

IDENTIFIKASI SIFAT DIELEKTRIK PISANG PADA TINGKAT KEMATANGAN BERBEDA DENGAN RANGKAIAN RLC

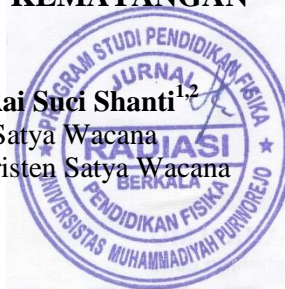
Natalia Diyaning Gulita¹, Suryasatriya Trihandaru¹, Made Rai Suci Shanti^{1,2}

¹Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

² Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

Jl. Diponegoro No.52-60, Salatiga (50711)

email: diyaning12@yahoo.com



Intisari – Produk pertanian pada umumnya bersifat mudah rusak. Rusaknya suatu produk atau baik dan buruknya dapat mempengaruhi kualitas yaitu tingkat keunggulan produk tersebut. Kematangan buah merupakan salah satu masalah yang penting untuk diketahui dalam menentukan keunggulan produk pertanian. Pengukuran sifat dielektrik yang meliputi kapasitansi dan konstanta dielektrik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk identifikasi kematangan dan kualitas produk. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengukur kapasitansi dan konstanta dielektrik buah pisang mentah dan matang layak konsumsi. Metode yang digunakan adalah dengan memanfaatkan rangkaian RLC sehingga didapatkan grafik redaman kapasitor. Grafik redaman disimpan dalam komputer untuk kemudian dibaca menggunakan program sehingga didapatkan nilai kapasitansinya, setelah itu data dianalisa untuk mendapatkan nilai konstanta dielektrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode pengukuran sifat dielektrik dapat digunakan sebagai identifikasi kematangan buah pisang. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin matang buah pisang, maka nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik akan semakin besar. Melalui pengolahan data didapatkan nilai konstanta dielektrik pisang ambon mentah 8,8 dan matang 20,3; pisang susu mentah 11,8 dan matang 12,2; sedangkan pisang kepok mentah sebesar 11,3 dan matang 15,5.

Kata Kunci: Pisang, kapasitansi, konstanta dielektrik

Abstract – Generally, agricultural products have perishable characteristic. Condition of the product (broken or not / good or bad) can affect the quality level. The fruit ripeness is an important problem to determine the superiority of agricultural product. Measurement of dielectric properties include capacitance and dielectric constant is one of some methods that could be use to indentify the ripeness and product quality. Therefore, this study was conducted to measure the capacitance and dielectric constant of raw and ripe bananas wich is good for consumption. This research used RLC circuit to obtain the graph of damping capacitor. Graph of damping was stored in the computer to then be read using the program to obtain the capacitance value, after that, the data is analyzed to obtain the value of the dielectric constant. The results showed that the method of measurement of dielectric properties can be used as identification of banana fruit ripeness. This study also showed that the more ripe banana fruit the greater, the value of capacitance and dielectric constant. Through data processing, the results are: dielectric constant values of raw ambon banana is 8,8 and ripe is 20,3; raw milk banana is 11,8 and ripe is 12,2; as for raw kepok banana is 11,3 and ripe is 15,5.

Keywords: Banana, capacitance, dielectric constan

I. PENDAHULUAN

Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan tidak ada. Pengukuran sifat dielektrik merupakan aplikasi teori elektromagnetik yang dapat dikembangkan untuk mengetahui kualitas bahan biomaterial tanpa harus merusak produk tersebut^[1,2]. Sifat dielektrik menggambarkan kemampuan suatu bahan untuk menyimpan, mentransmisikan dan memantulkan energi

gelombang elektromagnetik^[3,4]. Setiap bahan biomaterial memiliki sifat dielektrik tersendiri dan besarnya dipengaruhi oleh kandungan airnya^[5]. Sifat ini semakin banyak dimanfaatkan untuk optimasi kualitas bahan pangan dalam proses pengeringan, pemanasan, dan sterilisasi. Dengan demikian informasi sifat dielektrik suatu bahan sangat penting untuk dikaji lebih jauh.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Kato dkk^[2] yang menyelidiki hubungan

antara kepadatan dan kualitas dalam buah semangka. Dia mengembangkan metode baru untuk sortir kepadatan buah yang berbentuk bulat dengan mengukur sifat dielektrik menggunakan metode kapasitif. Jarimous dkk^[6] mengembangkan dan mendesain alat dengan sensor kapasitif silinder untuk mengukur volume buah dan sayuran. Mereka menemukan korelasi yang berhubungan antara konstanta dielektrik dan buah. Dalam paper Soltani dan Alimardani^[7], mereka menemukan korelasi antara kadar air dan konstanta dielektrik dari kacang polong. Melalui penelitian yang pernah dilakukan ini membuktikan bahwa setiap produk pertanian memiliki sifat dielektrik tertentu.

Produk pertanian pada umumnya bersifat mudah rusak. Rusak tidaknya suatu produk atau baik dan buruknya dapat mempengaruhi kualitas yaitu tingkat keunggulan produk tersebut. Kematangan buah merupakan salah satu masalah yang penting untuk diketahui dalam menentukan kualitas produk pertanian. Dengan demikian dibutuhkan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kematangan produk pertanian. Salah satu metode yang dikembangkan adalah dengan pengukuran sifat dielektrik. Setiap bahan memiliki karakteristik dielektrik tertentu yang tidak sama, sehingga sifat ini dapat digunakan untuk identifikasi kematangan buah. Buah pisang memiliki tingkat kematangan yang beragam, sulit

$$\frac{1}{LC_1} v_s(t) = \frac{d^2 v_c(t)}{dt^2} + \frac{R_1}{L} \frac{dv_c(t)}{dt} + \frac{1}{LC_1} v_c(t) \quad (1)$$

Persamaan (1) merupakan persamaan khusus untuk kondisi rangkaian RLC seri dengan V_s adalah tegangan sumber, R_1 adalah resistor rangkaian, L adalah induktor dan C_1 adalah kapasitor rangkaian.

Kapasitor dan Dielektrik

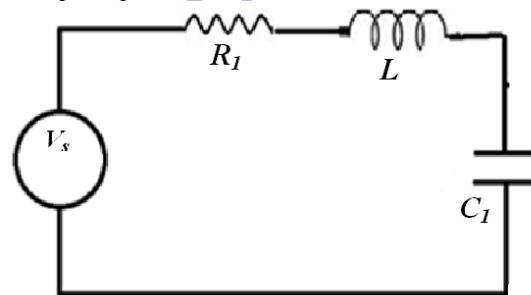
Kapasitor adalah piranti elektronika yang mampu menyimpan muatan listrik (kapasitansi). Umumnya nilai kapasitansi sebuah kapasitor ditentukan oleh bahan dielektrik yang digunakan. Bahan dielektrik yang diletakkan di antara kedua plat kapasitor akan mempengaruhi nilai kapasitansi dari kapasitor tersebut. Hal tersebut telah dibuktikan oleh peneliti sebelumnya, salah satunya adalah Hartana dkk^[9] pada tahun 2001 melakukan penelitian untuk mengamati

untuk dibedakan bagaimana pisang yang matang sempurna, terlalu matang, agak kehijauan atau kekuningan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengukur kapasitansi dan konstanta dielektrik buah pisang mentah dan matang layak konsumsi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Rangkaian RLC

Rangkaian RLC adalah rangkaian yang di dalamnya terdapat resistor, kapasitor dan induktor. Rangkaian ini biasa digunakan pada rangkaian osilator. Dalam rangkaian ini terdapat dua penyimpan energi, yaitu induktor dan kapasitor. Rangkaian ini dapat disusun seri maupun paralel, pada rangkaian RLC seri seperti Gambar 1 berlaku persamaan diferensial orde dua seperti pada Persamaan (1)^[8].



Gambar 1. Rangkaian

karakteristik sifat dielektrik beras menggunakan kapasitor plat sejajar. Secara struktur, prinsip kapasitor terdiri dari dua buah plat konduktor yang berlawanan muatan, masing-masing mempunyai luas permukaan A . Konduktor tersebut dipisahkan oleh sebuah zat dielektrik yang bersifat isolator sejauh d . Zat inilah yang nantinya akan memerangkap elektron bebas.

Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan tidak ada. Bahan dielektrik tidak mempunyai elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik itu merupakan isolator yang baik. Dalam bahan dielektrik semua elektron terikat dengan kuat pada intinya sehingga terbentuk suatu struktur regangan, bagian positif dan negatifnya terikat bersama-sama sehingga pada tiap aliran massa tidak

disertai perpindahan muatan. Karena itu, jika suatu dielektrik diberi muatan listrik, muatan ini akan tinggal terlokalisasi di daerah dimana muatan tadi di tempatkan. Sifat dielektrik bisa diinterpretasikan melalui nilai kapasitansi seperti terlihat dari Persamaan (2) di bawah ini

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} \quad (2)$$

Dengan ϵ_0 adalah permitivitas hampa udara yang bernilai $8,854 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$, k adalah konstanta dielektrik udara standar dengan nilai $1,00054^{[9]}$.

III. BAHAN DAN METODE

Pada bab ini menjelaskan tentang semua kegiatan yang telah dilakukan pada penelitian ini, baik alat bahan, pengujian maupun pengukuran.

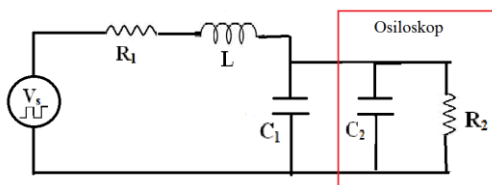
Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah plastik mika transparan, buah pisang ambon, pisang susu dan pisang kepok yang masing – masing terdiri dari mentah dan matang. Pemilihan tingkat kematangan ini berdasarkan pada warna kulit, seperti Gambar 2. Pisang jenis ini dipilih karena sering dikonsumsi dan mudah ditemui di lingkungan masyarakat.



Gambar 2. (a) Pisang ambon, (b) pisang susu, (c) pisang kepok

Persamaan (3) merupakan modifikasi dari persamaan RLC seri pada Gambar 1 dan Persamaan (1). Dalam penelitian ini terdapat resistor osiloskop R_2 dan kapasitor osiloskop C_2 yang tidak bisa diabaikan, sehingga bentuk rangkaian menjadi seperti Gambar 4.

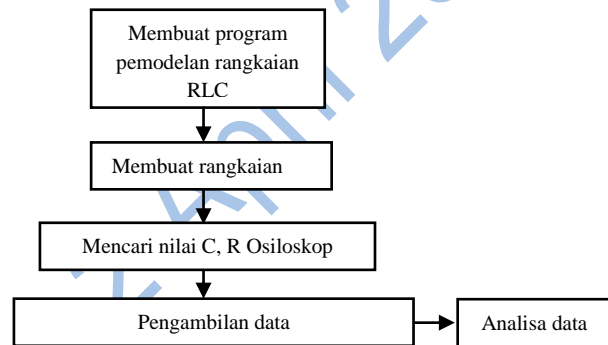


Gambar 4. Rangkaian RLC dan Osiloskop

Alat – alat ukur terdiri dari plat konduktor tembaga dengan ukuran $15 \times 15 \text{ cm}^2$ dengan ketebalan plat $0,5 \text{ cm}$, power suply, oscilloscop GW instek, induktor 50mH , resistor 10 ohm , cetakan bulat dan irisan telur untuk memotong pisang supaya didapatkan ukuran dan tebal yang sama.

Metode

Secara umum metodologi perancangan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Langkah pengerjaan penelitian tersebut dapat dilihat melalui diagram blok pada Gambar 3, yaitu



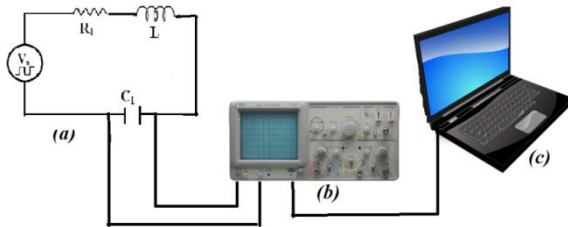
Gambar 3. Diagram blok langkah pengerjaan penelitian

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pembuatan program pemodelan rangkaian RLC yang dibuat dengan bahasa pemrograman MATLAB berdasarkan Persamaan (3), yaitu

$$V_s(t) = L(C_1 + C_2) \frac{d^2 V_s(t)}{dt^2} + \left((C_1 + C_2)R_1 + \frac{L}{R_2} \right) \frac{dV_s(t)}{dt} + \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) V_s(t) \quad (3)$$

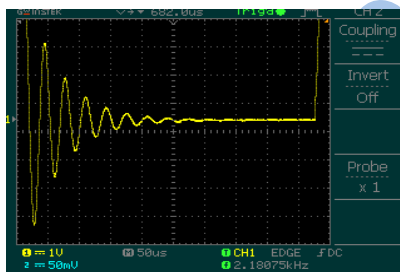
Pembuatan program pemodelan rangkaian RLC ini bertujuan untuk mengukur nilai kapasitansi dari kapasitor C_1 . Setelah itu dibuatlah rangkaian RLC, sebagai rangkaian dasar yang digunakan dalam penelitian. Pada penelitian ini hambatan R_2 dan kapasitansi C_2 yang ada di dalam osiloskop harus diketahui dan dicari nilainya karena keduanya sangat mempengaruhi pengukuran dan pembacaan program. Untuk mengetahui apakah pembacaan program terhadap C_1 , C_2 dan R_2 sudah benar, maka dilakukan pengujian program. Langkah selanjutnya adalah pengambilan data, kemudian analisa data sehingga didapatkan nilai konstanta dielektrik.

Skema perancangan eksperimen pada penelitian dilakukan seperti Gambar 5. Rangkaian RLC menggunakan sumber tegangan berupa sinyal kotak. Kapasitor pada rangkaian dihubungkan dengan osiloskop untuk melihat grafik redaman yang muncul. Grafik tersebut kemudian disimpan kedalam komputer dalam format GIF. Melalui gambar tersebut, program akan membaca berapa nilai kapasitansi dari kapasitor saat dilakukan pengukuran.



Gambar 5. Skema rangkaian eksperimen dalam penelitian. (a) rangkaian RLC, (b) osiloskop, (c) laptop

Grafik redaman yang terlihat pada layar osiloskop dan telah disimpan dalam format gambar GIF dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar ini memberikan informasi yang dibutuhkan oleh program, diantaranya adalah *volt per div*, *time per div* dan frekuensi rangkaian. Gambar inilah yang nantinya dibaca oleh program.

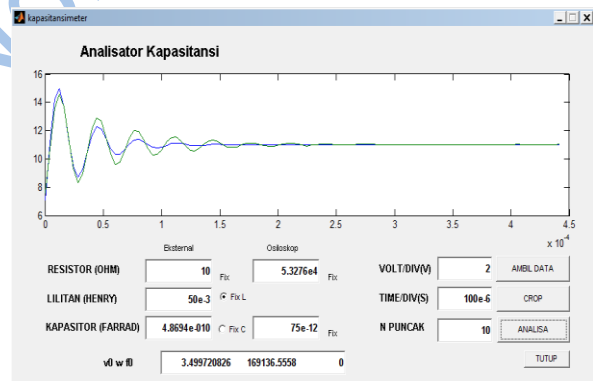


Gambar 6. Grafik redaman pada layar osiloskop yang disimpan dalam format gambar GIF

Pembuatan program pemodelan rangkaian RLC yang bertujuan untuk mengukur nilai kapasitansi dari kapasitor merupakan metode pengukuran yang lebih teliti karena langsung melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan diferensial rangkaian RLC seperti pada persamaan (3). Tampilan program pemodelan rangkaian RLC dapat dilihat pada

Gambar 7 seperti di bawah ini. Pada pemodelan ini ditampilkan nilai resistor dan lilitan yang dapat diubah sesuai keadaan percobaan yang dilakukan. Pada kolom *volt div*, *time div* dan *N puncak* dapat diubah nilainya sesuai dengan gambar GIF yang tersimpan. Tombol ambil data, *crop*, analisa dan tutup merupakan tombol perintah.

Pembuatan program pemodelan rangkaian RLC yang bertujuan untuk mengukur nilai kapasitansi dari kapasitor merupakan metode pengukuran yang lebih teliti karena langsung melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan diferensial rangkaian RLC seperti pada persamaan (3). Tampilan program pemodelan rangkaian RLC dapat dilihat pada Gambar 7 seperti di bawah ini. Pada pemodelan ini ditampilkan nilai resistor dan lilitan yang dapat diubah sesuai keadaan percobaan yang dilakukan. Pada kolom *volt div*, *time div* dan *N puncak* dapat diubah nilainya sesuai dengan gambar GIF yang tersimpan. Tombol ambil data, *crop*, analisa dan tutup merupakan tombol perintah.



Gambar 7. Program pemodelan rangkaian RLC yang dinamakan sebagai Analisator Kapasitansi

Berikut ini merupakan keterangan dari gambar 7: Kolom

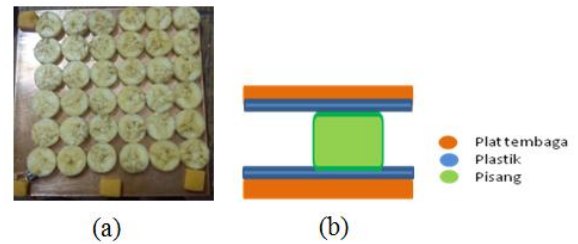
- Resistor eksternal : nilai resistor pada rangkaian RLC (R_1)
- Resistor osiloskop : nilai resistor di dalam osiloskop (R_2)
- Lilitan : nilai lilitan pada rangkaian RLC (L)
- Kapasitor eksternal : nilai kapasitor pada rangkaian RLC (C_1)
- Kapasitor osiloskop : nilai kapasitor di dalam osiloskop (C_2)

Tombol perintah

- Ambil data : mengambil gambar GIF
- Crop : memotong gambar untuk memilih grafik
- Analisa : mulai membaca nilai kapasitansi kapasitor
- Tutup : keluar dari program

Pengujian program analisator kapasitansi ini mula-mula dilakukan dengan mengambil grafik redaman dari kapasitor yang dijual di pasaran dan sudah diketahui nilai kapasitansinya, dalam hal ini peneliti menggunakan kapasitor mika. Sebagai akurasi, peneliti juga mengukur nilai kapasitor ini dengan kapasitansi meter (C meter). Setelah didapatkan gambar GIF dari grafik redaman kapasitor tersebut, kemudian dibaca dengan program analisator kapasitansi. Ketika hasil pembacaan nilai kapasitansi pada program sudah sama dengan nilai yang tertulis pada kapasitor serta sama dengan hasil baca C meter, maka dapat dikatakan program berhasil dan dapat digunakan untuk pengambilan data.

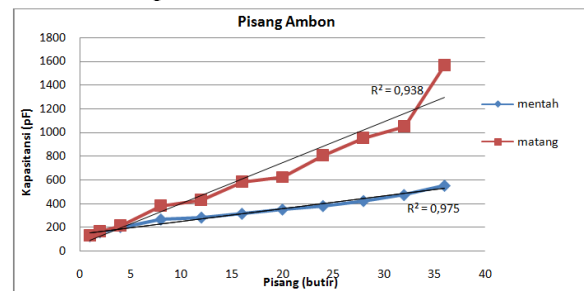
Pengambilan data mula-mula dilakukan dengan mengambil gambar redaman plat tanpa plastik dan pisang dengan jarak antar plat sebesar 6,35 mm. Dengan jarak yang sama dilakukan pengambilan gambar pada saat plat diberi plastik mika dengan ketebalan 0,04 mm. Langkah selanjutnya adalah memotong pisang dengan ketebalan yang sama yaitu 6,35 mm, potongan pisang tersebut kemudian dicetak bulat dengan diameter 22,42 mm sehingga didapatkan ukuran yang sama. Plat tembaga untuk kapasitor dilapisi dengan plastik mika, hal ini bertujuan agar plat tembaga tidak berkarat dan tidak mengalirkan arus di antara plat karena pisang dapat menghantarkan arus listrik. Baru setelah itu ditata 36 butir pisang di atasnya, penataan pisang pada plat tembaga dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini. Pengambilan gambar mulai dilakukan pada pisang berjumlah 36 butir kemudian 32, 28 dan seterusnya berkurang sebanyak kelipatan empat.



Gambar 8. (a) Susunan potongan pisang dilihat dari atas. (b) Sistem susunan plat sejajar, plastik dan pisang, dilihat dari samping.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

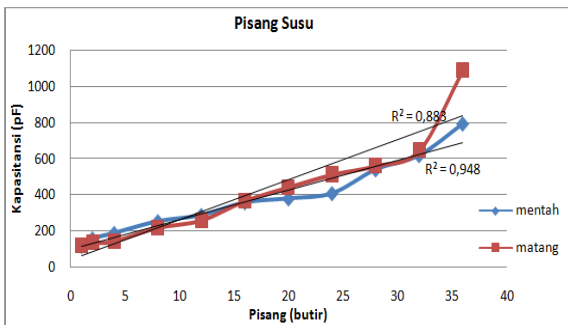
Pada hasil penelitian ini telah didapatkan nilai kapasitansi plat paralel senilai 97,9 pF dengan desain plat berukuran 0,15 x 0,15 m² dan jarak pisah 6,35 mm. Didapatkan pula konstanta dielektrik udara hasil pengukuran senilai 1,0. Nilai konstanta dielektrik udara standar pada kondisi ini adalah 1,00054^[10], sehingga dapat dikatakan standarisasi alat sudah tepat. Pada pengukuran yang telah dilakukan, plastik mika dengan luasan seperti plat dan ketebalan 0,04 mm memiliki kapasitansi senilai 97,2 pF. Nilai konstanta dielektrik plastik mika didapatkan sebesar 1,6. Gambar berikut ini merupakan profil kapasitansi dari masing – masing jenis pisang berdasarkan pengukur menggunakan program pemodelan rangkaian RLC yang disebut sebagai analisator kapasitansi.



Gambar 9. Profil kapasitansi pisang ambon pada berbagai butir.

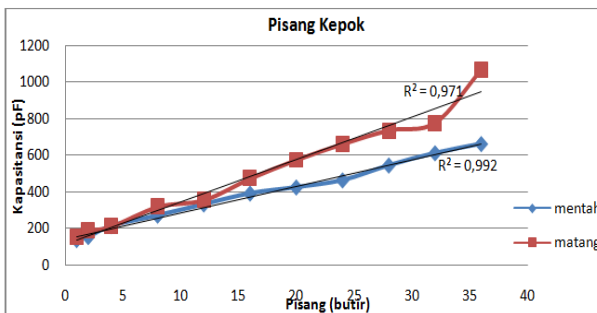
Pada gambar 9 merupakan grafik kapasitansi dari pisang ambon mentah dan matang. Pada kecenderungannya grafik ini berbentuk linear, yang menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah butiran pisang yang diukur, maka nilai kapasitansinya juga semakin besar. Pada grafik linear tersebut terdapat garis lurus linear yang menunjukkan garis regresi linear dari masing – masing grafik. Didapatkan nilai $R^2=0,9381$ untuk pisang matang dan $R^2=0,9758$ untuk pisang

mentah. Terdapat perbedaan pada pisang mentah dan matang, pada pisang matang nilai kapasitansi dari tiap jumlah butir yang terukur selalu lebih besar dari kapasitansi pisang mentah.



Gambar 10. Profil kapasitansi pisang susu pada berbagai butir.

Gambar 10 merupakan grafik kapasitansi dari pisang susu mentah dan matang. Kecenderungan titik menunjukkan bahwa grafik berbentuk linear. Melalui garis regresi linear didapatkan nilai $R^2=0,8838$ untuk pisang matang, dan $R^2=0,9487$ untuk pisang mentah. Grafik pisang mentah dan matang saling berdekatan dan berhimpit satu sama lain, ini artinya bahwa kapasitansi antara mentah dan matang tidak terdapat perbedaan yang besar.

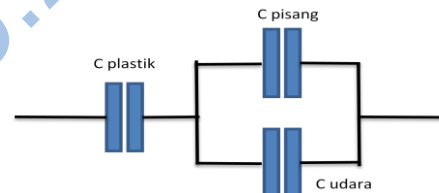


Gambar 11. Profil kapasitansi pisang kepok pada berbagai butir.

Gambar 11 merupakan grafik kapasitansi dari pisang kepok mentah dan matang. Kecenderungan titik menunjukkan bahwa grafik berbentuk linear. Melalui garis regresi linear didapatkan nilai $R^2=0,9713$ untuk pisang matang, dan $R^2=0,9927$ untuk pisang mentah. Setiap titik pada pisang matang selalu lebih tinggi dari yang mentah, ini menunjukkan bahwa nilai kapasitansi pisang matang lebih besar daripada pisang mentah.

Melalui profil kapasitansi di atas memperlihatkan bahwa nilai kapasitansi pisang matang selalu lebih besar dibanding pisang mentah. Dengan begitu, sifat ini dapat digunakan sebagai identifikasi kematangan buah pisang. Buah pisang ambon matang memiliki kapasitansi paling tinggi di antara jenis pisang yang lain. Mengacu pada paper hasil penelitian Soltani^[7], yang melaporkan tentang hubungan kadar air dan kapasitansi, hal ini dapat menunjukkan bahwa kandungan mineral dalam buah pisang ambon matang lebih banyak.

Melalui besarnya kapasitansi yang sudah didapatkan, maka dapat dicari konstanta dielektrik dari berbagai jenis pisang tersebut, pada kondisi plat paralel diberi plastik. Gambar 12 menunjukkan kondisi plat paralel ketika di dalamnya diisi plastik dan pisang. Besarnya kapasitansi plastik dan udara mempengaruhi perhitungan konstanta dielektrik pisang, oleh karena itulah keduanya tidak dapat diabaikan. Pada kondisi tersebut, C pisang dan C udara berbentuk paralel dan seri terhadap C plastik.



Gambar 12. Kondisi plat paralel ketika diisi plastik dan pisang

Berikut ini merupakan perhitungan yang digunakan dalam mencari konstanta dielektrik buah pisang. Persamaannya menjadi:

$$\frac{1}{C_{tot2}} = \frac{1}{C_{pl}} + \frac{1}{C_{pis} + C_u} \tag{4}$$

$$\frac{1}{C_{tot2}} = \frac{1}{C_{tot1}} - \frac{1}{C_p} + \frac{1}{\frac{k_{pis} E_0 a}{d_p} + C_p \left(1 - \frac{a}{A}\right)} \tag{5}$$

keterangan:

- C_{tot2} : Nilai C saat di dalam plat ada plastik, pisang, udara (terukur)
- C_{tot1} : Nilai C saat di dalam plat ada plastik, dan udara (terukur)
- C_p : Nilai C plat tanpa bahan (terukur)

- C_{pis} : Nilai C pisang
- C_{pl} : Nilai C plastik
- C_u : Nilai C udara
- d_p : Jarak antara kedua plat paralel
- A : Luas plat
- a : Luas daerah yang terkena pisang
- $a : 4\pi r^2 N$, dengan r : jari-jari pisang, N : jumlah pisang
- k_{pis} : Konstanta dielektrik pisang (dihitung)

Melalui perhitungan menggunakan persamaan (5), didapatkan nilai konstanta dielektrik rata-rata pisang yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Nilai perhitungan konstanta dielektrik

Pisang	Tingkat Kematangan	Konstanta Dielektrik (k)	Satandar Deviasi
Ambon	Mentah	8,8	0,8
	Matang	20,3	1,2
Susu	Mentah	11,8	1,3
	Matang	12,2	1,5
Kepok	Mentah	11,3	0,9
	Matang	15,5	1,2

Melalui tabel di atas didapatkan bahwa konstanta dielektrik pisang matang selalu lebih besar dibanding pisang mentah. Hal ini sebanding dengan nilai kapasitansi yang terukur, semakin besar kapasitansi maka konstanta dielektrik juga besa. Sifat ini sesuai dengan teori yang diungkapkan di dalam paper Jajang Juansah^[3], bahwa konstanta dielektrik berbandinglurus dengan kapasitansi dan jarak pisah plat serta berbanding terbalik dengan luas permukaan plat dan permitivitas ruang hampa.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat alat pengukuran kapasitansi bahan yang bisa mengukur konstanta dielektrik udara dan didapat nilai yang sesuai dengan literatur berbasis plat paralel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode pengukuran sifat dielektrik dapat digunakan sebagai identifikasi kematangan buah pisang. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin matang buah pisang, maka nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik akan

semakin besar. Melalui pengolahan data didapatkan nilai konstanta dielektrik pisang ambon mentah 8,8 dan matang 20,3; pisang susu mentah 11,8 dan matang 12,2; sedangkan pisang kepok mentah sebesar 11,3 dan matang 15,5.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih untuk semua pihak yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

REFERENSI

Artikel jurnal:

1. Mohsenin, N.N. 1970. *Physicl Properties of Plant and Animal Material*. Gordon and Breach Science Publishers. London
2. Kato, K. 1997. *Electrical Density Sorting and Estimation of Soluble Solids Content of Watermelon*. *J.agric. Engng Res.*, 67: 161-170.
3. Jajang Juansah. 2007. *Kajian Sifat Dielektrik Buah Semangka dengan Pemanfaatan Sinyal Listrik Frekuensi Rendah*. *J. Sains MIPA*. Lampung, 13: 159-164.
4. W, Burubai. 2013. *Effect of Moisture and Frequency Variation on the Dielectric Properties of African Nutmeg (Monodora myristica) Seeds*. *J.agric. Nigeria*. 9: 80-85.
5. Mahmoud Soltani. 2011. *Use of Dielectric Properties in Quality Measurement of Agricultural Product*. *J.nature and science*. Iran. 9.
6. Jarimopas, B., Nunak, T. and Nunak, N. *Electronic Device for Measuring Volume of Selcted Fruit and Vegetable*. *Postharvest Biology and Technology*. 35, 2005: 25-31
7. Soltani M, Alimardani R, Omid M. *Evaluating Banana Ripening Status from Measuring Dielectric Properties*. *Journal of Food Engineering*, 105, 2011: 625 – 631.
8. Pullman. 2010. *Second Order Circuits*. Digilent
9. Hartana A, Suharsono, Fachri A. 2001. *Karakteristik Sifat-Sifat Dielektrik Beras*. *Scientifict Repository*. IPB

Buku:

10. Halliday, D dan Resnick, R. 1978. *Physics*, John Wiley & Sons, Inc, New York.