

Aplikasi Sensor Pergeseran Serat Optik untuk Mengukur Lapisan Tipis Hidroksiapatit

Siska Ariani Wahyuning Astuti, Moh. Yasin, Pujianto

Program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, FST Universitas Airlangga,
Surabaya 60115

Email : s622unair@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk membuktikan bahwa sensor pergeseran serat optik dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi lapisan tipis Hidroksiapatit. Penelitian ini menggunakan serat optik bundel 16 *receiver*, laser He-Ne merah $\lambda = 633$ nm, *mechanical chopper*, detektor optik *Silicone Photodetector 883SL* (Newport) dan *Lock-in amplifier*. Sampel dalam penelitian ini adalah lapisan tipis Hidroksiapatit dengan substrat logam *Stainless steel 316 LC* pada konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Data yang diambil adalah tegangan keluaran terhadap pergeseran setiap 50 μm pada rentang 0-5000 μm , sehingga dihasilkan tegangan puncak pada masing-masing sampel. Hasil dari penelitian ini pada sampel konsentrasi 0%-15% menunjukkan hubungan yang linear dengan linearitas $R^2 = 0.991$ dan $R = 0.995$, sensitivitas (S) 0.009 mV//% dan resolusi (R) 3%. Besarnya kesalahan pengukuran dalam penelitian ini sebesar 3.78% dan stabilitas sistem sensor 0.027 mV. Rentang pergeseran untuk memperoleh tegangan puncak yaitu pada rentang 0-1250 μm .

Kata kunci : *Sensor pergeseran, serat optik bundel, konsentrasi lapisan tipis, Hidroxipatit*

Pendahuluan

Hidroksiapatit adalah biomaterial yang digunakan dalam bidang medis untuk reparasi dan regenerasi jaringan dan organ tubuh manusia, dalam aplikasinya digunakan dalam bahan tambal gigi, bahan tulang tiruan, bedah gigi dan mulut (*maxilofacial*) dan pada ortopedi yaitu TKR (*Total Knee Replacement*) dan THR (*Total Hip Replacement*). Hidroksiapatit merupakan bahan implant nonsemen. Dalam penggunaannya Hidroksiapatit sering dipadukan dengan logam diantaranya yaitu *Stainless Steel 316 LC* dan Titanium. Pelapisan Hidroksiapatit pada substrat bertujuan untuk melekatkan jaringan asli dengan implan.

Metode pembuatan lapisan Hidroksiapatit di atas substrat yang sederhana sekaligus paling sering digunakan yaitu dengan *Furnace* dan *Freeze Drying*, keduanya menggunakan Hidroksiapatit dalam bentuk larutan. Konsentrasi Hidroksiapatit sangat berpengaruh terhadap ketebalan bahan implan yang dihasilkan. Kedua proses tersebut menghasilkan Hidroksiapatit dalam fase padat. Sehingga dengan konsentrasi lebih rendah maka akan dihasilkan ketebalan yang tipis, sebaliknya untuk konsentrasi yang tinggi maka akan dihasilkan lapisan Hidroksiapatit yang lebih tebal. Berdasarkan uraian tersebut maka dibutuhkan alat kontrol yang dapat digunakan sebagai alat kontrol konsentrasi maupun ketebalan lapisan tipis Hidroksiapatit.

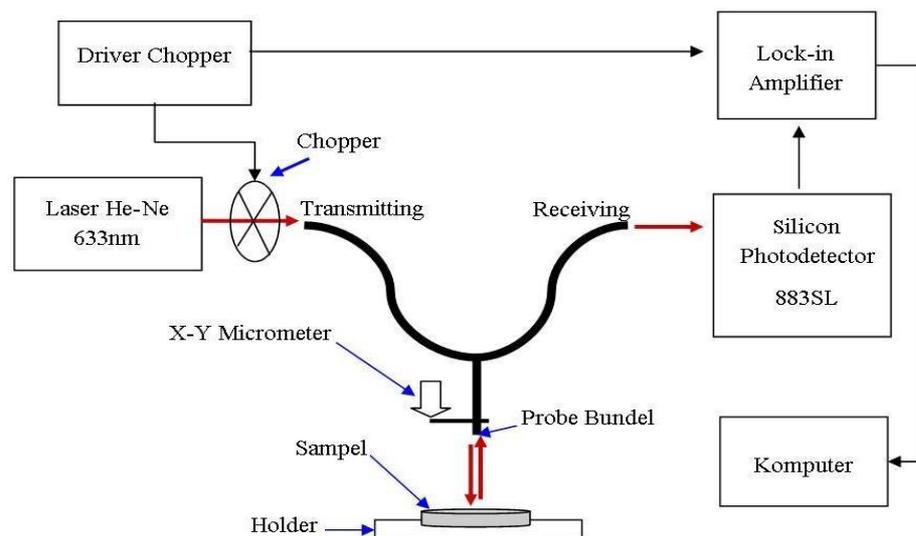
Saat ini belum tersedia sistem sensor yang dapat mengukur dengan akurat tanpa kontak dengan bahan. Sedangkan kontak antara sistem sensor dengan bahan berpotensi merusak material sebagai bahan implan. Sistem sensor non kontak berbasis gelombang elektromagnetik yaitu *Thickness Gauge* rentan terhadap gangguan medan listrik dan medan magnet sehingga kurang akurat. Oleh karena itu pada penelitian ini ditawarkan pengukuran menggunakan metode optik dengan berbagai kelebihan diantaranya tidak ada kontak antara sistem sensor dengan bahan, sistem alat sederhana dan bersifat stabil terhadap gangguan gelombang elektromagnetik maupun medan magnet.

Dalam sistem sensor serat optik berbasis modulasi intensitas, pengukuran parameter sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan. Penelitian Yasin *et al*, 2012 merupakan inovasi dalam pengukuran material dengan ketebalan orde

mikrometer untuk material dengan karakteristik transparan. Oleh karena itu maka dilakukan penelitian lebih lanjut untuk material dengan karakteristik semi transparan khususnya Hidroksiapatit.

Metode Penelitian

Alat-alat yang disiapkan adalah Laser He-Ne merah, detektor optik *Silicon Photodetector 883SL(Newport)*, Fiber bundel 16 Receiver, *Mechanical Chopper*, driver chopper, mikrometer translasi, *Lock-in Amplifier*, komputer dan alat pendukung lainnya. Alat dirangkai menjadi setup penelitian dengan skema pada Gambar 1.



Gambar 1. Set up sensor pengukur konsentrasi lapisan tipis Hidroksiapatit.

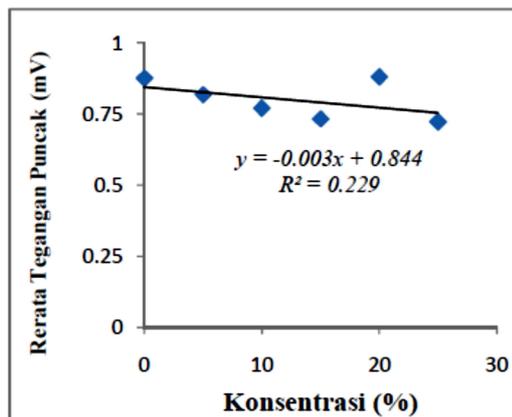
Hasil data adalah berupa tegangan keluaran terhadap pergeseran setiap 50 μm , pada rentang 0 mm-5 mm. Sampel berupa lapisan Hidroksiapatit diatas substrat Stainless steel 316 LC yang dilarutkan dalam etanol dengan konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% yang dibuat dengan metode *Dip Coating*. Data hasil pengukuran berupa tegangan keluaran terhadap pergeseran grafik akan dihasilkan *front slope*, *peak* dan *back slope*. Analisis dilakukan pada tegangan puncak dan dilakukan sebanyak lima kali dengan pergeseran posisi 100 μm , sehingga diperoleh tegangan puncak rerata. Aspek yang dianalisis dalam penelitian ini diantaranya sensitivitas, linearitas dan stabilitas sistem sensor.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil data dalam penelitian ini adalah berupa tegangan puncak dari setiap konsentrasi sampel. Tegangan puncak setiap sampel dan rerata disajikan pada tabel berikut :

Tabel 1. Tabel tegangan puncak rerata terhadap konsentrasi.

Konsentrasi (%)	V _p rerata (mV)
0	0.876
5	0.818
10	0.77
15	0.732
20	0.88
25	0.722

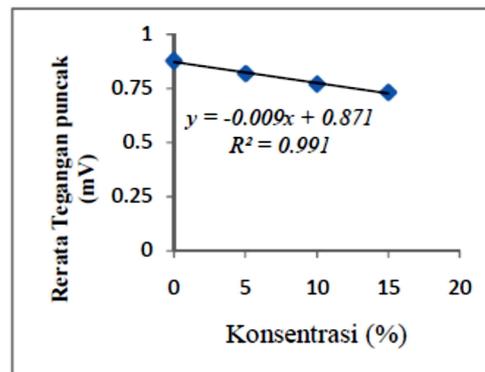


Gambar 2. Grafik hubungan antara tegangan puncak rerata (V_p rerata) terhadap konsentrasi lapisan tipis Hidroksiapatit (C).

Berdasarkan tabel dan grafik hasil data penelitian secara keseluruhan, hubungan antara tegangan puncak dengan konsentrasi lapisan tipis linearitasnya sangat rendah, yaitu $R^2 = 0.229$. Oleh karena itu perlu dilakukan *fitting data* dengan analisis data sampel pada konsentrasi 0% sampai 15%, sehingga dihasilkan tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 2. Tegangan puncak rerata pada konsentrasi 0%- 15%

Konsentrasi	V_p rerata (mV)
0	0.876
5	0.818
10	0.77
15	0.732



Gambar 3. Hubungan antara tegangan puncak terhadap konsentrasi lapisan tipis Hidroksiapatit 0 %-15%.

Berdasarkan grafik yang dihasilkan, besarnya tegangan puncak memiliki korelasi berbanding terbalik dengan konsentrasi. Penelitian ini menghasilkan tegangan keluaran puncak yang berbeda-beda pada setiap variasi konsentrasi lapisan Hidroksiapatit. Perbedaan tegangan keluaran ini terjadi karena semakin tebal lapisan Hidroksiapatit maka berkas cahaya yang diterima oleh probe *receiver* semakin kecil secara linear.

Semakin besar ketebalan bahan d maka intensitas yang terpantul dari permukaan bahan semakin kecil. Besaran intensitas berkas yang dipantulkan diubah menjadi besaran sinyal listrik oleh detektor sebagai tegangan keluaran. Maka semakin tebal d tegangan keluaran yang dicatat oleh detektor akan semakin kecil. Ketebalan bahan sebanding dengan konsentrasi serbuk Hidroksiapatit yang dilarutkan ketika membuat sampel. Lapisan Hidroksiapatit yang lebih tebal dihasilkan dari konsentrasi Hidroksiapatit yang lebih pekat.

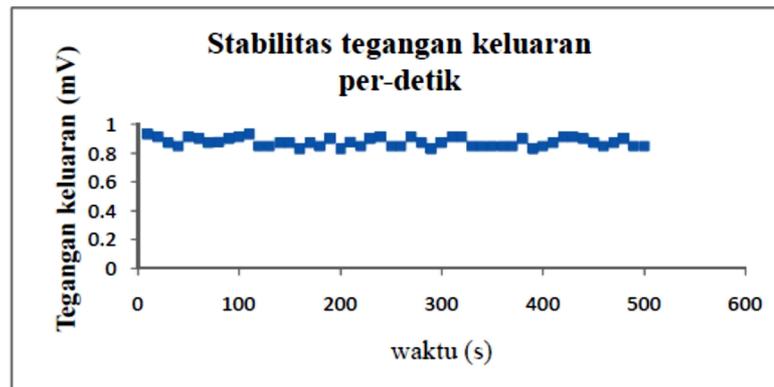
Kinerja sensor serat optik pergeseran secara umum dinyatakan ke dalam tiga besaran yakni linearitas, sensitivitas dan resolusi. Berdasarkan hasil tersebut,

sistem sensor dapat digunakan untuk estimasi konsentrasi lapisan tipis Hidroksiapatit dengan *Stainless Steel 316 LC* pada konsentrasi 0 % sampai dengan 15 %. Linearitasnya cukup tinggi yaitu dengan koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0.991$ dan koefisien korelasi $R = 0.995$ sehingga sistem sensor cukup layak untuk digunakan.

Berdasarkan grafik hubungan antara tegangan puncak (V_p) terhadap Konsentrasi (C) diperoleh persamaan regresi linear $y = -0.009x + 0.871$. Sehingga nilai sensitivitas sistem sensor pada persamaan regresi linear ditunjukkan pada nilai koefisien x yaitu $S = 0.009 \text{ mV/\%}$, sedangkan tanda negatif berarti grafik mengalami penurunan. Grafik yang mengalami penurunan tersebut berarti hubungan antara Tegangan Puncak rerata (V_p) sebanding dan menurun dengan Konsentrasi (C) lapisan tipis Hidroksiapatit yang diukur. Sehingga pada setiap persen perubahan konsentrasi sampel, sistem sensor mampu memberikan respon berupa menurunnya tegangan puncak keluaran sebesar 0.009 mV .

Dalam hal ini stabilitas sistem sensor sangat berperan penting karena perubahan tegangan puncak keluaran fluktuasinya tidak boleh terlalu besar. Fluktuasi tegangan pada sistem sensor dapat diamati pada besarnya standart deviasi dari tegangan keluaran terhadap waktu. Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data 50 kali dengan jeda waktu pengambilan tegangan keluaran selama 10 detik. Dari lima sampel yang digunakan menghasilkan standart deviasi rata-rata 0.027 mV . Sehingga dari segi stabilitas sistem sensor besarnya fluktuasi tegangan keluaran maksimal adalah sekitar 0.027 mV . Besarnya error maksimum sistem sensor adalah 3.74 %. Sehingga sistem sensor dianggap baik dan masih layak digunakan sebagai alat deteksi karena error masih berada pada rentang kurang dari 5 %.

Stabilitas sistem sensor diperoleh dari hubungan tegangan keluaran yang ditangkap oleh detektor terhadap waktu. Grafik stabilitas sistem sensor disajikan dalam grafik 5 berikut:



Gambar 5. Grafik perubahan tegangan keluaran terhadap waktu.

Resolusi adalah besarnya skala terkecil yang dapat dideteksi oleh sistem sensor. Pada penelitian ini resolusi sistem sensor adalah sebesar 3%. Artinya skala sumbu- x terkecil yang dapat berubahannya dapat terdeteksi oleh sistem sensor adalah sebesar 3%. Daerah optimum yaitu rentang pergeseran sebagai jarak sampel terhadap probe fiber bundel untuk mencapai tegangan puncak diperoleh sebagai posisi x mikrometer pada saat tegangan puncak. Daerah optimum pada sistem sensor ini berkisar pada posisi 0-1250 μm .

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dan pembahasan maka dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem sensor pergeseran serat optik dapat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi lapisan tipis Hidroksiapatit pada substrat *Stainless Steel 316 LC* pada rentang 0 % sampai 15 %. Hubungan tegangan puncak terhadap konsentrasi lapisan tipis adalah berbanding lurus dan menurun.
2. Kinerja sistem sensor yang diperoleh cukup baik yaitu : Linearitas $R = 0.995$, Sensitivitas (S) = 0.009 mV/% dan Resolusi 3 %.

Daftar Pustaka

- D. Satiskumar, G. Gobi, B. Renganathan. 2010. *Determination of the Thickness of a Transparent Plate Using a Reflective Fiber Optic Displacement Sensor*. Optics & Laser Technology 42: 911-917, Elsevier.

- Hijon, N. Cabanas *et al.* 2006. *Dip Coated Silicon Substituted Hidroxyapatite Film*, *Acta Biomaterialia* 2: 567-574
- H. Ahmad, M. Yasin, Thambiratnam, S.W Harun. 2012. *Fiber Optic Displacement sensor for Micro-Thickness Measurement*. *Sensor Review*, Vol.32 Iss: 3 pp. 8-8, Universiti Malaya.
- H. Suzuki, *et al.* 2008. *Effects of Gold Film Thickness on Spectrum Profile and Sensitivity of A Multimode-Optical-Fiber SPR Sensor*. *Sensors and Actuators B* 132: 26-33, Elsevier.
- M. Yasin, S.W Harun, Hamzah Arof. 2012. *Fiber Optic Sensors*. ISBN 978- 953-307-922-6, InTech.
- M. Yasin, S.W Harun, H.A Abdul Rashid, Kusminarto, Karyono, H. Ahmad. 2008. *The Performance of a Fiber Optic Displacement Sensor for Different Types and Probes and Targets*. *Laser Phys. Lett* 5. 55-58.
- Samuel. 2008. *The Deposition, Characterization and Biocompatibility of Hidroxyapatite Thin Film Coating for Orthopedic Applications*. Thesis Submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy.
- Silfvast T, William. 2004. 2nd Edition. *Laser Fundamentals*. Cambridge University Press.
- S.C.M Yu, C.P Tso. 1995. *Simulation of Fiber Optic Sensors in Determination of Thin Liquid Film Thickness*. Elsevier.
- Yasin, Moh. 2005. *Pengembangan Sistem Sensor Mikro Pergeseran dengan Menggunakan Serat Optik dan Detektor CCD*. LPPM Universitas Airlangga, Surabaya.
- Zakharov, N.A. Polunina, I.A. Rakitina, N.M. Solokova, N.P. Kalinnikov, V.T. 2004. *Calcium Hidroxiapatit for Medical Application*. Diterjemahkan dari *Neorganicheskie Materialy*, Vol. 40, No. 6, 2004, pp. 735–743.