

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Interferometer merupakan salah satu perangkat optik yang sering digunakan sebagai sensor karena sensitivitasnya yang luar biasa tinggi. Pada prinsipnya interferometer memanfaatkan interferensi 2 buah berkas cahaya sehingga produk akhirnya adalah pola gelap terang atau frinji (*fringe*). Dari prinsip tersebut diketahui bahwa sensor berbasis interferometer mampu mendeteksi deformasi seorde panjang gelombang sumber cahaya. Adapun parameter dasar pengukurannya adalah dengan mengamati pola frinji yang terbentuk akibat perubahan indeks bias, pergeseran, atau parameter fisis lainnya (Fahruzi dkk, 2006).

Oleh sebab itu, interferometer menjadi *trending* untuk pengukuran skala nano-makro seperti pengganti giroskop konvensional dalam sistem instrumen pesawat (G.E. Stedman, 1994), aplikasi spektrometer, pendeteksi gelombang gravitasi (LIGO), dan sebagainya. Topik yang paling umum dalam masalah ini adalah penentuan indeks bias suatu zat baik dalam bentuk gas, cair, maupun padat. Secara garis besar indeks bias adalah perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya di medium tertentu. Salah satu sifat cahaya yaitu akan dibiaskan apabila berkas cahaya melewati 2 atau lebih medium yang berbeda, ada beberapa parameter yang mempengaruhi indeks bias suatu medium antara lain adalah: permisivitas, permeabilitas, berat molekular, serta rantai kimia suatu zat (Estanislao Silla, 2019). Beberapa Parameter tersebut akan mempengaruhi berkas cahaya apakah dibelokkan mendekati atau menjauhi garis normal (Tipler, 2001). Yang terpenting dalam pengukuran indeks bias dengan metode interferometri yaitu teknik ini bersifat non-invasif, sumbernya non-destruktif, akurasi dan resolusi pengukurannya sangat tinggi, dan mudah dioperasikan (Greg Swan, 2010).

Hingga saat ini setidaknya ada lebih dari 50 jenis metode interferometri, di mana setiap metode memiliki karakteristik baik keunggulan maupun kekurangan masing-masing. Salah satu jenis interferometer yang unggul adalah interferometer Mach-Zehnder. Hal ini dikarenakan bahwa meskipun setup perangkatnya relatif sulit tetapi lokalisasi frinji nya sangat fleksibel dan posisi dua lengan

interferometernya terpaut lebar serta kedua berkas hanya melintas sekali saja tidak seperti interferometer Michelson yang membutuhkan dua kali panjang lengan optis, yang tentunya tidak bisa dicapai oleh metode interferometri yang lain (Azo, 2014).

Lebih spesifik, terdapat banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mencari indeks bias suatu sampel dengan variasi konsentrasi zat pengotor. Diantaranya adalah skripsi dengan judul *Interferometer Sebagai Kandidat untuk Menentukan Konsentrasi Larutan Magnesium Sulfat*, yang bertujuan untuk menentukan konsentrasi magnesium sulfat dalam air (Nurul Fadli, 2019). Dalam penelitian tersebut rentang pengukuran konsentrasi yang mencakup daerah linear sensor interferometer yaitu 0% - 4%. Pengukuran dicapai dengan mengukur Δx atau jarak antar frinji yang terbentuk. Oleh karena itu, untuk pengukuran dengan konsentrasi pengotor yang cukup signifikan lebih cocok dilakukan pengukuran terhadap Δz atau pertumbuhan frinji. Adapun dalam pengukuran Δz yang berasosiasi dengan besaran indeks bias suatu sampel telah banyak dilakukan, dengan metode yang bermacam-macam. Metode yang paling unggul adalah dengan pemutaran sampel karena stabilitas setup dan susunan peralatan bisa langsung dihubungkan dengan derajat pemutaran sampel (Deepak N. Iyer, 2006).

Masalah utama dalam penggunaan interferometer sebagai metode optis adalah, yang pertama seberapa besar kemampuan setup mengidentifikasi besaran fisis yang dicari (output) dan yang kedua (dalam eksperimen terkontrol) adalah seberapa presisi penentuan variabel kontrol yang ditetapkan, diantaranya konsentrasi zat pengotor (input). Kedua masalah ini sangat penting melihat perubahan seorde panjang gelombang sumber saja sudah berpengaruh terhadap hasil pengukuran. Sehingga solusi untuk masalah pertama adalah setup interferometer harus memiliki kestabilan yang sangat tinggi ditambah proses identifikasi pola frinji harus dicapai dengan piranti pendukung seperti kamera atau photodetector. Adapun solusi untuk masalah kedua adalah dengan menggunakan alat ukur untuk pembuatan sampel dengan ketelitian yang luar biasa tinggi agar hasil yang dicapai dapat benar-benar dapat dijustifikasi.

Di antara beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk memecahkan masalah tersebut adalah penelitian yang dilakukan oleh Andrushchak A.S. et al,

2007. Dalam penelitiannya, digunakan metode otomatisasi rotasi plan parallel dengan pemutar sampel menggunakan motor stepper dengan *micro-stepping* $0,9^\circ$ sehingga dicapai kepresisian pemutaran sebesar $0,004^\circ$. Proses akuisisi data pada penelitian tersebut menggunakan photodetector dan antarmuka (*interface*) dengan komputer melalui *control module* dan ADC. Sehingga dengan mengotomatisasi pergerakan plan parallel hasil pengukuran indeks bias material menjadi sangat baik dibandingkan dengan pergerakan manual. Akan tetapi dalam publikasi tersebut tidak disebutkan jenis motor stepper, mikrokontroler, serta proses antarmuka dengan komputer, sehingga dirasa sangat mungkin untuk menggunakan motor stepper dan mikrokontroler Arduino. Bukan rahasia umum bahwa platform mikrokontroler Arduino bersifat open source, sangat aplikatif, dan sangat murah, menjadikan mikrokontroler ini begitu populer terutama di era *IoT (Internet of Things)* ini. Penggunaan Arduino untuk menggerakkan rotasi plan parallel dalam setup interferometri sudah pernah dilakukan, akan tetapi penelitian tersebut hanya sebatas untuk keperluan edukasi (George Mitsou dan Ionnis Sianoudis, 2017). Oleh karena itu penggunaan mikrokontroler Arduino pada setup ini akan sangat sesuai.

Untuk proses akuisisi data, kedua setup penelitian tersebut cukup rumit karena proses akuisisi data menggunakan photodetector, sehingga diperlukan *control module* ditambah *rotary sensor* dan antarmuka ADC yang biayanya relatif cukup mahal. Sehingga dibutuhkan alternatif lain yaitu dengan menggunakan kamera digital, beberapa keunggulan kamera digital adalah bisa langsung di proses dengan antarmuka komputer, FPS (*frame per second*) videonya tinggi sehingga nantinya pengambilan data pertumbuhan frinji akan sangat teliti, serta yang tidak kalah penting adalah analisis datanya bisa menggunakan metode citra digital. Penggunaan kamera dalam metode interferometri sudah banyak dilakukan di antaranya untuk aplikasi pengukuran indeks bias kornea (Kroger, 1998), analisis pola interferensi pada interferometer Michelson untuk menentukan perubahan konsentrasi vitamin B1B6 (Fandi Firmansyah, 2018), dan interferometer sagnac sebagai kandidat untuk menentukan indeks bias alkohol (Nurul Khusnia, 2017).

Setelah mempertimbangkan beberapa faktor tersebut, penelitian ini akan diarahkan menuju metode rotasi plan parallel untuk menentukan konsentrasi

substansi logam berat ion kadmium dalam air berbasis interferometer Mach-Zehnder. Informasi tentang bebas tidaknya air yang digunakan sehari-hari dari logam berat kadmium menjadi sangat penting dalam permasalahan lingkungan hidup. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat menjadi inovasi dan *breakthrough* tidak hanya dalam skala lab tetapi juga dalam skala aplikasi di lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari paparan latar belakang tersebut diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Seberapa presisi pemutar plan parallel dengan motor stepper dan bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengukuran?
2. Berapakah nilai karakteristik sensor ion kadmium dalam air yang meliputi jangkauan, stabilitas, sensitivitas, dan resolusi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laser yang digunakan dalam penelitian ini adalah laser He-Ne dengan panjang gelombang luaran 632,8 nm dan daya keluaran 10mW.
2. Substansi ion pengotor dalam penelitian ini difokuskan untuk kadmium (Cd) saja.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini meliputi:

1. Mengetahui kepresisian motor stepper dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan frinji pada setup interferometer Mach-Zehnder.
2. Menentukan nilai jangkauan, stabilitas, sensitivitas, dan resolusi interferometer Mach-Zehnder sebagai sensor ion kadmium dalam air.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

Diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan interferometer Mach-Zehnder sebagai sensor pendeteksi logam berat dalam air,

terutama air yang digunakan oleh masyarakat sehari-hari, Selain itu dapat juga digunakan sebagai bentuk implementasi elektronika dalam penelitian.