

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karbon dioksida (CO₂) adalah salah satu gas rumah kaca utama yang memiliki peran krusial dalam proses perubahan iklim global. Gas dihasilkan secara alami melalui aktivitas seperti respirasi hewan dan tumbuhan. Aktivitas kegiatan manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil termasuk batu bara, minyak bumi, dan gas alam menyumbang sebagian besar emisi CO₂ ke atmosfer (Yoro dan Daramola, 2020). Sektor transportasi, industri, dan pembangkit listrik merupakan kontributor terbesar dalam peningkatan emisi CO₂. Akumulasi CO₂ yang berlebihan di atmosfer memicu efek rumah kaca, di mana gas ini menyerap radiasi inframerah yang dipantulkan dari permukaan bumi sehingga mempercepat proses pemanasan global (Febriani Irma, 2024).

Deteksi gas CO₂ yang efektif tidak hanya penting untuk tujuan lingkungan, tetapi juga memiliki peran dalam berbagai sektor industri, seperti pengendalian kualitas udara dalam ruang tertutup, pemantauan proses pembakaran, serta dalam bidang pertanian dan kesehatan. Sensor gas yang mampu mendeteksi CO₂ dengan sensitivitas tinggi dan selektivitas yang baik sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dapat diandalkan. Teknologi sensor gas CO₂ yang ada saat ini masih menghadapi berbagai keterbatasan, baik dari segi sensitivitas, kecepatan respons, stabilitas, maupun biaya produksi (Dwi Sasmita Aji Pambudi, 2018).

Metode konvensional telah dikembangkan untuk mendeteksi karbon dioksida (CO₂), termasuk teknik spektroskopi dan penggunaan sensor elektrokimia. Spektroskopi memiliki reputasi karena tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur konsentrasi CO₂ dan kemampuannya menghasilkan data dalam berbagai kondisi lingkungan. Spektroskopi memiliki kelemahan, seperti biaya perangkat yang mahal dan kebutuhan perawatan intensif. Sensor elektrokimia menawarkan solusi lebih ekonomis, tetapi biasanya memiliki umur pakai yang pendek serta sensitivitas yang rentan terhadap gangguan gas lain (Malode dkk., 2024). Teknologi serat optik

berupa sensor dapat menjadi solusi alternatif untuk mendeteksi kadar CO₂ dengan memanfaatkan zat yang sensitif terhadap gas tersebut.

Sensor serat optik sebagai teknologi deteksi gas yang memiliki ukuran yang kecil, tahan terhadap gangguan elektromagnetik, kemampuan untuk digunakan dalam lingkungan yang keras, serta potensi untuk integrasi dengan sistem monitoring jarak jauh. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan sifat optik akibat interaksi dengan gas, sehingga memungkinkan deteksi yang sangat sensitif (Rahman dkk., 2019).

Prinsip kerja sensor serat optik didasarkan pada fenomena bahwa cahaya yang merambat didalam serat dapat dipengaruhi oleh perubahan pada sifat – sifat cahaya, seperti intensitas, panjang gelombang, fase, atau polarisasi, yang terjadi akibat interaksi dengan parameter fisik, kimia, atau biologis sekitarnya. Untuk meningkatkan sensitivitas terhadap gas tertentu, serat optik dapat dimodifikasi dengan berbagai material pelapis, salah satunya adalah *zinc oxide*.

Zinc oxide merupakan semikonduktor dengan sifat uniknya, seperti lebar celah energi yang besar, stabilitas kimia yang tinggi, serta kemampuan fotokatalitik yang baik. *Zinc oxide* memiliki sifat adsorpsi gas yang kuat, sehingga dapat meningkatkan interaksi antara permukaan sensor dan molekul CO₂, yang pada akhirnya meningkatkan respon sensor terhadap perubahan konsentrasi gas. *Zinc oxide* diketahui memiliki respon yang baik terhadap berbagai jenis gas, termasuk karbon dioksida (CO₂), amonia (NH₃), hidrogen sulfida (H₂S), nitrogen dioksida (NO₂) dan oksigen (O₂) (Kumar dkk., 2022). Penggunaan *zinc oxide* sebagai *cladding* memungkinkan modifikasi permukaan yang dapat disesuaikan untuk meningkatkan kinerja sensor sesuai kebutuhan.

Wardoyo dkk. (2011) melakukan penelitian tentang rancang bangun sistem pengukur gas CO₂. Alat pengukuran gas CO₂ dirancang secara otomatis dengan harga yang murah dengan menggunakan piranti – piranti elektronika yang tersedia di pasaran. Sistem pengukur CO₂ ini dirancang terdiri dari sensor CO₂, sistem antarmuka, dan sistem pembacaan (perangkat komputer). Hasil uji coba skala laboratorium menunjukkan bahwa sistem instrumentasi ini telah bekerja dengan sangat baik, dan dapat bekerja secara *online* dan real time.

Muliyah dkk. (2020) melakukan penelitian tentang sensor *fiber* optik pendeteksi gas dengan prinsip medan *evanescent*. Penelitian ini membuat serat optik untuk mendeteksi gas oksigen dengan cara menghilangkan *cladding* dan sebagian *core* serat dengan diampas. Hasil yang diperoleh menunjukkan panjang gelombang cahaya gas oksigen yang diukur dengan spektrometer cahaya adalah 656,70 nm. Hubungan tekanan gas oksigen adalah sebanding dengan absorptansi *evanescent* gas oksigen.

Hidayati dan Harmadi (2021) melakukan penelitian tentang sensor serat optik dengan *cladding Zinc Oxide* untuk mendeteksi kelembaban udara, menggunakan metode pengupasan *cladding* dengan variasi panjang 1 sampai dengan 5 cm. Sensor mengukur kelembaban berdasarkan perubahan tegangan keluaran, di mana kelembaban yang lebih tinggi menghasilkan tegangan yang lebih besar. Hasil menunjukkan panjang pengupasan 2 cm paling optimum, dengan sensitivitas 0,0313 V/%RH dan koefisien determinasi (R^2) 0,9684. Sensor mampu mendeteksi kelembaban dalam rentang 88–99 %RH dengan rata-rata error 0,75 % dibandingkan higrometer.

Berdasarkan permasalahan dari hasil penelitian sebelumnya, maka dilakukan pengembangan sensor serat optik dengan *cladding zinc oxide* untuk mendeteksi gas CO₂ yang terdiri dari laser dioda 5V sebagai sumber cahaya, serat optik FD-620-10 tipe *step index multimode* sebagai transmisi cahaya dan fotodetektor OPT101. Board Arduino Uno R3 sebagai pengolah data dan LCD I2C sebagai penampil hasil pengukuran. Penggunaan sensor serat optik sebagai pendeteksi gas merupakan pilihan efektif dengan memanfaatkan variasi konsentrasi gas untuk memberikan perlakuan fisis kepada *cladding zinc oxide* pada serat optik. Besarnya serapan gas CO₂ pada *cladding zinc oxide* memengaruhi nilai tegangan yang keluar dari serat optik dalam bentuk cahaya yang ditransmisikan.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor serat optik dengan *cladding* berbahan *zinc oxide* yang mampu mendeteksi keberadaan gas CO₂ dalam suatu ruangan.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat sebagai alternatif untuk deteksi gas CO₂ menggunakan sensor serat optik dengan *cladding zinc oxide* yang dapat menjadi solusi efektif untuk memantau kadar gas CO₂.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah meliputi pengembangan sensor serat optik yang menggunakan *cladding* berbahan *zinc oxide* untuk mendeteksi konsentrasi gas CO₂ dan pengujian sensor dilakukan dengan variasi konsentrasi CO₂ tertentu. Adapun batasan penelitian pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sensor serat optik untuk deteksi gas CO₂.
2. Pemantauan kadar gas CO₂ berdasarkan perubahan konsentrasi dan panjang pengupasan serat optik sebagai parameter utama pengembangan sensor.
3. Sensor serat optik terdiri dari dioda laser sebagai sumber cahaya, serat optik yang digunakan adalah serat optik FD 620-10 *tipe step index multimode*, dan OPT101 sebagai detektor cahaya.
4. Pelapisan *zinc oxide* sebagai pengganti *cladding* pada serat optik menggunakan *dip coating*.
5. Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban tidak menjadi variabel yang dianalisis dalam penelitian. Karena penelitian ini berfokus pada karakterisasi kinerja sensor terhadap variasi parameter optik dan konsentrasi gas CO₂, bukan terhadap kondisi lingkungan eksternal.
6. Alat pembanding menggunakan *Flue Gas Analyzer* untuk mengukur kadar gas CO₂.
7. Hasil pendeteksian kadar gas CO₂ ditampilkan pada layar LCD.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini, penggunaan *cladding zinc oxide* pada sensor serat optik akan meningkatkan sensitivitas dalam mendeteksi gas karbon dioksida dibandingkan dengan sensor tanpa *cladding zinc oxide*. Peningkatan ini terjadi

karena adanya interaksi yang kuat antara permukaan *zinc oxide* dan molekul CO₂, yang menyebabkan perubahan sifat optik sensor.

