

ANALISIS KARAKTERISTIK NILAI IMPEDANSI LISTRIK PADA DAGING IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)

Fetronela Rambu Bobu

Fakultas Pertanian, Sains dan Kesehatan, Universitas Timor

e-mail: fetronela@unimor.ac.id

ABSTRAK

Karakteristik biolistrik pada jaringan biologis dapat diketahui dari nilai impedansinya. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan elektroda jarum yang dihubungkan ke Picoscope series 5000 dengan tujuan untuk mengukur besarnya impedansi dari daging ikan nila pada penambahan besar frekuensi. Besarnya frekuensi yang diberikan berada pada rentang 10 KHz – 100 KHz. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa karakteristik nilai impedansi jaringan daging ikan nila mengalami penurunan pada penambahan besar frekuensi. Penurunan nilai impedansi ini terjadi karena adanya efek kapasitansi pada jaringan daging ikan nila.

Kata Kunci: impedansi, frekuensi, ikan nila

ABSTRACT

The bioelectrical characteristics of biological tissue can be identified from their impedance value. This research was conducted using a needle electrode connected to the Picoscope 5000Series. The purpose of this research was to measure the impedance of tilapia flesh at increasing frequency. The frequency given is in the range of 10 KHz – 100 KHz. The measurement result showed that the characteristic impedance value of tilapia flesh decreased with increasing frequency. This decrease in impedance value occurs due to the capacitance effect on tilapia flesh.

Keywords: impedance, frequency, tilapia flesh

PENDAHULUAN

Daging ikan sebagai bahan pangan merupakan gudang semua zat gizi yang dibutuhkan tubuh. Produksi ikan nila terbukti paling baik menurut hasil analisis penawaran dan permintaan untuk produk perikanan dunia (Riyanto et al. 2012). Daging ikan nila dapat mengalami kemunduran mutu. Kemunduran mutu daging dipengaruhi oleh komposisi reaksi kimia yang bekerja di dalam daging tersebut. Reaksi kimia yang ada selama proses kemunduran mutu menghasilkan senyawa-senyawa penyebab bau busuk (Ghaly et al. 2010). Adanya senyawa-senyawa baru yang dihasilkan maka akan mempengaruhi komposisi bahan kimia pada daging ikan, sehingga akan mempengaruhi konduktivitas dan sifat dielektrik dari daging ikan (Damez et al. 2008).

Sel atau jaringan pada makhluk hidup memiliki karakteristik kelistrikannya masing-masing. Sifat kelistrikan pada makhluk hidup disebut dengan biolistrik. Sifat-sifat kelistrikan ini dapat dikorelasikan pada kondisi jaringan, sifat-sifat fisika-kimia jaringan, dan dianalisis kandungan apa saja yang terdapat pada jaringan. Sifat kelistrikan suatu bahan tersebut dapat digunakan untuk menilai kemurnian dan kualitas bahan secara non destruktif (Hidayat, 2014). Sifat kelistrikan dari suatu jaringan makhluk hidup dapat diketahui dengan melakukan pengukuran pada besaran-besaran listrik salah satunya yaitu impedansi (Sari, 2016).

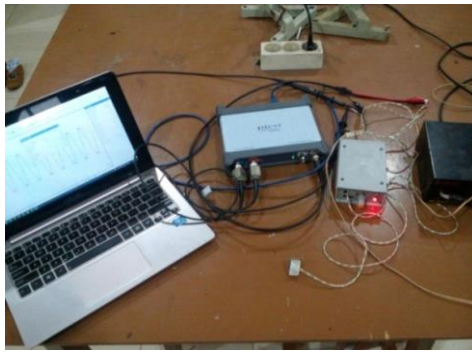
Jaringan biologis memiliki sifat kelistrikan dan dapat dianalogikan seperti rangkaian elektronik yang terdiri atas kapasitor dan resistor. Hambatan yang terukur pada jaringan biologis adalah hambatan kompleks berupa nilai impedansi. Besarnya impedansi dipengaruhi oleh besar frekuensi yang diberikan. Impedansi pada jaringan biologis biasa disebut biomedansi. Biomedansi saat ini dikembangkan pada berbagai penelitian untuk menentukan kadar darah dalam tubuh (Olarte et al. 2014), kondisi bahan pangan (Wu et al. 2008), impedansi tomografi (Purwanto et al. 2009) serta distribusi volume air dalam tubuh (Jaffrin & Morel 2008).

Penggunaan bioimpedansi dalam bahan pangan diharapkan dapat menjadi teknik baru untuk menentukan kondisi bahan pangan dalam keadaan segar, busuk, maupun tercampur bahan kimia. Penelitian tentang bioimpedansi ini, menarik minat karena sifat dari peralatannya yang *portable* dan aman, serta prosedur penggunaan yang mudah dan non-invasif. Bioimpedansi pada penelitian ini diaplikasikan pada daging ikan nila.

Penelitian terkait penggunaan sifat biolistrik untuk penentuan kualitas daging ikan nila telah dilakukan sebelumnya oleh Riyanto et al. (2012). Namun, penelitian tersebut menggunakan frekuensi dalam jangkauan 1 KHz, 25 KHz, dan 50 KHz. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan jangkauan frekuensi yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kesegaran ikan nila berdasarkan karakteristik impedansi listrik pada jangkauan frekuensi 10 KHz – 100 KHz.

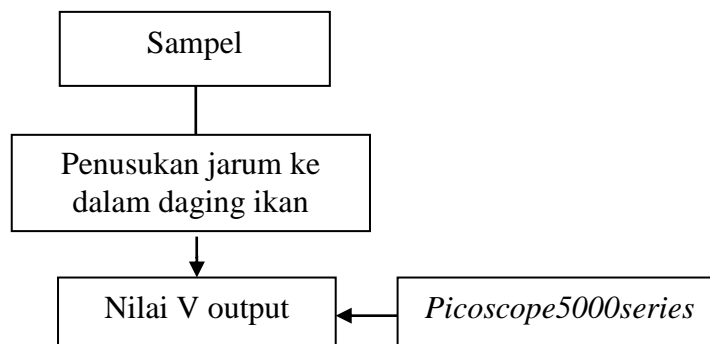
METODE

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat pengukur nilai impedansi yang terdiri atas Picoscope 5000series, V to I converter, laptop, dan jarum elektroda. Elektroda jarum yang digunakan terbuat dari bahan emas dengan ukuran panjang 45 mm dan diameter 0,6 mm. Picoscope S5000 dikendalikan oleh software yang telah diinstall di komputer. Tahapan-tahapan yang diperlukan untuk mengaplikasikan Picoscope antara lain, menginstal software pada komputer, dan mengatur nilai besaran yang akan digunakan pada penelitian. Besaran-besaran yang akan diatur meliputi amplitudo dan frekuensi yang akan digunakan. Pengaturan nilai besaran pada Picoscope dilakukan dengan membangkitkan sumber tegangan yang akan menjadi energi utama, selanjutnya *software* yang telah diinstal di komputer digunakan untuk mengatur amplitudo dan frekuensi. Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini berada pada jangkauan 10 KHz – 100 KHz. Rangkaian alat pengukuran impedansi ikan nila dapat diamati pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat pengukuran impedansi ikan nila.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini berupa lima (5) ekor ikan nila segar yang memiliki berat kurang lebih 250 gram dan berumur 4-6 bulan. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan teknik *Sampling purposive*". Jarum elektroda ditusuk pada daging ikan nila pada kedalaman 1 cm. Data dari hasil pengukuran berupa nilai tegangan output yang diperoleh dengan mengubah nilai frekuensi. Skema tahapan pengukuran sampel dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengukuran sampel.

Nilai dari impedansi merupakan perbandingan antara beda potensial dan arus yang diinjeksikan pada tiap frekuensi. Secara matematis, persamaan nilai impedansi dapat ditulis sebagai berikut:

$$|Z| = \frac{V}{I}$$

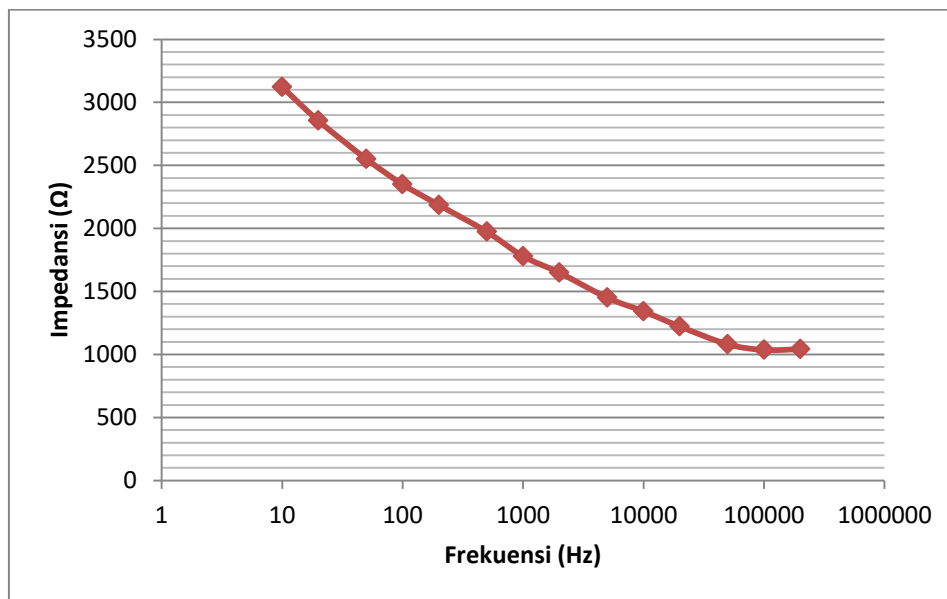
dimana Z adalah besarnya impedansi, V adalah tegangan output atau amplitudo gelombang dan I adalah arus listrik yang diinjeksikan ke daging ikan nila secara konstan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian berupa nilai tegangan pada rentang frekuensi yang ditentukan (Tabel 1). Nilai tegangan tersebut dihitung dan didapatkan nilai impedansi. Hasil analisis data menghasilkan grafik hubungan antara nilai impedansi ikan nila dan variasi nilai frekuensi yang diberikan (Gambar 3).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Impedansi Ikan Nila

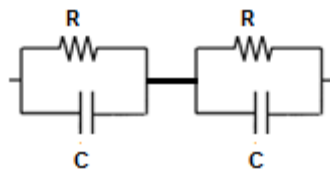
Frekuensi (Hz)	Impedansi (Ω)
10	3122
20	2854
50	2551
100	2350
200	2186
500	1974
1000	1779
2000	1648
5000	1450
10000	1342
20000	1222
50000	1081
100000	1036



Gambar 3. Hubungan frekuensi dan nilai impedansi ikan nila.

Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kurva pada saat penambahan besar frekuensi. Nilai impedansi terbesar diperoleh pada frekuensi 10 Hz dengan nilai 3121 Ω . Namun, kurva mulai mengalami penurunan pada saat penambahan besar frekuensi. Penurunan nilai impedansi ini terjadi karena adanya efek kapasitansi pada jaringan daging ikan nila. Efek kapasitansi yang timbul pada jaringan daging ikan disebabkan karena adanya membran sel (Ikediala et al. 2000). Membran sel memiliki lapisan bilayer sehingga penerapannya sama seperti kapasitor yang memiliki dua plat konduktor. Membran sel merupakan isolator yang mencegah arus dengan frekuensi rendah masuk ke dalam sel. Membran sel dalam jaringan biologi bersifat seperti suatu kapasitor (Putri, 2016).

Jaringan tersusun atas sel yang dikelilingi membran sel yang memiliki konduktansi dan sifat dielektrik yang berbeda. Suatu sel bila dianalogikan seperti rangkaian listrik memiliki komponen R dan C, seperti yang tampak pada Gambar 4.

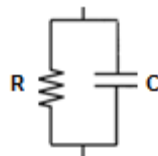


Gambar 4. Rangkaian listrik dalam sel secara seri.

Gambar 4 menampilkan rangkaian listrik secara seri dari resistor dan kapasitor yang dikenal dengan elemen Maxwell-Wagner. Jaringan tersusun atas sel yang dikelilingi membran sel yang memiliki konduktansi dan sifat dielektrik yang berbeda. Model Maxwell-Wagner merupakan pendekatan untuk mendeskripsikan sifat impedansi pada membran biologis. Nilai impedansi berdasarkan Gambar 4 adalah

$$Z(\omega) = \frac{1}{G + j\omega C} + \frac{1}{G + j\omega C}$$

Nilai impedansi dari membran sel juga dapat diperoleh dari reaktansi kapasitif dan resistansi membran yang disusun secara parallel seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Kombinasi Paralel R dan C pada Elemen Maxwell-Wagner.

Perhitungan impedansi yang ditampilkan pada Gambar 5 adalah

$$\frac{1}{Z(\omega)} = \frac{1}{R} + j\omega C \quad \text{atau} \quad Z(\omega) = \frac{1}{G + j\omega C}, \quad \text{dengan} \quad G = \frac{1}{R}$$

G adalah konduktansi total dan C adalah kapasitansi total pada frekuensi ω (Edminister & Nahvi 2003). Dari persamaan-persamaan di atas, terlihat bahwa frekuensi memberikan pengaruh pada nilai impedansi jaringan (Coster et al. 1996).

Setiap jaringan biologis memiliki konduktivitas yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh nilai C dan R yang merupakan komponen-komponen pada rangkaian listrik ekuivalen dengan sel. Nilai C dan R pada sel merupakan sifat dari suatu jaringan terkait dengan adanya sifat dari membran suatu sel, serta banyaknya ion yang terkandung dalam jaringan tersebut (Yang et al. 2013). Hal inilah yang menyebabkan nilai impedansi pada tiap-tiap jaringan tidaklah sama. Nilai impedansi mengalami penurunan saat frekuensi diperbesar disebabkan oleh adanya reaktansi kapasitansi dari membran. Semakin besar frekuensi maka akan meningkatkan mobilitas ion-ion pada jaringan daging ikan nila akibatnya nilai impedansi ikan nila akan menurun. sedangkan jika diberikan frekuensi sangat tinggi, nilai impedansi menjadi minimum.

Kenaikan frekuensi menyebabkan semakin banyak gelombang yang ditransmisikan pada kapasitor tiap detiknya. Sebelum kapasitor terisi penuh arah arus listrik sudah berbalik

sehingga terjadi pengosongan muatan pada plat kapasitor dengan cepat dan mengakibatkan muatan dalam kapasitor semakin berkurang dan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan semakin kecil. Energi yang ditransmisikan akan banyak diserap ketika frekuensi yang diberikan tinggi. Hal ini akan memacu muatan terpolarisasi dengan cepat dan resistansi yang terjadi kecil, sehingga kemampuan untuk menghantarkan listrik makin besar (Ivorra, 2002).

Sifat kapasitor sebagai konduktor tampak dalam hasil penelitian pada frekuensi lebih dari 50 KHz. Nilai impedansi mengalami kecenderungan nilai yang stabil. Membran sel pada jaringan daging ikan sudah berperan sebagai konduktor pada frekuensi tersebut. Hal ini menyebabkan pada frekuensi tinggi nilai impedansi yang terukur adalah nilai resistansi saja dan tidak terdapat efek kapasitor. Nilai resistansi tidak bergantung pada frekuensi sehingga memiliki nilai yang cenderung konstan saat frekuensi dibesarkan.

Mekanisme terukurnya karakteristik kelistrikan pada daging ikan nila yaitu pada saat sampel belum berada pada medan listrik. Akibat arus listrik dari luar yang disalurkan melalui jarum elektroda, maka terjadi penyeragaman arah dipol listrik. Kemampuan dari penyeragaman momen dipol merupakan ciri khas dari molekul-molekul yang berkaitan terhadap sifat dielektrik, fisika kimia, dan biologis.

PENUTUP

Hasil pengukuran karakteristik biolistrik berdasarkan nilai impedansi pada daging ikan nila dalam rentang frekuensi 10 KHz - 100 KHz didapatkan kesimpulan bahwa nilai impedansi daging ikan nila segar menurun seiring dengan bertambahnya frekuensi. Nilai impedansi yang dihasilkan sebesar 3122 – 1104 Ω . Penurunan nilai impedansi ini terjadi karena adanya efek kapasitansi pada jaringan daging ikan nila.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Universitas Timor yang telah mendukung kegiatan penelitian hingga pada pembuatan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Coster, H.G., Chilcott, T., & ACF Coster, 1996. Impedance spectroscopy of interfaces, membranes, and ultrastructures. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 40, pp.79–98.
- Damez, J.-L. et al., 2008. Beef meat electrical impedance spectroscopy and anisotropy sensing for non-invasive early assessment of meat ageing. *Journal of Food Engineering*, 85(1), pp.116–122.
- Edminister, J.A. & Nahvi, M., 2003. *Rangkaian Listrik Edisi Keempat*, Jakarta: Erlangga.
- Ghaly, A.E. et al., 2010. Fish Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: Review. *Journal of Applied Sciences*, 7, pp.859–877.
- Hidayat, M.R., Widodo, C.S. & Saroja, G., 2014. *Kajian Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (Clarias Batrachus) Dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah*. Malang: UB
- Ikediala JN, Tang J, Drake SR, Neven LG. 2000. Dielectric properties of apple cultivars and codling moth larvae. *Transactions of the ASAE* 43(5):1175-1184
- Ivorra, A., (2002). Bioimpedance monitoring for physicians : an overview 1. In *Medicina per a No Metges (Medicine for non physicians)*. Barcelona, pp. 131–178.
- Jaffrin, M.Y. & 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), pp.1257–69.
- Olarte, O. et al., 2014. Measurement and Characterization of Glucose in NaCl Aqueous Solutions by Electrochemical Impedance Spectroscopy. *Biomedical Signal Processing and Control*, 14, pp.9–18.
- Purwanto, R.E. et al., 2009. Identifikasi Kerusakan Sel Melalui Pengamatan Perubahan Distribusi Impedansi Elektris. In *SENTIA*. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Putri, Rizka Rahmatie A., Widodo, C.S., and Santoso, D.R., 2016. Analisis Nilai Impedansi Listrik pada Daging Ikan Nila yang Disimpan dalam Lemari Es. *Indonesian Journal of Applied Physics* .Vol. 6 No. 02 Halaman 117
- Riyanto, B., Maddu, A. & Supriyanto, 2012. Pendeteksian Tingkat Kesegaran Filet Ikan Nila Menggunakan Pengukuran Sifat Biolistrik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15.
- Sari, Cholifayanti M., Widodo, C.S., and Santoso, D.R., 2016. Pengukuran Impedansi Listrik Suatu Larutan Menggunakan Probe Plat Sejajar. *Physics Student Journal*.
- 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. *Food Engineering*, 87, pp.274–280.
- Yang, Y. et al., 2013. Moisture Content Prediction of Porcine Meat by Bioelectrical Impedance Spectroscopy. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(3-4), pp.819–825.