

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, masalah pencemaran atau yang dikenal sebagai polusi merupakan masalah global yang mendesak. Sehingga, menimbulkan masalah yang signifikan terhadap kesehatan manusia, ekosistem, dan lingkungan secara keseluruhan. Pencemaran udara dapat berasal dari berbagai sumber, baik alami maupun buatan manusia. Polusi yang berasal dari aktivitas manusia, terutama di wilayah perkotaan dan kawasan industri, merupakan kontributor utama. Emisi dari kendaraan bermotor, pabrik, pembangkit listrik berbahan bakar fosil, dan aktivitas konstruksi menjadi penyebab utama degradasi kualitas udara [1].

Polusi udara adalah kondisi di mana kualitas udara mengalami kerusakan akibat tercemarnya zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Fenomena ini umumnya terjadi di kota-kota besar dan kawasan industri dengan kepadatan tinggi, di mana aktivitas manusia menghasilkan gas-gas yang melebihi batas normal [2]. Polutan yang umum ditemukan di udara berupa gas beracun, yang menyumbang hampir 90% dari total pencemaran. Sementara, sisanya berupa partikel padat. Pencemaran udara memiliki dampak serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Sehingga, pencegahan dan pemantauan kualitas udara menjadi hal yang perlu diperhatikan [3]. Secara umum, pencemaran udara dapat berbentuk partikel maupun gas. Pencemar udara yang berbentuk partikel meliputi debu, aerosol, dan timah hitam. Sedangkan, pencemar berbentuk gas mencakup karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO₂), sulfur oksida (SO₂), hidrogen sulfida (H₂S), dan senyawa hidrokarbon. Kedua jenis pencemaran ini memiliki dampak negatif terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia [4].

Telkom University Purwokerto menunjukkan perkembangan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Tahun 2020, jumlah mahasiswa meningkat sebesar 24% dibandingkan tahun sebelumnya, dengan penambahan 295 mahasiswa baru. Peningkatan ini berlanjut pada tahun-tahun berikutnya, dengan pertumbuhan sebesar 35,5% di tahun 2021 (bertambah 1.122 mahasiswa), 26,6% di tahun 2022 (bertambah 1.283 mahasiswa), dan 23,4% di tahun 2023 (bertambah 1.331 mahasiswa). Hingga tahun 2024, jumlah mahasiswa di Telkom University

Purwokerto mencapai total 5.973 orang. Hal ini menjadi salah satu pemicu meningkatnya aktivitas di lingkungan kampus Telkom University Purwokerto. Salah satu di antaranya ialah meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di lingkungan kampus. Hal ini menjadi faktor utama adanya perubahan kualitas udara di area kampus. Selain itu, lokasi kampus yang berdekatan dengan tempat pembuangan dan pembakaran sampah, serta tambak ikan lele, berkontribusi dalam penurunan kualitas udara. Sehingga, kondisi ini dapat berdampak negatif pada pencemaran udara terhadap kesehatan civitas akademik dan kualitas lingkungan kampus secara keseluruhan [5], [6].

Dalam hal pemantauan polusi udara, teknologi komunikasi yang andal dan efisien sangat penting untuk memastikan transmisi data yang berkesinambungan dari sensor ke sistem terpusat. Salah satu teknologi yang mendukung implementasi ini adalah *Internet of Things*. IoT dirancang untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi sekaligus mengurangi beban kerja manusia. Teknologi ini memiliki peran penting dalam mewujudkan konsep kota pintar melalui berbagai aplikasi [7], [8].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk memantau kualitas udara menggunakan pendekatan berbasis IoT antara lain penelitian [9] mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan WEMOS D1 Mini, Sistem berhasil memantau kadar CO dan CO₂ secara *real-time* dengan rata-rata eror sensor MQ-7 sebesar 7,19%–14,44% dan MQ-135 sebesar 2,77%–5,06%. *Delay* pada *website* lebih kecil (≤ 1 detik) dibanding Thingspeak (hingga 14 detik). Uji lapangan menunjukkan kadar CO tergolong baik, sedangkan CO₂ berada pada kategori tidak sehat hingga sangat tidak sehat.

Penelitian [10] mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan menggunakan ESP8266, sensor MQ-135, dan DHT11 dengan platform Thingspeak. Hasilnya, sistem mampu mendeteksi perubahan kadar gas hingga jarak 20 cm, memantau suhu dan Kelembapan secara *real-time*, serta menunjukkan kualitas udara dalam kategori aman dengan *delay* data rendah.

Pada penelitian [11] membahas mengenai penggunaan sensor elektrokimia berbiaya rendah dalam *Wireless Sensor Network* (WSN). Dengan hasil pemantauan pencemaran udara, yang berfokus pada kompensasi penuaan sensor agar akurasi tetap terjaga. Penelitian menunjukkan bahwa sensor elektrokimia mampu

mendeteksi NO₂ dan O₃ secara efektif, namun mengalami degradasi performa akibat penuaan. Tanpa koreksi, akurasi menurun drastis dalam waktu 8 bulan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dengan hasil yang cukup akurat dan responsif. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada pemantauan ruang lingkup kecil, seperti dalam ruangan, serta menggunakan platform dan sensor yang memiliki keterbatasan jangkauan serta sensitivitas terhadap berbagai jenis polutan. Penelitian ini mengusung pendekatan berbeda dengan memanfaatkan teknologi komunikasi *Long Range* (LoRa) yang mampu mengirim data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah dan cakupan wilayah yang lebih luas. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil judul “**Pengembangan Sistem Pemantauan Pencemaran Udara di Lingkungan Telkom University Purwokerto**” yang bertujuan mengembangkan sistem yang memberikan peringatan berupa pesan peringatan saat kualitas udara memburuk, serta menampilkan data melalui *dashboard* berbasis *Application Server*, dengan *Network Server* sebagai pengelola komunikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil kinerja dari Sistem pemantauan pencemaran udara di Telkom University Purwokerto?
2. Bagaimana efektivitas sistem dalam mendeteksi dan menganalisis tingkat pencemaran udara berdasarkan parameter yang diukur?
3. Bagaimana pemanfaatan LoRa *Gateway* dalam komunikasi data dapat memastikan keakuratan dan terhindar dari gangguan seperti *delay*, *packet loss* pada saat pengiriman data?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan sistem pemantauan pencemaran udara berbasis LoRaWAN di Telkom University Purwokerto untuk memantau kualitas udara secara efisien dan *real-time*.

2. Menghubungkan *end-device* di area Telkom University Purwokerto ke *Gateway* yang ditentukan guna memastikan komunikasi data berjalan lancar melalui protokol MQTT pada *Application Server*.
3. Memudahkan civitas akademik dalam mengakses informasi mengenai tingkat pencemaran udara secara *real-time*, mendukung kesadaran lingkungan, dan membantu pengambilan keputusan berbasis data.
4. Memahami performa komunikasi LoRaWAN, khususnya dalam aspek jangkauan sinyal (RSSI dan SNR), serta mengevaluasi efektivitas pengiriman data dalam berbagai kondisi lingkungan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah dari penelitian ini adalah:

1. Fokus penelitian ini untuk merancang sistem pemantauan pencemaran udara yang dapat di monitoring melalui komunikasi LoRaWAN.
2. Sistem ini menggunakan protokol komunikasi MQTT untuk kontrol dan monitoring data dari dan ke *Application Server*, serta protokol HTTP untuk mengirimkan notifikasi pencemaran udara melalui Telegram.
3. Parameter yang dipantau dalam penelitian ini mencakup indeks pencemaran udara berdasarkan sensor yang digunakan serta parameter kualitas sinyal komunikasi seperti *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal – to – Noise Ratio* (SNR).
4. Perangkat *end-device* dan *gateway* pada sistem ini menggunakan frekuensi regional US915.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Action Research*, yang merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi permasalahan, merancang solusi, mengimplementasikan, serta melakukan evaluasi berkelanjutan guna meningkatkan efektivitas sistem yang dikembangkan. Metode ini memungkinkan proses iteratif yang mengintegrasikan teori dan praktik untuk menghasilkan solusi yang lebih optimal [12].

Tahap pertama adalah perencanaan, yang mencakup studi literatur terkait pencemaran udara, teknologi LoRaWAN, serta komunikasi data menggunakan protokol MQTT. Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan sistem, pemilihan

sensor yang sesuai, serta perancangan arsitektur jaringan yang menghubungkan sensor dengan *gateway* dan *network server* untuk memastikan efisiensi pengiriman data. Tahap kedua adalah implementasi, di mana perangkat sensor dipasang di lokasi strategis di lingkungan kampus untuk mengumpulkan data kualitas udara. Sensor-sensor ini dikonfigurasi agar dapat mengirimkan data melalui jaringan LoRaWAN ke *network server*, yang kemudian mengelola dan meneruskannya ke *application server* untuk divisualisasikan dalam bentuk *dashboard* yang informatif.

Tahap ketiga adalah pengujian dan analisis, yang bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mendeteksi dan mengirimkan data pencemaran udara. Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap akurasi pengukuran sensor, stabilitas komunikasi data, serta kualitas sinyal berdasarkan parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal – to – Noise Ratio* (SNR). Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sistem dengan standar kualitas udara yang telah ditetapkan. Siklus ini terus dilakukan hingga sistem dapat beroperasi dengan efisien dan akurat dalam memantau kualitas udara secara *real-time*. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan sistem pemantauan pencemaran udara yang andal dan dapat diterapkan secara berkelanjutan di Telkom University Purwokerto.

1.6 Jadwal Pelaksanaan

Adapun untuk jadwal pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 1.1 Jadwal Pelaksanaan *Capstone* Desain

No	Kegiatan	2024				2025					
		Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni
1	Studi Literatur										
2	Penyusunan CD – 1 s/d CD – 3										
3	Sidang Proposal TA										

