

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah merevolusi cara pemantauan lingkungan dilakukan, memungkinkan penggunaan berbagai sensor berbiaya rendah untuk pengawasan polusi udara secara masif dan *real-time*. Berdasarkan standar protokol komunikasi data pada perangkat cerdas, IoT memfasilitasi pengiriman data parameter kualitas udara secara kontinu. Namun, tantangan teknis yang signifikan muncul pada aspek skalabilitas manajemen data. Data yang dihasilkan oleh sensor-sensor pemantau gas karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂), serta partikulat debu (PM_{2.5}) memiliki karakteristik *Time-series* yang sangat padat, di mana volume data bertambah secara eksponensial setiap detiknya (Gubbi et al., 2013).

Keterbatasan spasial pada jaringan pemantauan stasioner tradisional menyebabkan ketidakmampuan sistem dalam menangkap variabilitas polutan di tingkat mikro-urban. Sejalan dengan temuan (Zheng et al., 2014), penggunaan node sensor bergerak yang terintegrasi pada kendaraan kota (seperti bus atau taksi) menawarkan solusi untuk memperluas cakupan geografis secara signifikan tanpa biaya infrastruktur yang masif. Selain itu, penggunaan sensor berbiaya rendah juga telah terbukti mampu mendukung sistem monitoring kualitas udara secara luas dan fleksibel (Castell et al., 2017).

Meskipun penggunaan *Mobile Sensor Network* ini berhasil memetakan konsentrasi polusi secara dinamis dan mengatasi keterbatasan ruang sensor statis, tantangan baru muncul pada sisi manajemen data. Frekuensi pengambilan sampel yang tinggi dari sensor yang bergerak terus-menerus menghasilkan volume data yang sangat besar (*high-velocity data*), yang menuntut skalabilitas infrastruktur *cloud* dan efisiensi pada sistem penyimpanan data jangka panjang.

Pemanfaatan teknologi penyimpanan data konvensional (*Relational Database Management System* / RDBMS) sering kali mengalami kendala performa signifikan, terutama pada beban tulis intensif (*write-intensive*) saat menangani ribuan titik data sensor dalam waktu singkat. Database relasional

tradisional tidak dirancang untuk menangani struktur data *Time-series* dengan volume tinggi secara efisien (InfluxData, 2023). Oleh karena itu, diperlukan integrasi teknologi TSDB seperti InfluxDB. Berdasarkan studi perbandingan database, TSDB seperti InfluxDB memiliki keunggulan dalam hal efisiensi penyimpanan dan kecepatan pemrosesan data dibandingkan database konvensional (Bader et al., 2017).

Penelitian terkait penggunaan TSDB menunjukkan bahwa InfluxDB, yang dirancang khusus dengan mekanisme penyimpanan berbasis stempel waktu (*timestamp*), mampu memberikan efisiensi kompresi data serta kecepatan kueri yang lebih optimal dibandingkan database tradisional (InfluxData, 2023). Hal ini didukung oleh temuan (Pradeep, 2021) yang mengonfirmasi bahwa penggunaan TSDB memastikan volume data harian yang terakumulasi hingga satuan gigabyte tetap dapat diakses dengan latensi rendah tanpa membebani kinerja server pusat.

Selain aspek penyimpanan, kendala lain terletak pada penyajian informasi. Saat ini, sistem *monitoring* kualitas udara yang tersedia di masyarakat umumnya hanya menyajikan informasi dalam bentuk angka statis atau teks sederhana yang bersifat terbatas karena hanya menampilkan kondisi sesaat tanpa konteks historis. Sebagai solusi, penelitian ini mengintegrasikan platform Grafana untuk melakukan visualisasi data secara dinamis. Berdasarkan dokumentasi resmi (Labs, 2023), Grafana mampu mentransformasi data mentah yang kompleks menjadi wawasan (*insights*) yang mudah dipahami melalui fitur agregasi data otomatis, pembuatan grafik tren jangka panjang, serta sistem peringatan (*alerting*) yang responsif. Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa Grafana efektif digunakan sebagai platform visualisasi data lingkungan berbasis dashboard interaktif.

Melalui sinergi antara konektivitas IoT, efisiensi InfluxDB, dan fleksibilitas Grafana, Proyek Akhir ini diharapkan dapat menghasilkan solusi sistem pemantauan kualitas udara yang handal. Fokus utama terletak pada pembangunan infrastruktur data yang stabil untuk mendukung penyajian informasi yang akurat, komprehensif, dan mudah diinterpretasikan oleh berbagai lapisan masyarakat dalam memantau kualitas udara di lingkungan mereka.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan pada pembuatan proyek akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang struktur database pada InfluxDB agar dapat menampung data dari berbagai sensor kualitas udara secara terorganisir?
2. Bagaimana membangun integrasi antara MQTT Broker dengan InfluxDB menggunakan protokol komunikasi yang efisien?
3. Bagaimana merancang visualisasi pada Grafana yang mampu menyajikan tren parameter kualitas udara Partikulat (PM2.5 dan PM10), Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂), Karbon Monoksida (CO), Ozon (O₃) secara real-time dan historis?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian proyek akhir ini adalah:

1. Fokus utama proyek adalah pada konfigurasi database InfluxDB dan desain dasbor Grafana.
2. Parameter yang dikelola meliputi Partikulat (PM2.5 dan PM10), Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂), Karbon Monoksida (CO), Ozon (O₃).
3. Sistem dijalankan pada infrastruktur server (lokal atau cloud) yang mendukung instalasi InfluxDB dan Grafana.
4. Proyek ini fokus pada pengolahan, penyimpanan, dan visualisasi data, sedangkan perangkat keras sensor dan akuisisi data tidak dibahas karena menggunakan sistem sebelumnya.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari pengembangan sistem ini adalah:

- 1) Tujuan dari pelaksanaan Proyek Akhir ini adalah membangun sistem pengelolaan data kualitas udara yang efisien menggunakan InfluxDB dan menciptakan dasbor visualisasi yang interaktif melalui Grafana.

1.4.2 *Manfaat*

Adapun manfaat dari pembuatan proyek akhir ini adalah:

- 1) Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian Proyek Akhir ini adalah mempermudah pengguna dalam memantau tren kualitas udara secara mendalam dan menyediakan sistem informasi yang dapat memberikan informasi terhadap bahaya polusi.