

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi di era modern telah memberikan kemudahan dalam memantau berbagai aspek kehidupan, termasuk kualitas udara. Kualitas udara yang buruk dapat memberikan dampak negatif pada kesehatan manusia, ekosistem, dan aktivitas ekonomi. Peningkatan urbanisasi dan industrialisasi menyebabkan pencemaran udara menjadi salah satu permasalahan utama yang perlu segera diatasi (World Health Organization, 2020). Berdasarkan data terbaru WHO tahun 2023, sebanyak 99% populasi dunia menghirup udara dengan kualitas di bawah standar yang direkomendasikan, sehingga berisiko membahayakan kesehatan mereka (World Health Organization, 2023).

Kualitas udara di Tanjungpinang menjadi perhatian seiring dengan meningkatnya pembangunan, urbanisasi, dan transportasi. Data BMKG menunjukkan bahwa tingkat polutan seperti $PM_{2.5}$ dan PM_{10} cenderung meningkat pada jam-jam sibuk, terutama di pusat kota dan sekitar pelabuhan. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang mencapai 202,250 unit pada 2024 serta praktik pembukaan lahan dengan cara membakar turut memperburuk kualitas udara (BMKG, 2023; Katadata, 2024; Meja Redaksi, 2023). Kondisi ini berisiko menimbulkan gangguan kesehatan, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia. Data dari Dinas Kesehatan menunjukkan adanya peningkatan kasus Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) sebesar 15% dalam dua tahun terakhir akibat paparan polusi udara (Survei Kesehatan Indonesia, 2023).

Berdasarkan kunjungan ke kantor BMKG Tanjungpinang pada 31 Desember 2024, diketahui bahwa BMKG tidak lagi melakukan pengukuran kualitas udara. Sebelumnya, BMKG memiliki alat untuk memantau kualitas udara, namun saat ini alat tersebut sudah tidak digunakan lagi. Akibatnya, informasi mengenai kualitas udara di Tanjungpinang menjadi tidak tersedia. Demikian pula, hasil kunjungan ke Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Provinsi Kepulauan Riau pada 6 Januari 2025 menunjukkan bahwa mereka tidak melakukan pengukuran kualitas udara. Hal ini semakin memperburuk minimnya informasi mengenai kondisi kualitas udara di wilayah Tanjungpinang. Kesimpulan dari hasil kunjungan tersebut adalah bahwa tidak adanya pengukuran kualitas udara oleh BMKG maupun DLHK menyebabkan kurangnya data yang dapat digunakan untuk memantau dan menganalisis kondisi kualitas udara di Tanjungpinang.

Sistem yang dapat memantau dan memprediksi kualitas udara secara efektif sangat diperlukan untuk menyediakan informasi akurat bagi masyarakat dan pengambil kebijakan. Teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan perangkat pintar terhubung dan mengirimkan data secara *real-time* (Megantoro *et al.*, 2025). Penggunaan sensor MQ2, MQ7, MQ136, MQ135, dan PMS5003 memungkinkan pemantauan kualitas udara secara kontinu dengan biaya yang relatif rendah, serta kompatibilitas tinggi terhadap sistem berbasis mikrokontroler (Venkatesh *et al.*, 2025; Hassan *et al.*, 2024).

Setiap sensor memiliki keunggulan masing-masing dalam mendeteksi jenis polutan tertentu. Sensor MQ2 sensitif terhadap gas mudah terbakar seperti hidrokarbon (HC) yang banyak dihasilkan dari aktivitas kendaraan dan pembakaran

sampah (Suryana, 2021). Sensor MQ7 mampu mendeteksi karbon monoksida (CO) dengan akurasi tinggi pada konsentrasi rendah hingga sedang, menjadikannya ideal untuk pemantauan emisi kendaraan (Odirichukwu, 2023). Sensor MQ135 mendeteksi berbagai gas berbahaya seperti nitrogen dioksida (NO₂), amonia, dan senyawa volatil lainnya, sehingga cocok untuk pemantauan kualitas udara umum (Rachmi, 2023). Sensor MQ136 dirancang untuk mendeteksi sulfur dioksida (SO₂) yang berasal dari pembakaran batu bara dan solar, serta berpotensi merusak sistem pernapasan (Kasenda *et al.*, 2019). Sedangkan sensor PMS5003 mampu mengukur konsentrasi partikulat halus PM_{2,5} dan PM₁₀ secara *real-time* dengan akurasi tinggi, yang sangat berguna untuk mendeteksi debu dan asap kendaraan (Suryantoro & Kusriyanto, 2023).

Integrasi lima jenis sensor memungkinkan sistem menyajikan informasi yang komprehensif mengenai konsentrasi polutan utama di udara. Hasil pengukuran dapat dianalisis menggunakan algoritma *Naive Bayes* untuk menghasilkan prediksi kualitas udara dengan tingkat akurasi yang tinggi (Maulana *et al.*, 2023). *Machine learning* berperan penting dalam analisis dan prediksi kualitas udara dengan memanfaatkan algoritma yang dapat mengenali pola dalam data historis dan *real-time*. Metode pembelajaran mesin memungkinkan sistem mempelajari hubungan kompleks antara berbagai faktor pencemar dan kondisi lingkungan untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Naive Bayes*, yang efisien dalam klasifikasi dan pengolahan data besar dengan kesederhanaan (Zikri *et al.*, 2023). Menurut Dhaliwal & Dhillon (2021), metode ini yang didasarkan pada prinsip probabilitas sesuai

untuk mengolah data sensor yang bersifat dinamis dan tidak terstruktur, seperti data kualitas udara. Algoritma *Naive Bayes* menunjukkan keunggulan dalam mengolah *dataset* berukuran besar dengan distribusi probabilitas yang kompleks karena proses klasifikasinya yang sederhana, cepat, dan efisien jika dibandingkan dengan metode lain seperti *Decision Tree* dan *Random Forest* (Resti *et al.*, 2024). Integrasi *Naive Bayes* dengan IoT memungkinkan sistem prediksi kualitas udara memberikan informasi *real-time*, membantu masyarakat mengantisipasi dampak pencemaran (Widiawati *et al.*, 2024).

Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan kualitas udara yang tidak hanya mampu mengumpulkan data secara *real-time*, tetapi juga menghasilkan informasi yang dapat digunakan dalam proses analisis dan prediksi berbasis *machine learning*. Dengan memanfaatkan kombinasi teknologi IoT dan algoritma *Naive Bayes*, sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif yang mampu mengisi kekosongan data pemantauan kualitas udara di Tanjungpinang. Kehadiran sistem tersebut tidak hanya berguna dalam memberikan informasi kepada masyarakat dan instansi terkait, tetapi juga dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan kebijakan lingkungan yang lebih *responsif* dan berbasis data.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat dua masalah utama yang menjadi fokus penelitian ini. Pertama, belum adanya sistem pemantauan kualitas udara yang efektif di Tanjungpinang, yang menyebabkan

kesulitan dalam melakukan klasifikasi dan prediksi kualitas udara secara *real-time*. Kedua, sejauh mana metode *Naive Bayes* pada *Machine learning* mampu memberikan klasifikasi dan prediksi kualitas udara yang akurat berdasarkan data sensor MQ2, MQ7, MQ135, MQ136 dan PMS50003.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem klasifikasi dan prediksi kualitas udara dengan metode *Naive Bayes* dan integrasi teknologi IoT. Adapun batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Sistem hanya memprediksi kualitas udara berdasarkan enam parameter: CO, HC, SO₂, NO₂, PM_{2.5}, dan PM₁₀.
2. Penelitian ini menggunakan metode *Naive Bayes* untuk memproses data sensor, mengklasifikasikan tingkat kualitas udara ke dalam kategori tertentu, serta memprediksi kemungkinan kondisi udara berdasarkan pola data historis.
3. Model *Machine Learning* yang digunakan untuk diuji analisis menggunakan platform Google Colab tanpa diintegrasikan ke dalam mikrokontroler atau sistem tertanam (*embedded system*).
4. Data yang digunakan hanya berskala lokal dari sensor di satu lokasi, tanpa mencakup data global atau lintas wilayah.
5. Kalibrasi sensor MQ136 dan MQ135 dalam penelitian ini mengacu pada data kalibrasi dari jurnal ilmiah yang kredibel, dikarenakan keterbatasan alat kalibrasi gas standar. Referensi yang digunakan memiliki kesamaan tipe sensor dan parameter yang relevan.

6. Penelitian ini tidak mencakup aspek jaringan maupun perangkat keras IoT, melainkan hanya fokus pada pengolahan dan integrasi data sensor dengan algoritma *Naive Bayes*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi dua masalah utama yang telah diidentifikasi. Pertama, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di Tanjungpinang. Kedua, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Naive Bayes* dalam memprediksi kualitas udara dengan menggunakan enam parameter utama dalam pengukuran kualitas udara, serta untuk mengembangkan prosedur pengolahan data sensor yang efektif dan mengevaluasi akurasi prediksi yang dihasilkan.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dalam memantau, mengklasifikasikan, dan memprediksi kualitas udara secara *real-time* dengan menggunakan teknologi IoT dan metode *Naive Bayes*. Hal ini dapat membantu masyarakat dalam mengambil langkah preventif terhadap dampak pencemaran udara dan mendukung kebijakan pengelolaan kualitas udara yang lebih efektif. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dalam pemodelan prediksi dan klasifikasi kualitas udara serta penerapan algoritma pembelajaran mesin untuk data lingkungan.