

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini memasuki fase ageing population, dimana proporsi penduduk lanjut usia (lansia) terus mengalami peningkatan yang signifikan. Jumlah penduduk lansia di Indonesia mencapai 32,57 juta jiwa atau setara dengan 11,49% dari total populasi. Angka ini diperkirakan akan terus meningkat hingga mencapai 20,31% atau sekitar 66 juta jiwa pada tahun 2045. Peningkatan jumlah lansia ini merupakan indikator keberhasilan pembangunan ekonomi dan kesehatan yang berhasil meningkatkan angka harapan hidup masyarakat. Namun demikian, peningkatan populasi lansia juga membawa tantangan baru dalam penyediaan layanan kesehatan dan fasilitas pendukung yang memadai (*statistik-penduduk-lanjut-usia-2024*, 2024).

Proses penuaan yang dialami lansia menyebabkan berbagai perubahan fisiologis yang berdampak pada kemampuan mobilitas fisik mereka. Perubahan fisik tersebut meliputi penurunan kekuatan otot, penurunan keseimbangan, gangguan penglihatan, dan penurunan fungsi sensorik yang keseluruhan dapat membatasi kemandirian lansia dalam memenuhi aktivitas sehari-hari (Christina dkk., 2025). Gangguan mobilitas fisik merupakan salah satu masalah kesehatan yang sering dialami lansia dan menjadi faktor risiko utama terjadinya kejadian jatuh. Kejadian jatuh pada lansia bukan hanya menyebabkan cedera fisik seperti luka, patah tulang, atau gangguan mobilitas, tetapi juga berdampak psikologis berupa kecemasan, hilangnya kepercayaan diri, pembatasan aktivitas, dan penurunan kualitas hidup secara keseluruhan (Pambudi & Leonardo, 2023).

Lansia seringkali digambarkan sebagai kelompok penduduk yang rentan. Terdapat tiga faktor utama yang menjadikan lansia rentan, yaitu tidak lagi produktif secara ekonomi, masalah kesehatan, dan kebutuhan pendamping sebagai pengasuh (caregiver). Permasalahan lanjut usia pada umumnya terjadi dengan menurunnya derajat kesehatan dan fungsi-fungsi motorik. Seiring bertambahnya usia, lansia secara alamiah mengalami penurunan fungsi fisiologis dan kognitif yang membuat mereka rentan terhadap berbagai

masalah kesehatan. Hal yang perlu diperhatikan dalam mengantisipasi peningkatan lansia adalah memastikan angka harapan hidup sehat turut mengalami peningkatan (Girsang dkk., 2025).

Dalam upaya meningkatkan keamanan dan kemandirian mobilitas lansia, diperlukan solusi teknologi yang dapat membantu mereka mendeteksi hambatan di sekitar lingkungan dan memberikan peringatan dini untuk mencegah kejadian jatuh. Tongkat merupakan alat bantu mobilitas yang paling umum digunakan oleh lansia, namun tongkat konvensional memiliki keterbatasan karena hanya berfungsi sebagai penyangga tubuh tanpa kemampuan untuk mendeteksi rintangan atau memberikan informasi tentang kondisi lingkungan sekitar. Keterbatasan ini menjadi masalah terutama bagi lansia dengan gangguan penglihatan atau mobilitas terbatas yang memerlukan bantuan tambahan untuk berjalan dengan aman (Wani Lestari & Imnadir, 2022).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dan sensor elektronik membuka peluang untuk mengembangkan alat bantu mobilitas yang lebih canggih dan efektif. Beberapa penelitian telah mengembangkan tongkat pintar yang dilengkapi dengan berbagai sensor untuk mendeteksi hambatan dan memberikan peringatan kepada pengguna. Penelitian Kurniawan (2019) tentang alat bantu jalan sensorik bagi tunanetra menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan tingkat akurasi 99,995% dan presisi 98,600% dalam mendeteksi objek (Aryani dkk., 2023). Teknologi sensor ultrasonik bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan mengukur waktu pantulan gelombang tersebut untuk menghitung jarak objek, sehingga dapat memberikan peringatan kepada pengguna ketika ada rintangan dalam jarak tertentu.

Selain sensor ultrasonik untuk deteksi hambatan, integrasi modul GPS (Global Positioning System) pada tongkat pintar menjadi fitur penting untuk meningkatkan keamanan lansia. Modul GPS memungkinkan pemantauan lokasi secara real-time, yang sangat berguna dalam situasi darurat atau ketika lansia tersesat. Penelitian tentang tongkat pintar dengan GPS NEO-6M menunjukkan bahwa fitur pelacakan lokasi dapat membantu keluarga atau

perawat mengetahui posisi lansia secara akurat dan cepat, sehingga bantuan dapat segera diberikan jika diperlukan. Penggunaan GPS juga memberikan rasa aman bagi lansia dan keluarga, karena keberadaan lansia dapat selalu dipantau. Fitur pendukung lainnya, seperti output audio menggunakan DF Player mini dapat digunakan sebagai media penyampaian informasi atau peringatan yang mudah dipahami oleh lansia, sementara tombol darurat (emergency button) memungkinkan lansia memberikan sinyal SOS untuk segera meminta bantuan dalam situasi darurat (Wani Lestari & Imnadir, 2022).

Metode logika fuzzy mandani memungkinkan sistem untuk memodelkan cara berpikir manusia dalam mengklasifikasikan tingkat risiko secara gradual, bukan sekadar keputusan biner aman atau tidak aman (Silva & Wimalaratne, 2019). Dengan memanfaatkan dua variabel masukan berupa jarak terhadap halangan dan kecepatan perubahan jarak, sistem dapat menghasilkan keluaran berupa tingkat bahaya yang lebih kontekstual. Pendekatan ini relevan untuk diterapkan pada alat bantu mobilitas lansia karena kondisi berjalan mereka cenderung lebih lambat, tidak stabil, dan sensitif terhadap perubahan kondisi sekitar.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada pengguna tunanetra, sementara lansia memiliki karakteristik dan kebutuhan yang berbeda, seperti penurunan daya dengar, respon yang cenderung lebih lambat terhadap perubahan situasi di sekitarnya, dan serta penurunan keseimbangan saat berjalan. Selain itu, integrasi yang optimal antara sensor ultrasonik untuk deteksi hambatan dan GPS untuk pemantauan lokasi dalam satu sistem tongkat yang praktis dan efisien masih menjadi tantangan yang perlu diatasi.

Pengembangan tongkat lansia juga perlu mempertimbangkan karakteristik pengguna, seperti kemudahan pengoperasian, kesederhanaan sistem, serta desain yang ergonomis. Lansia umumnya memiliki keterbatasan dalam beradaptasi dengan teknologi yang kompleks, sehingga alat bantu mobilitas harus dirancang agar intuitif, ringan, dan tidak menambah beban fisik maupun mental pengguna. Pendekatan desain yang berfokus pada kebutuhan lansia ini menjadi faktor penting dalam meningkatkan penerimaan

dan efektivitas penggunaan tongkat pintar dalam kehidupan sehari-hari (Abdul Rahman dkk., 2022)

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun tongkat pintar untuk mobilitas lansia yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi rintangan dan modul GPS NEO-6M untuk pelacakan lokasi. Tongkat pintar ini diharapkan dapat memberikan peringatan dini kepada lansia ketika ada hambatan di depan mereka melalui output berupa bunyi buzzer atau getaran, sekaligus memungkinkan pemantauan lokasi secara real-time oleh keluarga atau perawat.

Perancangan tongkat pintar ini sejalan dengan komitmen global dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya Goal 3: *Good Health and Well-being* yang bertujuan memastikan kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan untuk semua usia. Tongkat pintar berkontribusi pada target 3.4 yang fokus pada pengurangan kematian dini akibat penyakit tidak menular dan promosi kesehatan mental serta kesejahteraan, termasuk pencegahan cedera akibat jatuh pada lansia. Serta Goal 9: *Industry, Innovation, and Infrastructure* yang mendorong inovasi teknologi melalui pengembangan assistive device berbasis IoT.

Dengan demikian, tongkat pintar ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan, kemandirian, dan kualitas hidup lansia dalam melakukan aktivitas mobilitas sehari-hari, serta mengurangi risiko jatuh yang dapat menyebabkan cedera serius atau bahkan kematian. Melalui inovasi teknologi yang tepat guna dan terjangkau, diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kesejahteraan lansia di Indonesia, khususnya dalam aspek mobilitas dan keamanan yang merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan yang berkualitas.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang menjadi dasar penelitian ini:

1. Proses penuaan menyebabkan penurunan mobilitas fisik pada lansia yang berdampak pada keterbatasan kemandirian dalam beraktivitas.
2. Tingginya risiko jatuh pada lansia yang berdampak pada cedera fisik ataupun psikologis.
3. Tingkat konvensional hanya berfungsi sebagai alat penyangga dan belum mampu memberikan informasi mengenai keberadaan hambatan di depan maupun indikasi kondisi yang berpotensi menyebabkan pengguna terjatuh.
4. Lansia yang beraktivitas di luar rumah memiliki risiko mengalami kondisi darurat atau tersesat, sementara keluarga tidak memiliki akses informasi lokasi lansia secara cepat dan akurat.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, maka perlu ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Subjek penelitian difokuskan pada lansia yang masih mampu berjalan dengan bantuan alat, dan tidak mencakup lansia dengan kondisi tidak mampu berjalan atau membutuhkan kursi roda.
2. Jangkauan deteksi sensor ultrasonik dibatasi pada jarak efektif 2 - 4 m. Pengujian hanya fokus pada akurasi pembacaan dalam rentang tersebut.
3. Informasi yang diberikan kepada pengguna dibatasi pada peringatan sederhana seperti keluaran suara DFPlayer dan buzzer.
4. Penggunaan modul GPS pada sistem hanya difokuskan untuk penentuan posisi pengguna dan tidak mencakup pengembangan fungsi navigasi berupa rekomendasi jalur maupun panduan arah.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun tingkat pintar berbasis mikrokontroler yang mampu mendeteksi jarak rintangan di depan pengguna dan potensi jatuh berdasarkan kondisi kemiringan menggunakan sensor ultrasonik dan MPU6050?

2. Bagaimana menerapkan metode logika fuzzy Mamdani dalam mengolah data jarak dari sensor ultrasonik dan data kemiringan dari sensor MPU6050 untuk menentukan tingkat peringatan yang sesuai bagi pengguna lansia?
3. Bagaimana mengintegrasikan modul GPS NEO-6M dan sistem komunikasi ke dalam tongkat pintar untuk mengirimkan informasi lokasi pengguna secara akurat pada kondisi darurat?
4. Bagaimana kinerja sistem tongkat pintar yang dirancang berdasarkan hasil pengujian fungsional terhadap akurasi, respons sistem, dan keandalan alat?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun tongkat pintar untuk meningkatkan mobilitas dan keselamatan lansia dengan mengintegrasikan sensor ultrasonik dan MPU6050 sebagai alat bantu berjalan yang cerdas dan mandiri.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Meningkatkan kemandirian, keamanan, dan kualitas hidup lansia dalam melakukan aktivitas sehari-hari.
2. Fitur tombol darurat yang terintegrasi dengan sistem pelacakan lokasi memungkinkan lansia untuk segera meminta bantuan ketika berada dalam kondisi berisiko atau darurat.
3. Menjadi referensi dalam pengembangan assistive technology berbasis IoT untuk lansia.
4. Mendukung tujuan SDGs, terutama pada aspek kesehatan dan kesejahteraan (SDGs 3), serta inovasi dan infrastruktur teknologi (SDGs 9) melalui pengembangan alat bantu mobilitas yang meningkatkan kemandirian dan keamanan lansia.