

PENGEMBANGAN STASIUN PENYEMPROTAN PESTISIDA TERINTEGRASI UGV UNTUK PENGENDALIAN *ANTHRACNOSE* PADA TANAMAN CABAI

MUHAMMAD FAIZ ASSARIY



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

- 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 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 "Pengembangan Stasiun Penyemprotan Pestisida Terintegrasi UGV untuk Pengendalian *Anthraco*se pada Tanaman Cabai" 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

Muhammad Faiz Assariy
J0404221034



@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.

ABSTRAK

MUHAMMAD FAIZ ASSARIY. Pengembangan Stasiun Penyemprotan Pestisida Terintegrasi UGV untuk Pengendalian *Anthraco*se pada Tanaman Cabai. Dibimbing oleh RIDWAN SISKANDAR.

Antraknosa akibat *Colletotrichum spp.* dapat menurunkan hasil cabai 10–80%, sehingga diperlukan penyemprotan pestisida presisi. Penelitian ini mengembangkan stasiun penyemprotan berbasis ESP32 yang menerima indeks keparahan dari klien pengirim melalui kanal WebSocket secara waktu nyata, dengan *Unmanned Ground Vehicle* sebagai sumber data yang dirancang. Sistem menghitung volume kanopi, memilih tangki berdasarkan ambang keparahan, serta menentukan volume aplikasi dan durasi pompa. Dalam uji jangkauan, asosiasi masih terbentuk sampai 50 m dengan sambungan yang tidak lagi mantap dan tidak terbentuk pada 65 m. Untuk kanopi 300 × 50 × 80 cm, volume target berada di bawah batas bawah volume aman sehingga sistem menetapkan volume aplikasi 180 mL dengan durasi semprot 14,29 s. Pengujian laboratorium memakai air tanpa tanaman uji dan inokulasi patogen. Efektivitas biologis berada di luar lingkup penelitian. Purwarupa menunjukkan kelayakan fungsional sebagai dasar verifikasi lapangan.

Kata kunci: antraknosa, pertanian presisi, stasiun penyemprotan, UGV, *variable rate spraying*.

ABSTRACT

MUHAMMAD FAIZ ASSARIY. Development of a UGV-Integrated Pesticide Spraying Station for Anthracnose Control in Chili Plants. Supervised by RIDWAN SISKANDAR.

Anthraco

se caused by *Colletotrichum spp.* can reduce chili yield by 10–80%, requiring precise pesticide application. This study developed an ESP32-based spraying station that receives a severity index from a sending client over a real-time WebSocket channel, with an *Unmanned Ground Vehicle* as the intended data source. The system calculates canopy volume, selects a tank by severity threshold, and determines application volume and pump duration. During range testing, association still formed up to 50 m, though the link was no longer steady, and did not form at 65 m. For a 300 × 50 × 80 cm canopy, the target volume fell below the lower safety bound, so the system set the application volume at 180 mL with a 14.29 s spray duration. Laboratory testing used water without test plants or pathogen inoculation. Biological efficacy was outside the scope. The prototype demonstrated functional feasibility as a basis for field verification.

Keywords: anthracnose, precision agriculture, spraying station, UGV, *variable rate spraying*.



@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.

© 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.

PENGEMBANGAN STASIUN PENYEMPROTAN PESTISIDA TERINTEGRASI UGV UNTUK PENGENDALIAN *ANTHRACNOSE* PADA TANAMAN CABAI

MUHAMMAD FAIZ ASSARIY

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

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.

Judul Laporan Akhir : Pengembangan Stasiun Penyemprotan Pestisida
Terintegrasi UGV untuk Pengendalian *Anthraxnose* pada
Tanaman Cabai

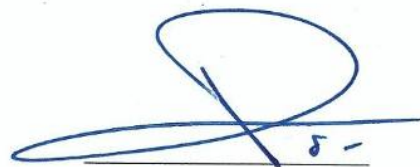
Nama : Muhammad Faiz Assariy

NIM : J0404221034

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:
15 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



@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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga laporan proyek akhir ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan Mei 2026 ini dengan judul “Pengembangan Stasiun Penyemprotan Pestisida Terintegrasi UGV untuk Pengendalian *Anthraco* pada Tanaman Cabai” telah diselesaikan.

Ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Ridwan Siskandar, S.Si., M.Si. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran serta arahan selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan proyek akhir ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berharga. Penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan staf Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor.

Selama menulis laporan proyek akhir, penulis mengerti bahwa penting untuk memiliki pemahaman menuangkan hal-hal teknis yang baku dan sulit diungkapkan ke dalam tulisan yang mudah dimengerti pembaca. Di samping itu, kesulitan dalam berekspresi berbentuk tulisan merupakan tantangan sebagai orang teknis - terbiasa merancang dan memandu hal-hal teknis di lapangan. Untuk itu, laporan proyek akhir ini membuat penulis lebih sensitif dan peka terhadap segala proses yang terjadi dan pihak-pihak terlibat di dalamnya, serta bentuk-bentuknya: kesabaran, keraguan, serta perasaan-perasaan yang muncul dalam prosesnya. Sehingga, penulis juga menyadari bahwa pekerjaan ini tidak pernah benar-benar dikerjakan sendiri. Di balik setiap pengujian ada tangan yang membantu memegang alat, ada pertanyaan yang membuka jalan keluar, dan ada doa yang tidak pernah terdengar tetapi selalu menyertai. Kepada semua pihak tersebut, penulis menyampaikan terima kasih yang tidak cukup diwakili oleh satu paragraf ini.

Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan proyek akhir ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, September 2026

Muhammad Faiz Assariy



@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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
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 Tanaman Cabai	5
2.2 Pertanian Presisi	7
2.3 Canopy <i>Spraying</i> dan Teknik Misting	9
2.4 Arsitektur Sistem Terdistribusi	10
2.5 Perangkat Keras Stasiun Penyemprotan	11
III METODE	18
3.1 Perancangan	22
3.2 Pengujian Kinerja	51
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1 Prototipe Stasiun Penyemprotan	57
4.2 Hardware	58
4.3 Software	62
4.4 Komunikasi Nirkabel	66
4.5 Logika Penyemprotan	68
4.6 Mekanik	73
4.7 Sistem Terintegrasi	75
V SIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Simpulan	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	83
RIWAYAT HIDUP	107



DAFTAR TABEL

1	State-of-the-Art Penelitian Pengendalian Penyakit Berbasis Presisi	4
2	Komparasi platform komputasi untuk sistem IoT pertanian	12
3	Komparasi protokol komunikasi nirkabel untuk sistem IoT pertanian	12
4	Kebutuhan fungsionalitas alat	20
5	Kebutuhan perangkat lunak	21
6	<i>Bill of Materials</i> stasiun penyemprotan statis subsistem struktur	21
7	<i>Bill of Materials</i> stasiun penyemprotan statis subsistem elektronik	22
8	Pemetaan GPIO ESP32 ke komponen aktuator dan antarmuka	26
9	<i>Libraries</i> yang digunakan pada <i>firmware</i>	28
10	Status operasi <i>firmware</i> dan kondisi transisi	28
11	<i>Endpoint</i> HTTP untuk sinkronisasi waktu dan penyajian <i>dashboard</i> web	34
12	Daftar nama <i>payload</i> JSON	35
13	Parameter logika penyemprotan pada konfigurasi pengujian yang tersimpan pada NVS	40
14	Logika seleksi tangki berdasarkan <i>severity index</i>	42
15	Perbandingan material rangka untuk stasiun penyemprotan	46
16	Alat-alat pengujian	51
17	Variabel uji dan parameter konfigurasi pada pengujian logika penyemprotan	54
18	Skenario dan nilai harapan pengujian fungsional stasiun penyemprotan	54
19	Matriks tujuan-metode-data-indikator	55
20	Indikator keberhasilan fungsional sistem	56
21	Spesifikasi teknis stasiun penyemprotan pestisida	57
22	Hasil pengukuran RSSI kanal Wi-Fi 2,4 GHz terhadap jarak	67
23	Parameter dan hasil perhitungan volume aplikasi pada konfigurasi kanopi referensi	69
24	Seleksi tangki terverifikasi dan volume aplikasi terhitung berdasarkan <i>severity index</i>	69
25	Keluaran <i>firmware</i> pada konfigurasi kanopi referensi	70
26	Volume keluaran aktual terhadap volume perintah sebelum dan sesudah pembersihan <i>nozzle</i>	71
27	Hasil pengujian sistem terintegrasi	75

DAFTAR GAMBAR

1	Siklus antraknosa	6
2	Mozaik keluaran deteksi model YOLOv8 pada 16 citra buah cabai	7
3	Konfigurasi penyemprotan kanopi dengan <i>boom</i> bernozle banyak yang diarahkan ke bawah pada pertanaman padi	10
4	Modul mikrokontroler ESP32 DevKitC-32U	13
5	Adaptor AC-DC switching 12 V 10 A	13
6	Modul konverter DC-DC step-down LM2596	14
7	Komponen aktuasi pada stasiun penyemprotan	14
8	Komponen antarmuka dan monitoring pada stasiun penyemprotan	15

9	Nozzle misting yang terhubung dengan <i>fitting pneumatic</i>	16
10	Diagram alur prosedur penelitian	18
11	Diagram Input-Process-Output sistem penyemprotan presisi	19
12	Arsitektur sistem penyemprotan presisi	23
13	Diagram pengkabelan sistem stasiun penyemprotan	25
14	Render 3D Custom PCB Shield ESP32 tampak isometrik	26
15	Skematik elektronik Custom PCB Shield ESP32	26
16	Layout Custom PCB Shield ESP32	27
17	Alur kerja <i>global firmware</i> stasiun penyemprotan	29
18	Logika penyemprotan pada <i>firmware</i> stasiun penyemprotan	30
19	Struktur non-blocking <i>state machine</i> pada fungsi utama	30
20	Rancangan antarmuka OLED yang mencakup kedua status	31
21	Sketsa kartu <i>dashboard</i> web	32
22	Topologi koneksi antara pengguna, UGV, dan stasiun	33
23	Konfigurasi dan inisialisasi koneksi Wi-Fi ESP32 sebagai <i>station</i> ke <i>access point</i> UGV	34
24	Penetapan peran klien <i>controller</i> dan <i>viewer</i> pada event koneksi WebSocket	37
25	Validasi perintah stop dan jeda antarperintah pada penanganan WebSocket	37
26	Struktur <i>payload</i> JSON perintah penyemprotan yang dikirim UGV ke ESP32 melalui WebSocket	38
27	Struktur <i>payload</i> JSON status sistem yang di-broadcast ESP32 ke seluruh klien WebSocket	38
28	Struktur <i>payload</i> JSON <i>config</i> yang dikirim ESP32 ke klien WebSocket	38
29	Struktur <i>payload</i> JSON <i>role</i> yang menetapkan peran klien <i>controller</i> atau <i>viewer</i>	39
30	Struktur <i>payload</i> JSON <i>command_rejected</i> beserta alasan penolakan perintah	39
31	Perhitungan volume target, volume aplikasi, dan durasi pompa	40
32	Geometri penyemprotan <i>misting</i>	41
33	Rancangan tiga struktur stasiun penyemprotan: Rangka Stasiun (kabinet tangki), Rangka Basis (dudukan pompa), dan Rangka Penyemprotan (<i>boom nozzle</i>)	45
34	Rangka Basis berukuran 600 × 400 × 500 mm dari besi <i>hollow</i> sebagai dudukan pompa DC	46
35	Rangka Stasiun berukuran 500 × 500 × 2.205 mm dari besi siku 40 × 40 mm	47
36	Rangka Penyemprotan berukuran 3.000 × 550 × 1.100 mm dari pipa PVC 1/2 inci dengan sepuluh <i>nozzle misting</i> berjarak 32,5 cm	47
37	Rancangan <i>casing</i> panel kontrol tampak atas beserta penempatan Custom PCB Shield ESP32 dan modul relay 8-channel	48
38	Diagram sistem plumbing	48
39	Skema bedengan dan volume kanopi terkonfigurasi	51
40	Purwarupa stasiun penyemprotan statis	57
41	Panel kontrol stasiun penyemprotan	59
42	Custom PCB Shield FR-4 double-layer berwarna hitam sebelum pemasangan komponen	59

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

43	(a) Tampak luar instalasi tiga solenoid valve NC 12 V dan (b) Tampak dalam pada saluran keluar tangki dengan <i>valve ball</i>	60
44	Sepuluh <i>nozzle misting</i> tipe cone 60° dengan orifis 0,5 mm stainless-steel pada pipa distribusi PVC ½ inci	60
45	Tampilan OLED SSD1306 menampilkan status stasiun dan waktu RTC	61
46	Indikator lampu pilot menyala saat kanal solenoid dan pompa aktif pada mode penyemprotan	61
47	Diagram status mesin keadaan (<i>state machine</i>) <i>firmware</i> ESP32 untuk logika penyemprotan	63
48	Tampilan <i>dashboard</i> web pada ESP32 dalam mode <i>controller</i>	64
49	Tampilan <i>dashboard</i> web pada ESP32	65
50	<i>Payload</i> JSON konfigurasi parameter (<i>updateConfig</i>) yang dikirim dari UGV ke stasiun penyemprotan melalui WebSocket untuk memperbarui parameter operasional secara <i>runtime</i>	66
51	Denah lokasi pengujian jangkauan komunikasi nirkabel beserta jarak dan hasil pembacaan pada setiap titik ukur	66
52	Contoh pengukuran akumulasi dari 10 <i>nozzle</i> dengan gelas beaker	71
53	Contoh <i>nozzle</i> pada keadaan semburat bagus (a) dan kurang bagus (b).	72
54	Uji statis rangka stasiun pada beban penuh dengan tiga jerigen HDPE 20 L terisi air penuh dan <i>union ball valve</i> terbuka	74
55	Pengukuran tinggi pemasangan <i>nozzle</i> dari permukaan tanah, ujung <i>nozzle</i> berada sedikit di atas tanda 100 cm pada meteran	74

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram pengawatan stasiun penyemprotan	85
2	Spesifikasi komponen utama sistem	85
3	Kode <i>firmware</i> ESP32 v5.04	86
4	Diagram alir <i>firmware</i> ESP32	97
5	Contoh citra persepsi tanaman cabai	98
6	Dekode perhitungan logika penyemprotan	99
7	Gambar teknik stasiun	100