

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Polusi udara sudah menjadi salah satu masalah penting yang paling sering dialami dalam kehidupan sehari-hari. Penyebab utama terjadinya polusi udara adalah aktivitas manusia seperti emisi kendaraan, industri, pembakaran sampah dan juga faktor alami seperti kebakaran hutan dan letusan gunung merapi. Kualitas udara yang buruk akan menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia. Tanpa kita sadari polusi udara akan terus menjadi ancaman serius terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup secara menyeluruh. Dampak jangka panjang terhadap udara yang tercemar dapat menyebabkan buruknya kondisi kesehatan terutama pada kalangan anak-anak, lansia, dan orang yang memiliki penyakit kronis. Peningkatan risiko penyakit kronis seperti asma, bronkitis, bahkan kanker paru-paru banyak terjadi karena polusi udara.

1.1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara berkembang, masyarakat memiliki tingkat penggunaan yang tinggi. Melalui data dari GAKINDO, tercatat jumlah populasi kendaraan bermotor di Indonesia yang aktif sampai periode 9 Februari 2023 mencapai 153.400.392 unit. Angka tersebut mencakup 147.153.603 unit kendaraan pribadi yaitu 127.976.339 unit sepeda motor (87 persen) dan 19.177.264 mobil pribadi [1]. Jumlah persentase populasi kendaraan bermotor yang tinggi akan berpengaruh terhadap pencemaran udara.

Kualitas udara yang buruk karena tingginya jumlah populasi udara tercemar dapat mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan masyarakat. Polusi udara merupakan masalah lingkungan yang mendesak di Indonesia, mempengaruhi kesehatan masyarakat, ekosistem, dan pembangunan ekonomi [2]. Demi menjaga kesehatan masyarakat dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan aman untuk ditinggali, harus dilakukannya peningkatan kualitas udara. Kendaraan bermotor memiliki peran terbesar terhadap tingginya polusi udara [3]. Salah satu faktor yang mempengaruhi polusi udara adalah kondisi lalu lintas yang padat dan infrastruktur udara yang baik. Minimnya area hijau dan sistem tata ruang perkotaan yang buruk dapat memperburuk tingkat polusi dan berdampak negatif bagi kesehatan masyarakat sekitar [1].

Inovasi pengukuran polusi udara dengan sistem *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan kendaraan bisa menjadi langkah awal rangkaian solusi untuk mengurangi tingkat polusi yang tinggi. Langkah yang bisa diambil yaitu dengan mendeteksi kadar polusi

udara secara *real-time*. Data yang didapatkan dari sensor IoT yang diletakkan pada kendaraan akan menganalisis seberapa besar kadar polusi udara yang terdeteksi. Data yang sudah ada ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terlebih pemerintah untuk menindak lanjuti dan memberi solusi dari tingginya polusi udara [4].

1.2 Analisis Masalah

Dalam mengusulkan solusi terkait topik “*DESIGN OF A PORTABLE AIR POLLUTION MEASUREMENT SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS*”, perlu memperhatikan beberapa aspek yang terkait, yaitu:

1.2.1 Aspek Teknis

Situasi polusi udara di Indonesia menjadi salah satu hal yang membutuhkan respon cepat dalam peningkatan kualitas udara terutama di kota-kota besar. Sensor, perangkat lunak, dan jaringan komunikasi digunakan untuk menganalisis *monitoring* sistem dan pengukuran kualitas udara berbasis IoT. Permasalahan polusi udara di Indonesia, khususnya di wilayah perkotaan yang padat aktivitas kendaraan dan industri, memerlukan sistem pemantauan kualitas udara yang efisien, *real-time*, dan adaptif. Untuk menjawab tantangan tersebut, dibutuhkan integrasi antara sensor lingkungan, mikrokontroler, modul komunikasi, dan sistem pengukuran berbasis IoT.

Dalam sistem ini, digunakan berbagai sensor untuk mendeteksi parameter lingkungan secara akurat. Sensor Sensirion SCD30 digunakan untuk mengukur kadar karbon dioksida (CO₂), suhu, dan kelembapan. Sensor yang digunakan seperti MQ-07 untuk mendeteksi karbon monoksida (CO), digunakan untuk memperoleh data secara *real-time* [5]. Sementara itu, sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara sebagai parameter pendukung dalam analisis polusi. Untuk partikel debu, digunakan sensor GP2Y1010AUOF, yang dapat mendeteksi konsentrasi partikel halus seperti PM2.5 dan PM10, yang sangat berbahaya bagi kesehatan pernapasan. Seluruh sensor ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengontrol komunikasi antar komponen. ESP32 juga memiliki konektivitas Wi-Fi, memungkinkan pengiriman data ke platform *cloud* secara terus-menerus (*real-time*). Lokasi pengambilan data dipetakan menggunakan GPS *android*, yang memberikan informasi koordinat geografis secara akurat. Data yang dikumpulkan dari sensor kemudian dikirim dan divisualisasikan melalui aplikasi berbasis *cloud* atau perangkat *mobile*, sehingga memungkinkan pemantauan polusi secara menyeluruh dan *mobile*. Data ini

juga ditampilkan secara lokal melalui LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 i2C, yang menampilkan suhu, kelembapan, dan level polusi.

Untuk memastikan keteraturan dan integrasi komponen elektronik, sistem menggunakan *Printed Circuit Board* (PCB) sebagai papan sirkuit utama. Semua komponen dirakit dan dilindungi dalam *casing box*, yang dirancang untuk melindungi sistem dari gangguan fisik dan cuaca saat perangkat digunakan di lapangan, terutama ketika dipasang di kendaraan. Dari sisi teknis, beberapa tantangan yang dihadapi antara lain adalah akurasi sensor dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, stabilitas jaringan komunikasi untuk pengiriman data secara kontinu, serta integritas data *real-time* dalam skenario portable. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi sensor secara berkala dan pengujian sistem dalam berbagai kondisi lingkungan untuk memastikan performa yang optimal. Dengan memanfaatkan arsitektur IoT serta pemrosesan data secara prediktif dan historis, sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas udara dan memberikan informasi berbasis lokasi secara cepat untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih responsif terhadap peningkatan polusi udara.

1.2.2 Aspek Ekonomi

Dari aspek ekonomi, sistem *monitoring* dan pengukuran kualitas udara berbasis IoT menawarkan efisiensi biaya dalam jangka panjang. Sistem ini dapat mengurangi kebutuhan perangkat pemantauan tradisional yang lebih mahal dan kurang fleksibel. Adapun hal yang dapat mengurangi biaya operasional dengan mengumpulkan data secara otomatis dan *real-time*, termasuk biaya tenaga kerja dan pemeliharaan yang sering diperlukan dalam metode konvensional [6].

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Beberapa solusi pemantauan kualitas udara telah diterapkan di Indonesia, baik oleh instansi pemerintah maupun pihak swasta. Dua di antaranya yang paling menonjol adalah Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) yang dikelola oleh pemerintah, serta Nafas Indonesia, sebuah platform swasta berbasis IoT yang berkembang pesat.

1.3.1 Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (SPKU)

SPKU adalah sistem pemantauan udara resmi yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) daerah, menggunakan perangkat stasioner berstandar nasional untuk mengukur parameter pencemar udara. Sistem ini

menjadi acuan utama dalam penentuan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Meskipun akurat, SPKU memiliki keterbatasan dari sisi jangkauan dan mobilitas, untuk pengukuran kualitas udara secara dinamis di wilayah yang lebih luas.

Tabel 1.1 Deskripsi SPKU

Keunggulan	Kekurangan	Keterbatasan
Terintegrasi dengan sistem kota pintar dan <i>dashboard</i> publik <i>real-time</i> , mudah diakses masyarakat	Terbatas pada infrastruktur digital Jakarta, tidak seluruh wilayah memiliki sensor.	Beroperasi hanya secara lokal dan statis, tidak fleksibel untuk aplikasi di kota lain.
Menyediakan data yang dapat langsung digunakan sebagai basis kebijakan lingkungan.		

Berdasarkan Tabel 1.1 tersebut, SPKU memiliki akurasi tinggi dan terintegrasi dengan sistem kota pintar, tetapi jangkauannya masih terbatas dan bersifat statis. Hal ini membuatnya kurang efektif untuk memantau kualitas udara secara dinamis di berbagai lokasi. Sebaliknya, sistem pemantauan berbasis kendaraan menawarkan mobilitas dan cakupan wilayah yang lebih luas karena sensor bergerak mengikuti rute kendaraan, sehingga data yang dihasilkan lebih menyeluruh dan *real-time*.

1.3.2 Nafas Indonesia

Selain solusi yang dikembangkan oleh pemerintah, seperti SPKU, hadir pula inisiatif swasta yang berkontribusi dalam pemantauan kualitas udara, salah satunya adalah Nafas Indonesia. Platform ini memanfaatkan teknologi IoT dengan jaringan sensor udara berbiaya rendah yang tersebar di berbagai kota besar. Data yang dikumpulkan ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi *mobile* yang mudah diakses oleh masyarakat umum. Pada subbab ini akan dibahas keunggulan, kekurangan, dan keterbatasan dari Nafas Indonesia sebagai alternatif pemantauan udara yang lebih praktis dan terjangkau, namun tetap memiliki tantangan tersendiri dari sisi akurasi dan cakupan wilayah.

Tabel 1.2 Nafas Indonesia

Keunggulan	Kekurangan	Keterbatasan
Menggunakan sensor-sensor <i>IoT low-cost</i> untuk pemantauan <i>real-time</i> .	Sensor yang digunakan belum seakurat SPKU milik pemerintah.	Masih terkonsentrasi di kota besar, khususnya Jabodetabek.
Menyediakan aplikasi <i>mobile</i> yang mudah digunakan dengan informasi PM2.5 dan indeks kualitas udara.	Kalibrasi antar perangkat kadang tidak seragam, bisa menyebabkan perbedaan data antar titik.	Data belum sepenuhnya dapat digunakan untuk keperluan regulasi resmi, karena sebagian masih berbasis sensor <i>low-cost</i> .
Jangkauan sensor cukup luas di wilayah Jabodetabek, dan terus berkembang.		Tidak dapat mencakup kondisi secara dinamis di rute kendaraan atau area terpencil.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT yang bersifat *portable* dengan memanfaatkan kendaraan sebagai media pergerakan sensor. Sistem ini diharapkan mampu:

- Mengukur parameter kualitas udara seperti PM2.5, PM10, CO₂, suhu, dan kelembapan secara *real-time* menggunakan sensor lingkungan berbasis IoT.
- Memetakan data kualitas udara berdasarkan lokasi geografis melalui integrasi dengan *Global Positioning System* (GPS) admin.
- Mengirimkan data pemantauan ke platform *cloud* secara otomatis untuk keperluan visualisasi dan analisis.
- Menyediakan informasi kualitas udara yang lebih menyeluruh dan dinamis dibandingkan sistem statis, dengan cakupan area yang lebih luas mengikuti rute kendaraan.
- Mendukung pengambilan keputusan terkait kualitas udara di kawasan perkotaan.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Untuk menjaga fokus dan pencapaian tujuan, tugas akhir ini memiliki batasan sebagai berikut:

- a. Jenis Sensor: Hanya menggunakan sensor-sensor tertentu, lalu sensor yang digunakan ini terbatas dalam hal parameter yang bisa dipantau dan memiliki keterbatasan akurasi serta daya tahan terhadap kondisi ekstrem di luar ruangan.
- b. Cakupan Area Pengukuran: Pengambilan data kualitas udara hanya dilakukan sepanjang jalur yang dilewati oleh kendaraan tempat perangkat dipasang. Lokasi yang tidak dilalui kendaraan tidak terpantau.
- c. *Durability* Perangkat: Perangkat belum dirancang untuk sepenuhnya tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem (*IP rating* rendah). Penggunaan luar ruangan hanya memungkinkan jika ada pelindung tambahan.
- d. Keterbatasan Koneksi dan *Delay* Data: Pengiriman data ke *cloud* mengandalkan koneksi internet dari kendaraan (Wi-Fi atau seluler). Keterbatasan jaringan dapat menimbulkan *delay* pengiriman data hingga 5 detik atau lebih.
- e. Platform *Mobile*: Aplikasi pemantauan hanya dapat berjalan di sistem operasi Android.