

PENGUJIAN RESISTIVITAS SUBSTRAT SILIKON TERHADAP BEBERAPA SAMPEL AIR UNTUK PEMANFAATAN SEBAGAI *SENSING LAYER* PADA SENSOR BAKTERI

Kusnanto Mukti Wibowo¹, Fatimah Nur Hidayah²

¹Program Studi Teknik Rekayasa Elektromedis, Universitas Muhammadiyah Purwokerto,
Purwokerto, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Akademi Teknologi Warga Surakarta, Surakarta, Indonesia
Email: kusnantomuktiwibowo@ump.ac.id

ABSTRAK

Keberadaan bakteri fekal coliform dalam lingkungan perairan menandakan bahwa sanitasi telah terkontaminasi dengan kotoran manusia atau hewan. Keberadaan faecal coliform dalam air juga merupakan indikator bahwa air itu terkontaminasi dan ada risiko kesehatan bagi manusia yang terpapar air ini. Baru-baru ini banyak sekali dikembangkan sensor bakteri. Bagian terpenting dari sensor bakteri yaitu *sensing layer* itu sendiri. Hal ini karena *sensing layer* akan langsung berinteraksi dengan bakteri sebagai target sensor. Penggunaan material yang salah untuk *sensing layer* bisa mengakibatkan bakteri yang akan dideteksi justru terbunuh. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian resistivitas pada silikon sebagai *sensing layer* untuk sensor bakteri dengan menggunakan alat IV-meter. Sampel air yang digunakan berasal dari beberapa sumber air yaitu air parit/sungai, air dari pipa (PDAM) dan air terdeionisasi (*DI water*). Hasilnya menunjukkan sampel *DI water* memiliki resistivitas tertinggi sebesar 3.7×10^6 ohm, dan air sungai memiliki resistivitas paling rendah yaitu sebesar 2.1×10^4 ohm.

Kata kunci: Resistivitas, substrat silikon, sensor bakteri.

ABSTRACT

The presence of faecal coliform bacteria in the aquatic environment indicates that sanitation has been contaminated with human or animal feces. The presence of faecal coliform in water is also an indicator that the water is contaminated and there are health risks for humans exposed to this water. Recently, there were many bacterial sensors that have been developed. The most important part of the bacterial sensor is the sensing layer itself. This is because the sensing layer will directly interact with bacteria as the target sensor. The use of the wrong material for the sensing layer can result in bacteria that will be detected actually killed. In this research the resistivity of silicon as a sensing layer for bacterial sensors has been carried out using an IV-meter. The water samples used came from several water sources, such as grey water/ river water, water from household pipes (PDAM) and deionized water (DI water). The results show that the DI water sample has the highest resistivity of 3.7×10^6 ohms, and river water has the lowest resistivity of 2.1×10^4 ohms.

Keywords: Resistivity, silicon substrate, bacteria sensor.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan inti dari pembangunan berkelanjutan dan sangat penting untuk pembangunan sosial-ekonomi, energi dan produksi makanan, kesehatan ekosistem, dan untuk kelangsungan hidup manusia itu sendiri. Menurut laporan badan PBB bagian pembangunan manusia, UNHD, yang mengibaratkan jika semua air yang berada di seluruh dunia muat dimasukkan ke dalam satu ember, hanya satu sendok saja yang dapat diminum. Sebagian besar permukaan bumi tertutup oleh air, tapi sekitar 97,5% adalah air laut, sehingga membuatnya tidak dapat diminum, dan hanya sekitar 2,5% merupakan air tawar. Terlebih lagi, 2,05% dari air tawar membeku di dalam glasier, 0,68% merupakan air tanah, dan 0,011% merupakan air permukaan di danau dan sungai-sungai [1].

Sekitar 1 milyar orang di seluruh dunia kekurangan akses terhadap air yang bisa diminum. Sebagian besar terjadi di negara dunia ketiga seperti Myanmar, Kamboja, Bangladesh, Nepal, Somalia, Ethiopia, Sebagian negara-negara di Afrika dan lain-lain. Penduduk di negara dunia ketiga, biasanya harus membayar mahal untuk mendapatkan air bersih. Hal ini memaksa mereka untuk menggunakan air yang ada di sekitar mereka, meskipun air tersebut tidak bersih dan terkontaminasi.

Air dikatakan tidak bersih karena mengandung patogen di dalamnya. Patogen tersebut berasal dari kotoran manusia atau hewan yang dibuang di sungai atau dari aliran yang sama dimana air tersebut berkumpul. Mikroorganisme tersebut menyebabkan berbagai penyakit pada manusia di seluruh dunia seperti malaria, thypoid, kolera, dan lain-lain. Di negara berkembang, ada 24.000 anak-anak dibawah 5 th meninggal setiap harinya karena kolera yang disebabkan oleh air yang tidak bersih. Hal ini sama dengan 1 dari 5 anak-anak meninggal, dimana 1,5 juta meninggal tiap tahunnya karena diare [2].

Pemanfaatan utama air bagi manusia adalah sebagai air minum. Air minum berkaitan langsung dengan tubuh manusia, sehingga perlu dijaga kualitasnya agar tidak membahayakan tubuh. Kualitas air minum memiliki korelasi yang sangat kuat dengan derajat kesehatan masyarakat. Air minum hendaknya memenuhi persyaratan bakteriologis dan fisik. Persyaratan bakteriologis untuk air ditentukan oleh kehadiran mikroorganisme baik yang bersifat patogen maupun non-patogen. Persyaratan fisik ditentukan oleh faktor-faktor kekeruhan, warna, bau, dan rasa. Sedangkan persyaratan kimia air berkaitan dengan toksisitas bahan-bahan kimia yang terkandung dalam air minum [3].

Salah satu parameter dalam air adalah jumlah bakteri yang terdapat dalam air. Bakteri yang terkandung dalam air minum dapat tumbuh dan berkembang serta bersifat pathogen dalam tubuh manusia. Dari sekian banyak jenis bakteri yang terdapat dalam air, bakteri *Escherichia coli* atau lebih dikenal dengan *E. coli* digunakan sebagai salah satu indikator kualitas air. Bakteri *E. coli* bukan penyebab penyakit, namun keberadaannya mengindikasikan keberadaan organisme patogen seperti bakteri, virus atau protozoa parasit. Bakteri *E. coli* dijadikan sebagai bakteri indikator karena dapat dikenali dengan mudah dan cepat serta dapat dikuantifikasi menggunakan tes laboratorium. Jumlahnya memiliki korelasi yang linier dengan jumlah bakteri patogen, serta bertahan lebih lama dibanding bakteri patogen dalam lingkungan yang tidak menguntungkan [4].

Banyak sensor bakteri yang telah dikembangkan beberapa tahun terakhir ini dengan beberapa metode seperti *Polymer Chain Reaction* (PCR) [5], *microfluidic* [6-7], metode elektrokimia [8]. Bagian terpenting dari biosensor adalah *sensing layer* itu sendiri. Hal ini karena *sensing layer* akan berinteraksi langsung dengan target yang akan dideteksi. Namun demikian, tidak semua material sesuai untuk digunakan sebagai *sensing layer* untuk aplikasi biosensor. Beberapa material justru akan membunuh target biosensor. Oleh karena itu pemilihan *sensing layer* sesuai aplikasi sangatlah penting. Beberapa material *sensing layer* yang biasa digunakan seperti: metal/metal oxide [9], Polyvinyl alcohol (PVA) hydrogel nanofibers [10], atau karbon [11]. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian resistivitas substrat silikon terhadap sampel air yang berbeda untuk mengetahui potensi aplikasinya sebagai *sensing layer* pada sensor bakteri.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini alat-alat dan bahan yang digunakan meliputi sampel air dari berbagai jenis sumber air seperti; *Deionized (DI) water*, *tap water* (air pipa dari PDAM), dan *grey water* (air dari parit/sungai). Substrat yang digunakan yaitu silikon wafer dengan ukuran 1 x 1 cm. Langkah pertama yaitu proses pembersihan substrat. Substrat dibersihkan menggunakan hidrof luoric acid (HF) dengan cara direndam selama beberapa saat, kemudian dibilas dengan air deionisasi (*DI water*) untuk menghilangkan kontaminasi dari permukaan substrat. Kemudian substrat dikeringkan dengan meniupkan gas nitrogen murni pada substrat.

Karakterisasi berupa pengukuran resistivitas dari sampel diukur menggunakan mesin IV-meter seperti terlihat pada Gambar 1. Sampel dari masing-masing air diletakkan 1 tetes di atas substrat silikon kemudian diukur sifat kelistrikkannya menggunakan 2 probe yang ada pada mesin IV-meter tersebut.

Selain itu juga dilakukan pengamatan kandungan bakteri pada tiap sampel air dengan melakukan kultur bakteri. Kultur bakteri dilakukan menggunakan media Microbiology Chromocult Coliform Agar *from* Merck. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan jumlah bakteri dengan resistivitas.



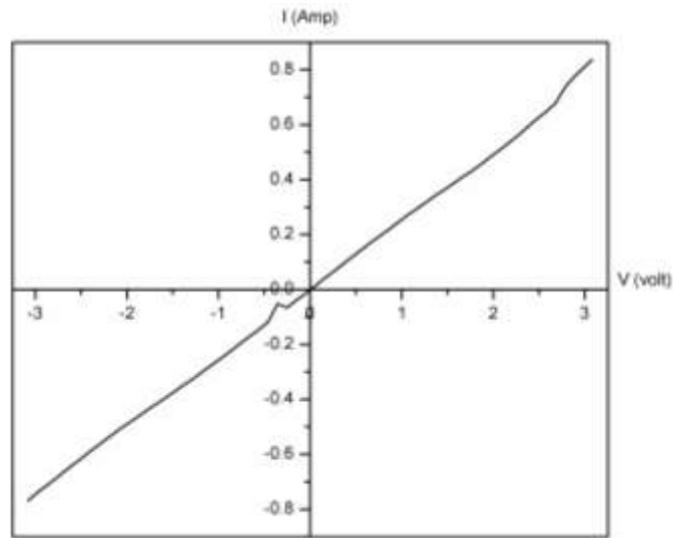
Gambar 1. Mesin IV-meter di MiNT-SRC UTHM, Malaysia

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

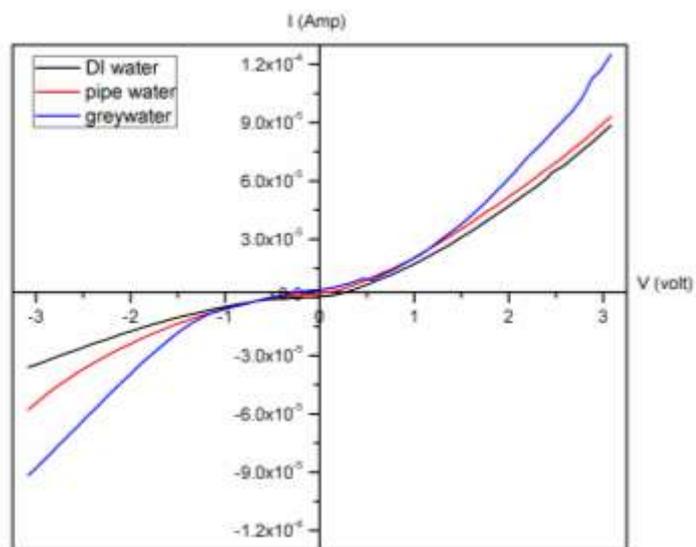
Pengujian pertama yang dilakukan yaitu pengukuran resistivitas substrat silikon tanpa sampel air, atau sebagai *background* resistivitas, seperti terlihat pada Gambar 2. Hal ini bertujuan untuk mengetahui resistivitas awal silikon sebelum berinteraksi dengan sampel atau target. Dari gambar satu terlihat grafik I-V dari substrat silikon yang berupa garis linier, yang jika dikonversikan kedalam resistivitas bernilai sebesar $R = 3.53 \text{ ohm}$.

Sedangkan pada Gambar 2 terlihat grafik IV tiga jenis air yang berbeda. Dapat dilihat dari grafik bahwa pada tegangan yang sama, sampel *greywater* menghantarkan arus (I) yang lebih besar dibanding sampel lain. Hal ini menunjukkan resistivitas sampel *greywater* adalah paling kecil yakni sebesar $2.1 \times 10^4 \text{ ohm}$. Sedangkan *DI water* dan *pipe water* memiliki resistivitas sebesar $3.7 \times 10^6 \text{ ohm}$ dan $3.5 \times 10^4 \text{ ohm}$, berturut-turut. Hal ini karena kandungan pada *greywater* dipercaya terdapat banyak material organik and inorganik, termasuk bakteri yang lebih banyak dibandingkan pada sampel air pipa dan *DI water*. Sehingga menyebabkan daya hantar listrik lebih baik (resistivitas lebih kecil). Di lain sisi, bakteri coliform semisal *E. coli* juga dikenal sebagai penghantar listrik, karena

bakteri tersebut akan berperan sebagai muatan negatif dan akan mengimbas *hole* pada material substratnya [12].



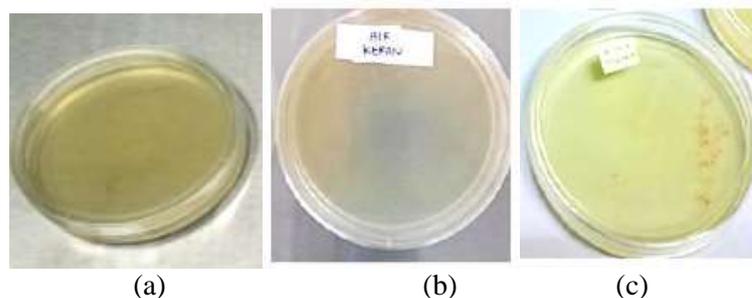
Gambar 2. Background resistivitas



Gambar 3 . Resisivitas substrat dengan sampel air yang berbeda

Tabel 1. Resistivitas sampel pada substrat

Sampel	Resistivitas (Ohm)
Tanpa sampel air(<i>background</i>)	3.53
DI Water	3.7×10^6
Tap Water/ pipe water	3.5×10^4
Greywater	2.1×10^4



Gambar 4 . Kultur bakteri dari sampel (a) DI water, (b) air pipa/kran, dan (c) air sungai

Pada Gambar 4 terlihat *plating* dari beberapa sampel air pada medium coliform agar. Terlihat bahwa pada sampel air deionisasi dan air kran, hampir tidak terlihat adanya bakteri yang tumbuh. Sedangkan pada sampel air sungai (*greywater*) terlihat beberapa bakteri coliform yang tumbuh. Hal ini dapat kita simpulkan korelasi antara jumlah bakteri dengan resistivitasnya. Semakin banyak kandungan bakteri, maka nilai resistivitasnya akan semakin kecil, dan sebaliknya.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pengujian resistivitas substrat silikon terhadap beberapa sampel air. Sampel air sungai memiliki nilai resistivitas paling rendah yaitu 2.1×10^4 ohm, dibandingkan sampel air yang lainnya. Hal ini menunjukkan air sungai mengandung lebih banyak mikroorganisme dan atau beberapa mineral. Perbedaan nilai resistivitas dari substrat silikon mengindikasikan bahwa substrat silikon berpotensi untuk dijadikan *sensing layer* pada aplikasi biosensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pidwirny, M. *The hydrologic cycle. Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*. 2012.
- [2] Bartram, J., & Cairncross, S. *Hygiene, sanitation, and water: Forgotten foundations of health*. Plos Medicine, 7(11), 1-9. 2010.
- [3] Riyadi, S., *Pencemaran Air, Seri Lingkungan Dasar-Dasar dan Pokok-Pokok Penanggulangan*, Surabaya: Karya Anda. 1984.
- [4] Soemirat., *Kesehatan Lingkungan*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2004.
- [5] M. Radji, A. Puspaningrum, and A. Sumiati, "Deteksi Cepat Bakteri *Escherichia coli* dalam Sampel Air dengan Metode Polymerase Chain Reaction menggunakan Primer 16E1 dan 16E2," J. Makara Sains, vol. 14, pp. 39–43, 2010.
- [6] Z. Wang, T. Han, T.-J. Jeon, S. Park, and S. M. Kim, "Rapid detection and quantification of bacteria using an integrated micro/nanofluidic device," Sensors Actuators B Chem., vol. 178, pp. 683–688, 2013.
- [7] C. Baek, H. Y. Kim, D. Na, and J. Min, "A microfluidic system for the separation and detection of *E. coli* O157:H7 in soil sample using ternary interactions between humic acid, bacteria, and a hydrophilic surface," Sensors Actuators, B Chem., vol. 208, pp. 238–244, 2015.
- [8] P. M. Shaibani et al., "The detection of *Escherichia coli* (*E. coli*) with the pH sensitive hydrogel nanofiber-light addressable potentiometric sensor (NF-LAPS)," Sensors Actuators, B Chem., vol. 226, pp. 176–183, 2016.

- [9] N. Uria, N. Abramova, A. Bratov, F.-X. Muñoz-Pascual, and E. Baldrich, "Miniaturized metal oxide pH sensors for bacteria detection," *Talanta*, vol. 147, pp. 364–369, 2016.
- [10] P. M. Shaibani *et al.*, "The detection of *Escherichia coli* (*E. coli*) with the pH sensitive hydrogel nanofiber-light addressable potentiometric sensor (NF-LAPS)," *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 226, pp. 176–183, 2016.
- [11] P. K. Basu *et al.*, "Graphene based *E. coli* sensor on flexible acetate sheet," *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 190, pp. 342–347, 2014.
- [12] O. Akhavan and E. Ghaderi, "*Escherichia coli* bacteria reduce graphene oxide to bactericidal graphene in a self-limiting manner," *Carbon N. Y.*, vol. 50, no. 5, pp. 1853–1860, 2012.