

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi jatuh berbasis *edge computing* yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa simpulan utama yang menjawab rumusan masalah penelitian

- 1) Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa perancangan dan implementasi algoritma deteksi jatuh *hybrid* yang menggabungkan metode berbasis *threshold* dan *classifier Random Forest* dapat diwujudkan pada platform mikrokontroler ESP32-S3 yang memiliki sumber daya komputasi terbatas. Proses konversi model *machine learning* dari lingkungan Python ke dalam kode C++ yang dapat dieksekusi secara lokal menunjukkan kelayakan teknis dari pendekatan *edge computing* untuk aplikasi kesehatan yang kompleks.
- 2) Sistem yang dioptimalkan menunjukkan tingkat akurasi yang solid dan seimbang. Dalam pengujian prototipe fisik, sistem mampu mencapai tingkat keberhasilan deteksi sebesar 91,25%, yang berarti sebagian besar insiden jatuh berhasil diidentifikasi. Lebih penting lagi, sistem ini menunjukkan tingkat alarm palsu yang sangat rendah, yaitu 2,5%, yang menandakan efektivitas arsitektur *hybrid* dalam menyaring aktivitas sehari-hari (ADL) yang ambigu dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.
- 3) Pengaruh implementasi sistem berbasis *edge computing* terhadap kecepatan respons sangat signifikan. Dengan waktu respons rata-rata *end-to-end* di bawah 7 detik, sistem ini menunjukkan keunggulannya dalam meminimalkan latensi. Temuan ini menjawab permasalahan utama terkait keterlambatan notifikasi pada sistem konvensional berbasis *cloud* dan menegaskan bahwa pemrosesan di perangkat adalah solusi yang lebih responsif dan tepat guna untuk aplikasi kesehatan darurat.

5.2 Implikasi Penelitian

Hasil dari penelitian ini memiliki implikasi penting baik secara teoritis maupun praktis, yang dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi di masyarakat.

5.2.1 Implikasi Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini memperkuat dan memperluas pemahaman dalam bidang *Artificial Intelligence of Things* (AIoT) dan *edge computing*. Penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa model *machine learning* yang relatif kompleks seperti *Random Forest* dapat diimplementasikan secara efektif pada mikrokontroler berdaya rendah. Hal ini menantang pandangan konvensional yang sering kali mengasosiasikan AI dengan komputasi *cloud* berkinerja tinggi. Lebih lanjut, keberhasilan arsitektur *hybrid* memberikan kontribusi pada teori optimasi sistem *embedded*, dengan menunjukkan bahwa strategi pemrosesan bertingkat dapat menjadi solusi efisien untuk menyeimbangkan antara beban komputasi dan akurasi pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Temuan ini membuka jalan bagi eksplorasi lebih lanjut mengenai arsitektur algoritma cerdas yang dirancang khusus untuk perangkat keras di level *edge*.

5.2.2 Implikasi Praktis

Dari segi praktis, penelitian ini menawarkan cetak biru untuk pengembangan perangkat deteksi jatuh generasi berikutnya yang lebih terjangkau, andal, dan mandiri. Bagi industri teknologi kesehatan, prototipe yang dikembangkan menunjukkan bahwa produk komersial yang efektif tidak harus bergantung pada infrastruktur *cloud* yang mahal dan koneksi internet yang konstan. Hal ini sangat relevan untuk penerapan di negara berkembang atau di daerah pedesaan di mana konektivitas internet sering kali menjadi kendala. Bagi para perawat (caregiver) dan keluarga lansia, sistem yang responsif dan memiliki tingkat alarm palsu yang rendah dapat memberikan ketenangan pikiran yang lebih besar.

dan memungkinkan lansia untuk hidup lebih mandiri dan aman di rumah mereka sendiri.

5.3 Rekomendasi untuk Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan temuan dan keterbatasan yang telah diidentifikasi dalam penelitian ini, diajukan beberapa rekomendasi utama untuk penelitian selanjutnya agar dapat menghasilkan sistem deteksi jatuh yang lebih andal dan siap pakai.

- 1) Meskipun model saat ini menunjukkan kinerja yang baik, akurasi sangat bergantung pada data jatuh yang disimulasikan. Oleh karena itu, rekomendasi utama adalah untuk melakukan validasi sistem menggunakan data jatuh yang dikumpulkan dari populasi lansia dalam kehidupan sehari-hari, yang akan secara signifikan meningkatkan dan membuktikan kemampuan generalisasi model. Selain itu, eksplorasi model *deep learning* yang ringan dan dioptimalkan untuk mikrokontroler, seperti *1D-Convolutional Neural Networks* (1D-CNN) atau *Long Short-Term Memory* (LSTM), dapat diteliti untuk melihat potensi peningkatan akurasi dalam menangkap fitur temporal dari data sensor.
- 2) Untuk meningkatkan keandalan dan konteks deteksi, penelitian selanjutnya dapat berfokus pada penambahan fungsionalitas cerdas. Disarankan untuk mengintegrasikan sensor tambahan, seperti sensor detak jantung atau barometer, untuk memberikan data fisiologis dan ketinggian yang dapat memperkaya proses pengambilan keputusan. Data ini dapat membantu membedakan antara jatuh yang disebabkan oleh faktor lingkungan dengan yang disebabkan oleh kondisi medis. Selain itu, pengembangan fitur personalisasi model, di mana sistem dapat beradaptasi dengan pola gerak unik setiap individu.
- 3) Untuk meningkatkan nilai praktis dan kecepatan respons, penelitian selanjutnya dapat berfokus pada integrasi sistem notifikasi yang lebih canggih. Disarankan untuk mengembangkan aplikasi seluler pendamping yang tidak hanya menerima peringatan tetapi juga menyediakan informasi

kontekstual dan memungkinkan komunikasi dua arah antara perawat dan pengguna untuk memverifikasi kondisi darurat.