



Simulasi deteksi urea menggunakan *microring resonator* (MRRs) konfigurasi *racetrack-shaped resonator*

Siti Nur Kholifiyah* dan Yuyu Rachmat Tayubi

Prodi Fisika, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudi 229,
Bandung 40154

*e-mail snurkholifiyah@gmail.com

Abstrak

Urea merupakan sisa metabolisme protein dalam tubuh oleh ginjal. Kadar urea dalam darah ditentukan oleh kondisi ginjal. Gagal ginjal dapat menyebabkan terjadinya penumpukan urea dalam darah yang disebut uremia. Uremia menyebabkan kadar neurotransmitter di dalam otak menurun. Untuk mendeteksi kadar urea dalam darah dapat digunakan sensor *microring resonator* (MRRs) konfigurasi *racetrack-shaped resonator*. Simulasi ini dilakukan untuk mendeteksi perubahan konsentrasi larutan urea dalam sampel non-enzimatik. Dan hasilnya, yaitu konsentrasi larutan urea yang beda-beda mempengaruhi pergeseran gelombang resonansi. Semakin besar konsentrasi larutan semakin besar pula pergeseran gelombang resonansinya. Selain itu, juga diperoleh nilai *quality factor* yang besar sehingga ketajaman *microring resonator* dalam mendeteksi urea sangatlah efektif.

Kata kunci : *Microring resonator* (MRRs), Urea, *Quality Factor*

1. Pendahuluan

Darah merupakan salah satu komponen penyusun tubuh. Darah memiliki peranan penting yaitu sebagai pengantar sari makanan ke seluruh tubuh. Zat yang terkandung dalam darah beranekaragam diantaranya urea. Urea merupakan zat sisa buangan dari protein yang dicerna tubuh (Setiaji, 2019). Kadar urea dalam darah ditentukan oleh kondisi ginjal. Secara umum, kadar urea yang normal adalah antara 2,5-6,7 mM (Premanode & Toumazou, 2007).

Kadar urea dalam kondisi normal tidak menyebabkan gangguan. Akan tetapi jika kadarnya berlebih akan menyebabkan timbulnya gangguan. Ketika gagal ginjal, urea dalam darah akan meningkat dikarenakan penyaringan urea oleh ginjal berkurang. Sehingga, terjadi penumpukan urea dalam darah yang disebut uremia. Uremia menyebabkan kadar neurotransmitter di dalam otak menurun. Untuk mengatasi gagal ginjal, pasien harus menjalani cuci darah atau hemodialisis (Foralady & Thendy, 2019).

Untuk mendeteksi urea dalam darah dapat digunakan sensor optik. *Surface-enhanced Raman spectroscopy* (SERS) merupakan salah satu biosensor yang dapat

digunakan untuk mendeteksi urea dengan menggunakan film koloid emas sebagai substratnya (Leordean, dkk., 2012). Dalam menganalisis fase padat, koloid agregat SERS pada permukaan kering menghasilkan hot spot yang tidak teratur (Changwon, dkk., 2015). Juga menghasilkan ketidakhomogenan spasial dikarenakan distribusi acak dari struktur nanokoloidal (Menon, 2018).

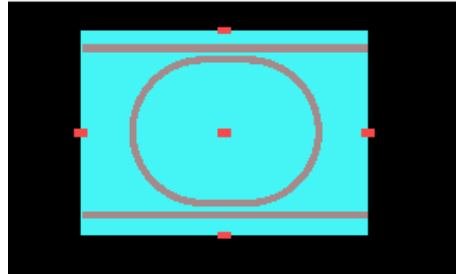
Sebagai solusi, *microring resonator* (MRRs) konfigurasi *racetrack-shaped resonator* memiliki keunggulan dibanding sensor optik lainnya. Pertama, memiliki limit deteksi yang sangat kecil (Donzella, dkk., 2015). Sehingga, dalam mendeteksi urea akan diperoleh hasil yang akurat. Kedua, konfigurasi *racetrack-shaped resonator* memiliki sensitivitas yang tinggi (De Vos, dkk., 2007).

Dalam penelitian ini, sensor *microring resonator* (MRRs) konfigurasi *racetrack-shaped resonator* akan mendeteksi larutan urea berbagai konsentrasi dalam sampel non-enzimatik. Hasilnya akan dianalisis grafik hubungan transmisi dan panjang gelombang yang dihasilkan pada setiap perubahan indeks bias.

2. Metode

Simulasi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan software LUMERICAL MODE SOLUTIONS untuk mengkarakterisasi MRRs. Parameter yang diinput untuk

mengkarakterisasi MRRs, diantaranya *radius*, *gap*, *coupling length* (L_c), dan *width* seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 1. Desain *microring resonator* (MRRs) konfigurasi *racetrack-shaped resonator*

Gambar 1 merupakan desain *microring resonator* (MRRs) konfigurasi *racetrack-shaped resonator* pada software. Desain tersebut terdiri dari substrat yang berupa SiO_2 . *Microring resonator* (MRRs)

berada pada permukaan substrat. Sedangkan larutan yang akan dianalisis yaitu urea berada di atas permukaan substrat dan *microring resonator* (MRRs).

Tabel 1. Parameter geometri MRRs

Parameter	Nilai (μm)
<i>Coupling Length</i>	3
<i>Gap</i>	0,205
<i>Radius</i>	5
<i>Base width</i>	0,5
<i>Height</i>	0,22
<i>Lx</i>	29

Adapun analitnya berupa larutan urea yang konsentrasinya berbeda-beda dalam sampel non-enzimatik yang memiliki nilai indeks bias yang berbeda-beda. Indeks

bias merupakan perbandingan antara cepat rambat cahaya di udara dengan medium. Nilai indeks bias untuk tiap-tiap larutan urea ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2. Nilai indeks bias untuk berbagai konsentrasi larutan urea sampel non-enzimatik

Konsentrasi Urea (mM)	Indeks bias, n
50	1,33350
100	1,33388
200	1,33397
400	1,33542
800	1,33739

Metode Penelitian ini digunakan untuk mencari *quality factor* dari simulasi

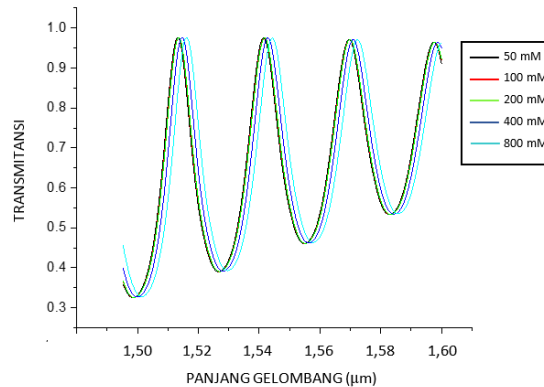
MRRs menggunakan software lumerical mode. Menyesuaikan parameter-

parameter yang ada di software dan mengganti *cladding layer* dengan larutan urea. Setelah itu, melakukan proses *run* pada software sampai selesai. Kemudian muncul hasil berupa grafik hubungan transmitansi terhadap lamda untuk setiap larutan dengan konsentrasi yang beda-beda. Lalu, data yang telah diperoleh dianalisis untuk

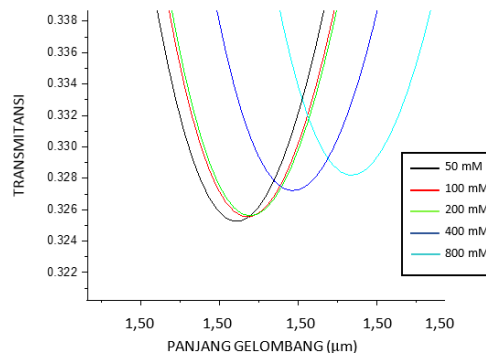
mendapatkan *quality factor* dengan pendekatan matematis.

3. Hasil dan Pembahasan

Simulasi yang dilakukan menggunakan software lumerical mode menghasilkan grafik transmitansi terhadap panjang gelombang yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Grafik transmitansi terhadap panjang gelombang.



Gambar 3. Grafik transmitansi terhadap panjang gelombang setelah diperbesar

Dari grafik yang dihasilkan, *quality factor* dari *microring resonator* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$Q = \frac{\lambda_c}{FWHM} \dots (1)$$

dengan λ_r merupakan panjang gelombang resonansi dan FWHM merupakan lebar penuh pada setengah maksimum (Bogaerts, 2012). FWHM didefinisikan sebagai (Mulyani, 2017)

$$FWHM (2\delta\lambda) = \frac{\kappa^2 \lambda^2}{\pi n_{eff} L} \dots (2)$$

Tabel 3. Konsentrasi Urea, λ_r , FWHM dan *Quality Factor* (Q)

Konsentrasi Urea (mM)	λ_r (μm)	FWHM	Q
50	1,512	0,072	21,0

100	1,512	0,072	21,0
200	1,512	0,072	21,0
400	1,515	0,009	168,3
800	1,516	0,009	168,3

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa konsentrasi larutan urea yang berbeda-beda mempengaruhi perubahan panjang gelombang resonansi. Semakin besar konsentrasi larutan ureanya maka pergeseran gelombang resonansinya semakin meningkat. Larutan urea dengan konsentrasi yang berbeda-beda memiliki indeks bias yang berbeda-beda pula sehingga indeks bias juga mempengaruhi pergeseran gelombang resonansi.

Pada tabel 3, ditunjukkan bahwa untuk konsentrasi larutan urea yang berbeda-beda terdapat beberapa konsentrasi yang memiliki panjang gelombang resonansi, FWHM dan *Q-factor* bernilai sama. Tapi terdapat perubahan yang signifikan pada konsentrasi 200 dan 400, yaitu nilai faktor *Q* nya meningkat tajam. Walaupun demikian nilai *quality factor* yang merupakan fungsi untuk mengukur ketajaman dari resonansi memiliki nilai yang tinggi. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa MRRs memiliki ketajaman yang tinggi dalam mendeteksi larutan urea.

4. Simpulan

Terdapat beberapa simpulan yang diperoleh dari penelitian ini. Pertama, konsentrasi larutan urea yang berbeda-beda mempengaruhi perubahan panjang gelombang resonansi. Kedua, MRRs memiliki nilai *quality factor* yang besar atau ketajaman dalam mendeteksi larutan ureanya tinggi pada larutan dengan konsentrasi yang tinggi, yaitu sebesar 168,3.

Daftar Pustaka

Setiaji, B.R. 2019. Berbagai Penyebab Kadar Urea dalam Darah Meningkat, Tanda Ginjal Tak Berfungsi Normal. [Online]. Tersedia: <http://hellosehat.com>

- Premanode B, Toumazou C. 2007. A novel, low power biosensor for real time monitoring of creatinine and urea in peritoneal dialysis. *Sensors Actuators B*. 120: 732–735
- Foraldy, Thendy. 2019. Ensefalopati Uremikum, Komplikasi Gangguan Ginjal yang Menyerang Otak. [Online] Tersedia: <http://hellosehat.com>
- Leordean C, Canpean V, Astilean S. 2012. Surface-enhanced raman scattering (SERS) analysis of urea trace in urine, fingerprint, and tear samples. *Spectrosc Lett*. 45: 550–555.
- Changwon L, Christopher SR, An HN, Mehmet K, Sebastian W-H. 2015. Thickness of a metallic film, in addition to its roughness, plays a significant role in SERS activity. *Nature Publishing Group*. 1–10
- Menon, P.S. 2018. Urea and Creatinine Detection on Nano-laminated Gold Thin Film Using Kretschmann-based Surface Plasmon Resonance Biosensor. *Jurnal Pone* 7 (13): e20201228
- V. Donzella, A. Sherwali, J. Flueckiger, S. M. Grist, S. T. Fard, and L. Chrostowski. 2015. Design and fabrication of SOI micro-ring resonators based on sub-wavelength grating waveguides. *Opt. Express*, 23, (4), 4791.
- K. De Vos, I. Bartolozzi, E. Schacht, P. Bienstman, and R. Baets. 2007. Silicon-on-Insulator *microring resonator* for sensitive and label-free biosensing. *Opt. Express*. 15, (12), 7610.
- Bogaerts, W., 2012. Silicon *microring resonators*. *Laser and Photonics Reviews*, 1, (6), pp. 47-73.
- B. Mulyanti dkk., 2017. Micro - Ring resonator with variety of gap width for acid rain sensing application: Preliminary study. in *Journal of Physics: Conference Series*.