

Deteksi Formalin Menggunakan *Surface Plasmon Resonance (SPR)* Berbasis Nanopartikel Perak sebagai Pengembangan Awal Teknologi *Food Safety*

Muhammad Khoirul Anam, Risma Narindra, Thoyibi, Kamsul Abraha

Laboratorium Fisika Material dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Universitas Gadjah Mada
anam.physics@gmail.com

Received 23-02-2013, Revised 30-08-2013, Accepted 03-09-2013, Published 13-10-2013

ABSTRACT

The phenomena of surface plasmon resonance (SPR) has been observed. SPR is reflectance curve as a function of incident angle in Kretschmann configuration. Surface plasmon is electromagnetic waves propagation in the interface area between metal and dielectric that can be excited by using attenuated total reflection (ATR) method. The result of experiment explains that the SPR angle on the thin film system of the prism/silver 1 and the prism/silver 2 is $(42,8 \pm 0,05)^\circ$ with the reflectance value 0.32 and 0.44 respectively. On the prism/silver/silver nanoparticle system, it is obtained that SPR angle value is $(42,9 \pm 0,05)^\circ$ with the reflectance value 0.29 for the silver 1 and 0.31 for the silver 2. After the thin film system is added with 40% of formalin, SPR angle becomes $(43,0 \pm 0,05)^\circ$ with the reflectance value 0.44. Then, after the thin film system is added with 100% of formalin, SPR angle becomes $(43,2 \pm 0,05)^\circ$ with the reflectance value 0.4. The shifting SPR angle shows that SPR have capability as formalin sensor.

Key words : surface plasmon resonance (SPR), Kretschmann configuration

ABSTRAK

Telah diamati fenomena *surface plasmon resonance (SPR)* yaitu berupa kurva reflektansi sebagai fungsi sudut datang dalam konfigurasi *Kretschmann*. *Surface plasmon* merupakan gelombang elektromagnetik yang merambat pada daerah perbatasan antara logam dengan dielektrik yang dapat dieksitasi dengan menggunakan metode *attenuated total reflection*. Dari hasil eksperimen diketahui bahwa sudut SPR pada sistem lapisan tipis prisma/perak 1 dan prisma/perak 2 adalah $(42,8 \pm 0,05)^\circ$ dengan nilai reflektansi 0,32 untuk perak 1 dan 0,44 untuk perak 2. Pada sistem prisma/perak/nanopartikel perak didapatkan nilai sudut SPR adalah $(42,9 \pm 0,05)^\circ$ dengan reflektansi 0,29 untuk perak 1 dan 0,31 untuk perak 2. Setelah penambahan formalin 40%, sudut SPR menjadi $(43,0 \pm 0,05)^\circ$ dengan nilai reflektansi 0,44 dan untuk penambahan formalin 100% sudut SPR menjadi $(43,2 \pm 0,05)^\circ$ pada reflektansi 0,40. Adanya pergeseran sudut menunjukkan SPR mempunyai potensi sebagai sensor formalin.

Kata kunci : *surface plasmon resonance (SPR)*, konfigurasi Kretschmann

PENDAHULUAN

Seiring dengan tuntutan pasar yang meghendaki adanya bahan pangan yang berkualitas dan terjamin keamanannya (*food safety*), maka keamanan suatu produk makanan harus sesuai dengan aturan yang ditentukan dalam ilmu kesehatan masyarakat yaitu aman dari segi kesehatan, pemalsuan dan aman dari aspek agama atau halal^[1]. Sementara itu Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) telah menemukan keberadaan formalin pada daging sapi, mie basah dan tahu baik yang dijual di pasar tradisional ataupun supermarket. Formalin merupakan larutan formaldehid dalam air dengan kadar 30-40 persen, selain itu

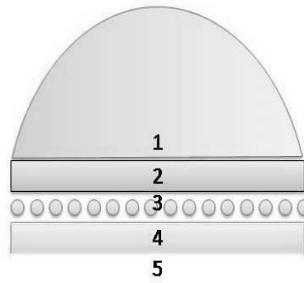
formalin merupakan bahan pengawet makanan yang dilarang karena sisa-sisa formalin sangat mengganggu kesehatan bagi yang memakannya^[2]. Hal ini sesuai dengan undang-undang yaitu UU No. 7/1996 tentang pangan dan UU No. 8/1999 yaitu tentang perlindungan konsumen. Menurut salah satu lembaga kesehatan internasional *international programme on chemical safety* (IPCS) bahwa batas aman untuk konsumsi formaldehid adalah 2,6 mg/liter. Dampak formalin pada kesehatan adalah menyebabkan iritasi pada mata, saluran pernafasan, alergi pada kulit, paru-paru, kerusakan ginjal, saraf (lemas) dan karsinogen^[2]. Memperhatikan sebagian dari beberapa dampak formalin yang negatif tersebut, maka sekarang ini beberapa uji untuk mendeteksi kandungan formalin banyak dikembangkan salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan metode destilasi uap yang kemudian diukur dengan spektrofotometer^[3]. Selain itu uji kualitatif formalin juga dapat menggunakan piranti yaitu *formalin main reagent* (FMR), tetapi kendalanya yaitu spektrofotometer dan FMR merupakan barang impor sehingga harganya relatif sangat mahal.

Sementara itu pada tiga dekade terakhir ini, di bidang fisika berkembang riset mengenai sensor optik berbasis *surface plasmon resonance* (SPR) yaitu sensor yang sensitif terhadap perubahan indeks bias sehingga bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi biomolekul dan sering diaplikasikan dalam bidang biologi. Material yang dideteksi biasanya enzim, DNA, antibodi, peptida dan lain-lain^[4]. Di sisi lain, teknik SPR masih mempunyai beberapa kekurangan yaitu dalam ketepatan dan kesensitifan mendeteksi biomolekul secara langsung karena spektrum yang dihasilkan masih lemah dan material yang akan dideteksi mempunyai perubahan indeks bias tidak spesifik karena ukurannya sangat kecil. Untuk mengatasi hal tersebut, beberapa cara telah dikembangkan untuk meningkatkan sensitifitas SPR yaitu memvariasi sistem lapisan tipis dengan menambahkan lapisan nanopartikel emas atau perak setelah lapisan tipis perak^[5], sehingga keberadaan serta interaksi biomolekul dapat terdeteksi.

Melihat potensinya yang besar tersebut, maka teknologi sensor berbasis SPR ini kedepannya sangat dibutuhkan dalam mendeteksi serta analisis zat-zat kimia pada berbagai bidang diantaranya adalah medis, pemantauan lingkungan seperti pendeteksian gas yang berbahaya, dan keamanan pangan yaitu untuk mendeteksi protein dan *food monitoring*^[6]. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian awal pada bidang keamanan pangan yaitu tentang kualitas dan keamanan bahan pangan, salah satunya adalah mendeteksi keberadaan formalin menggunakan sensor optik berbasis *surface plasmon resonance* (SPR).

DASAR TEORI

Gelombang *surface plasmon* (SP) merupakan gelombang elektromagnetik terpolarisasi-p atau *tranverse magnetic* yang merambat pada perbatasan antara dua medium yang berbeda indeks biasnya yaitu logam dengan dielektrik yang dapat dieksitasi menggunakan metode *attenuated total reflection* (ATR), sedangkan konfigurasi yang sering digunakan untuk mengeksitasi gelombang *surface plasmon* tersebut adalah geometri prisma terkopling dalam konfigurasi Kretschmann (gambar 1) yaitu prisma berlapis perak sebagai pembangkit gelombang *surface plasmon* sedangkan lapisan dielektrik dibawahnya berfungsi sebagai material sampel yang di uji.



Gambar 1. (color online) Skema sistim 5 lapis dalam konfigurasi Kretschmann

Reflektansi untuk sistem 5 lapis pada gambar 1 di atas dapat diperoleh melalui persamaan berikut [7]:

$$R = |r_{ijk}|^2 = \left| \frac{r_{ij} + r_{jk} e^{2ik_j d_j}}{1 + r_{ij} r_{jk} e^{2ik_j d_j}} \right|^2 \tag{1}$$

Sehingga secara umum untuk dua medium yang berbeda ketebalan (d) dan lapisan dielektriknya (ϵ) maka nilai reflektansinya adalah :

$$r_{ij} = \frac{\epsilon_j k_{ix} - \epsilon_i k_{jx}}{\epsilon_j k_{ix} + \epsilon_i k_{jx}} \tag{2}$$

$$k_{ix} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_i - n^2 \sin^2 \theta_i} \tag{3}$$

merupakan reflektansi sinar datang yang terjadi pada medium ke- j yang bersasal dari medium ke- i , adalah komponen vektor gelombang yang searah dengan permukaan bidang batas. Sedangkan sensitifitas SPR biosensor dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} \tag{4}$$

Dengan merupakan sensitifitas biosensor SPR, merupakan respon dan merupakan stimulus. Respon dari SPR biosensor adalah pergeseran sudut SPR ($\Delta\theta$) untuk setiap perubahan indeks bias (n) atau konsentrasi (C).

METODE PENELITIAN

Material

Material yang digunakan adalah lapisan perak, nanopartikel perak serta larutan formalin yang dilarutkan dalam pelarut akuades dengan berbagai konsentrasi. Semua material yang digunakan dibeli dari CV. GENERAL LABORATORA, Yogyakarta.

Fabrikasi Nanopartikel Perak

Dilakukan dengan metode sintesis, yaitu dengan perbandingan konsentrasi. Perak nitrat ($AgNO_3$) dipanaskan sampai dengan suhu $80^\circ C$ kemudian dititrasi dengan trisodium sitrat

($2\text{Na}\cdot\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\cdot 1\text{H}_2\text{O}$) sambil diaduk. Pengadukan dihentikan sampai larutan berubah warna menjadi kuning.

Deposisi Lapisan Tipis Perak

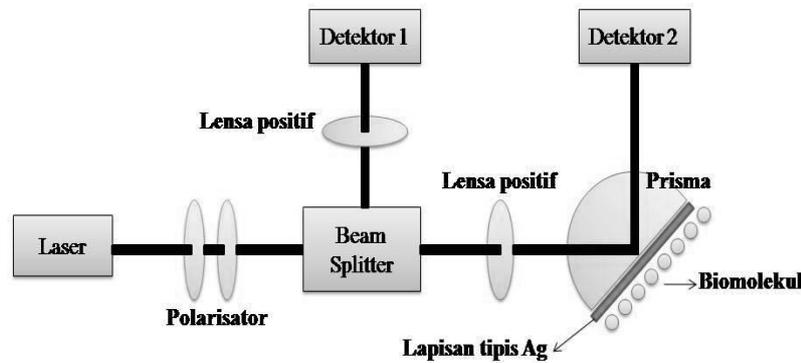
Lapisan tipis perak dideposisi pada prisma dengan menggunakan *vacum evaporator*. Proses evaporasi dilakukan pada tekanan ruang vakum 7×10^{-3} Pa dan arus 35 Ampere serta jarak prisma ke sumber 10 cm selama 1,5 menit.

Deposisi Lapisan Nanopartikel Perak dan Formalin

Lapisan nanopartikel perak dan lapisan formalin (konsentrasi 40% dan 100%) dideposisi pada lapisan tipis perak dengan menggunakan teknik *spray* dengan jarak 30 cm.

Susunan Alat SPR

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laser HeNe dengan panjang gelombang 632,8 nm, polarisator, *beam splitter*, *laser power meter*, lensa positif, dan prisma.



Gambar 2. Susunan alat SPR

Pengamatan Fenomena SPR

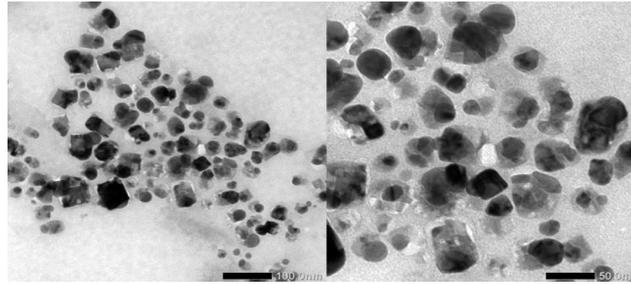
Pengamatan fenomena *surface plasmon resonance* (SPR) dilakukan dengan menggunakan metode ATR yaitu mencatat reflektansi untuk setiap variasi sudut datang. Pengamatan dilakukan untuk setiap penambahan sistem lapisan tipis.

Perhitungan sensitifitas SPR

Sensitifitas SPR dapat diketahui dengan menghitung gradien grafik pergeseran sudut SPR $\Delta\theta$ terhadap perubahan indeks bias ().

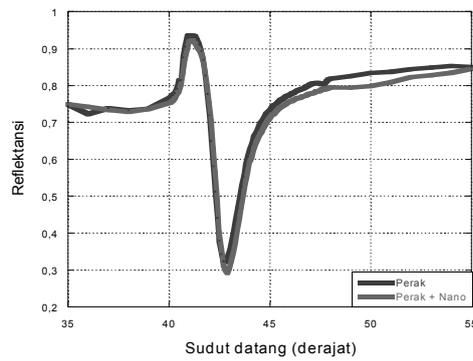
HASIL DAN PEMBAHASAN

Fabrikasi nanopartikel perak menggunakan metode reduksi kimia menghasilkan nanopartikel perak dengan ukuran partikel yang bermacam-macam seperti gambar 3 berikut :

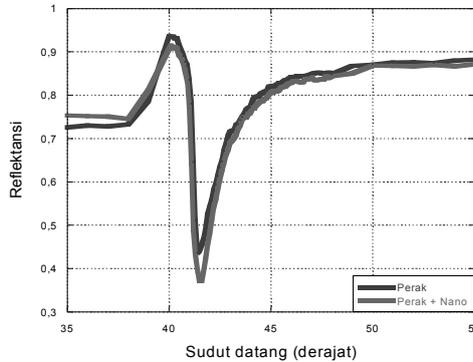


Gambar 3. Hasil TEM nanopartikel perak

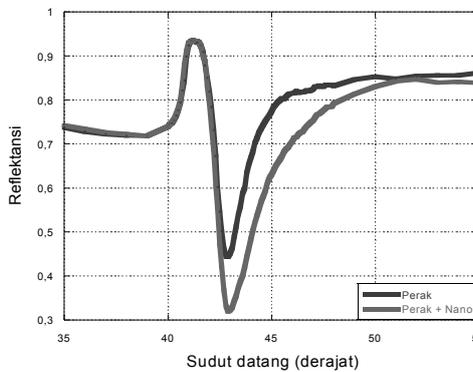
Pengamatan fenomena SPR untuk variasi perbandingan konsentrasi perak nitrat dengan trisodium sitrat ditunjukkan oleh gambar 4 sampai dengan gambar 6 berikut.



Gambar 4. Kurva reflektansi untuk perbandingan konsentrasi 1 : 38



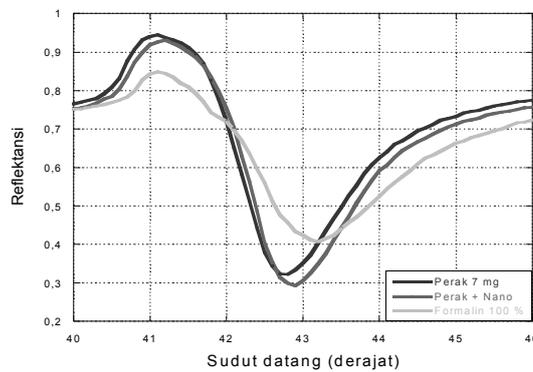
Gambar 5. Kurva reflektansi untuk perbandingan konsentrasi 1 : 16



Gambar 6. Kurva reflektansi untuk perbandingan konsentrasi 1 : 8

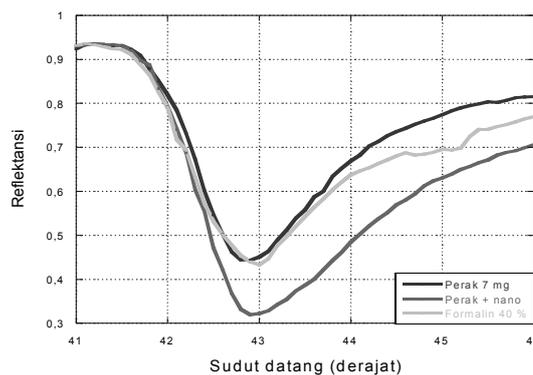
Gambar 4, gambar 5, dan gambar 6 tersebut merupakan kurva reflektansi untuk variasi perbandingan konsentrasi perak nitrat dengan trisodium sitrat. Dari grafik pada gambar terlihat bahwa semakin kecil perbandingan konsentrasi maka kurva SPR menjadi semakin sensitif (curam) dibandingkan dengan perbandingan konsentrasi yang lain. Hal ini dikarenakan distribusi partikel perak semakin banyak jika konsentrasi perak nitrat ditambah.

Pengamatan fenomena SPR selanjutnya adalah untuk formalin 40% dan formalin 100%. Pengamatan yang pertama adalah pada sistem prisma/Ag1 dan diperoleh sudut SPR $(42,8 \pm 0,05)^\circ$ dengan nilai reflektansi sebesar 0,32. Setelah penambahan lapisan nanopartikel perak (prisma/Ag1/nano) diperoleh sudut SPR $(42,9 \pm 0,05)^\circ$ pada reflektansi 0,29. Setelah adanya penambahan lapisan formalin 100 % (gambar 7) maka kurva SPR bergeser menjadi $(43,2 \pm 0,05)^\circ$ dengan reflektansi 0,4.



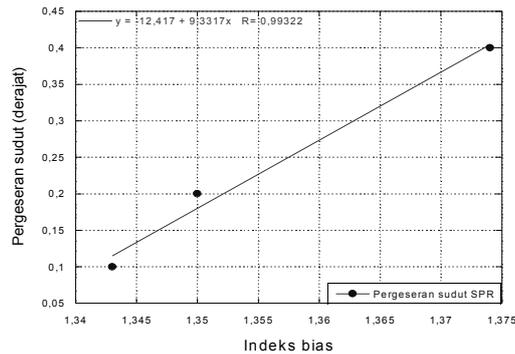
Gambar 7. Pergeseran sudut SPR setelah penambahan formalin 100%

Pengamatan fenomena SPR yang kedua yaitu menggunakan prisma/Ag2 dan diperoleh sudut SPR yang sama seperti pada pengamatan pertama yaitu $(43,8 \pm 0,05)^\circ$ dan $(42,9 \pm 0,05)^\circ$ tetapi reflektansinya berbeda yaitu 0,44 untuk Ag2 dan 0,31 untuk lapisan nanopartikel perak. Setelah ditambah formalin 40% (gambar 8) maka sudut SPR bergeser menuju sudut datang yang lebih besar yaitu $(43,0 \pm 0,05)^\circ$ dengan reflektansi 0,4.



Gambar 8. Pergeseran sudut SPR setelah penambahan formalin 40%

Sensitifitas SPR dihitung dengan menghitung gradien grafik antara pergeseran sudut SPR vs indeks bias dan diperoleh grafik seperti gambar berikut.



Gambar 8. Grafik pergeseran sudut SPR $\Delta\theta$ vs indeks bias (n)

Dari gambar 8 tersebut diperoleh gradien grafik sebesar $(9,33 \pm 1,09)$. Hal ini berarti bahwa untuk setiap perubahan indeks bias sebesar satu maka akan menyebabkan pergeseran sudut SPR sebesar $(9,33 \pm 1,09)$ derajat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen diketahui bahwa metode SPR berbasis nanopartikel perak dapat digunakan untuk sensor formalin yang ditandai dengan adanya pergeseran sudut setelah penambahan lapisan formalin. Selain itu nanopartikel perak dapat digunakan untuk mempertajam kurva SPR, hal ini ditandai dengan berkurangnya reflektansi setelah penambahan lapisan nanopartikel perak sehingga berpotensi untuk mendeteksi material sampel yang diujikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan dari grup riset “ *Surface Plasmon dan Quantum Nanostructure* ” Laboratorium Fisika Material dan Instrumentasi FMIPA UGM serta Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia melalui Hibah penelitian Sinas Ristek 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Girindra, A. 1996. *Sertifikat Daging Halal Majelis Ulama Indonesia*, Fakultas Kedokteran Hewan, IPB: Bogor.
- 2 Anonim, *Formaldehida*, 1996. Website : <http://www.wikipedia.com/formaldehida>, diakses pada tanggal 4 Agustus 2012.
- 3 Arifin, Z., Murdiati, T.B. dan Firmansyah, R.. 2005. Deteksi Formalin dalam Ayam Broiler di Pasaran, *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, Balai Penelitian Veteriner, Bogor.
- 4 Badia, A. 2007. *Surface Plasmon Resonance (SPR) Spectroscopy Theory. Instrumentations & Applications*, McGill University.
- 5 Hutter, E., Fendler, J.H., and Roy, D. 2001. Surface Plasmon Resonance Studies of Gold and Silver Nanoparticles Linked to Gold and Silver Substrates by 2-Aminoethanethiol and 1,6-Hexadithiol. *J-Phys.Chem*, No. 45 Vol. 105, American Chemical Society.
- 6 Byun, K.M., Lee, K.S., Lee, S.I. 2011. Surface Plasmon Resonance Biosensing Based Target Responsive Mobility Switch of Magnetic Nanoparticles Under Magnetic Fields. *Journal of Material Chemistry*, Vol. 21, hal 5156.

- 7 Liao, C.H., Lee, C.M., Chang, L.B., 1977. Effect of a Metal Film and Prism Dielectric on Properties of Surface Plasmon Resonance on a Multilayer System. *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 36, 1105-1111.