

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penelitian tentang *urban population* dan *national human activity pattern survey* (NHAPS) oleh EPA menunjukkan bahwa rata-rata orang menghabiskan 90% dari waktunya di dalam ruangan, termasuk di rumah, kantor, sekolah, dan tempat-tempat lain, sementara sisanya 6% berada di dalam kendaraan (Mannan & Al-Ghamdi, 2021; Roberts, 2016). Berdasarkan hal tersebut, paparan polutan udara dalam ruangan memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan manusia, termasuk *ultrafine particles* (UFPs) dan *black carbon* (BC). UFPs adalah partikel udara dengan diameter kurang dari 0.1 μm atau 100 nm (PM_{0.1}) sehingga dapat mudah terhirup oleh sistem pernapasan dan menembus lebih jauh ke dalam alveolus paru (Abdillah & Wang, 2023a). Sementara BC merupakan komponen utama dari partikel halus (PM_{2.5}) yang sering disebut jelaga, sebagian besar tercipta ketika bahan bakar berkarbon, seperti kayu, bahan bakar fosil, dan bahan bakar nabati yang terbakar sebagian (R. P. Kumar et al., 2023).

Sumber-sumber UFPs dan BC di dalam ruangan dapat bervariasi, mulai dari kegiatan memasak, penggunaan produk kimia, hingga perangkat elektronik. Selain itu, UFPs dan BC dari luar ruangan juga dapat masuk ke dalam bangunan melalui ventilasi dan infiltrasi, menambah kompleksitas dalam pengelolaan kualitas udara dalam ruangan (Fu et al., 2021). Aliran udara dalam ruangan, yang dipengaruhi oleh sistem ventilasi, tata letak ruangan, dan sumber panas atau pendingin, dapat mempengaruhi bagaimana UFPs dan BC tersebar dan bertahan di dalam ruangan. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi sumber-sumber UFPs dan BC serta mengetahui kontribusi udara luar ruangan melalui faktor infiltrasi ini untuk menganalisis sejauh mana paparan UFPs dan BC.

Penggunaan algoritma *machine learning* (ML) telah banyak digunakan oleh para peneliti untuk memprediksi kualitas udara dalam ruangan (IAQ) berdasarkan berbagai parameter dan sumber (Singh et al., 2024). Kapoor et al. (2023) telah mengeksplorasi pendekatan penggunaan algoritma ML untuk prediksi IAQ dengan hasil yang nilai akurasi terbaik adalah *artificial neural network* (ANN) dan *eXtream*

gradient boosting regression (XGBoost). ANN adalah sebuah jaringan yang terdiri dari sekelompok unit prosesor kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan syaraf manusia. Menurut Kalogirou (2001), ANN baik untuk tugas yang melibatkan kumpulan data yang tidak lengkap, informasi yang kabur atau tidak lengkap, dan untuk masalah yang sangat kompleks dan tidak terdefinisi dengan baik, di mana manusia biasanya memutuskan berdasarkan intuisi. *XGBoost* adalah algoritma yang kuat untuk tugas-tugas regresi yang menggabungkan banyak pohon keputusan secara bertahap dan mengoptimalkan fungsi loss. Algoritma ini dapat memberikan prediksi yang lebih akurat dan real-time mengenai konsentrasi UFPs dan BC, sehingga memungkinkan intervensi yang lebih efektif untuk memprediksi kualitas udara dalam ruangan.

Penelitian tentang kualitas udara sebagian besar berfokus pada luar ruangan, sedangkan kualitas udara dalam ruangan/*indoor air quality* (IAQ) dan dampaknya masih kurang mendapat perhatian hingga dekade terakhir (Mannan & Al-Ghamdi, 2021). Beberapa penelitian tentang *indoor air quality* menemukan bahwa konsentrasi polutan di sekolah lebih tinggi daripada konsentrasi di rumah tangga dan bangunan komersial (Oeder et al., 2012; S.C. Lee et al., 2002). Penghuni sekolah biasanya membawa debu kapur, jamur, bakteri, dan virus ke dalam lingkungan sekolah, adapun uap serta bau dari laboratorium maupun studio seni juga merupakan sumber polutan yang umum ditemukan di sekolah (Chithra & Nagendra, 2018).

Beberapa penelitian sebelumnya terkait topik ini, seperti oleh Slezakova et al. (2019), menemukan bahwa tingkat UFPs di ruangan dipengaruhi oleh lokasi geografis, tempat ruang kelas, dan ventilasi. C. Chen et al. (2020a) menemukan bahwa faktor infiltrasi UFPs di lingkungan dalam ruangan paling banyak dipengaruhi oleh laju pergantian udara dan koagulasi. Chen et al. (2020) menggunakan algoritma ML untuk memprediksi konsentrasi UFPs, menemukan peningkatan akurasi prediksi. Penelitian ini berfokus pada menilai karakteristik *ultrafine particles* (UFPs) dan *black carbon* (BC) di berbagai mikroenvironment dalam universitas, dengan analisis sumber potensial, faktor infiltrasi, analisis *exposure*, dan prediksi konsentrasi menggunakan algoritma *machine learning*..

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Sejauh mana variasi konsentrasi *ultrafine particles* (UFPs) dan *black carbon* (BC) di berbagai mikroenvironment dalam universitas?
2. Bagaimana indikasi infiltrasi udara luar mempengaruhi konsentrasi UFPs dan BC di dalam ruangan?
3. Bagaimana klasifikasi sumber UFPs dan BC dalam setiap mikroenvironment dalam universitas?
4. Bagaimana tingkat paparan UFPs dan BC di mikroenvironment universitas dengan implikasi pada orang dewasa dan anak-anak yang sehat?
5. Bagaimana model estimasi konsentrasi UFPs dapat dikembangkan menggunakan *machine learning* melalui algoritma *XGBoost* dan *Artificial Neural Network*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis variasi konsentrasi *ultrafine particles* ($\#/cm^3$) dan *black carbon* (ng/m^3) di berbagai mikroenvironment dalam universitas.
2. Menganalisis indikasi infiltrasi konsentrasi UFPs dan *black carbon* luar ruangan terhadap dalam ruangan melalui rasio I/O (*indoor/outdoor ratio*).
3. Mengklasifikasi sumber UFPs dan BC di berbagai mikroenvironment di universitas.
4. Melakukan penilaian tingkat paparan (*exposure assessment*) terhadap UFPs ($\#/30$ menit) dan BC ($ng/30$ menit) berbagai mikroenvironment universitas dengan implikasi pada orang dewasa dan anak-anak yang sehat.
5. Mengembangkan model estimasi konsentrasi UFPs menggunakan algoritma *machine learning* melalui algoritma *XGBoost* dan *Artificial Neural Network* untuk prediksi konsentrasi UFPs .

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pembaca, masyarakat, lembaga, dan instansi terkait sehingga manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi data mengenai variasi, sumber, dan konsentrasi *indoor air quality* diberbagai area universitas yang dapat dijadikan untuk mengimplementasikan langkah-langkah perbaikan kualitas udara.
2. Menyediakan referensi bagi peneliti lain terkait kualitas udara dalam ruangan terutama tentang variasi konsentrasi, faktor infiltrasi, *exposure model*, dan pengembangan model estimasi konsentrasi polutan menggunakan algoritma *machine learning*.
3. Data dari penelitian ini dapat digunakan untuk perencanaan desain fasilitas yang lebih baik agar konsentrasi udara dalam ruangan menjadi lebih baik.
4. Memberikan data yang mendukung pengembangan regulasi lingkungan yang lebih ketat, terutama untuk standar baku mutu paparan ultrafine particle (PM0.1) yang saat ini belum memiliki ketentuan resmi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di YNW Lab, Departemen Teknik Lingkungan, Chung Yuan Christian University, Taiwan berdasarkan program *Taiwan Experience Education Program (TEEP)*.
2. Data primer diambil dari pengujian berbagai mikroenvironment dalam universitas, termasuk ruang kelas, kantor, gym, kantin, dan luar ruangan.
3. Polutan yang menjadi fokus penelitian ini adalah *ultrafine particles* (UFPs) dengan diameter kurang dari 0.1 μm , serta *black carbon* (BC) sebagai komponen utama dari partikel halus.
4. Datasets yang digunakan dalam untuk prediksi polutan adalah konsentrasi *ultrafine particles* (UFPs) sebagai PM0.1, *black carbon* (BC), TVOC, CO_2 , PM10, PM2.5, suhu, dan kelembapan.
5. Instrumen yang digunakan untuk pengukuran TSI CPC 3007, MicroAeth AE51, dan sensor IoT.