

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proyek konstruksi merupakan salah satu sektor yang memiliki tingkat kompleksitas kerja dan risiko bahaya yang tinggi. Aktivitas di lapangan seperti bekerja di ketinggian, mengoperasikan alat berat, serta berinteraksi dengan material bangunan, sering kali menimbulkan potensi kecelakaan yang sulit diprediksi [1]. Angka kecelakaan kerja, menurut informasi yang diperoleh dari Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS), mengalami peningkatan signifikan dari 114.235 kejadian pada tahun 2019 menjadi 177.161 kejadian pada tahun 2020 [2]. Perilaku yang berisiko, situasi tidak aman, manajemen dan organisasi, faktor manusia, faktor pekerjaan, dan faktor eksternal adalah beberapa penyebab yang menjadi faktor kecelakaan jatuh dari ketinggian. Penanganan yang kurang sigap juga berpengaruh terhadap angka kematian akibat kecelakaan kerja. Tingginya angka kematian akibat kecelakaan kerja dapat menyebabkan kerugian material, jiwa, dan waktu yang nantinya akan berdampak pada keberlangsungan proyek tersebut [3].

Berbagai macam upaya meningkatkan keselamatan pekerja konstruksi, protokol dan perangkat keselamatan standar telah diterapkan. *Safety body harness* alat pelindung diri (APD) yang dikenakan untuk melindungi pekerja dari kecelakaan akibat jatuh dari ketinggian. Alat tersebut mengikat seluruh tubuh termasuk bahu, dada, panggul, dan paha dan dirancang untuk menahan beban secara merata ke bagian tubuh yang lebih kuat, sehingga meminimalkan cedera serius [4]. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kekurangan seperti pendeteksian kecelakaan kerja yang kurang maksimal, keterlambatan saat evakuasi korban akibat proyek konstruksi yang luas sehingga korban kecelakaan sulit untuk ditemukan [5]. Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memberi deteksi adanya korban jatuh dari ketinggian serta melacak keberadaan korban kecelakaan merupakan solusi bagi permasalahan tersebut. *Safety body harness* dapat digunakan di industri yang membutuhkan kerja pada ketinggian, seperti konstruksi, dan manufaktur. Untuk meningkatkan keamanan pekerja konstruksi, penelitian

sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring yang menggunakan sensor dan sistem komunikasi terintegrasi. Menurut penelitian [6], pekerja konstruksi dapat menggunakan sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang memiliki fitur seperti GPS, sensor asap, tombol penyelesaian tugas, dan sistem notifikasi darurat. Sistem monitoring lainnya memiliki sensor yang mengamati kondisi fisik pekerja konstruksi dan mengirimkan pemberitahuan melalui *server admin* [7].

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan hardware berupa sensor gerak seperti MPU6050 yang berfungsi untuk mengetahui percepatan gerak sebuah objek dan mengukur rotasi perputaran suatu objek dengan menggunakan sensor akselerometer dan sensor *gyroscope* [8]. Selain itu terdapat sensor ketinggian yaitu *bmp280* yang dapat mendeteksi ketinggian agar sistem mudah mendeteksi kondisi pekerja. Sensor sensor tersebut yang nantinya akan mendeteksi apakah orang tersebut mengalami kecelakaan kerja terjatuh dari ketinggian dengan menggunakan metode *Decision tree* dengan pendekatan CART. Metode tersebut digunakan karena mampu mengenali pola dari data sensor secara otomatis tanpa harus menentukan aturan secara manual. Berbagai *input* data memiliki karakteristik yang bervariasi dan saling berkaitan, sehingga sulit diklasifikasikan secara akurat menggunakan logika sederhana [9]. *Decision Tree* dengan algoritma *Classification and Regression Tree* (CART). Pemilihan metode Decision Tree pada penelitian ini mempertimbangkan kebutuhan sistem untuk melakukan klasifikasi data sensor secara cepat. Berdasarkan penelitian [10] Decision Tree menunjukkan waktu deteksi paling rendah dibandingkan Random Forest, SVM, dan KNN, yaitu sebesar 0,0012 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa Decision Tree memiliki potensi untuk diterapkan pada sistem yang membutuhkan proses klasifikasi dengan waktu respon yang cepat. Model CART mampu menentukan keputusan berdasarkan aturan yang jelas, sehingga hasil klasifikasi dapat dianalisis dengan baik [11]. *Output* dari sensor gerak merupakan data yang akan dikirimkan dari sistem ke server dengan menggunakan modul LoRa SX1278 sebagai transmisi sinyal. Penggunaan LoRa sebagai transmisi pengiriman data dikarenakan pada lokasi pembangunan konstruksi tidak memungkinkan untuk pemasangan WiFi, akan memerlukan waktu untuk pemasangan dan memungkinkan mengganggu waktu kerja

para pekerja konstruksi, sehingga LoRa dipergunakan karena memiliki jangkauan yang sangat luas, hingga beberapa kilometer[12].

Sistem ini juga dilengkapi dengan *Global Positioning System* (GPS) yang berfungsi untuk mengetahui lokasi para pekerja. Data lokasi dan data deteksi terjadi kecelakaan kerja akan diolah oleh mikrokontroler untuk dikirimkan ke *web* melalui *database* agar dapat diakses oleh tim K3. Ketika sistem mendeteksi terjatuh dari web akan mengeluarkan alarm suara yang nantinya akan memudahkan proses evakuasi. Inovasi ini akan mempermudah tim K3 dalam mengetahui posisi kecelakaan kerja serta mempercepat proses penanganan medis.

1.2. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan bentuk penegasan keaslian karya yang akan dibuat guna menghindari plagiarisme terhadap karya orang lain. Tabel 1.1. menunjukkan beberapa referensi guna menunjang penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Jatuh Pada Pekerja Konstruksi Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Metode *Decision Tree*”.

Tabel 1.1. Penelitian terdahulu.

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
1	<i>Feasibility Analysis of Using Channel State Information (CSI) Acquired from Wi-Fi Routers for Construction Worker Fall Detection</i>	Runhao Guo, Heng Li, Dongliang Han, Runze Liu.	2023
2	Smart Helmet untuk Monitoring Pekerja Konstruksi Menggunakan ESP32 dan LoRa Berbasis IoT.	Hadi Supriyanto, Ismail Rokhim, Vincent Eliezer.	2024
3	<i>Wearable Fall Detection System with Real-Time Localization and Notification Capabilities</i>	Chin-Kun Tseng, Shi-Jia Huang, Lih-Jen Kau	2025
4	Pengembangan Deteksi Jatuh pada Manusia Menggunakan Metode Threshold Berbasis Data Akselerometer pada Smartphone	Mardi Hardjianto, Agnes Aryasanti	2024
5	Perancangan Aplikasi Deteksi Jatuh Otomatis Smartphone	Wildan Khoirul Fikri, Muhammad	2026

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
	Berbasis Sensor Accelerometer, Gyroscope, Dan Gravity Menggunakan Framework Flutter	Encep, Budhi Gunadharma.	

Berdasarkan Tabel 1.1. pada penelitian pertama terdapat penelitian pada sebuah sistem deteksi jatuh pada pekerja konstruksi dengan memanfaatkan *Channel State Information* (CSI) yang diperoleh dari *router* Wi-Fi komersial sebagai media pemantauan. Dalam penelitian tersebut, data CSI dikumpulkan dari enam pekerja konstruksi pada lingkungan proyek konstruksi nyata dengan total 360 aktivitas yang meliputi jatuh, berjalan, duduk, berdiri, melompat, dan berbaring. Data yang diperoleh kemudian melalui tahap prapemrosesan menggunakan median filter untuk mengurangi noise sebelum diklasifikasikan menggunakan metode Bidirectional Long Short-Term Memory (BLSTM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan amplitudo sinyal CSI memiliki hubungan yang kuat dengan aktivitas pekerja, sehingga sistem mampu membedakan aktivitas jatuh dengan aktivitas lain secara akurat. Metode yang diusulkan berhasil mencapai akurasi deteksi jatuh sebesar 99%, menunjukkan bahwa pemanfaatan sinyal Wi-Fi komersial memiliki potensi sebagai solusi pemantauan keselamatan pekerja konstruksi yang bersifat non-invasif, berbiaya rendah, menjaga privasi, serta mampu melakukan pemantauan secara terus-menerus pada lingkungan kerja konstruksi [13].

Pada penelitian kedua membahas tentang rancangan dengan konsep sistem dimana menjelaskan rancangan helm pintar yang berfungsi memantau keselamatan pekerja konstruksi secara *real-time*. Helm ini menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi jatuh, memantau orientasi, serta gerakan tubuh pekerja. Data dikirim melalui ESP32 yang terhubung dengan modul LoRa SX1278 *transmitter* ke *receiver* dan divisualisasikan lewat web server agar pengawas dapat memantau kondisi pekerja dari jarak jauh [7].

Pada penelitian ketiga bertujuan mengembangkan alat pendeteksi jatuh yang dapat dipakai untuk membantu proses penyelamatan ketika seseorang

mengalami kecelakaan, terutama di luar ruangan. Peneliti membuat sebuah perangkat yang terdiri dari mikrokontroler, sensor inersia, modul GPS, dan NB-IoT sebagai media komunikasi. Sensor digunakan untuk membaca gerakan tubuh pengguna, sedangkan GPS menentukan lokasi kejadian apabila terjadi jatuh. Penelitian ini menggunakan algoritma sederhana berbasis Finite State Machine (FSM). Sistem diuji menggunakan 15 partisipan dengan total 6.750 data, yang terdiri dari 6.000 aktivitas sehari-hari (berjalan, berlari, duduk, naik turun tangga, melompat, dan sebagainya) serta 750 data kejadian jatuh dari berbagai arah. Ketika sistem mendeteksi adanya kejadian jatuh, perangkat akan mengirimkan notifikasi beserta koordinat GPS secara otomatis melalui jaringan NB-IoT ke server sehingga keluarga atau petugas dapat segera mengetahui lokasi korban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan sangat baik dengan akurasi sebesar 99,7%, sensitivitas 97,9%, dan spesifisitas 99,9%, sehingga dinilai efektif untuk digunakan sebagai sistem pemantauan keselamatan secara real-time di lingkungan luar ruangan [14].

Pada penelitian ke empat bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi jatuh yang mampu membedakan aktivitas jatuh dengan aktivitas berlari menggunakan sensor akselerometer yang terdapat pada smartphone. Penelitian ini menggunakan metode threshold dengan memanfaatkan parameter nilai threshold atas (TH1), threshold bawah (TH2), waktu pengamatan (T1 dan T2), serta parameter tambahan berupa jumlah kemunculan nilai resultan akselerasi di atas threshold (CNT). Pengujian dilakukan terhadap delapan relawan yang melakukan lima jenis gerakan jatuh dan enam aktivitas normal, kemudian kinerja sistem dievaluasi menggunakan confusion matrix dengan parameter akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang dikembangkan mampu mencapai nilai akurasi sebesar 99,2%, sensitivitas 100%, dan spesifisitas 98,7%, sehingga mampu meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan gerakan jatuh dan berlari dibandingkan penelitian sebelumnya [15].

Pada penelitian ke lima bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan aplikasi deteksi jatuh pada smartphone dengan memanfaatkan sensor accelerometer, gyroscope, dan gravity. Penelitian ini

menggunakan metode Prototype sebagai metode pengembangan sistem, sedangkan proses deteksi jatuh dilakukan menggunakan metode threshold-based detection dengan menghitung nilai Signal Vector Magnitude (SVM) dari data sensor. Sistem yang dikembangkan mampu memproses data sensor secara real-time, menampilkan notifikasi ketika terjadi kejadian jatuh, serta menyimpan riwayat hasil deteksi pada penyimpanan lokal smartphone. Pengujian sistem dilakukan menggunakan 60 skenario, yang terdiri atas 30 skenario jatuh dan 30 skenario tidak jatuh. Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan Confusion Matrix dengan parameter accuracy, precision, dan recall. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memperoleh nilai accuracy sebesar 85%, precision sebesar 83,9%, dan recall sebesar 86,7%. Peneliti menyimpulkan bahwa kombinasi sensor accelerometer, gyroscope, dan gravity mampu mendeteksi kejadian jatuh pada smartphone secara real-time tanpa memerlukan perangkat tambahan [16].

Melalui beberapa penelitian terdahulu, penelitian ini menggabungkan konsep antara penelitian satu dan dua yaitu dengan merancang sistem monitoring untuk mendeteksi kecelakaan kerja akibat jatu dari ketinggian, tetapi menggunakan media yang berbeda. Penelitian ini menggunakan safety body harness sebagai medianya, selain itu penelitian ini menggunakan beberapa sensor yang nantinya akan diintegrasikan dengan modul LoRa agar komunikasi antara sistem dan server tidak terhambat karena tidak adanya Wifi. Data yang dikirimkan oleh LoRa *transmitter* ke LoRa *receiver* akan di ditampilkan ke web server dan jika terjadi kecelakaan kerja. Server akan mengirimkan notifikasi menggunakan *website* ke pada tim K3 agar memudahkan dalam proses penanganan.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dalam penelitian tugas akhir ini rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun sistem deteksi kecelakaan pekerja konstruksi berbasis IoT menggunakan metode *Decision Tree*?
2. Bagaimana kinerja dari sistem deteksi kecelakaan pekerja konstruksi berbasis IoT menggunakan metode *Decision Tree*?

1.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat penelitian dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1.4.1. Tujuan

Tujuan tugas akhir ini diantaranya sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem deteksi jatuh pada pekerja konstruksi berbasis IoT menggunakan metode *Decision Tree*.
2. Menguji dan menganalisis kinerja sistem deteksi jatuh pada pekerja konstruksi berbasis IoT menggunakan metode *Decision Tree*.

1.4.2. Manfaat

Manfaat tugas akhir ini diantaranya sebagai berikut:

1. Manfaat akademik

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro, khususnya dalam penerapan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk keselamatan kerja. Melalui perancangan sistem deteksi ini akademisi dapat memahami integrasi antara sensor gerak, GPS, dan modul komunikasi LoRa dalam sistem deteksi, dan juga diharapkan dapat memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar strata 1 di Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.

2. Manfaat praktis

Sistem monitoring yang dirancang dapat membantu meningkatkan keselamatan pekerja konstruksi dengan memberikan deteksi dini terhadap kecelakaan jatuh dari ketinggian serta mengirimkan informasi lokasi secara otomatis kepada tim K3. Inovasi ini dapat mempercepat proses evakuasi dan penanganan medis di lapangan. Selain itu, sistem ini juga dapat diterapkan secara luas di berbagai sektor berisiko tinggi seperti pertambangan, industri manufaktur, dan proyek infrastruktur.

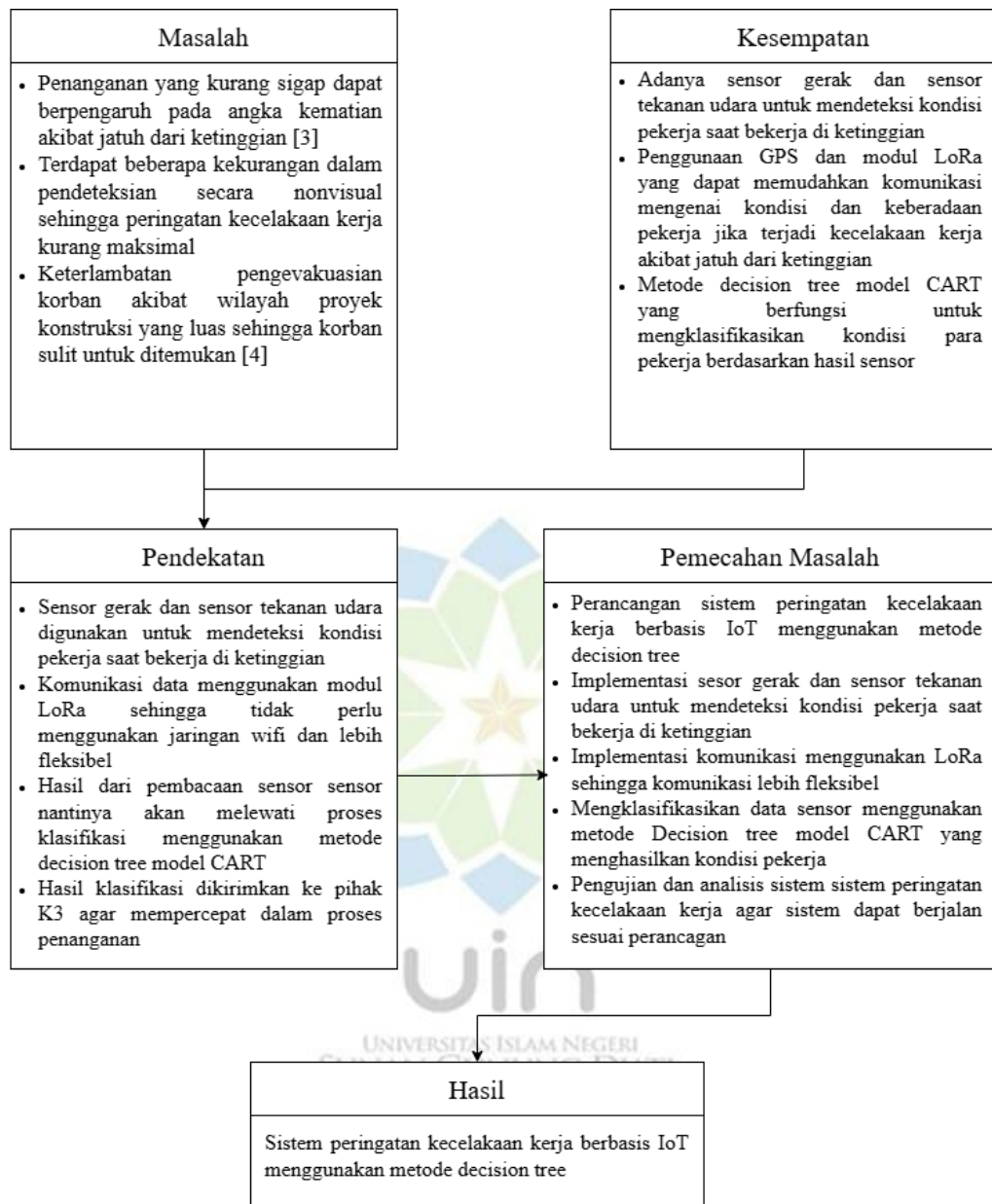
1.5. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih fokus, ada beberapa batasan yang ditetapkan yaitu:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada sistem deteksi yang ditujukan untuk pekerja konstruksi.
2. Penelitian ini hanya ditujukan untuk kecelakaan kerja jatuh dari ketinggian.
3. Sistem pengiriman data menggunakan modul LoRa 433 Mhz sebagai media komunikasinya
4. Sistem deteksi yang dikembangkan menggunakan tiga jenis sensor utama yaitu, sensor *gyroscope* untuk mengukur rotasi perputaran suatu objek dan sensor akselerometer untuk mengetahui percepatan gerak sebuah objek, dan sensor ketinggian mendeteksi sensor ketinggian untuk mengetahui ketinggian pada sistem agar sistem mudah mendeteksi jatuh dari ketinggian.
5. Sistem pada penelitian ini hanya memberikan informasi deteksi jatuh kepada pihak K3
6. Sistem yang digunakan pada penelitian ini hanya untuk 1 pengguna saja
7. Sistem pengiriman data melalui aplikasi web sederhana.
8. Sistem memiliki batasan penggunaan pada area kerja dengan kondisi pekerja berada di permukaan tanah.
9. Pengambilan keputusan menggunakan metode *Decision Tree* model CART.

1.6. Kerangka Berpikir

Kerangka pemikiran penelitian ini di jelaskan pada Gambar 1.1. di bawah ini.



1.7. Sistematika Penulisan

Pendekatan sistematis penulisan ini mencakup tiga bab. Berikut adalah sistem penulisan tugas akhir pada penelitian ini:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian, penelitian terdahulu, perumusan masalah, tujuan serta manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka berfikir dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini menjelaskan tentang teori yang menjadi dasar dari penelitian dan penulisan tugas akhir tentang “Rancang Bangun Sistem Deteksi Jatuh Pada Pekerja Konstruksi Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Metode *Decision Tree*”.

BAB III METODOLOGI DAN JADWAL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tahap - tahap penelitian dalam penyusunan tugas akhir ini.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini menguraikan proses perancangan dan Rancang Bangun Sistem Deteksi Jatuh Pada Pekerja Konstruksi Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Metode *Decision Tree*. Pembahasan meliputi perancangan Sistem, perancangan Wiring sistem, perancangan interface web, perancangan, Perancangan model deteksi, serta implementasi keseluruhan sistem yang telah dirancang.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini menguraikan hasil pengujian dan analisis sistem yang telah dibuat. Pengujian meliputi pengujian perangkat keras, pengujian sensor, pengujian evaluasi model decision tree, pengujian web, pengujian keseluruhan sistem, serta pengujian sistem deteksi jatuh. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi jatuh pada kecelakaan jatuh dari ketinggian