



**KARAKTERISTIK KONSTANTA DIELEKTRIK
SERBUK LADA PUTIH MENGGUNAKAN SENSOR
KAPASITOR PELAT SEJAJAR**

SKRIPSI

Oleh :

**Riza Umami
NIM 131810201021**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**KARAKTERISTIK KONSTANTA DIELEKTRIK
SERBUK LADA PUTIH MENGGUNAKAN SENSOR
KAPASITOR PELAT SEJAJAR**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Studi pada Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

**Riza Umami
NIM 131810201021**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta shalawat dan salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur mengucapkan Alhamdulillah. Tugas Akhir/ Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Orang tua tercinta Bapak Wasit, Ibunda Rodiyatul Hasanah, terima kasih atas doa, cinta, kasih sayang, perhatian dan pengorbanan yang telah diberikan, semoga Allah SWT melimpahkan kasih sayang-Nya pada mereka selalu;
2. Kakak tercinta Umam Ferdian dan mbak Wasik serta adik-adik saya Dhiki Irawan dan Hafidatuz Zahro yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan selama ini;
3. Sahabat-sahabat tercinta dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi, dan juga kepada mas M. Zainal Abidin yang telah mendukung dan memberikan bantuannya;
4. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa, dukungan, dan nasehat untuk mencapai hal yang lebih baik;
5. Semua guru dan dosen dari sekolah dasar sampai perguruan tinggi yang telah membimbing dan memberikan ilmu dengan penuh kesabaran dan keikhlasan;
6. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan”

(Al-Qur'an dan Terjemahan Q.S Al-Mujadalah :11.*)

“Barang siapa yang menghendaki kebaikan di dunia maka dengan ilmu. Barang siapa yang menghendaki kebaikan di akhirat maka dengan ilmu. Barang siapa yang menghendaki keduanya maka dengan ilmu. “

(H.R Bukhori dan Muslim. **)

*) Al-qur'an dan terjemahan

**) <http://rosyidnureka.blogspot.com/2013/09/kumpulan-hadits-mengenai-pendidikan.html?m=1>

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riza Umami

NIM : 131810201021

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Karakteristik Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih Menggunakan Sensor Kapasitor Pelat Sejajar*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2018

Yang menyatakan,

Riza Umami

NIM 131810201021

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK KONSTANTA DIELEKTRIK
SERBUK LADA PUTIH MENGGUNAKAN SENSOR
KAPASITOR PELAT SEJAJAR**

Oleh :

**Riza Umami
NIM 131810201021**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir.Misto, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Karakteristik Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih Menggunakan Sensor Kapasitor Pelat Sejajar” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Ir. Misto, M.Si.

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si. Ph.D.

NIP. 195911211991031002

NIP. 197202101998021001

Anggota II,

Anggota III,

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si.

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

NIP. 196109091986012001

NIP. 198111112005012001

Mengesahkan,

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Karakteristik Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih Menggunakan Sensor Kapasitor Pelat Sejajar; Riza Umami, 131810201021; 2018; 38 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Lada merupakan bahan rempah-rempah yang mempunyai bentuk bulat kecil dan mempunyai aroma yang khas serta kandungannya yang sangat bermanfaat. Adapun kandungan lada yaitu zat karbohidrat, zat protein, kadar air, minyak atsiri dan masih banyak kandungan kimia lainnya yang sangat bermanfaat bagi tubuh. Oleh karena itu kemurnian lada perlu untuk diperhatikan agar tidak mengurangi kandungan nutrisi gizi yang ada di dalam lada tersebut. Dalam kondisi lapang banyak sekali ditemukan kecurangan dengan memalsukan maupun menambahkan pencampur bahan lain (serbuk nasi kering) ke dalam serbuk lada. Tujuan penambahan serbuk nasi kering tersebut yaitu untuk menambah massa dari serbuk lada sehingga dapat memperoleh keuntungan yang besar. Serbuk lada putih yang dicampur dengan serbuk nasi kering memiliki sifat dielektrik yang berbeda. Sifat dielektrik pada penelitian ini ditinjau dari nilai konstanta dielektrik serbuk lada yang diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai konstanta dielektrik serbuk lada. Penelitian ini menggunakan metode dielektrik dengan konsep sensor kapasitansi yaitu kapasitor pelat sejajar yang dihubungkan dengan voltmeter. Voltmeter digunakan untuk mengukur nilai tegangan masukan dan tegangan keluaran. Nilai tegangan masukan dan nilai tegangan keluaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh perubahan frekuensi dari frekuensi 1 kHz sampai dengan 100 kHz. Nilai tegangan yang dihasilkan digunakan dalam penentuan nilai konstanta dielektrik serbuk lada dengan adanya pencampuran bahan pencampur dan tanpa penambahan bahan pencampur ke dalam serbuk lada.

Hasil penelitian menunjukkan hubungan penambahan bahan pencampur terhadap nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih menunjukkan nilai konstanta dielektrik yang semakin naik, seiring dengan bertambahnya konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) yang ditambahkan ke dalam serbuk lada putih. Hal ini disebabkan konstanta dielektrik dari serbuk lada putih murni lebih kecil dibanding dengan konstanta dielektrik serbuk nasi kering murni. Sehingga pada penambahan konsentrasi serbuk nasi kering menyebabkan peningkatan besar kapasitansi pada serbuk lada putih, yang menyebabkan konstanta dielektrik serbuk lada putih juga semakin besar.

Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa konstanta dielektrik serbuk lada putih murni dengan serbuk nasi kering murni memiliki nilai konstanta dielektrik yang berbeda. Konstanta dielektrik serbuk lada putih murni maupun campuran dapat dipengaruhi oleh penambahan frekuensi. Hubungan ini menunjukkan hubungan yang linier. Kenaikan frekuensi mengakibatkan nilai konstanta dielektrik menurun. Hal ini dikarenakan ketika frekuensi dinaikkan menyebabkan osilasi medan listrik semakin cepat, sehingga dipol di dalam bahan

hanya sedikit yang terpolarisasi oleh medan listrik luar. Hal ini mengakibatkan medan listrik di dalam bahan semakin lemah dan beda potensial yang dihasilkan besar. Pada frekuensi 1 kHz sampai dengan 100 kHz untuk serbuk lada nilai konstanta dielektrik tertinggi yaitu $(6,280 \pm 0,103)$ dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 100 kHz yaitu $(3,393 \pm 0,038)$. Serbuk nasi kering murni memiliki nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 1 kHz yaitu $(10,952 \pm 0,231)$ dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 100 kHz yaitu $(5,917 \pm 0,081)$.



PRAKATA

Segala puji hanya milik Allah SWT penguasa seluruh alam semesta, yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih Menggunakan Sensor Kapasitor Pelat Sejajar”, sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata satu (S-1) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

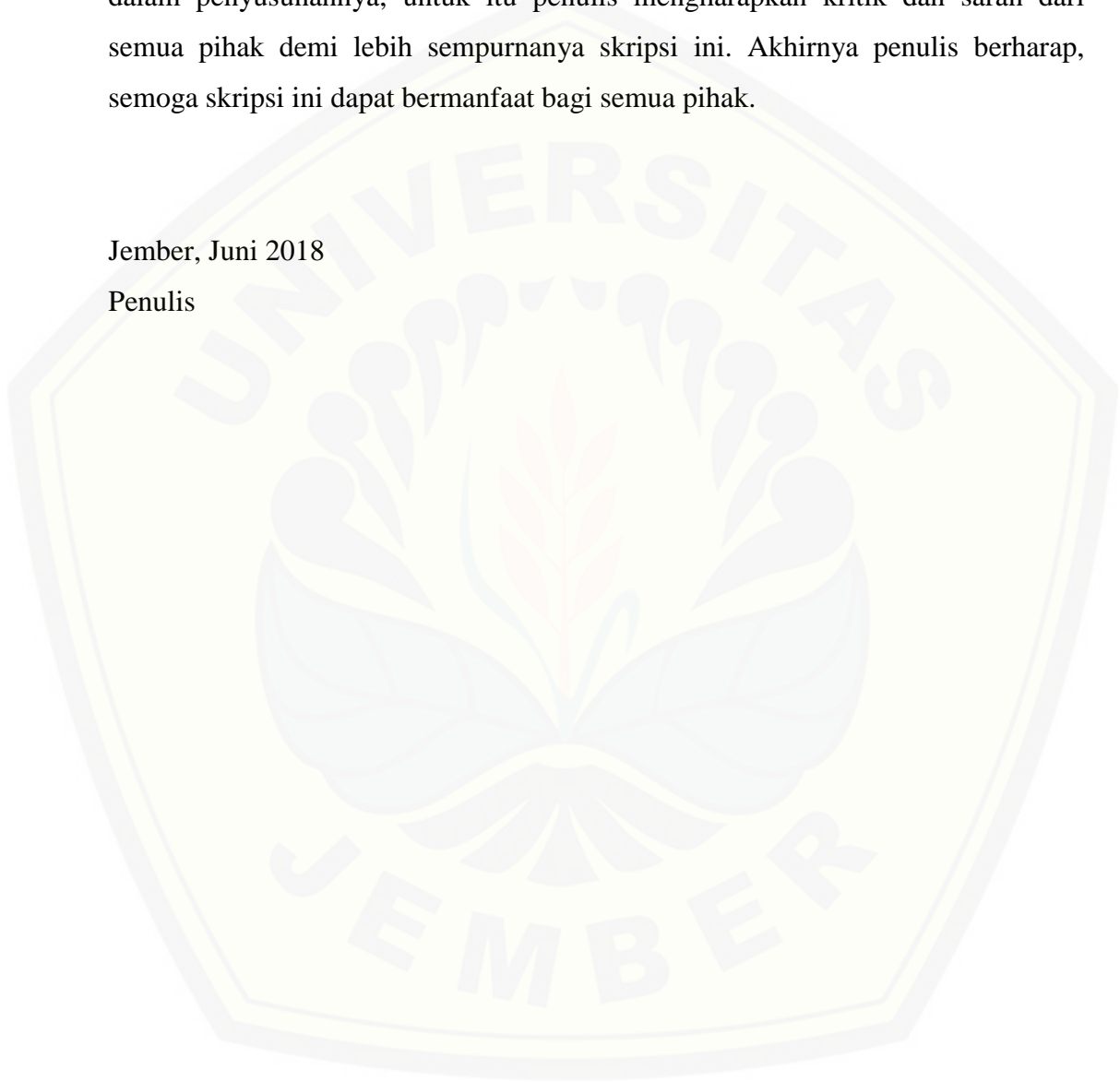
1. Ir. Misto, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini;
2. Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si, selaku Dosen Penguji I dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini dan dalam masa kuliah.
3. Endhah Purwandari, S.Si., M.Si, selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
4. Seluruh dosen dan staf Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember terima kasih atas didikan dan bantuan hingga saat ini;
5. Sahabat-sahabatku Vita Fatimah Javin Aziz, Ega Maulina Agustin, Durratul Firdausi, Alfiatus Sholeha, Qory Dhika Andria, Eris Septiani, Siti Nur Faida, Frisma Dewi, A'yunil Ma'rifah, Ahmad Fauzi, Lukmanul Hakim, teman-teman Instrumentasi dan Optoelektronika, serta seluruh teman-teman angkatan 2013 yang telah memberikan dukungan, semangat, dan meluangkan waktu untuk berdiskusi dalam segala hal.
6. Semua teknisi dan karyawan jurusan Fisika yang telah memberikan bantuan selama penelitian;

7. Semua kakak dan adik angkatan yang selalu memberi semangat dan bantuan selama masa studi dan penelitian;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunannya, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi lebih sempurnanya skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, Juni 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Lada	5
2.1.1 Jenis Lada	5
2.1.2 Kandungan Lada.....	6
2.2 Bahan Pencampur Lada	7
2.3 Kapasitor	9
2.3.1 Definisi Kapasitor.....	9
2.4 Konstanta Dielektrik	13
BAB 3. Metode Penelitian	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16

3.2.1 Alat	16
3.2.2 Bahan	16
3.3 Prosedur Penelitian	17
3.4 Tahap Persiapan Bahan	17
3.5 Pengukuran Kapasitansi Kapasitor	18
3.6 Tahap Kalibrasi Alat	19
3.7 Tahap Pengambilan Data	20
3.8 Analisis Data	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil	24
4.1.1 Kalibrasi Alat dengan Bahan Aquades	25
4.1.2 Nilai Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih Murni Tanpa Bahan Campuran (serbuk nasi kering).....	25
4.1.3 Nilai Konstanta Dielektrik Serbuk Nasi Kering Murni dengan konsentrasi 100%	26
4.1.4 Nilai Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih dengan Penambahan Konsentrasi Serbuk Nasi Kering	27
4.1.5 Hubungan Nilai Konstanta Dielektrik Serbuk Lada Putih dengan Variasi Frekuensi untuk Setiap Konsentrasi Bahan Pencampur	29
4.2 Pembahasan	31
BAB 5. PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kadar Kimia Lada Hitam dan Lada Putih.....	7
2.2 Syarat Mutu Lada Putih Menurut SNI 0004: 2013	7
2.3 Nilai Konstanta Dielektrik Bahan	14
4.1 Nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih Murni pada setiap perubahan frekuensi tanpa bahan campuran.....	25
4.2 Nilai konstanta dielektrik serbuk nasi kering dengan konsentrasi 100% pada setiap perubahan frekuensi.....	26
4.3 Nilai konstanta dielektrik serbuk lada dengan pengaruh penambahan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) pada frekuensi 1 kHz	28
4.4 Persamaan regresi linier grafik hubungan konstanta dielektrik dan frekuensi untuk setiap konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering).....	30

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Biji lada matang	5
2.2 Biji lada putih dan biji lada hitam	6
2.3 Serbuk lada putih.....	8
2.4 Beras nasi aking atau beras nasi karak	8
2.5 Simbol kapasitor	9
2.6 Kapasitor dua pelat sejajar	10
2.7 Rangkaian sensor kapasitansi.....	12
3.1 Skema Diagram Alir Prosedur Penelitian	17
3.2 Skema Pengukuran kapasitansi kapasitor	18
3.3 Desain alat penelitian	19
4.1 Grafik perubahan nilai konstanta dielektrik dengan pengaruh frekuensi pada serbuk lada putih dengan konsentrasi penambahan bahan pencampur 0%.....	26
4.2 Grafik perubahan nilai konstanta dielektrik dengan pengaruh frekuensi pada serbuk nasi kering dengan konsentrasi 100%	27
4.3 Grafik hubungan antara nilai konstanta dielektrik serbuk lada dengan penambahan konsentrasi bahan pencampur untuk frekuensi 1 kHz	29
4.4 Grafik hubungan antara nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih dengan frekuensi untuk setiap variasi konsentrasi bahan pencampur	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik aquades pada frekuensi 1 kHz ...	42
4.2 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih pada frekuensi 1 kHz	42
4.3 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk nasi kering pada frekuensi 1 kHz	42
4.4 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih terhadap penambahan bahan campuran (serbuk nasi kering) pada frekuensi 1 kHz	42
4.5 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih setelah penambahan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) pada frekuensi 1 kHz sampai dengan 100 kHz	43

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lada merupakan salah satu rempah yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan penggunaan yang luas diberbagai negara. Lada memiliki persentase paling besar di berbagai pasar, dari pada rempah-rempah lain (Atal *et al.* dalam Chandel *et al.*, 2014). Lada biasanya digunakan sebagai bumbu masakan, bahan obat-obatan dan sebagai minyak lada. Menurut jenisnya, lada dibedakan menjadi dua macam yaitu lada hitam dan lada putih (Wandani, 2014). Saat ini lada banyak digunakan dalam bentuk serbuk. Dari keadaan ini, oleh sebagian orang dimanfaatkan untuk memproduksi pemalsuan lada dengan mencampurkan serbuk nasi kering dengan perbandingan 1 kg serbuk lada dan 5 kg serbuk nasi kering (Kompas, 2017).

Penggunaan bahan pencampur pada serbuk lada itu sukar untuk dikenali secara fisik (teksturnya). Bahan yang memiliki tekstur yang mirip dan sukar dibedakan dapat diidentifikasi berdasarkan sifat kelistrikannya. Salah satu sifat kelistrikan yang biasanya digunakan yaitu konstanta dielektrik, beberapa parameter yang mempengaruhi nilai konstanta dielektrik antara lain adalah jenis bahan, sebagaimana penelitian oleh Arivah (2016) dimana ketika dilakukan perlakuan yang sama antara tiga jenis semen yang berbeda, nilai konstanta dielektrik ketiga bahan semen itu juga memperoleh hasil yang berbeda (Arivah, 2016). Kadar air dalam bahan juga mempengaruhi nilai konstanta dielektrik (Lusiando *et al.*, 2012). Kadar air yang tinggi pada bahan, menyebabkan nilai dielektriknya juga tinggi (Guo *et al.* dalam Hamid, 2016). Pengukuran sifat dielektrik itu tidak lepas dari pengukuran kapasitansinya, karena konstanta dielektrik suatu bahan berbanding lurus dengan nilai kapasitansinya (Tipler, 1991). Sehingga, secara tidak langsung pengukuran kapasitansi mempunyai peran penting terhadap pengukuran konstanta dielektrik suatu bahan (Rofiatun, 2016).

Penelitian yang dilakukan untuk menguji bahan berdasarkan sifat kelistrikannya untuk membedakan konstanta dielektrik setiap bahan yaitu pengaruh penambahan lemak margarin terhadap konstanta dielektrik minyak

goreng yang dilakukan oleh Rofiatun (2016). Berdasarkan dari penelitian tersebut, semakin banyak lemak margarin yang dicampurkan pada minyak maka konstanta dielektriknya juga semakin besar. Dengan demikian, dapat disimpulkan kalau konstanta dielektrik pada minyak dan lemak itu berbeda. Penelitian ini bisa menjadi acuan, untuk pengukuran konstanta dielektrik serbuk lada murni dan serbuk lada campuran bahan lain (serbuk nasi kering) juga diduga memiliki perbebedaan konstanta dielektrik.

Penelitian yang dilakukan oleh Hervalley *et al.*, dalam Mulyani, D (2016), mengenai pengaruh suhu terhadap besar konstanta dielektrik air pada suhu 25°C yaitu sebesar 78,54. Suhu lingkungan juga mempengaruhi nilai dari sensor kapasitansi, oleh karena itu pengukuran pada jam yang berbeda menyebabkan kapasitansi yang berbeda-beda. Kapasitansi yang berbeda dapat menghasilkan konstanta dielektrik yang berbeda pula.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Chandel *et al.* (2014) yaitu mengenai perbandingan besar konstanta dielektrik pada lada hitam dan lada putih. Penelitian tersebut menggunakan variasi frekuensi dari 10 KHz sampai 10 MHz untuk mengetahui nilai konstanta dielektrik. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa konstanta dielektrik pada lada hitam lebih besar dari pada lada putih. Pada kedua jenis lada yaitu lada hitam dan lada putih memperoleh hasil semakin besar frekuensi, maka konstanta dielektriknya akan semakin kecil. Penelitian ini hanya menggunakan bahan lada saja yaitu lada hitam dan lada putih, namun penelitian ini belum melakukan pencampuran bahan lain. Sehingga hanya bisa diketahui mengenai kapasitansi maupun konstanta dielektrik dari lada murni.

Sampel serbuk lada murni yang tercampur serbuk nasi kering sukar untuk dikenali secara fisik. Hingga saat ini, untuk membedakannya secara manual, yaitu dengan mencium aroma dari serbuk lada. Saat ini masih belum ada alat secara ilmiah untuk mendeteksi adanya pemalsuan pada serbuk lada. Oleh sebab itu, penelitian ini diharapkan mampu membedakan antara lada murni dan lada palsu yang dicampur serbuk nasi kering dengan mengukur nilai kapasitansinya menggunakan kapasitor pelat sejajar. Pengukuran dilakukan pada frekuensi yaitu dari frekuensi 1 kHz sampai 100 kHz dengan rentang 10 kHz. Bahan yang

digunakan yaitu lada putih dalam bentuk serbuk. Adapun bahan lain sebagai pencampurannya yaitu serbuk nasi kering. Karena setiap bahan mempunyai nilai kapasitansi yang berbeda, maka diduga kapasitansi lada murni dengan kapasitansi lada campuran bahan lain (serbuk nasi kering) juga berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian karakteristik konstanta dielektrik serbuk lada putih menggunakan sensor kapasitor pelat sejajar adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik konstanta dielektrik serbuk lada putih murni tanpa adanya bahan campuran?
2. Bagaimana hubungan antara penambahan serbuk nasi kering terhadap nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih?
3. Bagaimana hubungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih murni dan serbuk lada campuran terhadap variasi frekuensi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian karakteristik konstanta dielektrik serbuk lada putih adalah sebagai berikut:

1. Kerapatan dan volume bahan diasumsikan sama.
2. Pengukuran dilakukan pada rentang frekuensi yaitu 1 kHz sampai 100 kHz, dengan rentang 10 kHz.
3. Pengukuran dilakukan pada suhu 25°C.
4. Penelitian karakteristik sifat dielektrik serbuk lada putih hanya ditinjau dari nilai konstanta dielektriknya dengan perlakuan sebelum dan sesudah penambahan bahan lain berupa serbuk nasi kering.
5. Kelembaban udara dan spesifikasi warna lada tidak diukur.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik konstanta dielektrik serbuk lada putih menggunakan sensor kapasitor pelat sejajar dan hubungan perubahan nilai konstanta dielektrik terhadap penambahan serbuk nasi kering pada serbuk lada putih. Tujuan selanjutnya untuk mengetahui hubungan variasi frekuensi terhadap konstanta dielektrik.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan oleh penulis pada penelitian karakteristik dielektrik serbuk lada putih menggunakan sensor kapasitor pelat sejajar yaitu pembaca dapat mengetahui tentang sifat listrik pada serbuk lada putih dengan melihat dari nilai dielektriknya yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, serta dapat dijadikan sebagai alternatif uji pada penentuan kemurnian serbuk lada putih. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dikembangkan dalam kehidupan sehari-hari yang terkadang mengalami masalah dalam penentuan kemurnian serbuk lada putih yang beredar di masyarakat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Lada

Lada merupakan tumbuhan yang memanjat dengan akar yang melekat, yang mempunyai batang berdiameter 5-15 mm, daunnya menyeling atau menyebar, mempunyai tangkai dengan daun penumpu yang mudah gugur. Lada termasuk dalam genus *Piper*, famili *Piperaceae*, ordo *Piperales*, sub kelas *Dicotyledone*, dan kelas *Angiospermae*. Ordo *Piperales* merupakan salah satu cabang yang paling primitif. Batang tumbuhan lada memiliki sifat yang khas sehingga dianggap sebagai peralihan antara tumbuhan *Dicotyledonae* dan *Monocotyledonae* dimana jaringan pengangkut terletak dalam dua lingkaran lebih (Simanjuntak dalam Lusiano *et al.*, 2012).

Biji lada merupakan produksi pokok dari hasil tanaman lada. Biji lada mempunyai ciri-ciri khas yaitu, bentuk dan warna biji: biji lada berbentuk bulat, berbiji keras dan kulit bagian luar biji lunak. Kulit biji lada yang masih muda berwarna hijau, sedangkan yang tua berwarna kuning. Dan apabila biji lada sudah masak warna kulit biji lada berwarna merah, berlendir dengan rasa manis (Novitasari, 2014).



Gambar 2.1 Biji lada matang
(Sumber : Sarwani, 2008)

2.1.1 Jenis Lada

Menurut jenisnya, lada dibedakan menjadi dua macam yaitu lada putih dan lada hitam. Sebenarnya lada putih dan lada hitam itu sama, hanya proses penjemurannya berbeda. Lada putih yaitu biji lada yang dipetik saat sudah matang

dan kulit bijinya berwarna merah, kemudian kulitnya dikupas dengan cara merendamnya dalam air selama dua minggu, kemudian dijemur selama tiga hari. Sedangkan lada hitam yaitu biji lada yang saat dipetik bijinya sudah matang tapi kulit bijinya masih berwarna hijau, kemudian langsung dijemur selama tiga hari tanpa direndam terlebih dahulu (Wandani, 2014).



Gambar 2.2 Biji lada putih dan biji lada hitam
(Sumber : Ahli Pengobatan, 2014)

2.1.2 Kandungan Lada

Bahan kimia yang terkandung pada lada diantaranya kamfena, boron, ealamane, calamenene, caryophyllene, terpenes, β carvacrol chavicine, bisibolene, camphene, sesquiterpenes, alkaloid, protein dan sejumlah kecil mineral, saponin, flavonoid, minyak atsiri, kavisin, resin, zat putih telur, amilum, dihidrokarvol, kanyo-filine oksida, kriptone, dan trait pinocarrol. Biji lada dihargai dan digemari karena memiliki dua sifat yang khas yaitu aromanya yang khas dan rasanya yang pedas. Aroma biji lada dikarenakan adanya minyak atsiri, yang terdiri dari beberapa minyak terpene. Rasa lada yang agak pedas dikarenakan oleh adanya zat piperin, piperanin dan chacivin yang merupakan persenyawaan dari piperin semacam alkoida. Chacivin banyak terdapat pada daging biji lada (*mesocarp*) dan tidak akan hilang walaupun biji lada yang masih berdaging dijemur hingga menjadi lada hitam. Alasan inilah yang membuat lada hitam lebih terasa pedas dibanding lada putih (Wandani, 2014). Adapun perbedaan persentase senyawa kimia pada lada hitam dan lada putih sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kadar Kimia Lada Hitam dan Lada Putih

Senyawa Kimia	Lada Hitam (%)	Lada Putih (%)
Kadar Air	8 – 13	9,9 – 15
Zat Protein	11	11
Zat Karbohidrat	22 – 42	50 – 65
Minyak Atsiri	1 – 4	Kurang dari lada hitam
Piperin (alkanoid)	5 – 9	5 – 9

(Sumber : Wandani, 2014)

Syarat mutu lada putih menurut Standar nasional Indonesia (SNI) tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Syarat Mutu Lada Putih Menurut SNI 0004: 2013

No	Spesifikasi	Satuan	Persyaratan mutu I	Persyaratan mutu II
1.	Kerapatan	g/l	Min. 600	Min. 600
2.	Kadar air, (b/b)	%	Maks. 13,0	Maks. 1,0
3.	Kadar biji enteng, (b/b)	%	Maks. 1,0	Maks. 2,0
4.	Kadar benda asing, (b/b)	%	Maks. 1,0	Maks. 2,0
5.	Kadar lada berwarna kehitam-hitaman, (b/b)	%	Maks. 1,0	Maks. 2,0
6.	Kadar cemaran kapang, (b/b)	%	Maks. 1,0	Maks. 3,0
7.	<i>Salmonella</i>	Detection/25g	Negatif	Negatif
8.	<i>E.coli</i>	MPN/g	<3	<3

(Sumber: BSN, 2013)

2.2 Bahan Pencampur Lada

Lada merupakan bahan rempah-rembah yang mempunyai bentuk bulat kecil dan mempunyai aroma yang khas serta kandungannya yang sangat bermanfaat. Adapun kandungan lada yaitu zat karbohidrat, zat protein, kadar air, minyak atsiri dan masih banyak kandungan kimia lainnya yang sangat bermanfaat bagi tubuh (Wandani, 2014). Oleh karena itu kemurnian lada perlu untuk diperhatikan agar tidak merusak atau mengurangi kandungan alami lada tersebut. Dalam kondisi lapang banyak sekali ditemukan kecurangan dengan memalsukan maupun menambahkan pencampur bahan lain (serbuk nasi kering) ke dalam serbuk lada. Adapun gambar serbuk lada putih yaitu pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Serbuk lada putih
(Sumber : Niya, 2017)

Lada sangat digemari masyarakat dalam negeri maupun luar negeri, karena kandungan dan kegunaannya sangat dibutuhkan. Selain banyak digemari, lada juga termasuk rempah yang paling tinggi pemasarannya dan harganya yang terbilang mahal. Hal tersebut dapat membuat banyak pihak meraut keuntungan dengan menambahkan bahan pencampur ke dalam lada. Pemalsuan pada serbuk lada yang sering dijumpai yaitu dengan mencampurkan serbuk nasi kering, kegunaannya untuk meningkatkan massa dari serbuk lada putih. Serbuk nasi kering yang digunakan untuk bahan pencampur lada yaitu nasi yang sudah masak dan masih dalam keadaan baik (tidak basi), kemudian dikeringkan menggunakan oven sampai nasi itu benar-benar kering. Setelah benar-benar kering kemudian digrinder dengan tujuan menghaluskan nasi kering tersebut hingga menjadi serbuk. Setelah digrinder, serbuk nasi kering tersebut disaring untuk mendapatkan serbuk yang benar-benar halus. Biasanya nasi kering itu memiliki warna yang coklat kekuningan yang warnanya berbeda dengan beras biasa. Adapun gambar nasi kering yaitu pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Nasi kering
(Sumber : Kuliner, 2015)

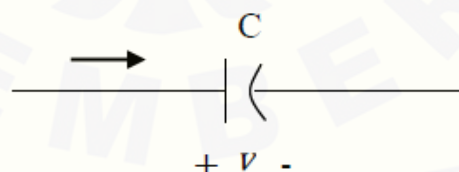
Serbuk lada yang sudah dicampur dengan bahan pencampur tersebut akan memiliki sifat dielektrik yang berbeda. Sifat dielektrik merupakan sifat yang menggambarkan tingkat kemampuan suatu bahan untuk menyimpan muatan listrik pada tegangan tinggi. Setiap bahan akan memiliki sifat kelistrikan. Misalnya kapasitansi, impedansi dan dielektrik. Pengukuran sifat dielektrik tidak lepas dari pengukuran kapasitansinya.

Sejauh ini masih belum ada penelitian mengenai pemalsuan lada dengan mencampurkan bahan lain pada lada tersebut. Penelitian yang menjadi acuan pada eksperimen ini yaitu mengenai perbedaan dielektrik pada lada hitam dan lada putih (Chandel *et al.*, 2014). Jadi eksperimen ini mengacu pada konstanta dielektrik pada lada tanpa adanya bahan pencampur.

2.3 Kapasitor

2.3.1 Definisi Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai penyimpan muatan, dan terbuat dari dua buah konduktor yang berdekatan, diantara dua buah konduktor tersebut terdapat bahan isolator yang biasanya disebut dielektrik. Bahan dielektrik tersebut dapat mempengaruhi besar kapasitansi dari sebuah kapasitor, bahan dielektrik yang sering digunakan yaitu keramik, kertas, dan udara. Di antara kedua konduktor itu terdapat medan listrik, sehingga di tempat itu tersimpan beda potensial (Jati dan Priyambodo, 2010).

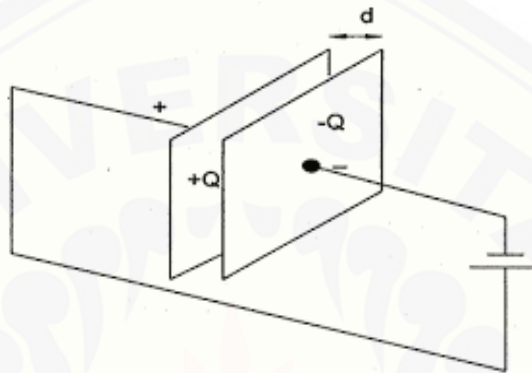


Gambar 2.5 Simbol kapasitor
(Sumber: Halliday dan Resnick, 1996)

Kapasitas kapasitor biasanya disebut juga dengan kapasitansi (C), kapasitansi merupakan ukuran kemampuan kapasitor untuk menyimpan suatu muatan (Q) pada beda potensial (V). Adapun kaitan antara kapasitansi, muatan dan juga beda potensial sebagai berikut :

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$

Jika Q diukur dalam coulomb dan V dalam volt, maka satuan kapasitansi yaitu dalam farad, disimbolkan dengan F (Tobing, 1996). Bentuk kapasitor yang paling sederhana, yaitu terdiri dari dua buah pelat logam (konduktor) sejajar, dipisahkan oleh suatu isolator atau bahan dielektrik. Isolator ini dapat berupa udara, dan bahan isolator lain (Sutrisno, 1986).



Gambar 2.6 Kapasitor dua pelat sejajar
(Sumber: Marappung dalam Arivah, 2016)

Nilai kapasitansi kapasitor ditentukan oleh sifat bahan dielektrik dan faktor geometri. Untuk kapasitor dua pelat sejajar, faktor geometri ditentukan oleh luas permukaan elektroda (A) dan tebal dielektrik atau jarak antar kedua pelat (d). Sedang sifat bahan dielektrik ditentukan oleh konstanta dielektrik (k).

Tahun 1837 Michael Faraday melakukan penelitian tentang pengaruh suatu pengisian ruang di antara dua pelat kapasitor dengan menggunakan bahan dielektrik. Dua kapasitor yang digunakan oleh Faraday yaitu kapasitor identik, dimana salah satu kapasitor diberi bahan dielektrik di antara kedua pelatnya, sedangkan kapasitor yang lain berisi udara pada tekanan normal. Kedua kapasitor tersebut diberi potensial listrik yang besarnya sama, namun setelah diukur muatan kapasitor yang mengandung bahan dielektrik jauh lebih besar dari pada muatan pada kapasitor yang mengandung udara (tanpa bahan). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor akan meningkatkan nilai kapasitansi kapasitor (Hayt dan Buck dalam Rofiatun, 2016).

Kapasitor pelat sejajar merupakan jenis kapasitor yang sederhana yang memiliki dua buah pelat konduktor. Apabila di antara pelat konduktor itu terisi udara (pada hampa udara) kapasitansi kapasitor yaitu :

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.2)$$

Jika di antara pelat konduktor ditempatkan suatu bahan dielektrik, maka kapasitansinya akan bertambah sebesar :

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.3)$$

Konstanta dielektrik dapat disimbolkan dengan k atau ϵ_r , dengan $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$, ϵ adalah permitivitas bahan yang nilainya sebanding dengan permitivitas ruang hampa dikalikan dengan suatu konstanta atau permitivitas relatif yang disebut konstanta dielektrik ϵ_r , sehingga untuk mencari konstanta dielektrik bahan adalah

$$\epsilon_r = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} \quad (2.4)$$

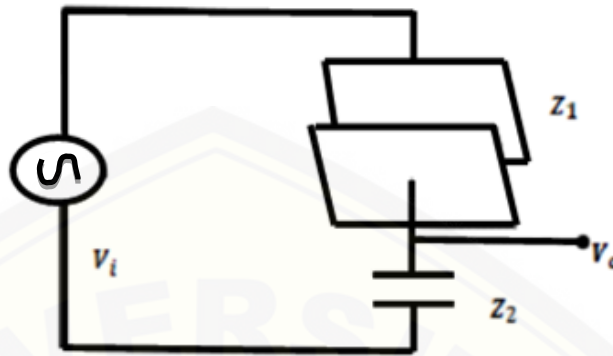
Keterangan :

- C : kapasitansi ruang hampa (F)
- ϵ_0 : permitivitas ruang hampa ($8,85 \times 10^{-12} F/m$)
- A : luas permukaan elektroda (m^2)
- d : jarak antar elektroda (atau tebal bahan dielektrik) (m)
- ϵ_r : konstanta dielektrik bahan

(Komisah, 2001).

Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep dari kapasitif. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan nilai kapasitansinya atau muatan listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak antar lempeng, perubahan luas penampang dan perubahan volume dielektrikum sensor kapasitif tersebut. Konsep kapasitor yang digunakan dalam sensor kapasitif adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh jarak antar lempeng, luas permukaan, dan bahan dielektrikum. Sifat sensor kapasitif dapat dimanfaatkan dalam proses pengukuran (Nuwaiir, 2009).

Sensor kapasitif yang terbuat dari kapasitor dua pelat sejajar (Z_1) yang disusun seri dengan komponen kapasitor (Z_2) sebagai berikut :



Gambar 2.7 Rangkaian sensor kapasitansi
(Sumber: Soltani *et al*, 2010)

Kemampuan kapasitor untuk bereaksi terhadap aliran arus dengan menyimpan muatan pada masing-masing pelatnya disebut reaktansi kapasitif, reaktansi juga diukur dalam ohm. Apabila kapasitor dihubungkan dengan sumber AC maka pelatnya terus menerus diisi dan dilepas dalam hubungan tegangan sumber bolak-balik yang diterapkan. Dengan demikian arus pengisian dan pemakaian selalu mengalir masuk dan keluar dari pelat kapasitor. Apabila arus lebih besar maka reaktansinya kecil dan apabila arus yang lebih kecil maka reaktansi besar. Frekuensi pada arus bolak-balik juga berpengaruh terhadap besarnya reaktansi, ketika frekuensi rendah maka reaktansi memiliki banyak waktu untuk membangun konstanta waktu RC yang diberikan dan menghalangi arus dimana menunjukkan nilai reaktansi lebih besar. Begitu pula sebaliknya, ketika frekuensi tinggi maka akan memiliki sedikit waktu antara siklus pengisian dan pengosongan dimana arus yang dialirkan lebih besar sehingga reaktansi akan kecil. Gambar 2.7 menunjukkan lintasan pembagi tegangan dengan V_i yang merupakan tegangan masuk dan V_o merupakan keluaran sinyal tegangan sensor. Kemudian Z_1 merupakan impedansi dari bahan dielektrik (kapasitor pelat sejajar dengan bahan dielektrik) sedangkan Z_2 merupakan impedansi (kapasitor). Besar kapasitansi pada kapasitor (Z_2), itu harus mendekati besar kapasitansi pada pelat sejajar (Z_1) (Soltani *et al*, 2010).

Sehingga didapatkan persamaan berikut ini:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.5)$$

Impedansi Z dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Z = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.6)$$

Apabila dua pelat kapasitor dihubungkan dengan voltmeter, maka akan didapatkan sinyal keluaran berupa tegangan. Sehingga diperoleh persamaan dari hubungan kapasitansi dan tegangan sebagai berikut:

$$C_1 = \frac{C_2}{\left(\frac{V_i}{V_0} - 1\right)} \quad (2.7)$$

Keterangan:

V_0 : Tegangan output (V)

V_i : Tegangan input (V)

C_1 : Kapasitor pelat sejajar (F)

C_2 : Kapasitor (F)

(Ananda dalam Rofiatun, 2015).

2.4 Konstanta Dielektrik

Konstanta dielektrik atau permitivitas listrik relatif merupakan konstanta yang melambangkan rapatnya fluks elektrostatik dalam bahan apabila diberi potensial listrik. Jika dielektrik diletakkan di antara dua buah pelat sejajar, maka di dalam bahan itu dapat terbentuk dwikutub (dipole) listrik saat pelat tersebut diberi potensial listrik. Sehingga pada permukaan bahan dapat terjadi muatan listrik induksi (Sutrisno dan Gie, 1983). Konstanta dielektrik juga merupakan suatu bilangan konstanta yang besarnya tergantung pada bahan yang digunakan dan sistem yang digunakan. Sedangkan sistem yang digunakan pada konstanta dielektrik yaitu nilai kapasitansi dari kapasitor yang dibentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh bahan dielektrik (Kamajaya dalam Arivah, 2016). Umumnya bahan dielektrik adalah bahan isolator yang tidak memiliki

kemampuan untuk menghantarkan listrik. Namun bahan dielektrik memiliki nilai permitivitas relatif yang mempengaruhi nilai kapasitansi (Hidayat, 2015).

Setiap bahan memiliki sifat listrik yang khas dan besarnya sangat ditentukan oleh kondisi internal bahan tersebut seperti kandungan air (kadar air), komposisi bahan kimia, keasaman, momen dipol listrik, dan sifat-sifat internal lainnya. Sifat listrik bahan ini juga ditentukan oleh jenis bahan. Untuk beberapa jenis bahan, nilai konstanta dielektriknya telah diketahui berdasarkan eksperimen. Beberapa nilai konstanta dielektrik bahan diberikan dalam tabel 2.3 (Halliday, 1988)

Tabel 2.3 Nilai Konstanta Dielektrik Bahan

Bahan	Konstanta Dielektrik
Vakum	1
Udara	1,00054
Air	78
Kertas	3,5
Mika merah delima	5,4
Porcelen	6,5
Kwarsa lebur	3,8
Gelas pirex	4,5
Bakelit	4,8
Polietilen	2,3
Amber	2,7
Teflon	2,1
Neopren	6,9
Minyak transformator	4,5
Titanium dioksida	100
Polistiren	2,6
Karet	7
Silikon	11,68
Metanol	30
Beton	4,5

(Sumber : Halliday, 1988).

Permittivitas relatif suatu konstanta dielektrik ϵ_r didefinisikan sebagai perbandingan antara permittivitas dielektrik ϵ dengan permittivitas udara atau ruang hampa ϵ_0

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2.8)$$

Jika suatu pelat konduktor dan di antara kedua pelatnya terisi udara atau tanpa bahan dielektrik, dimana kapasitor pelat paralel tersebut memiliki luas (A) dan berjarak (d) sebagaimana yang telah disebutkan diatas, maka persamaan kapasitansi pada pelat konduktor yaitu

$$C_{udara} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.9)$$

Saat di antara kedua pelat konduktor disisipkan bahan dielektrik, kapasitansinya menjadi

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \quad (2.10)$$

Jadi penyisipan dielektrik pada pelat kapasitor paralel akan meningkatkan kapasitansi sebesar ϵ_r kali (Sudirham, 2002).

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.7) ke persamaan (2.10), maka akan memperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} = \frac{C_2}{\frac{V_i}{V_0} - 1} \quad (2.11)$$

Sehingga persamaan konstanta dielektrik adalah :

$$\epsilon_r = \frac{C_2 d}{(\frac{V_i}{V_0} - 1) \epsilon_0 A} \quad (2.12)$$

Keterangan :

C : kapasitor (F)

ϵ_0 : permittivitas ruang hampa ($8,85 \times 10^{-12} F/m$)

A : luas permukaan elektroda (m^2)

d : jarak antar elektroda (atau tebal bahan dielektrik) (m)

ϵ_r : konstanta dielektrik bahan

V_i dan V_o : sinyal tegangan masukan dan sinyal tegangan keluaran ($volt$)

(Arivah, 2016).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2018 hingga Mei 2018. Tempat penelitian dilakukan pada 2 tempat yaitu penyusunan alat dan pengukuran nilai kapasitansi menggunakan kapasitansi meter dan sensor kapasitansi pada bahan yang dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Pengukuran massa sampel dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian adalah:

1. *Function generator* sebagai sumber tegangan AC.
2. *Project board* sebagai papan rangkaian
3. Kapasitansi meter sebagai pengukur nilai kapasitansi
4. Voltmeter sebagai tegangan keluaran
5. Kabel penghubung sebagai penghubung rangkaian
6. Gelas ukur untuk mengukur volume sampel
7. Kapasitor sebagai komponen rangkaian untuk mengukur konstanta dielektrik serbuk lada

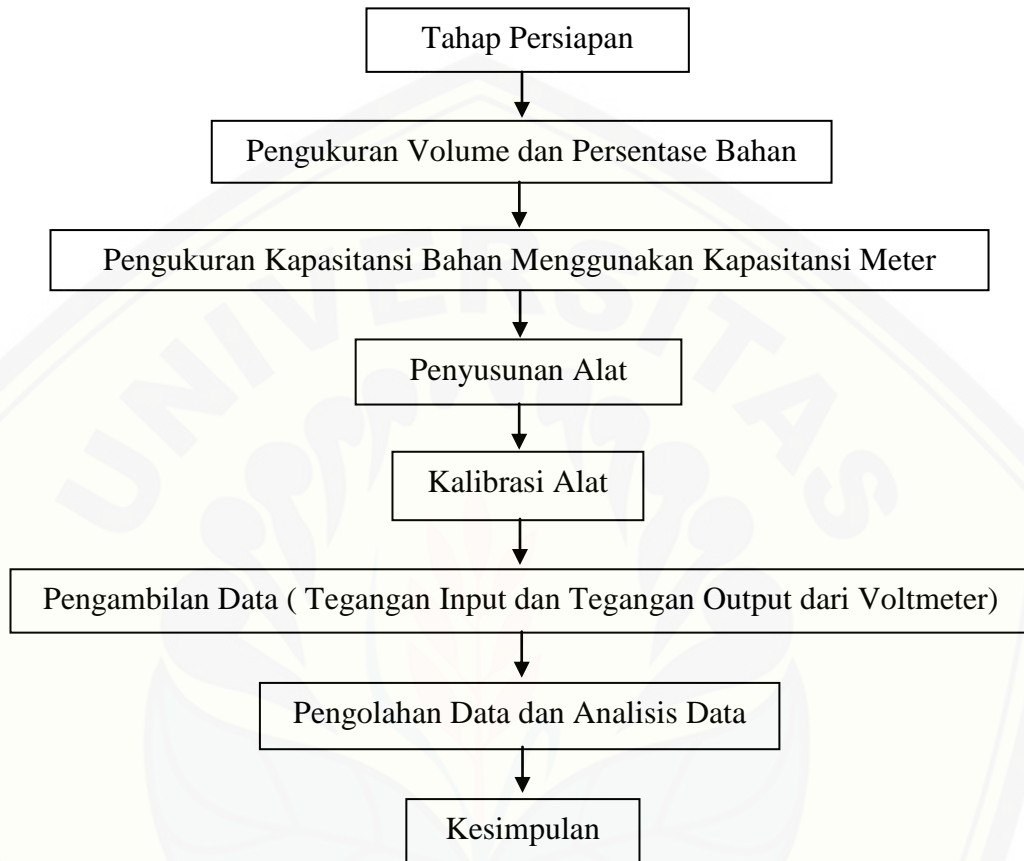
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah:

1. Serbuk lada putih
2. Serbuk nasi kering, sebagai bahan campuran serbuk lada.
3. PCB sebagai indikasi pelat sejajar dengan luas $9,4 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$, dengan jarak 0,6 cm.
4. Wadah sampel

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur kegiatan penelitian ditunjukkan dalam skema diagram alir ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.4 Tahap Persiapan Bahan

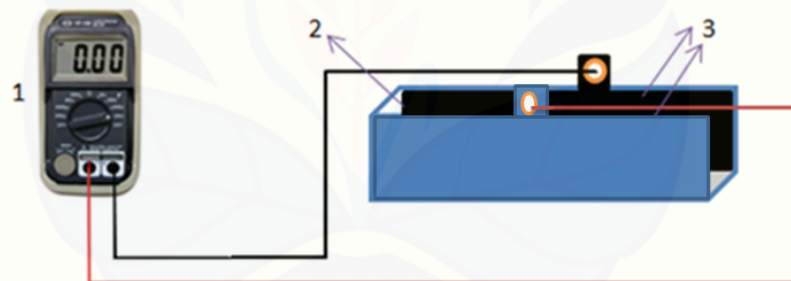
Bahan yang digunakan penelitian ini adalah serbuk lada putih dan serbuk nasi kering. Biji lada putih yang digunakan sebagai sampel dibeli di pasar gebang. Nasi kering yang digunakan sebagai sampel yaitu dari nasi yang masih dalam kondisi baik (tidak basi). Sebelum dihaluskan biji lada putih dengan nasi kering dalam keadaan benar-benar kering. Pengeringannya dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap pertama dengan sinar matahari (tidak ada mendung) selama 2 hari, kemudian tahap kedua pengeringannya dilanjutkan dengan menggunakan oven tradisional selama 7-10 menit tanpa pengontrolan suhu. Adapun serbuk lada putih

dihaluskan sendiri menggunakan grinder dan setelah itu disaring agar kehalusan serbuk setara dengan kehalusan serbuk nasi kering, dimana juga mendapatkan perlakuan yang sama.

1. Pada pencampuran serbuk lada dengan serbuk nasi kering, perbandingan antara serbuk lada dan serbuk nasi kering berturut-turut yaitu 0:5, 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, dan 5:0.
2. Pengukuran kapasitansi dilakukan dengan menggunakan kapasitansi meter. Masing-masing campuran diberikan frekuensi 1 kHz sampai 100 kHz, dengan rentang 10 kHz.
3. Setiap sampel dilakukan 3 kali pengukuran untuk mendapat nilai yang lebih akurat.

3.5 Pengukuran Kapasitansi Kapasitor

Sebelum dilakukan pengukuran, kapasitor pelat sejajar dalam keadaan kosong (tanpa bahan) diukur kapasitansinya seperti gambar dibawah :



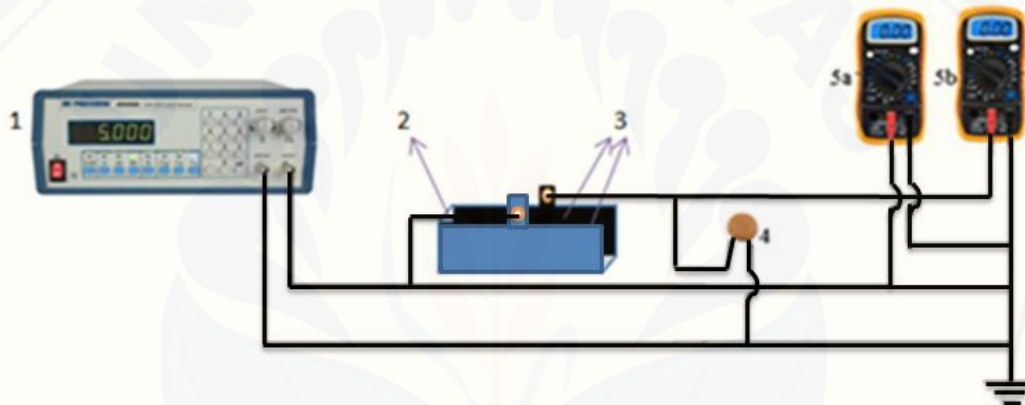
Gambar 3.2 Skema Pengukuran kapasitansi kapasitor

Keterangan:

- 1 : Kapasitansi meter
- 2 : Wadah sampel
- 3 : Pelat A dan B PCB (*Printed Circuit Board*)

Sebelum mengukur nilai kapasitansi bahan, maka langkah awal yang harus dilakukan yaitu mengukur volume bahan dengan perbandingan yang telah ditentukan pada volume serbuk lada putih dan volume bubuk nasi kering. Setelah pengukuran persentase volume bahan selesai, maka sebelum dimasukkan pada wadah yang terdapat pelat PCB, bahan tersebut harus benar-benar rata dalam pencampurannya. Kemudian setelah bahan tercampur rata, barulah dituangkan

pada wadah hingga volumenya wadah terisi penuh. Ketika wadah sudah terisi penuh, maka dapat diukur nilai kapasitansi dari bahan tersebut. Besar kapasitansi diukur menggunakan alat kapasitansi meter yaitu dengan cara kedua ujung pelat dihubungkan dengan kabel kapasitansi meter yang mana bahan yang akan diukur ditempatkan di antara kedua pelat kapasitor, kemudian nilai yang tertera di layar kapasitansi meter digunakan sebagai acuan nilai kapasitor (C_2) yang akan digunakan. Selanjutnya menyusun desain rangkaian yang akan digunakan untuk penelitian. Kedua pelat dihubungkan dengan masukan dan keluaran dari voltmeter dan *function generator*. Sehingga dapat diketahui nilai kapasitansi bahan yang nantinya dapat digunakan untuk mengetahui konstanta dielektrik bahan tersebut.



Gambar 3.3 Desain alat penelitian

Keterangan gambar desain alat penelitian:

- 1 : *Function generator*
- 2 : Wadah sampel
- 3 : PCB
- 4 : Kapasitor
- 5a : Voltmeter sebagai pembaca tegangan masukan
- 5b : Voltmeter sebagai pembaca tegangan keluaran

3.6 Tahap Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah desain alat percobaan dapat digunakan untuk mencari nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik. Kalibrasi alat penelitian pada gambar 3.3 dimana masukan dan

keluaran dari voltmeter dihubungkan dengan kedua pelat kapasitor keping sejajar. Proses pengkalibrasian dilakukan dengan menggunakan aquades yang sudah diketahui konstanta dielektriknya sebesar 78. Setelah diberikan variasi frekuensi *function generator* maka dapat diketahui nilai V_o dan V_i dari masing-masing frekuensi yang diberikan. Dari perolehan nilai itulah dapat dicari nilai kapasitansinya melalui perhitungan dengan persamaan (2.7). Nilai dielektrik aquades dapat diketahui dengan memasukkan nilai kapasitansi yang diperoleh dengan persamaan (2.10). Apabila nilai dielektrik yang terukur sudah mendekati atau sama dengan nilai dielektrik aquades pada literatur yaitu 78, maka alat dan desain penelitian sudah bisa digunakan. Namun, apabila dalam pengukuran aquades menghasilkan nilai kurang atau lebih dari 78, maka selisih nilai yang diperoleh dari pengukuran dengan nilai yang di literatur akan menjadi faktor koreksi pada alat yang digunakan, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

3.7 Tahap Pengambilan Data

Setelah dilakukan pengkalibrasian alat, kemudian dilakukan pengambilan data dengan menggunakan desain Gambar 3.3. Selanjutnya wadah diisi sampel, adapun sampel A yaitu dari konsentrasi bahan pencampur 0%, maka sampel A berisi 100% serbuk lada putih dan 0% serbuk nasi kering. Sampel B yaitu dari konsentrasi bahan pencampur 20%, maka sampel B berisi 80% serbuk lada putih dan 20% serbuk nasi kering. Sampel C yaitu dari konsentrasi bahan pencampur 40%, maka sampel C berisi 60% serbuk lada putih dan 40% serbuk nasi kering. Sampel D yaitu dari konsentrasi bahan pencampur 60%, maka sampel D berisi 40% serbuk lada putih dan 60% bubuk nasi kering. Sampel E yaitu dari konsentrasi bahan pencampur 80%, maka sampel E berisi 20% serbuk lada putih dan 80% serbuk nasi kering. Sampel F yaitu dari konsentrasi bahan pencampur 100%, maka sampel F berisi 0% serbuk lada putih dan 100% serbuk nasi kering. Adapun cara menentukan persentase massa bahan pencampur dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persen bahan pencampur (BP)} = \frac{\text{Volume BP}}{\text{Volume Campuran}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

Campuran: Volume serbuk lada (ml) + volume setiap penambahan bahan pencampur lada (ml)

Setiap campuran serbuk lada putih dengan serbuk nasi kering diamati menggunakan frekuensi 1 kHz sampai 100 kHz dengan rentang 10 kHz, sehingga dapat diketahui nilai tegangan masukan V_i dan nilai tegangan keluaran V_o . Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Data yang telah diperoleh dari penelitian, nilai kapasitansi suatu bahan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.7) yang nantinya dicatat sebagai nilai C_1 . Kemudian dari nilai kapasitansi bahan digunakan untuk mencari nilai konstanta dielektrik suatu bahan dengan menggunakan persamaan (2.10). Variasi frekuensi dari 1 kHz, 10 kHz, 20 kHz, 30 kHz, 40 kHz, 50kHz, 60 kHz, 70 kHz, 80 kHz, 90 kHz, dan 100 kHz diplotkan sebagai sumbu x dan nilai konstanta dielektrik sampel diplotkan sebagai sumbu y. Sehingga dapat diketahui grafik hubungan antara konstanta dielektrik dengan penambahan massa bahan campuran pada serbuk lada putih yang digunakan dalam penelitian.

3.8 Analisa Data

Karakterisasi konstanta dielektrik yang diperoleh yaitu memunculkan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih murni, membedakan antara konsentrasi penambahan serbuk nasi kering terhadap konstanta dielektrik serbuk lada putih dan memberikan informasi mengenai pengaruh variasi frekuensi terhadap konstanta dielektrik pada serbuk lada putih murni maupun serbuk lada putih campuran. Dengan memunculkan informasi di atas, maka proses penelitian dan pengambilan data yaitu didapatkan nilai tegangan masukan V_i dan nilai tegangan keluaran V_o yang nantinya akan digunakan untuk mencari nilai kapasitansi dari bahan penelitian dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C_1 = \frac{C_2}{\left(\frac{V_i}{V_o} - 1\right)} \quad (3.2)$$

Keterangan:

V_0 : Tegangan output (V)

V_i : Tegangan input (V)

C_1 : Kapasitor pelat sejajar (F)

C_2 : Kapasitor (F)

Kemudian nilai konstanta dielektrik diolah dari nilai kapasitansi yang sudah didapat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \quad (3.3)$$

Keterangan :

C : kapasitor (F)

ϵ_0 : permitivitas ruang hampa ($8,85 \times 10^{-12} F/m$)

A : luas permukaan elektroda (m^2)

d : jarak antar elektroda (atau tebal bahan dielektrik) (m)

ϵ_r : konstanta dielektrik bahan

Dalam kegiatan penelitian ini, pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dan data-data tersebut akan dianalisis untuk menentukan ralat nilai konstanta dielektrik dari campuran bahan lain dengan sampel serbuk lada. Ralat nilai tersebut menggunakan standart error yaitu:

$$\Delta k = \sqrt{\frac{\sum(k_i - \bar{k})^2}{(n - 1)}} \quad (3.4)$$

Sehingga konstanta dielektrik dapat diperoleh sebagai berikut :

$$k = (\bar{k} \pm \Delta k) \quad (3.5)$$

Keterangan:

Δk : Standart error konstanta dielektrik

k_i : Nilai konstanta dielektrik ke-i

\bar{k} : Rata-rata nilai konstanta dielektrik

n : Jumlah pengukuran

Nilai standart error yang diperoleh berdasarkan persamaan (3.4) dapat digunakan untuk mengetahui tingkat presisi dari alat penelitian yang digunakan.

Berdasarkan data hasil perhitungan konstanta dielektrik akan terlihat karakteristik konstanta dielektrik pada serbuk lada murni dan pola hubungan antara serbuk lada putih dengan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) terhadap nilai konstanta dielektrik. Pola hubungan konstanta dielektrik antara campuran serbuk lada putih dengan serbuk nasi kering terhadap variasi frekuensi. Perhitungan dan pembentukan pola akan dilakukan menggunakan Microsoft Excel 2010.

Konstanta dielektrik yang diperoleh dari hasil perhitungan dan dari tabel literatur pada bahan air dibandingkan agar memperoleh data yang akurat, yaitu dari perhitungan konstanta dielektrik air memperoleh hasil kurang lebih 78, sedangkan pada tabel literatur konstanta dielektriknya sebesar 78. Apabila selisih konstanta dielektrik pada perhitungan itu mendekati 78 sebagaimana pada tabel literatur, maka dapat dipastikan alat yang digunakan sudah memenuhi standart layak untuk dipakai pengukuran selanjutnya. Pengukuran selanjutnya yaitu mengukur nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih murni dan serbuk lada putih campuran serbuk nasi kering. Perbandingan pengaruh penambahan persentase serbuk nasi kering terhadap konstanta dielektrik serbuk lada putih dengan volume yang tetap. Perbandingan pengaruh variasi frekuensi terhadap konstanta dielektrik pada sampel.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian karakteristik konstanta dielektrik serbuk lada putih yaitu

1. Serbuk lada putih murni memiliki konstanta dielektrik yang berbeda dengan konstanta dielektrik serbuk nasi kering murni. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa serbuk lada murni tanpa adanya bahan campuran memiliki nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 1 kHz yaitu $(6,280 \pm 0,103)$ dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 100 kHz yaitu $(3,393 \pm 0,038)$. Sedangkan serbuk nasi kering murni memiliki nilai konstanta dielektrik tertinggi pada frekuensi 1 kHz yaitu $(10,952 \pm 0,231)$ dan nilai konstanta dielektrik terendah pada frekuensi 100 kHz yaitu $(5,917 \pm 0,081)$.
2. Penambahan serbuk nasi kering berpengaruh terhadap besar konstanta dielektrik pada serbuk lada putih, semakin besar konsentrasi penambahan serbuk nasi kering maka konstanta dielektrik pada serbuk lada putih semakin besar.
3. Hubungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih murni terhadap variasi frekuensi berbanding terbalik, dimana ketika frekuensi semakin besar maka konstanta dielektrik pada serbuk lada putih murni akan semakin kecil. Hal ini juga berlaku pada konstanta dielektrik serbuk lada campuran bahan lain (serbuk nasi kering) terhadap variasi frekuensi.

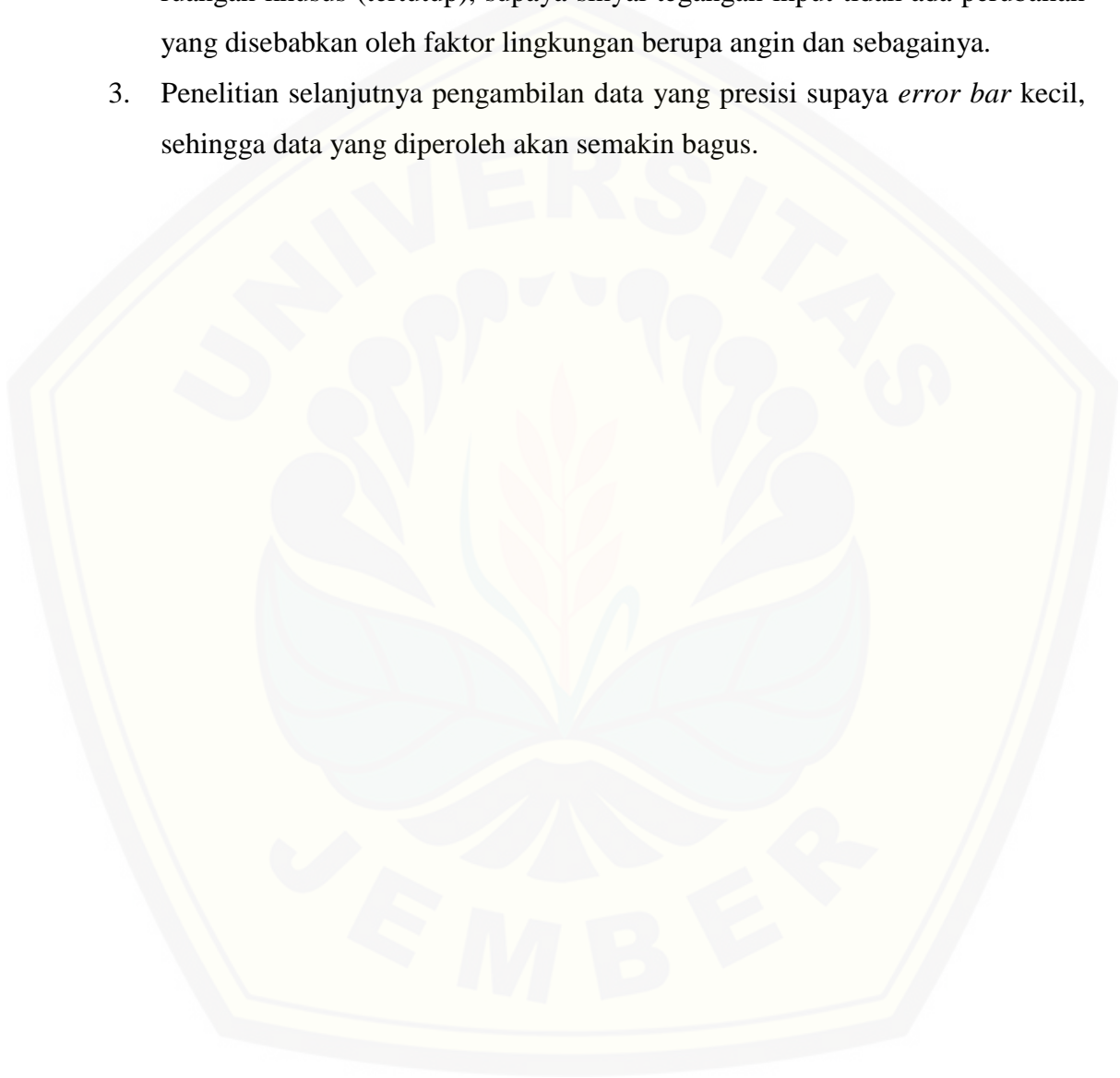
5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka saran untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut tentang nilai konstanta dielektrik serbuk lada yaitu:

1. Bahan sampel berupa serbuk lada putih dengan serbuk nasi kering pengeringannya untuk sinar matahari harus diukur suhu panasnya, dan saat pengeringannya menggunakan oven harus mengetahui waktu lamanya

pengeringan serta mengatur suhu oven, supaya mendapatkan hasil dan informasi yang lebih detail.

2. Saat melakukan pengulangan pengambilan data, lebih baik waktunya dilakukan secara sekaligus (tidak dilakukan pada hari lain) dan dalam ruangan khusus (tertutup), supaya sinyal tegangan input tidak ada perubahan yang disebabkan oleh faktor lingkungan berupa angin dan sebagainya.
3. Penelitian selanjutnya pengambilan data yang presisi supaya *error bar* kecil, sehingga data yang diperoleh akan semakin bagus.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahli pengobatan. 2014. *Ciri-ciri Tanaman Lada serta Khasiat dan Manfaat Lada*. <http://www.tanobat.com/lada-ciri-ciri-tanaman-lada-serta-khasiat-dan-manfaat-lada.html> (diakses pada 24 desember 2017).
- Arivah, H.N. 2016. Analisa Kualitas Semen Melalui Pengukuran Konstanta Dielektrik dan Resistivitas. *Skripsi*. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2013. *Lada Putih SNI 0004: 2013*. Jakarta: Dewan Standarisasi Nasional.
- Chandel,V.S, M.S.Khan, R.Manohar dan S.P.Sigh. 2014. Comparative Dielectric Behaviour of Black Pepper and White Pepper. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*.India: Lucknow University. 1(1): 43-47.
- Halliday, D. 1988. *Terjemahan Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Hamid, A. 2016. Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino Uno Untuk Uji Tingkat Kematangan Buah Tomat. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Hidayat, H. 2015. Estimasi Kemasakan Buah Pisang Menggunakan Sensor Kapasitansi. *Skripsi*. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- Jati, B.M.E dan T.K.Priyambodo. 2010. *Fisika Dasar: Listrik Magnet, Optika, Fisika Modern*.Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Komisah, S. 2001. Pembuatan Alat Uji Teknis Sifat Dielektrik Bahan Cair. *Skripsi*. Bogor: FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Kompas.2017.*Merica_Palsu_di_Surabaya*.<http://ekonomi.kompas.com/read/2017/05/16/11395831/polisi.gerebek.produksen.merica.palsu.di.surabaya> (diakses pada 11 januari 2018)

- Kuliner.2015. *Aneka Resep Makanan dari Nasi atau Segi Aking*.
<http://www.yogyatrip.com/aneka-resep-masakan-dari-nasisege-aking/>
(diakses pada 31 januari 2018)
- Lusiando, P., A. Sutresno, dan A. Setiawan. 2012. Pengukuran Kadar Air Pada Lada Putih Dengan Metode Kapasitor Pelat Sejajar. *Skripsi*. Salatiga: Universitas Kristen sayta wacana.
- Mulyani. 2016. Kajian Suhu Kristalisasi Dan Konsentrasi Etanol Pada Kristalisasi Molase Yang Dijernihkan. *Skripsi*. Bandung: Universitas Pasundan.
- Niya. 2017. *16 Cara Mengusir Tikus Di Rumah Secara Alami dan Cepat*.
<https://ohgitu.id/cara-mengusir-tikus/> (diakses pada 31 januari 2018)
- Novitasari, V. 2014. Uji Ekstrak Minyak Atsiri Lada Putih (*Piper Nigrum* Linn) Sebagai Antibakteri *Bacillus Cereus*. *Skripsi*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Nuwaiir. 2009. Kajian Impedansi dan Kapasitansi Listrik pada Membran Telur Ayam Ras. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rimafatin, N. 2018. Karakterisasi Konstanta Dielektrik dan Kapasitansi pada Lemak Hewani dengan Variasi Suhu dan Frekuensi. *Skripsi*. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- Rofiatun. 2016. Pengaruh Penambahan Lemak Margarin Terhadap Konstanta Dielektrik Minyak Goreng. *Skripsi*. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- Rosita, F. N., C. S. Widodo, dan Sucipto. 2014. Kajian pengaruh campuran lemak babi terhadap konstanta dielektrik lemak ayam menggunakan metode dielektrik. *Jurnal Fisika* 2 (1): 301-303.
- Sarwani, M. 2008. *Teknologi Budidaya Lada*. Bandung: Agro Inovasi.

Soltani, M., R. Alimardani, dan M. Omid. 2010. *Prediction of banana quality during ripening stage using capacitance sensing system. Australian Journal Of Crop Science*. Iran: Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran. ISSN 1835-2707. 4(6): 443-447.

Sudirham, S. 2002. *Analisis Rangkaian Listrik*. Bandung: Penerbit ITB.

Sutrisno dan T. I. Gie. 1983. *Fisika Dasar : listrik, magnet, dan termofisika*. Bandung: penerbit ITB.

Sutrisno. 1986. *Buku Materi Pokok Fisika 1*. Jakarta: Penerbit Karunia Jakarta.

Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Bandung: Penerbit ITB.

Tipler, Paul A. 1991. *Fisika untuk Sains Dan Teknik Jilid 2 Edisi Ketiga* (Diterjemahkan Oleh Bambang Soegiono). Jakarta: Erlangga.

Tobing, B. L. 1996. *Fisika Dasar 1*. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.

Wandani, A.P. 2014. Pengaruh Waktu Destilasi Terhadap Kadar Minyak Atsiri Dan Penentuan Kadar Air Pada Lada Hitam. *Karya Ilmiah*. Medan:Universitas Sumatra Utara.

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik aquades pada frekuensi 1 kHz

f (Hz)	C_2 (pF)	V_i (Volt)	V_0 (Volt)	C_1 (pF)	k_{eks}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$	Faktor koreksi
1000	1180	3,4	0,5	203,448	73,368	76,053±2,718	1,947
		3,3	0,5	210,714	75,988		
		3,2	0,5	218,519	78,802		

Lampiran 4.2 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih pada frekuensi 1 kHz

f (Hz)	C_2 (pF)	V_i (Volt)	V_0 (Volt)	C_1 (pF)	k_{eks}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
1000	23	6,3	2,7	17,250	6,221	6,280±0,103
		6,3	2,7	17,250	6,221	
		6,2	2,7	17,743	6,398	

Lampiran 4.3 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk nasi kering pada frekuensi 1 kHz

f (Hz)	C_2 (pF)	V_i (Volt)	V_0 (Volt)	C_1 (pF)	k_{eks}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
1000	28	5,8	3,0	30,000	10,819	10,952±0,231
		5,7	3,0	31,111	11,219	
		5,8	3,0	30,000	10,819	

Lampiran 4.4 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih terhadap penambahan bahan campuran (serbuk nasi kering) pada frekuensi 1 kHz

Konsentrasi Serbuk Lada Putih	Konsentrasi Serbuk Nasi Kering	Konstanta Dielektrik ($k \pm \Delta k$)
100%	0%	6,280 ± 0,103
80%	20%	6,680 ± 0,191
60%	40%	8,201 ± 0,249
40%	60%	9,383 ± 0,303
20%	80%	10,656 ± 0,215
0%	100%	10,952 ± 0,231

Lampiran 4.5 Hasil perhitungan nilai konstanta dielektrik serbuk lada putih setelah penambahan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) pada frekuensi 1 kHz sampai dengan 100 kHz

C_2 (pF)	f (Hz)	Konsentrasi nasi kering	V_i	V_o	C_1	k	\bar{k}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
23	1000	0%	6,3	2,7	17,250	6,221	6,280	6,280±0,103
23			6,3	2,7	17,250	6,221		
23			6,2	2,7	17,743	6,398		
24		20%	6,2	2,7	18,514	6,677	6,680	6,680±0,191
24			6,3	2,7	18,000	6,491		
24			6,1	2,7	19,059	6,873		
25		40%	6,2	3,0	23,438	8,452	8,201	8,201±0,249
25			6,4	3,0	22,059	7,955		
25			6,3	3,0	22,727	8,196		
26		60%	6,1	3,1	26,867	9,689	9,383	9,383±0,303
26			6,2	3,1	26,000	9,376		
26			6,3	3,1	25,188	9,083		
27		80%	5,9	3,1	29,893	10,780	10,656	10,656±0,215
27			5,9	3,1	29,893	10,780		
27			6,0	3,1	28,862	10,408		
28		100%	5,8	3,0	30,000	10,819	10,952	10,952±0,231
28			5,7	3,0	31,111	11,219		
28			5,8	3,0	30,000	10,819		
23	10000	0%	6,3	2,7	17,250	6,221	6,056	6,056±0,164
23			6,5	2,7	16,342	5,893		
23			6,4	2,7	16,784	6,053		
24		20%	6,2	2,7	18,514	6,677	6,473	6,473±0,214
24			6,3	2,7	18,000	6,491		
24			6,2	2,6	17,333	6,251		
25		40%	6,5	3,0	21,429	7,728	7,803	7,803±0,131
25			6,5	3,0	21,429	7,728		
25			6,4	3,0	22,059	7,955		
26		60%	6,3	3,0	23,636	8,524	8,613	8,613±0,154
26			6,3	3,0	23,636	8,524		
26			6,2	3,0	24,375	8,790		
27		80%	6,1	2,9	24,469	8,824	9,115	9,115±0,294
27			5,9	2,9	26,100	9,412		
27			6,0	2,9	25,258	9,109		
28		100%	5,9	2,9	27,067	9,761	9,761	9,761±0,337
28			5,8	2,9	28,000	10,097		
28			5,8	2,8	26,133	9,424		

C_2 (pF)	f (Hz)	Konsentrasi nasi kering	V_i	V_o	C_1	k	\bar{k}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
23	20000	0%	6,5	2,6	15,333	5,530	5,578	5,578±0,084
23			6,5	2,6	15,333	5,530		
23			6,4	2,6	15,737	5,675		
24		20%	6,4	2,6	16,421	5,922	5,871	5,871±0,088
24			6,4	2,6	16,421	5,922		
24			6,5	2,6	16,000	5,770		
25		40%	6,6	2,9	19,595	7,066	7,132	7,132±0,113
25			6,5	2,9	20,139	7,262		
25			6,6	2,9	19,595	7,066		
26		60%	6,4	3,0	22,941	8,273	8,357	8,357±0,145
26			6,3	3,0	23,636	8,524		
26			6,4	3,0	22,941	8,273		
27	80%	6,4	3,0	23,824	8,591	8,765	8,765±0,150	
27		6,3	3,0	24,545	8,852			
27		6,3	3,0	24,545	8,852			
28	100%	6,0	2,9	26,194	9,446	9,348	9,348±0,170	
28		6,0	2,9	26,194	9,446			
28		6,1	2,9	25,375	9,151			
23	30000	0%	6,7	2,6	14,585	5,260	5,282	5,282±0,237
23			6,6	2,5	14,024	5,057		
23			6,5	2,6	15,333	5,530		
24		20%	6,5	2,6	16,000	5,770	5,696	5,696±0,128
24			6,5	2,6	16,000	5,770		
24			6,4	2,5	15,385	5,548		
25		40%	6,7	2,8	17,949	6,473	6,529	6,529±0,098
25			6,6	2,8	18,421	6,643		
25			6,7	2,8	17,949	6,473		
26		60%	6,4	2,9	21,543	7,769	7,557	7,557±0,210
26			6,6	2,9	20,378	7,349		
26			6,5	2,9	20,944	7,553		
27	80%	6,4	2,8	21,000	7,573	7,645	7,645±0,125	
27		6,4	2,8	21,000	7,573			
27		6,3	2,8	21,600	7,789			
28	100%	6,1	2,8	23,758	8,567	8,483	8,483±0,145	
28		6,2	2,8	23,059	8,315			
28		6,1	2,8	23,758	8,567			

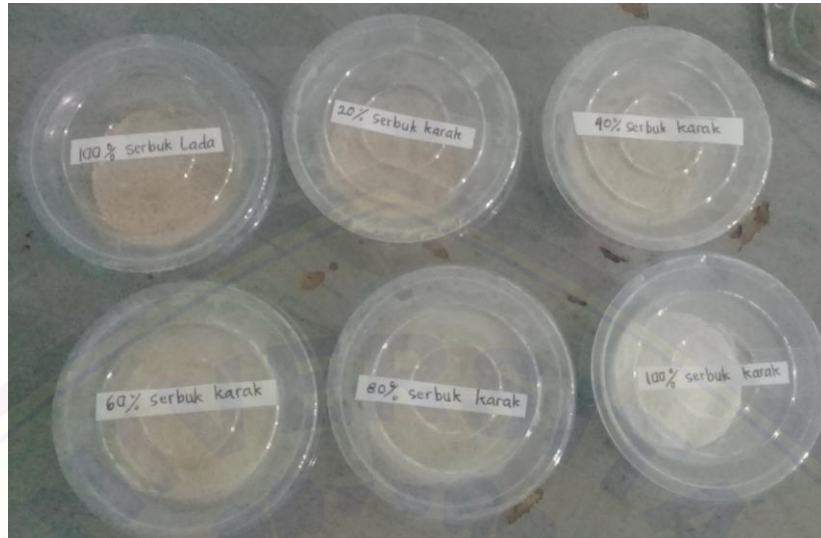
C_2 (pF)	f (Hz)	Konsentrasi nasi kering	V_i	V_o	C_1	k	\bar{k}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
23	40000	0%	6,5	2,5	14,375	5,184	5,059	5,059±0,123
23			6,7	2,5	13,690	4,937		
23			6,6	2,5	14,024	5,057		
24		20%	6,6	2,6	15,600	5,626	5,580	5,580±0,079
24			6,7	2,6	15,220	5,488		
24			6,6	2,6	15,600	5,626		
25		40%	6,8	2,8	17,500	6,311	6,260	6,260±0,089
25			6,8	2,8	17,500	6,311		
25			6,9	2,8	17,073	6,157		
26		60%	6,6	2,9	20,378	7,349	7,417	7,417±0,118
26			6,6	2,9	20,378	7,349		
26			6,5	2,9	20,944	7,553		
27		80%	6,4	2,8	21,000	7,573	7,577	7,577±0,211
27			6,5	2,8	20,432	7,368		
27			6,3	2,8	21,600	7,789		
28		100%	6,2	2,8	23,059	8,315	8,320	8,320±0,245
28			6,3	2,8	22,400	8,078		
28			6,1	2,8	23,758	8,567		
23	50000	0%	6,8	2,5	13,372	4,822	4,786	4,786±0,063
23			6,8	2,5	13,372	4,822		
23			6,9	2,5	13,068	4,713		
24		20%	6,7	2,5	14,286	5,152	5,112	5,112±0,069
24			6,8	2,5	13,953	5,032		
24			6,7	2,5	14,286	5,152		
25		40%	6,9	2,7	16,071	5,796	5,843	5,843±0,082
25			6,8	2,7	16,463	5,937		
25			6,9	2,7	16,071	5,796		
26		60%	6,7	2,8	18,667	6,732	6,791	6,791±0,102
26			6,6	2,8	19,158	6,909		
26			6,7	2,8	18,667	6,732		
27		80%	6,6	2,8	19,895	7,174	7,004	7,004±0,148
27			6,5	2,7	19,184	6,918		
27			6,5	2,7	19,184	6,918		
28		100%	6,3	2,8	22,400	8,078	8,157	8,157±0,137
28			6,2	2,8	23,059	8,315		
28			6,3	2,8	22,400	8,078		

C_2 (pF)	f (Hz)	Konsentrasi nasi kering	V_i	V_o	C_1	k	\bar{k}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
23	60000	0%	7,0	2,5	12,778	4,608	4,519	4,519±0,092
23			6,9	2,4	12,267	4,424		
23			6,8	2,4	12,545	4,524		
24		20%	6,8	2,5	13,953	5,032	4,825	4,825±0,180
24			6,8	2,4	13,091	4,721		
24			6,8	2,4	13,091	4,721		
25		40%	7,0	2,6	14,773	5,327	5,453	5,453±0,127
25			6,9	2,6	15,116	5,451		
25			6,8	2,6	15,476	5,581		
26		60%	6,7	2,7	17,550	6,329	6,277	6,277±0,089
26			6,8	2,7	17,122	6,175		
26			6,7	2,7	17,550	6,329		
27		80%	6,6	2,7	18,692	6,741	6,800	6,800±0,102
27			6,6	2,7	18,692	6,741		
27			6,5	2,7	19,184	6,918		
28	100%	6,4	2,7	20,432	7,368	7,304	7,304±0,112	
28		6,5	2,7	19,895	7,174			
28		6,4	2,7	20,432	7,368			
23	70000	0%	7,0	2,3	11,255	4,059	4,060	4,060±0,086
23			6,9	2,3	11,500	4,147		
23			7,1	2,3	11,021	3,974		
24		20%	7,0	2,4	12,522	4,516	4,617	4,617±0,103
24			6,8	2,4	13,091	4,721		
24			6,9	2,4	12,800	4,616		
25		40%	7,1	2,5	13,587	4,900	4,936	4,936±0,063
25			7,1	2,5	13,587	4,900		
25			7,0	2,5	13,889	5,009		
26		60%	6,9	2,6	15,721	5,669	5,957	5,957±0,260
26			6,9	2,7	16,714	6,028		
26			6,8	2,7	17,122	6,175		
27		80%	6,7	2,6	17,122	6,175	6,277	6,277±0,089
27			6,6	2,6	17,550	6,329		
27			6,6	2,6	17,550	6,329		
28	100%	6,5	2,7	19,895	7,174	7,372	7,372±0,199	
28		6,3	2,7	21,000	7,573			
28		6,4	2,7	20,432	7,368			

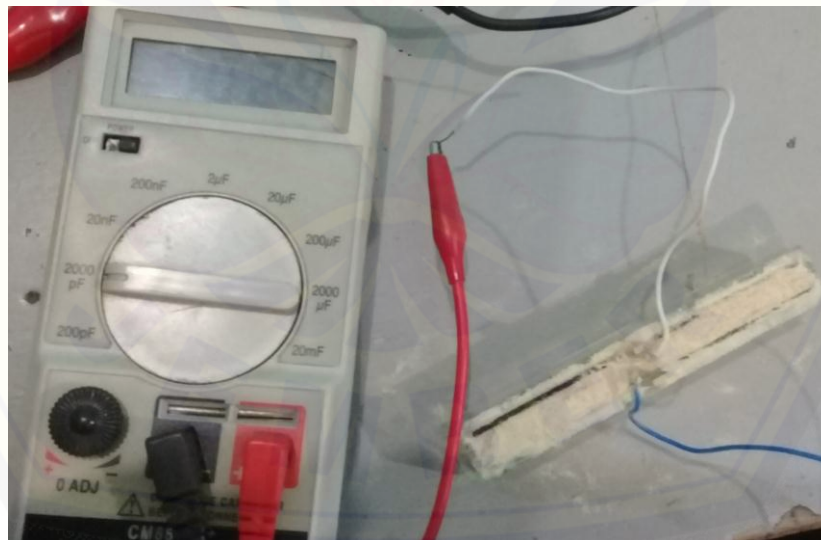
C_2 (pF)	f (Hz)	Konsentrasi nasi kering	V_i	V_o	C_1	k	\bar{k}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
23	80000	0%	7,0	2,2	10,542	3,802	3,725	3,725±0,076
23			7,1	2,2	10,327	3,724		
23			7,2	2,2	10,120	3,649		
24		20%	7,1	2,3	11,500	4,147	4,237	4,237±0,090
24			7,0	2,3	11,745	4,235		
24			6,9	2,3	12,000	4,327		
25		40%	7,2	2,4	12,500	4,508	4,666	4,666±0,146
25			7,3	2,5	13,021	4,696		
25			7,2	2,5	13,298	4,795		
26		60%	7,0	2,6	15,364	5,540	5,727	5,727±0,175
26			7,1	2,7	15,955	5,754		
26			7,0	2,7	16,326	5,887		
27	80%	6,7	2,6	17,122	6,175	6,226	6,226±0,089	
27		6,6	2,6	17,550	6,329			
27		6,7	2,6	17,122	6,175			
28	100%	6,6	2,6	18,200	6,563	6,619	6,619±0,097	
28		6,6	2,6	18,200	6,563			
28		6,5	2,6	18,667	6,732			
23	90000	0%	7,2	2,2	10,120	3,649	3,626	3,626±0,041
23			7,2	2,2	10,120	3,649		
23			7,3	2,2	9,922	3,578		
24		20%	7,0	2,2	11,000	3,967	3,887	3,887±0,079
24			7,1	2,2	10,776	3,886		
24			7,2	2,2	10,560	3,808		
25		40%	7,2	2,4	12,500	4,508	4,446	4,446±0,053
25			7,3	2,4	12,245	4,416		
25			7,3	2,4	12,245	4,416		
26		60%	7,1	2,6	15,022	5,417	5,542	5,542±0,126
26			7,0	2,6	15,364	5,540		
26			6,9	2,6	15,721	5,669		
27	80%	6,7	2,5	16,071	5,796	5,843	5,843±0,082	
27		6,7	2,5	16,071	5,796			
27		6,6	2,5	16,463	5,937			
28	100%	6,7	2,6	17,756	6,403	6,352	6,352±0,088	
28		6,8	2,6	17,333	6,251			
28		6,7	2,6	17,756	6,403			

C_2 (pF)	f (Hz)	Konsentrasi nasi kering	V_i	V_o	C_1	k	\bar{k}	$(\bar{k} \pm \Delta k)$
23	100000	0%	7,3	2,1	9,288	3,350	3,393	3,393±0,038
23			7,2	2,1	9,471	3,415		
23			7,2	2,1	9,471	3,415		
24		20%	7,1	2,1	10,080	3,635	3,636	3,636±0,073
24			7,0	2,1	10,286	3,709		
24			7,2	2,1	9,882	3,564		
25		40%	7,4	2,3	11,275	4,066	4,093	4,093±0,047
25			7,3	2,3	11,500	4,147		
25			7,4	2,3	11,275	4,066		
26	60%	7,5	2,5	13,000	4,688	4,689	4,689±0,094	
26		7,4	2,5	13,265	4,784			
26		7,6	2,5	12,745	4,596			
27	80%	6,6	2,4	15,429	5,564	5,436	5,436±0,126	
27		6,7	2,4	15,070	5,434			
27		6,8	2,4	14,727	5,311			
28	100%	6,8	2,5	16,279	5,871	5,917	5,917±0,081	
28		6,7	2,5	16,667	6,010			
28		6,8	2,5	16,279	5,871			

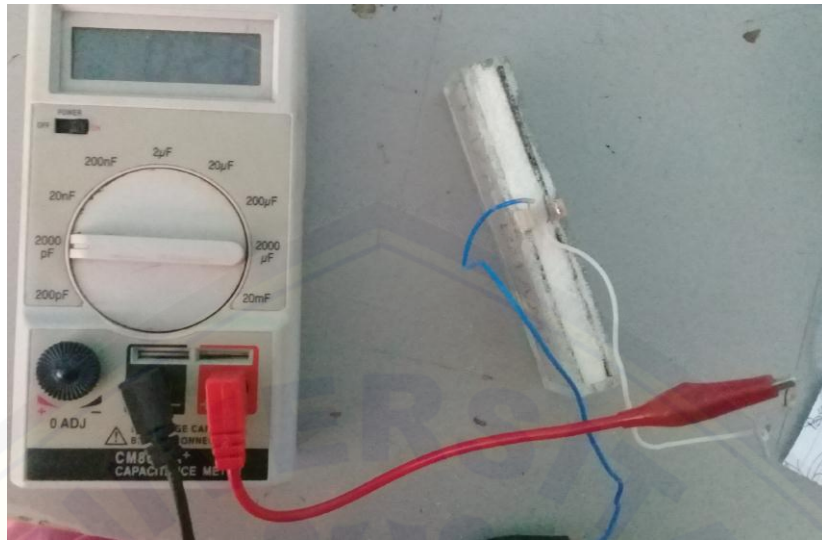
Lampiran 4.7 Dokumentasi Penelitian



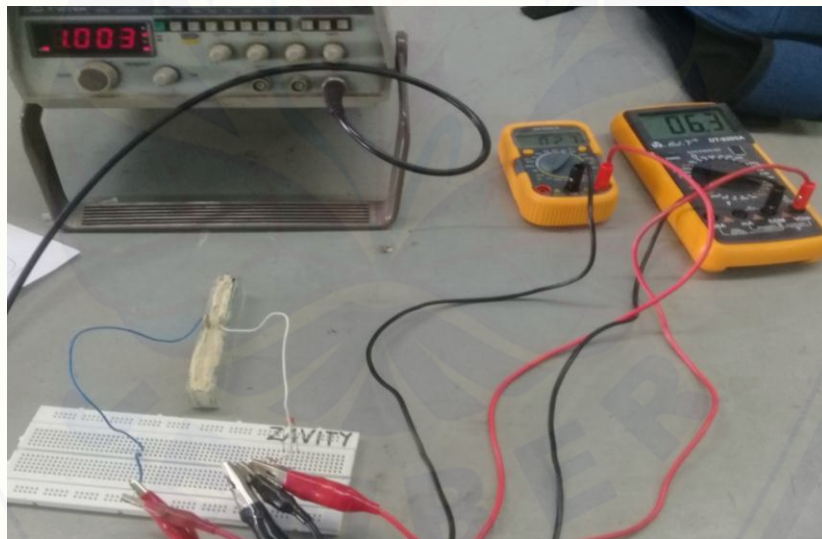
Gambar 4.7.1 Sampel bahan serbuk lada dan campuran bahan pencampur (serbuk nasi kering) konsentrasi bahan pencampur dari 0% sampai 100% dengan rentang 20%



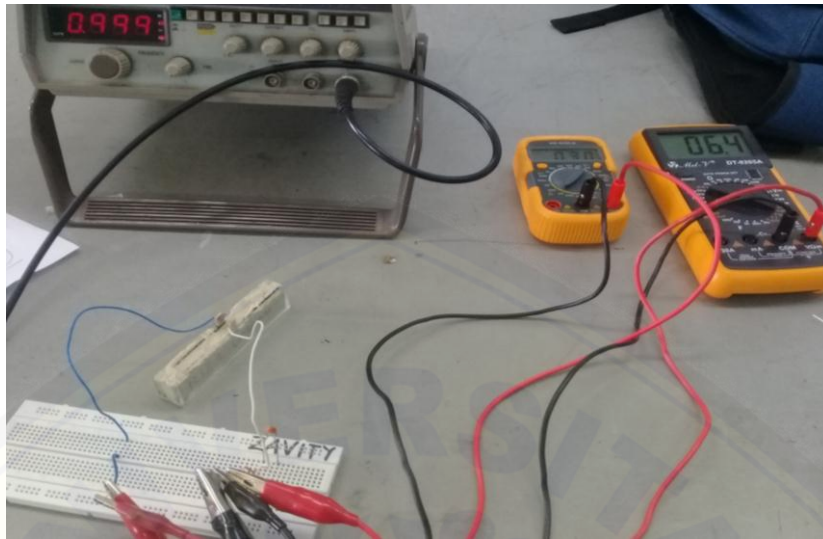
Gambar 4.7.2 Pengukuran kapasitansi sampel serbuk lada putih dengan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) 20% menggunakan alat kapasitansimeter



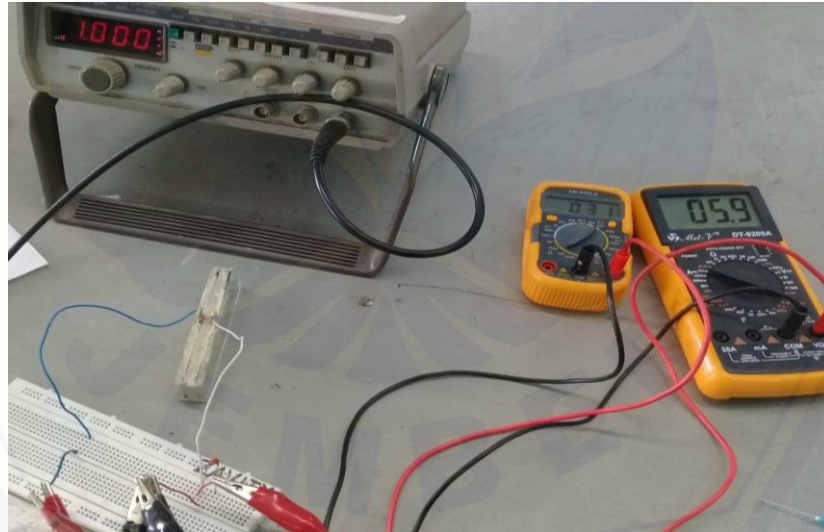
Gambar 4.7.3 Pengukuran kapasitansi sampel serbuk lada putih dengan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) 100% menggunakan alat kapasitansimeter



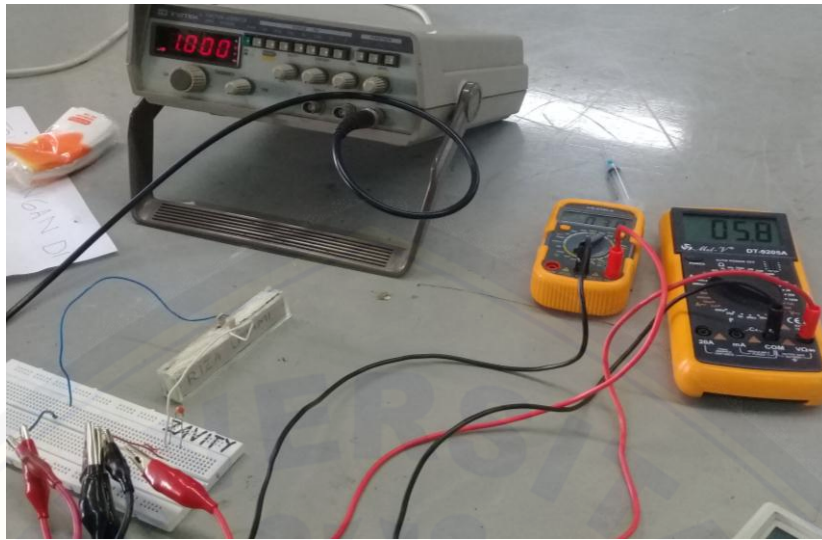
Gambar 4.7.4 Pengukuran nilai konstanta dielektrik sampel serbuk lada putih dengan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) 0% pada frekuensi 1 kHz menggunakan voltmeter



Gambar 4.7.5 Pengukuran nilai konstanta dielektrik sampel serbuk lada putih dengan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) 40% pada frekuensi 1 kHz menggunakan voltmeter



Gambar 4.7.6 Pengukuran nilai konstanta dielektrik sampel serbuk lada putih dengan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) 80% pada frekuensi 1 kHz menggunakan voltmeter



Gambar 4.7.7 Pengukuran nilai konstanta dielektrik sampel serbuk lada putih dengan konsentrasi bahan pencampur (serbuk nasi kering) 100% pada frekuensi 1 kHz menggunakan voltmeter



Gambar 4.7.8 Pengukuran nilai konstanta dielektrik aquades pada frekuensi 1 kHz menggunakan voltmeter