

PENGEMBANGAN ALAT UJI KEMATANGAN JERUK PAMELO DENGAN METODE IMPEDANSI

Donie Agus Ardianto¹, Sunardi², Luki Utomo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik elektro, Universitas Pamulang
^{1,2,3}Jln. Puspiptek Raya No. 46 Buaran, Setu-Tangerang Selatan,, Banten, 15310, Indonesia

¹dosen01847@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 12-12-2019
revisi : 20-04-2020
diterima : 18-05-2020
dipublish : 19-05-2020

ABSTRAK

Citrus Pamela / Citrus Maxima adalah jeruk dengan ukuran besar dan kulit tebal. Pamelos setengah matang atau matang berwarna hijau atau hijau kekuningan sehingga agak sulit untuk dibedakan. Dalam penelitian ini, dikembangkan perangkat untuk menentukan kematangan pamelos menggunakan metode impedansi. Sifat listrik pamelos dibandingkan untuk menentukan kematangan buah. Pengukuran impedansi dan fase dilakukan dengan menyuntikkan arus bolak-balik menggunakan probe dua-elektroda yang terhubung ke buah. Frekuensi bolak-balik dipilih antara 1 kHz hingga 100 kHz. Kami juga mengukur keasaman dan kadar gula pamelos dengan menggunakan pH meter dan *Refractometer Brix*. Hasil penelitian menunjukkan AD5933 dapat digunakan untuk mengukur rangkaian ekuivalen model Cole dan juga mengukur impedansi jeruk pamelos. Pengukuran kadar gula (*°brix*) pada sampel jeruk menunjukkan nilai antara 10.5 % hingga 14.00 % dan pH dari 4.00 hingga 5.85.

Kata kunci : kematangan buah; citrus pamelos; sifat kelistrikan buah; bio-impedansi

ABSTRACT

Development of Citrus Pamela Fruit Maturity Test Equipment with Impedance Method. *Citrus Pamela/Citrus Maxima* is an orange with a large size and thick skin. Half-ripe or mature Pamelos are both green or yellowish-green so it is rather difficult to distinguish. In this study, a device was developed to determine the Pamelos ripening using an impedance method. The Pamelos electrical properties are compared to determine fruit maturity. Impedance and phase measurement is done by injecting alternating current using two-electrode probes connected to the fruit. The alternating frequency is selected between 1 kHz to 100 kHz. We also measure the Pamelos acidity and sugar content by using a pH meter and *Refractometer Brix*. The result shown that the AD5933 can be used to measure the pamelos fruit impedance. The measurement of pamelos sugar content (*°brix*) shows between 10.5 to 14.00 % and pH from 4.00 to 5.85.

Keywords : fruit ripening; citrus pamelos; fruit electrical characteristic; bio-impedance

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu komoditas buah-buahan, jeruk menjadi andalan di sektor pertanian dengan volume perdagangan dunia yang cukup besar. Jeruk mempunyai konsumen tersendiri yang bisa memberikan kontribusi terhadap perekonomian baik di daerah maupun nasional. Buah jeruk merupakan salah satu buah yang memiliki varietas paling banyak dan setiap jenis buah jeruk memiliki perbedaan bentuk, warna dan ukuran. Salah satunya adalah jeruk besar (*Citrus maxima Merr*, *Citrus grandis Osbeck*) yang sering disebut dengan pamelu. Jeruk pamelu merupakan buah jeruk yang berukuran besar, dengan diameter rata-rata 15-22 cm, bahkan ada yang lebih dari 30 cm, dengan warna kulit kuning. Daging buah berwarna putih, kekuningan atau merah muda. Bobot buah rata-rata sekitar 1-2 kg (Pracaya, 2000).

Setiap buah memiliki ciri kematangannya yang berbeda-beda. Kematangan buah secara umum dapat dilihat dari ukuran dan perubahan warna. Akan tetapi pada buah jeruk, banyaknya varietas buah ini membuat kita kesulitan untuk menentukan kematangannya karena ciri-ciri kematangan dari tiap jenis buah jeruk tidak sama. Misalnya antara jeruk pamelu dan jeruk purut, saat ukuran jeruk pamelu dan jeruk purut sama besar, jeruk purut tersebut mungkin sudah sangat matang akan tetapi jeruk pamelu tersebut pasti masih sangat muda dan rasanya masih masam.

Penggunaan teknologi, terutama untuk sifat kelistrikan untuk membantu sektor pertanian semakin berkembang karena beberapa sifat listrik seperti konduktansi, kapasitansi dan resistansi dapat digunakan untuk menentukan kualitas

dari buah. Metode kapasitansi merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam bidang pertanian. Metode kapasitansi digunakan untuk menentukan kematangan beberapa buah antara lain buah pisang, pepaya, alpukat dan lain-lain. Selain itu metode kapasitansi juga digunakan untuk menentukan kadar gula dan tingkat keasaman pada buah jeruk. Selain karena sifat pengujiannya yang tidak merusak dan non-kontak, metode kapasitansi merupakan metode yang cukup sederhana, cepat, dan ekonomis.

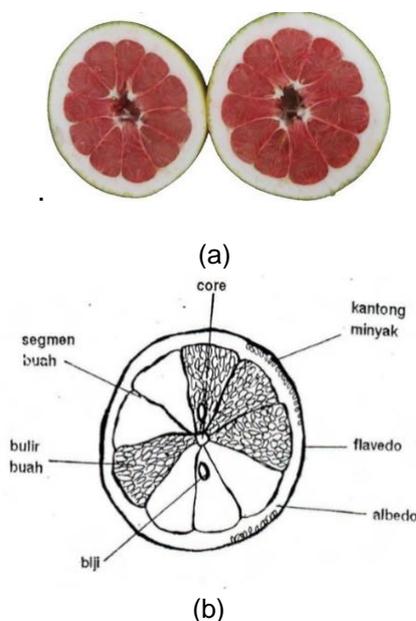
Selain metode kapasitansi, metode impedansi juga digunakan pada bidang pertanian. Metode spektroskopi impedansi listrik dengan menggunakan dua elektroda untuk mengukur tingkat kematangan pada buah mangga. Karakteristik buah mangga dengan kulit yang tipis tentu saja berbeda dengan karakteristik buah jeruk pamelu yang memiliki kulit yang tebal. Pada penelitian dikembangkan alat untuk mengetahui tingkat kematangan buah jeruk pamelu dengan metode impedansi. Sifat kelistrikan dari buah jeruk pamelu dibandingkan untuk membedakan buah yang sudah matang dan buah yang belum matang.

Agar dapat mengembangkan alat uji kematangan buah perlu diketahui karakteristik kelistrikan buah jeruk pamelu dan apakah bisa digunakan untuk membedakan buah yang belum dan sudah matang. Selain itu juga perlu dilakukan penelitian terkait frekuensi sinyal listrik minimum yang diperlukan untuk menentukan tingkat kematangan dari buah jeruk pamelu. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengetahui tingkat kematangan buah jeruk pamelu berdasarkan sifat kelistrikannya; (2) Merancang alat yang dapat digunakan untuk

menentukan tingkat kematangan buah jeruk pangelo dengan metode impedansi.

TEORI

Jeruk pangelo berbiji umumnya berbentuk *spheroid* (seperti bola), dan *ellipsoid*, sedangkan yang tidak berbiji berbentuk *pyriform* (seperti buah pir). Jeruk pangelo terdiri dari beberapa bagian, umumnya kulit, daging buah, dan biji. Kulit jeruk pangelo mempunyai ketebalan dari 1-4 cm berwarna hijau ke kuning-kuningan. Kulit ini terdiri dari beberapa lapisan, yaitu epidermis, flavedo, kelenjar minyak, albedo, dan ikatan pembuluh. Daging jeruk pangelo terbagi-bagi seperti buah jeruk pada umumnya yang terbagi atas beberapa segmen, hanya saja ukurannya yang jauh berbeda. Segmen ini terdiri dari dinding segmen, rongga cairan, dan biji. Selain bagian-bagian diatas, ada bagian lain yang disebut inti 2 (Mohapatra, Shanmugasundaram, & Malmathanraj, 2017).



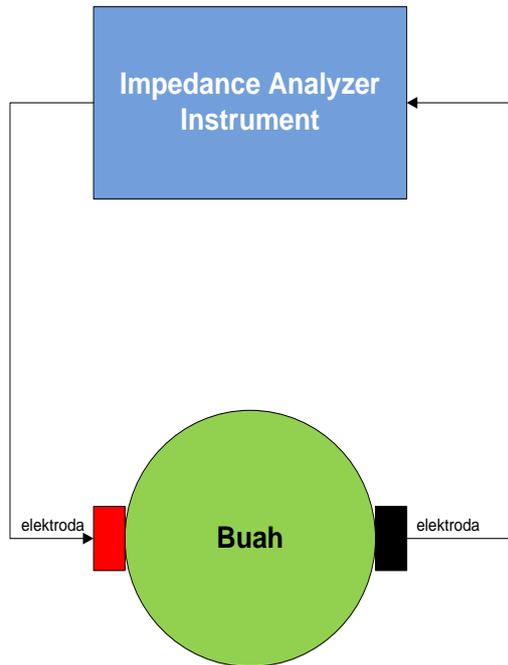
Gambar 1. (a) Jeruk pangelo dan (b) struktur lapisan jeruk pangelo 2, 3.

Penelitian terkait kematangan buah menggunakan metode kelistrikan telah banyak dilakukan. Mohapatra et al. 4 melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat kematangan buah dengan menggunakan rangkaian kapasitor pelat sejajar untuk mengukur perubahan sifat dielektrik dari buah pisang merah. Dari hasil penelitian diketahui bahwa semakin matang buah maka nilai kapasitansi dan permivitas relative meningkat sedangkan impedansi dan admitansi semakin menurun.

Metode kapasitansi juga digunakan untuk mengukur kadar gula dalam buah. Penelitian 5 melakukan deteksi kadar gula dalam buah jeruk dengan membandingkan hasil pengukuran kapasitansi dan refraktrometer. Dari hasil penelitian diketahui bahwa ada korelasi antara kapasitansi buah jeruk dengan prosentase kadar gula dalam jeruk dengan koefisien korelasi 90 %.

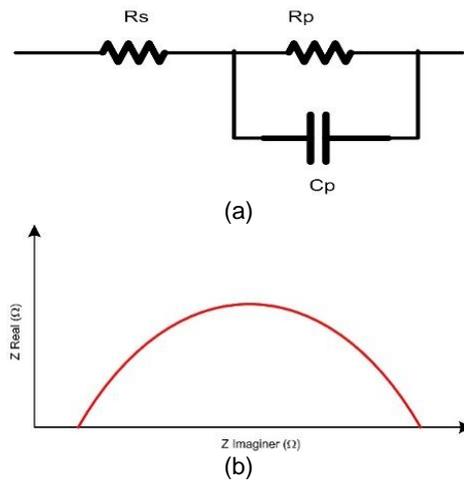
Selain kapasitansi, metode spektroskopi impedansi listrik juga digunakan untuk menentukan kematangan buah. Figueiredo Neto et al. 6 menentukan tingkat kematangan buah mangga dengan menginjeksikan tegangan AC 100 mV pada frekuensi 1 Hz hingga 1 MHz. Dua buah elektroda Ag/AgCl ditempelkan pada buah mangga pada posisi berlawanan untuk mengukur impedansi dari buah mangga. J. Juansah et.al 7 melakukan penelitian terkait karakteristik kelistrikan buah jeruk keprok selama pematangan. Tingkat kematangan diukur dari perubahan nilai kapasitansi dan resistansi dengan menggunakan spektroskopi impedansi listrik. Selain pengukuran kelistrikan dilakukan juga pengukuran keasaman buah dengan menggunakan pH meter. Gambar 2 merupakan setup alat pengukuran impedansi buah pada penelitian (Juansah,

Budiastra, Dahlan, & Seminar, 2012)(González-Araiza, Ortiz-Sánchez, Vargas-Luna, & Cabrera-Sixto, 2017).



Gambar 2. Setup alat pengukuran bio-impedance pada buah

Salah satu model yang sering digunakan pada aplikasi bio impedansi adalah model impedansi cole seperti pengukuran kematangan buah (Figueiredo Neto, Cárdenas Olivier, Rabelo Cordeiro, & Pequeno de Oliveira, 2017)(Juansah, Budiastra, Dahlan, & Seminar, 2012). Model impedansi cole terdiri dari tiga elemen hipotesis yaitu resistor frekuensi tinggi yang terkait resistansi extraselular, resistor frekuensi rendah yang terkait resistansi intraselular dan elemen fasa konstan (*Constant Phase Element, CPE*). Dibawah ini adalah persamaan impedansi cole $Z(s)$. Pemodelan impedansi cole dapat dilihat pada gambar 3.



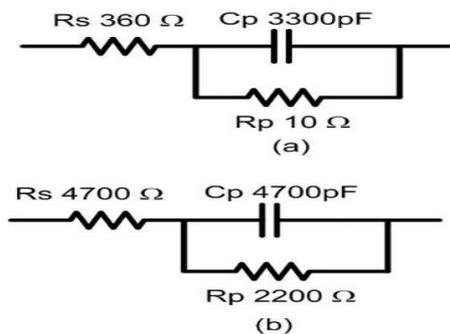
Gambar 3. Pemodelan impedansi cole (a) rangkaian ekuivalen (b) plot Nyquist spektrum impedansi.

Pengukuran bio-impedansi dengan metode spektroskopi impedansi listrik menggunakan dua buah elektroda untuk menginjeksikan sinyal listrik ke objek. Perangkat spektroskopi impedansi portabel telah banyak dikembangkan. Beberapa penelitian menggunakan AD5933 sebagai komponen utama untuk analisa impedansi (Chowdhury, Datta, Bera, Ghoshal, & Chakraborty, 2018)(Chabowski, Piasecki, Dzierka, & Nitsch, 2015). AD5933 merupakan rangkaian terintegrasi sistem konverter impedansi presisi tinggi yang dapat mengukur rentang impedansi 10 Ohm hingga 10 MOhm dengan rentang frekuensi satu Hz hingga 100 kHz.

METODOLOGI

Berisi Pada penelitian ini pengukuran impedansi dilakukan menggunakan AD5933 evaluation board dengan tegangan AC sebesar 2 Vpp frekuensi 1 kHz hingga 100Khz dengan kenaikan tiap 200 kHz. Pengukuran impedansi dilakukan dengan membuat dua buah rangkaian ekuivalen bioimpedance model Cole untuk mengetahui kinerja dari AD5933. Sebelum dilakukan pengukuran, AD5933 dikalibrasi menggunakan resistor. Tiga buah resistor

(Rc) digunakan untuk mengkalibrasi AD5933 yaitu 360 Ohm, 2200 Ohm dan 10000 Ohm.



Gambar 4. Rangkaian ekuivalen model Cole dengan (a) R_s 360 Ohm, R_p 10 Ohm dan C_p 3300pF dan (b) R_s 4700 Ohm, R_p 2200 Ohm dan C_p 4700pF.

Rangkaian ekuivalen pertama terdiri dari $R_s = 360$ Ohm, $R_p = 10$ Ohm, dan $C_p = 3300$ pF. Sedangkan rangkaian ekuivalen kedua terdiri dari $R_s = 4700$ Ohm, $R_p = 2200$ Ohm dan $C_p = 4700$ pF. Gambar 4 merupakan kombinasi rangkaian ekuivalen yang digunakan. Kedua rangkaian ekuivalen ini diukur untuk masing-masing nilai resistor kalibrasi. Hasil Pengukuran kemudian dibandingkan dan di *fitting* dengan menggunakan *software EIS spectrum analyser 1.0* (Bondarenko & Ragoisha, 2005).

Tiga jeruk pamelomatang yang dibeli di pasar dan tiga jeruk pamelomatang yang dipetik dari pohon diukur menggunakan AD5933 dan elektroda yang dibuat dari konektor logam. Gambar 5a merupakan elektroda probe yang dipakai pada penelitian ini. Probe Elektroda dibuat dengan memodifikasi stetoskop. Ujung logam konektor probe disolder dengan kabel dan dimasukkan ke dalam eartips seperti yang ditunjukkan pada gambar 5b. Jeruk pamelomatang yang akan diukur diberi label abjad seperti yang terlihat pada gambar 5c.



(a) (b)



(c)

Gambar 5. Elektroda yang digunakan untuk pengukuran impedansi jeruk pamelomatang. (a) penggunaan *probe* pada jeruk pamelomatang, (b) *electrode* logam pada *eartip*, (c). sampel jeruk pamelomatang.

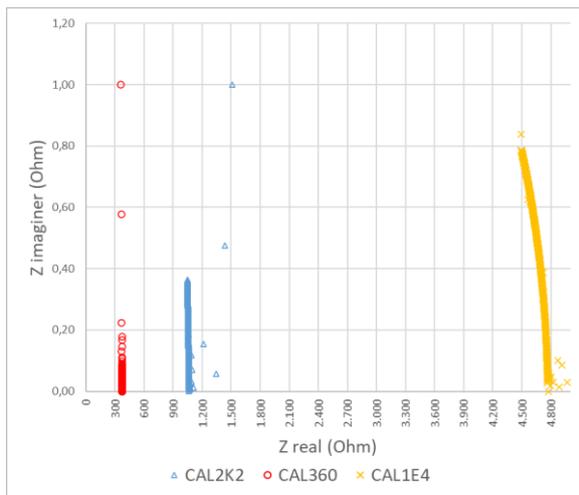
Selain pengukuran impedansi, dilakukan juga pengukuran kadar gula dan keasaman buah. Setiap sampel diambil sari buah (jus) yang kemudian pengukuran kadar gula dengan menggunakan *refractometer brix*. Sedangkan pengukuran tingkat keasaman buah menggunakan alat ukur pH meter. Pengukuran kadar gula digunakan untuk mengetahui perbedaan kematangan masing-masing buah yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi data Pengukuran impedansi dilakukan pada jeruk pamelomatang. Sampel yang digunakan yaitu tiga jeruk pamelomatang yang diperoleh di pasar dan tiga jeruk pamelomatang yang baru dipetik dari pohon. Sebelum melakukan pengukuran impedansi pada jeruk pamelomatang, terlebih dulu dilakukan

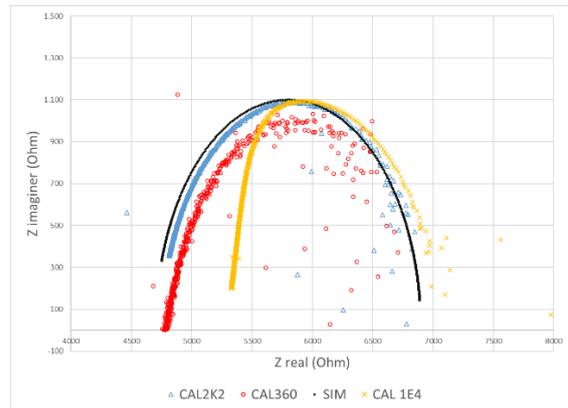
pengukuran impedansi rangkaian ekuivalen yang telah dibuat.

Gambar 6. Menunjukkan pengukuran impedansi rangkaian ekuivalen R_s 360 Ohm, R_p 10 Ohm dan C_p 3300 pF. Dari gambar 6 diketahui bahwa untuk R_c 2200 Ohm dan 10000 Ohm. Nilai impedansi dari rangkaian ekuivalen 1 tidak terukur dengan baik. Hal ini dikarenakan pada AD5933 nilai terendah yang dapat diukur adalah 1/3 dari R_c .



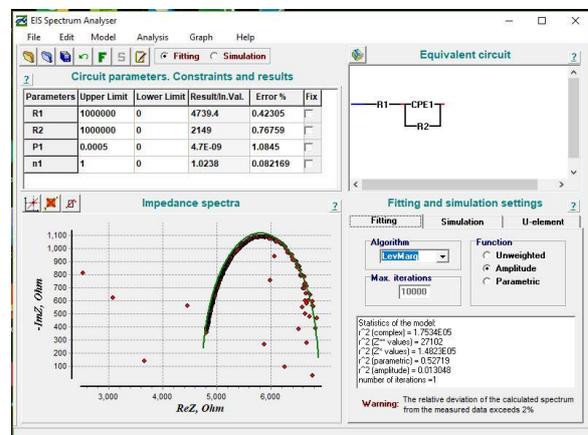
Gambar 6. Plot Nyquist untuk pengukuran impedansi rangkaian R_s 4700 Ohm R_p 2200 Ohm dan C_p 4700 pF dengan tiga resistor kalibrasi R_c yang berbeda (360 Ohm, 2200 Ohm dan 10000 Ohm).

Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran impedansi dengan menggunakan rangkaian ekuivalen R_s 4700 Ohm, R_p 2200 Ohm dan C_p 4700pF. Dari gambar 7 diketahui bahwa impedansi rangkaian ekuivalen dapat terukur dengan baik untuk masing-masing R_c . Sehingga pemilihan nilai R_c harus diperhatikan untuk mendapatkan akurasi hasil pengukuran.



Gambar 7. Plot Nyquist untuk pengukuran impedansi rangkaian R_s 4700 Ohm, R_p 2200 Ohm dan C_p 4700 pF dengan tiga resistor kalibrasi R_c yang berbeda (360 Ohm, 2200 Ohm dan 10000 Ohm) dan hasil simulasi dengan software EIS.

Untuk mengetahui parameter kelistrikan yang diukur sesuai apakah dengan masing-masing pengukuran maka dilakukan *fitting* dengan menggunakan software EIS seperti yang terlihat pada gambar 8. Nilai R_s R_p dan C_p untuk masing-masing pengukuran bisa dilihat pada tabel 1. Hasil *fitting* menunjukkan hasil pengukuran sesuai dengan nilai dari R_s R_p dan C_p yang digunakan.

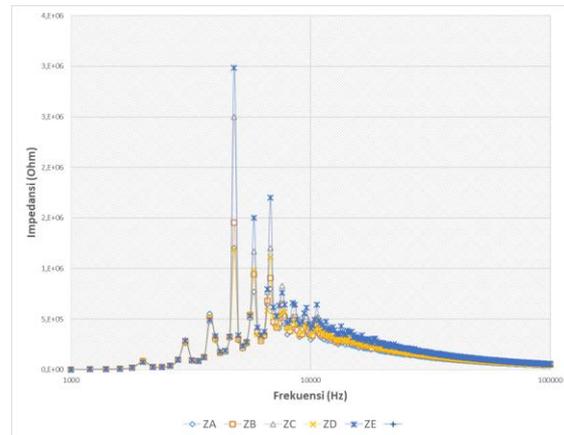


Gambar 8. *fitting* pengukuran rangkaian ekuivalen R_s 4700 Ohm R_p 2200 Ohm dan C_p 4700 pF dan R_c 2200 Ohm dengan software EIS.

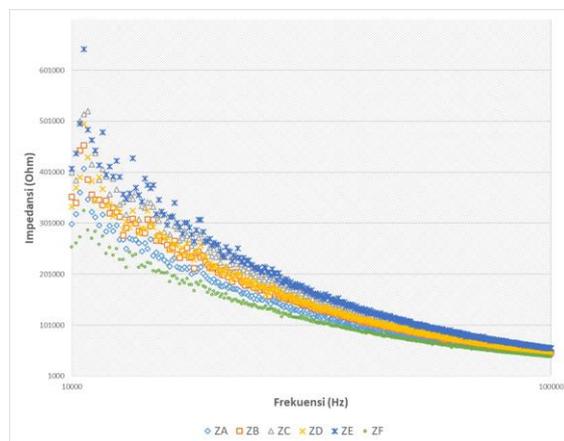
Tabel 1. Nilai resistansi dan kapasitansi pada pengukuran rangkaian eqivalen Rs 4700 Ohm Rp 2200 Ohm dan Cp 4700 pF dan Rc 2200 Ohm.

Rc (Ω)	Parameter	Error (%)
360	Rs = 4692.7 Ω	0.4439
	Rp = 2249.4 Ω	1.0741
	Cp = 4746pF	11.593
	n = 0.87378	1.1283
2200	Rs = 4739.4 Ω	0.4244
	Rp = 2149 Ω	0.7676
	Cp = 4700pF	1.0845
	n = 1.0238	0.0821
10000	Rs = 4706.3	0.0472
	Rp = 2192.6	2.8202
	Cp = 4653pF	0.6712
	n = 1.0009	0.0475

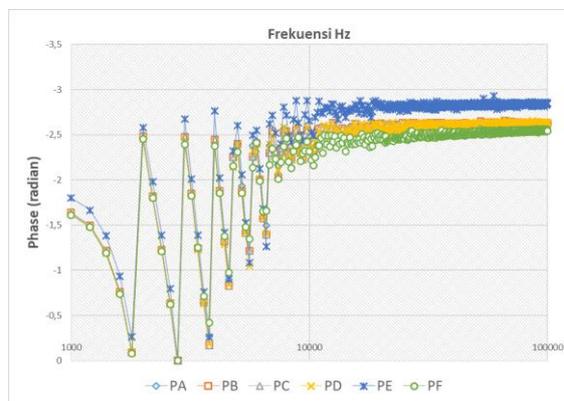
Pengukuran impedansi jeruk pamele dilakukan dengan menggunakan Rc 2200 Ohm. Hasil pengukuran impedansi jeruk pamele dapat dilihat pada gambar 9a. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa impedansi magnitude pada meningkat pada frekuensi rendah dari 1 kHz hingga 5kHz kembali turun pada frekuensi tinggi. Dari gambar 9b nilai impedansi dari terendah ke tertinggi secara berurutan yaitu ZF impedansi pamele F, ZA impedansi pamele A, ZB impedansi pamele B, ZD impedansi D, ZC impedansi pamele C dan ZE Impedansi pamele E. Sedangkan pergeseran fasa terhadap frekuensi dapat dilihat pada gambar 9c.



(a)



(b)

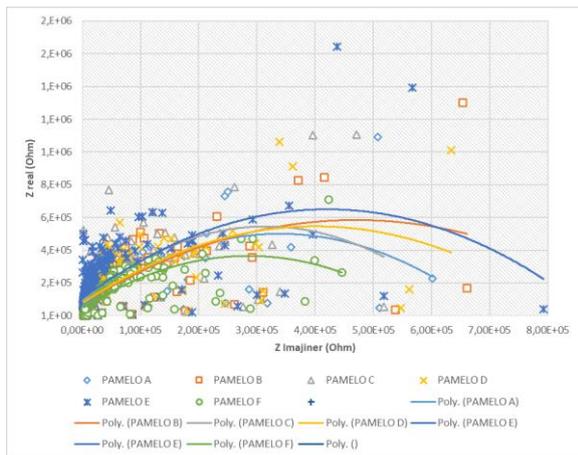


(c)

Gambar 9. (a) Variasi impedansi terhadap frekuensi untuk sampel jeruk pamele (b) variasi impedansi terhadap frekuensi untuk frekuensi diatas 10 kHz. (c) Variasi phase terhadap frekuensi untuk semua sampel jeruk pamele

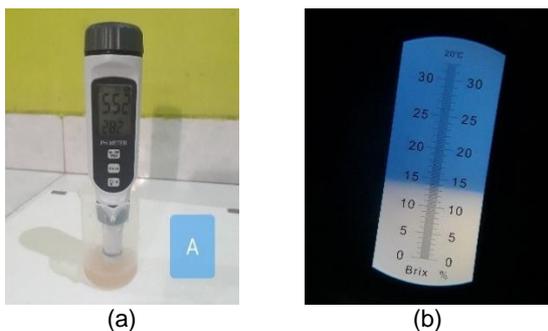
Gambar 10 merupakan plot nyquize untuk pengukuran impedansi semua sampel

jeruk pameLO. Non liner trendline digunakan untuk mengetahui kencerungan impedansi dari masing-masing sampel jeruk pameLO. Dari gambar 10 diketahui bahwa pameLO F memiliki nilai impedansi terendah sedangkan pameLO E memiliki nilai impedansi tertinggi.

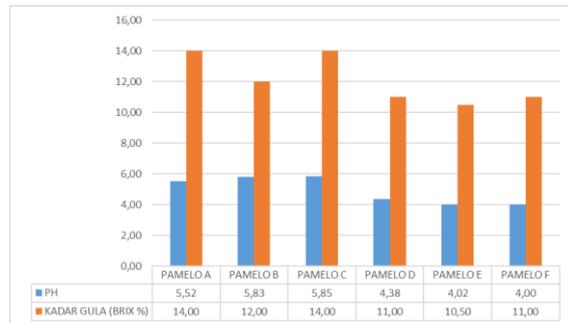


Gambar 10. Plot Nyquist untuk pengukuran impedansi jeruk pameLO.

Selain pengukuran impedansi dilakukan juga pengukuran keasamaan buah dengan menggunakan pH meter dan pengukuran kadar gula menggunakan *refractometer brix*. Pengukuran kadar gula dan keasamaan buah dilakukan dengan mengambil sari jeruk pameLO seperti yang terlihat pada gambar 11. Hasil pengukuran kadar gula dan keasamaan dapat dilihat pada gambar 12.

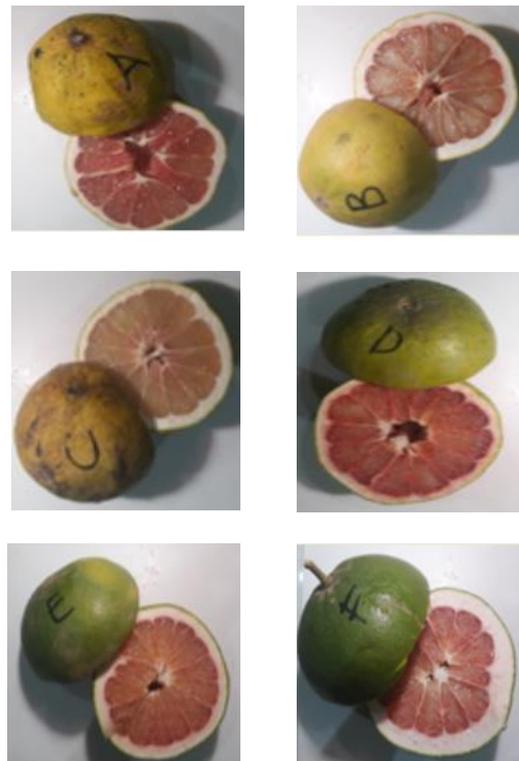


Gambar 11. (a) Pengukuran keasamaan buah. (b) Pengukuran kadar gula pada sari buah.



Gambar 12. Hasil pengukuran kadar gula dan keasamaan buah.

Dari pengukuran keasamaan diketahui bahwa pameLO F memiliki tingkat keasamaan tertinggi yaitu 4 dan pameLO C memiliki keasamaan terendah 5.83. Sedangkan untuk kadar gula diketahui bahwa pameLO E memiliki kadar gula paling rendah 10.50% sedangkan pameLO A dan C memiliki kadar gula yang tinggi yaitu 14 %.



Gambar 13. Struktur sampel buah pameLO setelah dibelah.

Secara struktur diketahui bahwa pamelos F memiliki lapisan albedo paling tebal diantara buah pamelos yang lain. Albedo pada pamelos F memiliki ketebalan 1.5 cm sedangkan yang lain berisaris antara 0.3 sampai dengan 0.5 cm. Hal ini tentu saja mempengaruhi nilai impedansi dari buah pamelos tersebut selain juga kadar gula dan keasamannya. Selain itu kondisi bulir buah yang lebih keras dibandingkan dengan pamelos yang lain menandakan pamelos F belum terlalu matang.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran impedansi buah pamelos dengan menggunakan AD5933 *Impedance Analyzer*. Pengukuran dilakukan dengan menginjeksikan tegangan AC 2Vpp pada rentang frekuensi 1 kHz hingga 100 kHz menggunakan probe elektroda. Dari hasil penelitian diketahui bahwa AD5933 dapat digunakan untuk mengukur impedansi jeruk pamelos dengan kematangan yang berbeda-beda. Pamelos F dengan karakteristik kulit pamelos yang berwarna hijau dan albedo yang paling tebal memiliki impedansi yang paling rendah dan tingkat keasaman yang paling tinggi. Nilai impedansi pamelos dari yang paling rendah dan paling tinggi adalah pamelos F, A, B, D, C, E. Kadar gula hasil pengukuran dari paling rendah ke paling tinggi adalah pamelos E, F, D, B, A, C dan keasaman yang paling tinggi ke rendah adalah pamelos F, E, D, A, B, C. Berdasarkan hasil pengukuran impedansi, kadar gula dan keasaman maka masih perlu dilakukan penelitian lebih mendalam terkait pengaruh tebal albedo, keasaman dan kadar gula terhadap hasil pengukuran impedansi.

DAFTAR PUSTAKA

- Pracaya. 2000. Jeruk Manis, Varietas, Budidaya, dan Pasca Panen. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Rahayu, A., Susanto, S., Purwoko, B. S., & Dewi, I. S. (2017). Karakterisasi Morfologi dan Isoenzim Aksesori Pamelos [Citrus maxima (Burm.) Merr.] Berbiji dan Tidak Berbiji {Morphological and Isoenzyme Characterization of Seeded and Seedless Pummelo [Citrus maxima (Burm.) Merr.] Accessions}. *Jurnal Hortikultura*, 27(1), 11-22.
- Ginting, Muhammad, R. (2011). Kualitas Buah Tujuh Kultivar Pamelos (Citrus grandis (L.) Osbeck) Selama Periode Penyimpanan. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Mohapatra, A., Shanmugasundaram, S., & Malmathanraj, R. (2017). Grading of ripening stages of red banana using dielectric properties changes and image processing approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 100-110.
- Bhosale, A. A. (2017). Detection of sugar content in citrus fruits by capacitance method. *Procedia Engineering*, 181, 466-471.
- Neto, A. F., Olivier, N. C., Cordeiro, E. R., & de Oliveira, H. P. (2017). Determination of mango ripening degree by electrical impedance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 222-226.
- Juansah, J., Budiastira, I. W., Dahlan, K., & Seminar, K. B. (2012). Electrical behavior of garut citrus fruits during ripening changes in resistance and capacitance models of internal fruits. *IJET-IJENS*, 12(04), 1-8.

González-Araiza, J. R., Ortiz-Sánchez, M. C., Vargas-Luna, F. M., & Cabrera-Sixto, J. M. (2017). Application of electrical bio-impedance for the evaluation of strawberry ripeness. *International Journal of Food Properties*, 20(5), 1044-1050.

Jesus, I. S., Tenreiro Machado, J. A., & Boaventure Cunha, J. (2008). Fractional electrical impedances in botanical elements. *Journal of Vibration and Control*, 14(9-10), 1389-1402.

Chowdhury, A., Datta, S., Bera, T. K., Ghoshal, D., & Chakraborty, B. (2018). Design and development of microcontroller based instrumentation for studying complex bioelectrical impedance of fruits using electrical impedance spectroscopy. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), e12640.

Chabowski, K., Piasecki, T., Dzierka, A., & Nitsch, K. (2015). Simple wide frequency range impedance meter based on AD5933 integrated circuit. *Metrology and Measurement Systems*, 22(1).

Bondarenko, A. S., & Ragoisha, G. A. (2005). EIS Spectrum Analyser. In *Progress in Chemometrics Research* (pp. 89–102).