

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air adalah kebutuhan sehari-hari bagi kehidupan semua makhluk hidup, jumlah penduduk yang padat serta sumber air yang terbatas mengakibatkan kenaikan ketersediaan air bersih [1]. Kelangsungan hidup manusia sangat bergantung pada sumber daya alam, salah satunya air sungai yang dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan rumah tangga seperti minum, memasak, mandi, mencuci hingga irigasi. Makhluk hidup seperti tanaman hingga hewan juga membawa nutrisi serta zat sehingga kesehatan manusia bergantung pada kualitas air lingkungan[2]. Sungai mempunyai banyak sedimen seiring waktu dari limbah rumah tangga hingga industri, aliran sungai yang lambat membuat sungai tidak dapat mempercepat proses degradasi dan non-gradasi yang dapat menghilangkan limbah-limbah tersebut. Air yang bersih merupakan air yang memenuhi syarat kesehatan dengan bebas dari cemaran dan sesuai dengan standar kualitas air yang telah ditetapkan[3]. Tinja merupakan limbah rumah tangga paling berbahaya karena mengandung mikroorganisme, penyakit yang dapat ditimbulkan yaitu disebabkan *waterborne disease* yang mengontaminasi air[4]. Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 batas maksimum total koliform dalam aliran sungai yaitu $10^3/100$ ml air [2]. Menurut data Direktorat Teknologi Lingkungan, penderita diare sebanyak 177.506 penderita disebabkan oleh air yang tercemar mikrobiologi terutama *Escherichia coli* (E.Coli) [1]. E. Coli adalah bakteri oportunistik yang ada pada usus besar manusia sebagai flora normal menyebabkan infeksi primer pada usus sehingga menyebabkan penyakit malabsorpsi, diare dan disentri [5]. Maka dari itu diperlukan pendeteksian bakteri pada air yang dapat digunakan dengan mudah dengan biaya yang rendah. Pada *Capstone Design* ini akan mengembangkan sebuah pendeteksian bakteri E. coli berbasis nanokomposit ZnO/PVA menggunakan *Screen Printed Carbon Electrode* (SPCE). SPCE merupakan elektroda karbon yang di cetak layar, untuk menghasilkan SPCE yang sesuai dengan tujuan maka dilakukan modifikasi (fungsionalisasi) pada permukaan elektroda kerjanya[6]. SPCE terdapat berbagai jenis contohnya platinum atau emas namun dengan bahan modifikasi *carbon* menjadi solusi karena harga yang terjangkau serta memiliki impedansi permukaan yang tinggi [7].

Nanomaterial merupakan bahan yang dimensinya dalam skala nano atau rentang 1 hingga 100nm, nanomaterial dapat dibuat dengan sifat magnetik, listrik, optik, mekanik hingga katalik yang berbeda dari bentuk massa aslinya [8]. Nanokomposit adalah material yang terdiri

dari beberapa fase, setidaknya satu atau dua memiliki dimensi ukuran dalam skala nanometer [9]. Nanokomposit ZnO/PVA sejumlah keunggulan, termasuk keunggulan dalam hal ketahanan mekanik, perilaku listrik, karakteristik optik, lebar pita energi (sebesar 3,37 eV), serta mobilitas elektron yang tinggi [5]. *Zinc Oxide* (ZnO) digunakan karena memiliki sifat antimikroba yang dapat berinteraksi dengan bakteri [10], karakteristik lain yaitu biokompatibel, tidak beracun dan memiliki stabilitas kimia dan listrik [11]. Sementara *Polyvinyl Alcohol* (PVA) diterapkan karena mekanik yang baik [12], memiliki sifat listrik dan optik, memiliki kestabilan kimia yang tinggi dan kestabilan lingkungan [13] serta cocok digunakan dalam pengaplikasian pada elektronik, optoelektronik maupun bioteknologi [14].

Metode pendeteksian bakteri *E.Coli* yang telah ada sekarang masih menggunakan metode konvensional yaitu *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dan *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA), namun metode tersebut cenderung memiliki kelemahan seperti waktu deteksi yang lama [15]. Oleh karena itu, tujuan dari *capstone design* ini adalah untuk mengetahui sensitivitas sensor dalam mendeteksi bakteri yang terkandung pada sampel air, pengembangan ini berbasis nanokomposit ZnO/PVA, hasil output berupa *Graphical User Interface* (GUI) yang akan menampilkan grafik dua dimensi dari metode *Cyclic Voltammetry* (CV). Diharapkan pada *capstone design* ini dapat mendeteksi kontaminasi bakteri yang terkandung pada air secara real-time sehingga mengetahui kandungan bakteri *E.coli* pada air tersebut.

1.2 Analisis Umum

1.2.1 Aspek Manufakturabilitas

Pendeteksian berbasis nanokomposit ZnO/PVA ini dalam aspek manufaktur kemudahan *user* menjadikan aspek yang perlu diperhatikan. Pada pembuatan pendeteksi bakteri ini dalam segi manufakturabilitas dengan memastikan bahwa dapat digunakan secara efisien, konsisten dan terjangkau (*Low-cost*) dengan begitu mengoptimalkan proses serta *design* untuk kemudahan manufaktur sehingga dapat dilakukan secara massal untuk mendukung upaya pendeteksi bakteri yang efektif dan efisien.

1.2.2 Aspek Keberlanjutan

Pada aspek keberlanjutan yang selaras dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) ke-6 yaitu menjamin akses universal terhadap air bersih dan sanitasi yang layak, maka diperlukan air yang layak dan aman tidak menimbulkan penyakit untuk digunakan sehari-hari, dalam pengembangan pendeteksi bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) pada sampel cair berbasis nanokomposit ZnO/PVA ini diharapkan bisa memberikan solusi serta kontribusi dalam usaha

untuk meningkatkan pemantauan kualitas air, yang sesuai dengan upaya pencapaian tujuan SDGs tersebut.

1.2.3 Aspek Ekonomi

Pada aspek ekonomi yaitu mempertimbangkan dalam hal biaya pengembangan alat tersebut, pendeteksian bakteri banyak digunakan dengan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dengan biaya yang dibutuhkan kurang lebih £292.84 hingga £568.37 atau Rp 4.848.156 hingga 9.409.734 [15]. Kemudian pendeteksi lainnya yaitu alat deteksi bakteri ATP meter dengan harga dipasaran \$925.97 atau setara Rp 14.537.729, berdasarkan aspek ekonomi tersebut maka dapat dikatakan mahal sehingga perlu pertimbangan dalam menentukan target pasar yang akan dituju. Dalam penelitian ini dihabiskan operasional sebesar Rp.7.781.577 yang sudah termasuk alat kebutuhan pengujian seperti sampel bakteri E.Coli, sarung tangan, masker gelas baker dan lain-lain.

1.3 Analisa Solusi yang Ada

Dalam pendeteksian bakteri terdapat beberapa alternatif solusi yang sudah ada dengan beberapa konsep, dalam biosensor terdapat jenis *Piezoelectric* biosensor, *Optical* biosensor dan ada Elektrokimia biosensor, berikut beberapa analisa alternatif solusi menurut jenis biosensor tersebut.

1.3.1 *Piezoelectric Biosensor*

Piezoelektrik merupakan fenomena fisik yang dapat menghasilkan tegangan apabila diberi tekanan mekanis, saat permukaan bahan piezoelektrik diberikan tegangan bolak-balik dapat menyebabkan tekanan mekanis atau osilasi. Piezoelektrik biosensor adalah suatu perangkat yang prinsip kerjanya berdasarkan interaksi afinitas. Piezoelektrik cocok digunakan untuk kontruksi sensor fisik dan biosensor, biosensor Piezoelektrik dapat merekam interaksi afinitas tanpa penggunaan reagen khusus, namun diperlukan sensitivitas dalam rentang mikogram sehingga perubahan osilasi dapat diukur. Osilasi mekanis pada kristal dan frekuensi osilasi berasal dari tegangan bolak-balik diukur ketika kristal ditempatkan dalam rangkaian osilasi. Perubahan frekuensi osilasi terjadi saat analit atau massa terikat ke permukaan kristal atau elektroda yang terletak pada kristal [16].

1.3.2 *Optical Biosensor*

Metode pendeteksian optik sering digunakan karena sensitivitasnya yang tinggi dalam sistem pemantauan patogen [17]. Biosensor optic merupakan pendeteksian yang berdasarkan pelaporan optic seperti nanopartikel logam, pewarna *fluoresen* atau *quantum dots* yang dapat

mendeteksi interaksi molekuler. Biosensor optic adalah metode pendeteksian dengan tanpa pelabel (*label-free*), meskipun metode penggunaan label dapat menghasilkan pendeteksian lebih akurat namun diperlukan biaya yang lebih tinggi. Alat pada biosensor ini memanfaatkan cahaya sebagai pendeteksian yang sensitive dan gelombang optic merupakan elemen utama dari proses pendeteksian ini. Pada penelitian disebutkan bahwa sistem sensor ini dapat digunakan dalam mengenali patogen. Salah satu teknik pendeteksian yang digunakan dalam biosensor ini yaitu ada SPR (Surface Plasmon Resonance) [18]. Sensor SPR (*Surface Plasmon Resonance*) termasuk kedalam alat optik terutama apada bidang medis karena dapat mendeteksi serta mengukur *E.Coli*. Sensor tersebut menggunakan konsep dasar permukaan resonansi plasmon dan mampu meningkatkan efektivitas pada perangkat endoskopik dalam aplikasi medis[19].

1.3.3 Elektrokimia Biosensor

Elektrokimia merupakan teknologi yang dapat digunakan dalam pendeteksian bakteri patogen pada makanan maupun air, metode yang digunakan yaitu disebut dengan elektrokimia biosensor dengan bahan konduksi dan semikonduktor sebagai transduser atau elektroda. Pada elektroda yang digunakan merupakan konduktor maka dapat menghantarkan listrik sehingga apabila bakteri bereaksi dengan elemen *biorecognition* maka elektroda akan muncul energi kimia lalu energi kimia mengubah menjadi sinyal listrik yang dapat diukur sehingga mampu mendeteksi keberadaan bakteri pathogen [20].

1.4 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Permasalahan diangkat tentang kualitas air sungai yang telah digunakan banyak masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari seperti mencuci hingga irigasi, namun sungai mempunyai banyak sedimen seiring waktu dari limbah rumah tangga hingga industri. Permasalahan yang ada tersebut maka diperlukan suatu pendeteksi untuk memonitoring dilakukan tindak lanjut sebagai upaya menyeimbangkan ekosistem, maka dibuatlah “Pengembangan Pendeteksian Bakteri *E. Coli* Berbasis Nanokomposit ZnO/PVA”. Metode pendeteksian bakteri *E.Coli* yang telah ada sekarang masih menggunakan metode konvensional seperti PCR dan ELISA, namun metode tersebut cenderung memiliki kelemahan seperti waktu deteksi yang lama sehingga diperlukan suatu pendeteksi dengan waktu respon cepat (*real-time*)

Berdasarkan aspek-aspek yang telah dianalisa maka pendeteksian bakteri dapat dilakukan dengan beberapa konsep, salah satunya adalah metode elektrokimia dengan penggunaan material berbasis nanokomposit ZnO/PVA, nanokomposit tersebut dapat dijadikan bahan nanokomposit karena harganya murah serta sifat karakteristik unggul dalam

hal ketahanan mekanik, perilaku listrik, karakteristik optik, serta mobilitas elektron yang tinggi.