

Pengembangan Microchip Biosensor Optik Pendeteksi Senyawa Biokimia Berbasis Mikrokanal Polimer Hibrid

Nina Siti Aminah^{1,a)}, Nikmatul Husna^{2,b)}, Rahmat Hidayat^{2,c)}, Mitra Djamal^{1,3,d)}, Hendro^{1,e)}

¹Laboratorium Instrumentasi,
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Laboratorium Fotonik,
Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

³Program Studi Fisika Institut Teknologi Sumatera,
Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan 35365

^{a)} nina@fi.itb.ac.id (corresponding author)

^{b)} nikmatulh@gmail.com

^{c)} rahmat@fi.itb.ac.id

^{d)} mitra@fi.itb.ac.id

^{e)} hendro@fi.itb.ac.id

Abstrak

Biosensor optik menunjukkan potensi untuk deteksi cepat dan sensitif kontaminan kimia dan biologi di lingkungan. Untuk menghasilkan fenomena SPR, lapisan logam yang sangat tipis dideposisikan di atas permukaan prisma sehingga terjadi resonansi osilasi antara gelombang cahaya datang dengan elektron-elektron bebas pada logam menghasilkan gelombang plasmon pada bidang batas logam/dielektrik. Namun, pada riset ini mikrokanal yang dibuat dari polimer hibrid akan menggantikan prisma. Hal ini dilakukan agar mendapatkan sebuah sistem SPR portable dengan biaya murah. Penelitian ini menitikberatkan pada fabrikasi mikrokanal polimer hibrid. Polimer hibrid terbuat dari TMSPMA dan difabrikasi dengan metode sol gel dan fotopolimerisasi. Pola mikrokanal yang terbentuk dilapisi dengan metal dan bahan dielektrik lain agar dapat menghasilkan fenomena surface plasmon. Jika sampel antigen yang diletakkan di atas lapisan dielektrik berikatan dengan antibodi, maka sinyal output yang dihasilkan akan menghasilkan pergeseran dip. Sejauh ini solusi yang sudah ditemukan adalah pembuatan mikrokanal polimer hibrid dengan metode sol gel dan fotopolimerisasi.

Kata-kata kunci: Mikrokanal, Polimer hibrid, Biosensor

PENDAHULUAN

Polimer adalah molekul besar yang dibangun oleh banyak struktur unit kecil yang disebut dengan monomer. Monomer-monomer yang bersangkutan terikat secara kovalen. Bahan polimer telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang. Dalam bidang optik dan fotonik, bahan polimer telah dikembangkan untuk aplikasi pandu gelombang dan piranti optik. Contoh aplikasi polimer dalam bidang optik dan fotonik

adalah: penggunaan PMMA (polymethyl methacrylate) untuk serat optik, PANI (polianilin) dan PPV (poliphenilen vinilen) untuk sel surya organik serta OLED (Organik Light Emitting Diode).

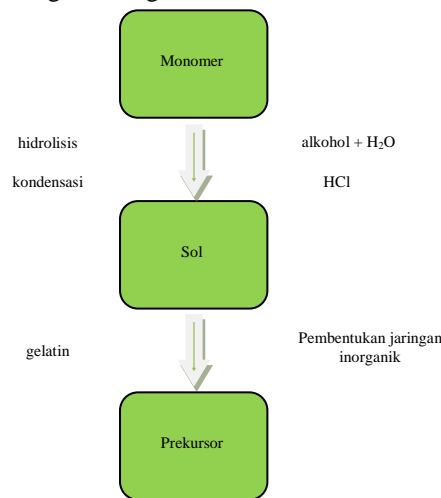
Polimer diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria. Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan menjadi biopolimer, polimer organik, dan polimer anorganik. Ketiga polimer tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing[5].

Polimer hibrid merupakan bahan yang mengandung unsur organik dan anorganik dalam satu molekul. Bahan ini memiliki sifat unggul bahan organik dan anorganik. Bahan organik memiliki keunggulan dalam fabrikasinya karena dapat dilakukan pada suhu ruang dan dengan menggunakan teknologi dengan harga yang murah. Namun bahan organik memiliki kelemahan dalam hal kekuatan mekanik dan kestabilan termal. Sebaliknya bahan anorganik memiliki keunggulan dalam kekuatan mekanik dan kestabilan termal tetapi proses fabrikasinya cukup sulit dan mahal. Kombinasi kedua bahan tersebut akan dapat menciptakan karakteristik baru yang unik sehingga sangat menguntungkan jika diaplikasikan.

Piranti yang berbasis polimer hibrid dapat diproduksi dengan harga murah karena bisa diproduksi dengan teknik spin casting yang nilai ekonominya jauh lebih murah dibandingkan dengan teknologi vakum yang mahal. Selain itu, piranti yang berbasis polimer hibrid dapat bertahan lebih lama karena terdapat gugus anorganik yang memiliki keunggulan dalam stabilitas termal, resistensi terhadap senyawa kimia, dan ketahanan terhadap pengaruh cuaca. Karakteristik polimer hibrid bergantung pada modifikasi sifat dan struktur yang dilakukan. Modifikasi sifat dan struktur dilakukan dengan memvariasikan doping atau bahan penambah[2].

METODOLOGI

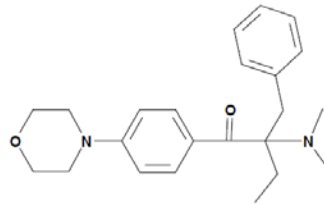
Pembuatan prekursor polimer hibrid diawali dengan memasukkan etanol ke dalam *beaker glass*. Etanol dalam *beaker glass* digunakan untuk melarutkan monomer dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah tercampur menjadi satu fase, larutan monomer dalam etanol ditambahkan akuades sedikit demi sedikit. Setelah akuades bereaksi dengan larutan monomer dalam etanol, ditambahkan katalis HCl. Campuran tersebut diaduk dengan menggunakan suhu 50°C selama kurang lebih 72 jam. Proses pembuatan prekursor polimer hibrid selesai jika sudah terbentuk gel bening.



Gambar 1. Skema pembuatan prekursor polimer hibrid dengan metode sol-gel[2]

Pembuatan film tipis terdiri atas tiga tahap yaitu pembersihan substrat, pembuatan larutan prekursor dan deposisi film. Pembersihan substrat dilakukan untuk menghilangkan kotoran pada substrat seperti lemak, debu, bercak air, dan kotoran lainnya. Pembersihan substrat dilakukan dengan *polishing cleanser* (Bon Ami) kemudian dibilas dengan menggunakan air. Tetraethyl Orthosilicate (TEOS) kemudian dideposisikan pada substrat yang telah dibersihkan menggunakan metode *spin coating* dengan kecepatan 1000 rpm sebanyak lima lapisan.

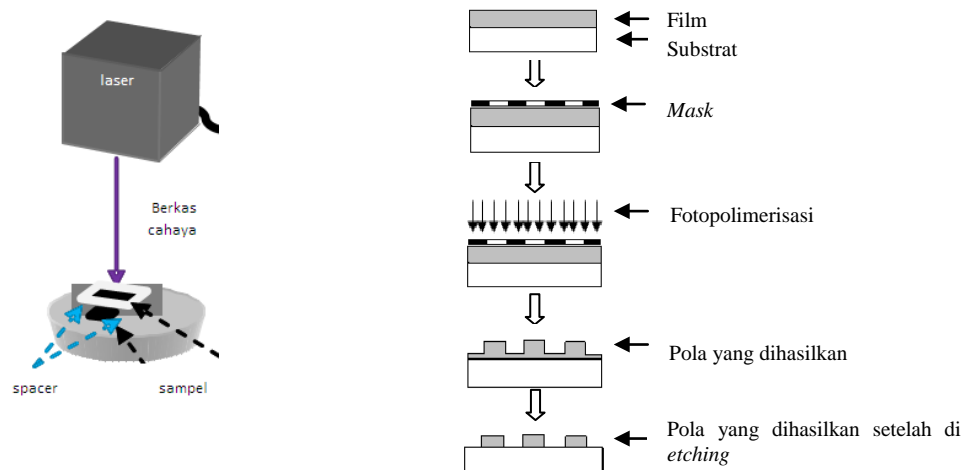
Pembuatan larutan prekursor dilakukan dengan melarutkan fotoinisiator, Irgacure-369 (Ciba Speciality Chemical Inc), pada kloroform. Irgacure-369 yang dimasukkan ke dalam kloroform adalah 1% berat prekursor polimer hibrid. Fotoinisiator sangat sensitif terhadap cahaya, maka pelarutan inisiator dalam kloroform harus dihindarkan dari cahaya luar secara langsung dengan cara menutup botol tempat pelarutan fotoinisiator dengan aluminium foil. Dengan demikian diharapkan tidak terjadi fotopolimerisasi yang tidak diinginkan.



Gambar 2. Struktur kimia Irgacure-369 (Aldrich)[12]

Deposisi film dilakukan dengan menggunakan teknik *spin coating*. Larutan prekursor dan fotoinisiator dalam kloroform diteteskan di atas permukaan substrat yang telah dibersihkan. Setelah semua permukaan substrat bersih penuh dengan larutan prekursor polimer hibrid dan fotoinisiator, dilakukan *spin coating* dengan kecepatan 3000 rpm selama 2 menit. Dengan teknik *spin coating* ini dihasilkan lapisan film tipis yang merata. Untuk menghilangkan pelarut yang masih tersisa pada lapisan tipis, dilakukan *pre-bake* selama 5 menit pada suhu 70°C. Proses *pre-bake* dilakukan pada cawan petri yang sudah dilapisi aluminium foil agar tidak terjadi fotopolimerisasi yang tidak diinginkan.

Fotopolimerisasi dilakukan pada ruang gelap agar tidak terjadi fotopolimerisasi yang tidak diinginkan. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser dengan panjang gelombang 405 nm.



Gambar 3. Set-up alat untuk fotopolimerisasi

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3, sampel diletakkan di antara spacer untuk mencegah kontak langsung antara mask dengan sampel yang masih basah. Untuk menghasilkan pola mikrokanal yang tidak putus-putus, diperlukan waktu fotopolimerisasi selama 5 menit.[2]

Pola mikrokanal yang terbentuk tidak akan langsung terlihat sebelum dilakukan *etching* dengan menggunakan kloroform. Setelah *etching* selesai dilakukan, film tipis yang mengalami fotopolimerisasi akan membentuk pola sesuai dengan pola mask yang diletakkan di atasnya. Bagian yang tidak mengalami fotopolimerisasi akan larut dalam kloroform sehingga yang tersisa hanya pola yang diinginkan[2].

HASIL

Hasil prekursor polimer hibrid berupa gel yang kental dan bening. Morfologi mikrokanal yang dihasilkan diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran lima kali.

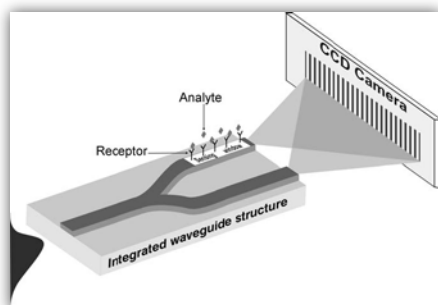


Gambar 4. Hasil eksperimen pola mikrokanal dengan perbesaran lima kali

RENCANA

Tahap selanjutnya adalah melapisi pola mikrokanal yang terbentuk dengan logam. Proses melapisi substrat dengan logam (metal) ini disebut dengan metalisasi. Sebelum melakukan metalisasi, substrat yang sudah tercetak pola mikrokanal dibersihkan dengan pelarut aseton dan etanol. Selanjutnya substrat dicelupkan ke dalam larutan piranha (H_2SO_4/H_2O_2) kemudian dibilas dengan air. Sampel yang telah dibilasi disinari dengan ultrasonik selama lima menit kemudian dikeringkan dengan menggunakan gas nitrogen. Permukaan mikrokanal yang telah dibersihkan kemudian dievaporasi dengan lapisan titanium setebal 1-5 nm pada keadaan vakum. Setelah evaporasi berhasil dilakukan, tahap selanjutnya adalah membuat lapisan tipis emas setebal 50 nm.[12] Di atas lapisan emas, dialirkan air dan ditambahkan antibodi.

Karakterisasi akan dilakukan dengan melewati berkas cahaya melewati mikrokanal berbentuk Y, melewati lengan referensi dan lengan sensor. Kedua berkas cahaya akan terkopel pada ujung piranti dan dideteksi oleh detektor. Ketika terjadi adsorpsi biomolekul pada lengan sensor, pola interferensi akan bergeser.



Gambar 5. Set-up karakterisasi sensor[7] dan mikrokanal berbentuk Y

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada *Centre of Advanced Science* atas dukungan finansialnya pada penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Dr. Herman atas dikusinya yang bermanfaat.

REFERENSI

1. Kickelbick, Guido. 2007. *Hybrid Materials, Synthesis, Characterization, and Application*. Weinheim :Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

2. Pitriana, Pina. 2011. *Preparasi Polimer Hibrid dengan Metode Sol Gel dan Penerapannya untuk Komponen Mikro-Optik*. Bandung : Tesis ITB.
3. Hidayat, Rahmat, dkk. 2011. *Siloxane based Hybrid Polymer for Application as Grating Coupled Surface Plasmon Resonance Elements*. ICPAP 2011.
4. Mozaz, S. Rodriguez, et al. 2003. *Simultaneous multi-analyte determination of estrone, isoproturon and atrazine in natural waters by the River ANALyser (RIANA) an optical immunosensor*. Science Direct. Biosensor and Bioelectronics 19 (2004) 633-640.
5. Hidayat, Sahrul. 2009. *Prinsip Dasar Laser Polimer Hibrid*. Bandung : Unpad Press.
6. Merhari, Lhadi. 2009. *Hybrid Nanocomposites for Nanotechnology. Electronic, Optical, Magnetic and Biomedical Application*. France : Springer.
7. Lechuga, Laura M. 2005. *Comprehensive Analytical Chemistry XLIV*. Elsevier B.V.
8. Jiang, Xuesong, et al. 2008. *Immunosensor for detection of pesticide residues*. Science Direct. Biosensor and Bioelectronics (2008) 1577-1587.
9. Ostuni, Emanuele, et al. *The interaction of proteins and cells with self-assembled monolayers of alkanethiolates on gold and silver*. Elsevier. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 15 (1999) 3-30.
10. Mauriz, E. 2006. *Real-time detection of chloropyrifos at part per trillion levels in ground, surface and drinking water samples by a portable surface plasmon resonance immunosensor*. Science Direct. Analytica Chimica Acta 561 (2006) 40-47.
11. _____. 3-(Trimethoxyl) propyl methacrylate. www.sigmaaldrich.com
12. _____. Irgacure-819 (Bis(2,4,6-trimethylbenzoyl)-phenylphosphineoxide). www.sigmaaldrich.com
13. Kanger, Johannes S, et al. 2009. *Advanced Photonic Structures for Biological and Chemical Detection, Integrated Analytical Sensor*. Springer. hlm. 265-266
14. Hermannsson, Pétur Gordon. 2009. *Simulations of long-range surface Plasmon polariton waveguides and devices*. Thesis. Faculty of Physical Sciences University of Iceland
15. Sidorenko, Sergei, dan Olivier J.F. Martin. 2007. *Resonant tunneling of surface plasmon-polaritons*. Optical Society of America
16. _____. (Fourth Lecture) Techno Forum on Micro-Optics and Nano-Optics Technologies. *Surface-plasmon waveguides for biosensor applications*
17. Burke, J.J. et al. *Surface-polariton-like waves guided by thin, lossy metal films*. 1986. Physical Review B Volume 33 Number 8
18. www.ni.com. 2011. *Fundamentals of FBG Optical Sensing*. National Instrument.
19. Homola, Jiri. 2007. *Surface Plasmon Resonance Sensors for Detection of Chemical and Biological Species*. Chem. Rev. 2008. 108, 462-493.