

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, kualitas udara di berbagai wilayah dunia semakin menurun akibat aktivitas manusia, terutama pada sektor industri. Seperti yang dijelaskan oleh Huang dkk., (2023) polusi udara merupakan keberadaan partikel, senyawa atau zat tertentu di atmosfer yang dapat merugikan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Beberapa zat berbahaya yang umumnya dapat ditemukan di udara antara lain karbon monoksida (CO), hidrogen sulfida (H₂S), dan metana (CH₄), yang mana gas-gas ini bersifat toksik dan mudah terbakar saat terpapar sumber api. Sektor industri seperti kegiatan pertambangan dan produksi semen menjadi kontributor utama dari emis gas ini (Iqbal, 2024). Paparan jangka panjang terhadap zat-zat tersebut dapat menyebabkan gangguan pernapasan, keracunan, bahkan kemungkinan terburuk yaitu kematian.

Deteksi gas memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, seperti keamanan industri, pengendalian kualitas udara, pengelolaan limbah, dan juga mengamati kesehatan lingkungan. Sensor gas merupakan peralatan yang tepat untuk melakukan pendeteksian keberadaan gas di lingkungan sekitar. Kemampuan ini sangat krusial dalam mencegah kebocoran gas berbahaya yang dapat memicu bencana ataupun mengancam kesehatan makhluk disekitarnya. Seiring meningkatnya kebutuhan akan sensor yang lebih sensitif, selektif, dan responsif, inovasi teknologi dalam bidang ini pun terus berkembang. Ashshiddiqi dkk., (2013) menyoroti keterbatasan indera penciuman manusia dalam mengenali keberadaan gas-gas polutan, sehingga diperlukan pengembangan sistem pendeteksi berbasis array sensor untuk meningkatkan akurasi dan kendalan pengukuran.

Peningkatan sensitivitas terhadap gas dengan konsentrasi rendah, selektivitas terhadap jenis gas tertentu, dan kemampuan beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan tertentu masih menjadi tantangan utama dalam pengembangan sensor gas.

Keakuratan dalam membedakan jenis gas yang terdeteksi sering kali menjadi masalah yang akhirnya memerlukan pendekatan baru dengan teknologi yang lebih canggih.. Schütze dkk., (2017) mengungkapkan bahwa sensor gas semikonduktor, meskipun memiliki sensitivitas tinggi namun sering mengalami kesulitan dalam selektivitas dan stabilitas ketika digunakan dalam kondisi lingkungan dengan suhu dan kelembapan yang berubah-ubah. Hal ini juga diperkuat oleh Yaqoob dan Younis, (2021) yang menunjukkan bahwa sensor berbasis WO_3 mengalami penurunan kinerja akibat efek kelembapan, yang mempengaruhi sensitivitas dan selektivitas sensor tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang inovatif dalam pemilihan penggunaan material serta teknologi dalam pengembangan sensor yang mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan untuk meningkatkan kinerja deteksi gas.

Penelitian yang dilakukan oleh Iqbal, (2024) mencoba mengembangkan sistem pemantauan gas berbasis telemetri dengan menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-6 serta komunikasi nirkabel untuk mendeteksi keberadaan gas metana dan butana dilingkungan industri dan pertambangan. Namun hasil pengujian menunjukkan tingkat eror yang cukup signifikan, yakni sebesar 24,375% dan sensor MQ-6 sebesar 11,06% yang dapat mengurangi akurasi dalam mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas. Sementara itu, Abidin dkk., (2024) mengembangkan sistem pemantauan kebocoran gas LPG menggunakan sensor gas dan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan keamanan dan respons cepat terhadap kebocoran gas. Penggunaan sensor MQ-6 untuk mendeteksi LPG, sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap, sensor infrared untuk mendeteksi api, serta sensor DHT-22 untuk mengukur suhu lingkungan telah diterapkan dalam berbagai studi untuk meningkatkan akurasi pemantauan lingkungan. Penelitian ini menerapkan Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk meningkatkan akurasi dalam mengklasifikasikan tingkat kebocoran gas dan kondisi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah node pada lapisan tersembunyi dalam JST berpengaruh kepada kinerja sistem, dengan konfigurasi optimal menggunakan 7 node mencapai akurasi 99,63%, presisi 100%, dan *loss function* sebesar 0,423%.

Pratama dkk., (2019) melakukan penelitian tentang perbandingan kinerja sensor gas TGS2610, MQ-2, dan MQ-6 pada alat pendeteksi kebocoran *Liquified Petroleum Gas* (LPG) berbasis mikrokontroler ATmega2560, dimana hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa sensor TGS2610 memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan sensor MQ-6 dan MQ-2 dalam mendeteksi kebocoran LPG berdasarkan parameter waktu respons dan jarak. Penelitian yang dilakukan oleh Umoh dkk., (2019) mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis *Support Vector Machine* (SVM) dengan memanfaatkan sensor suhu DHT11, sensor asap MQ-2, dan sensor api LM393. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *machine learning* dalam deteksi kebakaran mampu meningkatkan akurasi prediksi hingga 80%, dengan tingkat kesalahan hanya 0,2% . Sedangkan Singh dkk., (2024) meneliti penggunaan sensor berbasis oksida logam untuk mendeteksi senyawa organik volatil (VOCs) dalam campuran kompleks dengan bantuan berbagai algoritma machine learning, termasuk *Random Forest* (RF) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Hasilnya menunjukkan bahwa metode berbasis *machine learning* dapat mencapai akurasi lebih dari 99% dalam klasifikasi berbagai campuran gas, serta mampu memprediksi konsentrasi gas dengan *Limit of Detection* (LOD) yang sangat rendah.

Algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) memiliki peranan yang penting dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi deteksi gas, dengan melakukan analisis dari setiap sensor gas secara lebih cerdas dan adaptif. Teknologi sensor gas tradisional sering menghadapi keterbatasan dalam hal sensitivitas dan selektivitas, terutama saat digunakan dalam lingkungan yang kompleks untuk mendeteksi gas dengan konsentrasi rendah. Dalam konteks ini, pembelajaran mesin menawarkan solusi yang lebih efektif melalui kemampuannya dalam mengolah data dalam jumlah besar dan mengenali pola-pola kompleks yang sulit dideteksi oleh metode konvensional (Jang dkk., 2019). Model pembelajaran mesin seperti *Linear Discriminant Analysis* (LDA), *Principal Component Analysis* (PCA), *Support Vector Machine* (SVM), dapat digunakan dalam mengklasifikasikan jenis gas berdasarkan parameter fisik yang tercatat oleh sensor. Dengan adanya pendekatan seperti ini, model

pembelajaran dapat mempelajari hubungan kompleks antara data sensor dan karakteristik gas yang terdeteksi, yang akan meningkatkan akurasi dalam klasifikasi gas.

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan gas berbasis sensor dan algoritma pembelajaran mesin, sebagian besar masih terbatas pada pendeteksian satu jenis gas atau menggunakan pendekatan machine learning yang bersifat konvensional. Selain itu, tingkat akurasi yang bervariasi dan sensitivitas sensor terhadap kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan masih menjadi tantangan tersendiri dalam implementasinya.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem deteksi gas berbasis array sensor yang mampu mengidentifikasi beberapa jenis gas secara akurat dan selektif. Sistem ini akan menggunakan algoritma pembelajaran mesin modern, seperti *Random Forest* (RF) dan *Convolutional Neural Network* (CNN), untuk mengklasifikasikan gas berdasarkan pola perubahan tegangan dari sensor. Melalui pendekatan ini, diharapkan sistem mampu mengolah data dalam jumlah besar, mengenali pola-pola kompleks, dan memberikan deteksi multi-gas secara real-time, bahkan dalam lingkungan industri yang menuntut ketelitian dan adaptabilitas tinggi.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengembangkan sistem sensor gas berbasis array sensor yang dapat bekerja secara real-time.
2. Menerapkan algoritma pembelajaran mesin untuk mengotomatisasi proses pengidentifikasian dan pengklasifikasian gas berdasarkan hasil dari pembacaan beberapa sensor.

1.3 Manfaat Penelitian

Setelah dilakukannya penelitian ini, peneliti berharap penelitian ini memiliki manfaat diantaranya :

1. Penelitian ini akan berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam teknologi sensor gas.
2. Memperluas wawasan mengenai peningkatan sensitivitas dan selektivitas sensor gas.
3. Pemantauan emisi gas dan mendeteksi keberadaan gas berbahaya secara real time.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Gas yang dideteksi pada penelitian ini diantaranya metana, karbon monoksida, dan hidrogen sulfida.
2. Sensor yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari sensor MQ-4, MQ-7, dan MQ-136.
3. Algoritma yang digunakan dalam penelitian *Random forest* (RF) yang digunakan dalam menentukan jenis gas dan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk menentukan konsentrasi gas yang terdeteksi.
4. Hasil pembacaan dari sensor dan pengolahan dari *machine learning* hanya akan ditampilkan pada layar LCD pada prototipe.