

STUDI PENGARUH LETAK SENSOR PLAT SEJAJAR PADA PENGUKURAN KAPASITANSI UNTUK OBJEK IREGULER

STUDY ON THE INFLUENCES OF PARALLEL PLATE SENSOR POSITION ON THE CAPACITANCE MEASUREMENT FOR IRREGULAR OBJECTS

Pratita Aike S¹, Dudi Darmawan², Abrar Ismardi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹pratitaaike@gmail.com, ²dudidw@gmail.com, ³abrarselah@gmail.com

Abstrak

Besaran nilai kapasitansi pada suatu objek uji dipengaruhi oleh luas permukaan plat dan jarak antar plat. Pada penelitian ini, pengukuran nilai kapasitansi untuk objek ireguler memanfaatkan perubahan posisi sensor atau perubahan jarak. Perubahan posisi sensor didapatkan dari perubahan posisi objek uji sehingga mendapatkan metode pengukuran yang berbeda. Metode pengukuran yang diperoleh adalah “titik-titik”, “bidang-bidang”, dan “bidang-titik”. Objek ireguler yang digunakan adalah buah pir packam dan buah mangga harum manis. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa perubahan posisi sensor mempengaruhi nilai kapasitansi. Hal tersebut terbukti pada metode pengukuran “bidang-bidang”. Metode pengukuran “bidang-titik” dianggap metode pengukuran yang tepat karena sesuai dengan konsep rumus kapasitansi yaitu semakin kecil jarak antar plat, semakin besar nilai kapasitansi yang dihasilkan. Metode “bidang-titik” digunakan sebagai metode pengukuran pada pengujian tingkat kematangan buah mangga harum manis. Penentuan tingkat kematangan buah dapat diketahui melalui pengukuran nilai kapasitansi dengan metode pengukuran “bidang-titik” namun hasilnya bersifat tidak pasti karena adanya overlap pada nilai kapasitansi tiap tingkat kematangan.

Kata kunci: pengukuran, kapasitansi, posisi plat, ireguler, kematangan buah

Abstract

Capacitance on a object is affected by the surface area of the plate and the distance between the plates. In this study, the measurement of the capacitance are harnessed by the changes of censor position. The different position of censor obtained from the test object's position so as to get a different measurement methods. Method of measurement obtained are the “point-point”, the “field-field”, and the “field-point”. Unregular object that used are packam pear and harum manis mango. The research results is on that change of censor position is affect the value of the capacitance. It is proven in the “field-field” measurement methods. The “field-point” measurement methods is considered proper method because of accordance with the concept of capacitance formulas i.e. the smaller the distance between the plates, the greater the capacitance value is generated. So the “field-point” method is used as a measurement method on testing the level of maturity of the harum manis mango. Determination of the level of maturity can be known through the measurement of the value of the capacitance using the “field-point” method but the results are uncertain because of there is overlap in the values of the capacitance.

Keywords: measurement, capacitance, plate's position, irregular, fruit maturity

1. Pendahuluan

Pengukuran elektronika yang biasa digunakan untuk mengetahui sifat-sifat objek baik fisik, kimia, dan biologi adalah pengukuran kapasitansi. Pengukuran kapasitansi merupakan metode pengujian *non destructive testing* (NDT). *Non destructive testing* adalah pengujian tanpa merusak objek. Pengukuran kapasitansi tidak hanya mengukur komponen elektronika seperti kapasitor, namun bisa dengan objek yang bersifat dielektrik. Sifat dielektrik adalah kemampuan isolator untuk menghantarkan medan listrik meskipun sedikit dan dapat diukur nilai kapasitansinya menggunakan alat *capacitance meter*[2]. Pengujian objek dielektrik tersebut menghasilkan nilai kapasitansi, dimana nilai kapasitansi pada suatu objek dapat mewakili sifat objek yang diteliti. Nilai kapasitansi

bergantung pada jarak antar plat konduktor, tegangan, dan sifat dasar bahan dielektrik. Jarak atau faktor posisi plat sangat berpengaruh dalam menghasilkan nilai kapasitansi yang akurat[2]. Jarak plat menjadi penting karena dengan beragamnya bentuk objek yang digunakan, nilai kapasitansi yang dihasilkan bergantung dari lebar objek yang diteliti. Beberapa metode yang sering memanfaatkan nilai kapasitansi adalah penentuan posisi objek dalam objek lain, penentuan tingkat kematangan buah, dan menentukan level fluida.

Bentuk objek yang digunakan pada pengukuran kapasitansi, tidak selalu berbentuk reguler. Seperti pada kematangan buah, kemungkinan buah yang digunakan berbentuk tidak simetris. Dengan bentuk tidak simetris tersebut muncul pemikiran apakah nilai kapasitansi yang dihasilkan sama jika bentuk objek yang simetris. Yang menjadi permasalahan adalah apakah nilai kapasitansi pada objek dengan bentuk reguler bisa mewakili juga pada bahan dielektrik dengan bentuk ireguler. Dengan permasalahan tersebut maka timbul pemikiran untuk melakukan pengukuran nilai kapasitansi dengan memanfaatkan perubahan posisi objek uji ireguler. Modifikasi pengukuran tersebut diharapkan bisa menjawab permasalahan apakah terdapat perbedaan nilai kapasitansi pada perubahan jarak pada objek ireguler.

Pada penelitian ini, objek ireguler yang digunakan adalah buah mangga harum manis dan pir packam. Dengan memanfaatkan perubahan posisi objek, maka perubahan posisi sensor juga terjadi. Setiap perubahan posisi sensor akan dihitung nilai kapasitansinya menggunakan alat ukur LCR meter. Perubahan posisi tersebut juga akan menghasilkan metode pengukuran yang berbeda. Metode pengukuran didapatkan dari permukaan objek yang menempel pada kedua plat pada saat dilakukan pengukuran. Karena mempunyai bentuk ireguler, maka permukaan objek yang menempel pada plat yaitu titik, bidang, dan bidang titik. Dengan demikian akan diketahui pengaruh perubahan posisi sensor terhadap nilai kapasitansi suatu objek ireguler, serta metode pengukuran yang tepat. Dari metode pengukuran tersebut, maka akan dilakukan proses eksplorasi untuk mengetahui tingkat kematangan buah.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dielektrik

Dielektrik merupakan suatu bahan yang mempunyai kemampuan daya hantar arus sangat kecil. Kemampuan bahan dielektrik tersebut karena tidak memiliki muatan bebas, yang menyebabkan elektronnya terikat kuat pada molekulnya. Bahan dielektrik yang digunakan sangat berpengaruh pada nilai kapasitansi yang dihasilkan. Jika bahan dielektrik dimasukkan di ruang antar plat, bisa diketahui bahwa beda potensial tegangan berkurang namun untuk nilai kapasitansi meningkat. Meningkatnya nilai kapasitansi dipengaruhi oleh faktor konstanta dielektrik (k) pada bahan dielektrik yang dimasukkan didaerah antar plat [3]. Konstanta dielektrik adalah nilai efektifitas dari bagian partikel dalam mengurangi medan listrik yang mengenai suatu bahan[9]. Persamaan kapasitansi untuk plat sejajar yang diisi dengan kapasitansi adalah:

$$C = k \frac{\epsilon_0 A}{d} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana, C = kapasitansi (F), K = konstanta dielektrik (ϵ_r), ϵ_0 = permitivitas ruang hampa ($8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$), A = luas penampang kedua plat (m^2), d = jarak antar plat kapasitor (m).

2.2 Kapasitor dan Kapasitansi

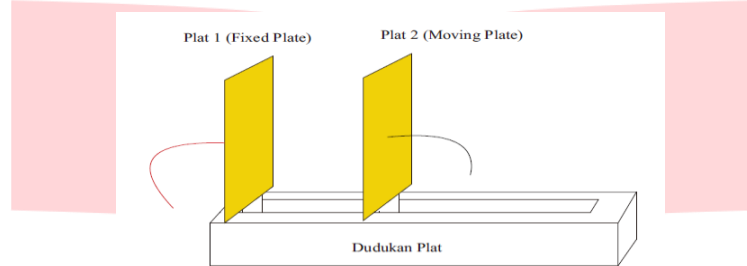
Komponen elektronika yang disusun dari dua plat konduktor namun tidak saling bersentuhan dan dipisahkan oleh bahan dielektrik disebut kapasitor[10]. Kedua plat konduktor memiliki luas penampang tertentu dan dipisahkan oleh jarak d . Plat konduktor akan dihubungkan dengan sumber tegangan. Jika kapasitor tidak bermuatan, maka sumber tegangan akan menghasilkan medan listrik pada kabel penghubung rangkaian[1]. Pada saat kedua plat dihubungkan dengan sumber tegangan listrik, masing-masing plat menghasilkan muatan yang sama besar dan berlawanan tanda yaitu $+Q$ dan $-Q$. Muatan tersebut akan berpindah dari plat satu ke plat lainnya sampai beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif masing-masing plat sama dengan beda potensial pada sumber tegangan luar[10].

Kapasitansi merupakan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan terhadap beda potensial yang diberikan. Nilai kapasitansi pada konduktor plat sejajar dinyatakan dengan rumus berikut :

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

2.3 LCR Meter

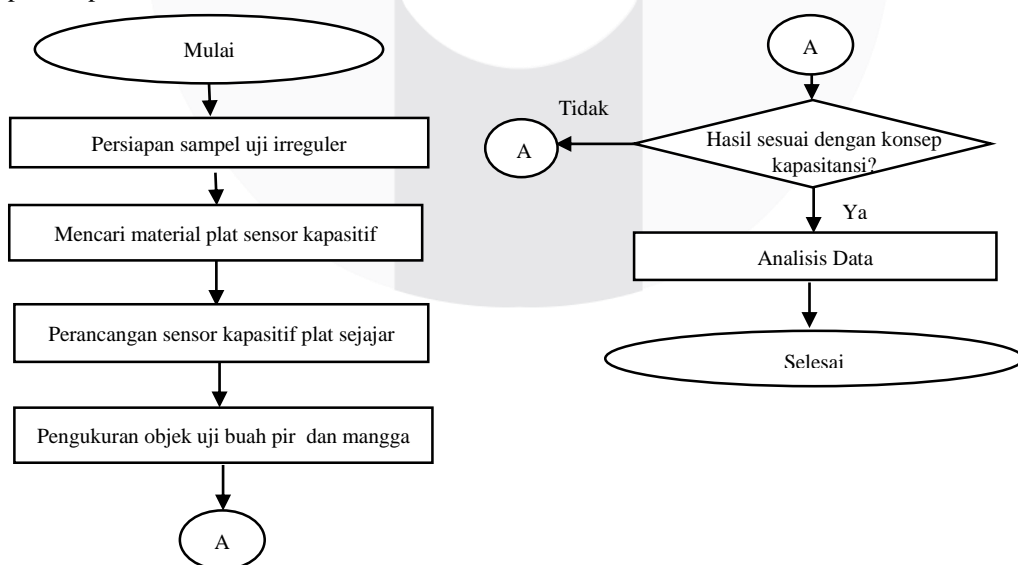
LCR meter merupakan sebuah instrumen elektronik yang digunakan untuk mengukur induktansi (L), kapasitansi (C), dan resistansi (R). Prinsip kerja dari instrumen ini yang diukur adalah impedansi, dimana nilai impedansi diukur secara internal dan dikonversi menjadi nilai kapasitansi atau nilai induktansi. LCR meter juga dapat digunakan untuk mengukur resistansi seri yang sama dari kapasitor dan faktor Q dari komponen induktif. Nilai impedansi komponen resistif sangat berpengaruh pada tingkat akurasi komponen uji, jika komponen tidak memiliki impedansi resistif maka tingkat akurasi pembacaan komponen cukup akurat [11]. Dalam pengukuran kapasitansi menggunakan LCR meter, terlebih dahulu alat akan dirubah ke indikator dengan lambang C (kapasitansi). Kemudian, probe dari alat ukur akan disambungkan pada ujung probe yang berada pada sensor plat. Dengan demikian, nilai kapasitansi dari objek uji akan diketahui.



Gambar 1. Sensor kapasitif

2.4 Metodologi Penelitian

Penelitian ini akan memanfaatkan modifikasi sensor kapasitif dengan cara mengubah posisi sensor plat konduktor untuk mengetahui nilai kapasitansi dari suatu objek dengan bentuk ireguler. Perubahan posisi sensor pelat yang diperoleh dengan cara merubah posisi sampel uji yang diputar berlawanan dengan arah jarum jam. Pada saat sampel uji dilakukan perubahan, maka akan didapatkan perubahan jarak dan bagian permukaan sampel uji yang menempel pada sensor plat. Bagian permukaan sampel uji dimanfaatkan sebagai metode pengukuran yang digunakan, metode pengukuran dibagi menjadi tiga yaitu titik, titik; bidang, bidang; dan bidang, titik. Dengan perubahan sampel uji akan didapatkan perubahan posisi sensor (jarak) dan metode pengukuran yang digunakan. Dengan demikian akan didapatkan nilai kapasitansi untuk mengetahui hubungan perubahan jarak terhadap nilai kapasitansi yang dihasilkan. Setelah mendapat metode pengukuran yang tepat, akan dilakukan studi kasus yaitu menguji tingkat kematangan buah dengan metode tersebut. Dalam melakukan penelitian ini, didukung oleh referensi, serta teori yang berkaitan dengan hipotesis penelitian.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

3. Pembahasan

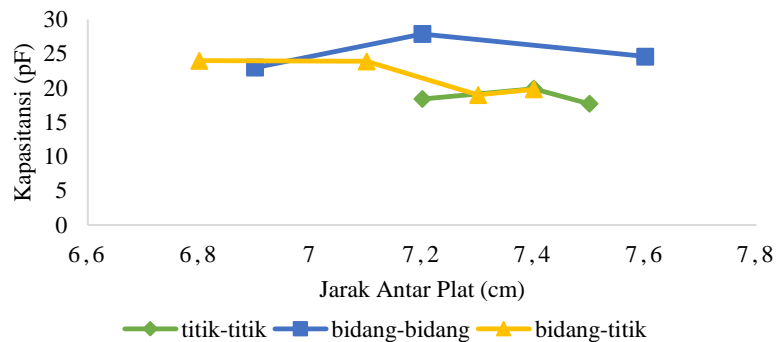
3.1 Pengujian pengaruh perubahan posisi sensor terhadap nilai kapasitansi pada objek uji buah pir packam

Pada pengujian ini, objek uji yang digunakan mempunyai tiga sampel dengan ukuran yang berbeda. Dilihat dari grafik, tiap sampel dilakukan pengukuran sehingga didapatkan variasi jarak dan metode pengukuran yang berbeda.

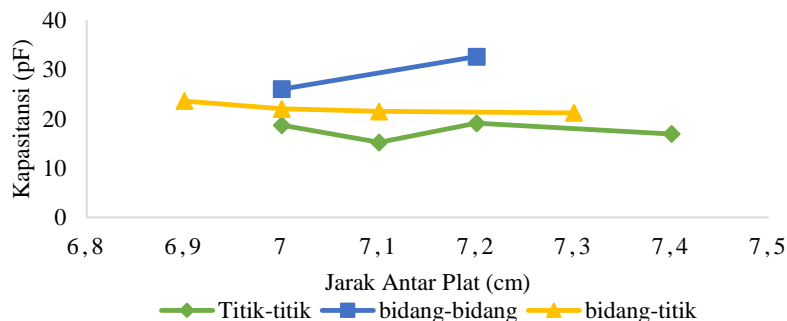
Tabel 1 Nilai Gradien Pada Pengukuran Objek Uji Pir Packam

Objek Uji	Metode Pengukuran	Nilai Gradien		
		Sampel-1	Sampel-2	Sampel-3
Pir Packam	Titik, Titik	-0.92	-1.51	7.5
	Bidang, Bidang	1.71	33	22
	Bidang, Titik	-8.54	-5.4	-0.16

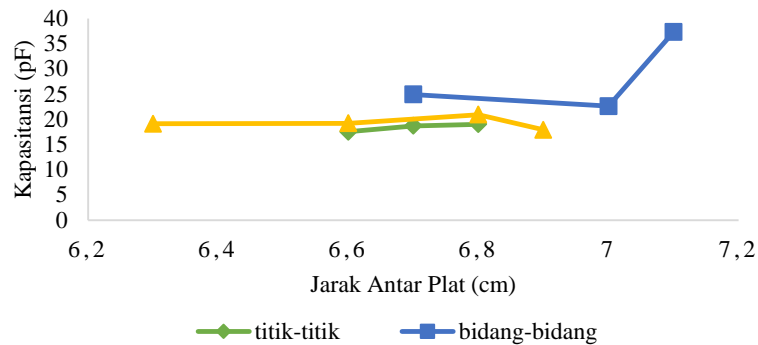
Dilihat dari tabel 1 dapat disimpulkan bahwa dengan nilai gradien yang sesuai m bernilai (-) ditunjukkan oleh pengukuran menggunakan metode (bidang, titik) pada sampel 1, 2, dan 3. Serta ditunjukkan oleh pengukuran menggunakan metode (titik, titik) pada sampel 1 dan 2. Sedangkan pada pengukuran menggunakan metode bidang, bidang baik pada sampel 1, 2 dan 3 menunjukkan hasil bahwa gradien bernilai (+), dimana hal tersebut bertentangan dengan hubungan kapasitansi dan jarak. Dengan gradien yang menghasilkan nilai (+) maka metode pengukuran (bidang, bidang) merupakan metode pengukuran yang paling sensitif, dimana dengan perubahan jarak nilai kapasitansi yang dihasilkan juga semakin besar.



Gambar 4 nilai kapasitansi pada metode pengukuran (a) titik,titik, (b) bidang, titik, dan (c) bidang, bidang pada sampel pir packam 1



Gambar 5 nilai kapasitansi pada metode pengukuran (a) titik,titik, (b) bidang, titik, dan (c) bidang, bidang pada sampel pir packam 2



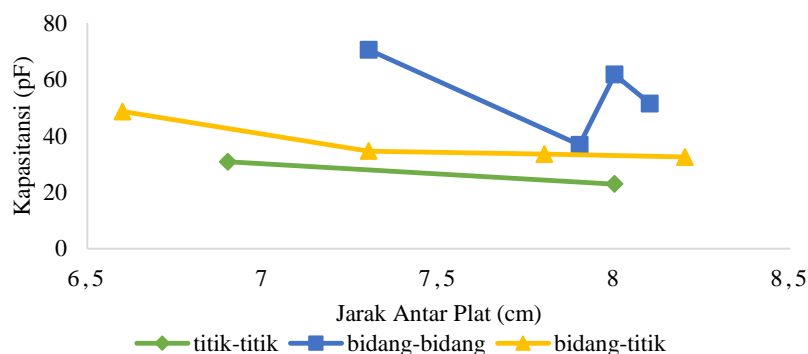
Gambar 6 nilai kapasitansi pada metode pengukuran (a) titik,titik, (b) bidang, titik, dan (c) bidang, bidang pada sampel pir packam 3

3.2 Pengujian pengaruh perubahan posisi sensor terhadap nilai kapasitansi pada objek uji buah mangga harum manis

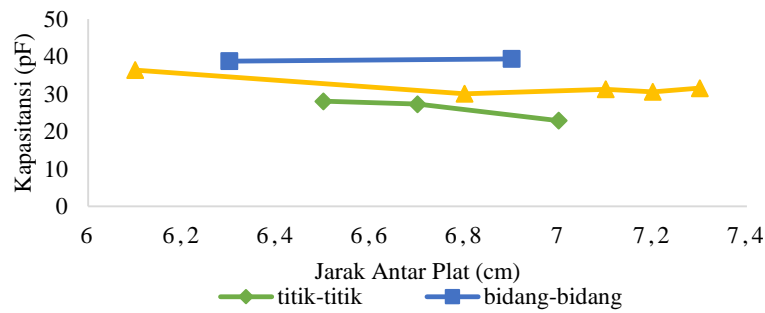
Pada analisa untuk objek uji buah mangga diketahui bahwa pada sampel 1 untuk semua metode pengukurannya memiliki gradien bernilai (-), hal tersebut sudah sesuai dengan hubungan antara jarak dan kapasitansi. Pada sampel 2 dan 3 gradien bernilai (-) hanya ditunjukkan oleh metode pengukuran (titik, titik) dan (bidang, titik). Namun pada sampel 2 dan 3 dengan metode pengukuran (bidang, bidang) menunjukkan gradien bernilai (+) atau sebaliknya. Dengan gradien yang menghasilkan nilai (+) maka metode pengukuran (bidang, bidang) merupakan metode pengukuran yang paling sensitif, dimana dengan perubahan jarak nilai kapasitansi yang dihasilkan juga semakin besar. Hal tersebut disebabkan pada metode pengukuran bidang, bidang dipengaruhi paling besar oleh nilai 'A' sehingga terjadinya eror akan lebih besar kemungkinannya akibat dalam penelitian ini nilai 'A' dianggap sama.

Tabel 2 Nilai Gradien Pada Pengukuran Objek Uji Mangga Harum Manis

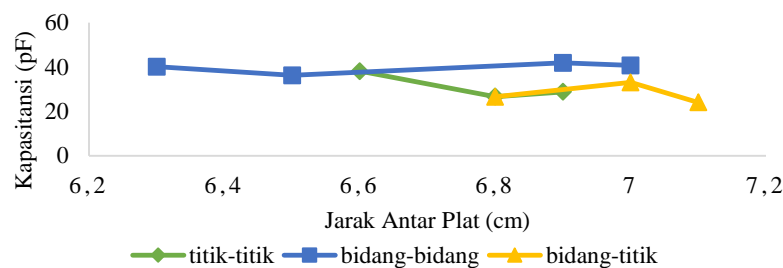
Objek Uji	Metode Pengukuran	Nilai Gradien		
		Sampel-1	Sampel-2	Sampel-3
Mangga harum manis	Titik, Titik	-7.18	-10.37	-34.7
	Bidang, Bidang	-24.05	1	3.84
	Bidang, Titik	-9.89	-4.61	-2.5



Gambar 7 nilai kapasitansi pada metode pengukuran (a) titik,titik, (b) bidang, titik, dan (c) bidang, bidang pada sampel mangga harum manis 1



Gambar 8 nilai kapasitansi pada metode pengukuran (a) titik,titik, (b) bidang, titik, dan (c) bidang, bidang pada sampel mangga harum manis 2



Gambar 9 nilai kapasitansi pada metode pengukuran (a) titik,titik, (b) bidang, titik, dan (c) bidang, bidang pada sampel mangga harum manis 3

3.3 Penentuan Metode Pengukuran yang Tepat

Dilihat dari nilai gradien yang dihasilkan pada pengukuran baik untuk objek uji buah mangga dan pir ijo, didapatkan bahwa metode pengukuran yang menghasilkan nilai gradien negatif secara konstan ditunjukkan oleh metode (bidang, titik). Metode (bidang,titik) dianggap metode pengukuran yang tepat karena dapat memenuhi konsep rumus kapasitansi, yaitu semakin kecil perbedaan jarak antar plat maka nilai kapasitansi yang dihasilkan semakin besar.

3.4 Pengujian tingkat kematangan buah mangga harum manis menggunakan metode pengukuran bidang, titik

Pengujian tingkat kematangan buah dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk validasi metode pengukuran yang dianggap tepat pada pengujian sebelumnya. Penentuan tingkat kematangan dilakukan pada objek uji buah mangga harum manis karena kematangan buah mangga dapat dilihat secara visual dari perubahan warna kulit buah. Pada pengujian ini, objek uji buah yang digunakan adalah buah mangga harum manis dengan kondisi belum matang. Buah mangga akan disimpan dengan periode waktu tujuh hari untuk mendapatkan tingkat kematangan yang berbeda. Tingkat kematangan dibagi menjadi dua, yaitu belum matang, dan matang. Pengukuran nilai kapasitansi dilakukan menggunakan metode pengukuran bidang, titik. Untuk mengetahui kecocokan data, maka data yang diperoleh dari pengujian tersebut akan dijadikan data acuan untuk melakukan uji kematangan buah mangga harum manis dengan sampel yang berbeda kondisi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nelson dan Trabelsi serta Sosa-Morales menyatakan bahwa nilai dielektrik suatu bahan pangan memiliki pengaruh yang kuat dengan kadar air. Nilai sifat dielektrik berbanding lurus dengan kadar air suatu bahan. Semakin tinggi kadar air maka nilai dielektrik dan faktor kehilangan dielektrik juga tinggi dan sebaliknya. Yang termasuk dalam nilai dielektrik adalah nilai kapasitansi. Pada bahan pangan kering, kadar air bisa menjadi parameter kritis untuk menentukan masa kadaluarsa [13].

Berdasarkan penelitian, tingkat kematangan buah menghasilkan nilai kapasitansi yang berbeda. Semakin matang kondisi buah, maka nilai kapasitansi yang dihasilkan semakin kecil. Hal tersebut dipengaruhi oleh kadar air dalam buah pada tingkat kematangan yang berbeda.

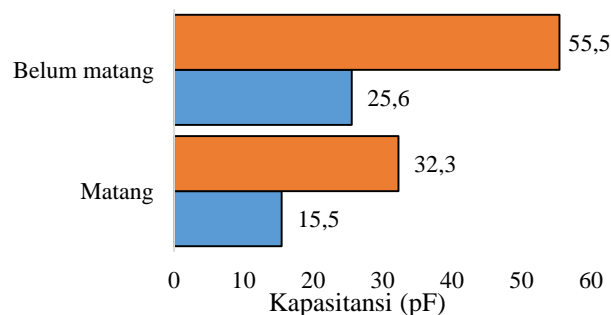
Tabel 3 Nilai kapasitansi buah mangga harum manis pada kondisi kematangan berbeda

Objek Uji	Jarak (cm)	Kapasitansi (pF)	Keterangan
Buah Mangga Harum Manis	6.5	55.5	Belum
	6.7	32.9	Matang
	6.9	27.5	
	7	25.6	
	6.5	37.3	
	6.7	16.9	Matang
	6.9	25.9	
	7	23.6	

3.5 Pengujian validasi data nilai kapasitansi tingkat kematangan buah mangga harum manis

Proses validasi dilakukan untuk mengetahui apakah data tingkat kematangan buah mangga harum manis dapat dijadikan data acuan untuk objek uji buah mangga harum manis lainnya. Mangga harum manis yang akan diuji berjumlah dua buah dengan tingkat kematangan yang berbeda. Buah mangga dipilih dengan kondisi visual yang hampir sama satu sama lainnya, yaitu mempunyai warna kulit hijau tua. Dengan demikian diasumsikan bahwa tingkat kematangan buah tidak diketahui. Untuk mengetahui dan mencocokkan tingkat kematangan selain dari nilai kapasitansi dan warna kulit buah, maka akan dilakukan pengujian rasa. Pengujian ini dilakukan dengan cara memotong sampel uji buah mangga kemudian mangga akan dirasa sehingga data tingkat kematangan buah pada tabel 3 dapat dijadikan sebagai data referensi untuk menentukan tingkat kematangan buah mangga harum manis.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa dari nilai kapasitansi yang diperoleh bahwa sampel mangga 1 mempunyai tingkat kematangan matang, dan untuk sampel mangga 2 mempunyai tingkat kematangan belum matang. Dari nilai kapasitansi tersebut, dicatat rentang nilai kapasitansi tiap kondisi kematangan pada masing- masing sampel untuk dicocokkan dengan data referensi. Dengan demikian didapatkan hasil bahwa nilai kapasitansi pada data referensi dapat dijadikan untuk mengetahui tingkat kematangan buah namun bersifat tidak pasti. Ketidakpastian tersebut dikarenakan adanya overlap pada rentang nilai kapasitansi data referensi, sehingga *overlap* tersebut harus lebih diteliti lebih lagi agar dapat digunakan sebagai data nilai kapasitansi tiap tingkat kematangan buah mangga harum manis.



Gambar 10 Rentang nilai kapasitansi

Tabel 4 Perbandingan nilai kapasitansi antara data referensi dan sampel uji

Objek Uji	Kapasitansi (pF)		Keterangan
	Min	Maks	
Mangga Harum Manis	25.6	55.5	Belum Matang
Mangga 1	15.5	32.3	Matang
Mangga 2	16.3	35.1	Matang
Mangga 2	29.4	40.7	Belum matang

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Perubahan posisi sensor mempengaruhi nilai kapasitansi
- Metode pengukuran yang memenuhi teori nilai kapasitansi adalah metode pengukuran bidang, titik
- Pada uji kematangan buah, didapatkan bahwa semakin matang buah maka nilai kapasitansi yang dihasilkan juga semakin kecil
- Pada penelitian ini, nilai kapasitansi yang digunakan dapat menentukan tingkat kematangan buah, namun bersifat tidak pasti karena adanya overlap pada rentang nilai tiap kematangan.

Daftar Pustaka

- [1] Sarwono, Syarief, & Subrata. 1992. Piranti Ukur Elektronik Untuk Industri Pangan. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- [2] Serway & Jewett. 2014. Physics For Scientists & Engineers With Modern Physics. Ninth Edition. Boston, Ma : Brooks/ Cole, Cengage Learning.
- [3] Giancoli, Douglas.C. 2009. Physics For Scientist & Engineering With Modern Physics. Fourth Edition. United State Of America : Pearson Education, Inc.
- [4] Halliday & Resnick. 1984. Fisika, Edisi Ke 3 Jilid 2. Terjemahan Oleh Silaban Dan Erwin Sucipto. Jakarta : Erlangga
- [5] Hamid, Abdul. 2016. Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- [6] Hidayat, Haerul. 2015. Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- [7] Lazuardi Umar, Rahmondia N, Yanuar H & Usman M. 2017. Pengembangan Sensor Kapasitif Pelat Silinder Untuk Mengukur Tingkat Kelembaban Gabah Padi. Jurnal Material Dan Energi Indonesia, Vol.07, No.01 2017.
- [8] Bowo Eko C, Misto, Faridatul Hasanah. 2016. Karakterisasi Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades. Jurnal Rekayasa, Energi, Manufaktur, Vol.1.No. 2. 2016.
- [9] Beiser, Arthur. 1962. The Mainstream Of Physics. United State Of America : Addison – Wesley Publishing Company.
- [10] Dunton & Sinclair. 2007 Practical Electronics Handbook. Sixth Edition. Great Britain : Elseveir Ltd.
- [11] Nelson SO, S Trablesi, Factor influencing the dielectric properties of agricultural and food products. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energi; 2012
- [12] Sosa-Morales ME, Valerio-Junco L, Lope-Malo A, HS Garcia. Dielectric properties of foods: reported data in the 21st century and their potential applications. LWT – Food Science and Technology; 2010
- [13] Rusliana EMS. Seleksi paramater dielektrik penentuan masa kadaluarsa biskuit (wafer) dengan pendekatan regresi linier. Dalam proses submit ke jurnal teknologi industri pertanian; 2013
- [14] Semarangani, Ni Kadek Sri. 2015. Pengukuran sifat listrik dan sifat fisiko kimia jambu kristal (psidium guajava L) pada berbagai tingkat kematangan dengan kondisi hydrocooling. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor