



Research Articles

Karakterisasi Buah Mangga Berdasarkan Nilai Dielektrik Menggunakan Teknik Double-Ring Resonator

Mango Fruit Characterization Based on Dielectric Value Using Double-Ring Resonator Technique

Suthami Ariessaputra¹, Cahyo Mustiko Okta Muvianto^{1*}, Kurniawan Yuniarto², Sudi M. Al Sasongko¹, dan Syafaruddin Ch¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan & Agroindustri, Universitas Mataram

**corresponding author, email: cahyo.muvianto@unram.ac.id*

Manuscript received: 02-01-2020. Accepted: 29-05-2020

ABSTRAK

Mangga merupakan salah satu produk pertanian di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Kualitas dari buah mangga pascapanen juga perlu diketahui agar mutu yang dihasilkan tetap terjaga. Mutu buah di daerah tropis dapat ditinjau dari laju respirasi, kekancangannya, Susut bobot, Total Padatan Terlarut (TPT), Perubahan Warna dan kadar asam. Selain itu kualitas buah mangga pasca panen juga dapat dideteksi menggunakan sensor yang memancarkan gelombang mikro dengan nilai tertentu. Teknik ini bersifat non-destruktif sehingga tidak merusak objek yang digunakan. Gelombang mikro di pancarkan melalui sensor jenis *double-ring* resonator. Vector Network Analyzer (VNA) digunakan sebagai alat bantu untuk menghasilkan nilai skatering S_{11} dan S_{21} , nilai skatering selanjutnya diolah menjadi nilai dielektrik. Pengujian dilakukan pada buah mangga jenis gedong gincu yang terbagi dalam 4 kategori yaitu buah mangga matang di pohon, matang sekali, mengkal dan mentah. Sensor *double ring* resonator dapat mendeteksi dan membedakan tingkat kematangan buah mangga berdasarkan nilai S_{21} pada rentang frekuensi 0,39-0,49 GHz. Pada rentang frekuensi tersebut, nilai gain rata-rata buah mangga yang matang dipohon -21,4 dB, buah mangga matang sekali -22,8 dB, mangga mengkal -25,4 dB dan mangga mentah -33,4 dB. Sedangkan karakterisasi buah mangga menggunakan nilai impedansi dapat dilihat pada rentang frekuensi 0,41–0,47 GHz. Nilai impedansi rata-rata buah mangga yang matang di pohon sebesar 0,073, mangga matang sekali 0,067, mangga mengkal 0,057 dan mangga mentah 0,032.

Kata kunci: manga; non-destruktif; *double-ring* resonator; gelombang mikro; dielektrik

ABSTRACT

Mango is one of the agricultural products in West Nusa Tenggara Province. The quality of post-harvest mangoes also needs to be known so that the quality produced can be maintained. Fruit quality in the tropics can be seen from the respiration rate, hardness, weight loss, total soluble content (TSC), discoloration and acid content. In addition, the quality of post-harvest mangoes can also be detected using sensors that emit microwaves with a certain value. This technique is non-destructive so it does

not damage the object used. Double-ring resonators are used as sensors to detect the characteristics of mangoes. Vector Network Analyzer (VNA) is used as a tool to produce S_{11} and S_{21} scattering values, then the scattering values are processed into dielectric values. The test was carried out on the type of Gincong Gincu Mango which was divided into 4 categories, namely ripe mango on the tree, very ripe, thick and raw. Double ring resonator sensor can detect and distinguish the maturity level of mangoes based on the value of S_{21} in the frequency range of 0.39 to 0.49 GHz. In that frequency range, the average gain value of ripe on tree is -21.4 dB, over ripe is -22.8 dB, early ripe is -25.4 dB and unripe mango is -33.4 dB. While the characterization of mangoes using impedance values can be seen in the frequency range of 0.41 - 0.47 GHz. The average impedance value of ripe on tree is about 0.073, over ripe is about 0.067, early ripe is about 0.057 and unripe mangoes is about 0.032.

Keyword: mango; non-destructive; double-ring resonator; microwave; dielectric

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara tropis yang terletak di garis katulistiwa sehingga memiliki keragaman dan kekayaan hayati diantaranya adalah buah-buahan. Konsumsi buah-buahan segar cenderung mengalami peningkatan, hal ini disebabkan karena kebutuhan dan kesadaran masyarakat dunia akan khasiatnya termasuk juga Indonesia. Indonesia diharapkan mampu memberikan peran lebih banyak dalam memenuhi kebutuhan buah dalam negeri dan juga dapat berperan lebih besar untuk mengeksport buah segar yang berkualitas ke negara-negara besar, seperti Inggris, Singapura dan Malaysia. Ekspor buah tersebut antara lain buah mangga, nanas, jambu biji, pepaya, dan pisang (Oktavianto et al., 2015).

Provinsi Nusa Tenggara Barat merupakan salah satu penghasil buah mangga. Produksi buah mangga di Provinsi NTB pada tahun 2017 mencapai 165.000 ton dari sekitar 1.000.000 pohon mangga yang ada. Hampir seluruh kabupaten/kota se-NTB setiap tahunnya mampu menghasilkan buah mangga, namun pusat produksinya berada di daerah Sumbawa yang dapat memproduksi sekitar 44.000 ton mangga dan Lombok Tengah dengan produksi mencapai sekitar 36.000 ton. Sementara itu wilayah Mataram dan Sumbawa Barat merupakan wilayah yang paling sedikit menghasilkan buah mangga, tepatnya 811 ton untuk Kota Mataram sedangkan 1.988 ton untuk Kabupaten Sumbawa Barat (Kemendag, 2017).

Kualitas buah mangga yang di panen dapat ditinjau dari beberapa karakteristik seperti: ukuran buahnya, tulang daunnya (Riska et al., 2015) kadar keasaman, level kemanisan, kekencangannya dan corak warna pada kulitnya (Dimas dan Sutojo, 2015). Ada dua teknik yang biasanya digunakan untuk menilai kualitas buah. Teknik pertama yaitu dengan memperoleh sifat karakteristik fisikokimia seperti gradasi warna dan pH. Teknik ini memberikan informasi yang akurat tentang kandungan yang terdapat dalam buah, tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama karena objek yang di uji harus dilebur agar menjadi lebih cair. Oleh karena itu diperlukan beberapa kegiatan tambahan seperti mengupas, mengiris, memeras, melubangi, menghaluskan bentuk atau membuat jus buah sehingga di peroleh sampel cairan. Akibatnya terdapat sisa-sisa bahan dari proses tersebut yang tidak terpakai.

Metode yang kedua adalah teknik non-destruktif yaitu teknik ini mengukur objek tanpa merusak objek yang diuji dengan waktu yang relatif cepat. Teknik pengukuran seperti dapat dilakukan dengan memancarkan gelombang elektromagnetik menggunakan antena yang di fungsikan sebagai sebuah sensor. Teknik ini menghasilkan nilai dielektrik yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik buah mangga tersebut (Monai et al, 2004).

Mangga dan beberapa buah yang lainnya serta sayuran juga telah diukur nilai dielektriknya menggunakan beberapa jenis sensor yang berbeda (Reyes et al., 2017).

Pengukuran dielektrik buah mangga memanfaatkan gelombang mikro juga sudah dilakukan menggunakan model *open-ended coaxial probe*. Namun objek buah mangga harus dilubangi terlebih dahulu, sehingga sensor bisa masuk kedalam daging buah untuk dapat mengukur nilai dielektriknya (Harshitha et al., 2017). Biji beras juga dapat diukur kualitasnya menggunakan teknik gelombang mikro yang menggunakan model sensor mikrostrip *wide-ring* dan mikrostrip *coupled-line*. Teknik ini menghasilkan error sebesar 9,7% (You et al, 2013). Pengukuran nilai dielektrik dan konduktivitas berupa cairan madu (Syafarin et al., 2018) dan cairan darah pada manusia juga sudah dilakukan menggunakan sensor *microstrip split-ring* (Zhang et al., 2018).

Berdasarkan hal tersebut tersebut, maka penulis akan mengukur karakteristik buah mangga berdasarkan nilai dielektrik menggunakan teknik *double-Ring Resonator* dengan memanfaatkan gelombang mikro yang bekerja pada frekuensi 100 MHz – 3GHz. Kelebihan teknik ini adalah bersifat *non destructive*, artinya tidak perlu merusak dan menghancurkan objek buah mangga yang akan diuji. Selain itu tidak diperlukan matching dari sampel yang digunakan serta mudah dalam menyiapkan bahan ujinya, setelah alat ukur dikalibrasi, selanjutnya nilai dielektrik dari sampel dalam jumlah besar dapat diukur secara langsung dengan cepat, dan pengukuran dapat dilakukan pada suhu ruangan. Buah mangga yang digunakan sebagai bahan uji adalah buah mangga jenis gedong gincu yang memiliki beberapa tingkat kematangan. Selanjutnya nilai dielektrik digunakan untuk melihat karakteristik buah mangga tersebut.

BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu: survey buah mangga, perancangan dan pembuatan sensor, pengukuran nilai dielektrik menggunakan sensor dan mengukur tingkat kemanisan menggunakan metode total padatan terlarut. Sampel buah mangga yang digunakan memiliki tingkat kematangan yang berbeda. Buah mangga terlebih dahulu diukur nilai dielektriknya, setelah itu pada sampel mangga yang sama dan hari yang sama dilakukan pengukuran kadar gula. Selanjutnya kedua hasil pengukuran dari metode yang berbeda tersebut dibandingkan untuk mencari korelasinya.

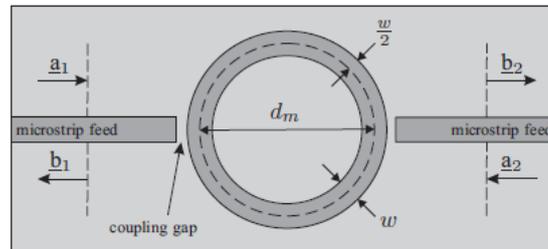
Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah buah mangga gedong gincu yang dipanen di Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat. Buah tersebut terbagi menjadi empat kategori yaitu : buah mangga matang di pohon, matang sekali, mengkal dan mentah. Pada setiap kategori disiapkan masing-masing empat buah mangga. Sedangkan bahan pembuatan sensor menggunakan PCB *double layer* dan konektor sma.

Buah mangga terlebih dahulu diukur nilai dielektriknya, setelah itu pada sampel mangga yang sama dan hari yang sama dilakukan pengukuran kadar gula menggunakan metode total padatan terlarut.

Desain Split-Ring Resonator

Perancangan sensor terdiri dari perhitungan matematis, simulasi dan realisasi sensor. Perhitungan matematis dilakukan untuk mengetahui dimensi sensor yang dibuat dengan model *Double-Ring Resonator*. Selanjutnya dilakukan simulasi untuk mengetahui nilai-nilai parameter dari sensor tersebut. Setelah nilai-nilai parameter sesuai dengan rancangan, selanjutnya masuk pada tahap pembuatan sensor menggunakan PCB *double layer*.



Gambar 1. Sekmatik rangkaian *ring resonator*

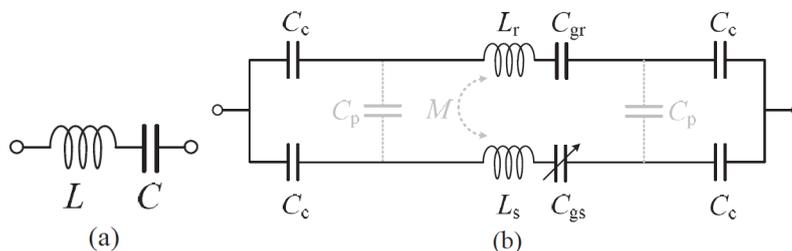
Resonator cincin mikrostrip sering digunakan untuk menentukan karakteristik substrat gelombang mikro, khususnya konstanta dielektrik dan *loss* tangen. Frekuensi resonansi cincin dapat dihitung dari persamaan.

$$n \cdot \lambda_{res,n} = \pi \cdot d_m$$

dimana n adalah bilangan harmonik, $\lambda_{res,n}$ adalah panjang gelombang resonansi, π adalah angka Pi, dan d_m adalah diameter rata-rata cincin.

Rangkaian Ekuivalen

Rangkaian ekuivalen elemen yang disatukan dari DSRR diilustrasikan pada Gambar 2. Cincin-split tunggal ekuivalen sebagai resonator LC seri karena memiliki induktansi (L) dari cincin dan kapasitansi (C) dari celah. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.a, yang menunjukkan puncak tunggal dalam karakteristik transmisi. Ketika dua cincin ditempatkan secara paralel, kita harus memperhitungkan induktansi timbal balik (M) dan kapasitif kopling (C_p) di antara mereka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.b.

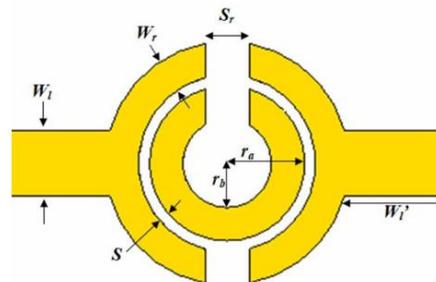


Gambar 2.a resonator seri LC, 2.b Rangkaian ekuivalen *double ring resonator*.

Kapasitor C_c mewakili kopling input / output untuk setiap cincin, yang harus identik untuk operasi input / output seimbang dan faktor kualitas tinggi. L_r dan C_{gr} masing-masing adalah induktansi setara dan kapasitansi celah dari cincin referensi, sedangkan L_s dan C_g adalah kapasitansi induktansi dan celah yang setara dari cincin.

Dimensi Sensor

Gambar 3 menunjukkan gambar dari dimensi sensor berdasarkan pada sepasang *Split-Ring Resonator* dengan frekuensi yang sedikit berbeda, yang kita sebut *Double Split-Ring Resonator* (DSRR). Sensor dibuat dari bahan PCB *double layer* dengan ukuran lingkaran dalam rb sebesar 2mm yang memiliki frekuensi resonansi sekitar 1,2 GHz. Frekuensi resonansi dapat diubah dengan mengubah diameter cincin.



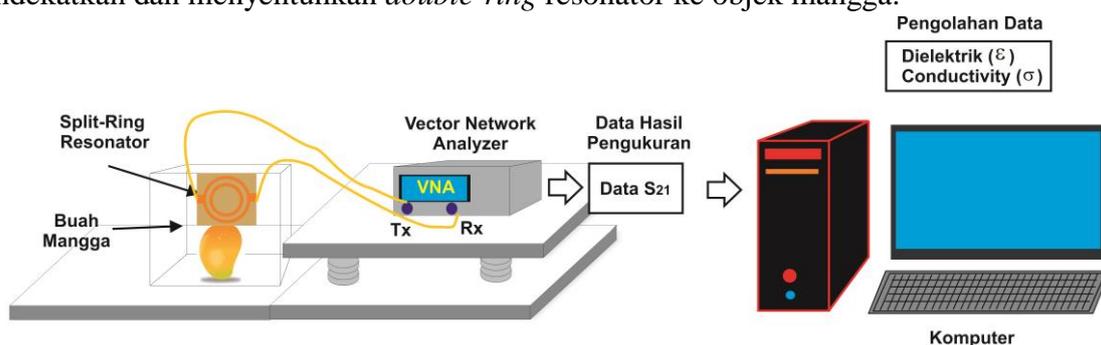
Gambar 3. Dimensi sensor

Keterangan :

- L : Lebar Substrat (18 mm)
- W_l : Lebar pencatu (3 mm)
- W_l' : Panjang pencatu (5 mm)
- S : Jarak ring pertama dengan ring kedua/gap (0.5 mm)
- S_r : Jarak perpotongan pada ring (3 mm)
- W_r : Lebar Ring (3 mm)
- R_a : Jari - jari luar (3.5 mm)
- R_b : Jari - jari dalam (2 mm)

Skema Pengukuran

Pada gambar 4 merupakan Instrumen pengukuran yang digunakan untuk menentukan nilai dielektrik buah mangga menggunakan teknik Split-Ring Resonator, dan Vector Network Analyzer (VNA) pada frekuensi gelombang mikro. Pengambilan data dilakukan dengan mendekatkan dan menyentuhkan *double-ring* resonator ke objek mangga.



Gambar 4. Pengukuran data dielektrik buah mangga

Sensor dari *Double-Ring Resonator* selanjutnya dihubungkan dengan Vector Network Analyzer (VNA). VNA dapat mengukur karakteristik buah mangga sesuai dengan frekuensi 100 MHz sampai 3 GHz (lebar pita 2900 MHz). Data yang dihasilkan VNA berupa nilai S_{21} yang selanjutnya diolah menjadi nilai dielektrik.

Nilai dielektrik yang diperoleh dari sampel mangga yang diukur merupakan mangga matang dengan beberapa kondisi, yaitu mangga mentah, mengkal, matang di pohon dan matang sekali. Berdasarkan kondisi tersebut akan diperoleh data ukur yang relatif banyak. Selanjutnya data tersebut akan diolah dan dianalisa karakteristik masing-masing menggunakan *software*. Pengukuran buah mangga gedung gincu dapat dilihat pada gambar 5. Tampak pada gambar bahwa sensor ditempelkan pada permukaan buah mangga. Setelah dilakukan pengukuran dapat diperoleh nilai S_{21} dan impedansi.



Gambar 5. Pengukuran Dielektrik Buah Mangga

Pengujian Total Padatan Terlarut

Pengujian nilai total padatan terlarut dilakukan menggunakan alat ukur hand-refractometer. Alat ukur refraktometer terlebih dahulu dibersihkan dengan aquades dan dibersihkan menggunakan kain yang memiliki tekstur lembut. Selanjutnya sampel buah yang telah encer ditetaskan ke atas permukaan prisma refraktometer dan diukur nilai derajat Brix-nya (Wahyudi dan Dewi, 2017). Pengujian nilai total padatan terlarut untuk kadar gula buah mangga dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Buah mangga yang sudah dicairkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang dilakukan terdiri dari hasil pengujian sensor *double ring resonator* dan pengukuran kadar gula.

Hasil Sensor Double Ring

Sensor double ring resonator terbuat dari bahan PCB. Hasil sensor yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 7. Tampak pada gambar bahwa sensor memiliki dua port yang terdiri dari satu port input (Tx) dan satu port output (Rx).



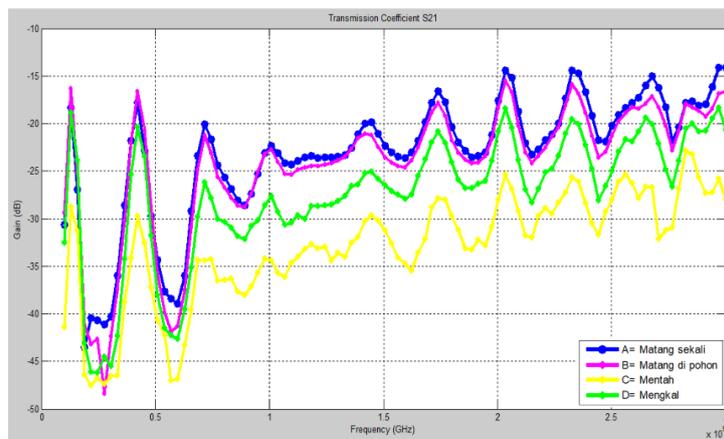
Gambar 7. Sensor *double ring*

Hasil Pengukuran Nilai Dielektrik

Pengukuran nilai dielektrik buah mangga gedong gincu terdiri dari pengukuran nilai S_{21} dan nilai impedansi. Hasil pengukuran ini digunakan untuk melihat karakteristik masing-masing buah mangga tersebut.

Hasil Pengukuran Nilai S_{21}

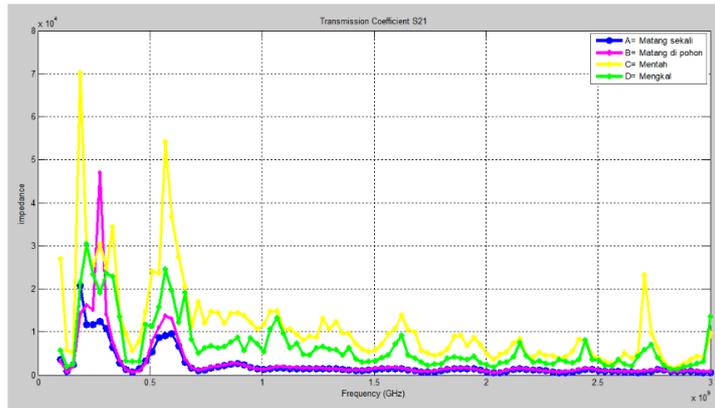
Nilai S_{21} yang diperoleh ditampilkan pada grafik. Gambar 8 menunjukkan nilai dari S_{21} untuk 4 kategori buah mangga yang berbeda-beda. Nilai S_{21} untuk masing-masing kategori juga mengalami nilai yang fluktuatif. Nilai S_{21} berkisar antara -13 dB sampai dengan -48 dB. Nilai yang dihasilkan fluktuatif pada rentang frekuensi 0-3GHz. Pada frekuensi 1,2 GHz nilai S_{21} tertinggi dimiliki oleh mangga matang sekali sebesar -23, sedangkan nilai terendah dimiliki oleh mangga mentah sebesar -33.



Gambar 8. Nilai S_{21} pada frekuensi 0-3 GHz

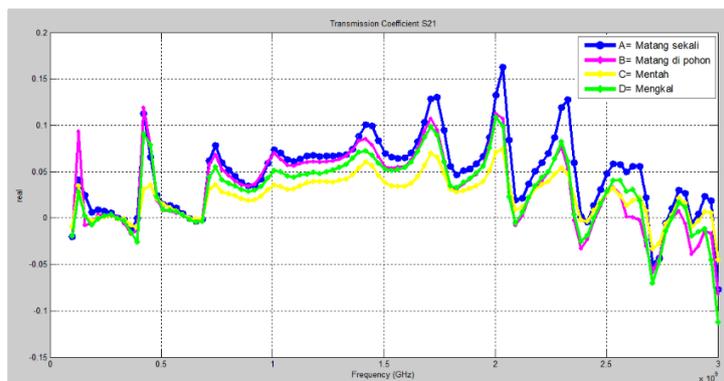
Hasil Pengukuran Impedansi

Hasil pengukuran nilai impedansi S_{21} terdiri dari nilai real dan imajiner seperti terlihat pada gambar 9. Nilai impedansi S_{21} yang diperoleh berkisar antara 0 sampai 7 dari keempat jenis kategori tersebut. Pada frekuensi kerjanya di 1,2 GHz Nilai impedansi terendah yaitu 0,15 pada sampel buah matang di pohon dan matang sekali, sedangkan impedansi tertinggi terdapat pada buah mangga mentah sebesar 0,85.



Gambar 9. Nilai Impedansi S_{21} pada frekuensi 0-3 GHz

Nilai impedansi S_{21} yang diperoleh berkisar antara 0 sampai 7. Sedangkan nilai impedansi imajiner S_{21} yang diperoleh berkisar antara 0,17 sampai -0,12 seperti terlihat pada gambar 10.



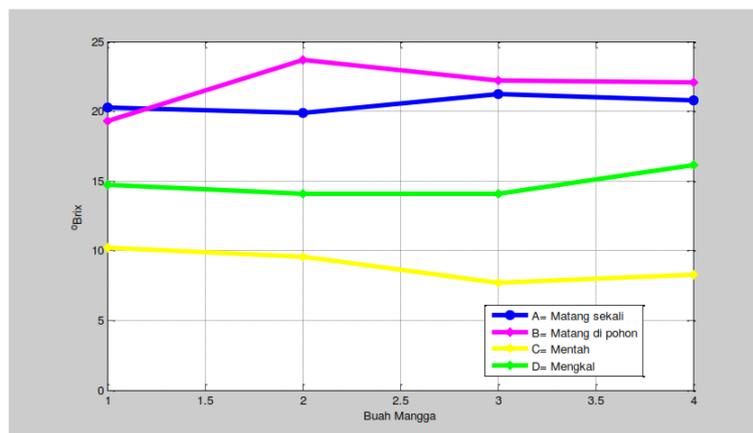
Gambar 10. Nilai Impedansi real S_{21} pada frekuensi 0-3 GHz

Hasil Pengukuran kadar gula

Hasil pengukuran kadar gula yang diperoleh dari pengujian total padatan terlarut dapat dilihat pada tabel 1. Nilai kadar gula dinyatakan dalam derajat BRIX ($^{\circ}$ BRIX). Selanjutnya data hasil pengukuran pada tabel 1 dibuat kedalam bentuk grafik seperti terlihat pada gambar 11. Nilai rata-rata kadar kemanisan (kadar gula) tertinggi terdapat pada buah mangga matang di pohon sebesar 21,18 derajat BRIX, sedangkan terendah pada mangga mentah sebesar 8,93 derajat BRIX.

Tabel 1. Kadar Gula dalam buah mangga

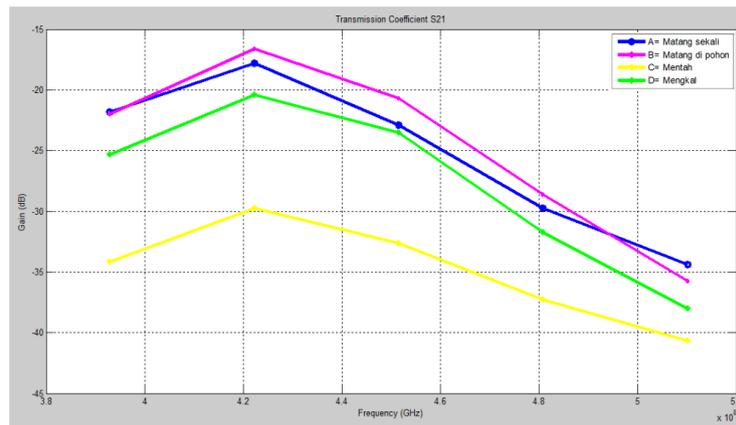
Kategori Buah	mangga	°Brix	Rata-rata	Standar Deviasi
Sangat Matang	A1.1	20.25	20.53	0.6
	A1.2	19.85		
	A2.1	21.2		
	A2.2	20.8		
Matang di Pohon	B1.1	19.3	21.18	1.82
	B2.2	23.65		
	B3.1	22.2		
	B3.2	22.1		
Mentah	C2.1	10.2	8.93	1.15
	C2.2	9.55		
	C3.1	7.7		
	C3.2	8.25		
Mengkal	D1.1	14.75	14.76	0.98
	D1.2	14.1		
	D3.1	14.05		
	D3.2	16.15		



Gambar 11. Nilai Kadar Gula

Hubungan Nilai Gain S_{21} dengan Kadar Gula

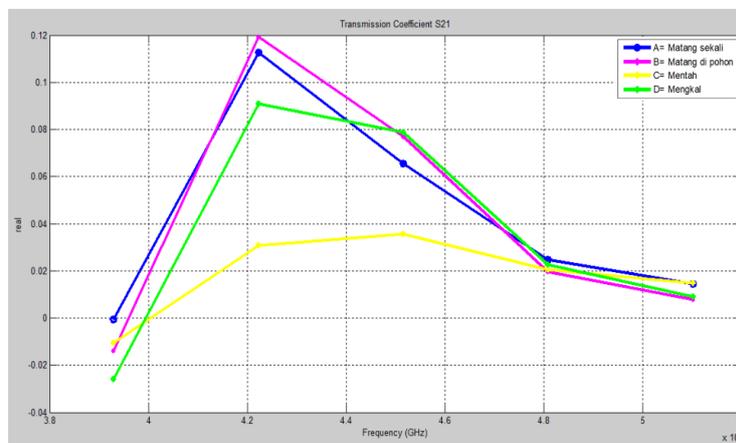
Tren hubungan antara nilai dielektrik dengan kadar kemanisan dapat dilihat dengan membandingkan nilai gain S_{21} dengan nilai kadar gulanya. Pada perbandingan gambar 11 dengan 12, menunjukkan kecenderungan perbandingan linier antara nilai S_{21} dengan nilai kadar gulanya yaitu pada rentang frekuensi 0,39 sampai 0,49 GHz. Pada rentang frekuensi tersebut buah mangga yang matang dipohon memiliki nilai gain rata-rata tertinggi sebesar -21,4 dB. Selanjutnya buah mangga matang sekali sebesar -22,8 dB, mangga mengkal sebesar -25,4 dB dan terakhir mangga mentah sebesar -33,4 dB. Berdasarkan hasil pengujian total padatan terlarut yaitu buah mangga matang di pohon 21.18 °BRIX, mangga matang sekali 20.53 °BRIX, mangga mengkal 14.76 °BRIX, dan mangga mentah 8.93 °BRIX. Hal ini menunjukkan nilai yang sebanding antara nilai S_{21} dengan hasil pengukuran kadar gula.



Gambar 12. Nilai gain S₂₁ pada rentang frekuensi 0,39–0,51 GHz

Hubungan Nilai Impedansi dengan Kadar Gula

Tren hubungan nilai impedansi dengan kadar gula terlihat pada rentang frekuensi rendah yaitu pada frekuensi 410 – 470 MHz. Pada frekuensi ini, nilai impedansi memiliki tren yang sama dengan data hasil pengukuran kadar gula. Urutan nilai rata-rata tingkat kemanisan buah berdasarkan pengujian total padatan terlarut yaitu buah mangga matang di pohon 21,18 °BRIX, mangga matang sekali 20,53 °BRIX, mangga mengkal 14,76 °BRIX, dan mangga mentah 8,93 °BRIX. Hasil ini berbanding linier dengan nilai impedansinya yaitu buah mangga matang di pohon 0,073, mangga matang sekali 0,067, mangga mengkal 0,057%, dan mangga mentah 0,032 seperti tampak pada gambar 13. Sehingga dari hasil kedua pengukuran tersebut menunjukkan hubungan yang sama antara nilai impedansi dengan kadar gulanya.



Gambar 13 Nilai Impedansi real S₂₁ pada rentang frekuensi 0,39-0,51 GHz

KESIMPULAN

Sensor *double ring resonator* dapat mendeteksi dan membedakan tingkat kematangan buah mangga berdasarkan nilai S₂₁ pada rentang frekuensi 0,39-0,49 GHz. Pada rentang frekuensi tersebut buah mangga yang matang dipohon memiliki nilai gain rata-rata sebesar -21,4 dB, buah mangga matang sekali sebesar -22,8 dB, mangga mengkal sebesar -25,4 dB dan terakhir mangga mentah sebesar -33,4 dB.

Karakterisasi buah mangga juga dapat dilakukan berdasarkan nilai impedansinya. Hal ini terlihat pada rentang frekuensi rendah yaitu pada frekuensi 410 – 470 MHz nilai impedansi yang dihasilkan berbeda antara satu dengan yang lainnya. Nilai impedansi rata-rata buah mangga yang matang di pohon sebesar 0,073, mangga matang sekali 0,067, mangga mengkal 0,057%, dan mangga mentah 0,032.

DAFTAR PUSTAKA

- Dimas, G. dan Sutojo, T., (2015). Analisis Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Mangga Manalagi Menggunakan CBIR (Content Based Image Retrieval) Berdasarkan Warna. Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Harshitha, T. S., Ilaria M. dan Marco Spirito. 2017. *Dielectric measurements of mangoes from 0.5GHz to 20GHz using a custom open-ended coaxial probe*. Proceedings of the 47th European Microwave Conference. Nuremberg, Germany.
- Kemendag. 2017. Warta Ekspor. Direktur Jenderal Pengembangan Ekspor Nasional Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Edisi : PEN/MJL/008/7/2017
- Monai, K., Anal M., dan Chnwong P. 2004 *Nondestructive Measurement for Mango Inspection*. International Symposium on Communications and Information Technologies 2004 (ISCIT 200.1) Sapporo, Japan. October 26- 29.2004.
- Oktavianto, Y., Sunaryo, dan Suryanto, A. (2015). Karakterisasi Tanaman mangga (*mangifera indica* L.) Cantek, Ireng, Empok, Jempol Di Desa Tiron, Kecamatan Banyakan Kabupaten Kediri. Jurnal Produksi Tanaman, Volume 3, Nomor 2, Maret 2015, hlm. 91 – 97.
- Reyes, A., Yarlequ M., Castro W., dan Chuquizuta S. 2017. *The Freshness Analysis of an Apple and a Potato Using Dielectric Properties at the Microwave Frequency Region*. Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS), St Petersburg, Russia
- Riska S. Y., Cahyani L., dan Rosadi M., I. (2015). Klasifikasi Jenis Tanaman Mangga Gadung dan Mangga Madu Berdasarkan Tulang Daun. Jurnal Buana Informatika, Volume 6, Nomor 1, Januari 2015: 41-50.
- Syafrin, R., R., Muvianto, C., M., O. dan Sasongko S., M., A. 2018. Deteksi Keaslian Madu Trigona Berdasarkan Nilai Dielektrik Dan Konduktivitas Menggunakan Teknik Open - Ended Coaxial Cavity Resonator Pada Frekuensi 100 – 1000 MHz. Jurnal Dielektrika Vol 5 No 1 (2018).
- Wahyudi, A. dan Dewi R.. 2017. Upaya perbaikan kualitas dan produksi buah menggunakan teknologi budidaya sistem ToPAS pada 12 varietas semanga hibrida. Jurnal Penelitian Pertanian 17(1): 17-25.
- You, K.,Y., Mun, H., K., Dimon MN (2013). *Broken rice detection based on microwave measurement technique using microstrip wide-ring sensor and microstrip coupled-line sensor*. AJCS 7(13):2079-2090. ISSN:1835-2707.
- Zhang, E., Xue, C., dan Jinghui. 2018. *Design and Human Trials of Microwave Noninvasive Blood Glucose Detection Sensor*. IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting. Boston, MA, USA.