

Analisis Nilai Impedansi Listrik pada Daging Ikan Nila Berformalin

Rizka Rahmatie A.P.^{1)*}, Chomsin Sulistya²⁾, Didik R. Santoso²⁾

¹⁾Program Studi Magister Ilmu Fisika, Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya

²⁾ Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

Diterima 18 Juli 2016, direvisi 22 Oktober 2016

ABSTRAK

Impedansi listrik dapat digunakan sebagai metode non destruktif untuk mengetahui karakteristik biolistrik pada bahan biologis. Analisis nilai impedansi listrik dengan metode elektrode jarum telah diaplikasikan pada daging ikan nila yang bertujuan untuk mengetahui sifat biolistrik dari daging ikan nila dan mengetahui pengaruh pemberian formalin pada daging ikan nila. Pengukuran yang dilakukan adalah membandingkan karakteristik biolistrik daging ikan nila segar, daging ikan nila yang telah direndam dengan formalin dan daging ikan nila yang telah didiamkan tanpa adanya perlakuan pengawetan pada frekuensi 10 Hz – 200 kHz. Hasil penelitian menampilkan karakteristik nilai impedansi daging ikan nila segar mengalami penurunan dengan bertambahnya frekuensi. Pemberian formalin dan pembusukan ikan dapat menurunkan nilai impedansi. Konsentrasi perendaman formalin berbanding lurus dengan nilai impedansi listrik.

Kata kunci: daging ikan nila, formalin, frekuensi, impedansi listrik

ABSTRACT

Electrical impedance can be used as a non-destructive method to determine the bio-electrical characteristics on biological materials. Analysis of the electrical impedance value by using an electrode needle method has been applied to the tilapia flesh which aims to determine the bio-electrical characteristics on tilapia flesh, and determine the effect of formalin on it. The measurements were carried out to compare the characteristics of bio-electrical characteristics of the fresh tilapia flesh, the tilapia flesh soaked in formalin, and the one that was lay without any preservation treatment at a 10 Hz - 200 kHz frequency. The result shows that the impedance value characteristics of the fresh tilapia flesh decreased as long as the increase of frequency. Both the preserved and the rotten tilapia flesh have the decreased impedance value. The concentration of formalin immersion is directly proportional with the value of electrical impedance.

Keywords: tilapia flesh, formalin, frequency, electrical impedance

PENDAHULUAN

Sifat kelistrikan suatu bahan dapat diketahui dengan mengukur besaran-besaran listrik, salah satunya adalah impedansi. Impedansi listrik merupakan metode non destruktif yang diaplikasikan untuk mengetahui sifat suatu bahan. Sifat kelistrikan suatu bahan biologis dinamakan biolistrik. Karakteristik biolistrik ini dapat dikorelasikan pada kondisi

jaringan, sifat-sifat fisika-kimia jaringan, dan dianalisis kandungan apa saja yang terdapat pada jaringan, sehingga sifat biolistrik tersebut dapat digunakan untuk menilai kemurnian dan kualitas suatu bahan ataupun kerusakan pada jaringan.

Metode impedansi telah dikembangkan pada berbagai penelitian untuk menentukan kondisi bahan pangan [1], kadar gula darah dalam tubuh [2], distribusi volume air dalam tubuh [3], serta dikembangkan untuk impedansi tomografi [4]. Kualitas bahan pangan yang biasa dilakukan dengan analisis laboratorium yaitu pengujian sifat fisika dan kimia suatu

*Corresponding author:

E-mail: rizkaka.gege16@gmail.com

bahan. Proses ini rumit dan membutuhkan waktu relatif lama. Penggunaan nilai impedansi listrik diharapkan dapat menjadi teknik baru yang lebih mudah dan non invasif untuk menentukan kondisi bahan pangan yang meliputi bahan pangan dalam keadaan segar, busuk, maupun tercampur bahan kimia.

Larutan formalin memiliki ikatan hidrokarbon CH_2OH yang sangat reaktif mengikat unsur-unsur yang ada dalam tubuh [5]. Adanya atom hidrokarbon dari formalin yang diberikan pada ikan akan mengakibatkan perubahan komposisi atom pada ikan dan akan berakibat pada perubahan sifat biolistrik.

Tulisan ini akan memaparkan pengaruh pemberian formalin terhadap nilai impedansi daging ikan nila pada frekuensi 10 Hz - 200 kHz. Penelitian ini bertujuan sebagai studi untuk membedakan daging ikan nila tanpa formalin dan berformalin berdasarkan nilai impedansi listrik.

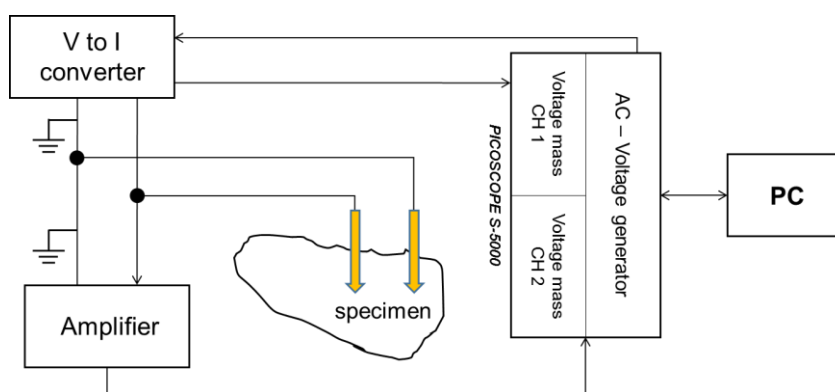
METODE PENELITIAN

Sampel pada penelitian ini adalah daging ikan nila yang memiliki berat kurang lebih 250 gram dan berumur 4-6 bulan. Larutan formalin

yang digunakan adalah formalin 40% yang diencerkan menjadi konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Daging ikan nila direndam dalam larutan formalin dengan masing-masing konsentrasi dengan variasi yang telah ditentukan selama 12 jam.

Alat utama yang digunakan adalah sebuah Picoscope (S5000) yang merupakan sistem akuisisi data dua kanal (channels) yang dilengkapi dengan pembangkit tegangan AC. Pengaplikasian Picoscope S5000 dikendalikan oleh software yang telah diinstall pada PC. Software ini menampilkan amplitudo dari gelombang sinusoidal tegangan yang diatur pada frekuensi tertentu. Penelitian ini menggunakan frekuensi 10 Hz – 200 kHz.

Komponen lain dalam penelitian ini adalah rangkaian V-I Converter yang mengkonversi tegangan ke arus pada frekuensi yang bersesuaian, di mana nilai arus dapat dipilih sesuai dengan keperluan. Arus ini selanjutnya diinjeksikan ke probe yang digunakan. Keluaran tegangan dari probe selanjutnya dikuatkan oleh penguat instrumentasi untuk direkam oleh Picoscope Ch-2. Sinyal tegangan dari Picoscope direkam pada Ch-1 sebagai referensi pada saat yang bersamaan. Diagram blok sistem pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem pengukuran.

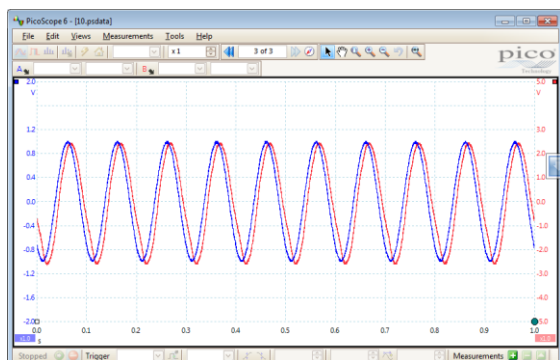


Gambar 2. Elektroda jarum untuk pengukuran.

Probe yang digunakan dalam pengukuran nilai impedansi pada penelitian ini adalah elektroda jarum seperti yang ditampilkan dalam Gambar 2. Elektroda jarum tersebut terbuat dari emas dengan ukuran diameter 0,6 mm dan panjang 45 mm. Elektroda ini dihubungkan dengan PCB yang sudah disambungkan dengan kabel penghubung.

Sampel yang sudah diberi perlakuan diletakkan pada wadah. Jarum elektroda ditusuk pada daging ikan dengan kedalaman 1 cm.

Pengukuran dilakukan dengan mengubah nilai frekuensi pada jangkauan 10 Hz – 200 kHz. Data yang didapatkan adalah nilai tegangan output. Nilai tegangan output ini terukur dengan alat Picoscope dan ditampilkan dalam layar PC. Arus listrik yang digunakan adalah 1 mA. Gelombang sinusoidal akan tampil pada layar PC seperti terlihat dalam Gambar 3. Gelombang warna merah merupakan gelombang dari tegangan yang terukur pada sampel, sedangkan gelombang warna biru merupakan gelombang dari tegangan sumber yang digunakan sebagai referensi. Pengambilan data dilakukan dengan pencatatan amplitudo dari gelombang tersebut pada tiap frekuensi yang digunakan.



Gambar 3. Tampilan gelombang tegangan.

Data yang diperoleh berupa besarnya potensial yang terukur dalam daging ikan pada masing-masing frekuensi yang diberikan. Nilai impedansi pada tiap frekuensi diperoleh dari perbandingan nilai potensial yang terukur dan nilai arus yang diinjeksikan. Secara matematik dituliskan sebagai berikut,

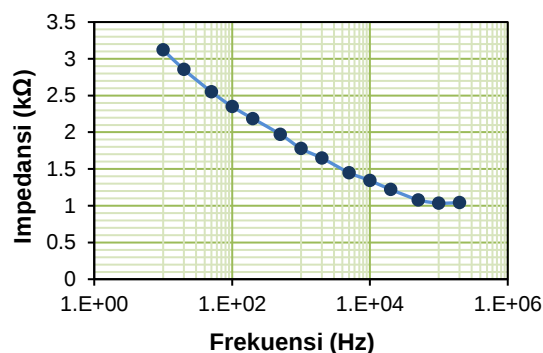
$$|Z| = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Di mana Z adalah impedansi, V adalah amplitudo gelombang dari tegangan yang terukur dan I adalah arus listrik yang diinjeksikan secara konstan.

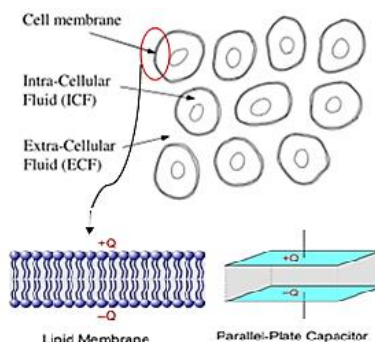
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data menghasilkan grafik hubungan antara nilai impedansi dan frekuensi seperti pada Gambar 4. Nilai impedansi mengalami penurunan pada penambahan frekuensi. Penurunan nilai impedansi pada frekuensi lebih dari 10 Hz disebabkan karena adanya efek kapasitansi pada jaringan daging ikan. Efek kapasitansi yang

terdapat pada jaringan biologis disebabkan oleh adanya membran sel yang tersebar dalam jaringan biologis. Membran sel tersusun atas molekul-molekul lipida berlapis ganda (bilayer lipids) dan protein-protein. Membran tersebut sebagai pembatas antara cairan di luar sel dan cairan di dalam sel yang terdiri atas ion-ion garam dan bersifat konduktor. Peran membran sel sebagai batas antara dua bahan konduktor inilah yang menyebabkan membran sel bersifat seperti kapasitor. Kapasitor terdiri atas dua plat konduktor yang dipisahkan dengan bahan dielektrik atau ruang hampa udara [6]. Ilustrasi jaringan dan membran sel bersifat seperti kapasitor ditampilkan dalam Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan frekuensi dengan nilai impedansi pada daging ikan nila.



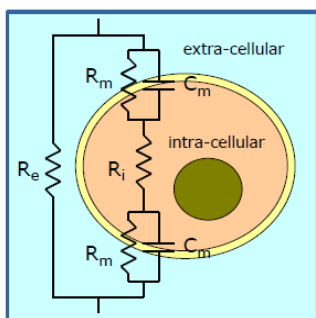
Gambar 5. Ilustrasi membran sel yang bersifat seperti kapasitor.

Adanya sifat membran sel yang seperti kapasitor, maka rangkaian ekivalen yang menggambarkan sel dalam jaringan memiliki nilai R dan C seperti yang ditampilkan dalam Gambar 6 [7]. Suatu membran sel dimodelkan dalam kombinasi parallel dari C_m dan R_m seperti pada elemen Maxwell-Wagner. C_m adalah kapasitansi membran lapisan ganda, R_i adalah resistansi di dalam sel, dan R_e adalah resistansi di luar sel, dan R_m adalah resistansi membran. Persamaan untuk membran sel

dengan model Maxwell-Wagner [8] adalah sebagai berikut,

$$Z(\omega) = \frac{1}{G + i\omega C} \quad (2)$$

dengan G adalah konduktansi membran yang mana $G=1/R$ dan C adalah kapasitansi pada frekuensi ω .



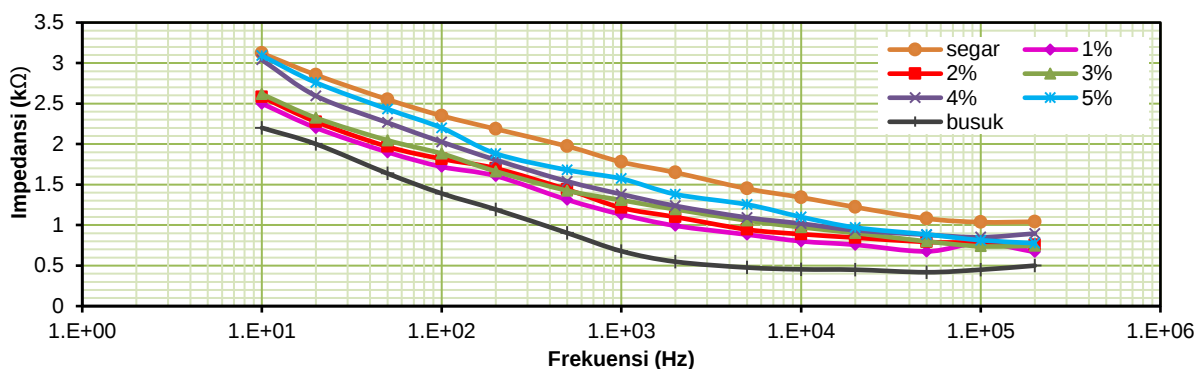
Gambar 6. Rangkaian ekivalen dengan sel.

Persamaan (2) menjelaskan bahwa adanya pengaruh impedansi terhadap frekuensi yang diberikan. Setiap jaringan biologis memiliki konduktivitas yang berbeda. Nilai C_m , R_i , R_e , dan R_m merupakan sifat dari suatu jaringan terkait dengan adanya sifat dari membran suatu sel, serta banyaknya ion yang terkandung dalam jaringan

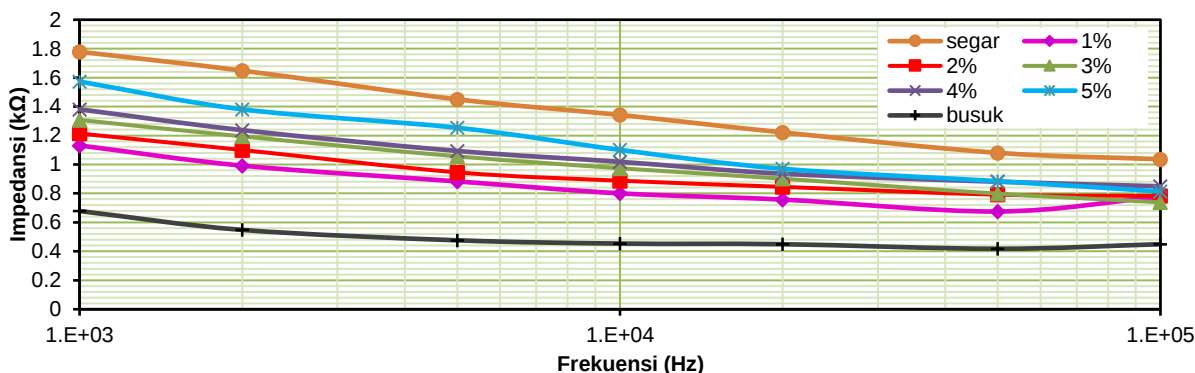
tersebut. Adanya indikator-indikator tersebut menyebabkan nilai impedansi pada tiap-tiap jaringan tidaklah sama.

Pengaruh frekuensi terhadap nilai impedansi berdasar teori menampilkan kurva dispersi. Adanya dispersi dalam nilai impedansi ini mengacu pada Persamaan (2) Nilai yang terukur adalah resistansi saja jika diberikan frekuensi = 0 Hz. Nilai impedansi mengalami penurunan saat frekuensi diperbesar karena adanya pengaruh reaktansi kapasitansi dari membran. Frekuensi yang bertambah besar akan meningkatkan tingkat mobilitas ion-ion pada jaringan daging ikan. Kenaikan mobilitas ion berarti konduktivitas listrik daging ikan meningkat dan menurunkan nilai impedansi. sedangkan jika diberikan frekuensi sangat tinggi, nilai impedansi menjadi minimum.

Pengaruh penambahan konsentrasi formalin terhadap nilai impedansi daging ikan nila menampilkan nilai impedansi yang lebih kecil daripada ikan segar. Nilai impedansi yang paling kecil didapatkan pada daging ikan yang telah didiamkan pada waktu yang sama dengan perendaman formalin, namun tanpa diberikan formalin. Grafik hubungan pengaruh formalin terhadap nilai impedansi daging ikan nila ditampilkan pada Gambar 7.



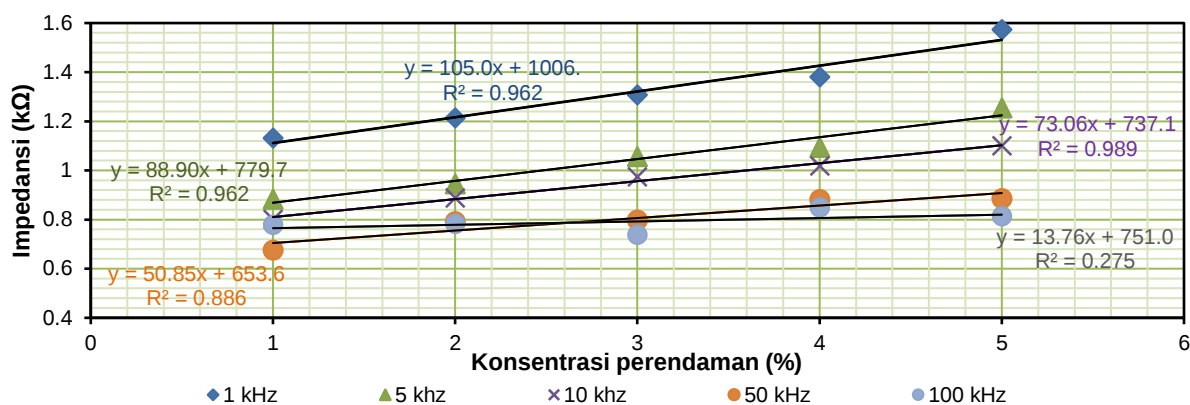
Gambar 7. Hubungan frekuensi dengan nilai impedansi daging ikan nila berformalin.



Gambar 8. Hubungan frekuensi 1kHz-100kHz dengan nilai impedansi ikan nila berformalin

Pengaruh penambahan konsentrasi formalin terhadap nilai impedansi daging ikan nila dapat teramati secara lebih jelas pada frekuensi lebih dari 1 kHz sehingga dilakukan perbesaran resolusi yang ditampilkan pada Gambar 8. Nilai impedansi pada frekuensi kurang dari 1 kHz menampilkan kurva yang masih berimpit pada pemberian konsentrasi yang berbeda, sehingga penelitian ini lebih difokuskan pada jangkauan frekuensi tersebut.

Gambar 9 ditampilkan untuk mengetahui respon frekuensi yang tepat untuk meneliti pengaruh pemberian formalin pada daging ikan nila. Hasil grafik pada Gambar.9 menampilkan hubungan yang linier antara nilai impedansi dan besar konsentrasi perendaman larutan formalin. Kurva yang terbentuk adalah linier positif.



Gambar 9. Hubungan konsentrasi formalin dengan nilai impedansi ikan nila berformalin pada frekuensi 1 kHz-100kHz.

Hasil penelitian menampilkan semakin besar nilai konsentrasi perendaman formalin yang diberikan pada daging ikan, maka semakin besar nilai impedansi yang terbentuk. Semakin besar nilai impedansi yang dihasilkan mengartikan bahwa dalam bahan tersebut semakin memiliki konduktivitas yang kecil. Larutan yang memiliki konduktivitas kecil adalah larutan yang memiliki kemampuan menghantarkan arus yang kecil. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik didasarkan pada kemampuan terurainya molekul tersebut menjadi ion-ion. Proses ini dinamakan proses ionisasi. Senyawa yang mampu terionisasi merupakan seluruh senyawa jenis ionik dan beberapa senyawa kovalen polar. Senyawa ionik dibentuk dari atom logam dan atom nonlogam. Senyawa ionik dapat dengan mudah terurai menjadi ion-ion. Larutan formalin merupakan senyawa kovalen yang molekulnya tidak mudah terurai menjadi ion-ion. Kemampuan terurainya molekul menjadi ion-

Semakin besar kemiringan suatu grafik mengindikasikan semakin besar pula pengaruh perlakuan terhadap nilai yang diukur. Frekuensi 10 kHz dan 1 kHz memiliki nilai R^2 yang besar dan nilai gradien yang besar., sehingga frekuensi 1 kHz dan 10 kHz direkomendasikan untuk meneliti pengaruh formalin pada ikan nila. Frekuensi 50 kHz dan frekuensi 100 kHz tidak direkomendasikan dalam penelitian karena hasil linerisasi kurva memiliki nilai R^2 yang kecil dan memiliki gradien yang kecil. Hasil impedansi yang terukur pada frekuensi tersebut memiliki nilai yang hampir sama pada konsentrasi formalin yang berbeda, sehingga tidak dapat diketahui pengaruh adanya perbedaan konsentrasi terhadap nilai impedansi.

ion ditentukan oleh derajat disosiasi suatu senyawa. Derajat disosiasi dari formalin nilainya kecil atau hampir sama dengan nol [5]. Derajat disosiasi adalah perbandingan antara jumlah mol yang terurai dengan jumlah mol mula-mula. Derajat disosiasi merupakan indikator suatu senyawa bersifat nonelektrolit ataupun elektrolit. Jika suatu senyawa memiliki derajat disosiasi samadengan 1, maka senyawa tersebut terionisasi secara sempurna. Sedangkan nilai derajat disosiasi samadengan nol memiliki arti bahwa senyawa tersebut tidak dapat terionisasi. Pada senyawa yang memiliki derajat disosiasi kecil menandakan bahwa senyawa tersebut lebih bersifat isolator. Bertambahnya konsentrasi formalin menyebabkan larutan tersebut semakin bersifat isolator, sehingga menghasilkan nilai impedansi semakin besar pada perendaman formalin dengan konsentrasi lebih besar.

Selain disebabkan sifat kimia dari formalin, kenaikan nilai impedansi juga disebabkan oleh

keberadaan bakteri pembusuk. Jumlah bakteri pembusuk dengan nilai impedansi menunjukkan hubungan linear keduanya [9]. Gambar 11 menampilkan hubungan yang linier besar konsentrasi formalin dan nilai impedansi. Ikan yang direndam dengan larutan formalin mengakibatkan ikan tersebut tidak mudah diserang bakteri pembusuk, sehingga nilai impedansi pada ikan yang direndam dengan larutan formalin akan lebih besar daripada ikan yang sudah membusuk. Semakin besar konsentrasi perendaman formalin, mengakibatkan tingkat bakteri pembusuk dalam daging ikan semakin kecil. Semakin kecil jumlah bakteri menghasilkan nilai impedansi yang lebih besar.

KESIMPULAN

Ekstrak kulit batang faloak merupakan senyawa antioksidan yang dapat meningkatkan beda potensial membran sel telur ikan nila yang tercemar Pb. Peningkatan beda potensial membran sel telur ikan nila dipengaruhi oleh pemberian konsentrasi ekstrak kulit batang faloak. Besarnya potensial membran sel sebanding dengan konsentrasi ekstrak yang diberikan. Data hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak faloak yang paling efektif digunakan dalam fungsinya sebagai senyawa antiosidan untuk meningkatkan nilai potensial membran sel telur ikan nila yang tercemar Pb adalah pada konsentrasi 0,8 mg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wu L, Ogawa Y, Tagawa A. (2008) Electrical impedance spectroscopy analysis of eggplant pulp and effect of drying and freezing –thawing treatments on its impedance charactersitic. *J. Food Engineering*. **87(2008)**: 274–280.
- [2] Olarte O, Barbé K, Van Moer W, Van Ingelgem Y, Hubin A. (2014). Measurement and characterization of glucose in NaCl aqueous solutions by electrochemical impedance spectroscopy. *Biomedical Signal Processing and Control*. **14**: 9-18.
- [3] Jaffrin M.Y. dan Morel H. (2008). Body Fluid Volumes Measurements by Impedance: A review of bioimpedance spectroscopy (BIS) and bioimpedance analysis (BIA) methods. *Medical engineering & physics* **30(10)**:1257–1269.
- [4] Purwanto RE, Sujatmiko A, Mesin JT, Malang PN, Hatta JS. *Identifikasi kerusakan sel melalui pengamatan perubahan distribusi impedansi elektris*. SENTIA. Malang: Politeknik Negeri Malang; 2009.
- [5] Fox C.H., Johnson F.B., Whiting J., Roller P.P., (1985). Formaldehyde fixation. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*. **33(8)**:845–53.
- [6] Lorenzo A De, Andreoli A, Matthie J, Withers P, Haverkort EB, Binnekade JM, et al. (1997). Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a Technological Review. *Journal of Applied Physiol*, **82**:1542–1558.
- [7] Ivorra, A. A., (2002). Bioimpedance monitoring for physicians : an overview 1. *Medicina per a No Metges (Medicine for non physicians)*. Barcelona; p. 131–78.
- [8] Noor, J.A. (2010). *Electrical Impedance Tomography: A Low Frequency Approach*, Germany: Lambert Academic Pub.
- [9] Riyanto B, Maddu A, Supriyanto. (2012). Pendeteksian tingkat kesegaran filet ikan nila menggunakan pengukuran sifat biolistrik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, **15(1)**: 27-34.