

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keamanan makanan adalah salah satu isu global yang mendapat perhatian serius karena berkaitan langsung dengan kesehatan masyarakat. Kasus keracunan makanan yang diakibatkan oleh bahan-bahan berbahaya setiap tahun kerap terjadi di berbagai negara (Gupta dan Kumar, 2002). Masalah keamanan makanan di Indonesia juga menjadi perhatian, khususnya terkait penggunaan bahan pengawet ilegal seperti formalin dalam berbagai bahan makanan (Suryadi dkk., 2010; Waluyo dkk., 2018). Fungsi dari formalin banyak sekali disalahgunakan oleh produsen makanan untuk mengawetkan bahan makanan mereka, sehingga hal tersebut dapat menghemat biaya produksi makanan yang mereka buat dan mendapatkan untung yang cukup besar. Konsumen harus lebih perhatian agar lebih teliti dalam memilih bahan makanan, untuk memastikan terhindar dari bahan makanan yang mengandung formalin.

Formalin atau dengan nama ilmiah *Formaldehyde* adalah larutan yang terdiri dari formaldehida, methanol dan air dengan konsentrasi 37% formaldehida (Permana dan Irmasyanti, 2023). Formalin umumnya digunakan pada industri non-pangan, seperti pengawetan mayat dan bahan pengawet di laboratorium (Budianto, 2014). Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) (2022) pada tahun 2022 terdapat produsen bahan makanan yang tertangkap menggunakan bahan-bahan pengawet berbahaya pada bahan makanannya dan produk telah disebar oleh produsen di beberapa wilayah di Indonesia. BPOM juga mencatat pada tahun 2013 tercatat jumlah korban keracunan pangan di Indonesia mencapai 25.268 orang dimana sekitar 80% dari kasus tersebut terjadi pada anak-anak di sekolah. Tercatat bahwa hampir 90% pada jajanan anak-anak mengandung bahan-bahan berbahaya seperti formalin (Thristy dkk., 2022). Bahan makanan yang rentan terhadap paparan pengawet seperti formalin meliputi tahu, daging, bakso, dan mie basah, yang umumnya memiliki masa simpan relatif singkat (Hasrianti dkk., 2024; Rosdiana dkk., 2023; Sinurat dkk., 2023). Praktik ini menjadi masalah yang serius di

Indonesia, produsen makanan memanfaatkan formalin dengan harga yang murah sebagai bahan pengawet dengan kemampuannya yang efektif dan memperlambat kebusukan. Paparan formalin pada makanan dapat memberikan dampak serius bagi kesehatan manusia.

Beberapa metode yang digunakan untuk mendeteksi kadar formalin telah banyak digunakan, seperti titrasi, kromatografi gas dan spektrofotometri (Permana dan Irmasyanti, 2023; Ramadhan dkk., 2024; Taprab dan Sameenoi, 2019). Metode-metode tersebut masih memiliki banyak keterbatasan, terutama dibagian sensitivitas deteksi. Banyak dari metode tersebut memerlukan peralatan yang canggih dan biaya yang tinggi, sehingga sulit untuk metode tersebut diterapkan secara luas dalam pengawasan makanan di lapangan. Selain itu, metode konvensional juga kurang mampu mendeteksi formalin pada konsentrasi rendah secara presisi dan seringkali memerlukan prosedur yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang lebih sensitif dan fleksibel dalam penyesuaian desain sensor untuk mendeteksi formalin dengan berbagai konsentrasi.

Mengatasi keterbatasan metode-metode tersebut, teknologi seperti sensor serat optik yang dikombinasikan dengan teknologi *surface plasmon resonance* (SPR) menawarkan solusi yang lebih efektif dan efisien dalam mendeteksi formalin. Penggunaan serat optik sebagai sensor menawarkan berbagai keunggulan, termasuk dimensi yang kompak, sensitivitas yang tinggi, serta biaya produksi yang efisien (Tuv dkk., 2024). Serat optik umumnya dikenal sebagai komponen utama dalam sistem komunikasi data karena kemampuannya mentransmisikan informasi dengan cepat dan tanpa gangguan elektromagnetik, telah banyak pengembangan dilakukan untuk serat optik diaplikasikan sebagai sensor (Güemes dan Sierra-Pérez, 2013; Udd, 2017). Pengembangan serat optik sebagai sensor sudah banyak dilakukan diberbagai bidang, seperti pemantauan tingkat kebisingan, pengukur tekanan, kelembapan, dan tekanan darah (B S dkk., 2023; Febriellyanti dkk., 2019; Hamed, 2020). Sensitivitas sensor serat optik dalam menghasilkan pengukuran yang lebih presisi dapat ditingkatkan dengan mengganti cladding serat optik, yaitu dengan melapisi inti (*core*) menggunakan material lain (Ma dkk., 2022; Mohammed dkk., 2022). Lestiyanti dkk., (2024) telah menunjukkan bahwa desain

sensor FO-SPR dapat diaplikasikan secara efektif untuk mendeteksi kualitas minyak goreng sawit dengan tingkat sensitivitas yang baik. Keberhasilan desain sensor ini mengindikasikan potensi besar aplikasi FO-SPR untuk berbagai bidang bahan lain, terkhususnya untuk deteksi formalin.

Cholis dan Yuniarti (2012) telah melakukan sebuah pengembangan sensor serat optik berbasis *Surface Plasmon Resonance* dengan memanfaatkan sumber cahaya laser He-Ne. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi larutan *acetone* yang memiliki akurasi yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan refractometer ABBE. Sensor ini dilapisi dengan lapisan perak Ag dengan ketebalan 600 Å yang dideposisikan pada prisma gelas, yang menghasilkan tingkat akurasi 95% ketika disesuaikan dengan metode konvensional. Proses pengukuran larutan dengan gelas ukur berpotensi memberikan ketidakpastian sebesar 0.1%. Pengaturan prisma dan cuplikan pada piringan berputar juga dapat menyebabkan ketidakpastian pada pengukuran sudut, serta fluktuasi daya laser yang tertangkap oleh detektor menambah ketidakpastian hasil.

Menurut penelitian yang telah dilakukan, penggunaan nanopartikel sangat penting untuk meningkatkan sensitivitas, spesifisitas, dan waktu pemulihan sensor, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan sensitivitas pengukuran. Nanopartikel ini berfungsi sebagai peningkat kinerja sensor, memungkinkan interaksi yang lebih baik antara medium yang dideteksi dan sensor serat optik. Nanopartikel tidak hanya mempercepat respons sensor, tetapi juga memperbaiki selektivitasnya terhadap zat tertentu, menjadikan teknologi ini semakin relevan dalam berbagai aplikasi pengukuran yang membutuhkan ketelitian tinggi (Peramjeet Singh dkk., 2024; Yang, 2024). Nanopartikel seperti TiO_2 dan gelatin juga digunakan sebagai alternatif pengganti cladding pada serat optik untuk mendeteksi konsentrasi mikroplastik, logam berat, dan kelembapan udara. Penggunaan kedua material ini didasarkan pada kemampuannya dalam memodifikasi interaksi optik antara inti serat dan lingkungan eksternal, sehingga memungkinkan variasi panjang gelombang yang lebih sensitif terhadap perubahan kondisi (Febrielvianti dkk., 2019; Khairunnisa dan Harmadi, 2017; Mauludi dkk., 2025).

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, masih diperlukan material pelapis yang memiliki sensitivitas dan selektivitas yang tinggi dengan waktu pemulihan yang pendek. Material pelapis yang cocok dengan kriteria yang mampu meningkatkan kemampuan pendeteksian sensor adalah nanopartikel emas yang memiliki sifat optik, elektronik, magnetik dan kimia untuk aplikasi di berbagai bidang (Drake dkk., 2007; Tinguely dkk., 2011). Penggunaan emas sebagai pelapis memungkinkan sensor mendeteksi perubahan refraktif dengan lebih akurat, menjadikannya pilihan ideal dalam aplikasi sensor berbasis serat optik yang memerlukan sensitivitas tinggi dan stabilitas jangka panjang (Coelho, 2024; Huda dkk., 2023). Dibandingkan dengan material pelapis lainnya, nanopartikel emas memiliki sifat optik yang unggul, memungkinkan peningkatan sensitivitas hingga skala nanometer. Hal ini menghasilkan sensor yang lebih responsif terhadap perubahan indeks bias formalin, sehingga memberikan sensitivitas pengukuran yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menawarkan solusi deteksi formalin yang unggul dibandingkan metode konvensional. Kombinasi teknologi sensor serat optik berbasis SPR, pelapisan nanopartikel emas, dan integrasi IoT menghasilkan sistem yang lebih sensitif, akurat, portabel, serta mampu menyediakan data secara *real-time*. Keunggulan-keunggulan ini menjadikan sistem yang dikembangkan memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam pengawasan keamanan pangan secara luas.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem sensor serat optik berbasis *Surface Plasmon Resonance* yang mampu mendeteksi dan mengukur kadar formalin dalam bahan makanan. Teknologi yang diciptakan dapat terintegrasi dengan sistem *Internet of Things* sebagai penyimpanan data-data dari hasil pengukuran.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat meningkatkan sensitivitas deteksi serta pengukuran konsentrasi formalin dalam makanan. Sensor ini diharapkan mampu

melindungi konsumen dari dampak kesehatan formalin, yang diketahui berpotensi merusak jaringan tubuh dan menyebabkan efek toksik jangka panjang.

1.4 Ruang lingkup dan Batasan Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah meliputi perancangan sensor serat optik, perancangan instrumentasi sistem dan analisa data. Batasan penelitian ini yang perlu ditentukan adalah,

1. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi Ansys Lumerical 2020 dengan algoritma *Finite Different Time Domain* (FDTD)
2. Sensor serat optik ini dirancang menggunakan metode *evanescent* berbasis *Surface Plasmon Resonance* (SPR).
3. Sensitivitas sensor diuji dengan variasi konsentrasi formalin.
4. Sistem instrumentasi pada perangkat ini dirancang dengan memanfaatkan NodeMCU ESP32 sebagai pemroses sinyal dan sistem perangkat IoT.
5. Hasil pengujian dibandingkan dengan variasi konsentrasi formalin berdasarkan literatur untuk mengevaluasi sensitivitas sistem sensor terhadap perubahan kadar formalin.
6. Bahan makanan yang digunakan pada penelitian ini adalah tahu dan daging sapi.