RANCANG BANGUN ALAT DAN PENGUKURAN NILAI DIELEKTRIK PADA KISARAN FREKUENSI RADIO

Instrument Design and Measurement of Dielectric Properties Within Radio Frequency Range

Harmen[1] , Armansyah H. Tambunan , Edy Hartulistiyoso[2], I Dewa Made Subrata[2].

Abstract

Dielectric properties indicate the ability of a system to store, transmit and reflect electromagnetic wave energy. Recently, the utilization of the properties in agriculture field tends to increase. For example, dielectric drying of biological material is based on the product's ability to absorb electromagnetic radiation and convert it into heat. In addition, lower energy application of the property can be utilized for non-destructive measurement of water content. For a more broad application, measurement of the property and the influencing factors is indispensable.

The objectives of this experiment were to design an instrument for measuring dielectric properties in radio frequency range and to determine the dielectric properties of white pepper. The instrument was designed based on Q-meter method, which consists of oscillator, LRC circuit, and capacitance meter. At the LRC circuit, with $L=3.543\ \mu H$, the designed instrument can be used within a frequency range of 8 MHz to 22 MHz, where the peak resonance capacitance was ranged from 21,72 pF to 177.49 pF. Application of the instrument in measuring the dielectric properties of white pepper showed that the value was fluctuated at frequencies less than 12 MHz. Accordingly, it was concluded that the instrument is applicable for measuring dielectric properties of biological materials at frequency range of 14 to 22 MHz. It was also found that dielectric properties of white pepper were higher at higher moisture content.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sifat dielektrik adalah karakteristik suatu bahan yang mencirikan potensinya dalam memberi respon terhadap pemanasan dielektrik, dan menggambarkan kemampuan bahan tersebut untuk menyimpan, menyalurkan dan memantulkan energi gelombang elektromagnetik. Pemanfaatan sifat dielektrik ini cenderung meningkat di bidang pertanian. Penerapan pada pengeringan bahan biologik didasarkan pada kemampuan bahan untuk menyerap radiasi gelombang eletromaknetik dan mengubahnya menjadi panas. Pada tingkat energi yang lebih rendah, sifat dielektrik dapat dimanfaatkan untuk pengukuran kadar air secara non destruktif. Dengan demikian informasi mengenai sifat dielektrik bahan biologik serta berbagai faktor yang mempengaruhinya, seperti pengaruh frekuensi, kadar air, temperatur, densitas, komposisi kimia, geometri dan ketak-homogenan bahan, sangat penting untuk meningkatkan pemanfaatannya. Suatu masalah yang sering ditemukan dalam pemanfaatan sifat dielektrik produk-produk pertanian

[1] Staf Pengajar pada Politeknik Pertanian Negeri Bandar Lampung.
[2] Staf pengajar pada Jurusan Teknik Pertanian, Fateta IPB, Bogor

adalah kurangnya pengetahuan akan keterkaitannya dengan sifat fisik lainnya. Meningkatnya pengetahuan mengenai sifat dielektrik tersebut diharapkan dapat membuka kemungkinan penerapan dan pemanfaatan yang lebih luas.

Pengukuran sifat dielektrik bahan biologik, khususnya pada kirasan frekuensi radio (10 hingga 100 MHz) masih terbatas akibat dari keterbatasan alat maupun prinsip pengukurannya. Ada beberapa tehnik pengukuran nilai sifat dielektrik yang dapat digunakan, seperti General radio type 1608-A, Impedansi bridge, Booton 160-A Q-meter dan Booton 250-A RX-meter. Teknik-teknik pengukuran tersebut digunakan untuk untuk kisaran frekuensi antara 250 Hz – 50 Mhz yang termasuk dalam kisaran frekuensi rendah. Pengukuran nilai sifat dielektrik, dan penentuan faktor-faktor yang mempengaruhinya, dengan bermacam-macam metoda pengukuran harus tetap mengacu pada prinsip dasarnya, yaitu nilai dielektrik merupakan perbandingan kapasitansi bahan dengan udara. Diantara berbagai tehnik pengukuran tersebut, metoda Booton 160-A Q-meter yang bekerja pada kisaran frekuensi 50 Hz – 50 MHz adalah yang paling sederhana, dapat dibuat sendiri dengan biaya murah, dan dapat menggunakan alat ukur yang umum ditemukan.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran untuk melihat pengaruh frekuensi dan kadar air bahan terhadap nilai sifat dielektrik lada. Biji lada merupakan hasil pertanian rempah-rempah daerah tropik yang banyak digunakan untuk obat-obatan dan bumbu-bumbuan. Karena khasiatnya yang cukup tinggi, pengeringan lada sering menjadi faktor penting. Pengeringan lada secara konveksi dengan pemanasan biasa diduga dapat merusak atau mengurangi zat aktif atau minyak atsiri yang ada didalam bahan. Penerapan pengeringan dielektrik, dengan mengenakan gelombang elektromagnetik langsung ke posisi molekul air dalam bahan dapat mengurangi kerusakan tersebut. Karena gelombang elektromagnetik dapat langsung mempengaruhi air, yang merupakan zat yang berisifat polar, proses pengeringan tersebut mengurangi kemungkinan kerusakan atau penguapan zat lain yang bersifat non-polar. Untuk penerapan tersebut, diperlukan pengetahuan yang lengkap tentang sifat dielektrik lada.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan menguji kinerja alat ukur nilai sifat dielektrik bahan biologik pada kisaran frekuensi radio.
2. Mempelajari pengaruh frekuensi terhadap nilai sifat dielektrik lada.

Manfaat Penelitian.

Manfaat penelitian ini adalah untuk menyediakan alat ukur nilai sifat dielektrik pada kisaran frekuensi radio dan data dasar mengenai sifat dielektrik lada.

TINJAUAN PUSTAKA

Permitivitas atau sifat dielektrik digambarkan sebagai suatu permitivitas relatif komplek yang merupakan nilai pembagi antara permitivitas absolut dengan permitivitas ruang hampa, (Nyfors & Vainikainen, 1989 dalam Ryynanen, 1995):

$$\varepsilon_{abs} = \varepsilon.\varepsilon_o \qquad (1)$$

dimana:

ε_{abs} = permitivitas absolut bahan (F/m)

ε_0 = permitivitas ruang hampa (= 8.854×10^{-12} F/m)

ε = permitivitas relatif bahan

Permitivitas biasa dinyatakan dalam bentuk bilangan kompleks yang terdiri dari komponen nyata dan khayal, yaitu (Risman, 1991 dalam Ryynanen, 1995):

$$\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon'' = |\varepsilon| e^{-j\delta} \qquad (2)$$

dimana

ε' = tetapan dielektrik (*dielectric constant*)

ε'' = faktor kehilangan dielektrik (*dielectric loss factor*)

j = unit imajiner($\sqrt{-1}$)

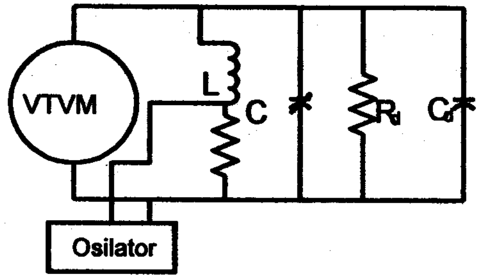
δ = sudut hilang dielektrik (*dielectric loss tangent*)

Komponen nyata permitivitas tersebut disebut sebagai tetapan dielektrik ε', yang menunjukkan kemampuan bahan untuk menyimpan energi listrik. Sedangkan komponen khayal disebut sebagai faktor kehilangan dielektrik ε'' yang menyatakan kemampuan bahan untuk menghamburkan/melepaskan energi dan mengkonversinya menjadi panas, yang nilainya selalu positif dan biasanya lebih kecil dari nilai tetapan dielektrik. Menurut Mohsenin (1984), tetapan dielektrik dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitansi bahan, C, dengan kapasitansi ruang hampa atau vakum, Co.

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0} \tag{3}$$

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \tag{4}$$

Menurut Mohsenin (1984) pengukuran nilai dielektrik bahan-bahan biologik dapat dilakukan dengan menggunakan metoda Q-meter, yang terdiri atas 3 fungsi dasar yaitu osilator, komponen resonansi (kondensator variabel Cv) dan voltmeter VTVM untuk pembacaan tegangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Osilator yang berfungsi sebagai sumber tegangan (e) memberikan suatu tegangan konstan dan frekuensi yang sesuai ke rangkaian LRC. Dengan adanya induktor L, kondensator variable dapat diatur sedemikian rupa



Gambar 1. Komponen fungsional dasar Q-meter (Mohsenin, 1984).

hingga terjadi suatu keadaan resonansi. Pada saat resonansi:

$$\begin{aligned}
&X_L = X_C \\
&\omega L = \frac{1}{\omega C_V} \text{ dan } I = \frac{e}{R} \\
&E = I\omega L = \frac{I}{\omega C_v} \\
&E = \left(\frac{e}{R}\right)\omega L \\
&\frac{E}{e} = \omega\frac{L}{R} = Q
\end{aligned} \tag{5}$$

Metode Q-meter dapat mengukur nilai konduktivitas arus AC (σ), faktor tenaga (PF) atau tan δ dan tetapan dielektrik (ε'). Pengukuran sifat dielektrik bahan dilakukan dengan mengatur nilai variabel kondensator C sehingga pada pembacaan voltmeter (VTVM) memberikan nilai maksimum. Dari pembacaan tersebut diperoleh nilai Q dan C, yang dicatat sebagai nilai Q1 dan C1. Kemudian bahan contoh dirangkai secara paralel dengan rangkaian, dan dengan cara yang sama diperoleh nilai Q2 dan C2.

Suatu plat kondensor paralel mempunyai bahan dielektrik yang besarnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_d = \varepsilon_0\varepsilon' \frac{\text{A}}{\text{d}} \tag{6}$$

Dimana

Dimana
Cd = Kapasitas kondensor (farads)
A = luas total dua plat kondensor (cm2)
d = jarak antara dua plat (cm)

Dari persamaan diatas diperoleh:

$$\varepsilon' = \frac{C_d d}{\varepsilon_o A} \qquad (7)$$

dimana Cd = C1 - C2. Tahanan bahan dielektrik, Rd dalam ohm adalah:

$$R_d = \left(\frac{d}{a}\right)\left(\frac{1}{\sigma}\right) \qquad (8)$$

Nilai Qx bahan ditentukan melalui persamaan:

$$Q_x = \left[\frac{Q_1 Q_2}{Q_1 - Q_2}\right]\left[\frac{C1 - C2}{C1}\right] \qquad (9)$$

Untuk nilai Qx>10 maka nilai faktor tenaga (PF) adalah:

$$PF = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon_0\varepsilon'} = \frac{1}{Q_x} \qquad (10)$$

Konduktifitas diperoleh dari nilai Qx melalui persamaan,

$$Rd = \frac{Q_x}{\omega C_d}$$

$$\sigma = \frac{1}{R_d} = \frac{\omega C_d}{Q_x} = \frac{\omega\varepsilon_0\varepsilon}{Q_x} \qquad (11)$$

Biasanya, parameter yang digunakan dalam menggambarkan sifat elektromagnetik bahan adalah konduktivitas arus AC (σ), permitivitas atau sifat dielektrik dan permiabilitas magnetik (μ). Hubungan antara konduktifitas arus AC dengan sifat dielektrik adalah sebagai berikut:

$$\sigma = 2\pi f\varepsilon_0\varepsilon'' \qquad (12)$$

$$\varepsilon'' = \sigma / 2\pi f\varepsilon_o \qquad (13)$$

METODA PENELITIAN

Pendekatan Rancangan

Skema rangkaian alat ukur nilai sifat dielektrik bahan biologik berdasarkan metoda Q-meter ditunjukkan pada Gambar 2. Komponen utama sistim ini terdiri dari (a) osilator, (b) rangkaian LRC, (c) alat ukur kapasitansi, (d) multimeter digital, (e) Wadah contoh dan (f) pencacah frekuensi.

a. Osilator berfungsi sebagai sumber tegangan yang memberikan frekuensi dengan tegangan yang sesuai ke rangkaian LRC. Pada rancangan ini, osilator yang dibuat adalah type variable frequency oscilator (VFO) menggunakan transistor sebagai penguat dengan sumber tegangan 12 volt.

b. Alat ukur kapasitansi berfungsi untuk mengukur kapasitansi kondensator variabel saat terjadi resonansi. Alat ini dibuat dengan menggunakan IC 555 dan dapat mengukur kapasitas dari100 pf – 10 μF (Suyanto, 1999)

c. Rangkaian LRC merupakan bagian yang penting untuk melihat nilai Q dan C bahan yang akan diukur. Rangkaian LRC; Rancangan rangkaian LRC dibuat berdasarkan rumus:

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \qquad (14)$$

$$C = \frac{1}{\omega^2 L}$$

Lilitan L dibuat berdasarkan pendekatan rumus induktansi koil udara (Noersasongko, 1997) sebagai berikut:

$$L(\mu H) = \frac{a^2 n^2}{9a + 10b} \qquad (15)$$

dimana
L = Induktansi (microhenry)
a = Diameter koil (inci)
b = Panjang lilitan kawat (inci)
n = Jumlah lilitan kawat

d. Wadah contoh, sebagai tempat bahan yang akan diukur. Wadah contoh merupakan dua lempeng sejajar yang terbuat dari tembaga, dan bagian luarnya dilapisi isolator. Wadah ini berfungsi sebagai kondensator pada rangkaian. Ukuran wadah (luas dan jarak antar plat) dibuat sesuai dengan kebutuhan ketelitian pembacaan.

e. Alat bantu pengukuran yang digunakan, antara lain adalah AC voltmeter digital untuk mengukur tegangan (Q) saat resonansi pada rangkaian LRC, ampermeter digital untuk mengukur kapasitas kondensator variabel yang digunakan pada rangkaian LRC, pencacah frekuensi untuk mengukur frekuensi yang diberikan osilator kepada rangkaian LRC.

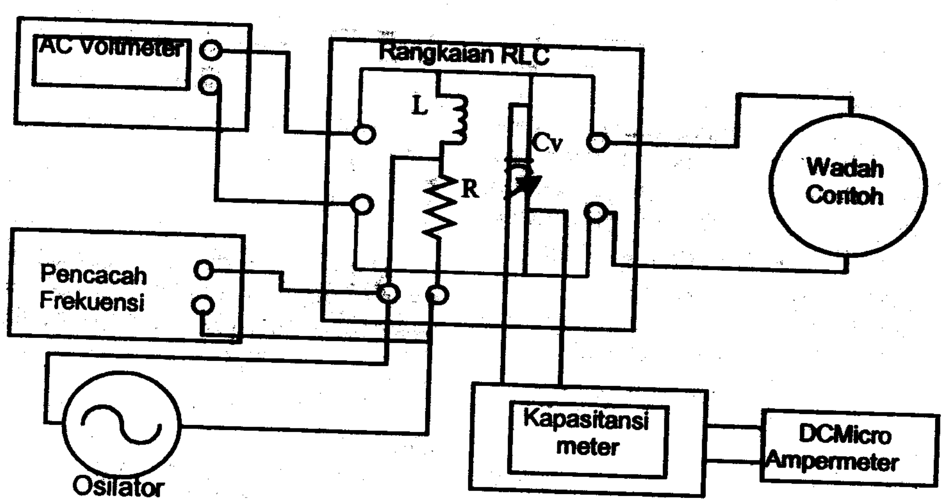
Sasaran kisaran frekuensi sesuai dengan teknik pengukuran Booton 160-A Q-meter adalah 3 MHz – 50 MHz.

Prosedur Pengukuran

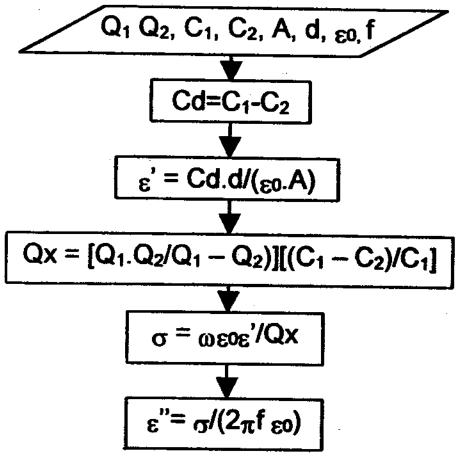
Untuk mendapatkan nilai sifat dielektrik bahan diperlukan pengamatan Q1, C1, C1, dan C2, dengan prosedur sebagai berikut:

1. Mengatur kondensator Cv pada rangkaian LRC (Gambar 2) sehingga didapatkan nilai Q maksimum. Nilai tersebut dicatat sebagai Q1 dan C1.
2. Bahan dimasukkan kedalam wadah sample, dan penurunan nilai Q yang dihasilkan dicatat sebagai Q2.
3. Kondensator diatur kembali hingga mencapai nilai maksimum, sampel dikeluarkan, dan nilai C yang diukur dicatat sebagai C2 .

Perhitungan nilai tetapan dielektrik (ε') dan faktor kehilangan dielektrik (ε") dilakukan dengan algoritma seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema alat ukur nilai sifat dielektrik.



Gambar 3. Algoritma perhitungan nilai dielektrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

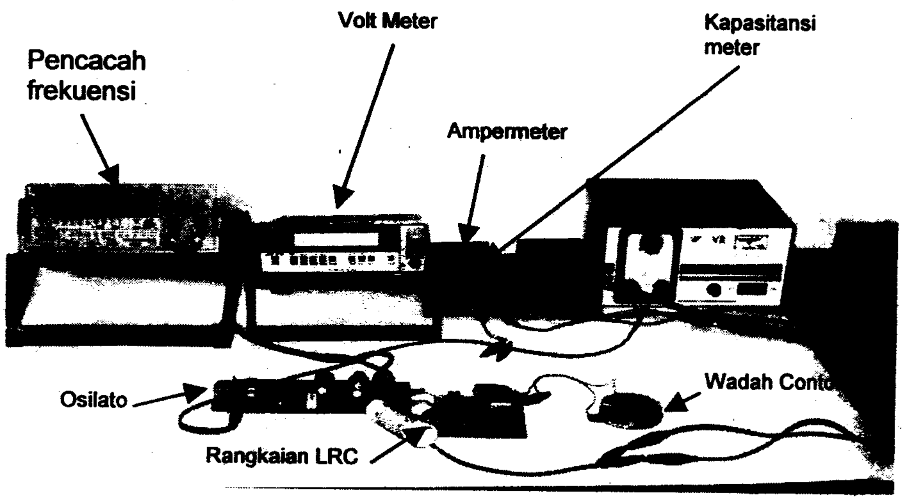
Rancangan Bangun Alat Pengukur Sifat Dielektrik

Alat pengukur sifat dielektrik hasil rancangan ditunjukkan pada Gambar 4. Secara spesifik, rancangan masing-masing komponen dijelaskan sebagai berikut:

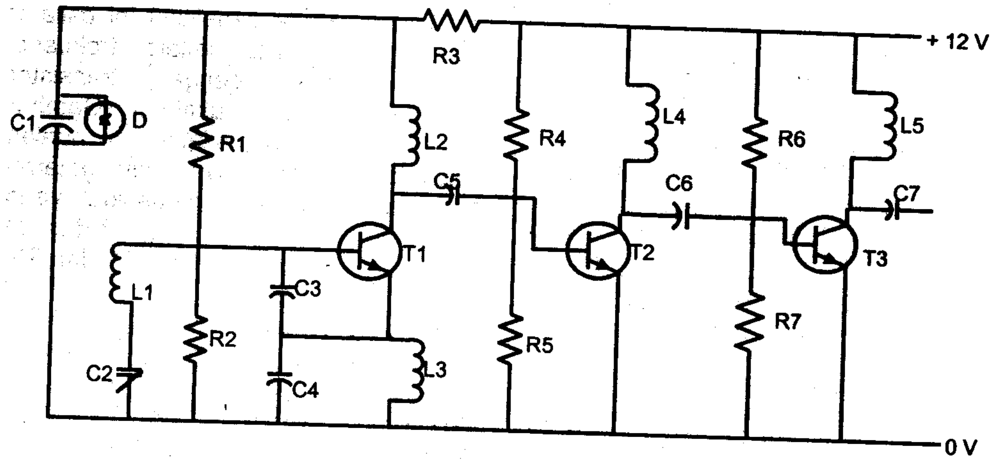
1. Osilator; Pada penelitian ini osilator yang dibuat adalah osilator frekuensi variabel (VFO) dengan transistor sebagai komponen aktifnya (Gambar 5). Prinsip kerja osilator ini adalah sebagai berikut: Sinyal dari getaran frekuensi gelombang sinusoidal yang dihasil dari lilitan L1, L3, C2, C3 dan C4 dikuatkan dengan transistor T2 dan T3. Pada penelitian ini dirancang 4 rangkaian osilator yang dapat membangkitkan selang frekuensi berbeda seperti ditunjukkan pada Tabel Perbedaan selang frekuensi yang dicapai oleh masing-masing rangkaian osilator tersebut diperoleh dengan mengubah komponen-komponen C2, C3, C4, C5, C6, C7, L1, L2, L3, L4, dan L5.

Tabel 1. Selang frekuensi yang dibangkitkan oleh osilator.

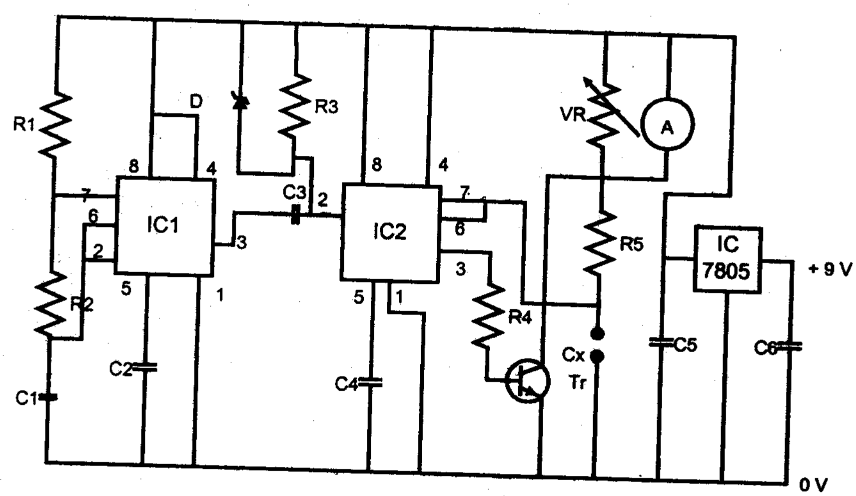
Rangkaian	Selang frekuensi
1.	3.47 – 12.28 MHz
2.	7.02 – 16.64 MHz
3.	17.53 – 29.65 MHz
4.	28.24 – 39.45 MHz



Gambar 4. Alat ukur nilai sifat dielektrik.



Gambar 5. Rangkaian elektronik untuk membangkitkan gelombang radio.



Gambar 6. Skema Alat ukur kapasitansi

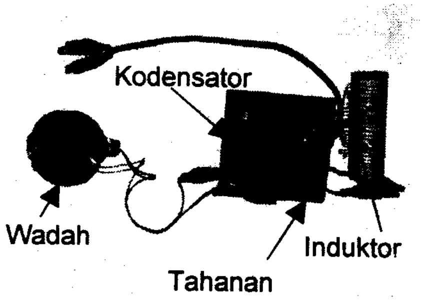
2. Alat ukur kapasitansi kondensator. Pada dasarnya alat ini menggunakan 2 buah pewaktu (timer) IC 555, dimana IC 1 berfungsi untuk mentriger IC 2 dengan periode tertentu, sedangkan IC 2 digunakan untuk mengukur kuat arus yang dikeluarkan alat pengukur kapasitansi ini (Gambar 6). Arus yang keluar dari alat ditentukan oleh interaksi antara tahanan R5 dan VR sebagai R dengan kondensator, Cx, sebagai variabel kondensator sesuai dengan hubungan yang ditunjukkan pada persamaan (16).

$$t = C \times R \tag{16}$$

Dalam hal ini, C adalah kondensator yang akan diukur besarannya. Besar tahanan R pada persamaan (16) diatur sedemikian rupa, sehinga dengan mengeser-geser kapasitornya akan didapatkan perubahan besar arus keluaraan. Pada prinsipnya arus yang dikeluarkan berbentuk pulsa tinggi dan rendah, dimana lamanya waktu t pulsa tinggi ditentukan oleh persamaan (16) diatas. Rangkaian alat ukur kapasitansi yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 6.

3. Rangkaian LRC. Hasil rancangan rangkaian LRC dapat dilihat pada Gambar 7, yang terdiri dari induktor,

tahanan dan kondensator variabel. Induktor dibuat (n) 8 lilit, diameter (a) 2,60 cm, panjang (b) 2,54 cm, dengan induktansi L, 3,542 μH.



Gambar 7. Rangkaian LRC.

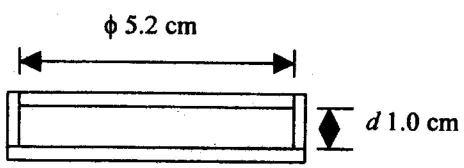
4. Wadah contoh dirancang berdasarkan kemampuan alat, sehingga kapasitasnya dapat terbaca pada selang frekuensi yang dikehendaki. Gambar 8 menunjukkan ukuran wadah contoh yang dirancang untuk penelitian ini.

Uji Teknis Instrumen

Pengujian alat ukur sifat dielektrik bahan pertanian ini dilakukan 4 tahap, yaitu pengujian alat ukur kapasitansi, pengujian osilator, pengujian rangkaian LRC.

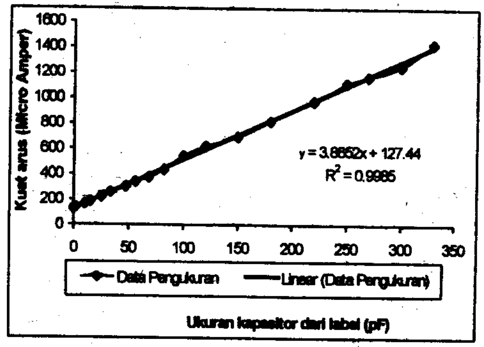
1. Pengujian alat ukur kapasitansi

Alat ukur kapasitansi terdiri dari perangkat elektronik dan alat tambahan berupa Digital DC



Gambar 8. Ukuran wadah contoh.

Ampermeter. Digital DC Ampermeter adalah alat peraga untuk melihat perubahan kapasitas kondensator terhadap besarnya perubahan arus listrik. Sesuai dengan kondesator variabel yang digunakan, yang mempunyai selang kapasitansi antara 7 sampai 356 pF. DC Ampermeter yang digunakan mempunyai selang pengukuran dari 0 sampai 2000 Microamper. Alat ukur kapasitansi dirancang sehingga pada kapasitansi kondensator variabel maksimum (356 pF) pembacaan pada ampermeter menunjukkan maksimum (2000 micro amper), dengan cara mengatur tahanan VR pada Gambar 6. Untuk keperluan pengukuran, alat ini dikalibrasi berdasarkan regresi linier seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan label ukuran kapasitor dengan kuat arus.

2. Pengujian Osilator

Osilator dibuat berdasarkan pada rancangan pemancar radio 80 meter band (+) pada frekuensi 3,7 MHz (Sarwo Edy, et al., 1996). Frekuensi gelombang sinus yang dibangkitkan oleh osilator dipengaruhi oleh besarnya induktansi L dan kapasitansi C sesuai dengan persamaan (17).

$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{17}$$

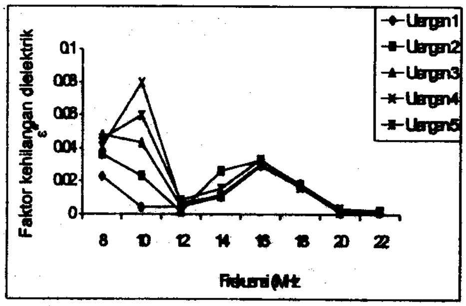
Berdasarkan persamaan diatas, perubahan nilai L dan C akan menyebabkan terjadinya perubahan keluaran frekuensi yang dihasilkan oleh osilator. Pengujian osilator ditujukan terhadap besarnya selang frekuensi yang dapat dihasilkan dengan cara mengatur kondensator variabel C2 dari skema rangkaian Gambar 5.

3. Pengujian rangkaian LRC.

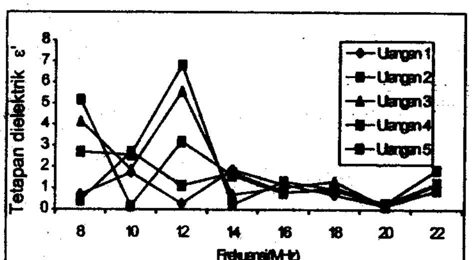
Pengujian rangkaian LRC dilakukan sebagai berikut. Pertama, rangkaian LRC dibuat sesuai dengan rancangan fungsional diatas. Pengujian dilakukan dengan mengeser-geser kapasitor variabel seperti pada skema rangkaian alat ukur dielektrik pada Gambar 4, dan memastikan apakah terlihat tegangan yang maksium pada alat ac volt meter ketika kapasitor mencapai kapasitansi tertentu. Hal ini dilakukan untuk setiap tingkat frekuensi.

Pengukuran Nilai Dielektrik lada

Pengukuran nilai sifat dielektrik lada dilakukan dengan ulangan sebanyak 5 kali pada masing contoh, pada kadar air 13,8 % dan 19,2 %. Pengukuran dilakukan pada frekuensi 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 MHz. Hasil pengukuran nilai ε' ditunjukkan pada Gambar 10 dan nilai ε" ditunjukkan pada Gambar 11.



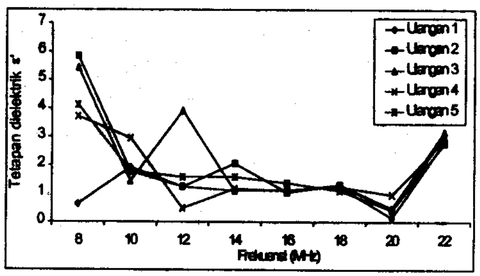
Gambar 10. Grafik pengaruh frekuensi terhadap tetapan dielektrik (ε') lada KA 13.82 %



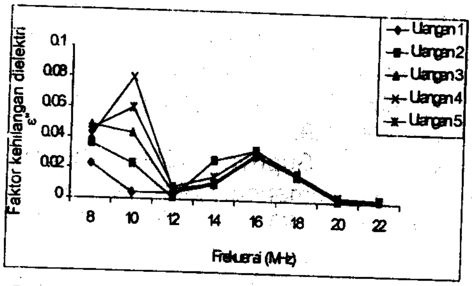
Gambar 11. Grafik pengaruh frekuensi terhadap nilai faktor kehilangan dielektrik (ε") lada KA 13,82 %

Dari gambar tersebut terlihat bahwa keragaman nilai ε' sangat besar pada frekuensi 8 dan 12 Mhz, yaitu antara 0.275 hingga 6,81. Meskipun keragaman nilai ε' pada frekuensi 10 MHz adalah kecil, diduga ketelitian alat ukur nilai dielektrik yang dirancang ini kurang memadai pada frekuensi-frekuensi rendah. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketelitian pengamatan ini, antara lain faktor pembacaan alat, dan kepekaan alat itu sendiri. Hal ini disebabkan oleh kestabilan angka peragaan alat yang sangat rendah sehingga sulit menentukan pada kapasitansi berapa sebenarnya puncak resonansi terjadi. Sebagaimana halnya keragaman nilai tetapan dielektrik (ε'), keragaman nilai faktor kehilangan dielektrik ε" pada frekuensi >14 MHz lebih baik dari pada frekuensi-frekuensi yang lebih rendah.

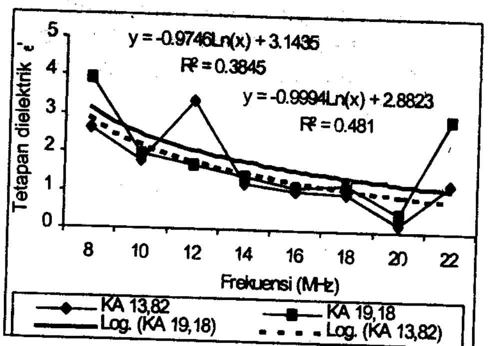
Keragaman hasil pengukuran nilai tetapan dielektrik dan faktor kehilangan dielektrik yang relatif besar pada frekuensi-frekuensi rendah juga diamati pada ulangan dengan kadar air berbeda (Gambar 12 dan Gambar 13). Hal ini menunjukkan bahwa alat ukur nilai dielektrik yang dirancang lebih layak digunakan pada kisaran frekuensi 14 MHz hingga 22 MHz.



Gambar 12. Grafik pengaruh frekuensi terhadap tetapan dielektrik(ε') lada kadar air 19,18 %



Gambar 13. Grafik pengaru frekuensi terhadap nilai fakto kehilangan dielektrik (ε") lada kada air 19,18 %



Gambar 14. Grafik pengaruh frekuens terhadap rata-rata nilai konstant dielektrik (ε')

Pada Gambar 14 diperlihatkan pengaruh frekuensi terhadap rata-rata tetapan dielektrik ε' dan faktor kehilangan dielektrik ε" lada pada kadar air 13,8% dan 19,2 %.

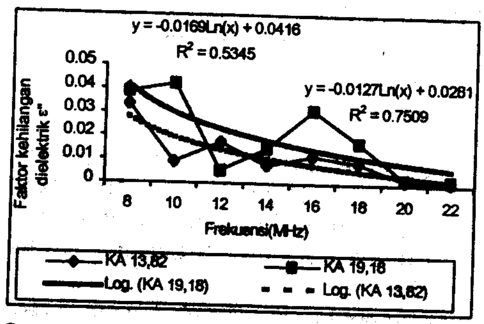
Dari Gambar 14 terlihat bahwa nilai tetapan dielektrik lada pada kada air 19,2% lebih tinggi dibandingkan dengan lada kadar air 13,8 %. Sifat fisik bahan (*bulk density dan seed density*) pada masing masing kadar air tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Berat jenis lada berdasarkan kadar air

Kadar air (%bb)	*Bulk density* (gr/cm3)	*Seed density* (gr/cm3)
13,8	0,58	1,13
19,2	0,55	1,10

Sifat dielektrik suatu bahan dipengaruhi oleh interaksi massa bahan dengan medan elekromagnetik. Semakin tinggi densitas bahan semakin besar nilai sifat dielektriknya. Secara teoritis, semakin tinggi kadar air atau semakin rendah densitas bahan, makin besar pula nilai tetapan dielektrik ε' dan faktor kehilangan dielektrik ε". Dengan kata lain, tetapan dielektrik ε' dan faktor kehilangan dielektrik ε" dipengaruhi oleh kadar air bahan tersebut. Berdasarkan Wratten (1950) dalam Mohsenin (1984), tetapan dielektrik ε' beras naik seiring dengan meningkatnya kadar air. Pada frekuensi 27 MHz, pada kadar air 21.1 %, 15.4 %, dan 10.0 % berturut turut tetapan dielektrik beras ε'adalah 4.5, 3.7, dan 3.2, dan faktor kehilangan dielektriknya ε" adalah 0.87, 0.4, 0.3.

Pada Gambar 15 ditunjukkan perbandingan rata-rata nilai faktor kehilangan dielektrik ε" lada pada kadar air 13,8 % (bb) dan kadar air 19,2 % (bb). Gambar tersebut memperlihatkan bahwa nilai faktor kehilangan dielektrik ε" lada pada kadar air 19,18 % lebih tinggi dibandingkan dengan lada kadar air 13,82 %. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa faktor kehilangan dielektrik ε" lada menurun seiring dengan meningkatnya frekuensi.



Gambar 15. Grafik pengaruh frekuensi terhadap rata-rata nilai faktor kehilangan dielektrik (ε") lada.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat pengukur nilai dielektrik dengan metoda Q-meter dan kemampuan pembangkitan gelombang sinus (Osilator) pada kisaran frekuensi 3,47 MHz sampai 39,45 MHz telah berhasil dirancang bangun.
2. Uji kinerja alat pengukur nilai dielektrik yang dirancang bangun tersebut menunjukkan bahwa alat yang dirancang tersebut hanya dianggap layak untuk pengukuran pada selang frekuensi 14 – 22 MHz.
3. Jika dilihat garis kecenderungan grafik, makin tinggi frekuensi maka makin menurun tetapan dielektrik dan faktor kehilangan dielektrik lada.
4. Peningkatan kadar air atau penurunan densitas menghasilkan peningkatan nilai tetapan dielektrik dan faktor kehilangan dielektrik.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, disarankan untuk mengkaji kemungkinan mengubah arus yang keluar dari rangkaian RLC dari arus AC menjadi DC untuk meningkatkan ketelitian alat.

DAFTAR PUSTAKA

Malvino, A.P., 1996. Prinsip-prinsip elektronika. Penerbit Erlangga. Edisi ke-3, Jilid 2. Jakarta.

Plant, M. and Stuart, J., 1985, Ilmu Teknik Instrumentasi, PT. Gramedia, Jakarta.

Mohsenin, N. N. 1984. Electromagnetic Radiation Properties of Food and Agricultural Product. Gordon and Breach Science Publisher. New York.

Noersasongko, W., 1997. Teknik Dasar Komunikasi Radio. CV Gunung Mas. Pekalongan.

Jones, P.R., Rowley, A.T., 1996. Dielectric Drying. Drying Technology – An International Journal, 14(5), pp. 1063 – 1096.

Ryynanen, S. 1995. The Electromagnetic properties of Food of Materials: A Review. The Basic Principles. J. Food Engginering 26, pp. 409-429.

Sarwo Edy, Supriyo, 1996. Merakit sendiri Pemancar jalur 80 meter. Penerbit PT Elex Media Komputindo. Jakarta.

Suyatno, N.A., 1999. Rancangan alat pengukuran nilai sifat dielektrik, Skripsi, Jurusan Teknik Pertanian, FATETA-IPB.

Tambunan, A.H., Suyatno, N.A., Harmen, 2000. Desain dan uji teknis alat pengukur nilai dielektrik berdasarkan metoda Q-meter. Buletin Keteknikan Pertanian,14(2), pp.108-117.