

Analisis Hasil Eksperimen Pengukuran Nilai Impedansi Listrik pada Zat Cair dengan Injeksi Arus pada Plat Sejajar

Gianita A. Salamena^{1)*}, Abdurrouf²⁾, Didik R. Santoso²⁾

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

²⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya

Diterima 23 Januari 2017, direvisi 30 April 2017

ABSTRAK

Paper ini membahas hasil-hasil eksperimen pengukuran impedansi listrik suatu zat cair dalam posisi sejajar dan tegak lurus dengan arah injeksi arus. Eksperimen dilakukan pada tiga jenis zat cair yang berbeda yaitu aquades, air mineral dan susu. Masing-masing zat cair diletakkan dalam wadah berbentuk kubus yang mempunyai dimensi (2,5cm × 2,5cm × 2,5cm). Elektroda dengan luas tertentu diletakkan ditengah-tengah sisi tegak wadah, sehingga terbentuk dua pasang plat sejajar, dimana salah satu pasang plat sejajar akan berfungsi sebagai elektroda arus. Jangkauan frekuensi sinyal arus yang digunakan pada eksperimen ini adalah 1Hz-500Hz. Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, diperoleh beberapa hal yaitu, masing-masing zat cair yang digunakan memiliki karakteristik listrik yang berbeda, aquades merupakan larutan dengan impedansi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan air mineral kemudian susu murni. Luasan elektroda mempengaruhi nilai impedansi yang terukur pada masing-masing zat cair, semakin besar luasan elektroda nilai impedansi zat cair akan semakin menurun. Posisi elektroda terhadap arah injeksi arus meunjukkan perbedaan nilai impedansi terukur, dimana impedansi zat cair yang terukur pada elektroda yang searah injeksi arus lebih besar dibandingkan dengan nilai impedansi zat cair yang terukur pada elektroda yang tegak lurus injeksi arus.

Kata Kunci: impedansi listrik, plat sejajar, metode injeksi arus.

ABSTRACT

This paper discusses the results of experimental measurement of the electrical impedance of liquids in parallel and perpendicular position to the direction of current injection. Experiments carried out on three different types of liquid i.e. distilled water, mineral water, and milk. Each liquid is placed in a container box with volume of 2,5cm x 2,5cm x 2,5cm. The electrode is located in the middle of the upright side of the container, forming two pairs of parallel plates, where one pair of parallel plate will serve as the current electrode. Current signal frequency range used in this experiment is 1Hz-500Hz. Experimental results obtained some things such as each liquid has a different electrical characteristic, distilled water has much larger electrical impedance compared to the mineral water and milk. Area of the electrode affects the measured impedance values on each liquid; the larger area of the electrode will decrease impedance value. The position of the electrode against the direction of flow injection showed the difference in impedance values measured, where the impedance measured at liquid injection electrode direct current is greater than the value of the impedance measured at liquid electrodes perpendicular injection current.

Keywords: electric impedance, parallel plate, injection current method.

PENDAHULUAN

Setiap bahan memiliki karakteristik

*Corresponding author:

E-mail: salamenagianita@gmail.com

kelistikan khusus yang besarnya dipengaruhi oleh ciri internal bahan, misalnya momen dipol, kandungan kimia, kadar air dalam bahan serta ciri-ciri internal lainnya, [1–3]. Proses membedakan berbagai karakteristik biolistrik lemak yang biasanya digunakan pada makanan, dilakukan beberapa kajian penelitian mengenai

konstanta dielektrik terhadap beberapa jenis lemak, yaitu lemak ayam, lemak sapi dan lemak babi [4,5]

Karakteristik kelistrikan yang sering digunakan untuk menentukan karakter fisis lain dari bahan adalah nilai impedansi. Melalui nilai impedansi listrik ini, dapat ditentukan nilai hambatan jenis bahan, sifat dielektrik, sifat magnetik dan beberapa sifat fisis lainnya. Karakteristik listrik bahan dapat dianalisis dengan pendekatan rangkaian elektronik antara resistor dan kapasitor secara paralel Metode sederhana untuk mengetahui nilai impedansi listrik adalah menggunakan metode injeksi arus pada plat sejajar [6–9].

Pada penelitian ini dilakukan kajian terhadap nilai impedansi listrik beberapa zat cair dengan karakteristik yang berbeda-beda. Aquades adalah jenis zat cair yang hampir tidak memiliki kandungan ion, sehingga ketika diberikan muatan yang mengalir, kemampuan menghambat muatan tersebut, karena kekurangan ion tersebut maka Aquades merupakan jenis zat cair yang sangat resistif. Air adalah salah satu bahan dielektrik yang memiliki kandungan ion dan memiliki sifat kelistrikan yang memiliki cenderung resistif. Susu terdapat kandungan air dan laktos, dimana air memiliki kecenderungan resistif (R) dan laktosa yang cenderung kapasitif (C).

Persamaan untuk menghitung nilai impedansi merupakan penurunan dari Hukum Ohm yang mendefinisikan resistansi R dalam bentuk rasio antara voltage V dan arus I . Pada praktisnya, elemen rangkaian menampilkan banyak perilaku kompleks. Namun pada kasus yang sering dijumpai suatu rangkaian memiliki perilaku yang lebih kompleks membuat konsep sederhana resistansi harus ditinggalkan. Sehingga, impedansi digunakan untuk menggambarkan secara umum parameter tahanan pada rangkaian [10]

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

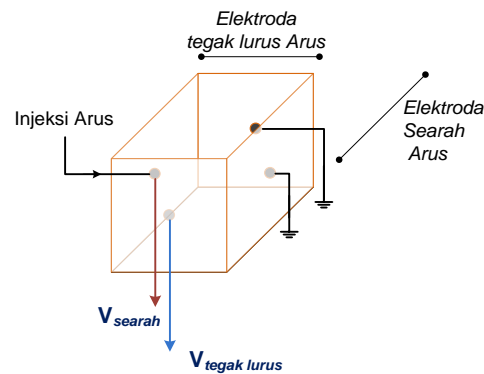
Resistansi zat cair sering menjadi faktor yang signifikan pada impedansi dari sel elektrokimia. Resistansi dari suatu zat cair ionik bergantung pada konsentrasi ion, jenis ion, suhu dan geometri luasan injeksi arus. [10] Resistansi zat cair dengan resistivitas (ρ) (Ohm.m) pada suatu area yang dibatasi luasan (A) m^2 dengan jarak (L) m kemudian, maka resistansi tersebut

dapat didefinisikan seperti pada persamaan 2. Sementara resistivitas zat cair berbanding terbalik dengan konduktivitas suatu zat cair (σ) $Ohm^{-1}.m^{-1}$ [11].

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

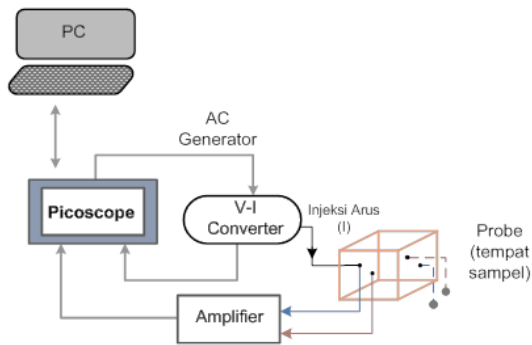
Peralatan yang digunakan meliputi 1-unit PC, Picoscope S5000, modul *V to I converter*, plat sejajar berbentuk lingkaran dengan diameter 1mm, 3mm dan 5mm. Masing-masing zat cair diletakkan pada wadah berbentuk kotak yang mempunyai volume $2,5cm \times 2,5cm \times 2,5cm$. Elektroda terletak ditengah-tengah sisi tegak wadah, sehingga terbentuk dua pasang plat sejajar, dimana salah satu pasang plat sejajar akan berfungsi sebagai elektroda arus. Impedansi zat cair searah injeksi arus diukur pada elektroda arus, sementara impedansi zat cair tegak lurus arus diukur pada plat sejajar lainnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Wadah zat cair yang dilengkapi dengan elektroda

Set-up sistem pengukuran nilai impedansi listrik zat cair menggunakan plat sejajar dengan metode injeksi arus ditunjukkan pada Gambar 2. Sistem instrumentasi pengukuran nilai impedansi zat cair pada Gambar 2, dideskripsikan sebagai berikut, Picoscope yang berfungsi sebagai pembangkit sinyal tegangan AC dihubungkan dengan komputer yang telah dipasang software Picoscope, untuk mengendalikan nilai sinyal AC dengan variasi frekuensi dari 1Hz sampai dengan 500Hz yang dibangkitkan menuju ke modul pengubah

tegangan menjadi arus (*V to I converter*), nilai arus hasil konversi dari tegangan diinjeksikan ke zat cair melalui salah satu sisi plat sejajar seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Aliran arus akan terhambat berdasarkan karakteristik listrik tiga jenis zat cair.



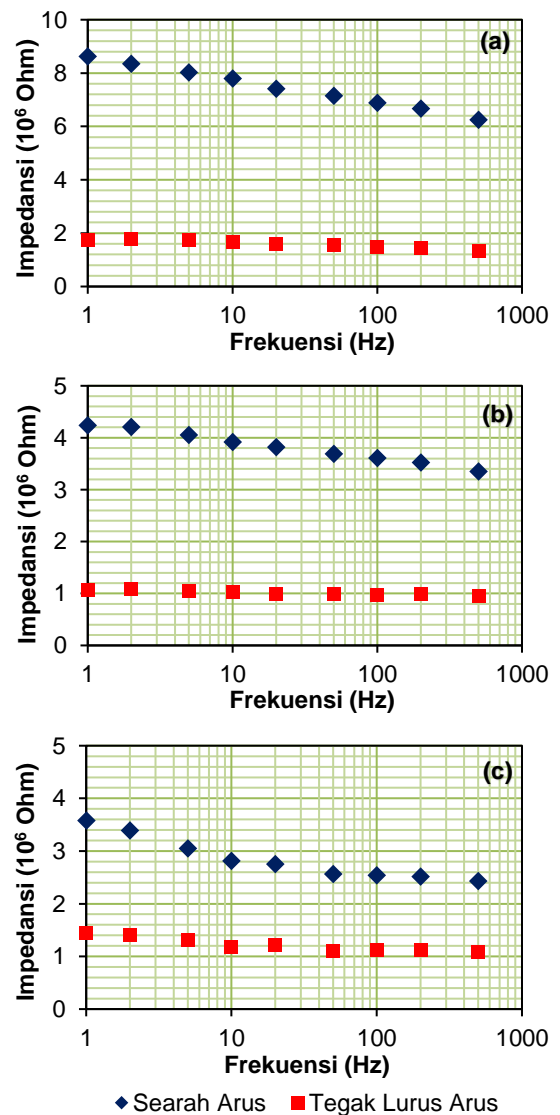
Gambar 2. Set-up alat sistem instrumentasi pengukuran nilai impedansi listrik zat cair

Kemampuan hambatan ini yang disebut impedansi. Nilai impedansi yang terukur diperoleh dari rasio tegangan yang terbaca ketika arus diinjeksikan dengan nilai referensi arus yang diinjeksikan seperti yang dirumuskan pada persamaan 1. Selain itu pengukuran juga dilakukan pada sisi pasangan plat sejajar yang lain. Untuk membandingkan hasil pengukuran zat cair dengan plat sejajar pada sisi yang menjadi media injeksi arus dengan sisi plat sejajar yang tidak menjadi media injeksi arus pada eksperimen ini.

Pengambilan data dilakukan pada tiga jenis zat cair yaitu aquades, air mineral dan susu murni, masing-masing zat cair dilakukan pengukuran nilai impedansi sebanyak tiga kali pada plat sejajar berdiameter 1mm, 3mm, dan 5mm. Pengukuran dilakukan pada beberapa nilai frekuensi rendah dengan jangkauan frekuensi yaitu adalah 1 Hz sampai dengan 500 Hz. Hasil pengukuran yang diperoleh adalah nilai beda potensial (V) ketika arus diinjeksikan ke setiap zat cair untuk setiap ukuran diameter wadah. Nilai tegangan terukur kemudian dibagi dengan nilai arus yang diinjeksikan berdasarkan persamaan (1), sehingga diperoleh nilai impedansi (Z) setiap jenis zat cair. Melalui grafik fungsi frekuensi terhadap nilai impedansi zat cair dapat ditinjau perbedaan nilai impedansi terukur pada plat sejajar yang salah satu sisinya menjadi media injeksi arus dengan plat sejajar yang tidak menjadi media injeksi arus untuk setiap zat cair eksperimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran impedansi aquades sebagai fungsi frekuensi pada plat sejajar berdiameter 1mm, 3mm dan 5mm ditunjukkan oleh Gambar 3. Berdasarkan grafik tersebut, titik-titik hasil pengukuran berwarna biru menunjukkan nilai impedansi terukur sebagai fungsi frekuensi pada sisi plat sejajar sebagai searah dengan injeksi arus. Sedangkan, deretan titik-titik hasil pengukuran berwarna merah menunjukkan nilai impedansi terukur sebagai fungsi frekuensi pada sisi plat sejajar yang tegak lurus arah injeksi arus.



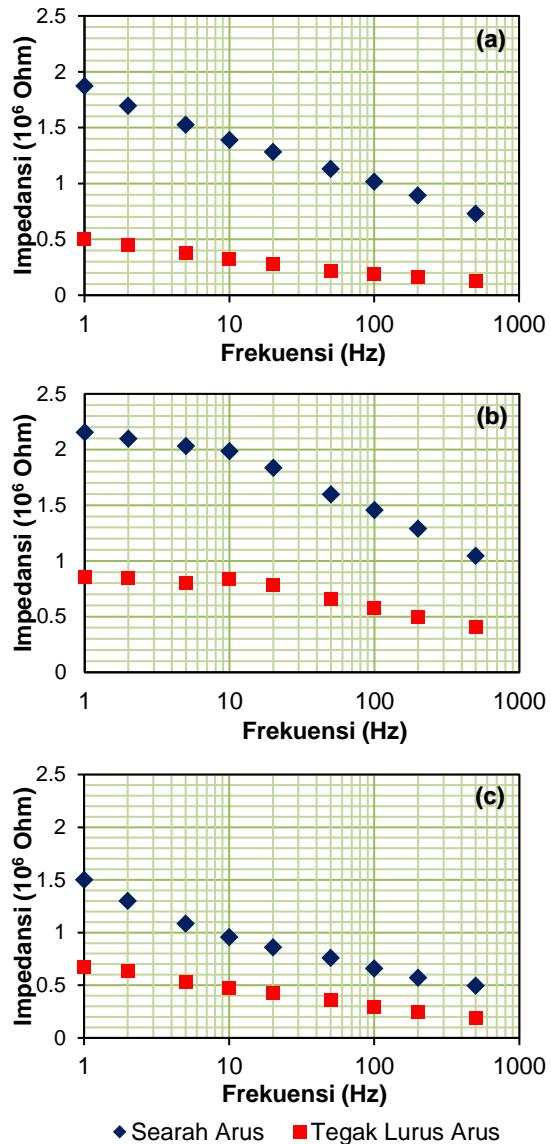
Gambar 3. Perbandingan impedansi aquades pada plat sejajar diameter (a) 1 mm, (b) 3 mm dan (c) 5 mm.

Pengaruh geometri plat sejajar terhadap nilai impedansi terukur yang ditunjukkan oleh grafik impedansi aquades sebagai fungsi frekuensi (Gambar 3) sesuai dengan persamaan (2). Nilai resistansi suatu zat cair bergantung pada suatu area yang dibatasi luasan tertentu, dimana resistansi memiliki hubungan berbanding terbalik dengan luasan tersebut. Selain dipengaruhi oleh geometri plat sejajar yang ditunjukkan pada grafik impedansi aquades sebagai fungsi frekuensi, juga ditunjukkan adanya perbedaan nilai impedansi yang terukur pada sisi plat sejajar yang searah injeksi arus, dengan nilai impedansi terukur pada plat sejajar yang tidak menjadi media penginjeksi arus atau tegak lurus arus.

Pada eksperimen ini digunakan plat sejajar yang terbuat dari logam tembaga dan memiliki sifat nilai kapasitansi (C) dan resistansi (R) pada logam tersebut. Sehingga ketika elektron yang mengalir melalui arus yang diinjeksikan melewati plat tersebut, terjadi polarisasi ion-ion zat cair sehingga terarah pada sumber injeksi menuju ke plat tersebut, sehingga ion-ion bermuatan tersebut bergabung dengan muatan pada plat. Ketika pengukuran dilakukan nilai impedansi zat cair terukur dipengaruhi oleh muatan-muatan yang sudah terpolarisasi pada permukaan plat. Sehingga nilai impedansi yang terukur juga termasuk kapasitansi dan resistansi sisi plat sejajar sebagai sumber injeksi arus. Sementara itu nilai impedansi yang diukur pada sisi plat sejajar yang tegak lurus injeksi arus, bernilai lebih rendah dikarenakan tidak terpengaruh secara signifikan polarisasi yang terjadi karena tidak berfungsi sebagai sumber injeksi arus, dimana arah polarisasi ion-ion zat cair akan cenderung menuju plat yang searah injeksi arus.

Grafik impedansi air sebagai fungsi frekuensi pada plat sejajar berdiameter 1mm, 3mm dan 5mm ditunjukkan oleh Gambar 4. Terdapat dua fungsi di masing-masing grafik yang ditunjukkan oleh deretan titik-titik hasil berwarna biru yang menunjukkan nilai impedansi terukur sebagai fungsi frekuensi pada sisi plat sejajar yang searah dengan injeksi arus, dan deretan titik-titik berwarna merah menunjukkan nilai impedansi terukur sebagai fungsi frekuensi pada sisi plat sejajar yang tegak lurus injeksi arus. Tidak berbeda dengan trend yang diperoleh pada grafik impedansi aquades sebagai fungsi frekuensi dimana geometri plat

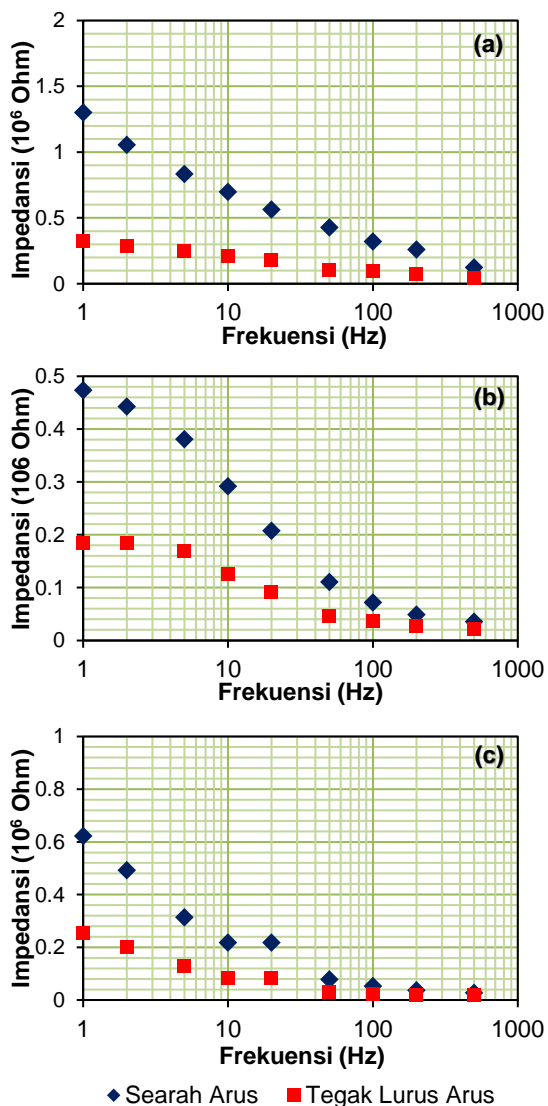
sejajar mempengaruhi nilai impedansi terukur, pada grafik impedansi air sebagai fungsi frekuensi yang menggambarkan hubungan tahanan pada zat cair dengan luas area tertentu pada persamaan 2. Dimana nilai impedansi akan berkurang jika diameter plat sejajar yang digunakan semakin besar.



Gambar 4. Perbandingan impedansi air mineral pada plat sejajar diameter (a) 1 mm, (b) 3 mm dan (c) 5 mm

Selain itu perbedaan nilai impedansi terukur pada sisi plat sejajar searah injeksi arus di zat cair air mineral menunjukkan kecenderungan yang sama dengan pengukuran pada aquades yaitu, nilai impedansi terukur pada plat sejajar searah injeksi arus lebih besar dibandingkan dengan plat sejajar yang tegak lurus injeksi arus.

Namun yang berbeda dengan hasil pengukuran pada aquades yaitu selisih nilai impedansi terukur pada plat sejajar searah injeksi arus dengan plat sejajar yang tegak lurus arah injeksi pada air mineral lebih kecil dibandingkan dengan selisih dimaksud pada aquades. Hal ini juga dapat menggambarkan karakteristik listrik kedua zat cair tersebut, dimana aquades memiliki sifat lebih resistif dibandingkan air mineral karena sedikitnya nilai ion yang terkandung pada aquades dibandingkan dengan air mineral.



Gambar 5. Perbandingan impedansi susu pada plat sejajar diameter (a) 1 mm, (b) 3 mm dan (c) 5 mm.

Berdasarkan Gambar 5 yang merupakan grafik impedansi susu sebagai fungsi frekuensi, untuk diameter plat sejajar masing-masing

1mm, 3mm, dan 5mm, ditunjukkan hubungan yang digambarkan pada persamaan 2 dimana geometri plat sejajar berbanding terbalik dengan nilai impedansi terukur seperti yang telah dibuktikan pada grafik impedansi sebagai fungsi frekuensi pada aquades dan cair air.

Selain itu tidak berbeda dengan grafik impedansi sebagai fungsi frekuensi pada aquades dan air mineral, terdapat dua fungsi di masing-masing grafik yang ditunjukkan oleh deretan titik-titik hasil berwarna biru yang menunjukkan nilai impedansi terukur sebagai fungsi frekuensi pada sisi plat sejajar searah injeksi arus, dan deretan titik-titik berwarna merah menunjukkan nilai impedansi terukur sebagai fungsi frekuensi pada sisi plat sejajar yang tegak lurus injeksi arus. Dimana, nilai impedansi terukur pada plat sejajar searah injeksi arus lebih besar dibandingkan dengan impedansi terukur pada plat sejajar tegak lurus injeksi arus.

Namun dibandingkan dengan aquades dan air mineral, selisih nilai impedansi terukur pada plat sejajar searah injeksi arus dengan plat sejajar tegak lurus injeksi arus pada air lebih kecil. Hal ini juga dapat dikaitkan dengan sifat listrik dari susu yang memiliki sifat resistif akibat kandungan air dan sifat kapasitif karena kandungan laktosa.

KESIMPULAN

Penelitian ini membahas hasil-hasil eksperimen pengukuran nilai impedansi listrik pada zat cair dengan metode injeksi arus pada plat sejajar. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai impedansi zat cair yang terukur berbanding terbalik dengan luasan plat yang digunakan. Sehingga nilai impedansi listrik terukur merupakan nilai relatif terhadap elektroda (plat) yang digunakan. Terdapat perbedaan nilai impedansi antara plat yang sejajar dengan injeksi arus dengan plat yang tegak lurus, hal ini telah sesuai dengan teori rangkaian listrik dan elektrodinamika bahan serta akan sangat berguna untuk menentukan homogenitas kelistrikan suatu bahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ilmiah ini merupakan bagian dari

grand penelitian yang dibiayai oleh PUPT UB tahun 2016 dengan nomer kontrak: 137/SP2H/LT/DRPM/III/2016, tanggal 10 Maret 2016

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hermawan, B. (2005) Monitoring kadar air tanah melalui pengukuran sifat dielektrik pada lahan jagung. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, **7**, 15–22.
- [2] Ando, Y., Mizutani, K. dan Wakatsuki, N. (2014) Electrical impedance analysis of potato tissues during drying. *Journal of Food Engineering*, Elsevier Ltd. **121**, 24–31.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.008>
- [3] Zhang, M.I.N. dan Willison, J.H.M. (1993) Electrical Impedance Analysis in Plant Tissues: Impedance Measurement in Leaves. *Journal of Experimental Botany*, **44**, 1369–75.
- [4] Rosita, F.N. dan Widodo, C.S. (2014) Kajian Pengaruh Campuran Lemak Babi Terhadap Konstanta Dielektrik Lemak Ayam Menggunakan Metode Dielektrik. *Physics Student Journal*, **2**, 301–3.
- [5] Setyani, N.F., Widodo, C.S. dan Saroja, G. (2014) Studi Karakteristik Biolistrik Membran Telur Bebek Sebagai Bahan Dielektrik. *Physics Student Journal*, **2**, 21–5.
- [6] Cooper, W.D. (1982) *Electronic Instrumentation and Measurement Techniques*. 2nd Edition. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.
- [7] Juansah, J., Budiastra, I.W., Dahlan, K. dan Seminar, K.B. (2012) The Prospect of Electrical Impedance Spectroscopy as Nondestructive Evaluation of Citrus Fruits Acidity. *IJTAE*, **2**, 58–64.
- [8] Juansah, J. (2013) Kajian spektroskopi impedansi listrik untuk evaluasi kualitas buah jeruk keprok garut secara nondestruktif. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- [9] Chowdhury, A., Bera, T.K., Ghoshal, D. dan Chakraborty, B. (2015) Studying the electrical impedance variations in banana ripening using electrical impedance spectroscopy (EIS). *Proceedings of the 2015 Third International Conference on Computer, Communication, Control and Information Technology (C3IT)*, IEEE. hal. 1–4.
<https://doi.org/10.1109/C3IT.2015.7060196>
- [10] IEEE. (1992) IEEE Std. 81.2-1991: IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York.
- [11] Effendi, R., Syamsudin, S., Sinambela, W.S. dan Soemarto. (2007) *Medan Elektromagnetika Terapan*. Penerbit Erlangga, Jakarta.