

**RANCANG BANGUN SISTEM *POSITION TRACKING*
MENGUNAKAN *BLUETOOTH LOW ENERGY* DAN *PEOPLE
DETECTION* BERBASIS CCTV PADA KEHADIRAN
MAHASISWA**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh:

Zenita Aina Rifania

221441048



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFaktur DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFaktur BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul
Rancang Bangun Sistem *Position Tracking* Menggunakan *Bluetooth Low Energy* dan *People Detection* Berbasis CCTV pada Kehadiran Mahasiswa

Oleh:
Zenita Aina Rifania
221441048

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 04 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing 1,



Abdur Rohman Harits M. S.Si., M.T.

NIP. 198803132019031009

Pembimbing 2,

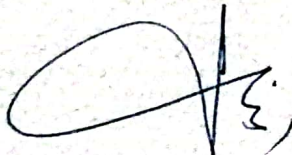


Sarosa Castrena Abadi S.Pd., M.T.

NIP. 198702252020121001

Disahkan,

Penguji 1

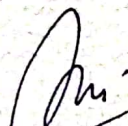


Dr. Setyawan Ajie Sukarno,

S.S.T., M.Sc.Tech.

NIP.198004282008102001

Penguji 2

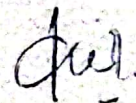


Nuryanti, S.T.,

M.Sc.

NIP. 197604262009122002

Penguji 3



Dini Hadiani, S.Pd.,

M.Pd.

NIP.197506122005012005

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zenita Aina Rifania
NIM : 221441048
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem *Position Tracking* Menggunakan *Bluetooth Low Energy* dan *People Detection* Berbasis CCTV pada Kehadiran Mahasiswa

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 04-08-2025

(Zenita Aina Rifania)
NIM 221441048

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Nama : Zenita Aina Rifania
NIM : 2214410458
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem *Position Tracking* Menggunakan *Bluetooth Low Energy* dan *People Detection* Berbasis CCTV pada Kehadiran Mahasiswa

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 04-08-2025

(Zenita Aina Rifania)
NIM 221441048

MOTO PRIBADI

Berangkat dengan penuh keyakinan. Berjalan dengan penuh keikhlasan dan Istiqomah dalam menghadapi cobaan. Hanya kepada Allah saya mengabdikan, memohon ampunan dan pertolongannya.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, Adik dan yang terkasih, juga teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Rancang Bangun Sistem *Position Tracking* Menggunakan *Bluetooth Low Energy* dan *People Detection* Berbasis CCTV pada Kehadiran Mahasiswa”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.St., M.Eng.
3. Ketua Program Studi , Ibu Nuryanti, S.T., M.T.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Abdur Rohman Harits M, S.Si., M.T. dan Bapak Sarosa Castrena Abadi, S.Pd., M.T.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.S.T., M.Sc.Tech., Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc. dan Ibu Dini Hadiani, S.Pd., M.Pd.
6. Panitia tugas akhir Bapak Rizqi Aji Pratama, M.Pd.

7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Arisma dan Bapak Budi Hermansyah yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk yang terkasih, Rahmat Hidayat yang selalu menemani serta membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Untuk Adik saya Alif Shidiq Atariq yang telah mendukung penulis.
10. Untuk sahabat – sahabat penulis Tika, Hana, Kometa, yang selalu memberi dukungan kepada penulis.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 04 Agustus 2025

Penulis

ABSTRAK

Kehadiran mahasiswa merupakan indikator penting dalam proses pembelajaran dan evaluasi program pendidikan namun, pelanggaran terkait ketidakhadiran fisik mahasiswa, khususnya dalam kegiatan praktikum yang menuntut kehadiran penuh di laboratorium masih sering terjadi. Metode absensi manual seringkali rentan terhadap manipulasi, kehilangan data, dan tidak dapat memverifikasi kehadiran fisik secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring kehadiran mahasiswa secara otomatis dengan menggabungkan teknologi *Position Tracking* dengan *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan sistem *People Detection* berbasis CCTV. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan akurasi monitoring kehadiran melalui integrasi data titik posisi dan deteksi fisik mahasiswa. Sistem dikembangkan dengan Python sebagai komponen utama untuk pemrosesan sinyal RSSI dari BLE dan analisis visual berbasis CCTV. Node-RED digunakan sebagai antarmuka visual dan pengatur alur data, yang terhubung melalui protokol MQTT. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini mampu mendeteksi posisi tag BLE yang memanfaatkan metode Trilaterasi dengan akurasi rata-rata 84,33% dan *error* estimasi jarak sebesar 15,67% terhadap posisi sebenarnya. Penggunaan Kalman Filter terbukti efektif meredam *noise* sinyal RSSI dari kartu BLE. Untuk deteksi orang menggunakan YOLOv11 menunjukkan tingkat akurasi tinggi, yaitu 98,89% untuk 3 objek, 96,67% untuk 6 objek, dan 89,67% untuk 10 objek, terdapat sedikit penurunan akurasi pada kepadatan objek tinggi yang disebabkan oleh *occlusion* dan keterbatasan jangkauan kamera. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti efektif dan dapat diandalkan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi monitoring kehadiran.

Kata kunci: *Bluetooth Low Energy, People Detection, CCTV Monitoring, Indoor Positioning System*

ABSTRACT

Student attendance is an important indicator in the learning process and the evaluation of educational programs however, violations related to the physical absence of students particularly in practicum activities that require full presence in the laboratory still frequently occur. Manual attendance methods are often prone to manipulation, data loss, and cannot verify physical presence in real-time. This research aims to develop an automated student attendance monitoring system by integrating Bluetooth Low Energy (BLE)-based Position Tracking technology and CCTV-based People Detection. The system is designed to enhance attendance accuracy by combining positional data with physical detection of students. The system is developed using Python as the main component for processing RSSI signals from BLE and visual analysis from CCTV. Node-RED is employed as the visual interface and data flow controller, connected via the MQTT protocol. Based on the test results, the system demonstrates the capability to detect BLE tag positions using the Trilateration method with an average accuracy of 84.33% and a distance estimation error of 15.67% relative to the actual position. The implementation of the Kalman Filter proved effective in reducing RSSI signal noise from the BLE tags. For people detection, YOLOv11 demonstrated high accuracy levels: 98.89% for 3 subjects, 96.67% for 6 subjects, and 89.67% for 10 subjects. However, a slight decrease in accuracy was observed at high object densities due to occlusion and camera range limitations. Overall, the system proved effective and reliable in enhancing the accuracy and efficiency of attendance monitoring.

Keywords: *Bluetooth Low Energy, People Detection, CCTV Monitoring, Indoor Positioning System*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Batasan Masalah.....	4
I.4 Tujuan dan Manfaat	4
I.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	1
II.1 Tinjauan Teori.....	1
II.1.1 Bluetooth Low Energy	1
II.1.2 Kalman Filter	2
II.1.3 Path Loss	6
II.1.4 Trilaterasi	7
II.1.5 <i>Machine Learning</i>	10
II.1.6 YOLO.....	11
II.1.7 Python	14
II.1.8 Node JS	15
II.1.9 Node Red.....	15
II.2 Tinjauan Alat.....	16

II.2.1	BLE Gateway G1 Minew.....	16
II.2.2	Kartu BLE iBeacon Minew.....	17
II.2.3	CCTV POE.....	18
II.2.4	Switch POE.....	19
II.2.5	Jetson Nano.....	20
II.2.6	Monitor PC.....	21
II.2.7	Sepiker.....	22
II.3	Studi Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH		1
III.1	Metode Penelitian.....	1
III.1.1	Pendefinisian Tugas dan Tuntutan.....	3
III.2	Perancangan Sistem.....	3
III.2.1	Gambaran Umum Sistem.....	3
III.2.2	Desain Alat.....	5
III.2.3	Analisis Mini PC.....	8
III.2.4	Spesifikasi Software dan Library yang digunakan.....	9
III.3	Implementasi Perancangan.....	9
III.3.1	Perancangan Sitem Deteksi Orang (CCTV).....	9
III.3.2	Perancangan Sistem Penentuan Posisi (BLE).....	14
III.4	Skema Pengujian Alat.....	19
III.4.1	Pengujian Nilai <i>Confidence</i> terhadap variasi jarak.....	19
III.4.2	Pengujian Akurasi Sistem Deteksi Orang terhadap Objek Non-Manusia. 19	
III.4.3	Pengujian Akurasi Sistem Penghitungan Jumlah Mahasiswa Berdasarkan Variasi Jumlah Objek.....	20
III.4.4	Pengujian Sinyal RSSI dengan Kalman Filter.....	20
III.4.5	Pengujian Akurasi Perhitungan Jarak Tag terhadap BLE Gateway	21
III.4.6	Pengujian Titik Prediksi terhadap Titik Sebenarnya.....	22
III.4.7	Pengujian Pengaruh Kalman Filter terhadap kecepatan Perubahan titik posisi Mahasiswa.....	22
III.4.8	Pengujian Skema Utama.....	23
III.4.9	Metode Evaluasi Sistem.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		1
IV.1	Pengujian Nilai <i>Confidence</i> terhadap variasi jarak.....	1

IV.1.1	Hasil Pengujian Pada Area A.....	2
IV.1.2	Hasil Pengujian Pada Area B.....	4
IV.1.3	Hasil Pengujian Pada Area C.....	6
IV.2	Pengujian Akurasi Sistem Deteksi Orang terhadap Objek NonManusia	8
IV.3	Pengujian Akurasi Sistem Penghitungan Jumlah Mahasiswa Berdasarkan Variasi Jumlah Objek.....	10
IV.4	Pengujian Penggunaan Kalman Filter pada Sinyal RSSI.....	14
IV.5	Pengujian Akurasi Perhitungan Jarak Tag terhadap BLE <i>Gateway</i>	16
IV.6	Pengujian Akurasi Titik Posisi Prediksi terhadap Titik Posisi Sebenarnya.....	32
IV.6.1	Pengujian Titik Posisi dengan 1 Tag.....	33
IV.6.2	Pengujian Titik Posisi dengan 2 Tag.....	36
IV.6.3	Pengujian Titik Posisi dengan 3 Ibeacon.....	40
IV.7	Pengujian Pengaruh Kalman Filter terhadap kecepatan Perubahan titik posisi Mahasiswa.....	43
IV.7.1	Pengujian tanpa Kalman Filter.....	44
IV.7.2	Pengujian dengan 1x Kalman Filter.....	45
IV.7.3	Pengujian dengan 3x Kalman Filter.....	46
IV.8	Pengujian Fungsi Alat.....	47
IV.8.1	Klasifikasi keberadaan mahasiswa di dalam Laboratorium.....	48
IV.8.2	Menghitung jumlah mahasiswa yang berada di dalam Laboratorium.....	48
IV.8.3	Melacak posisi Tag milik mahasiswa di dalam Laboratorium.....	50
IV.8.4	Menghitung jumlah Tag milik mahasiswa di dalam Laboratorium	50
IV.8.5	Mengetahui identitas mahasiswa yang berada di dalam Laboratorium.....	51
IV.8.6	Sepiker warning sebagai peringatan ketika terjadi pelanggaran ...	51
IV.8.7	Mengintegrasikan sistem deteksi dengan interface.....	52
IV.9	Pengujian Skema Utama.....	53
BAB V PENUTUP.....		1
V.1	Kesimpulan.....	1
V.2	Saran.....	2
DAFTAR PUSTAKA.....		vii
LAMPIRAN.....		x

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Sistem Kerja Bluetooth Low Energy.....	1
Gambar II. 2 Perbandingan antara sinyal RSSI dan jarak.....	6
Gambar II. 3 Metode Trilaterasi pada Bluetooth	8
Gambar II. 4 Beberapa Jenis Algoritma pada <i>Machine Learning</i>	10
Gambar II. 5 Diagram Algoritma YOLO.....	11
Gambar II. 6 Pembentukan Grid pada YOLO	12
Gambar II. 7 Pembuatan Bounding Box	12
Gambar II. 8 Persamaan Intersection Over Union	13
Gambar II. 9 Plot Bounding Box Berdasarkan Hasil NMS	13
Gambar II. 10 Ilustrasi CNN Pada YOLO	13
Gambar II. 11 Dimensi BLE <i>Gateway</i> G1 Minew.....	16
Gambar II. 12 Ibeacon BLE	18
Gambar II. 13 IPC-HFW1230S1-A-S5.....	19
Gambar II. 14 4 Port Fast Ethernet Unmanaged POE Switch.	20
Gambar II. 15 Board NVIDIA Jetson Nano Developer Kit	20
Gambar II. 16 Monitor PC	22
Gambar III. 1 Diagram Alur Metode Waterfall	1
Gambar III. 2 Diagram Alur Penyelesaian Masalah	1
Gambar III. 3 Gambaran Umum Sistem	4
Gambar III. 4 Wiring Diagram.....	5
Gambar III. 5 Diagram Alir Sistem Deteksi Orang dengan CCTV	10
Gambar III. 6 Folder Dataset	11
Gambar III. 7 Diagram Alir Pelatihan Model YOLO	12
Gambar III. 8 Proses training model pada Google Colab	13
Gambar III. 9 Model training YOLOv11	13
Gambar III. 10 Proses Deteksi Algoritma YOLO.....	14
Gambar III. 11 Data yang diterima oleh BLE <i>gateway</i> dari kartu BLE	14
Gambar III. 12 Denah dan Area Pengujian.....	15
Gambar III. 13 Diagram Alir Sistem Pemantauan Posisi Tag BLE Mahasiswa...	16
Gambar III. 14 Diagram Alir Program Perhitungan Prediksi Jarak.....	17

Gambar III. 15 Diagram Alir Program Python untuk Algoritma Trilaterasi	18
Gambar III. 16 Node Kalman filter pada Node Red	21
Gambar III. 17 Confussion Matrix.....	25
Gambar IV. 1 Ilustrasi Lingkungan Pengujian	1
Gambar IV. 2 Kondisi Lingkungan Pengujian.....	2
Gambar IV. 3 Grafik Hasil Pengujian pada Area A Objek Pertama.....	2
Gambar IV. 4 Grafik Hasil Pengujian pada Area A Objek Kedua	3
Gambar IV. 5 Grafik Hasil Pengujian pada Area A Objek Ketiga	3
Gambar IV. 6 Grafik Hasil Pengujian pada Area B Objek Pertama	4
Gambar IV. 7 Grafik Hasil Pengujian pada Area B Objek Kedua.....	4
Gambar IV. 8 Grafik Hasil Pengujian pada Area B Objek Ketiga	5
Gambar IV. 9 Grafik Hasil Pengujian pada Area C Objek Pertama	6
Gambar IV. 10 Grafik Hasil Pengujian pada Area C Objek Kedua.....	6
Gambar IV. 11 Grafik Hasil Pengujian pada Area C Objek Ketiga	7
Gambar IV. 12 Grafik Hasil Pengujian Akurasi Sistem Perhitungan Jumlah Objek	13
Gambar IV. 13 Grafik Hasil Pengujian Penggunaan Kalman Filter pada Sinyal RSSI	15
Gambar IV. 14 Sketsa Jangkauan BLE <i>Gateway</i> di Lab. Mikroprosesor.....	33
Gambar IV. 15 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian A.....	33
Gambar IV. 16 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian B	34
Gambar IV. 17 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian C	34
Gambar IV. 18 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian D.....	35
Gambar IV. 19 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian E	36
Gambar IV. 20 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian A.....	36
Gambar IV. 21 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian B	37
Gambar IV. 22 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian C	38
Gambar IV. 23 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian D.....	38
Gambar IV. 24 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian E	39
Gambar IV. 25 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian A.....	40
Gambar IV. 26 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian B	40
Gambar IV. 27 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian C	41

Gambar IV. 28 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian D.....	42
Gambar IV. 29 Hasil Estimasi Posisi pada Titik pengujian E	43
Gambar IV. 30 Hasil Perhitungan Jumlah Tag Terdeteksi	51
Gambar IV. 31 Tampilan Antarmuka yang menampilkan identitas Mahasiswa ..	51

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Studi Penelitian Terdahulu	23
Tabel III. 1 Tuntutan Sistem	3
Tabel III. 2 Fitur Antarmuka Website.....	8
Tabel III. 3 Spesifikasi Umum Mini PC	8
Tabel III. 4 Spesifikasi Software dan library yang digunakan.....	9
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Sistem Deteksi Orang Terhadap Objek Non-Manusia	8
Tabel IV. 2 Pengujian Akurasi Sistem Penghitungan Jumlah Mahasiswa dengan 3 Objek.....	10
Tabel IV. 3 Pengujian Akurasi Sistem Penghitungan Jumlah Mahasiswa dengan 6 Objek.....	11
Tabel IV. 4 Pengujian Akurasi Sistem Penghitungan Jumlah Mahasiswa dengan 10 Objek.....	12
Tabel IV. 5 Hasil pembacaan RSSI terhadap pembacaan RSSI yang telah terfilter menggunakan Kalman Filter	14
Tabel IV. 6 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 1 dalam pengujian jarak 1 meter.....	17
Tabel IV. 7 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 1 dalam pengujian jarak 2 meter.....	18
Tabel IV. 8 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 1 dalam pengujian jarak 3 meter.....	19
Tabel IV. 9 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 1 dalam pengujian jarak 4 meter.....	20
Tabel IV. 10 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 1 dalam pengujian jarak 5 meter.....	21
Tabel IV. 11 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 2 dalam pengujian jarak 1 meter.....	22
Tabel IV. 12 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 2 dalam pengujian jarak 2 meter.....	23
Tabel IV. 13 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 2 dalam pengujian jarak 3 meter.....	24

Tabel IV. 14 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 2 dalam pengujian jarak 4 meter.....	25
Tabel IV. 15 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 2 dalam pengujian jarak 5 meter.....	26
Tabel IV. 16 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 3 dalam pengujian jarak 1 meter.....	27
Tabel IV. 17 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 3 dalam pengujian jarak 2 meter.....	28
Tabel IV. 18 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 3 dalam pengujian jarak 3 meter.....	29
Tabel IV. 19 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 3 dalam pengujian jarak 4 meter.....	30
Tabel IV. 20 Hasil Pengukuran jarak kartu BLE 1 terhadap BLE gateway 3 dalam pengujian jarak 5 meter.....	31
Tabel IV. 21 Hasil Pengukuran Error jarak estimasi kartu BLE terhadap gateway	32
Tabel IV. 22 Hasil Pengukuran jarak 1 Tag terhadap BLE gateway	33
Tabel IV. 23 Hasil Pengukuran jarak 1 Tag terhadap BLE gateway	34
Tabel IV. 24 Hasil Pengukuran jarak 1 Tag terhadap BLE gateway	35
Tabel IV. 25 Hasil Pengukuran jarak 1 Tag terhadap BLE gateway	35
Tabel IV. 26 Hasil Pengukuran jarak 1 Tag terhadap BLE gateway	36
Tabel IV. 27 Hasil Pengukuran jarak 2 Tag terhadap BLE gateway	37
Tabel IV. 28 Hasil Pengukuran jarak 2 Tag terhadap BLE gateway	37
Tabel IV. 29 Hasil Pengukuran jarak 2 Tag terhadap BLE gateway	38
Tabel IV. 30 Hasil Pengukuran jarak 2 Tag terhadap BLE gateway	39
Tabel IV. 31 Hasil Pengukuran jarak 2 Tag terhadap BLE gateway	39
Tabel IV. 32 Hasil Pengukuran jarak 3 Tag terhadap BLE gateway	40
Tabel IV. 33 Hasil Pengukuran jarak 3 Tag terhadap BLE gateway	41
Tabel IV. 34 Hasil Pengukuran jarak 3 Tag terhadap BLE gateway	42
Tabel IV. 35 Hasil Pengukuran jarak 3 Tag terhadap BLE gateway	42
Tabel IV. 36 Hasil Pengukuran jarak 3 Tag terhadap BLE gateway	43
Tabel IV. 37 Hasil Pengujian kecepatan Respon sistem tanpa Kalman Filter.....	44

Tabel IV. 38 Hasil Pengujian kecepatan Respon sistem dengan 1x Kalman Filter	45
Tabel IV. 39 Hasil Pengujian kecepatan Respon sistem dengan 3x Kalman Filter	46
Tabel IV. 40 Kesimpulan Hasil Pengujian.....	46
Tabel IV. 41 Capaian Tugas dan Tuntutan Sistem	47
Tabel IV. 42 Capaian Klasifikasi Keberadaan Objek	48
Tabel IV. 43 Capaian Sistem perhitungan Jumlah Objek	49
Tabel IV. 44 Capaian Sistem People Tracking	50
Tabel IV. 45 Pengujian Alarm Warning	52
Tabel IV. 46 Tampilan Interface	52
Tabel IV. 47 Pengujian Skema Utama	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Masukan Data RSSI terdeteksi *Gateway* dalam Pengujian Sistem

Lampiran 2 Video Pengujian Sistem

Lampiran 3 Video Pengujian Keseluruhan Sistem

Lampiran 4 Program Sistem

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

BLE	=	<i>Bluetooth Low Energy</i>
RSSI	=	<i>Received Signal Strength Indicator</i>
UUID	=	<i>Universally Unique Identifier</i>
GPS	=	<i>Global Positioning System</i>
CCTV	=	<i>Closed-Circuit Television</i>
YOLO	=	<i>You Only Look Once</i>
CNN	=	<i>Convolutional Neural Network</i>
NMS	=	<i>Non Max Suppression</i>
AI	=	<i>Artificial Intelligence</i>
IoT	=	<i>Internet of Things</i>
mAP	=	<i>Mean Average Precision for object detection</i>
IoU	=	<i>Intersection over Union</i>
CUDA	=	<i>Compute Unified Device Architecture</i>
CPU	=	<i>Central Processing Unit</i>
GPU	=	<i>Graphics Processing Unit</i>
USB	=	<i>Universal Serial Bus</i>
MQTT	=	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
RTSP	=	<i>Real-Time Streaming Protocol</i>
API	=	<i>Application Programming Interface</i>
HTTP	=	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
TCP	=	<i>Transmission Control Protocol</i>
PoE	=	<i>Power over Ethernet</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Salah satu aspek penting dalam proses pembelajaran adalah memastikan kehadiran mahasiswa. Terbukti bahwa kehadiran mahasiswa tidak hanya mencerminkan komitmen mereka terhadap pembelajaran, tetapi juga menjadi bagian dari indikator keberhasilan suatu program Pendidikan [1]. Sistem pemantauan kehadiran adalah salah satu metode untuk memantau partisipasi mahasiswa dalam proses pembelajaran dan sebagai alat bagi dosen serta institusi untuk melakukan evaluasi terhadap efektivitas proses pembelajaran yang dilakukan. Namun, metode absensi manual seperti tanda tangan atau finger print sering kali memiliki kelemahan, seperti risiko manipulasi data, kehilangan atau kerusakan catatan fisik [2], serta ketidakmampuan untuk memastikan kehadiran fisik mahasiswa secara langsung. Selain itu, sistem manual tidak mendukung pemantauan kehadiran secara *real-time*, yang dapat menghambat responsivitas institusi dalam menangani masalah kehadiran [3].

Permasalahan ini semakin terlihat dalam kegiatan praktikum di Politeknik Manufaktur Bandung, di mana kedisiplinan menjadi hal yang sangat penting. Praktikum sering kali memiliki durasi yang lebih panjang dibandingkan dengan sesi perkuliahan biasa, dan mahasiswa diharuskan untuk tetap berada di dalam laboratorium selama kegiatan berlangsung. Namun, kenyataannya masih banyak mahasiswa yang melanggar aturan dengan keluar laboratorium sebelum waktu yang ditentukan, baik untuk beristirahat maupun alasan lainnya. Hal ini tidak hanya mengganggu kelancaran proses praktikum, tetapi juga berdampak pada hasil pembelajaran yang diharapkan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem pemantauan yang mampu memastikan kehadiran fisik mahasiswa secara *real-time*.

Salah satu metode yang telah dikembangkan adalah penggunaan sistem pelacakan posisi berbasis *Bluetooth Low Energy* (BLE). Sistem pelacakan posisi berbasis BLE telah banyak digunakan untuk melacak keberadaan suatu objek, termasuk manusia. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Sabda, sistem tersebut dapat

mendeteksi pergerakan orang yang membawa Kartu berbasis BLE di dalam gedung yang divisualisasikan ke dalam bentuk indoor maps sebagai output. Untuk menstabilkan dan meningkatkan akurasi pada pengukuran sinyal *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) digunakan algoritma Kalman filter dan Trilaterasi untuk menentukan posisi Kartu BLE [4]. Namun, sistem ini hanya berfokus pada pelacakan posisi berdasarkan sinyal BLE tanpa memperhatikan verifikasi kehadiran fisik mahasiswa. Sehingga adanya kemungkinan mahasiswa meninggalkan ruangan namun Kartu BLE miliknya tetap berada di dalam ruangan. Akibatnya, data posisi yang dihasilkan tidak dapat dijadikan sebagai tolak ukur yang sepenuhnya dapat diandalkan untuk mengevaluasi tingkat kehadiran mahasiswa.

Berdasarkan masalah tersebut penulis menawarkan solusi monitoring kehadiran mahasiswa melalui pengembangan sistem yang mampu mendeteksi keberadaan fisik seseorang secara langsung dengan menggabungkan sistem pelacakan posisi berbasis BLE dan *people detection* berbasis CCTV. *People detection* berbasis CCTV dapat mendeteksi keberadaan fisik seseorang di dalam suatu area yang telah ditentukan [5]. Penggunaan kedua pendekatan ini, diharapkan akurasi monitoring mahasiswa dapat meningkat baik dari sisi lokasi maupun keberadaan visual. penelitian ini menggunakan *Deep Learning* dengan algoritma *You Only Look Once* (YOLO) untuk mendeteksi keberadaan mahasiswa, dengan menggunakan YOLO sistem dapat mendeteksi dan memantau objek secara *real-time* [6].

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan Algoritma ini. Pada penelitian yang dilakukan E. Najavi telah digunakan Algoritma YOLOv3 dengan hasil yang efektif untuk deteksi orang dan analisis pola pergerakan dalam lingkungan publik, namun masih terdapat keterbatasan dalam kondisi pencahayaan yang buruk, lingkungan yang sangat padat, dan keterbatasan pada perangkat keras [7]. Penelitian oleh H. Naili berhasil mencapai rata-rata akurasi 80,5% dan nilai F1 sebesar 87,78% dengan menggunakan YOLOv5 untuk deteksi orang di area ekskavator, namun masih memiliki keterbatasan pada akurasi deteksi objek kecil, jarak jauh, pencahayaan buruk, serta keterbatasan dataset yang kurang bervariasi [8]. Penelitian oleh N. Dwi menunjukkan bahwa YOLOv8 merupakan sistem yang mendeteksi objek secara *real-time* dengan nilai akurasi model sebenar 87,56% dan nilai presisi cukup rendah sekitar 83,74% [9]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut,

akan digunakan YOLOv11 dalam penelitian ini guna Menganalisis keunggulan akurasi dan efisiensinya dalam deteksi objek secara *real-time*.

Menggabungkan sistem *position tracking* berbasis BLE dan *people detection* berbasis CCTV diharapkan dapat menghasilkan sistem pemantauan kehadiran mahasiswa yang lebih akurat dan andal. Sistem ini dapat mendeteksi keberadaan mahasiswa berdasarkan sinyal BLE [4] dan memverifikasi kehadirannya melalui visualisasi dari kamera CCTV. Jika sinyal BLE terdeteksi namun tidak ada deteksi fisik pada kamera, maka dapat diasumsikan bahwa mahasiswa tersebut tidak berada di ruangan. Sebaliknya, jika ada deteksi fisik namun sinyal BLE tidak terdeteksi, maka perlu dilakukan pengecekan lebih lanjut untuk memastikan identitas mahasiswa tersebut. Sistem ini juga dilengkapi dengan antarmuka berbasis web yang menampilkan posisi dari Kartu BLE dan streaming dari CCTV, yang memfasilitasi pemantauan kehadiran mahasiswa secara *real-time*, dan memastikan data yang akurat.

Dengan demikian, kolaborasi antara sistem pelacakan berbasis BLE dan *people detection* berbasis CCTV diharapkan dapat menjadi solusi yang tepat untuk permasalahan pemantauan kehadiran mahasiswa. Sistem ini tidak hanya meningkatkan akurasi data kehadiran, tetapi juga dapat memonitoring kehadiran fisik mahasiswa di dalam kelas. Data-data ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti evaluasi pembelajaran, pengembangan kurikulum, dan optimalisasi penggunaan ruang kelas.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tugas akhir tersebut, didapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana Rancang Bangun Sistem *Position Tracking* dengan *Bluetooth Low Energy* dan *People Detection* berbasis CCTV?
2. Bagaimana data kehadiran mahasiswa yang diperoleh dari perangkat BLE dan data kehadiran fisik mahasiswa oleh CCTV diintegrasikan dan ditampilkan pada sistem monitoring kehadiran mahasiswa berbasis Node-red?
3. Bagaimana tingkat akurasi koordinat posisi Kartu BLE dan deteksi orang dengan algoritma YOLOv11 ?

I.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, bahasan akan dibatasi dengan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem menggunakan iBeacon sebagai BLE tag dan tiga *access point* BLE sebagai anchor untuk pelacakan posisi.
2. Menggunakan metode Trilaterasi dalam sistem *Position Tracking* dan menggunakan *Deep Learning* dengan algoritma YOLOv11 dalam sistem *People Detection*.
3. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mikroprosesor Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika Polman Bandung, dengan keterangan kondisi sebagai berikut:
 - a. Penempatan CCTV berada di atas.
 - b. Kamera memiliki keterbatasan jangkauan, sehingga objek yang berada di pojok ruangan atau tepat di bawah kamera kemungkinan tidak terdeteksi.
4. Parameter yang diamati mencakup koordinat posisi BLE tag dan jumlah orang terdeteksi.
5. CCTV hanya mendeteksi kehadiran fisik, tanpa identifikasi individu.
6. Tampilan antarmuka sistem dikembangkan menggunakan Node-RED, dengan visualisasi CCTV dan peta pelacakan ditampilkan secara terpisah.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari dibuatnya tugas akhir ini antara lain seperti berikut:

1. Merancang sistem *Position Tracking* dengan BLE dan *People Detection* berbasis CCTV.
2. Melakukan integrasi antara data kehadiran mahasiswa dari perangkat BLE dan data kehadiran fisik mahasiswa dari CCTV ke dalam sistem monitoring berbasis Node-red.
3. Menguji tingkat akurasi koordinat posisi Kartu BLE dan deteksi orang dengan algoritma YOLOv11.

Manfaat dilaksanakan tugas akhir ini antara lain seperti berikut:

1. Untuk memastikan dan memantau Kehadiran Fisik mahasiswa selama pembelajaran di dalam kelas secara *real-time*.
2. Untuk membantu institusi mengambil tindakan segera terhadap ketidakhadiran atau pelanggaran yang terjadi.
3. Sebagai sumber literatur baru di bidang otomasi.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem, perancangan sistem dan perencanaan pengujian.

BAB IV HASIL IMPLEMENTASI DAN ANALISIS, berisi hasil pengujian pada beberapa domain dan pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian lebih lanjut.