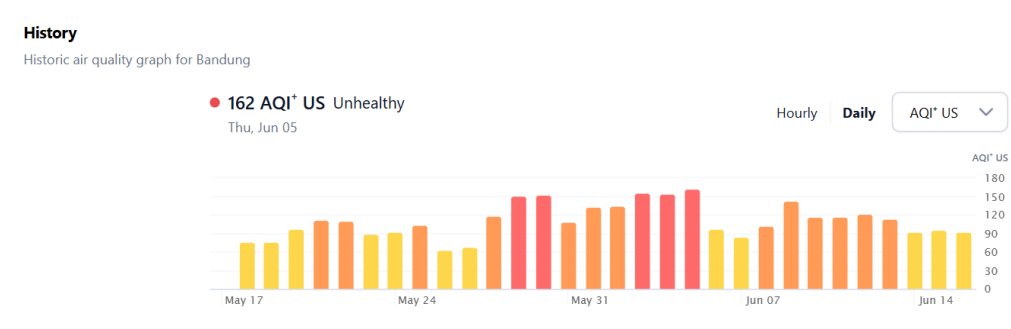


BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan pesat dalam urbanisasi dan industrialisasi telah meningkatkan tingkat polusi udara, yang menjadi ancaman signifikan bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Data dari WHO (World Health Organization) menunjukkan bahwa polusi udara menyumbang lebih dari 4,2 juta kematian setiap tahunnya akibat penyakit yang berkaitan dengan kualitas udara yang buruk, seperti penyakit pernapasan, kanker paru-paru, dan penyakit kardiovaskular. Selain itu, berbagai studi menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap polusi udara juga memiliki dampak besar pada kesehatan mental dan perkembangan kognitif anak-anak. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memantau dan mengelola kualitas udara dengan cara yang lebih efisien dan akurat.

Kondisi mengkhawatirkan ini juga menjadi tantangan nyata di kota-kota besar Indonesia, termasuk Kota Bandung. Data dari platform pemantauan independen menunjukkan bukti nyata dari fluktuasi dan tingkat keparahan polusi udara di kota ini. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar I-1 di bawah ini, data historis kualitas udara menunjukkan dinamika yang signifikan dari hari ke hari.



Gambar I-1. Grafik historis indeks kualitas udara (AQI) kota Bandung (periode mei-juni 2025)

Grafik di atas mengilustrasikan bahwa kualitas udara di Bandung sangat dinamis. Pada beberapa hari, kualitas udara berada di level 'Sedang' (kuning), namun pada puncaknya, seperti pada tanggal 5 Juni, indeksnya melonjak hingga 162, yang dikategorikan sebagai 'Tidak Sehat' (*Unhealthy*). Tingkat polusi yang mencapai

level tidak sehat ini memiliki risiko signifikan bagi kesehatan penduduk, terutama bagi kelompok rentan. Fluktuasi tajam ini menegaskan bahwa pemantauan secara periodik tidaklah cukup. Diperlukan sebuah sistem pemantauan yang mampu bekerja secara kontinu dan *real-time* untuk menangkap puncak-puncak polusi berbahaya dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat. Kebutuhan akan data yang granular dan dapat diakses inilah yang menjadi landasan utama mengapa pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi sangat relevan dan mendesak untuk diimplementasikan di Kota Bandung.

Seiring dengan berkembangnya teknologi, sejumlah penelitian telah menciptakan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *machine learning* yang memungkinkan prediksi kualitas udara secara akurat. Contohnya, Chen dkk. (2022) menciptakan sistem IoT dengan sensor PM2.5, NO2, dan O3 yang menganalisis data *real-time* di wilayah perkotaan untuk memprediksi tingkat polusi di waktu tertentu, memberikan informasi dini pada masyarakat. Sementara itu, Kitchilan dkk. (2022) merancang sistem pemantauan di wilayah industri yang mendeteksi emisi berbahaya seperti SO2 dan hidrokarbon. Algoritma *machine learning*-nya membantu memprediksi tingkat polusi, memungkinkan tindakan mitigasi sebelum batas aman terlampaui.

Disisi lain, Penelitian terdahulu mengenai sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dan *Machine learning* telah menunjukkan hasil yang signifikan. Misalnya, Çöltekin dkk. (2020) mengembangkan sistem IoT untuk memantau kualitas udara dengan menggunakan sensor-sensor untuk mengukur partikel PM2.5 dan PM10. Namun, keterbatasan penelitian ini adalah sistem tidak menyediakan kemampuan prediksi kualitas udara untuk jangka waktu tertentu, sehingga tidak cukup mendukung pencegahan atau penanganan lebih dini. Di sisi lain, dalam penelitian yang dilakukan oleh Gogoi dkk. (2025), algoritma *Machine learning* digunakan untuk memprediksi tren polusi udara berdasarkan data historis, namun tanpa integrasi langsung dengan sistem IoT, yang menyebabkan kurangnya akurasi dan kecepatan data *real-time*. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu menggabungkan kedua teknologi ini secara lebih efektif. Meskipun berbagai teknologi telah diterapkan untuk pemantauan kualitas udara,

masih terdapat keterbatasan dalam infrastruktur IoT yang mampu menyediakan data kualitas udara secara *real-time* dengan tingkat akurasi tinggi dan keandalan yang stabil. Di sinilah penelitian ini berperan. Dengan IoT, penelitian ini dapat membangun jaringan sensor yang mampu mengumpulkan data kualitas udara secara *real-time* dan memprosesnya dengan bantuan algoritma *machine learning* untuk menghasilkan prediksi yang lebih baik dan mendeteksi pola polusi udara secara dini. Berbagai studi dan implementasi sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT telah berkembang selama beberapa tahun terakhir.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dengan dukungan *machine learning* untuk analisis prediktif. Hasilnya berupa prototipe yang memantau kualitas udara secara *real-time*, menganalisis data, dan menyajikan informasi melalui platform yang mudah diakses. Diharapkan, sistem ini tak hanya meningkatkan pemantauan tetapi juga kesadaran publik akan pentingnya kualitas udara. Selain itu, penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam pengembangan teknologi IoT dan *machine learning* di bidang lingkungan serta membuka peluang mitigasi polusi udara di masa depan.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan permasalahan untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengembangan sistem IoT dapat diterapkan untuk mendukung pemantauan kualitas udara secara *real-time* dengan akurasi tinggi dalam pengukuran dan pengiriman data?
2. Bagaimana data dari sensor IoT dapat dikirim dan diproses ke platform ThingSpeak untuk mendukung pemantauan kualitas udara secara *real-time*?
3. Bagaimana sistem peringatan dapat dirancang untuk mendeteksi dan memberikan notifikasi terkait kualitas udara yang berbahaya berdasarkan data sensor IoT?

I.3 Tujuan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem IoT yang mampu melakukan pemantauan kualitas udara secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi dalam pengukuran dan pengiriman data.
2. Mendesain metode pengiriman dan pemrosesan data dari sensor IoT ke platform ThingSpeak untuk mendukung pemantauan kualitas udara secara *real-time*.
3. Merancang sistem peringatan yang dapat mendeteksi dan memberikan notifikasi terkait kualitas udara yang berbahaya berdasarkan data yang dikumpulkan dari sensor IoT.

I.4 Batasan Penelitian

Untuk menjaga fokus dan kejelasan, penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup tertentu. Batasan-batasan ini mencakup cakupan objek, jenis data yang digunakan, dan pendekatan yang diambil dalam menyelesaikan masalah. Berikut adalah rinciannya:

1. Cakupan Objek dan Studi Kasus
 - a. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sebuah prototipe sistem, bukan produk akhir yang siap untuk produksi komersial.
 - b. Pengujian fungsionalitas dan pengumpulan data lapangan untuk sistem ini dilakukan secara spesifik di satu wilayah geografis, yaitu Bandung, Indonesia.
 - c. Platform perangkat lunak yang digunakan terbatas pada Thingspeak sebagai platform IoT untuk akuisisi data *cloud* dan sebuah *dashboard* web AQMS kustom yang dikembangkan untuk visualisasi data.
2. Jenis dan Parameter Data
 - a. Parameter lingkungan yang diukur dan dianalisis dalam penelitian ini secara spesifik terbatas pada karbon dioksida (CO₂), amonia (NH₃), suhu, kelembaban, tekanan atmosfer, dan arah angin.
 - b. Sistem yang dikembangkan tidak melakukan pengukuran untuk polutan udara lain yang sering menjadi bagian dari standar kualitas udara, seperti *Particulate Matter* (PM₁₀ dan PM_{2.5}), Ozon (O₃), Sulfur Dioksida (SO₂), dan Nitrogen Dioksida (NO₂).

- c. Transmisi data dari perangkat IoT ke *backend* menggunakan format spesifik, yaitu JSON melalui protokol HTTP.

3. Pendekatan Masalah dan Metodologi

- a. Metodologi yang digunakan untuk pengembangan sistem ini adalah model pengembangan prototipe (*prototyping development model*), yang menekankan pada pembangunan iteratif dan umpan balik berkelanjutan.
- b. Pendekatan masalah difokuskan pada perancangan dan implementasi fungsi pemantauan dan akuisisi data secara *real-time*, bukan pada analisis data historis yang mendalam.
- c. Penelitian ini tidak mencakup implementasi algoritma *machine learning* untuk analisis prediktif; kemampuan tersebut hanya diidentifikasi sebagai potensi pengembangan di masa depan.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini:

- 1. Bagi Universitas Telkom, penelitian ini bermanfaat dalam meningkatkan efisiensi proses bisnisnya sehingga mahasiswa dan dosen dapat lebih produktif dalam kegiatan akademis.
- 2. Bagi peneliti lain yang bergerak dalam sistem informasi pendidikan tinggi, penelitian ini bermanfaat dalam menjelaskan pendekatan yang paling tepat dalam membangun upaya digitalisasi aktivitas akademis.

I.6 Sistematika Laporan

Penelitian ini diuraikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini disajikan uraian mengenai konteks permasalahan yang melatarbelakangi penelitian, termasuk latar belakang, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, batasan dalam ruang lingkup penelitian, manfaat yang diharapkan, serta sistematika penulisan tugas akhir ini.

Bab II Landasan Teori

Pada bab ini dibahas landasan teori dan metodologi yang mendukung penyelesaian permasalahan rekayasa kompleks dalam sistem terintegrasi. Teori-teori yang disajikan diperoleh dari hasil kajian pustaka, bukan dari salinan langsung sumber referensi. Bab ini juga mencakup identifikasi dan evaluasi terhadap teori, model, kerangka standar, serta konsep umum yang relevan dengan permasalahan dan solusi yang diusulkan.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan pendekatan, metode, dan prosedur yang digunakan untuk merumuskan dan mengimplementasikan solusi terhadap masalah yang telah diidentifikasi. Uraian mencakup langkah-langkah sistematis, metode analisis, serta tahapan penelitian yang diterapkan untuk mencapai tujuan tugas akhir. Bagian ini juga membahas kerangka pikir, parameter penelitian, model yang digunakan, serta teknik pengumpulan dan analisis data, yang dapat dilengkapi dengan diagram alir atau gambar lain untuk memperjelas metode penelitian. Jika teknik wawancara digunakan, daftar pertanyaan atau kuesioner akan dilampirkan di bagian lampiran.

Bab IV Analisis dan Perancangan

Pada bab ini berisikan penjelasan mengenai proses pengumpulan dan pengolahan data yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah rekayasa dengan mempertimbangkan sistem terintegrasi. Bab ini mencakup detail metode yang digunakan untuk mengumpulkan data, teknik pengolahan data, serta bagaimana proses data tersebut diterapkan untuk dilakukan analisis dan pengambilan keputusan.

Bab V Validasi, Analisis Hasil, dan Implikasi

Pada bab ini berisikan uraian mengenai proses validasi serta analisis hasil penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan. Selanjutnya, tujuan penelitian dibahas dan dianalisis secara terperinci dan mendalam, menggunakan metode yang telah dijelaskan dalam metodologi penelitian, hingga diperoleh hasil penelitian yang jelas.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini merupakan bagian terakhir dari penelitian tugas akhir ini yang bertujuan untuk menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan saran yang sesuai. Bagian ini juga mencerminkan kontribusi penelitian terhadap pemahaman dan penyelesaian masalah.