</i>	45
4.6 Mekanisme <i>Acknowledgement</i>	47
4.7 Sinkronisasi Waktu dan Data <i>Gateway</i>	47
4.8 Pemulihan Data saat <i>Gateway</i> Tidak Terjangkau	50
4.9 Uji <i>Delay</i> dan RSSI Pengiriman Data	52
4.10 Uji <i>Packet Loss</i> dan <i>Packet Delivery Ratio</i>	55
4.11 Uji Jumlah <i>Hop</i> dan Perubahan Jalur	58
4.12 Uji Konsumsi Energi <i>Node</i>	59
4.13 Uji Perbandingan Pembacaan Sensor dengan Alat Ukur	63
4.14 Uji Integrasi Data dan <i>Dashboard</i>	68
4.15 Uji Kendali Pompa	69
V SIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Simpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	75

LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Perbandingan topologi jaringan sensor nirkabel	8
2	<i>Hardware</i>	17
3	<i>Software</i>	18
4	Hubungan pin <i>node</i>	19
5	Pembagian <i>role node</i> dan komoditas pada setiap bedengan	22
6	Rancangan pengujian <i>node</i> sensor	32
7	Jarak antar <i>node</i> dan <i>gateway</i>	33
8	Hasil pencatatan jalur mesh	45
9	Jalur multi-hop	46
10	Penanganan cap waktu pada berbagai kondisi operasi <i>gateway</i>	48
11	Ringkasan pengujian pemulihan antrean lokal <i>node</i>	50
12	Cuplikan record hasil pemulihan pada jarak sekitar sepuluh menit	51
13	Konfigurasi dan cakupan pengujian jaringan mesh per <i>node</i>	52
14	RSSI	53
15	<i>Node delay</i>	54
16	<i>Packet loss</i> setiap <i>node</i>	55
17	PDR setiap <i>node</i>	56
18	Ringkasan kinerja jaringan menurut jumlah hop	56
19	Distribusi jumlah hop	58
20	Estimasi konsumsi daya baterai <i>node</i>	60
21	Verifikasi DHT22 terhadap HTC2	64
22	Verifikasi BH1750 terhadap lux meter	65
23	Kalibrasi sensor kelembapan tanah terhadap 3-in-1 Soil Analyzer	66
24	Kesesuaian halaman <i>dashboard</i> dengan sumber data RTDB	69
25	Riwayat pengujian pompa	70

DAFTAR GAMBAR

26	<i>State of the art</i>	4
27	(a) ESP32 Wroom-32U (b) ESP32 C3 Mini	10
28	DHT22	11
29	Sensor kelembapan tanah	11
30	Sensor BH1750	13
31	Modul RTC DS3231	13
32	Baterai lithium-ion 18650	14
33	Resistor	14
34	LM2596	14
35	Relay	15
36	Firebase	15
37	React	16
38	Alur penelitian	18
39	Skematik <i>Node</i>	19
40	<i>Firmware</i> data sensor	20



41	Skematik <i>gateway</i>	21
42	Kode program relay	21
43	Topologi Jaringan	23
44	<i>Payload json node</i>	24
45	Kondisi ACK pada <i>node</i>	25
46	<i>Sleep mode</i>	25
47	<i>Role node</i>	26
48	<i>Flowchart firmware node</i>	26
49	Penerimaan pesan dari <i>node</i>	27
50	Blok diagram	29
51	Denah penempatan <i>node</i> pada lahan pengujian	33
52	Implementasi <i>node</i> sensor (a) tampak depan terbuka (b) tampak depan tertutup	38
53	Implementasi <i>gateway</i> (a) tampak depan terbuka (b) tampak depan tertutup	39
54	Tampilan halaman <i>login</i>	40
55	Tampilan halaman <i>overview</i>	41
56	Tampilan grafik <i>overview</i>	41
57	Tampilan data historis	42
58	Tampilan halaman <i>node map</i>	43
59	Tampilan halaman pompa	43
60	Penurunan level baterai <i>node_2</i> dan <i>node_4</i> pada sesi 2–3 Agustus 2026	61
61	Penurunan level baterai <i>node_1 (leaf)</i> hingga mati, 23–28 Agustus 2026	62
62	Proses pembacaan sensor DHT22 pada suhu dan kelembapan udara	63
63	Proses pembacaan sensor BH1750 pada sinar matahari	65
64	Proses pembacaan sensor kelembapan pada media tanam	66
65	Implementasi persamaan regresi kalibrasi tanah pada fungsi pembacaan kelembapan tanah	67
66	Implementasi koreksi kelembapan udara dan penanganan BH1750	68
67	Tampilan Kontrol Pompa pada <i>Website</i>	70

DAFTAR LAMPIRAN

68	Tampilan halaman <i>overview</i>	81
69	Tampilan halaman <i>log data</i>	81
70	Tampilan halaman <i>node map</i>	82
71	Tampilan <i>node</i> terkoneksi	82
72	Tampilan halaman pompa menyala	83
73	Tampilan halaman mati	83
74	<i>Source code node</i>	83
75	Tampilan <i>source code</i> ESP32	86