Jurnal J-Innovation Vol. 7, No. 2, Desember 2018
ISSN : 2338-2082

SENSITIVITAS SENSOR GAS BERBASIS QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE TERHADAP SENYAWA ORGANIK

Rouhillah[1], Budi Amri[2]
[1] Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Aceh
[2]Teknik Elektronika Industri Politeknik Aceh
Jl. Politeknik Aceh, Pango Raya, Banda Aceh 23119
[1]rouhillah@politeknikaceh.ac.id, [2]budi.amri@gmail.com

ABSTRACT

Sensors that are able to identify the type of gas are needed in the industry. One of them is a Quartz Crystal Microbalance (QCM) sensor which can produce a constant resonance frequency. In this study, we intend to determine the sensitivity of the QCM gas sensors which are coated with different polymers. QCM gas Covered with polymer sensor based QCM aim to increase the sensors ability to absorb molecules on the surface of the QCM sensor. The sensor array coated with different polymer materials will produce different frequency response output patterns for each type of gas identified. The test results showed that the QCM sensor coated with OV 17 polymer material was more sensitive by producing sensitivity of 8.4 Hz /ml alcohol, 9.96 Hz /ml 2-propanol, 35.88 Hz /ml acetone, 39.64 Hz /ml benzene.

Keywords: *sensor array, polymer, sensitivity, QCM sensors.*

ABSTRAK

Sensor yang mampu untuk mengidentifikasi jenis gas sangat dibutuhkan di industri. Salah satunya adalah sensor *Quartz Crystal Microbalance* (*QCM*) yang dapat menghasilkan frekuensi resonansi konstan. Pada penelitian ini bermaksud untuk mengetahui sensitivitas sensor gas QCM yang dilapisi polimer yang berbeda-beda. Sensor gas yang dilapisi polimer berbasis deret QCM bertujuan untuk meningkatkan kemampuan sensor dalam penyerapan molekul pada permukaan sensor QCM. Deret sensor yang dilapisi bahan polimer yang berbeda, akan menghasilkan pola output respon frekuensi yang berbeda-beda untuk setiap jenis gas yang di identifikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor QCM yang dilapisi bahan polimer OV 17 lebih sensitif dengan menghasilkan sensitivitas 8.4 Hz/ml untuk gas alkohol, 9.96 Hz/ml untuk 2-propanol, 35.88 Hz/ml untuk gas aseton, 39.64 Hz/ml untuk gas benzena.

Kata Kunci: deret sensor, polimer, sensitivitas, sensor QCM.

I. PENDAHULUAN

Semakin pesatnya kebutuhan akan sensor, mendorong teknologi sensor banyak diteliti dan berperan penting, seperti halnya digunakan untuk deteksi gas. Teknologi gas sensor menjadi lebih penting karena aplikasi luas dan umum seperti deteksi metana di tambang, hidung elektronik meniru sistem penciuman manusia, deteksi gas polusi dari kendaraan, dan deteksi polusi karbon monoksida.

Hidung elektronik adalah suatu devais yang berfungsi untuk mendeteksi bau maupun berbagai jenis aroma. Penelitian telah dilakukan dalam pengembangan teknologi hidung elektronik menggunakan sensor QCM yang dapat mendeteksi atmosfer yang tercemar yang difokuskan pada nitrotoluene (NT), dinitrotoluene (DNT), trinitrotoluene, toluene dan uap nitromethane [1]. Penelitian lainnya terutama dibidang pengukuran materi gas, hidung elektronik

digunakan untuk sensor uap merkuri dengan memantau stabilitas sensor lebih dari 50 jam [7]. Disamping itu, hidung elektronik digunakan untuk mengamati pergeseran frekuensi eksposur toluena dan selektifitas terhadap senyawa organik seperti CO, NO2, H2S dan xilena. Sensor QCM terlapis Metallo-phthalocyanine sangat sensitif dengan batas deteksi 35 ppm [3].

Sensor QCM menunjukan bahwa pergeseran frekuensi kristal sebanding dengan penambahan massa. Penambahan massa sebagai akibat dari pengendapan molekul ke permukaan kristal yang menyebabkan penurunan frekuensi resonansinya [2]. Pergeseran frekuensi (Δf) yang disebabkan oleh massa yang mengendap dipermukaan kristal kuarsa (Δm), diperoleh Persamaan Sauerbery (1.1),

$$\Delta f = -\frac{2 f_0^2}{A\sqrt{\rho_q . \mu_q}} . \Delta m \qquad (1)$$

dimana, f_o adalah frekuensi resonansi dasar kristal kuarsa (Hz), A adalah luasan permukaan kristal kuarsa (cm^2), p_q adalah densitas kristal QCM (2,684 g/cm^3), μ_q adalah modulus kristal (2,947 x 1011 g/cm), Δm adalah perubahan massa, akibat massa yang mengendap dipermukaan.

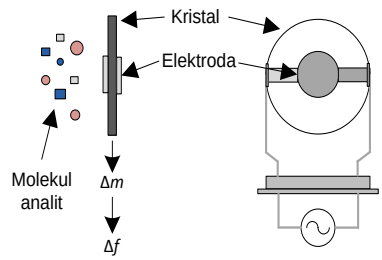
Dari tinjauan Barthet, Sabri, dan Kumar, pengukuran dilakukan dengan satu buah sensor QCM. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dirancang suatu deret sensor gas yang mampu mengenali berbagai jenis senyawa organik dengan menggunakan sensor QCM dan *neural network*. Hal ini dilakukan untuk mempelajari selektivitas dari sensor QCM dalam penerapan pengenalan jenis-jenis senyawa organik.

II. METODE PENELITIAN

1. Sensor QCM

Sensor QCM merupakan perangkat sensor akustik yang didasarkan pada pergeseran mendasar frekuensi osilasi yang dipengaruhi dengan adsorpsi/penyerapan molekul dari fase gas; Suroglu, *et al* (2009). Penggunaan kristal kuarsa sebagai sensor QCM yang dilakukan oleh Sauerbrey pada tahun 1959 menunjukkan bahwa pergeseran frekuensi pada sebuah resonator kristal kuarsa sebanding dengan penambahan massa pada permukaannya. Gambar 1 merupakan ilustrasi dari prinsip kerja sensor QCM.

Perubahan massa satu nanogram menghasilkan perubahan frekuensi sekitar 1 Hz. Dengan demikian perubahan kecil dalam massa dapat diukur dengan menggunakan QCM dilapisi dengan membran pengenalan jenis molekul [4]. Penggunaan deret sensor berpolimer yang mempunyai nilai kepolaran berbeda dikombinasikan dengan bahan konduksi maupun semikonduksi untuk meniru sistem penciuman. Polimer tersebut berperan sebagai bahan aktif yang dapat meningkatkan penyerapan uap sampel akibat dari kepolaran molekulnya [5]. Selain itu, meningkatkan sensitivitas dan selektifitas sensor QCM dengan cara mengambil frekuensi harmonisa dari frekuensi dasar [6].



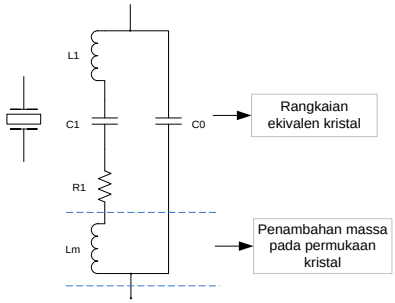
Gambar 1. Prinsip kerja sensor QCM

Pada saat ada massa yang mengendap pada permukaan sensor, rangkaian ekivalen sensor QCM saat berinteraksi pada uap gas berubah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sebagai akibat adanya perubahan rangkaian ekivalen sensor QCM, maka persamaan frekuensi resonansi sensor QCM berubah menjadi Persamaan (2),

$$f_{olq} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L1+Lm).C1}} \qquad (2)$$

dimana, f_{olq} adalah frekuensi output sensor QCM setelah digunakan pada media gas, L_m adalah nilai induktansi sebagai nilai ekivalen dari massa yang mengendap, L_1 adalah nilai

induktansi dari rangkaian ekivalen kristal, C_1 adalah nilai kapasitansi dari rangkaian ekivalen kristal.

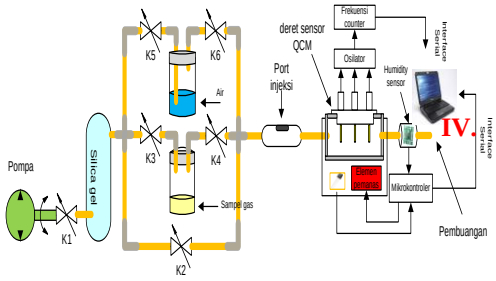


Gambar 2. Rangkaian ekivalen sensor QCM saat berinteraksi pada uap gas

2. Proses sensor QCM sebagai identikasi gas

Proses sensor QCM sebagai identifikasi gas meliputi pengamatan terhadap pengaruh perubahan kelembaban, suhu dan jenis sampel gas. Skematik blok sistem dapat dilihat pada Gambar 3. Adapun tahap-tahap pengukuran yaitu :

1. Identifikasi jenis sampel gas: Secara keseluruhan sampel berukuran 4 ml pada botol uji. Udara bersih yang dialiri ke dalam botol sampel gas, uap gas akan masuk ke dalam wadah pengujian dan diamati pergeseran frekuensi sensor QCM.



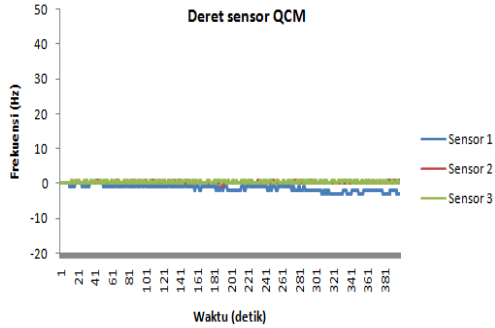
Gambar 3. Skematik blok proses sensor QCM sebagai identifikasi gas

2. Pengujian frekuensi sensor QCM terhadap perubahan konsentrasi: mengambil uap gas pada botol uji dengan ukuran 1-3ml, lalu disuntikan ke port injeksi selanjutnya diamati pergeseran frekuensi sensor QCM.

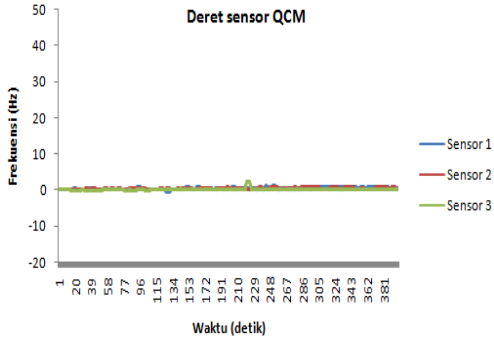
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Kalibrasi Sensor QCM

Pengujian dari kalibrasi sensor bertujuan untuk mengetahui apakah sensor dalam keadaan bersih. Hal ini bertujuan agar sensor dapat merespon baik saat ada uap gas maupun untuk mendapatkan data yang akurat tanpa adanya gas lain maupun pengaruh kelembaban yang menyebabkan tidak stabil.



Gambar 5. Kalibrasi sensor QCM



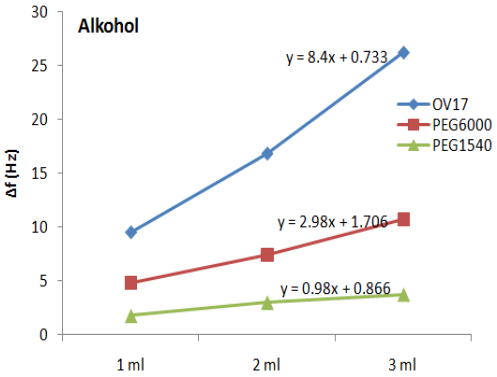
Gambar 6. Kalibrasi sensor QCM sudah menggunakan filter MAV

Proses ini bertujuan untuk menganalisa semua respon frekuensi sensor QCM. Dalam hal ini nantinya akan mendapatkan pola respon yang berbeda-beda saat identifikasi gas. Selain itu, proses kalibrasi juga melibatkan filter MAV dengan nilai yang didapat lebih mendekati nilai nol. Hasil kalibrasi sensor QCM dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan 4.7. Dari kedua pengujian

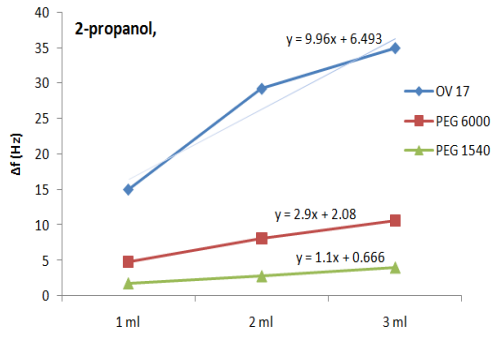
kalibrasi sensor tanpa filter dan menggunakan filter, maka kalibrasi dengan menambahkan filter MAV lebih baik untuk mendapatkan nilai frekuensi yang sangat stabil.

2. Pengujian Frekuensi Sensor QCM Terhadap Perubahan Konsenstrasi

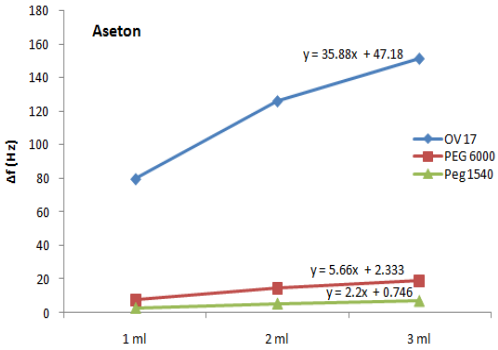
Pengujian frekuensi sensor QCM terhadap perubahan konsentrasi bertujuan memperoleh pola hubungan antara konsentrasi sampel gas dengan dengan perubahan frekuensi sensor QCM.



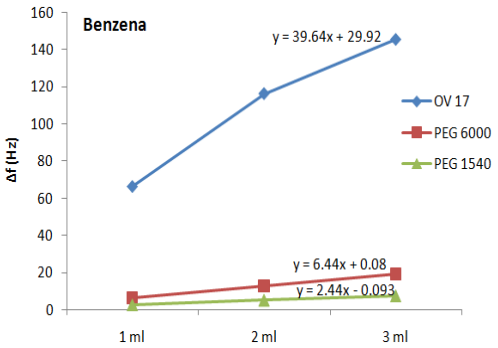
Gambar 7. Hubungan antara perubahan frekuensi dan konsentrasi alkohol



Gambar 8. Hubungan antara perubahan frekuensi dan konsentrasi 2-propanol



Gambar 9. Hubungan antara perubahan frekuensi dan konsentrasi aseton



Gambar 10. Hubungan antara perubahan frekuensi dan konsentrasi Benzena.

Berdasarkan hasil pengujian, frekuensi sensor QCM yang terlapis polimer mampu untuk mendeteksi jenis gas setiap konsentrasi 1-3 ml. Setiap Respon frekuensi yang dihasilkan sensor sebanding dengan konsentrasi gas yang diujikan. Sensor QCM yang terlapis polimer OV 17 sangat sensitif yang menghasilkan 8.4 Hz/ml untuk pengukuran alkohol, 9.96 Hz/ml gas 2-propanol, 35.88 Hz/ml gas aseton, dan 39.64 Hz/ml gas benzena. Sensor QCM yang terlapis polimer PEG 6000 lebih sensitif jika dibandingkan PEG 1540 terhadap gas alkohol, 2-propanol, aseton, dan benzena. Hal ini bisa dilihat dari data keseluran yang telah di regresi linear, sensor terlapis PEG 6000 mempunyai sensitivitas 2.98 Hz/ml untuk gas alkohol, 2.9 Hz/ml untuk gas 2-propanol, 5.66 Hz/ml untuk gas aseton, 6.44

Hz/ml gas benzena. Secara keseluruhan frekuensi sensor QCM terlapis PEG 6000 memiliki sensitivitas yang tinggi dibandingkan dengan frekuensi sensor terlapis PEG 1540.

Dari hasil grafik regresi liner memperkuat argumentasi bahwa sensitivitas sensor QCM terlapis polimer OV 17 memiliki rerata perubahan frekuensi lebih signifikan dari pada sensor QCM terlapis polimer PEG 6000 dan PEG 1540. Dapat dilihat salah satu pengujian data terhadap benzena pada menunjukkan bahwa frekuensi sensor memiliki sensitivitas 39.64 Hz/ml dan linearitas $R^2 = 0.977$.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini dihasilkan rancangan osilator sensor QCM yang sangat stabil. Output dari deret sensor QCM yang terlapis polimer akan menghasilkan frekuensi yang beragam, akan terjadinya penurunan frekuensi maupun tingkat kestabilan frekuensi. Dengan menambahkan filter digital MAV untuk kalibrasi sensor mendapatkan frekuensi yang sangat stabil. Selain itu, sensitivitas sensor QCM terlapis polimer OV 17 memiliki rerata perubahan frekuensi lebih signifikan dari pada sensor QCM terlapis polimer PEG 6000 dan PEG 1540.

Untuk pengembangan lebih lanjut, maka dapat menggunakan sensor QCM dengan frekuensi yang tinggi untuk mendapatkan sensitivitas yang lebih dalam hal pengukuran konsentrasi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Barthet. C., dkk (2012). Generation of Polluted Atmospheres for the Calibration of QCM Gas Sensor. *Proc. Eurosensors XXVI*. 9-12 September, 2012, Kraków, Poland.Hal 714-717.

[2] Jia, Kun. Toury, T. & Ionescu, R. E. (2012),“ *Fabrication of an Atrazine Acoustic Immunosensor Based on a Drop Deposition Procedure* “,IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 59. no. 5, pp. 2015-2021.

[3] Kumar. A., Brunet. J., Varenne. C., Ndiaye. A., Pauly. A., Penza. M., Alvisi (2015). Tetra-tert-butyl copper phthalocyanine-based QCM sensor fortoluene detection in air at room temperature. *Science Direct: Sensors and Actuators*. B 120. 398-407.

[4] Patel, H. K. dan Mona, K. J. (2011). Electronic Nose Sensor Response and Qualitative Review of E-Nose Sensors. *IEEE* Hal.382-481.

[5] M.Rivai, Ami Suawandi JS, Mauridhi H.P. (2005)“ *Deret Resonator Sensor QCM Terlapis Polimer Sebagai Pengenal Jenis Uap* “, AKTA KIMINDO, Vol.1 no.1, pp. 49-54.

[6] Rouhillah, M.Rivai, Tri Arief (2015). Karakterisasi Frekuensi Harmonisa Sensor Quartz Crystal Microbalance Sebagai Identifikasi. Prosiding SENTIA, Politeknik Negeri Malang, Vol 7 Hal. A66-A71.

[7] Sabri. Y.M., Kojima. R., Ippolito. S.J., Wlodarski. W., Zadeh. K., Kaner.R.B., Bhargava. S.K., (2011). QCM based mercury vapor sensor modified with polypyrrole supported palladium. *Science Direct: Sensors and Actuators*. B 160. 616-622.