

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Ada banyak permasalahan seiring dengan berkembangnya teknologi, salah satunya adalah tentang pencemaran udara. Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021, pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan [1]. Menurut *World Health Organization* (WHO) tahun 2018 Indonesia menduduki peringkat ke-6 dunia pada jumlah kematian penduduk akibat polusi udara yaitu sebanyak 95.156 jiwa [2], hal ini sangat mungkin dikarenakan Indonesia merupakan negara dengan penduduk terbanyak ke-4 di dunia.

Salah satu polutan yang sering ditemukan di udara adalah $PM_{2.5}$, partikel yang tersuspensi di udara yang ukuran diameternya lebih kecil atau sama dengan $2,5 \mu m$ [3]. $PM_{2.5}$ dapat masuk ke dalam jaringan paru-paru dan menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan. Selain itu, partikel yang terkandung dalam $PM_{2.5}$ juga dapat menimbulkan tumor atau kanker [4]. Baku mutu untuk $PM_{2.5}$ yang diperbolehkan dalam udara menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 adalah $55 \mu g/m^3$ untuk 24 jam waktu pengukuran. Sedangkan, baku mutu polutan lainnya juga diatur seperti Sulfur Dioksida (SO_2) sebanyak $75 \mu g/m^3$, Nitrogen Dioksida (NO_2) sebanyak $65 \mu g/m^3$, Partikulat Debu $< 100 \mu m$ (TSP) sebanyak $230 \mu g/m^3$, Partikulat Debu $< 10 \mu m$ (PM_{10}) sebanyak $75 \mu g/m^3$, dan Timbal (Pb) sebanyak $2 \mu g/m^3$ masing-masing dalam waktu pengukuran 24 jam [1]. Dari data baku mutu ini, terlihat bahwa $PM_{2.5}$ termasuk lebih berbahaya dari beberapa polutan lain, hal ini dikarenakan semakin kecil nilai baku mutu, maka konsentrasinya akan semakin dibatasi. Gas CO_2 selain merupakan zat penyebab efek rumah kaca pada atmosfer, juga merupakan polutan jika dalam konsentrasi yang tinggi.

Distribusi konsentrasi polusi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor meteorologi seperti temperatur (T), kelembapan relatif (RH), intensitas cahaya (I), tekanan (P), curah hujan, kecepatan angin (m/s), dan arah angin [3]. Kota Bandung memiliki topologi wilayah berbentuk cekungan yang mempersulit distribusi. Hal

ini disebabkan karena dataran tinggi membuat angin yang berhembus berbalik kearah yang berlawanan. Sehingga, polusi akan terperangkap di cekungan karena perputaran angin tersebut. Meskipun begitu, distribusi polusi secara vertikal dapat terjadi karena perubahan ketinggian *Planetary Boundary Layer* (PBL) dan juga karena adanya lapisan Inversi di daerah cekungan Bandung [5][6]. Perubahan musim juga mempengaruhi konsentrasi dan distribusi, khususnya untuk $PM_{2.5}$. Hal ini dikarenakan $PM_{2.5}$ yang merupakan *particulate* dapat terbilas oleh air hujan sehingga konsentrasinya berkurang. Selain itu, musim juga mempengaruhi arah dan kecepatan angin, karena Indonesia berada pada katulistiwa yang merupakan daerah lintasan pergerakan udara akibat perbedaan tekanan dua benua, pergerakan udara ini dinamakan sebagai angin muson timur dan angin muson barat [7].

Oleh karena itu, perlu adanya analisis terhadap distribusi vertikal $PM_{2.5}$ dan CO_2 agar bisa mengetahui konsentrasinya dan memprediksi konsentrasi di setiap ketinggian dan arah distribusinya. Terdapat penelitian yang berkaitan dengan ini sebelumnya oleh Ashari Sya'bani berjudul "Pengukuran $PM_{2.5}$ pada Struktur Vertikal di Daerah Cekungan Bandung Raya Secara Real-Time Berbasis GSM"[8]. Kelebihan dari penelitian ini adalah dalamnya analisis khususnya PBL dan struktur vertikal cekungan Bandung, namun untuk rangkaian sistem pengukurannya masih belum padu. Lalu penelitian oleh Muhammad Riadhi Subadri dkk berjudul "Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis GSM di Kawasan Bandung Metropolitan"[3]. Kelebihan penelitian ini adalah pada analisis mengenai penyebab tinggi rendahnya konsentrasi polusi pada setiap musim, namun terdapat cukup banyak kehilangan data pada salah satu alat ukur. Selanjutnya adalah penelitian oleh Akram Hanif Mustofa berjudul "Pengukuran Konsentrasi $PM_{2.5}$ dan CO_2 pada Struktur Vertikal Cekungan Udara Bandung Raya"[9]. Kelebihannya adalah mampu mengukur polusi pada ketinggian yang jauh melebihi kedua tempat ukur sebelumnya karena menggunakan drone, namun penggunaan drone kurang cocok untuk pengukuran jangka panjang karena keterbatasan daya.

Penelitian ini didasari oleh ketiga penelitian diatas, namun terdapat penambahan stasiun ukur yaitu di *Telkom University Landmark Tower* (TULT) dengan ketinggian ~70m. Stasiun ukur ini diasumsikan dapat mengukur konsentrasi polusi Regional Bandung dan tidak terpengaruh langsung oleh polusi lokal. Untuk

mengetahuinya diperlukan adanya pembuktian tentang hal tersebut dengan menggunakan analisis vertikal pada setiap ketinggian secara diurnal dan juga pengaruh akibat pergantian musim. Analisis secara diurnal dilakukan dengan frekuensi per-jam untuk melihat kapan waktu terjadinya fluktuasi $PM_{2.5}$ maupun CO_2 [10]. Untuk pemantauan distribusi vertikal dari $PM_{2.5}$ dan CO_2 ini dilakukan menggunakan IoT berupa ESP32. Dengan menggunakan sistem berbasis IoT, pengambilan data menjadi lebih mudah karena semua data dikumpulkan di cloud. Penggunaan ESP32 sebagai pengirim data dikarenakan modul GSM sudah tidak dapat digunakan di Indonesia selain menggunakan kartu IoT yang cukup mahal. Untuk pengukurannya dilakukan di 3 titik, yaitu Gedung *Telkom University Landmark Tower* (TULT) pada ketinggian ~70m, Gedung Kuliah Utama (GKU) pada ketinggian ~30m, dan Gedung Deli pada ketinggian ~15m. Stasiun ukur telah tersedia di Gedung Deli dan GKU, namun perlu di maintenance kembali khususnya di bagian sensor, code, PCB dan chamber ukur. Sedangkan, di Gedung TULT akan dipasang stasiun ukur baru melalui penelitian ini dengan asumsi mampu mengukur polusi udara regional Bandung tanpa pengaruh langsung dari polusi lokal. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan distribusi polusi dapat terpantau dan kemampuan Gedung TULT untuk mengukur polusi udara regional Bandung terlihat sehingga bisa menjadi pedoman untuk penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah beberapa permasalahan yang mendasari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik $PM_{2.5}$ dan CO_2 pada stasiun ukur TULT?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan ketinggian terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ dan CO_2 pada masing-masing stasiun ukur secara diurnal dan musiman?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui karakteristik $PM_{2.5}$ dan CO_2 pada stasiun ukur TULT.
2. Menganalisis pengaruh perbedaan ketinggian terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ dan CO_2 pada masing-masing stasiun ukur secara diurnal dan musiman.

1.4 Batasan Masalah

Berikut ini adalah beberapa hal yang membatasi penelitian ini agar lebih terarah, yaitu:

1. Kegiatan penelitian hanya dilakukan di area sekitar Universitas Telkom.
2. Polusi yang diukur hanya $PM_{2.5}$ dan CO_2 .
3. Tugas akhir ini tidak membahas lebih dalam mengenai akibat dari $PM_{2.5}$ dan CO_2 terhadap kesehatan.
4. Tugas akhir ini tidak menampilkan visualisasi distribusi polusi.
5. Parameter meteorologi yang di ukur terbatas pada suhu, kelembaban, intensitas cahaya, tekanan udara, kecepatan dan arah angin.

1.5 Metode Penelitian

Berikut adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Studi Literatur

Tahap pertama adalah studi literatur, yaitu dengan membaca hasil publikasi penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan polusi $PM_{2.5}$ dan CO_2 , pengukuran polusi secara vertikal, musiman, dan juga secara diurnal. Selain itu, penulis juga mempelajari mengenai rangkaian sensor-sensor yang digunakan, rangkaian ESP32, dan juga *source code* yang akan digunakan.

2. Persiapan

Tahap kedua adalah persiapan, yaitu pembelian komponen-komponen seperti sensor, Arduino, ESP32, WIFI dan komponen pendukung lainnya. Selain itu, dilakukan penggabungan *source code* sensor-sensor yang telah ada sebelumnya dan ujicoba transmisi data menggunakan ESP32.

3. Pembuatan Alat

Tahap ketiga adalah pembuatan alat, yaitu menggabungkan semua sensor dan ESP32 dalam satu sistem mulai dari *source code* nya hingga pencetakan rangkaian di PCB. Lalu dilanjutkan dengan pembuatan shelter dan boks chamber ukur untuk stasiun pengukuran baru. Selain itu, dilakukan juga perbaikan pada stasiun ukur lainnya.

4. Pengambilan Data

Tahap keempat adalah pengambilan data, yaitu melakukan pengunduhan data parameter-parameter yang diukur melalui data di Antares ataupun data yang tersimpan di *datalogger*. Agar data valid dan dapat dianalisis, diperlukan juga validasi data untuk parameter $PM_{2.5}$ dan CO_2 yang terukur.

5. Analisis dan Kesimpulan

Tahap kelima adalah analisis dan kesimpulan, analisis dilakukan berdasarkan data hasil pengukuran. Untuk $PM_{2.5}$ dan CO_2 dilakukan analisis secara diurnal dan musiman. Dari analisis yang telah dilakukan, kemudian dibuat kesimpulan yang akan menjawab tujuan.