

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi silikon fotonik mulai dikembangkan pada akhir 1980an oleh Soref dan Petermann (Schuppert dkk., 1989; Soref dkk., 1991). Saat itu teknologi silikon fotonik banyak diterapkan untuk divais pasif dan memberikan kemajuan yang besar pada bidang tersebut. Setelah itu, pada akhir 1990an penelitian mengenai teknologi berbasis silikon fotonik mulai banyak dilakukan di berbagai laboratorium (Chu dkk., 1999; Foresi dkk., 1997; Kurdi & Hall, 1998). Terlebih lagi, bantuan dana penelitian yang melimpah dari pihak swasta membuat perkembangan teknologi ini menjadi sangat pesat (Jalali dkk., 1998). Pada awal tahun 2000an, berbagai perusahaan besar dan pihak pemerintah mulai melakukan investasi yang besar pada penelitian teknologi silikon fotonik sehingga menghasilkan perkembangan yang besar (Dumon dkk., 2004; Miller, 2000; Yablonovitch, 2001).

Silikon banyak digunakan untuk pembuatan divais fotonik daripada material semikonduktor lainnya karena harganya murah dan memiliki kristal dengan kualitas tinggi. Selain itu, fabrikasi divais berbasis fotonik juga dapat menjadi lebih mudah karena proses fabrikasi divais berbasis silikon untuk sirkuit terintegrasi (IC) telah banyak dilakukan sebelumnya (Jalali & Fathpour, 2006). Sifat material yang cocok dan penting untuk divais fotonik juga dimiliki oleh silikon. Silikon memiliki konduktivitas panas yang tinggi, batas ambang kerusakan optik yang tinggi, dan ketidaklinearan optik orde ketiga yang tinggi (Canham dkk., 1987; Dinu dkk., 2003; Li dkk., 2003).

Saat ini teknologi silikon fotonik telah menjadi dasar pembuatan sistem fotonik terintegrasi yang maju (Bogaerts dkk., 2012). Berbagai keunggulan yang dimiliki sifat material silikon membuat divais fotonik berbasis silikon memiliki kemampuan yang sangat baik untuk diaplikasikan pada berbagai bidang (Green dkk., 2007). *Microring resonator* (MRR) merupakan salah satu contoh divais fotonik yang dapat dibuat dari material silikon dan mampu memberikan performa yang baik pada berbagai bidang terapan seperti filter panjang gelombang, sensor, multipleksing, dan modulator (Chu dkk., 1999; Marris-Morini dkk., 2008; Mulyanti dkk., 2017; De Vos dkk., 2007).

Perkembang penelitian MRR berlangsung pesat dalam beberapa tahun terakhir karena memiliki berbagai keunggulan seperti ukuran yang kompatibel, struktur yang fleksibel, dan mudah dibuat dengan teknologi pemrosesan semikonduktor yang ada saat ini (Mulyanti dkk., 2018). Terlebih lagi MRR mampu menghasilkan sensor dengan sensitivitas tinggi, namun dengan biaya fabrikasi relatif murah (De Vos dkk., 2007). Sensor yang berukuran sangat kecil tersebut telah banyak digunakan pada berbagai macam aplikasi seperti analisis klinis, deteksi zat pada makanan, kesehatan, pemantauan lingkungan, dan lain sebagainya (Chao dkk., 2006). Untuk aplikasi klinis dan kesehatan, saat ini MRR sedang dikembangkan sebagai sensor untuk deteksi penyakit diabetes (Schmidt, 2016). Diabetes sering dihubungkan dengan berbagai macam kondisi medis seperti penyakit *celiac*, *cystic fibrosis*, tuberkulosis, dan serangan jantung (Bruen dkk., 2017). Terlebih lagi, komplikasi dari berbagai macam penyakit tersebut dapat menyebabkan kebutaan, gagal ginjal, amputasi, penyakit kardiovaskular, bahkan kanker (Coster dkk., 2000).

Diabetes adalah kondisi terdapatnya glukosa dengan kadar yang tinggi di dalam darah manusia untuk waktu yang berkepanjangan (Tuomilehto dkk., 2001). Sementara itu, seseorang sudah dapat dikatakan terkena diabetes apabila terdapat lebih dari 0,13 % kadar glukosa di dalam darahnya (Association, 2017). Dapat dilihat bahwa kadar glukosa tersebut sangatlah rendah, namun sangat penting untuk dapat dideteksi agar dapat mencegah dampak buruk yang dapat datang dikemudian hari. Oleh sebab itu, MRR saat ini telah dikembangkan sebagai sensor untuk deteksi kadar glukosa (Budi Mulyanti dkk., 2015). Hal tersebut disebabkan oleh sensor berbasis MRR dapat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi suatu zat terlarut yang sangat rendah dan dapat digunakan berulang kali (*label-free*) (Ciminelli dkk., 2014; Nguyen & Norwood, 2013).

MRR merupakan suatu divais fotonik yang bekerja untuk menghasilkan resonansi dengan memanfaatkan peristiwa interferensi konstruktif yang terjadi di dalam pandu gelombangnya (Zhang dkk, 2018). Pandu gelombang merupakan medium yang berfungsi untuk merambatkan gelombang elektromagnetik atau cahaya (Tien, 1971). Keberadaan analit berupa zat terlarut glukosa disekitar pandu gelombang MRR menyebabkan terjadinya perubahan indeks bias efektif pandu gelombang (Chao dkk, 2006). Hal tersebut mempengaruhi perambatan cahaya yang

terjadi di dalam pandu gelombang MRR (Budi Mulyanti et al., 2015). Pengaruh tersebut muncul sebagai pergeseran resonansi MRR yang kemudian digunakan untuk menganalisis keberadaan zat terlarut glukosa.

Pada penelitian ini pandu gelombang MRR dibuat dari bahan silikon (Si) dan diletakkan di atas lapisan penyangga silika (SiO_2). Lapisan ini disebut sebagai lapisan *silicon-on-insulator* (SOI). Lapisan SOI dibuat dengan metode *smart cut*, sedangkan struktur pandu gelombang MRR dibuat melalui sistem *Electron Beam Litography* (EBL). MRR yang terbuat dari struktur SOI diharapkan mampu menghasilkan performa yang baik karena struktur pandu gelombang SOI sangat cocok untuk merambatkan cahaya (Dumon dkk., 2004). Selanjutnya, optimasi juga dilakukan pada pemilihan desain struktur geometris MRR sebelum fabrikasi agar dapat menghasilkan hasil yang optimal karena performa yang dihasilkan MRR sangatlah bergantung pada struktur geometrisnya (Chao & Guo, 2006).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik MRR berbasis SOI menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologinya dan menggunakan *Optical Spectrum Analyzer* (OSA) untuk mengetahui nilai *quality factor*-nya. Selain itu, simulasi menggunakan metode *Finite Differential Time Domain* (FDTD) juga dilakukan guna mengetahui nilai sensitivitas yang dimiliki oleh sensor yang dibangun berdasarkan divais MRR berbasis SOI untuk keperluan deteksi kadar glukosa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah disampaikan maka akan diuraikan hal-hal yang menjadi topik permasalahan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana nilai *quality factor* yang dimiliki oleh *microring resonator* berbasis *silicon-on-insulator* yang diperoleh melalui pengukuran dengan *optical spectrum analyzer*?
2. Bagaimana nilai *quality factor* yang dimiliki oleh *microring resonator* berbasis *silicon-on-insulator* yang diperoleh melalui simulasi dengan metode *finite difference time domain*?
3. Bagaimana sensitivitas sensor yang dibangun berdasarkan divais *microring resonator* berbasis *silicon-on-insulator* untuk tujuan deteksi kadar glukosa?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan dan batasan masalah yang telah disampaikan maka tujuan dari penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai *quality factor* yang dimiliki oleh *microring resonator* berbasis *silicon-on-insulator* yang diperoleh melalui pengukuran dengan *optical spectrum analyzer*
2. Mengetahui nilai *quality factor* yang dimiliki oleh *microring resonator* berbasis *silicon-on-insulator* yang diperoleh melalui simulasi dengan metode *finite difference time domain*
3. Mengetahui nilai sensitivitas sensor yang dibangun berdasarkan divais *microring resonator* berbasis *silicon-on-insulator* untuk tujuan deteksi kadar glukosa

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang karakteristik yang dimiliki oleh *microring resonator* (MRR) berbasis *silicon-on-insulator* (SOI). Karakteristik tersebut berupa morfologi dari MRR dan nilai *quality factor* yang dimiliki oleh MRR. Lebih jauh lagi, pada penelitian ini juga diperoleh nilai sensitivitas sensor berbasis MRR untuk deteksi kadar glukosa yang merupakan ukuran dari seberapa baik performa yang dimiliki oleh sensor berbasis MRR. Jika hasil yang diperoleh sudah optimal maka desain yang digunakan pada penelitian ini dapat dijadikan ukuran baku dalam proses fabrikasi skala besar, namun apabila belum optimal maka penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar pengembangan lebih lanjut yang akan dilakukan.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Tujuan dari adanya subbab struktur organisasi skripsi ini adalah untuk menjelaskan setiap bab yang dimuat ke dalam skripsi ini. Bab satu adalah bagian pendahuluan yang menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi. Bab dua adalah bagian kajian pustaka yang berisi penjelasan tentang fotonik silikon, *microring resonator*, mekanisme perambatan cahaya di dalam pandu gelombang MRR, kerugian propagasi pada perambatan cahaya di dalam pandu gelombang MRR, Glukosa, MRR untuk deteksi kadar glukosa, metode *finite difference time domain* (FDTD),

dan Kisi Yee dan komponen vektor medan. Bab tiga adalah bagian metode penelitian yang menjelaskan tahapan penelitian, proses karakterisasi *quality factor* pada MRR berbasis SOI, dan pemrograman simulasi MRR dengan metode 2D dan 3D FDTD. Bab empat adalah temuan dan pembahasan yang berisi tentang penjelasan hasil penelitian yang dilakukan. Penjelasan tersebut meliputi analisis morfologi MRR dan nilai *quality factor* yang dimiliki olehnya, hasil pemrograman simulasi, komparasi antara nilai *quality factor* yang diperoleh pada hasil simulasi dan eksperimen, dan simulasi pengujian sensitivitas sensor MRR berbasis SOI. Bab lima adalah simpulan dan rekomendasi yang berisi tentang simpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan dan rekomendasi yang dapat dilakukan untuk penelitian berikutnya.