

# PENGARUH KETEBALAN LAPISAN *ZINC PHTHALOCYCNINE* (ZnPc) DI ATAS PERMUKAAN POLISTIREN/QCM TERHADAP SIFAT VISKOELASTIS BERDASARKAN NILAI IMPEDANSI

Sukma Wahyu Fitriani<sup>1</sup>, Masrurroh<sup>1</sup>, Setyawan P. Sakti<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya  
 Email: sukma.wahyufian@gmail.com

## Abstrak

Pelapisan *Zinc Phthalocynine* (ZnPc) dilakukan untuk meningkatkan performa *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) sebagai biosensor. Deposisi lapisan ZnPc dilakukan menggunakan evaporator dengan variasi waktu deposisi 1 menit, 3 menit, 5 menit, 7 menit, dan 9 menit. Ketebalan lapisan ZnPc dihitung menggunakan modifikasi persamaan Saurbrey dan didapatkan hasil antara 0,103  $\mu\text{m}$  - 0,502  $\mu\text{m}$ . Uji sifat viskoelastis dilakukan menggunakan *impedance analyzer* hasil nilai impedansinya sebesar 15,7  $\Omega$  - 66,7  $\Omega$ . Ketebalan berpengaruh terhadap nilai impedansi. Semakin tebal lapisan, maka nilai impedansi semakin besar. Pelapisan ZnPc di atas permukaan QCM menyebabkan energi disipasi osilasi QCM semakin besar sehingga nilai impedansi yang terukur semakin besar seiring semakin tebalnya lapisan. Nilai impedansi yang kecil bersesuaian dengan sifat lapisan yang kaku dan nilai impedansi yang besar bersesuaian dengan sifat elastis. Semakin tebal lapisan ZnPc yang terdeposisi akan memberikan efek redaman yang besar pada QCM.

Kata kunci : QCM, ZnPc, ketebalan, impedansi, viskoelastis

## Pendahuluan

*Quartz Crystal Microbalance* (QCM) adalah salah satu jenis biosensor yang berbasis immunosensor. Dalam aplikasinya sebagai biosensor, permukaan QCM harus dilapisi terlebih dahulu untuk meningkatkan performanya. Dibutuhkan bahan yang dapat berikatan kimia dengan protein untuk melapisi permukaan QCM. Bahan tersebut adalah *Zinc Phthalocyanine* (ZnPc) yang bersifat lipofilik sehingga mampu berikatan dengan protein [1]. Lapisan yang terdeposisi di atas permukaan QCM dapat meredam osilasi dari QCM jika pembebanan terlalu besar. Sehingga sifat viskoelastis dari lapisan perlu diperhatikan. Agar QCM yang sudah dilapisi tetap bergetar ketika permukaannya bersentuhan dengan senyawa biologi maka lapisan harus bersifat tidak memberi beban pada QCM. Sifat viskoelastis lapisan salah satunya dipengaruhi oleh beban statis. Pengukuran impedansi dapat memberikan informasi mengenai beban pada QCM. Ketebalan lapisan berpengaruh terhadap nilai impedansi.

*Quartz Crystal Microbalance* merupakan sensor massa yang sangat sensitif, bekerja berdasarkan prinsip piezoelektrik. QCM terbuat dari bahan kristal silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) [2]. Terdapat sebuah persamaan yang membangun hubungan liner antara frekuensi resonansi dan kenaikan massa yang disebut sebagai persamaan Sauerbrey. Persamaannya sebagai berikut

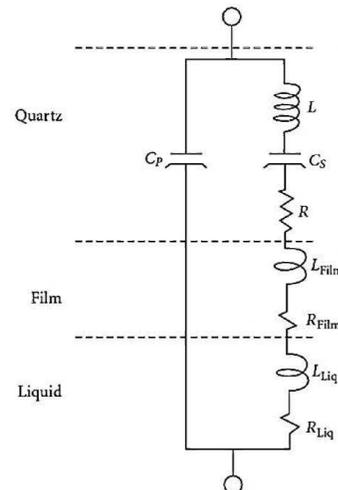
$$\Delta f = -\frac{2}{\sqrt{\mu\rho}} f_0^2 \times \frac{\Delta M}{A}$$

dimana  $\Delta f$  adalah beda frekuensi,  $f_0$  adalah frekuensi awal QCM,  $\mu$  adalah modulus geser kuarsa ( $2,947 \times 10^{11} \text{ g/cm} \cdot \text{s}^2$ ),  $\rho$  adalah densitas kristal ( $2,648 \text{ g/cm}^3$ ),  $A$  adalah luas permukaan QCM dan  $\Delta M$  adalah kenaikan massa [3]. Perhitungan ketebalan lapisan dilakukan dengan menurunkan persamaan Sauerbrey, dengan mensubstitusikan  $\rho_a = \frac{\Delta m}{V}$  dan  $V = A \cdot \Delta h$ , maka persamaan Sauerbrey menjadi

$$\Delta h = -\frac{\Delta f \sqrt{\rho_q \mu_q}}{2 f_0^2 \rho_a}$$

dimana  $\rho_a$  merupakan densitas dari material yang terdeposisi dan  $\Delta h$  ketebalan lapisan yang terdeposisi.

Parameter-parameter yang terdapat pada impedansi QCM ditunjukkan dengan sirkuit *Butterworth-Van Dyke* (BVD) [4]. Bentuk sirkuit tersebut dapat dimodifikasi untuk QCM yang terbebani oleh lapisan dan cairan (gambar 1).



Gambar 1 Modifikasi Sirkuit *Butterworth-Van Dyke* (BVD) (Kanazawa dan Cho, 2009)

Impedansi mekanik dari tiap-tiap lapisan untuk analisis satu dimensi dari resonator piezoelektrik dengan beberapa lapisan nonpiezoelektrik di atasnya, dengan masing-masing ketebalan  $d_i$ ; kerapatan  $\rho_i$  dan konstanta penyebaran gelombang  $k_i = j\omega(\rho_i/G_i)^{1/2}$  dengan modulus geser  $G_i = G_i' + jG_i''$  adalah

$$Z_m = \sqrt{\rho G \tanh(kd)}$$

Suatu bahan yang tidak termasuk ke dalam spesifikasi lasis dan viskos, disebut bahan viskoelastis. Beberapa energi yang tersimpan pada sistem viskoelastis akan kembali lagi ketika beban dihilangkan dan energi yang lain akan hilang atau berubah bentuk menjadi panas [5].

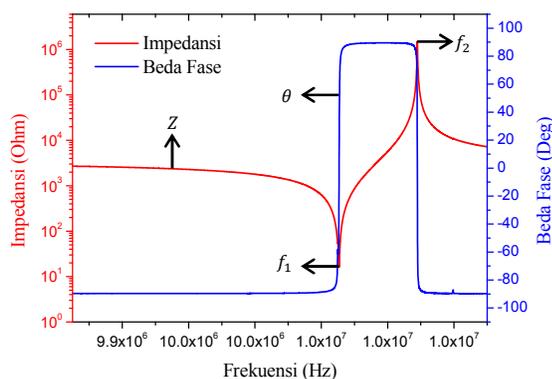
## Metode

Penelitian diawali dengan mengukur frekuensi dan impedansi QCM. Pengukuran frekuensi dilakukan menggunakan *frekuensi counter* dan pengukuran impedansi dilakukan menggunakan *impedance analyzer*. Selanjutnya QCM dilapisi polistiren yang dilarutkan dengan kloroform dengan konsentrasi 3%. Pelapisan QCM dengan polistiren dilakukan menggunakan *spin coater*. Volume larutan polistiren yang digunakan sebesar 50  $\mu\text{L}$  dengan kecepatan putar *spin coater* sebesar 3000 rpm dan waktu deposisi 1 menit. Pelapisan polistiren dilakukan pada kedua sisi QCM agar QCM tidak teroksidasi. QCM yang sudah terlapisi polistiren di oven selama 1 jam pada suhu 100 $^{\circ}\text{C}$ .

Setelah dilapisi polistiren, QCM dilapisi kembali dengan ZnPc. Sebelum dilapisi ZnPc, dilakukan lagi pengukuran frekuensi dan impedansi pada QCM. Deposisi ZnPc dilakukan menggunakan evaporator. Parameter-parameter yang digunakan selama proses deposisi yaitu, tegangan yang digunakan sebesar 1 volt, proses vakum selama 1 jam dan waktu deposisi yang bervariasi. Variasi waktu deposisi yang digunakan adalah 1 menit, 3 menit, 5 menit, 7 menit, dan 9 menit. Banyaknya ZnPc yang digunakan adalah 0,005 gr. Ps/QCM yang sudah terlapisi ZnPc di oven selama 1 jam pada suhu 250 $^{\circ}\text{C}$ . Setelah Ps/QCM dilapisi ZnPc dilakukan pengukuran frekuensi dan impedansi lagi.

## Hasil dan Pembahasan

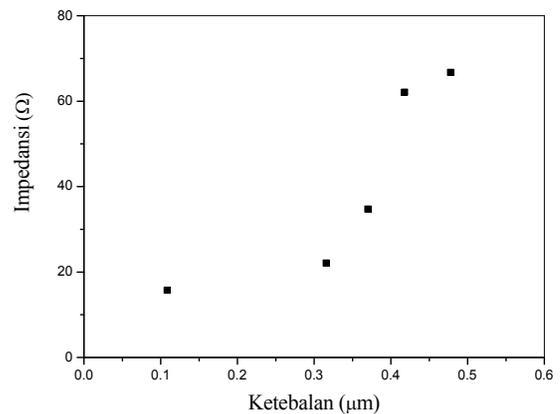
Pengukuran impedansi dilakukan pada QCM sebelum dilapisi, sesudah dilapisi polistiren dan sesudah dilapisi ZnPc dengan lima ketebalan lapisan ZnPc yang berbeda. Nilai impedansi dari lapisan di atas permukaan QCM dipengaruhi oleh empat parameter, yaitu kerapatan lapisan  $\rho$ , ketebalan lapisan  $d$ , modulus geser lapisan yang terdiri dari *modulus storage*  $G'$  dan *modulus loss*  $G''$  [6]. Kerapatan dan modulus geser lapisan merupakan properti dari lapisan tersebut, sehingga apabila lapisannya merupakan bahan yang sama maka nilai impedansi hanya bergantung pada ketebalan lapisan.



Gambar 2 Grafik hubungan impedansi dan beda fase terhadap frekuensi

Hasil pengukuran impedansi disajikan dalam grafik hubungan antara frekuensi dengan impedansi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat dua jenis frekuensi resonansi, yaitu frekuensi resonansi seri dan frekuensi resonansi paralel (anti-resonansi). Frekuensi resonansi seri terjadi ketika impedansi minimum sedangkan frekuensi resonansi paralel terjadi ketika impedansi maksimum. Rangkaian  $R L C$  QCM berbentuk seri seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1, sehingga impedansi yang digunakan adalah impedansi ketika terjadi frekuensi resonansi seri (impedansi minimum).



Gambar 3 Grafik hubungan antara ketebalan dan impedansi

Hubungan antara ketebalan lapisan ZnPc dengan impedansi disajikan dalam gambar 3. Gambar 3 memperlihatkan nilai impedansi untuk kelima ketebalan lapisan ZnPc yang berbeda. Hasil pengukuran impedansi menunjukkan bahwa semakin tebal lapisan ZnPc di atas Ps/QCM maka impedansinya semakin besar. Penambahan lapisan di atas lapisan QCM memberikan penambahan komponen induktor  $L$  dan resistor  $R$  pada sirkuit modifikasi *Butterworth-Van Dyke* (gambar 1). Komponen induktor  $L$  menunjukkan komponen inersia osilasi yang berhubungan dengan perubahan massa selama vibrasi. Komponen resistor  $R$  menunjukkan bagian disipasi energi osilasi dari suatu struktur kristal kuarsa serta adanya kontak medium dengan kristal. Lapisan yang memiliki nilai impedansi besar akan memberikan efek redaman yang besar sedangkan lapisan yang memiliki nilai impedansi kecil akan memberikan efek redaman yang kecil.

Lapisan ZnPc dengan ketebalan antara 0,103  $\mu\text{m}$  - 0,327  $\mu\text{m}$  memiliki nilai impedansi yang relatif masih kecil sebesar 15,7  $\Omega$  - 34,7  $\Omega$  yang artinya lapisan tersebut memberikan sedikit efek redaman yang pada QCM, sehingga lapisan ini dapat dikatakan bersifat rigid. Untuk lapisan ZnPc dengan ketebalan antara 0,424  $\mu\text{m}$  - 0,502  $\mu\text{m}$  memiliki nilai impedansi yang cukup besar yaitu berkisar antara 62,1  $\Omega$  - 66,7  $\Omega$  yang berarti lapisan tersebut memberikan efek redaman yang relatif besar pada QCM, sehingga lapisan ini dapat dikatakan bersifat peralihan dari rigid ke elastis. Adanya redaman yang besar akan mengakibatkan osilator QCM gagal berosilasi. Jika gagal QCM berosilasi maka permukaan QCM tidak mampu mengimobil biomolekul. QCM dapat digunakan

sebagai biosensor selama lapisan di atas permukaannya memberikan sedikit redaman atau masih bersifat rigid.

dengan ketebalan lapisan ZnPc yang bersesuaian dengan sifat viskoelastis. Semakin tebal lapisan ZnPc yang terdeposisi akan memberikan efek redaman yang besar pada QCM.

## Simpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai impedansi sebanding

## Daftar Pustaka

- [1] Josesfen, L. B., Boyle L.W. 2012. *Unique Diagnostic and Therapeutic Roles of Porphyrins and Phthalocyanines in Photodynamics Therapy, Imaging and Theranostic*. Theranostics.
- [2] Jaruwongrungrsee, dkk. 2009. *Analysis of Quartz Crystal Microbalance Sensor Array with Flow Chamber*. International Journal of Applied Biomedical Engineering Vol.2, No.2
- [3] Ferreira, Guilherme N.M., Ana-Carina da-Silva and Brigitte Tome. 2009. *Acoustic wave biosensors: physical models and biological applications of quartz crystal microbalance*. IBB-Institute for Biotechnology and Bioengineering, Centre for Molecular and Structural Biomedicine, University of Algarve 8005-149 Faro
- [4] Kanzawa, K. and Nam-Joon Cho. 2009. *Quartz Crystal Microbalance as a Sensor to Characterize Macromolecule Assembly Dynamics*. Journal of Sensors
- [5] Vincent, Julian. 2012. *Structural Biomaterials Third Edition*. Princeton University Press : New Jersey
- [6] Calvo, E. J., R. Etchenique, P. N. Bartlett, K. Singhal, and C. Santamaria. 1997. *Quartz crystal impedance studies at 10 Mhz of viscoelastic liquids and films*. Faraday Discuss, 107, 141-157