

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara dalam ruangan (*Indoor Air Quality*) merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap kesehatan, kenyamanan, serta produktivitas manusia. Pencemaran udara dalam ruangan menjadi isu yang perlu diperhatikan, mengingat manusia dapat menghabiskan hingga 90% waktunya di dalam ruangan. Polusi udara dalam ruangan juga telah diidentifikasi sebagai permasalahan utama kesehatan masyarakat di tingkat global. Hasil penelitian EPA menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi udara dalam ruangan dapat 2-5 kali lebih tinggi, bahkan hingga 100 kali dibandingkan polusi udara luar ruangan (EPA, 2016).

Merujuk pada Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, standar kualitas kesehatan lingkungan dievaluasi melalui parameter fisik, kimia, dan biologi. Pemilihan Karbon dioksida (CO_2) dan *Total Volatile Organic Compounds* (TVOC) sebagai parameter kimia utama dalam penelitian ini didasarkan pada keandalan keduanya sebagai indikator paling sensitif terhadap kualitas udara dalam ruang (*Indoor Air Quality*). CO_2 dipilih karena merupakan proksi paling akurat untuk mengevaluasi kecukupan laju ventilasi udara dan tingkat kepadatan penghuni di ruang tertutup (ASHRAE, 2019). Sementara itu, TVOC dipilih karena menjadi parameter kumulatif yang mewakili emisi gas berbahaya dari material bangunan, perangkat elektronik, dan bahan pembersih, yang memiliki dampak langsung terhadap risiko *Sick Building Syndrome* (SBS) pada penghuni ruangan (Salthammer, 2016; EPA, 2022). Oleh karena itu, akumulasi dan tingginya konsentrasi kedua parameter ini secara tegas dapat dijadikan penanda utama buruknya laju ventilasi dan stagnasi udara di dalam ruangan.

Beberapa penelitian terdahulu telah menyoroti konsentrasi polutan di lingkungan institusi pendidikan. Sebagai contoh, penelitian oleh (Syamiyah & Wahyuni, 2021) di ruang kelas sekolah dasar menunjukkan bahwa konsentrasi CO_2 dapat mencapai 766 ppm, sementara total TVOC rata-rata berada pada angka 0,0054 ppm selama pengukuran 6 jam. Studi lain oleh (Madureira dkk., 2015) menegaskan

kompleksitas pencemar udara dalam ruangan yang dipengaruhi oleh berbagai material bangunan dan aktivitas penghuni. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih menggunakan alat standar laboratorium yang mahal atau durasi pemantauan yang terbatas, sehingga sulit untuk memantau fluktuasi polutan secara berkelanjutan di iklim tropis seperti Indonesia.

Urgensi penelitian ini didasarkan pada fakta bahwa sistem ventilasi yang berbeda di lingkungan kampus, yaitu penggunaan AC dan non-AC, menciptakan dinamika kualitas udara yang kontras.⁶ Pada ruangan ber-AC, sirkulasi udara cenderung tertutup demi efisiensi energi, yang berisiko memerangkap polutan dan meningkatkan akumulasi CO₂ akibat kepadatan mahasiswa yang tinggi di dalam kelas. Sebaliknya, pada ruangan non-AC, meskipun sirkulasi udara lebih terbuka, faktor lingkungan luar dan debu berpotensi memengaruhi konsentrasi TVOC. Observasi awal di Universitas Andalas menunjukkan bahwa durasi penggunaan kelas yang panjang (mencapai 8-11 jam per hari) dan fluktuasi jumlah mahasiswa yang signifikan antar jam kuliah meningkatkan risiko paparan polutan udara pada mahasiswa dan dosen. Oleh karena itu, membandingkan kedua tipe ruangan ini menjadi sangat penting untuk menentukan mitigasi risiko kesehatan lingkungan kerja yang tepat di institusi pendidikan (Syamiyah & Wahyuni, 2021).

Low-cost sensor (LCS) merupakan perangkat pemantau dengan biaya relatif terjangkau, berukuran kompak, dan mampu menyediakan data secara *real-time*. Penelitian yang dilakukan oleh Dinda (2025) menunjukkan bahwa LCS berpotensi besar digunakan dalam pemantauan kualitas udara pada skala lokal, namun tingkat akurasi masih dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembapan, suhu, serta karakteristik partikel. Sejalan dengan perkembangan teknologi tersebut, penelitian ini menggunakan *Wi-Fi Environmental Sensor* (RS-WFVS2), sebuah perangkat berbasis *low-cost* Sensor yang dirancang untuk pemantauan parameter kualitas udara secara digital. *Wi-Fi Environmental Sensor* (RS-WFVS2) adalah perangkat pemantau kualitas udara berbasis sensor partikel dan gas yang memungkinkan pengukuran secara praktis dan *real-time* pada berbagai jenis ruang. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang analisis kualitas udara dalam ruangan di Universitas Andalas. Parameter gas CO₂ dan

TVOC dipilih karena menjadi pencemar udara dominan di dalam ruangan. Dengan memanfaatkan sensor *Wi-Fi Environmental Sensor* (RS-WFVS2), data yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kualitas udara dalam ruangan serta menyusun rekomendasi pengelolaan kenyamanan dan kesehatan lingkungan belajar bagi seluruh civitas akademika.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kualitas udara dalam ruangan pada kelas di Universitas Andalas dengan memanfaatkan alat *low-cost* sensor berbasis IoT sebagai instrumen pemantauan yang aplikatif. Tujuan penelitian adalah:

1. Menganalisis konsentrasi CO₂ dan TVOC di ruangan kelas Universitas Andalas serta membandingkan hasil pengukuran dengan standar kualitas udara berdasarkan (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan)
2. Menganalisis perbandingan konsentrasi CO₂ dan TVOC pada ruangan kelas ber-AC dengan non-AC.
3. Mengidentifikasi potensi sumber pencemar udara dalam ruangan kelas.
4. Menganalisis korelasi konsentrasi CO₂ dan TVOC dengan faktor lingkungan fisik (suhu dan kelembapan) serta kepadatan hunian di dalam ruangan kelas
5. Memberikan rekomendasi teknis untuk peningkatan manajemen kualitas udara dan sistem ventilasi dalam ruangan kelas.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai referensi informasi tentang kualitas udara dalam ruangan, dengan fokus pada parameter pencemaran CO₂ dan TVOC yang dipengaruhi oleh aktivitas mahasiswa dan dosen, Menjadi dasar evaluasi bagi pengelola kampus dalam meningkatkan sistem ventilasi dan pengendalian kualitas udara, serta dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian serupa di masa mendatang.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian mencakup studi literatur hingga penyelesaian laporan akhir, direncanakan selama 6 bulan, mulai dari Januari hingga Agustus 2026;
2. Parameter kualitas udara yang diteliti dibatasi pada konsentrasi gas Karbon Dioksida (CO_2) dan *Total Volatile Organic Compounds* (TVOC), serta parameter pendukung berupa suhu dan kelembapan udara;
3. Lokasi penelitian dilakukan di lingkungan Universitas Andalas, yang mencakup 6 ruangan kelas dengan rincian: 2 kelas ber-AC Split Wall (RSTA 2 dan RSTA 3) 2 kelas ber -AC *Sentral* (RSTA 4 dan RSTA 5) serta 2 kelas non-AC (Gedung G.1.5 dan G.1.11).
4. Pemilihan waktu pengamatan selama 5 hari kerja didasarkan pada representasi hari efektif perkuliahan normal. Pengambilan sampel udara dilakukan secara kontinu selama 11 jam per hari (pukul 07.00–18.00 WIB) guna memastikan seluruh dinamika aktivitas perkuliahan terekam secara utuh
5. Pengambilan data menggunakan instrumen sensor *Wi-Fi Environmental Sensor* (RS-WFVS2), berbasis *Internet of Things* (IoT). Mengingat karakteristik *low-cost* sensor, hasil pengukuran dalam penelitian ini mengikuti tingkat akurasi dan sensitivitas alat tersebut setelah melalui proses kalibrasi/perbandingan dengan alat standar.
6. Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori pencemaran udara, karakteristik karbon dioksida (CO₂) dan *Total Volatile Organic Compounds* (TVOC), dan alat *Wi-Fi Environmental Sensor* (RS-WFVS2).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, persiapan percobaan mencakup alat, metode, lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengukuran konsentrasi CO₂ dan TVOC pada ruang kelas ber-AC dan non-AC, serta pembahasannya yang mencakup perbandingan dengan standar baku mutu, uji statistik komparatif antar tipe ruangan, analisis korelasi terhadap faktor fisik dan kepadatan penghuni, evaluasi pola temporal harian, serta identifikasi sumber pencemaran dan rekomendasi perbaikannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan.