



**PENGARUH PENAMBAHAN LEMAK MARGARIN TERHADAP
KONSTANTA DIELEKTRIK MINYAK GORENG**

SKRIPSI

Oleh:

Rofiatun

111810201053

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**PENGARUH PENAMBAHAN LEMAK MARGARIN TERHADAP
KONSTANTA DIELEKTRIK MINYAK GORENG**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

Rofiatun

111810201053

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta H. Abdul Khobir dan Suprihatini yang tanpa lelah memberikan semangat, dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi ini;
2. Adikku tercinta Rofiatin, kakakku H. Muhammad Furqon Almiliki, Hj. Fitriatun Nabila serta keponakanku Mu'idadul Salsabila Almaliki yang selalu memberikan keceriaan dan semangat selama ini;
3. Guru-guruku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi yang telah mendidik dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya (An-Najm: 39)^{*)}

Kesempatan bisa datang beberapa kali, namun kesempatan yang sama tidak akan pernah datang lagi. Bisa lebih baik ataupun lebih buruk. Maka, jangan pernah menyiakan waktu ^{**)}

^{*)} Terjemahan Qs. An-Najm: 39.

^{**)} Kata-kata pribadi

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rofiatun

NIM : 111810201053

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Penambahan Lemak Margarin Terhadap Konstanta Dielektrik Minyak Goreng” adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali kutipan yang sudah disebutkan 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2016

Yang menyatakan,

Rofiatun

111810201053

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN LEMAK MARGARIN TERHADAP
KONSTANTA DIELEKTRIK MINYAK GORENG**

Oleh:

Rofiatun

111810201053

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Misto, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Lemak Margarin Terhadap Konstanta Dielektrik Minyak Goreng” telah diuji dan disahkan secara akademis pada:

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

Tim Penguji:

Ketua
(Dosen Pembimbing Utama)

Sekretaris
(Dosen Pembimbing Anggota)

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si
NIP 197202101998021001

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dr. Artoto Arkundato, .Si., M.Si
NIP 196912251999031001

Nurul Priyantari, S.Si.,M.Si.
NIP 19703271997022001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 19610204 198711 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Penambahan Lemak Margarin Terhadap Konstanta Dielektrik Minyak Goreng; Rofiatun, 111810201053; 2016; 46 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Minyak goreng adalah minyak nabati yang telah dimurnikan dan dapat digunakan sebagai bahan pangan. Minyak dapat bersumber dari tanaman, misalnya minyak kelapa dan minyak wijen. Minyak yang dipakai menggoreng adalah minyak yang tergolong dalam kelompok *non drying oil*, yaitu minyak yang tidak akan membentuk lapisan keras bila dibiarkan mengering di udara, contohnya adalah minyak sawit (Ketaren, 1986).

Lemak dan minyak terdapat pada hampir semua bahan pangan dengan kandungan yang berbeda-beda. Hermawan (2005) mengatakan setiap bahan termasuk lemak dan minyak memiliki sifat listrik yang khas dan besarnya sangat ditentukan oleh kondisi internal bahan tersebut, seperti momen dipol listrik dan komposisi bahan kimia. Sifat dielektrik adalah parameter utama yang memberikan informasi tentang interaksi bahan dengan energi listrik, serta menggambarkan tingkat kemampuan suatu bahan untuk menyimpan muatan listrik pada tegangan yang tinggi. Pengukuran sifat dielektrik tidak lepas dari pengukuran kapasitansinya. Sehingga, secara tidak langsung pengukuran kapasitansi mempunyai arti penting pada pengukuran dielektrik suatu bahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik minyak goreng yang telah tercampur margarin, serta mengetahui kecenderungan hubungan antara penambahan margarin pada minyak goreng sawit terhadap konstanta dielektriknya. Penelitian ini menggunakan metode kapasitif yang menggunakan voltmeter sebagai alat pembaca tegangan, pengukuran dilakukan pada suhu ruang (29°C).

Nilai kapasitansi pada setiap pengambilan data diperoleh dari nilai V_i dan V_o , yang nantinya akan digunakan untuk mengukur nilai konstanta dielektrik. Nilai

konstanta dielektrik yang dihasilkan oleh minyak goreng kemasan berbeda dengan nilai konstanta dielektrik minyak goreng curah, begitu juga dengan nilai konstanta dielektrik margarin. Penambahan massa margarin pada setiap pengambilan data menyebabkan kenaikan pada nilai kapasitansi, sehingga menyebabkan nilai konstanta dielektriknya juga meningkat. Nilai konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit kemasan mendekati nilai konstanta dielektrik minyak goreng curah pada saat penambahan 10g – 11g atau dengan persentase penambahan margarin sebesar 18% - 20%.

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara penambahan massa margarin terhadap nilai konstanta dielektrik, yang ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi. Selain itu, dari hasil yang didapat menunjukkan kelinieran antara penambahan massa margarin dengan nilai konstanta dielektrik yang ditunjukkan pada grafik.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT Yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Massa Margarin Terhadap Konstanta Dielektrik Minyak Goreng”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember:

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, pengarahan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak yang terlibat. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

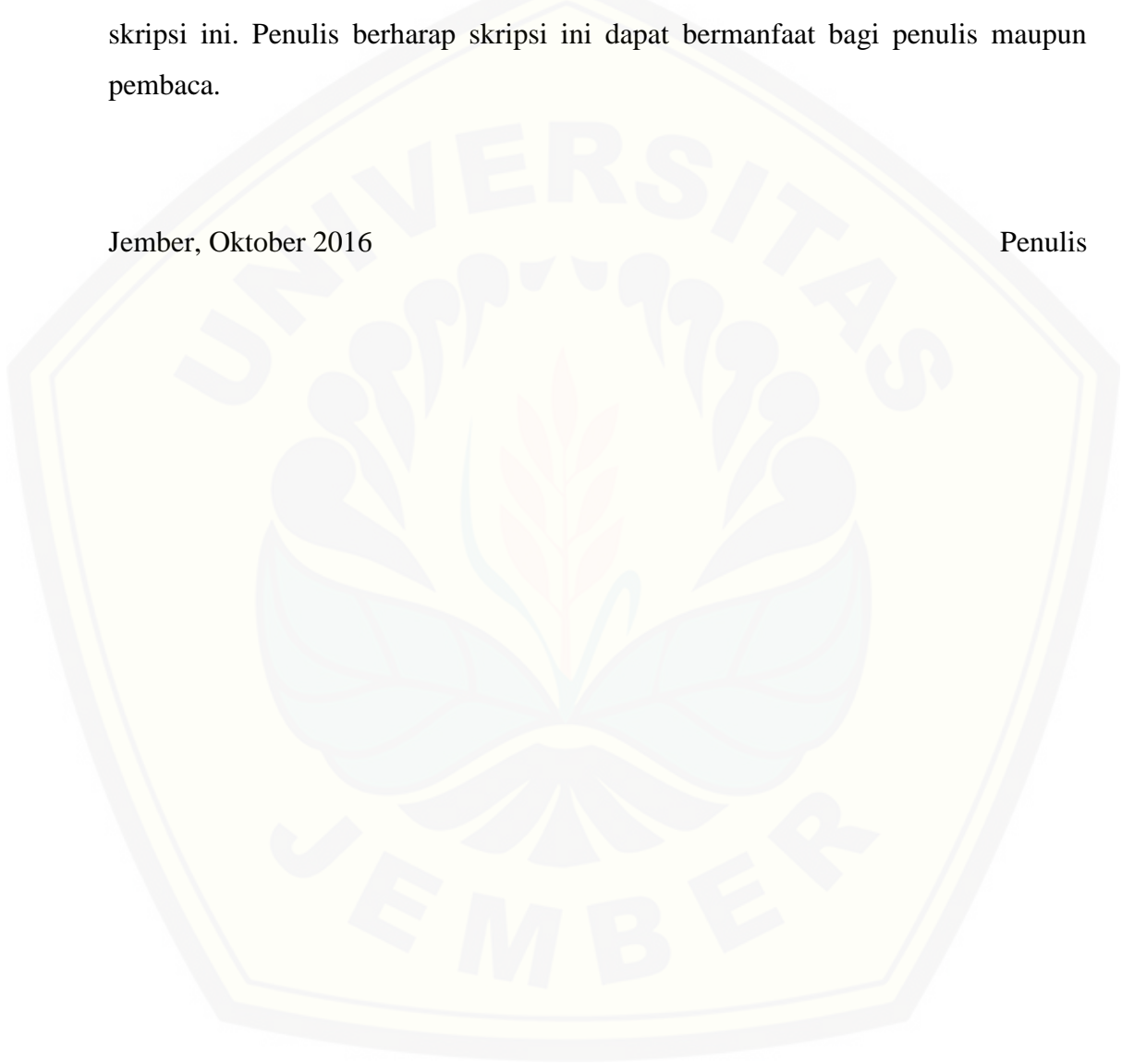
1. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji 1 dan Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik;
4. Luluk Mukarromah, Holili Nur Arivah, Faridatul Hasanah, Noer Rimafatin, Tis’atul Lutfiah, Ria Fitriani, Fitri Rizky Azizah, Miftahul Jannah, Putri Rizky W, Tri Indah, M. Eko Ardyansah, Bagus Fath H. T, Syahrial Arief Maulana, Dyanir Khoiril Anam, Yahya Efendi, Abdul Hamid dan teman-teman GP-11 atas saran, bantuan dan semangatnya;
5. Terima kasih kepada Ika Yuniar, Istiqomah, Ali Imron Habibi, Nurul Laili, Ila S.L.R dan teman-teman di kontrakan yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi;
6. Guru-guru tercinta sejak Sekolah Dasar sampai perguruan tinggi, Mamik Islami S.Si.,M.Si., Holik S.Kom. yang selalu memberikan masukan serta semangatnya;

7. Seluruh staf pengajar dan karyawan Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Jember, Oktober 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN..	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKTA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Minyak Goreng	6
2.2 Jenis-Jenis Minyak Goreng	6
2.3 Minyak Nabati	8
2.4 Minyak Kelapa Sawit	8
2.4.1 Komposisi Minyak Kelapa Sawit	9

2.4.2 Asam Lemak Bebas	10
2.5 Mutu Minyak Goreng	10
2.6 Margarin.....	11
2.7 Lemak dan Minyak	12
2.8 Daya Guna Minyak Goreng.....	13
2.9 Kapasitor	16
2.9.1 Kapasitor Pelat Sejajar	17
2.9.2 Konstanta Dielektrik.....	21
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.2.1 Alat Penelitian	25
3.2.2 Bahan Penelitian.....	25
3.3 Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1 Diagram Alir.....	26
3.4 Tahap Persiapan Bahan.....	27
3.5 Penyusunan Alat Penelitian.....	27
3.6 Kalibrasi Alat Penelitian.....	29
3.7 Prosedur Pengambilan Data.....	29
3.8 Analisa Data	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Penelitian.....	33
4.2 Pembahasan.....	34
BAB 5. PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Tanaman Penghasil Minyak Nabati Beserta Produktivitasnya.....	8
2.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit.....	14
2.3 Permittivitas Bahan Dielektrik.....	23
4.1 Data hasil pengukuran konstanta dielektrik tanpa campuran.....	33
4.2 Data hasil pengukuran konstanta dielektrik dengan tambahan.....	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Simbol Kapasitor.....	17
2.2 Kapasitor Pelat Kapasitor.....	17
2.3 Skema Kapasitor Pelat Sejajar.....	20
2.4 Rangkaian Sensor Kapasitansi.....	20
4.1 Grafik hubungan antara penambahan massa margarin dengan konstanta dielektrik.....	38

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari sering kali dijumpai lemak dan minyak pada bahan pangan. Salah satu contoh komponen dari lemak adalah margarin. Margarin dapat menjadi pengganti mentega dengan rupa, bau, konsisten rasa dan nilai gizi yang hampir sama dengan mentega.

Lemak yang digunakan untuk pembuatan margarin dapat berasal dari lemak hewani atau lemak nabati. Lemak hewani yang biasanya digunakan adalah lemak yang berasal dari lemak babi, lemak sapi, sedangkan minyak nabati yang sering digunakan adalah minyak yang berasal dari minyak kelapa sawit, minyak biji kapas, minyak kacang kedelai, minyak wijen, minyak jagung, dan minyak gandum. Lemak dalam makanan sebagai sumber energi, lemak selalu tercampur dengan komponen-komponen lain dalam makanan misalnya vitamin-vitamin yang larut lemak yaitu A, D, E, K. Menurut Soerjodibroto (2005) asupan lemak jenuh dalam jumlah banyak akan meningkatkan kolesterol total darah.

Kandungan lemak jenuh pada setiap bahan pangan berbeda, ada yang memiliki kandungan tinggi dan ada pula yang memiliki kandungan rendah. Kandungan yang terdapat pada minyak nabati (Jagung dan kelapa) adalah 50g - 72g setiap 100g, susu kedelai 52g setiap 100g, dan margarin mengandung 38g setiap 100g (Winarno, 1992).

Minyak goreng adalah minyak nabati yang telah dimurnikan dan dapat digunakan sebagai bahan pangan. Minyak goreng merupakan salah satu bahan pokok yang dikonsumsi oleh seluruh masyarakat. Minyak goreng biasanya digunakan sebagai media menggoreng bahan pangan, penambahan cita rasa, ataupun yang membentuk struktur dari pembuatan roti. Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia sebagai alat pengolahan bahan

makanan. Minyak dapat bersumber dari tanaman, misalnya minyak zaitun, minyak jagung, minyak kelapa, minyak kedelai dan minyak biji bunga matahari. Minyak juga dapat bersumber dari hewan, misalnya ikan sarden dan ikan paus (Ketaren, 1986).

Menurut Ketaren (1986), minyak yang termasuk golongan setengah mengering (*semi drying oil*) misalnya minyak biji kapas, minyak kedelai, dan minyak biji bunga matahari tidak dapat digunakan sebagai minyak goreng. Hal ini disebabkan karena jika minyak tersebut kontak dengan udara pada suhu tinggi akan mudah teroksidasi sehingga berbau tengik. Minyak yang dipakai menggoreng adalah minyak yang tergolong dalam kelompok *non drying oil*, yaitu minyak yang tidak akan membentuk lapisan keras bila dibiarkan mengering di udara, contohnya adalah minyak sawit.

Lemak dan minyak terdapat pada hampir semua bahan pangan dengan kandungan yang berbeda-beda, lemak dan minyak sering kali ditambahkan dengan sengaja ke bahan makanan dengan berbagai tujuan. Dalam pengolahan bahan pangan, minyak dan lemak berfungsi sebagai media penghantar panas, seperti minyak goreng, *shortening* (mentega putih), lemak (gajih), mentega, dan margarin. Disamping itu, penambahan lemak juga dimaksudkan untuk menambah kalori serta memperbaiki tekstur dan cita rasa bahan pangan seperti pada kembang gula, penambahan *shortening* pada pembuatan kue dan lain-lain. Penggunaan lemak berlebih dapat merugikan kesehatan karena asupan lemak jenuh dalam jumlah banyak akan meningkatkan kolesterol yang menyebabkan penyakit jantung koroner. Penyakit jantung koroner di Indonesia mengalami peningkatan dari setiap tahunnya. Peningkatan tersebut disebabkan oleh perubahan gaya hidup seperti mengkonsumsi asam lemak jenuh berlebih. Salah satu sumber pangan yang mengandung asam lemak jenuh berlebih adalah margarin.

Dilihat dari segi fisik, lemak dapat berwujud padat atau cair tergantung dari komposisi asam lemak penyusunnya. Lemak hewan pada umumnya berwujud padat pada suhu ruangan sedangkan lemak yang berasal dari tumbuhan berupa zat

cair. Lemak yang mempunyai titik lebur tinggi mengandung asam lemak jenuh. Penerapan SNI 01-2970-19921 kadar lemak yang layak untuk dikonsumsi adalah tidak kurang dari 80%.

Ahli pangan telah lama meneliti untuk menentukan indikator kualitas minyak yang tepat. Parameter kualitas minyak meliputi sifat fisik dan sifat kimia. Sifat fisik minyak meliputi warna, bau, kelarutan, titik cair dan *polimorphism*, titik didih, titik pelunakan, *slipping point*, *shot melting point*; bobot jenis, viskositas, indeks bias, titik kekeruhan (*turbidity point*), titik asap, titik nyala dan titik api.

Selain itu, lemak dan minyak goreng juga mempunyai sifat dielektrik. Sifat dielektrik merupakan sifat yang menggambarkan tingkat kemampuan suatu bahan untuk menyimpan muatan listrik pada tegangan yang tinggi. Setiap bahan akan memiliki sifat kelistrikan. Misalnya, kapasitansi, impedansi dan dielektrik. Pengukuran sifat dielektrik tidak lepas dari pengukuran kapasitansinya. Sehingga, secara tidak langsung pengukuran kapasitansi mempunyai arti penting pada pengukuran dielektrik suatu bahan.

Hermawan (2005) mengatakan setiap bahan memiliki sifat listrik yang khas dan besarnya sangat ditentukan oleh kondisi internal bahan tersebut, seperti momen dipol listrik, komposisi bahan kimia, kandungan air, keasamaan dan sifat internal lainnya. Sifat dielektrik adalah parameter utama yang memberikan informasi tentang interaksi bahan dengan energi listrik. Sifat dielektrik pada beragam bahan pangan dibutuhkan untuk memahami perilaku bahan ketika dimasukkan ke medan listrik, pada frekuensi dan suhu tertentu (Sosa-Morales *et al*, 2010).

Penelitian mengenai karakteristik listrik suatu bahan telah dilakukan oleh Sucipto (2013). Studi ini meliputi nilai impedansi, konduktivitas, kapasitansi dan konstanta dielektrik pada minyak goreng sawit, lemak babi dan lemak sapi tanpa adanya pencampuran antar bahan. Oleh karena itu, penulis ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh campuran dan penambahan massa suatu bahan

terhadap konstanta dielektrik bahan lain, bahan yang digunakan adalah margarin dan minyak goreng kelapa sawit. Dari penelitian ini dapat diketahui apakah campuran dan penambahan massa margarin mempengaruhi konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit yang nantinya dapat dijadikan parameter untuk menentukan kualitas minyak yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam pembahasan, diantaranya adalah:

1. Bagaimana pengaruh campuran lemak margarin terhadap konstanta dielektrik minyak goreng?
2. Bagaimana *trend* atau kecenderungan hubungan antara penambahan margarin pada minyak sawit terhadap konstanta dielektriknya?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah pada penelitian pengaruh campuran lemak margarin terhadap konstanta dielektrik adalah:

1. Frekuensi yang digunakan adalah 200 kHz
2. Pengenceran bahan dilakukan dengan suhu ruang (29°C)
3. Pelat yang digunakan adalah pelat PCB (*Printed Circuit Board*) dengan panjang 9,5 cm dan tinggi 2,5 cm
4. Bahan yang digunakan adalah margarin kemasan, minyak goreng kelapa sawit kemasan dan minyak goreng curah.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik minyak goreng yang telah tercampur margarin, serta mengetahui *trend* atau kecenderungan hubungan antara penambahan margarin pada minyak sawit terhadap konstanta dielektriknya.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan oleh penulis dalam penelitian ini adalah pembaca dapat mengetahui pengaruh campuran lemak margarin terhadap konstanta dielektrik minyak goreng, sehingga dapat dijadikan referensi untuk mengetahui karakteristik atau sifat listrik dari margarin, minyak sawit dan campuran keduanya.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Minyak Goreng

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia sebagai alat pengolahan bahan-bahan makanan. Minyak goreng berfungsi sebagai media penggorengan sangat penting dan kebutuhannya semakin meningkat. Minyak dapat bersumber dari tanaman, misalnya minyak zaitun, minyak jagung, minyak kelapa, dan minyak biji bunga matahari. Minyak juga dapat bersumber dari hewan, misalnya ikan sarden dan ikan paus (Winarno, 1992).

Minyak goreng sulit dipisahkan dari kehidupan masyarakat. Makanan yang digoreng biasanya menjadi lebih lezat dan gurih. Dengan demikian, menggoreng adalah cara yang paling sederhana untuk memasak. Dalam proses penggorengan, minyak goreng berperan sebagai media untuk perpindahan panas yang cepat dan merata pada permukaan bahan yang digoreng (Ketaren, 1986).

2.2 Jenis-jenis Minyak Goreng

Minyak goreng dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa golongan yaitu:

2.2.1 Berdasarkan sifat fisiknya, dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Minyak tidak mengering (*non drying oil*)
 - a. Tipe minyak zaitun, yaitu minyak zaitun, minyak buah persik, inti dan minyak kacang.
 - b. Tipe minyak *rape*, yaitu minyak biji *rape*, dan minyak biji *mustard*.
 - c. Tipe minyak hewani, yaitu minyak babi, minyak ikan paus, *salmon*, sarden, ikan lumba-lumba.
2. Minyak nabati setengah mengering (*semi drying oil*), misalnya minyak biji kapas, minyak biji bunga matahari, kapok, gandum, jagung.

3. Minyak nabati mengering (*drying oil*), misalnya minyak kacang kedelai, biji karet.

2.2.2 Berdasarkan sumbernya dari tanaman, diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Biji-bijian palawija, yaitu minyak jagung, biji kapas, kacang kedelai dan bunga matahari.
- b. Kulit buah tanaman tahunan, yaitu minyak zaitun dan kelapa sawit.
- c. Biji-bijian dari tanaman tahunan, yaitu kelapa, cokelat dan inti sawit.

2.2.3 Berdasarkan ada atau tidaknya ikatan ganda dalam struktur molekulnya (Winarno, 1992) yakni:

- a. Minyak dengan asam lemak jenuh

Lemak disebut lemak jenuh atau sangat jenuh, berarti tinggi kandungan asam lemak jenuh atau asam lemak jenuh tinggi sebaliknya, lemak tak jenuh berarti tinggi kadarnya terhadap PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid*).

- b. Minyak dengan asam lemak tak jenuh tunggal.

Asam lemak tak jenuh memiliki ikatan atom karbon rangkap yang mudah terurai dan bereaksi dengan senyawa lain, sampai mendapatkan komposisi yang stabil berupa asam lemak jenuh.

- c. Minyak dengan asam lemak *trans* (*Trans Fatty Acid*)

Asam lemak *trans* banyak terdapat pada lemak hewan, margarin, mentega, minyak terhidrogenasi, dan terbentuk dari proses penggorengan. Lemak *trans* meningkatkan kadar kolesterol jahat, serta menurunkan kadar kolesterol baik.

- d. Minyak dengan asam lemak jenuh jamak

Lemak tak jenuh jamak atau PUFA adalah lemak yang baik bagi tubuh, dan sangat berguna bagi kesehatan. Contoh lemak ini adalah asam linoleat dan asam linolenat. Sebetulnya ada lagi asam lemak yang lain seperti asam

arachidonat dan eikosapentaenoat (EPA) yang penting untuk kesehatan, tetapi keduanya dapat dibuat dari asam lemak linolenat.

2.3 Minyak Nabati

Secara umum, pengertian minyak nabati adalah cairan *viscous* yang diambil atau diekstrak dari tumbuh-tumbuhan. Ada banyak tanaman yang dapat menghasilkan minyak nabati. Diantara tanaman-tanaman tersebut, kelapa sawit (*palm oil*) merupakan tanaman yang paling produktif. Berbagai macam tanaman penghasil minyak nabati beserta produktivitasnya ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Tanaman Penghasil Minyak Nabati Beserta Produktivitasnya

Nama Indo thn	Nama Inggris	Nama Latin	Kg-/ha-
Sawit	Oil palm	<i>Elaeis guineensis</i>	5000
Kelapa	Coconut	<i>Cocos nucifera</i>	2260
Alpokot	Avocado	<i>Persea americana</i>	2217
K. Brazil	Brazil nut	<i>Bertholletia excelsa</i>	2010
K. Makadam	Macadamia nut	<i>Macadamia ternif</i>	1887
Jarak pagar	Physic nut	<i>Jatropha curcas</i>	1590
Jojoba	Jojoba	<i>Simmondsia califor</i>	1528
K. Pekan	Pecan nut	<i>Carya pecan</i>	1505
Jarak kaliki	Castor	<i>Ricinus communis</i>	1188
Zaitun	Olive	<i>Olea europia</i>	1019
Kanola	Rapeseed	<i>Brassica napus</i>	1000
Opium	Poppy	<i>Papaver somniferum</i>	978

Sumber: (Winarno, 1997).

2.4 Minyak Kelapa Sawit

Minyak goreng sawit dibagi menjadi 2 kategori umum yaitu minyak curah dan minyak kemasan. Minyak goreng curah adalah minyak goreng yang dalam proses penyaringannya dilakukan hanya sekali dan dijual dalam bentuk non kemasan tanpa merek. Minyak curah warnanya kuning keruh dan bila terkena suhu dibawah normal, maka berubah menjadi beku. Sedangkan minyak kemasan adalah minyak yang pada proses penyaringannya dilakukan hingga 3-4 kali

penyaringan, maka jadilah minyak yang sangat jernih dan biasanya dikemas oleh industri besar menjadi minyak kemasan dan bermerek yang sekarang banyak beredar seperti minyak dengan merek minyak goreng Bimoli, Avena, Sunco, Trofical dan yang lainnya. Minyak goreng ini biasanya digunakan sebagai bahan untuk penggorengan (Sudarmadji, 1994).

2.4.1 Komposisi Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit adalah minyak yang dihasilkan dari minyak kelapa sawit (*Palm Kernel Oil*). Minyak kelapa sawit terutama dikenal sebagai bahan mentah minyak dan lemak pangan yang digunakan untuk menghasilkan minyak goreng, *shortening*, margarin dan minyak makan lainnya dengan kandungan karoten yang tinggi. Minyak sawit merupakan sumber pro vitamin A yang murah dibandingkan dengan bahan baku lainnya. Minyak sawit diperoleh dari hasil ekstraksi bagian sabut buah dan biji buah kelapa sawit. Minyak yang dihasilkan dari bagian kulit dikenal dengan nama *Crude Palm Oil* (CPO) dan bagian dari biji buahnya disebut *Palm Kernel Oil* (PKO).

Sebelum proses ekstraksi minyak dilakukan, pertama-tama buah direbus dalam steamer. Salah satu tujuannya yaitu menonaktifkan aktifitas enzim. Di dalam buah kelapa sawit ada enzim lipase dan oksidase yang tetap bekerja sebelum enzim itu dihentikan dengan proses fisika dan kimia. Sedangkan cara fisika yaitu dengan cara pemanasan pada suhu yang dapat mendegradasi protein. Enzim lipase bertindak sebagai katalisator dalam pembentukan trigliserida dan kemudian memecahnya kembali menjadi asam lemak bebas. Enzim oksidasi berperan dalam pembentukan peroksida yang kemudian dioksidasi lagi dan pecah menjadi gugusan aldehid dan kation. Senyawa yang teroksidasi jika dioksidasi lagi akan menjadi asam. Jadi asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak sawit merupakan hasil kerja enzim lipase dan oksidasi.

2.4.2 Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas adalah hasil reaksi antara air dan lemak. Meningkatnya persen dari asam lemak bebas pada waktu penggorengan adalah terutama jumlah uap dari makanan selama proses penggorengan dan suhu penggorengan. Faktor lain yang mempengaruhi tingginya asam lemak bebas termasuk adanya sisa-sisa makanan yang gosong didalam minyak. Asam lemak bebas adalah asam yang dibebaskan pada hidrolisa dari lemak (Sudarmadji, 1994).

Keberadaan asam lemak bebas dalam minyak biasanya dijadikan indikator awal terjadinya kerusakan minyak karena proses hidrolisis. Pembentukan asam lemak bebas akan mempercepat kerusakan oksidatif minyak karena asam lemak bebas lebih mudah teroksidasi. Oksidasi minyak akan menghasilkan senyawa aldehida, keton, hidrokarbon, serta senyawa aromatis yang mempunyai bau tengik dan rasa getir (Ketaren, 1986).

2.5 Mutu Minyak Goreng

Kualitas atau mutu minyak goreng secara umum dapat diketahui dari kadar air, angka asam, angka iod dan angka peroksida.

1. Kadar Air

Kadar air adalah jumlah (dalam %) air yang menguap pada pemanasan dengan suhu dan waktu tertentu. Jika dalam minyak terdapat air maka akan mengakibatkan reaksi hidrolisis yang menyebabkan kerusakan minyak. Reaksi hidrolisis akan menyebabkan ketengikan pada minyak (Ketaren, 1996).

2. Angka Asam

Angka asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas. Angka asam dinyatakan sebagai jumlah milligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak. Kadar asam lemak bebas berhubungan erat dengan indeks bias dan

titik asap minyak goreng. Dimana dengan bertambahnya kadar asam lemak bebas maka indeks bias minyak akan meningkat sedangkan titik asap minyak akan menurun.

3. Angka Iod

Angka iod merupakan derajat ketidakjenuhan asam lemak penyusun minyak dan lemak. Asam lemak tak jenuh mampu mengikat iod dan membentuk senyawaan yang jenuh. Banyaknya iod yang diikat menunjukkan banyaknya ikatan rangkap. Angka iod dinyatakan sebagai banyaknya gram iod yang diikat oleh 100 gram minyak atau lemak. Salah satu penentuan angka iod dapat dilakukan dengan cara Hanus (Sudarmadji *et al*, 1994). Derajat ketidak jenuhan berhubungan erat dengan indeks bias minyak. Dimana dengan bertambahnya derajat ketidakjenuhan minyak maka indeks bias minyak akan meningkat.

4. Angka Peroksida

Angka peroksida adalah nilai terpenting untuk menentukan derajat kerusakan minyak atau lemak yang didasarkan pada reaksi antara alkali iodida dalam larutan asam dengan ikatan peroksida. Iod yang dibebaskan pada reaksi ini kemudian dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$, metode ini disebut dengan metode iodometri. Angka peroksida dinyatakan dalam molequivalen dari peroksida dalam 1000 gram sampel (Ketaren, 1986).

2.6 Margarin

Margarin atau oleo margarin pertama dibuat oleh orang Amerika dan dikembangkan pada tahun 1869 oleh Mege Moorries dengan menggunakan lemak sapi. Margarin merupakan pengganti mentega dengan rupa, bau, konsistensi, rasa dan nilai gizi yang hampir sama. Margarin juga merupakan emulsi air dalam minyak dengan persyaratan mengandung tidak kurang dari 80% lemak. Lemak yang digunakan dapat berasal dari lemak nabati atau lemak hewani. Lemak hewani yang digunakan pada umumnya berasal dari babi dan lemak sapi,

sedangkan lemak nabati yang biasa digunakan adalah minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak kedelai dan minyak biji kapas. Karena minyak nabati pada umumnya berbentuk cair, maka harus dihidrogenesis menjadi lemak padat, yang berarti margarin harus bersifat padat pada suhu ruang, sedikit keras pada suhu rendah, dan segera mencair pada mulut (Winarno, 1997).

2.7 Lemak dan Minyak

Lemak merupakan salah satu kelompok yang termasuk golongan lipida (lemak dan minyak). Salah satu sifat yang khas dari golongan lipida adalah daya larutnya dalam pelarut organik misalnya eter atau sebaliknya ketidaklarutannya dalam pelarut air. Lemak dan minyak secara kimiawi adalah trigliserida yang merupakan bagian terbesar kelompok lipida. Secara umum lemak diartikan sebagai trigliserida yang dalam kondisi ruang dalam keadaan padat, sedangkan minyak adalah trigliserida dalam suhu ruang berbentuk cair (Buckle, 1987).

Lemak dalam makanan berfungsi sebagai sumber energi dan secara biologis mempunyai arti sebagai penyimpan zat-zat cadangan. Jika makan melebihi kebutuhan, maka kelebihannya akan diubah menjadi lemak. Lemak berbeda dengan karbohidrat dan protein karena tidak terdiri dari polimer satuan-satuan molekuler. Setiap gram lemak mengandung 2,25 kali dari jumlah kalori yang dihasilkan oleh protein atau karbohidrat (Buckle, 1987).

Lemak yang ditambahkan kedalam bahan pangan membutuhkan persyaratan dan sifat-sifat tertentu. Berbagai bahan pangan seperti daging, ikan, telur, susu, alpokat dan berbagai sayuran mengandung lemak atau minyak yang biasanya sebagai lemak tersembunyi. Lemak dan minyak sebagai bahan pangan adalah salah satu yang paling banyak dan paling utama dalam kehidupan sehari-hari (Sudarmaji, 1994).

Minyak dan lemak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu lemak dan minyak juga merupakan sumber energi yang lebih efektif dibanding dengan karbohidrat dan protein. Satu gram

minyak atau lemak dapat menghasilkan 9 kkal, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 kkal/gram. Minyak atau lemak, khususnya minyak nabati, mengandung asam-asam lemak esensial seperti linoleat, lenolenat, dan arakidonat yang dapat mencegah penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan kolesterol. Minyak dan lemak juga berfungsi sebagai sumber dan pelarut bagi vitamin-vitamin A, D, E, dan K (Winarno, 2004).

Minyak dan lemak yang dapat dimakan (*edible fat*), dihasilkan oleh alam, yang dapat bersumber dari bahan nabati atau hewani. Dalam tanaman atau hewan, minyak tersebut berfungsi sebagai sumber cadangan energi. Adapun perbedaan umum antara lemak nabati dan hewani adalah lemak hewani mengandung kolesterol sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol, kadar asam lemak tidak jenuh dalam lemak hewani lebih kecil dari lemak nabati (Ketaren, 1986). Berikut adalah sifat-sifat minyak dan lemak:

1. Tidak larut dalam air. Hal ini disebabkan oleh adanya asam lemak berantai karbon panjang dan tidak adanya gugus- gugus polar.
2. Viskositas minyak dan lemak biasanya bertambah dengan bertambahnya panjang rantai karbon, berkurang dengan naiknya suhu, dan tidak jenuhnya rangkaian karbon.
3. Minyak dan lemak lebih berat dalam keadaan padat dari pada dalam keadaan cair. Berat jenisnya lebih tinggi untuk trigliserida dengan berat molekul rendah dan tidak jenuh. Berat jenis menurun dengan bertambah suhunya.
4. Titik cair minyak dan lemak ditentukan beberapa faktor. Makin pendek rantai asam lemak, makin rendah titik cairnya. Cara-cara penyebaran asam-asam lemak juga mempengaruhi titik cairnya.

2.8 Daya Guna Minyak Goreng

Minyak goreng mempunyai kegunaan yang sangat luas. Minyak goreng dapat bersumber dari hewan dan tumbuhan. Contoh minyak goreng yang

bersumber dari tumbuhan adalah minyak kelapa sawit. *Crude Palm Oil* (CPO) mempunyai peranan penting dalam bahan pangan. Minyak sawit yang digunakan dalam produk pangan biasanya dihasilkan dari minyak sawit maupun minyak inti sawit melalui proses fraksinasi, rafinasi, dan hidrogenasi. Minyak ini merupakan produk level pertama yang dapat memberikan nilai tambah sekitar 30% dari nilai tandan buah segar. Dari nilai gizinya, penggunaan minyak sawit sebagai minyak goreng sangat menguntungkan. Adanya karoten dan tokoferol yang terkandung didalamnya menyebabkan minyak sawit ini perlu dikembangkan sebagai sumber vitamin (Hudaya, 2010).

Berikut ini adalah tabel komposisi asam lemak dari kelapa sawit.

Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit

Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam Kaprilat	-
Asam Kaproat	-
Asam Palmitat	40 – 46
Asam Stearat	3,6 – 4,7
Asam Oleat	30 – 45
Asam Laurat	-
Asam Linoleat	7 – 11
Asam Miristat	1,1 – 2,5

Sumber: Istighfaro, 2010).

Minyak sawit memiliki karakteristik asam lemak utama penyusunnya terdiri atas 35 – 50% asam palmitat, 38 – 40% oleat dan 6 – 10% asam linolenat serta kandungan mikronutriennya seperti karitenoid, tokoferol, tokotrienol dan fitosterol. Selain itu keunggulan minyak sawit sebagai minyak makan adalah tidak perlu dilakukan parsial hidrogenasi untuk pembuatan margarin dan minyak goreng (Istighfaro, 2010).

Terjadinya kelebihan lemak dan asam lemak dalam tubuh manusia akan menyebabkan akibat-akibat sebagai berikut:

1. Kelebihan lemak dapat menyebabkan obesitas yang merupakan faktor resiko dalam penyakit kardiovaskuler karena dapat menyebabkan hipertensi dan timbulnya diabetes. Anak-anak yang terlalu banyak mengkonsumsi lemak dapat menimbulkan gejala sakit perut. Hal ini mungkin disebabkan oleh makanan yang banyak mengandung lemak cenderung menyebabkan cepat haus dan banyak minum, yang dapat menyebabkan terjadinya emulsi (Winarno, 2004).
2. Kelebihan asam lemak dapat meningkatkan kadar kolesterol dalam darah. Asam lemak dapat menyebabkan darah bersifat lengket pada saluran darah sehingga darah mudah menggumpal. Disamping itu, asam lemak mampu merusak dinding saluran darah sehingga terjadi penyempitan pembuluh darah dan akan mengakibatkan arteriosklerosis (Winarno, 2004).

Asam lemak *trans* adalah salah satu jenis lemak tidak jenuh tunggal atau ganda yang harus dihindari karena memberikan pengaruh yang lebih buruk bagi kesehatan dibandingkan asam lemak jenuh dan kolesterol. Margarin sebagai salah satu sumber pangan lemak *trans* yang cukup banyak digunakan dalam proses pemasakan. Margarin mengandung 11% - 49% asam lemak *trans*. Margarin yang dikemas dalam plastik atau kertas mempunyai asam lemak *trans* yang lebih rendah dari margarin yang lebih padat yaitu margarin batangan. Hasil penelitian yang telah dilakukan di Universitas Maryland dan intansi-intansi lain, menunjukkan bahwa konsumsi asam lemak *trans* dari minyak atau lemak nabati yang dihidrogenasi sebagian guna memadatkan minyak atau lemak mempunyai banyak pengaruh buruk terhadap kesehatan terhadap penyakit jantung, kanker, diabetes atau kelebihan kolesterol (Hawson, 1995).

Suatu penelitian kohort prospektif di Amerika yang dilakukan Hu *et al* (1997) menunjukkan bahwa asam lemak jenuh meningkatkan risiko penyakit jantung sebesar 17%, sementara meta-analisis dari 4 penelitian kohort yang dilakukan oleh Mozaffarian *et al* (2006) menunjukkan bahwa peningkatan 2%

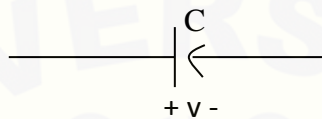
asupan energi dari asam lemak *trans* dikaitkan dengan peningkatan kejadian penyakit jantung koroner sebesar 23%. Para peneliti berpendapat bahwa asupan lemak merugikan kesehatan, berdasarkan fakta bahwa asupan lemak jenuh dalam jumlah banyak akan meningkatkan kolesterol total darah yang berarti juga meningkatkan kejadian aterosklerosis dan selanjutnya meningkatkan risiko penyakit arteri koroner. Sebagian besar penelitian mengenai asam lemak jenuh yang dikaitkan dengan penyakit kardiovaskuler, biasanya menggunakan asam lemak jenuh hewani yang merupakan asam lemak jenuh rantai panjang. Dalam hal ini, sumber dan panjang pendek rantai karbon dari asam lemak jenuh akan mempengaruhi proses serta hasil metabolisme lemak tubuh (Winarno, 2004).

Biolistrik adalah karakteristik kelistrikan dalam suatu sel atau jaringan pada makhluk hidup. Bahan biologis yang terdapat dalam memiliki karakteristik biolistrik, yang dapat diamati antara lain impedansi, induktansi, kapasitansi, konstanta dielektrik serta konduktivitas listrik. Karakteristik biolistrik dapat diukur dengan menggunakan metode dielektrik. Metode dielektrik yaitu pengukuran yang dilakukan pada dua pelat kapasitor keping sejajar dan diantara kedua pelat tersebut diberi bahan dielektrik. Sifat dielektrik merupakan parameter utama yang memberikan informasi tentang interaksi bahan dengan energi elektromagnetik. Sifat dielektrik pada beragam bahan pangan dibutuhkan untuk memahami perilaku bahan ketika dimasukkan ke medan elektromagnetik, pada frekuensi dan suhu tertentu (Nuwaiir, 2009).

2.9 Kapasitor

Listrik merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh semua orang. Oleh karena itu, dalam pemakaian listrik sering kali sejumlah muatan disimpan untuk digunakan pada kesempatan lain. Alat penyimpan muatan ini disebut sebagai kapasitor. Kapasitor merupakan dua buah penghantar sebarang yang terisolasi, mengangkut muatan yang sama besarnya dan berlawanan tanda sebesar $+q$ dan $-q$. Salah satu struktur sebuah kapasitor adalah dua pelat

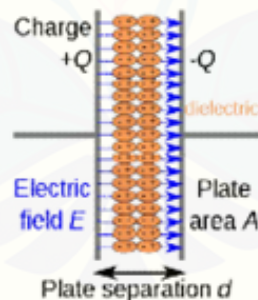
penghantar yang ditempatkan berdekatan tetapi tidak bersentuhan. Jika kedua tegangan diberi tegangan listrik, maka muatan positif akan terkumpul pada salah satu penghantar dan muatan negatif pada penghantar lainnya. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju pelat bermuatan negatif sebaliknya karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non konduktif. Muatan ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya (Halliday, 1996).



Gambar 2.1 Simbol kapasitor (Sumber: Halliday, 1996).

2.9.1 Kapasitor Pelat Sejajar

Konstruksi dari suatu kapasitor secara sederhana adalah dua elektroda pelat sejajar yang dipisahkan oleh dielektrik, atau secara umum disebut sebagai kapasitor pelat sejajar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Kapasitor Pelat Sejajar (Tobing, 2003).

Apabila kapasitor pelat sejajar dengan luas penampang (A) dipisahkan oleh dielektrik dengan jarak (d), kemudian pelat tersebut diberi tegangan (V), maka akan timbul medan listrik (E) yang bekerja didalam dielektrik. Akibat adanya medan elektrik, maka muatan yang terkandung didalam dielektrik akan terpolarisasi. Ditinjau dari fungsinya, dielektrik merupakan sifat atau bahan yang

dapat memisahkan secara elektrik dua buah penghantar yang bertegangan, sehingga antar penghantar yang bertegangan tersebut tidak terjadi hubung singkat yang dapat mengakibatkan lompatan api (*flashover*). Maka dielektrik dapat disebut juga sebagai bahan isolasi (Tobing, 2003).

Pada tahun 1837, Michael Faraday melakukan penelitian tentang pengaruh suatu pengisian ruang di antara pelat kapasitor dengan menggunakan bahan dielektrik. Faraday menggunakan dua kapasitor yang identik, dimana salah satu kapasitor diberi suatu bahan dielektrik di antara kedua pelatnya, sedangkan kapasitor yang lain di antara kedua pelatnya 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. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor dapat meningkatkan nilai kapasitansi kapasitor (Hayt dan Buck, 2006).

Kapasitansi adalah besaran yang menyatakan kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan listrik (Tipler, 1991). Kapasitansi bergantung pada ukuran dan bentuk konduktor dan akan bertambah bila ada sebuah material pengisolasi atau dielektrik (Young *et al*, 2003). Untuk tinjauan kapasitor keping sejajar, faktor geometri yang menentukan adalah luas penampang keping sejajar dan jarak antara kepingnya, sedangkan sifat bahan dielektriknya ditentukan oleh nilai konstanta dielektrik bahannya (Sutrisno, 1985).

Kapasitansi diukur berdasarkan besar muatan yang dapat disimpan pada suatu kenaikan tegangan. Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulomb dapat dituliskan:

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

Konstanta perbandingan C, pada hubungan ini disebut kapasitansi dari kapasitor, Q muatan elektron (F) dan V adalah besar tegangan (V).

Apabila pada salah satu pelat pelat diberikan muatan Q , maka pada permukaan konduktor mempunyai rapat muatan:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad (2.2)$$

Kapasitansi dari suatu kapasitor dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu pada luas pelat, jarak antar pelat dan medium penyekat atau bahan dielektris. Untuk kapasitor pelat sejajar yang masing-masing memiliki luas A dan dipisahkan oleh jarak d yang berisi udara. Menurut Hukum Gauss, Besarnya medan E diantara pelat adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q/A}{\epsilon_0} \quad (2.3)$$

Dan tegangan antara dua pelat

$$V = E \cdot d = \frac{Qd}{\epsilon_r A} \quad (2.4)$$

Sehingga persamaan 2.1 menjadi

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_r A}{d} \quad (2.5)$$

Keterangan:

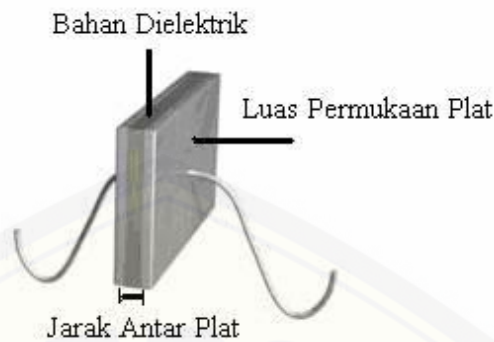
d : Jarak antar pelat (m)

ϵ_r : Konstanta dielektrik

A : Luas pelat (m^2)

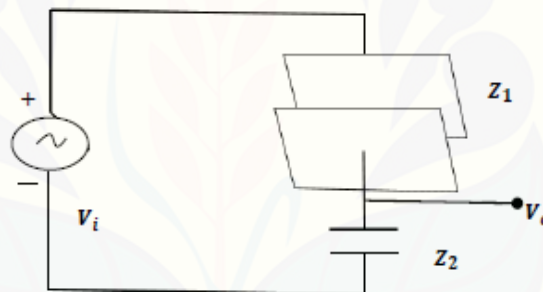
(Rangan, 1992).

Salah satu struktur sebuah kapasitor adalah dua pelat penghantar yang ditempatkan berdekatan tetapi tidak bersentuhan.



Gambar 2.3 Skema Kapasitor Pelat Sejajar (Sucipto, 2013).

Rangkaian sensor kapasitansi yang terdiri dari pelat kapasitor paralel tersusun seridengan komponen kapasitor adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4 Rangkaian sensor kapasitansi (sumber: Soltani *et al*, 2010).

Gambar 2.4 menunjukkan lintasan pembagi tegangan dengan V_i adalah tegangan masukan dan V_o adalah sinyal tegangan sensor, Z_2 adalah impedansi Z_1 adalah impedansi dari bahan dielektrik. Sehingga didapatkan persamaan untuk rangkaian diatas yaitu:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.6)$$

Dengan,

$$Z = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.8)$$

Maka diperoleh persamaan kapasitansi dengan tegangan yaitu:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{2\pi f C_2}}{\frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{1}{2\pi f C_2}} \quad (2.9)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{C_2}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \quad (2.10)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{C_1}{C_2 + C_1} \quad (2.11)$$

$$\frac{V_i}{V_o} C_1 C_2 = C_2 \quad (2.12)$$

(Soltani *et al*, 2010).

Menurut Ananda (2001), jika dua pelat kapasitor dihubungkan dengan osiloskop atau voltmeter, maka akan didapatkan sinyal keluaran berupa tegangan. Sehingga diperoleh persamaan dari hubungan kapasitansi dan tegangan sebagai berikut:

$$C_1 = \frac{C_2}{\left(\frac{V_i}{V_o} - 1\right)} \quad (2.13)$$

Keterangan:

V_o : Tegangan output (V)

V_i : Tegangan input (V)

C_1 : Kapasitor pelat sejajar (F)

C_2 : Kapasitor (F)

2.9.2 Konstanta Dielektrik

Konstanta dielektrik adalah perbandingan nilai kapasitansi kapasitor pada bahan dielektrik dengan nilai kapasitansi di ruang hampa. Konstanta dielektrik atau permitivitas listrik relatif juga diartikan sebagai konstanta yang melambangkan rapatnya fluks elektrostatis dalam suatu bahan bila diberi potensial listrik. Konstanta ini merupakan perbandingan energi listrik yang tersimpan pada bahan tersebut jika diberi sebuah potensial, relatif terhadap ruang hampa. Sifat dielektrik merupakan sifat yang menggambarkan tingkat kemampuan

suatu bahan untuk menyimpan muatan listrik pada beda potensial yang tinggi. Secara praktis, sifat dielektrik sering dikaitkan dengan kelistrikan bahan isolator yang ditempatkan di antara dua keping kapasitor (Sutrisno, 1985).

Apabila bahan isolator itu dikenai medan listrik yang dipasang di antara kedua keping kapasitor, maka didalam bahan tersebut dapat terbentuk dwikutub (*dipole*) listrik. Sehingga pada permukaan bahan dapat terjadi muatan listrik induksi. Bahan dengan sifat seperti ini disebut sebagai bahan dielektrik. Tidak seperti konduktor, pada bahan dielektrik tidak terdapat elektron-elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Sebuah bahan dielektrik di dalam medan listrik dapat dipandang sebagai suatu susunan, atau gugusan, dipol listrik di dalam ruang hampa, pasangan-pasangan muatan listrik positif dan negatif yang titik-titik pusatnya tidak berada di satu lokasi yang sama (Sutrisno, 1985).

Konstanta dielektrik merupakan bilangan konstanta yang besarnya bergantung pada sistem dan bahan yang digunakan. Sedangkan sistem yang digunakan adalah nilai kapasitor yang dibentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh ruang hampa dengan nilai kapasitor yang terbentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh dua bahan dielektrik (Karamaju, 1982).

Hermawan (2005) mengatakan setiap bahan memiliki sifat listrik yang khas dan besarnya sangat ditentukan oleh kondisi internal bahan tersebut, seperti momen dipol listrik, komposisi bahan kimia, kandungan air, keasamaan dan sifat internal lainnya. Contoh dari bahan dielektrik adalah mika, kertas, udara dan lain-lain. Bahan dielektrik umumnya digunakan untuk memisahkan dua pelat sejajar pada kapasitor. Sifat dielektrik adalah parameter utama yang memberikan informasi tentang interaksi bahan dengan energi elektromagnetik. Sifat dielektrik pada beragam bahan pangan dibutuhkan untuk memahami perilaku bahan ketika dimasukkan ke medan listrik, pada frekuensi dan suhu tertentu (Garcia *et al*, 2010).

Dielektrik memiliki karakteristik memperlemah medan listrik antara elektroda. Molekul-molekul dalam dielektrik akan menghasilkan medan listrik tambahan yang arahnya berlawanan dengan medan listrik luar. Jika molekul-molekul dalam dielektrik bersifat polar, dielektrik tersebut memiliki momen dipol permanen. Momen dipol secara normal tersebar secara acak. Dalam pengaruh medan listrik di antara elektroda, momen dipol menerima gaya yang memaksa momen dipol tersebut menyearahkan diri dengan arah medan listrik. Kemampuan momen dipol menyearahkan diri dengan medan listrik bergantung pada kuat medan dan temperatur. Pada temperatur tinggi, gerak termal molekul-molekul yang bersifat acak cenderung menghambat proses penyearahan. Muatan positif memiliki arah sesuai dengan arah medan listrik sedangkan muatan negatif memiliki arah yang berlawanan dengan mean listrik (Tadjuddin, 1998).

Nilai konstanta dielektrik pada beberapa bahan ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.3 Permittivitas Bahan Dielektrik

Bahan	Konstanta Dielektrik	Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
Vakum	1	~
Udara	1,00054	0,8
Air	78	-
Kertas	3,5	14
Mika merah delima	5,4	160
Porcelen	6,5	4
Kwarsa lebur	3,8	8
Gelas pirex	4,5	13
Bakelit	4,8	12
Polietilen	2,3	50
Amber	2,7	90
Teflon	2,1	60
Neopren	6,9	12
Minyak	4,5	12
transformator		
Titanium dioksida	100	6
Polistiren	2,6	25
Palm Oil	3,2	12

Sumber: (Halliday, 1988).

Tadjuddin (1998) menyatakan dielektrik cair lebih banyak digunakan sebagai material isolasi dalam peralatan tegangan tinggi karena dielektrik cair mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

1. Dielektrik cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan dielektrik gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi.
2. Dielektrik cair akan mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi secara serentak melalui proses konversi dengan menghilangkan panas yang timbul akibat rugi energi.
3. Dielektrik cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (*self healing*) jika terjadi pelepasan muatan (*discharge*).

Tripler (1991) mengatakan bahwa jika sebuah pelat sejajar diisi dengan bahan dielektrik dan muatan Q pada kapasitor tidak berubah, maka nilai kapasitansinya adalah:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{V_0/\kappa} = \kappa \frac{Q}{V_0} \quad (2.14)$$

Sehingga

$$\kappa = \frac{C}{C_0} \quad (2.15)$$

Dengan C_0 adalah kapasitansi tanpa bahan dielektrik, yang mana kapasitansi tersebut akan meningkat sebesar κ ketika bahan dielektrik mengisi penuh ruang antar keping. Untuk kapasitor keping sejajar yang diisi bahan dielektrik, kapasitansinya adalah:

$$C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.16)$$

Dimana d adalah jarak antar pelat dan A adalah luas pelat (Giancoli, 2011).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika dan Laboratorium Fisika Dasar , Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penelitian dimulai pada bulan Mei hingga Agustus 2016, dengan observasi dilakukan pada bulan Desember 2015.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Voltmeter digital sebagai pengukur tegangan
2. Kapasitansimeter untuk mengetahui nilai kapasitansi pada suatu bahan
3. Kapasitor sebagai komponen rangkaian
4. Project board sebagai papan rangkaian
5. Kabel penghubung sebagai penghubung arus listrik
6. Function generator sebagai sumber tegangan
7. Gelas ukur untuk mengukur volume minyak
8. Timbangan digital untuk mengukur massa margarin.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

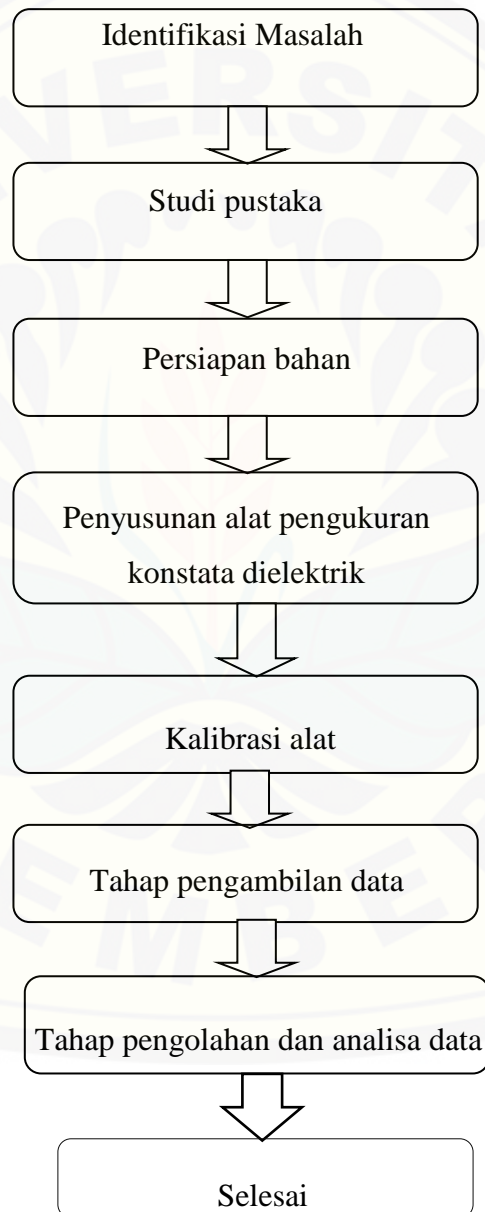
1. Minyak goreng kelapa sawit kemasan, minyak goreng curah dan margarin kemasan sebagai sampel, aquades sebagai bahan pengkalibrasian.
2. Kaca sebagai wadah cairan saat percobaan dengan ukuran panjang 10cm, lebar 3 cm, tingi 2,3 cm dan tebal 0,15 mm
3. Pelat tembaga dengan ukuran panjang 9,5 cm, tinggi 2,5 cm

4. Lem kaca untuk merekatkan kaca yang akan digunakan sebagai wadah sampel.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Diagram Alir

Skema diagram alir ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4 Tahap Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah margarin kemasan dan minyak goreng kelapa sawit kemasan.

1. Sebelum dilakukan penelitian, massa margarin yang akan dijadikan sampel ditimbang dengan timbangan digital, dari massa 1g – 15g dengan rentang 1g. Dimana masing-masing sampel akan ditambahkan secara bertahap pada minyak goreng kelapa sawit sebanyak 50 mL.
2. Pengukuran kapasitansi dilakukan dengan menggunakan voltmeter. Masing-masing campuran diberikan frekuensi yang sama yaitu 200 kHz.

3.5 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian, peralatan disusun seperti desain dibawah ini:



Gambar: 3.2 Skema pengukuran kapasitansi dengan kapasitansimeter

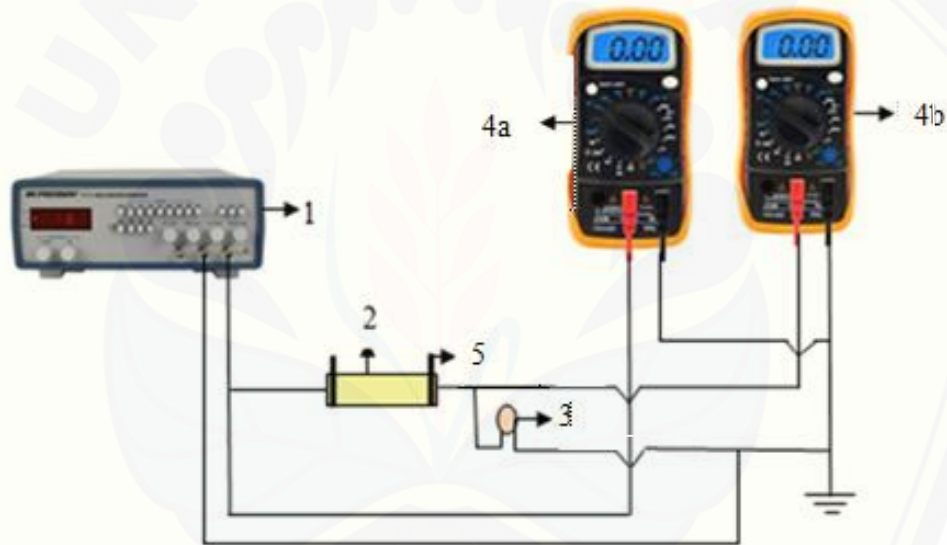
Keterangan:

- 1: Kapasitansimeter sebagai pengukur kapasitansi dari sampel
- 2: Sampel
- 3: Pelat tembaga
- 4: Wadah

Pengukuran kapasitansi dengan kapasitansimeter, kedua ujung pelat dihubungkan dengan kabel kapasitansimeter yang mana bahan yang akan diukur

ditempatkan diantara kedua pelat kapasitor, nilai yang tertera di layar kapasitansimeter digunakan sebagai acuan nilai kapasitor (C_2) yang akan digunakan.

Selanjutnya adalah menyusun desain rangkaian yang akan digunakan untuk penelitian. Masing-masing pelat dihubungkan dengan masukan dan keluaran dari voltmeter dan fungsi generator. Sehingga dapat diketahui nilai kapasitansi dari suatu bahan yang nantinya dapat digunakan untuk mengetahui konstanta dielektrik suatu bahan.



Gambar 3. 3 Desain Alat Penelitian

Keterangan gambar 3.3 sebagai berikut:

- 1 : Function generator
- 2 : Sampel
- 3 : Kapasitor
- 4a : Voltmeter sebagai pembaca tegangan masukan
- 4b : Voltmeter sebagai pembaca tegangan keluaran
- 5 : Pelat tembaga

3.6 Kalibrasi Alat Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, alat penelitian yang akan digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu. Pengkalibrasian alat ditujukan untuk mengetahui apakah desain alat percobaan bisa digunakan untuk mencari nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik. Langkah awal adalah dengan mendesain rangkaian seperti gambar 3.3, masukan dan keluaran voltmeter dihubungkan dengan kedua pelat kapasitor. Pengkalibrasian dilakukan dengan menggunakan aquades. Setelah diberikan frekuensi pada function generator maka dapat diketahui nilai V_o dan V_i . Dengan mengetahui nilai tersebut dan memasukkannya ke persamaan 2.16 sehingga nilai dielektrik aquades dapat diketahui. Apabila nilai dielektrik yang terukur sudah mendekati atau sama dengan nilai dielektrik aquades pada referensi (78) maka alat dan desain penelitian sudah bisa untuk digunakan.

3.7 Proses Pengambilan Data

Setelah dilakukan pengkalibrasian alat, kemudian dilakukan pengambilan data dengan menggunakan desain 3.3. Selanjutnya wadah diisi sampel (minyak goreng kelapa sawit kemasan, minyak goreng curah, margarin dan campuran lemak margarin dan minyak sawit) sampai penuh. Dalam pencampuran ini, volume minyak dibuat tetap yaitu 50 mL, yang nantinya akan ditambahkan dengan 1g margarin (sampel 1), 50 mL minyak ditambahkan dengan 2g margarin (sampel 2), 50 mL ditambahkan dengan 3g margarin (sampel 3), begitu seterusnya sampai penambahan ke 15g. Masing-masing campuran dengan rentang massa margarin 1g. Setiap campuran lemak margarin dan minyak diamati dengan cara yang sama dengan menggunakan frekuensi 200 kHz, sehingga dapat diketahui nilai tegangan masukan V_i dan nilai tegangan keluaran V_o . Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

Dari data yang sudah diperoleh, nilai kapasitansi suatu bahan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.13 yang nantinya dicatat sebagai nilai C. Selanjutnya, setelah diperoleh nilai kapasitansi bahan, nilai konstanta

dielektrik suatu bahan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.16. Penambahan massa margarin pada minyak goreng diplotkan sebagai sumbu x dan nilai konstanta dielektrik diplotkan sebagai sumbu y. Sehingga dapat diketahui grafik hubungan antara konstanta dielektrik dengan penambahan masa margarin pada minyak goreng.

3.8 Analisa Data

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian, didapatkan nilai tegangan input (V_i) dan nilai tegangan output (V_o) yang nantinya akan digunakan untuk mencari nilai kapasitansi dari suatu bahan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C_1 = \frac{C_2}{\left(\frac{V_i}{V_o} - 1\right)} \quad (3.1)$$

Keterangan:

V_o : Tegangan output (V)

V_i : Tegangan input (V)

C_1 : Nilai kapasitor pelat sejajar (F)

C_2 : Nilai kapasitor (F)

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

$$C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (3.2)$$

Keterangan:

κ : Konstanta dielektrik

ϵ_0 : Permittivitas ruang hampa yang besarnya $8,85 \times 10^{-12}$ F/m

A : Luas pelat (cm^2)

d : Jarak antar pelat (cm)

persentase margarin yang ditambahkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Persen margarin} = \frac{\text{Volume margarin}}{\text{Volume campuran}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

Volume campuran: Volume minyak (mL) + Volume setiap penambahan margarin (mL)

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dan selanjutnya data-data tersebut akan dianalisis untuk menentukan ralat nilai konstanta dielektrik dari campuran lemak margarin dengan minyak goreng, menggunakan standar deviasi:

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

Sehingga didapatkan persamaan konstanta dielektrik sebagai berikut:

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

Keterangan:

$\Delta\kappa$: Standart deviasi konstanta dielektrik

κ_i : Nilai konstanta dielektrik ke-i

$\bar{\kappa}$: Rata-rata nilai konstanta dielektrik

n : Jumlah pengukuran

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

Selanjutnya, hubungan penambahan massa margarin dengan nilai konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit kemasan (κ) diidentifikasi melalui analisis regresi linier dan uji signifikansi (Anova) menggunakan SPSS. Analisis ini

bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara kedua variabel tersebut. Hasil dari analisis tersebut yaitu nilai koefisien korelasi yang menunjukkan kuat lemahnya hubungan penambahan massa margarin dengan nilai konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit kemasan (κ). Selain itu, juga didapatkan nilai koefisien determinasi yang menunjukkan seberapa besar pengaruh variabel bebas (penambahan massa margarin) terhadap variabel terikat (konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit kemasan). Sedangkan uji signifikansi pada regresi linier dilakukan dengan menggunakan Anova, guna untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang signifikan atau tidak antara kedua variabel tersebut.

Keterangan:

Menurut Sugiyono (2007) pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi sebagai berikut:

- > 0 – 0,25 : Korelasi (hubungan kedua variabel) sangat lemah.
- > 0,25 – 0,50 : Korelasi (hubungan kedua variabel) cukup kuat.
- > 0,50 – 0,75 : Korelasi (hubungan kedua variabel) kuat.
- > 0,75 – 0,99 : Korelasi (hubungan kedua variabel) sangat kuat.

Untuk koefisien determinasi dapat diperoleh dengan mengalikan 100% nilai R_{square} .

Untuk uji signifikansi dengan menggunakan Anova berdasarkan hipotesis sebagai berikut:

1. Jika nilai $P \text{ sig} > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
2. Jika nilai $P \text{ sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

H_1 menunjukkan terdapat hubungan antara penambahan massa margarin dengan nilai konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit (κ). Sedangkan H_0 menunjukkan tidak terdapat hubungan antara penambahan massa margarin dengan nilai konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit (κ).

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian tentang pengaruh penambah lemak margarin terhadap konstanta dielektrik minyak goreng, didapatkan nilai tegangan masukan V_i dan nilai tegangan keluaran V_o yang terbaca pada layar volmeter. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan frekuensi tetap yaitu sebesar 200 kHz. Nilai V_i dan V_o yang telah didapat, digunakan untuk menentukan nilai kapasitansi pada setiap pengukuran. Selanjutnya nilai kapasitansi yang diperoleh digunakan untuk menentukan nilai konstanta dielektrik yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2). Data hasil selengkapnya ditunjukkan pada tabel (4.1) dan (4.2).

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran konstanta dielektrik (κ) tanpa campuran

Bahan	Volume (mL)	κ
Minyak kemasan	46	3,113±0,007
Minak curah	46	10,370±0,015
Margarine	46	15,184±0,151

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran konstanta dielektrik (κ) dengan tambahan margarin

Penambahan Margarin (gram)	Volume Margarin (mL)	Volume campuran minyak dan margarin (mL)	κ	Persen margarin (%)
1	1,156	51,156	5,329±0,008	2,260
2	2,312	52,312	5,873±0,008	4,420
3	3,468	53,468	6,348±0,008	6,486
4	4,624	54,624	6,872±0,015	8,465
5	5,78	55,78	7,384±0,009	10,362
6	6,936	56,936	7,910±0,009	12,182
7	8,092	58,092	8,442±0,009	13,930
8	9,248	59,248	9,019±0,010	15,609

Penambahan Margarin (gram)	Volume Margarin (mL)	Volume campuran minyak dan margarin (mL)	κ	Persen margarin (%)
9	10,404	60,404	9,754±0,010	17,224
10	11,561	61,561	10,288±0,010	18,778
11	12,717	62,717	11,71±0,011	20,276
12	13,873	63,873	12,070±0,011	21,719
13	15,029	65,029	12,692±0,012	23,111
14	16,185	66,185	13,624±0,012	24,454
15	17,341	67,341	14,031±0,012	25,751

Keterangan:

- * Persen margarin menyatakan berapa persen penambahan margarin terhadap volume campuran yang dihitung berdasarkan persamaan (3.3)

4.2 Pembahasan

Penelitian mengenai pengaruh penambahan lemak margarin terhadap konstanta dielektik minyak goreng dilakukan dengan metode kapasitif yang menggunakan voltmeter sebagai alat pembaca tegangan. Pengukuran ini dilakukan pada suhu ruang (29°C) dengan menggunakan sampel yang terdiri dari minyak goreng kemasan (dengan tiga kali penyaringan), minyak goreng curah (minyak yang beredar di toko kelontong), dan margarin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan margarin terhadap konstanta dielektrik minyak goreng. Minyak yang digunakan adalah minyak goreng kelapa sawit. Pada penelitian ini, nilai kapasitansi dari bahan diperoleh dengan mengukur nilai tegangan masukan (V_i) dan nilai tegangan keluaran (V_o), yang nantinya digunakan untuk menghitung nilai konstanta dielektrik.

Pengukuran V_i dan V_o dilakukan dengan rangkaian yang tersusun seperti gambar 3.3. Nilai kapasitansi kapasitor yang digunakan dalam rangkaian tersebut mengacu pada kapasitansi sensor kapasitif pada saat terisi penuh dengan sampel. Pengukuran kapasitansi sensor dalam hal ini menggunakan kapasitansimeter.

Selanjutnya dilakukan pengkalibrasian alat dengan menggunakan aquades sebagai acuan pengujian alat penelitian. Berdasarkan kalibrasi yang dilakukan didapatkan nilai konstanta dielektrik aquades pada frekuensi 200 kHz sebesar 77,980. Hasil ini mendekati nilai konstanta dielektrik aquades referensi yaitu sebesar 78. Berdasarkan hasil tersebut, maka alat dan rangkaian konstanta dielektrik dapat digunakan pada penelitian ini.

Pengukuran pertama dilakukan pada minyak goreng kemasan yang telah mengalami tiga kali penyaringan (tertera pada kemasan). Dengan menggunakan kapasitor sebesar 10 pF dan frekuensi sebesar 200 kHz didapatkan nilai konstanta dielektrik sebesar 3,116. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa minyak mempunyai kualitas yang baik. Hasil ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Rajab *et al* (2011) dimana minyak sawit yang baik dilihat dari sifat listriknya mempunyai nilai konstanta dielektrik sekitar 3.2 pada suhu ruang (28°C). Selain itu, faktor lain yang dapat dijadikan acuan sebagai standart mutu minyak goreng sawit adalah kandungan air dan kotoran dalam minyak. Minyak goreng yang memiliki kualitas baik pada umumnya tidak berbuih dan tidak berbau tengik, jika dalam minyak terdapat buih maka akan mengakibatkan kerusakan pada minyak yang akan menyebabkan ketengikan pada minyak goreng (Ketaren, 1996).

Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai konstanta dielektrik pada minyak goreng curah yang biasa dijual di toko kelontong. Pengambilan data pada sampel ini dilakukan dengan cara yang sama dengan pengambilan data minyak goreng kelapa sawit kemasan, dimana wadah yang berukuran 10 cm x 3 cm x 2,3 cm diisi sampai penuh. Pada pengambilan data ini, parameter yang didapatkan adalah nilai V_i dan nilai V_o . Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan oleh minyak goreng curah lebih besar dari pada minyak goreng kemasan (dapat dilihat pada lampiran A.2), nilai tegangan yang semakin besar mengakibatkan nilai kapasitansi juga semakin besar. Nilai kapasitansi sangat berpengaruh pada nilai dielektrik yang didapatkan, dimana nilai dielektrik akan semakin besar seiring bertambahnya nilai

kapasitansi. Nilai konstanta dielektrik yang didapat pada pengukuran minyak goreng curah yaitu sebesar 10,370. Perbedaan nilai konstanta dielektrik minyak goreng kemasan dan minyak goreng curah, selain disebabkan oleh perbedaan nilai beda potensial, kemungkinan juga disebabkan karena komposisi asam lemak. Jika ditinjau dari sifat fisisnya, Amang (1996) mengatakan bahwa minyak goreng curah memiliki kadar asam lemak yang lebih tinggi dibandingkan minyak goreng kemasan. Namun dalam penelitian ini tidak dilakukan investigasi lebih lanjut mengenai asam lemak. Selanjutnya dilakukan pengukuran konstanta dielektrik pada margarin dengan langkah yang sama dengan sebelumnya, hasil yang didapat yaitu sebesar 15,184.

Tahap penelitian selanjutnya adalah penambahan massa margarin secara bertahap pada minyak goreng kemasan yang sudah diketahui nilai dielektriknya. Penambahan margarin bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan margarin terhadap minyak goreng kemasan hingga sampai mencapai nilai dielektrik minyak goreng curah. Dari penambahan 1g – 15g dengan rentang 1g setiap penambahannya, dihasilkan nilai konstanta dielektrik yang semakin bertambah. Mengacu pada nilai konstanta dielektrik minyak curah yang sudah diteliti sebelumnya, nilai yang mendekati konstanta dielektrik minyak curah berada di antara penambahan 10g – 11g, dengan persentase campuran 18% - 20% (tertera pada tabel 4.2). Nilai konstanta dielektrik semakin bertambah seiring ditambakkannya massa margarin, hal ini terjadi karena pengotor (margarin) mempunyai nilai konstanta dielektrik yang lebih besar dari minyak kemasan. Sehingga ketika minyak goreng kemasan yang mulanya memiliki nilai dielektrik yang lebih kecil dari pengotor (margarin) nilai dielektriknya akan bertambah. Selain itu, penambahan margarin menyebabkan minyak goreng kelapa sawit semakin kental. Minyak goreng terdiri dari molekul yang bersifat nonpolar, suatu bahan dielektrik nonpolar memiliki pusat muatan positif yang berimpit dengan pusat muatan negatif, dimana ketika dikenai medan listrik luar beberapa pemisah muatan membentuk dipol listrik sesaat. Suatu larutan yang semakin kental

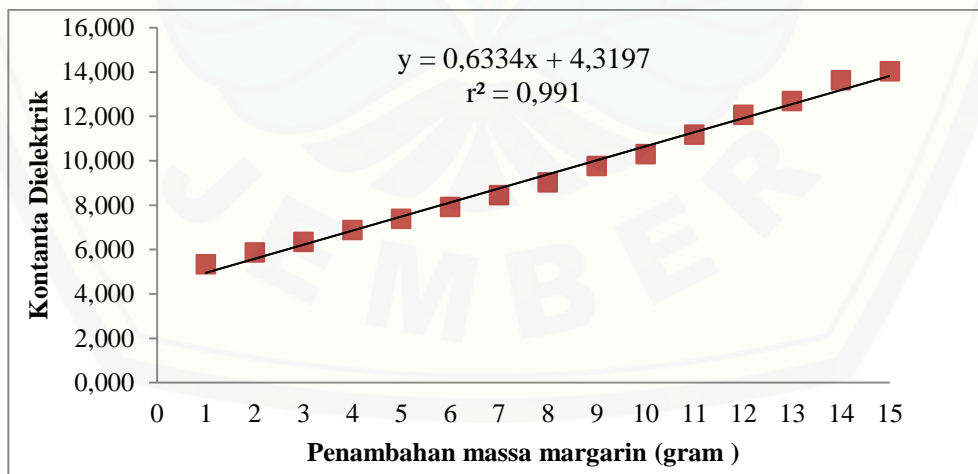
memiliki kerapatan molekul yang semakin besar sehingga gaya molekul yang dihasilkan juga semakin besar. Besarnya gaya tersebut akan mengakibatkan molekul-molekul yang memiliki dipole sesaat menginduksi molekul lainnya, sehingga akan membuat molekul pada bahan dielektrik semakin cepat menghasilkan dipole. Molekul yang telah menghasilkan dipol sesaat akibat medan listrik luar maka molekul-molekulnya akan cepat terpolarisasi dan membuat konstanta dielektriknya semakin besar (Effendy, 2006). Pada setiap pengambilan data dari penambahan margarin 1g – 15g, nilai tegangan yang dihasilkan berubah sehingga menyebabkan nilai kapasitansi mengalami perubahan, begitu pula dengan nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan. Suatu bahan apabila diberikan medan listrik akan terpolarisasi mengikuti arah medan listrik luar tersebut, semakin cepat perubahan arah medan listrik luar akan menyebabkan momen dipol di dalam sampel semakin berlawanan dengan arah medan listrik luar. Hal ini menyebabkan medan listrik di dalam sampel semakin lemah akibat bertambahnya beda potensial. Selanjutnya dengan mengacu pada persamaan kapasitansi (2.13) dan (2.16), apabila beda potensial besar maka nilai konstanta dielektrik besar (Giancoli, 2011).

Semakin besar nilai konstanta dielektrik, menunjukkan semakin besar kemampuan minyak tersebut dalam menyimpan energi listrik. Besar kecilnya nilai konstanta dielektrik disebabkan oleh adanya kandungan yang berbeda-beda pada setiap sampel tersebut. Sehingga saat minyak goreng kemasan mengalami penambahan massa margarin, nilai konstanta dielektriknya juga semakin bertambah. Hal ini kemungkinan disebabkan karena minyak terkontaminasi lebih banyak molekul polar sehingga menyebabkan sifatnya sebagai isolator memburuk, hal ini ditandai dengan meningkatnya nilai konstanta dielektrik. Nilai konstanta dielektrik yang dimiliki oleh setiap sampel penelitian, erat kaitannya dengan nilai kapasitansinya.

Pada pengukuran nilai kapasitansi (C), berdasarkan prinsip kapasitor pelat sejajar arus listrik dikenakan pada sampel penelitian sebagai bahan dielektrik

melalui pelat sejajar. Adanya arus yang dikenakan pada pelat sejajar menimbulkan adanya medan listrik luar yang mengenai bahan. Bahan dielektrik di antara pelat sejajar memiliki ikatan polar maupun nonpolar, sesuai dengan jenis bahan penyusun sampel bahan. Suatu bahan dengan ikatan polar maupun nonpolar yang berada di antara pelat sejajar ketika dikenai medan listrik luar maka muatan positif dan negatif akan mengalami polarisasi, dimana muatan positif akan menyearahkan diri sesuai arah medan listrik sedangkan muatan negatif menuju arah berlawanan. Polarisasi akibat adanya medan listrik luar menimbulkan adanya medan listrik dalam bahan yang arahnya berlawanan dengan arah medan listrik luar. Medan listrik dari bahan akan meningkatkan nilai kapasitansi. Peningkatan nilai kapasitansi menyebabkan nilai konstanta dielektrik meningkat (Tadjuddin, 1998).

Berdasarkan data hasil penelitian, dapat diketahui seberapa besar pengaruh penambahan margarin terhadap nilai konstanta dielektrik minyak kemasan hingga mencapai nilai konstanta dielektrik minyak curah. Penambahan massa margarin sangat berpengaruh pada nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan. Hasil tersebut juga dapat ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara penambahan massa margarin dengan konstanta dielektrik minyak goreng kelapa sawit kemasan

Selanjutnya dari hasil data di atas dilakukan analisis regresi linier hubungan antara nilai konstanta dielektrik minyak dengan adanya pengaruh penambahan massa margarin. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan massa margarin berpengaruh sangat besar terhadap nilai konstanta dielektrik minyak goreng. Hal ini ditunjukkan pada hasil koefisien korelasi (R) yang didapatkan yaitu 0.995 dan koefisien determinasi (R^2) adalah 0.991. Koefisien korelasi menunjukkan kuat lemahnya hubungan kedua variabel. Apabila nilai koefisien korelasi semakin mendekati 1 maka hubungan kedua variabel tersebut dapat dinyatakan kuat. Sedangkan nilai koefisien determinasi menunjukkan seberapa besar pengaruh penambahan massa margarin terhadap nilai konstanta dielektrik. Nilai koefisien determinasi menyatakan seberapa besar variabel bebas (penambahan massa margarin) mempengaruhi variabel terikat (konstanta dielektrik). Nilai R^2 sama dengan 0,991 artinya 99,1 % nilai konstanta dielektrik dipengaruhi oleh penambahan margarin. Selanjutnya hasil yang didapat dari uji signifikansi mengenai pengaruh penambahan massa margarin terhadap konstanta dielektrik minyak goreng menghasilkan P (sig) sebesar 0,001 yang berarti lebih kecil dari 0,05. Apabila hasil dari P (sig) kurang dari 0,05 menunjukkan bahwa pengaruh penambahan massa margarin terhadap perubahan nilai konstanta dielektrik adalah signifikan atau terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.1 dapat diketahui kelinieran hubungan antara kedua variabel (penambahan massa margarin dan nilai konstanta dielektrik). Dari grafik di atas diketahui bahwa hubungan penambahan massa margarin dengan konstanta dielektrik mendekati garis linier. Kelinieran hubungan antara keduanya dapat didekati dengan persamaan garis linier y sebesar $0,6334x + 4,3197$ dengan nilai koefisien kelinieran r^2 sebesar 0,991. Hal ini mengandung arti bahwa hasil yang didapat antara penambahan massa margarin terhadap nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan adalah 99,1% mendekati garis linier. Dalam hal ini, semakin besar nilai persen atau nilai kelinieran (r^2) yang didapat, maka data yang didapat dari kedua variabel (penambahan massa margarin dan nilai

konstanta dielektrik) semakin mendekati garis linier. Nilai kelinieran yang ditunjukkan pada grafik sesuai dengan hasil koefisien determinasi yang didapatkan sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada lampiran B.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian pengaruh penambahan lemak margarin terhadap konstanta dielektrik minyak goreng yaitu pada setiap penambahan massa margarin baik dari 1g - 15g menyebabkan perubahan nilai dielektrik pada minyak goreng. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pada penambahan margarin sekitar 10g – 11g atau pada saat penambahan 18% - 20%, minyak goreng yang diteliti bersifat atau nilai dielektriknya mendekati minyak goreng curah. Dari hasil yang didapat, diketahui hubungan kedua variabel adalah sangat kuat, hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi yang didapat yaitu sebesar 0,995, sedangkan pengaruh penambahan massa margarin terhadap nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan adalah sebesar 99,1%. Data hasil penelitian juga menunjukkan grafik hubungan antara penambahan massa margarin terhadap konstanta dielektrik adalah linier, kelinieran ini dapat di dekati dengan garis linier Y sebesar $0,6334x + 4,3197$ dan nilai koefisien kelinieran r^2 sebesar 0,991.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah didapatkan maka hal yang perlu dilakukan untuk menelitian yang lebih lanjut adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai asam lemak guna untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap nilai konstanta dielektrik minyak.
2. Pencampuran bahan penelitian dilakukan dengan suhu yang lebih tinggi, agar bahan lebih cepat tercampur secara homogen.
3. Pengukuran konstanta dielektrik perlu dilakukan dengan metode dan alat ukur yang lain atau memiliki ketelitian tinggi.

4. Metode yang digunakan dalam penelitian ini bisa dijadikan dasar untuk menentukan kualitas minyak goreng dengan menggunakan alat yang lebih flexibel.



DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Amang, dkk, 1996. *Ekonomi Minyak Goreng di Indonesia BAB 1*. Bogor: IPB Press.
- Bonggas, L. Tobing. 2003. *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Buckle, K A. 1987. *Ilmu Pangan Cetakan Pertama*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Giancoli, Douglas C. 2011. *Fisika Jilid 2 Edisi Kelima*. [diterjemahkan Dra. Yuhliza Hanum, M. Eng]. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D. 1988. *Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, David dan Robert Resnick. 1996. *Fisika Jilid 2 Edisi Ketiga*. [diterjemahkan Pantur Silaban dan Erwin Sucipta]. Jakarta: Erlangga.
- Hawson, H 1995. *Foods and Oils Fat*. New York: Technology, Utilization, and Nutrition Chapman and Hall.
- Hayt, W. H. & Buck, J.A. 2006. *Elektromagnetika*. Jakarta: Erlangga.
- Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Ketaren, S. 1996. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Naidu, M.S., and Karamaju, V. 1982. *High Voltage Engineering*. New Delhi: Mc Graw-Hill Publishing Company Limited.
- Rangan, C, S. 1992. *Instrumentation Devices and Systems*. New Delhi: Tata Mc Graw-Hill.
- Sudarmadji, A.1994. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Jakarta: Liberty.
- Sutrisno. 1985. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Bandung: ITB.

- Tadjuddin. 1998. *Analisis Kegagalan Minyak Transformator Edisi ke-12*. Jakarta: Elektro Indonesia.
- Tipler, Paul A. 1991. *Fisika untuk Sains Dan Teknik Jilid 2 Edisi Ketiga* (Diterjemahkan Oleh Bambang Soegiono). Jakarta: Erlangga.
- Winarno, 2004, *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno. F.G, 1992, *Kimia Pangan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Young, Hugh dan Roger A Freedman. 2003. *Fisika Universitas Jilid 2 Edisi Kesepuluh*. [diterjemahkan Pantur Silaban]. Jakarta: Erlangga.

Skripsi

- Hudaya, Beni. 2010. *Penentuan B-Karoten Dan Minyak Sawit Yang Terikat Pada Bentonit Setelah Digunakan Sebagai Bleaching*. Medan: Departemen Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Istighfaro, Nila. 2010. *Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas Dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Bentonit-Karbon Aktif Kelor (Moringan Oliefera)*. Malang: Fakultas sains dan teknologi universitas islam negeri (UIN).
- Nuwaiir. 2009. *Kajian Impedansi dan Kapasitansi Listrik pada Membran Telur Ayam Ras*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Soerjodibroto W. 2005. *Lemak dalam pola Makanan Masyarakat Indonesia dan Masyarakat Kawasan Asika Pasifik Lainnya: Hubungannya dengan Kesehatan Kardiovaskuler*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Sucipto. 2013. *Rancang Bangun Teknik Deteksi Lemak Babi pada Daging Sapi Berbasis Sifat Listrik*. Bandung: ITB.

Jurnal

- Hermawan, B. 2005. Monitoring Kadar Air Tanah Melalui Pengukuran Sifat Dielektrik Pada Lahan Jagung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 7:15-22.
- Hu FB, Stampfer NJ, Manson JE, Rimm E, Colditz GA, Rosner BA, et al. 1997. Dietary Fat Intake And The Risk of Coronary Heart Disease In Women. *The New England Journal of Medicine*. 337:1491-1499.
- Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. 2006. Trans fatty acids and Cardiovascular Disease. *The N engl J Med*. 354:1601-1613.
- Rajab, A. Aminuddin S., Sudaryatno S. dan Suwarno. (2011). A Comparison of Dielectric Properties of Palm Oil with Mineral and Synthetic Types Insulating Liquid under Temperature Variation. *J. Eng. Sci.* 43 (3) : 191-208.
- Soltani, M., Alimardani, R. dan Omid, M. 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.
- Sosa-Morales ME, Valerio-Junco L, López-Malo A, Garcia HS. 2010. Review Dielectric Properties of Foods. Reported data in the 21st century and their potential applications. *LWT-Food Sci. Technol.* 43:1169-1179.doi: 10.1016/j.lwt.2010.03.017

Internet

- Enig MG. *Coconut : In Support of Good Health in the 21st Century*. (Cited 2004 Oct28). Available from: URL://www.livecoconutoil.com/maryenig.ht

Health Risks from Processed Foods and the Dangers of Trans Fats, (cited 2003 Oct). Available from:

URL://www.mercola.com/2000/June/10/trans_fats.htm

Konsultan Statistik, (Diakses pada 2016 Agustus 11). Didapatkan dari:

<http://www.konsultanstatistik.com/2011/07/kofisien-determinasi-pada-regresi.html>



LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Perhitungan Nilai konstanta dielektrik

A.1 Kalibrasi Alat Pengukuran Konstanta Dielektrik (κ)

Bahan	Pengukuran ke	V_i (volt)	V_o (volt)	C2 kapasitor (pF)	C1 (pF)	κ eksperimen	κ
Aquades	1	15,01	1,74	500	65,561	77,980	78,149±0,169
	2	15,01	1,75	500	65,988	78,487	
	3	15,01	1,74	500	65,561	77,980	

* $\kappa_{referensi}$ aquades sebesar 78

*Nilai K aquades didapatkan pada frekuensi 200 kHz

A.2 Perhitungan Nilai Konstanta dielektrik (κ) Tanpa Campuran

Bahan	Pengukuran ke	V_i (volt)	V_o (volt)	C1 (pF)	κ eksperimen	κ
Minyak kemasan	1	11,27	2,34	2,620	3,117	3,113±0,007
	2	11,25	2,34	2,626	3,124	
	3	11,27	2,33	2,606	3,100	
Minak curah	1	14,88	4,51	8,698	10,346	10,370±0,015
	2	14,86	4,51	8,715	10,366	

Bahan	Pengukuran ke	V_i (volt)	V_o (volt)	C1 (pF)	κ eksperimen	κ
Margarine	3	14,86	4,52	8,743	10,399	15,184±0,151
	1	15,01	6,3	13,020	15,486	
	2	15,03	6,2	12,639	15,033	
	3	15,03	6,2	12,639	15,033	

A.3 Perhitungan Nilai Konstanta dielektrik (κ) Pada Setiap Penambahan Margarin

Penambahan margarin (gram)	Pengukuran ke	V_i (volt)	V_o (volt)	C1 (pF)	κ	Volume margarin (mL)	Volume campuran minyak dan margarine (mL)	Persen margarin (%)
1	1	17,26	2,62	4,474	5,329±0,008	1,156	51,156	2,260
	2	17,26	2,62	4,474				
	3	17,26	2,63	4,494				
2	1	17,26	2,85	4,944	5,873±0,008	2,312	52,312	4,420
	2	17,26	2,84	4,924				
	3	17,26	2,85	4,944				
3	1	17,26	3,04	5,345	6,348±0,008	3,468	53,468	6,486
	2	17,26	3,04	5,345				
	3	17,26	3,03	5,323				
4	1	17,26	3,25	5,799	6,872±0,015	4,624	54,624	8,465
	2	17,26	3,23	5,756				
	3	17,26	3,24	5,777				
5	1	17,26	3,43	6,200	7,384±0,009	5,78	55,78	10,362

Penambahan margarin (gram)	Pengukuran ke	V _i (volt)	V _o (volt)	C1 (pF)	κ	Volume margarin (mL)	Volume campuran minyak dan margarine (mL)	Persen margarin (%)
	2	17,26	3,43	6,200				
	3	17,26	3,44	6,223				
	1	17,26	3,63	6,658				
6	2	17,26	3,62	6,635	7,910±0,009	6,936	56,936	12,182
	3	17,26	3,63	6,658				
	1	17,26	3,82	7,106				
7	2	17,26	3,82	7,106	8,442±0,009	8,092	58,092	13,930
	3	17,26	3,81	7,082				
	1	17,26	4,02	7,591				
8	2	17,26	4,02	7,591	9,019±0,010	9,248	59,248	15,609
	3	17,26	4,01	7,566				
	1	17,26	4,26	8,192				
9	2	17,26	4,26	8,192	9,754±0,010	10,405	60,405	17,224
	3	17,26	4,27	8,218				
	1	17,26	4,44	8,658				
10	2	17,26	4,43	8,632	10,288±0,010	11,561	61,561	18,778
	3	17,26	4,44	8,658				
	1	17,26	4,71	9,382				
11	2	17,26	4,71	9,382	1,171±0,011	12,717	62,717	20,276
	3	17,26	4,72	9,410				
	1	17,26	4,99	10,167				
12	2	17,26	4,98	10,138	12,070±0,011	13,873	63,873	21,719
	3	17,26	4,98	10,138				

Penambahan margarin (gram)	Pengukuran ke	V _i (volt)	V _o (volt)	C1 (pF)	κ	Volume margarin (mL)	Volume campuran minyak dan margarine (mL)	Persen margarin (%)
13	1	17,26	5,16	10,661	12,692±0,012	15,029	65,029	23,111
	2	17,26	5,17	10,691				
	3	17,26	5,16	10,661				
14	1	17,26	5,43	11,475	13,624±0,012	16,185	66,185	24,454
	2	17,26	5,42	11,444				
	3	17,26	5,42	11,444				
15	1	17,26	5,54	11,817	14,031±0,012	17,341	67,341	25,751
	2	17,26	5,53	11,786				
	3	17,26	5,53	11,786				

*Perhitungan persen margarin menggunakan persamaan (3.3).

*Volume margarin diperoleh dari massa jenis margarin. Massa jenis margarin sebesar 0,865 g/mL

*Volume minyak pada setiap penambahan massa margarin dari 1g – 15 g adalah konstan 50 mL.

Lampiran B. Uji Regresi Linier dan Uji signifikansi Hubungan Penambahan Massa Margarin Terhadap Konstanta Dielektrik

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.995 ^a	.991	.991	.267537

a. Predictors: (Constant), Margarin

b. Dependent Variable: Kns.Dielektrik

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	337.030	1	337.030	4708.683	.001 ^b
	Residual	3.078	43	.072		
	Total	340.108	44			

a. Dependent Variable: Kns.Dielektrik

b. Predictors: (Constant), Margarin

Lampiran C. Dokumentasi Penelitian



Gambar C.1 Sampel bahan minyak goreng kemasan dan minyak goreng curah



Gambar C.2 Sampel bahan margarin massa 1g sampai 15g



Gambar C.3 Pengukuran nilai konstanta dielektrik menggunakan voltmeter