

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini, kemajuan teknologi sensor gas untuk mendeteksi gas berbahaya dapat meningkatkan keselamatan manusia. Banyak aktivitas sehari-hari yang membuat manusia terpapar gas beracun, termasuk pengecatan, pengasapan, penyediaan bahan bakar, konstruksi dan penggalian tanah yang terkontaminasi serta aktivitas pembuangan sampah. Implementasi dari sensor gas, khususnya detektor gas, biasanya mencakup serangkaian sensor gas yang mampu mendeteksi keberadaan gas tertentu di suatu area. Perangkat ini juga banyak digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas atau emisi lainnya melalui antarmuka dengan sistem kendali dan dilengkapi dengan alarm untuk mengaktifkan sinyal peringatan ketika gas berbahaya terdeteksi (Fetene, 2017).

Seiring berjalannya waktu, detektor gas disertai dengan sistem pemantauan yang dapat diakses oleh siapa saja, kapan saja dan di mana saja. Sistem pemantauan ini akan memantau beberapa jenis gas pencemar udara yang ada di lingkungan, seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂) dan lain-lain. Adanya gas-gas beracun di udara akan menimbulkan dampak yang sangat buruk jika terhirup oleh manusia karena gas-gas tersebut akan menggantikan oksigen yang mengikat hemoglobin dalam darah dan menimbulkan gangguan pada sistem pernafasan manusia dan berujung pada kematian (Zidni dkk, 2022).

Secara umum, jenis sensor yang sering digunakan dalam memantau gas untuk menghindari dampak buruk di atas adalah sensor gas elektrokimia, sensor gas *Metal Oxide* (MOX), sensor pencitraan inframerah dan sensor deteksi fotokimia. Sensor ini digunakan untuk berbagai aplikasi dan dapat ditemukan di pabrik industri, kendaraan, pengujian kualitas udara di dalam maupun luar ruangan. Di antara sensor gas yang telah disebutkan sebelumnya, sensor gas MOX merupakan sensor gas yang paling umum digunakan. Sensor gas MOX menarik perhatian penggunaannya karena desainnya yang sederhana, masa pakai yang lebih lama,

sensitivitas yang tinggi, pengoperasian yang mudah dan jangkauan target gas yang luas (Arroyo dkk, 2018). Prinsip dasar dari sensor gas MOX didasarkan pada reaksi redoks yang terjadi pada permukaan lapisan sensitif. Akan tetapi, sensor MOX sangat dipengaruhi oleh suhu lapisannya yang pengoperasian tradisional konduktivitasnya terjadi pada suhu 200-500°C (Ponzoni dkk, 2017). Suhu ini penting untuk merangsang reaksi kimia yang relevan dan meningkatkan selektivitas dan lajunya, yang seringkali dicapai dengan menggunakan resistor pemanas internal. Namun, persyaratan suhu pengoperasian membatasi aplikasi dalam kondisi tertentu, seperti lingkungan yang mudah meledak (Korotcenkov & Cho, 2017).

Menurut penelitian Sinha dkk. (2019) dan Kamarudin dkk. (2015), bahwa sensitivitas sensor gas MOX dipengaruhi oleh suhu pengoperasian. Hasil penelitian keduanya terdapat korelasi langsung antara konsentrasi gas target dengan suhu pengoperasian sensor gas. Dalam penelitian Kamarudin dkk. (2015), dijelaskan bahwa mekanisme sensor gas melibatkan proses penyerapan molekul gas secara kimiawi pada permukaan bahan penginderaan. Dengan demikian, hal tersebut biasa dikenal dengan proses kemisorpsi dan menyebabkan aktivasi permukaan bahan penginderaan. Aktivasi tersebut mengakibatkan luas permukaan yang teraktivasi akan bertambah seiring dengan meningkatnya suhu dan energi aktivasi. Namun, penggunaan suhu yang relatif tinggi pada sensor gas akan menyebabkan desorpsi gas yang dianalisis sehingga mempengaruhi respons sensor.

Penelitian Sinha dkk. (2019) juga menunjukkan bahwa proses adsorpsi O_2 pada permukaan bahan penginderaan meningkat seiring dengan kenaikan suhu operasi. Adsorpsi O_2 yang terjadi selama proses deteksi gas akan menurunkan sensitivitas sensor gas. Situs aktif pada permukaan material penginderaan ditempati oleh O_2 , bukan gas analisis (gas target). Dengan kata lain, ketika bahan sensor yang terkena kondisi lingkungan dengan O_2 yang tinggi menyebabkan permukaan bahan sensor tertutup molekul O^{2-} atau O^- .

Faktor lain yang mempengaruhi sensitivitas sensor gas, juga bisa dikarenakan kelembaban lingkungan. Biasanya, molekul air yang teradsorpsi pada permukaan

sensor dapat meningkatkan resistansi lapisan sensor dan menghalangi tempat reaksi sehingga mempengaruhi penyimpangan respon pada sensor gas (Liu dkk., 2018). Mengurangi permukaan sensor menyebabkan berkurangnya aktivitas kemisorpsi antara gas target dan lapisan *Metal Oxide* tipis. Di sisi lain, Blank dkk. (2016) juga menyatakan bahwa penurunan sensitivitas gas juga akan mengakibatkan penurunan resistansi dasar sensor gas. Maka dari itu, permasalahan utama pada sensor gas adalah adanya penyimpangan atau bias respon dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara (Nair dkk., 2020).

Berdasarkan permasalahan di atas, sebagai salah satu bentuk solusinya dibutuhkan *chamber* terisolasi yang kondisi suhu di dalamnya bisa diatur. Sedangkan, pengertian dari *chamber* adalah kamar, bilik atau ruangan, dimana maksud *chamber* disini adalah sebuah ruangan tertutup yang dikondisikan pada suhu tertentu dengan tujuan untuk menyimpan sampel atau produk dalam jangka waktu tertentu sehingga sampel atau produk tersebut terkondisi pada suhu di dalam *chamber* tersebut (Daud dkk., 2019). Dari *chamber* tersebut, bisa berfungsi sebagai tempat simulasi udara dari berbagai kondisi suhu dan kelembaban yang dijaga tetap (Abdullah dkk., 2019). Di samping itu, *chamber* sangat berkorelasi dengan aliran gas di dalamnya sehingga mempengaruhi respons sensor gas yang dihasilkan, karena sebagian besar proses kimia dan fisiknya terjadi pada permukaan sensor (Annanouch dkk., 2018). Oleh karena itu, pentingnya sebuah *chamber* terkontrol dalam proses evaluasi respons sensor gas.

Beberapa penelitian yang berfokus untuk menghilangkan atau mengoreksi sensitivitas silang sensor gas terhadap suhu dan kelembaban. Sensitivitas silang mengakibatkan penyimpangan respons karena adanya perubahan reaksi permukaan sensor gas. Oleh karena itu, banyak peneliti telah mempelajari secara ekstensif sensitivitas silang sensor terhadap beberapa faktor dan mengusulkan alternatif untuk meningkatkannya. Salah satunya adalah Abdullah dkk. (2019) melakukan penelitian yang berfokus pada pengembangan papan sensor gas dengan ruang tertutup untuk memantau senyawa organik yang mudah menguap. Tujuannya adalah untuk mengetahui respons berbagai sensor gas MOX di

lingkungan dalam ruangan normal dengan dan tanpa *chamber*, di mana suhu dan kelembaban berfluktuasi melalui kontrol *Air Conditioning* (AC). Sensor yang digunakan, yaitu CCS-803, MiCS-552, GM-402B, GM-502B, GM-702B, MiCS-6814, TGS-2600, TGS-2602 dan suhu serta kelembaban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua sensor gas MOX dipengaruhi secara signifikan oleh suhu dan kelembaban lingkungan, dimana responsnya lebih stabil atau lebih sedikit *noise* ketika papan sensor ditempatkan di dalam *chamber*. Namun, sistem kontrol suhu dan kelembaban ruangan menggunakan *Air Conditioning* (AC) sehingga tidak memungkinkan pengujian pada suhu tinggi dan kelembaban yang rendah.

Setelah dikontrol melalui *Air Conditioning* (AC), Abdullah dkk. (2020) kembali melakukan pengembangan penelitian dengan sistem kontrol suhu dan kelembabannya menggunakan semacam inkubator. Selain itu, penelitian ini menyelidiki pengaruh perubahan suhu dan kelembaban lingkungan terhadap pembacaan sensor gas pada berbagai tingkat konsentrasi gas Etanol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban lingkungan mempengaruhi respon sensor gas secara keseluruhan. Selain itu, besaran resistansi sensor juga teramati menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan tingkat kelembaban, kecuali pada sensor MiCS-6814 resistansinya meningkat dikarenakan untuk mendeteksi gas Amonia (NH_3). Oleh karena itu, perlu diperhatikan adanya penyimpangan respon sensor gas ketika terjadi perubahan suhu dan kelembaban mendapatkan pengukuran kontaminan udara dalam ruangan yang andal.

Abdullah dkk. (2022) masih melakukan penelitian untuk mengurangi atau menghilangkan adanya penyimpangan respons pada sensor gas. Rangkaian sensor gas yang terdiri dari sensor suhu dan kelembaban serta empat sensor gas MOX yang berbeda (MiCS-5524, GM-402B, GM-502B dan MiCS-6814) dikembangkan. Pada pengujian sensor dikenakan berbagai konsentrasi gas Etanol, suhu dan kelembaban yang berbeda untuk mewakili lingkungan dalam ruangan pada umumnya. Hasil penelitian yang didapatkan masih sama dengan sebelumnya, yaitu adanya pengaruh signifikan antara suhu dan kelembaban terhadap respons sensor gas. Peningkatan suhu dan tingkat kelembaban

menyebabkan penurunan respon pada semua sensor, kecuali MiCS-6814 yang menunjukkan respon sebaliknya dikarenakan sensor tersebut untuk mendeteksi gas Amonia (NH_3). Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan model regresi untuk setiap sensor, yang dapat mengoreksi penyimpangan respons sensor gas yang disebabkan oleh variasi suhu dan kelembaban sekitar. Model ini membuat nilai dari perhitungan regresi jauh lebih kecil dibandingkan dengan respons sensor di awal, yang menunjukkan bahwa model memberikan keluaran yang lebih stabil dan meminimalkan penyimpangan respons sensor gas. Namun, dalam pengujian berbagai suhu dan kelembaban masih menggunakan sistem kontrol inkubator yang terpisah dari *chamber*.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka pada penelitian ini merancang sebuah *chamber* terisolasi yang terkontrol dengan berbagai variasi suhu dan kelembaban udara menggunakan *Positive Temperature Coefficient (PTC) air heater* berfungsi sebagai pemanas udara atau meningkatkan suhu di dalam *chamber*, *heatsink* dan TEC1-12706 peltier berfungsi sebagai pendingin atau menurunkan suhu di dalam *chamber* serta pompa vakum untuk mengatur sirkulasi udara di dalam *chamber*. Selain itu, diperlukan *relay* untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pemanas dan pendingin udara. *Chamber* ini juga dilengkapi dengan sensor BME280 untuk mengukur suhu, kelembaban dan tekanan udara dalam *chamber* serta sensor MQ-6 dan MQ-135. Sistem ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler, kemudian keluaran dari sistem ini berupa *Liquid Crystal Display Inter Integrated Circuit (LCD I2C)*. Pembuatan *chamber* terkontrol ini, bertujuan untuk mengkaji hubungan respons resistansi sensor gas MOX terhadap suhu dan kelembaban udara dan mendapatkan persamaan regresi linier untuk mengoreksi respons sensor gas MOX. Dengan demikian, sensor gas MOX dapat diketahui karakteristiknya pada suhu dan kelembaban yang berbeda sehingga hasil pemantauan kualitas udara lingkungan dapat memberikan respons yang lebih stabil tanpa adanya pengaruh dari kondisi lingkungan itu sendiri.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, diperoleh perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sebuah *prototype chamber* terkontrol dengan berbagai variasi suhu dan kelembaban udara menggunakan PTC *air heater*, *heatsink* dan TEC1-12706 peltier?
2. Bagaimana hubungan antara suhu dan kelembaban udara terhadap resistansi sensor gas *metal oxide*?

C. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tujuan sebagai parameter keberhasilan penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membangun sebuah *chamber* terkontrol dengan berbagai variasi suhu dan Kelembaban udara menggunakan PTC *air heater*, peltier dan *heatsink*.
2. Menganalisis hubungan antara suhu dan kelembaban udara terhadap resistansi sensor gas *metal oxide*.

D. Manfaat Penelitian

Perancangan *chamber* berfungsi sebagai tempat mempertahankan suhu untuk mengkaji hubungan respons resistansi sensor gas MOX terhadap suhu/kelembaban udara. Berdasarkan hubungan variabel tersebut, dapat menemukan persamaan regresi linier untuk mengurangi penyimpangan respons pada sensor gas *metal oxide* yang nantinya bisa digunakan dalam sistem monitoring kualitas udara lingkungan berbasis *Internet of Things (IoT)*. Dengan demikian, dapat diimplementasikan oleh masyarakat luas guna membantu untuk mengetahui kualitas udara di lingkungan sekitar dengan mudah melalui *website*.