

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada era industri modern mendorong transformasi sistem industri menuju konsep *smart industry* yang memanfaatkan digitalisasi, otomatisasi, Internet of Things (IoT), serta kecerdasan buatan. Implementasi teknologi tersebut memungkinkan proses monitoring, pengumpulan data, pengambilan keputusan, hingga prediksi kondisi dilakukan secara *real-time* dan terintegrasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan kerja, serta pengawasan lingkungan industri secara berkelanjutan. Dalam lingkungan industri, aspek keselamatan dan kesehatan kerja merupakan faktor penting untuk menjaga produktivitas dan kualitas kerja. Salah satu upaya yang dilakukan adalah penerapan *industrial hygiene*, yaitu proses identifikasi, evaluasi, dan pengendalian faktor lingkungan kerja yang berpotensi memengaruhi kesehatan pekerja. Penerapan *industrial hygiene* menjadi sangat penting terutama pada ruangan bermesin yang umumnya memiliki suhu tinggi dan tingkat kebisingan yang berpotensi membahayakan pekerja apabila tidak dikendalikan dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring berbasis IoT yang tidak hanya mampu menampilkan kondisi lingkungan kerja secara *real-time*, tetapi juga memiliki kemampuan memprediksi kondisi bahaya beberapa waktu ke depan sebagai *early warning system* sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan lebih dini untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja dan gangguan kesehatan pekerja.

Paparan suhu tinggi dan kebisingan secara terus-menerus dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan pekerja maupun produktivitas kerja. Menurut World Health Organization (WHO) (2025), paparan panas berlebih di lingkungan kerja dapat menyebabkan *heat stress* yang meningkatkan risiko kelelahan, menurunkan konsentrasi, serta meningkatkan potensi kecelakaan kerja. Selain itu, berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun (2018), nilai ambang batas kebisingan untuk waktu kerja 8 jam per hari adalah 85 dB. Paparan kebisingan yang melebihi batas tersebut berpotensi menyebabkan gangguan pendengaran dan menurunkan konsentrasi kerja. Temuan Justin (2022) juga menunjukkan bahwa paparan kebisingan dan tekanan panas

berhubungan dengan meningkatnya stres kerja pada pekerja industri mebel bagian *milling*.

Permasalahan yang sering terjadi pada proses monitoring industrial hygiene adalah pengawasan kondisi lingkungan kerja yang masih dilakukan secara manual dan periodik sehingga data tidak diperoleh secara kontinu dan *real-time*. Kondisi tersebut menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi peningkatan suhu maupun kebisingan yang berpotensi menimbulkan kondisi berbahaya pada lingkungan kerja. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring otomatis yang mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara berkelanjutan serta mendukung sistem peringatan dini terhadap potensi bahaya.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT untuk pengawasan kondisi lingkungan. Penelitian oleh Rifqi dkk. (2025) mengembangkan prototype sistem monitoring dan early warning suhu serta kelembapan berbasis IoT yang mampu memberikan pemantauan kondisi secara *real-time* dan notifikasi otomatis ketika kondisi lingkungan melewati ambang batas tertentu. Namun, penelitian tersebut masih berfokus pada monitoring dan warning berbasis ambang batas tanpa kemampuan prediksi kondisi bahaya beberapa waktu ke depan serta belum menggunakan komunikasi industri berbasis Modbus RTU dan metode Artificial Neural Network Multi Layer Perceptron (ANN-MLP).

Pada penelitian ini digunakan protokol Modbus RTU sebagai media komunikasi karena merupakan salah satu protokol yang banyak diterapkan pada sistem otomasi dan monitoring industri. Menurut Tyrovolas dan Hajnal (2021), Modbus RTU mampu mendukung komunikasi data secara *real-time* melalui mekanisme *master-slave* yang stabil, mudah diimplementasikan, serta kompatibel dengan berbagai perangkat industri seperti PLC maupun *gateway* IoT. Sebagai pusat pemrosesan data, penelitian ini memanfaatkan Raspberry Pi karena memiliki kemampuan *edge computing*, konsumsi daya yang rendah, serta mampu mengintegrasikan proses akuisisi data, komunikasi IoT, dan kecerdasan buatan dalam satu perangkat. Hal tersebut didukung oleh penelitian Pramukantoro dkk. (2024) yang menunjukkan bahwa Raspberry Pi mampu melakukan pemantauan dan prediksi data sensor secara simultan dengan waktu komputasi yang cepat dan komunikasi yang stabil. Untuk menghasilkan prediksi bahaya satu jam ke depan,

penelitian ini menerapkan metode Artificial Neural Network dengan arsitektur Multi Layer Perceptron (ANN-MLP) karena mampu mempelajari pola data nonlinier dan memberikan performa yang baik dalam prediksi berdasarkan data historis.

Penelitian ini mendukung Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 3 (*Good Health and Well-being*) melalui peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, serta SDG 9 (*Industry, Innovation, and Infrastructure*) melalui pengembangan sistem monitoring berbasis IoT dan kecerdasan buatan. Penelitian ini juga sejalan dengan Asta Cita pemerintahan Prabowo–Gibran yang mendorong transformasi digital, penguatan industrialisasi nasional, dan pengembangan teknologi berbasis kecerdasan buatan.

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini dirancang sebuah sistem monitoring industrial hygiene berbasis IoT menggunakan komunikasi Modbus RTU dengan kemampuan prediksi kondisi bahaya 1 jam ke depan menggunakan metode Artificial Neural Network Multi Layer Perceptron (ANN-MLP). Horizon prediksi 1 jam dipilih untuk mendukung fungsi sistem sebagai *early warning system* sehingga pengguna memiliki waktu yang cukup untuk melakukan tindakan pencegahan apabila diprediksi terjadi peningkatan suhu dan kebisingan yang mengarah pada kondisi berbahaya. Penelitian ini mengintegrasikan monitoring suhu dan kebisingan secara *real-time* dengan kemampuan prediksi kondisi bahaya pada simulasi ruangan bermesin menggunakan komunikasi industri Modbus RTU dan implementasi ANN-MLP pada perangkat *edge computing* Raspberry Pi. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu membantu proses monitoring lingkungan kerja secara *real-time*, mendukung sistem peringatan dini terhadap potensi bahaya, serta menjadi pengembangan teknologi monitoring industrial hygiene berbasis IoT dan kecerdasan buatan.

1.2 Fokus Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka fokus penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem monitoring industrial hygiene berbasis IoT pada simulasi ruangan bermesin.

2. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu dan tingkat kebisingan sebagai indikator kondisi industrial hygiene.
3. Sistem monitoring menggunakan komunikasi Modbus RTU untuk proses pertukaran data sensor.
4. Perangkat pemrosesan data yang digunakan pada penelitian ini adalah Raspberry Pi.
5. Metode prediksi yang digunakan adalah Artificial Neural Network Multi Layer Perceptron (ANN-MLP).
6. Sistem melakukan prediksi kondisi bahaya 1 jam ke depan berdasarkan data suhu dan kebisingan.
7. Monitoring dan prediksi dilakukan secara *real-time* melalui sistem berbasis IoT.
8. Penelitian ini berfokus pada prototype sistem dan tidak diterapkan secara langsung pada lingkungan industri sebenarnya.
9. Pengujian sistem dilakukan pada simulasi ruangan bermesin yang dibuat di lingkungan Lab Prodi Teknologi rekayasa Otomasi, bukan pada ruang produksi industri yang sebenarnya.
10. Mesin yang digunakan dalam simulasi penelitian adalah motor induksi tiga fasa sebagai sumber kebisingan dan panas pada ruangan uji.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, diperlukan suatu sistem monitoring industrial hygiene yang mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan kerja secara *real-time* serta memiliki kemampuan prediksi kondisi bahaya untuk mendukung sistem peringatan dini pada simulasi ruangan bermesin. Oleh karena itu, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring industrial hygiene berbasis IoT menggunakan komunikasi Modbus RTU untuk memantau parameter suhu dan kebisingan pada simulasi ruangan bermesin secara *real-time*?
2. Bagaimana mengimplementasikan metode Artificial Neural Network Multi Layer Perceptron (ANN-MLP) untuk melakukan prediksi kondisi bahaya 1 jam ke depan berdasarkan parameter suhu dan kebisingan?

3. Bagaimana performa sistem monitoring industrial hygiene berbasis IoT dalam melakukan pemantauan suhu dan kebisingan secara *real-time* serta prediksi 1 jam ke depan terhadap nilai suhu, kebisingan, dan kondisi bahaya?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem monitoring industrial hygiene berbasis IoT menggunakan komunikasi Modbus RTU untuk memantau parameter suhu dan kebisingan pada simulasi ruangan bermesin secara *real-time*.
2. Mengimplementasikan metode Artificial Neural Network Multi Layer Perceptron (ANN-MLP) untuk melakukan prediksi kondisi bahaya 1 jam ke depan berdasarkan parameter suhu dan kebisingan.
3. Mengetahui performa sistem monitoring industrial hygiene berbasis IoT dalam melakukan pemantauan suhu dan kebisingan secara *real-time* serta prediksi 1 jam ke depan terhadap nilai suhu, kebisingan, dan kondisi bahaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem monitoring industrial hygiene berbasis IoT secara *real-time* dengan kemampuan prediksi kondisi bahaya.

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang Internet of Things (IoT), komunikasi industri Modbus RTU, serta penerapan Artificial Neural Network Multi Layer Perceptron (ANN-MLP) pada sistem monitoring dan prediksi kondisi bahaya industrial hygiene.

2. Manfaat Praktis

- a. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat melakukan monitoring suhu dan tingkat kebisingan pada simulasi ruangan bermesin secara *real-time* melalui sistem monitoring berbasis IoT.
- b. Sistem ini memungkinkan proses pencatatan dan penyimpanan data suhu serta kebisingan secara otomatis dan berkala sehingga memudahkan proses analisis kondisi lingkungan kerja.

- c. Sistem monitoring yang dikembangkan mampu memberikan prediksi kondisi bahaya 1 jam ke depan menggunakan metode Artificial Neural Network Multi Layer Perceptron (ANN-MLP) sehingga dapat mendukung sistem peringatan dini terhadap potensi bahaya pada lingkungan kerja.
- d. Dengan diterapkannya sistem monitoring ini, proses pengawasan kondisi industrial hygiene dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien untuk membantu mengurangi risiko gangguan kesehatan dan kecelakaan kerja akibat suhu tinggi dan kebisingan.

