

PENGEMBANGAN *PROTOTYPE* SISTEM *CRASHBELL* DIGITAL BERBASIS IOT UNTUK Mendukung Komunikasi DARURAT ANTARA POS ARFF DAN TOWER AIRNAV

HEXANIA NURUL RIZKIA PUTRI



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

@Hak cipta milik IPB University

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 PROYEK AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Akhir dengan judul “Pengembangan *Prototype* Sistem *Crashbell* Digital Berbasis IoT untuk Mendukung Komunikasi Darurat antara Posko ARFF dan Tower AirNav” 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, Juli 2026

Hexania Nurul Rizkia Putri
J0404221042



@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

HEXANIA NURUL RIZKIA PUTRI. Pengembangan *Prototype* Sistem *Crashbell* Digital Berbasis IoT untuk Mendukung Komunikasi Darurat antara Posko ARFF dan Tower AirNav. Dibimbing oleh MUHAMMAD NASIR.

Komunikasi darurat antara Posko *Airport Rescue and Fire Fighting* (ARFF) dan Tower AirNav berperan penting dalam mendukung respons keadaan darurat di bandar udara. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *prototype* sistem *crashbell digital* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul Ethernet W5500 dengan komunikasi TCP/IP pada jaringan Ethernet. Sistem menerapkan konsep *event-driven communication* sehingga setiap unit dapat mengirim dan menerima event secara dua arah tanpa bergantung pada pusat kendali. Selain komunikasi darurat, sistem dilengkapi *emergency monitoring* berbasis *web* dan notifikasi Telegram. Penelitian dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis kinerja menggunakan parameter *latency* dan *delivery rate*. Hasil pengujian menunjukkan *prototype* mencapai *delivery rate* sebesar 99,23% dengan rata-rata *latency* sebesar 19,27 ms, yang menunjukkan komunikasi data berlangsung andal dan responsif. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi alternatif komunikasi darurat berbasis TCP/IP yang lebih modern dan terintegrasi di lingkungan bandar udara.

Kata kunci: ARFF, *crashbell digital*, ESP32, Ethernet W5500, *Internet of Things*.

ABSTRACT

HEXANIA NURUL RIZKIA PUTRI. Development of an IoT-Based Digital Crashbell Prototype for Supporting Emergency Communication Between the ARFF Station and AirNav Tower. Supervised by MUHAMMAD NASIR.

Emergency communication between the Airport Rescue and Fire Fighting (ARFF) Station and the AirNav Tower is essential for supporting rapid airport emergency response. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based digital crashbell prototype using an ESP32 microcontroller and a W5500 Ethernet module communicating through the TCP/IP protocol over an Ethernet network. The system implements an event-driven communication approach, allowing each unit to send and receive events bidirectionally without relying on a central controller. In addition to emergency communication, the system provides a web-based monitoring emergency and Telegram notifications for realtime monitoring. The research consisted of needs analysis, design, implementation, testing, and performance evaluation using latency and delivery rate parameters. The prototype achieved a 99.23% delivery rate with an average latency of 19.27 ms, indicating reliable and responsive data communication. Therefore, the proPoskoed system can serve as a modern and integrated TCP/IP-based alternative for airport emergency communication.

Keywords: ARFF, *Digital Crashbell*, ESP32, Ethernet W5500, *Internet of Things* (IoT).



@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.



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.



@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

PENGEMBANGAN *PROTOTYPE* SISTEM *CRASHBELL* DIGITAL BERBASIS IOT UNTUK Mendukung Komunikasi Darurat Antara Pos ARFF dan Tower AirNav

HEXANIA NURUL RIZKIA PUTRI

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: Faldiena Marcelita, S.T., M.Kom.



Judul Laporan Akhir : Pengembangan *Prototype* Sistem *Crashbell* Digital berbasis IoT untuk Mendukung Komunikasi Darurat antara Pos ARFF dan Tower AirNav

Nama : Hexania Nurul Rizkia Putri

NIM : J0404221042

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing:
Muhammad Nasir, S.T., M.Kom.

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 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir yang berjudul "Pengembangan *Prototype* Sistem *Crashbell* Digital Berbasis IoT untuk Mendukung Komunikasi Darurat antara Posko ARFF dan Tower AirNav" dengan baik. Laporan akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi, IPB University.

Dalam proses penyusunan laporan akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, doa, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Muhammad Nasir, S.T., M.Kom., selaku dosen pembimbing laporan akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan, motivasi, dan bimbingan selama proses penyusunan laporan akhir hingga selesai.
2. Bapak dan Ibu dosen pembimbing lapang di Bandara Halim Perdanakusuma yang telah memberikan kesempatan, arahan, ilmu, serta pengalaman selama pelaksanaan penelitian dan pengambilan data di lapangan.
3. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi IPB University yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pelayanan selama masa perkuliahan.
4. Kedua orang tua, seluruh keluarga, serta orang-orang terkasih yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, semangat, dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan studi.
5. Teman-teman Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, sahabat, serta rekan-rekan yang telah memberikan bantuan, dukungan, motivasi, dan kebersamaan selama proses perkuliahan hingga penyusunan laporan akhir ini.
6. Diri penulis sendiri yang telah berusaha, bertahan, dan tidak menyerah dalam menghadapi setiap tantangan selama proses penyusunan laporan akhir ini. Setiap proses yang dilalui menjadi pembelajaran berharga untuk terus berkembang dan menjadi pribadi yang lebih baik.

Penulis menyadari bahwa laporan akhir ini masih memiliki keterbatasan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini. Semoga laporan akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sistem komunikasi darurat berbasis *Internet of Things* (IoT), serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Bogor, Juli 2026

Hexania Nurul Rizkia Putri

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bandara Halim Perdanakusuma	4
2.2 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	5
2.3 Mikrokontroler ESP32	5
2.4 Modul Ethernet W5500	6
2.5 Ethernet dan TCP/IP	6
2.6 <i>Event-driven Communication</i>	7
2.7 Sistem <i>Crashbell digital</i>	7
2.8 Komponen Pendukung	8
2.9 Parameter Kinerja Sistem	10
2.10 Penelitian Terdahulu	11
III METODE PENELITIAN	13
3.1 Lokasi dan Waktu	13
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	13
3.3 Prosedur Kerja	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Analisis Kebutuhan	18
4.2 Hasil Perancangan Sistem	19
4.3 Hasil Implementasi	37
4.4 Hasil Pengujian Sistem	47
4.5 Hasil Pengambilan Data	48
4.6 Hasil Pengolahan Data	51
V SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Simpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	61
RIWAYAT HIDUP	71



DAFTAR TABEL

1	Penelitian terdahulu	11
2	Kebutuhan perangkat keras	18
3	Kebutuhan perangkat lunak	19
4	Kebutuhan fungsional sistem	32
5	<i>Monitoring</i>	35
6	<i>Crash incidents</i>	36
7	<i>Users</i>	36
8	Log insiden <i>crashbell</i>	47
9	Data pengukuran <i>latency</i> (20 Sampel)	49
10	Hasil pengukuran <i>delivery rate</i>	51
11	Statistik deskriptif <i>latency</i>	52

DAFTAR GAMBAR

1	Mikrokontroler ESP32	5
2	Modul Ethernet W5500	6
3	Relay	8
4	<i>Push button</i>	8
5	<i>Alarm bell</i>	9
6	Hi-Link	9
7	Snubber RC	9
8	Router	10
9	Sensor tegangan	10
10	Prosedur kerja	15
11	Arsitektur sistem	20
12	Blok diagram	23
13	<i>Flowchart</i> Node A	25
14	<i>Flowchart</i> Node B	27
15	Skematik rangkaian	28
16	<i>Casing</i> (a) tampak atas belakang (b) tampak atas depan (c) tampak atas (d) tampak belakang (e) tampak depan	30
17	<i>User interface web monitoring</i>	31
18	<i>Use case diagram</i>	33
19	Struktur database	34
20	Implementasi rangkaian	37
21	Implementasi komponen	38
22	Instalasi rangkaian	38
23	Node a dan b terhubung	39
24	Node a terhubung ke wifi	39
25	<i>Database</i>	40
26	Struktur database	40
27	Tabel <i>monitoring</i>	41
28	Tabel <i>crash_incidents</i>	41
29	Tabel <i>users</i>	42



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.

30	Halaman <i>login</i>	43
31	<i>Dashboard monitoring</i>	43
32	Grafik <i>latency</i>	44
33	Transmission data logging	45
34	Crashbell data logging	46
35	Notifikasi telegram	46
36	<i>Delivery rate</i>	52
37	Grafik <i>latency</i>	53

DAFTAR LAMPIRAN

1	Observasi kondisi eksisting <i>crashbell</i>	63
2	Firmware Node A (<i>Dual Network</i>)	63
3	Firmware Node B (<i>Single Network</i>)	65
4	Kode program <i>backend web server</i>	66
5	Kode program <i>frontend dashboard</i>	69