

**PENGARUH MEDAN LISTRIK BERPULSA (*PULSED ELECTRIC FIELD*)  
TERHADAP KADAR LEMAK DAN KADAR AIR DAGING SAPI**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MUHAMMAD FARIHUL AMIN**  
NIM. 12640065



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2019**

**PENGARUH MEDAN LISTRIK BERPULSA (*PULSED ELECTRIC FIELD*)  
TERHADAP KADAR LEMAK DAN KADAR AIR DAGING SAPI**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**MUHAMMAD FARIHUL AMIN**

**12640065**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2019**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### PENGARUH MEDAN LISTRIK BERPULSA (*PULSED ELECTRIC FIELD*) TERHADAP KADAR LEMAK DAN KADAR AIR DAGING SAPI

#### SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Farihul Amin

NIM. 12640065

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

Tanggal : Juni 2019

Pembimbing I,



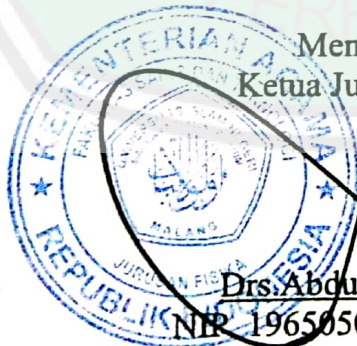
Farid Samsu Hananto, M.T  
NIP. 19740513 200312 1 001

Pembimbing II,



Erika Rani, M.Si  
NIP. 19810613 200604 1 002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH MEDAN LISTRIK BERPULSA (*PULSED ELECTRIC FIELD*) TERHADAP KADAR LEMAK DAN KADAR AIR DAGING SAPI

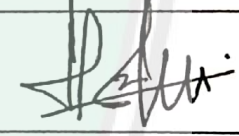
#### SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Farihul Amin

NIM.12640065

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: Juni 2019

|                    |   |                                                                    |                                                                                       |
|--------------------|---|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Penguji Utama      | : | <u>Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u><br>NIP. 19641211 199111 1 001 |   |
| Ketua Penguji      | : | <u>Khusnul Yakin, M.Si</u><br>NIDT. 19910103 20160801 1 073        |  |
| Sekretaris Penguji | : | <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u><br>NIP. 19740513 200312 1 001      |  |
| Anggota Penguji    | : | <u>Erika Rani, M.Si</u><br>NIP. 19810613 200604 2 002              |  |

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Farihul Amin  
NIM : 12640065  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Medan Listrik Berpulsa (*Pulsed Electric Field*) terhadap Kadar Lemak dan Kadar Air Daging Sapi

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Juni 2019  
Yang Membuat Pernyataan,



Muhammad Farihul Amin  
NIM. 12640065

## MOTTO

خير الناس أنفعهم للناس

**"SEBAIK-BAIK MANUSIA ADALAH YANG PALING BERMANFAAT BAGI  
MANUSIA LAIN"**



## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Ku Persembahkan Karya Ini.*

Penguasa Alam jagat raya yang mengatur kehidupan di Langit dan di Bumi yang terindah, semoga lembaran-lembaran karya ini menjadikan Amal Sholeh Pelita dihati seluruh ummat, yang membawakan Kesejahteraan dalam bentuk cahaya- ilmu pengetahuan dan memberikan Suri Tauladan serta

Syafaatnya di Hari Kiamat

Bapak Abdullah Zaeni dan almarhumah Ibu Khozanaturrohman dan segenap keluarga besar untuk kasih sayang dan dukungan serta doa yang telah diberikan

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamualaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah, nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas ridho dan kehendak Allah SWT, Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pengaruh Medan Listrik Berpulsa (Pulsed Electric Field) Terhadap Kadar Lemak Dan Kadar Air Daging Sapi** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan skripsi.
4. Farid Samsu Hananto, M.T selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

6. Kedua orang tua Bapak Abdullah Zaeni dan almarhumah Ibu Khozanaturrohmah dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
7. Teman-teman Fisika 2012, sahabat PP. Sabilurrosyad, sahabat Sarijan Coffe, sahabat Kopi Lanang serta sahabat mobile legends terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.  
*Wassalamu'alaikumWr. Wb.*

Malang, Juni 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                  |             |
|------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                                       | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGAJUAN.....</b>                                    | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>                                 | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>                                   | <b>iv</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>                                   | <b>v</b>    |
| <b>MOTTO .....</b>                                               | <b>vi</b>   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>                                 | <b>vii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                       | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                           | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                        | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                        | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                     | <b>xiv</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                             | <b>xv</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                   | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                         | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                        | 3           |
| 1.3 Tujuan .....                                                 | 3           |
| 1.4 Manfaat .....                                                | 4           |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                        | 4           |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>                               | <b>5</b>    |
| 2.1 Medan Listrik Berpulsa ( <i>Pulsed Electric Field</i> )..... | 5           |
| 2.2 Medan Listrik pada Kapasitor Keping Sejajar.....             | 6           |
| 2.3 Wadah Perlakuan dan Peralatan .....                          | 10          |
| 2.3.1 Pengolahan PEF Jenis Statis .....                          | 11          |
| 2.4 Daging Sapi .....                                            | 17          |
| 2.5 Efek PEF Terhadap Kadar Air Daging Sapi .....                | 19          |
| 2.6 Pengukuran Kadar Air Metode Pengeringan .....                | 20          |
| 2.7 Efek PEF Terhadap Kadar Lemak Daging Sapi .....              | 21          |
| 2.8 Pengukuran Kadar Lemak Metode <i>Soxhlet</i> .....           | 22          |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                           | <b>24</b>   |
| 3.1 Desain Penelitian .....                                      | 24          |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....                            | 24          |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....                              | 24          |
| 3.4 Tahap dan Alur Penelitian .....                              | 25          |
| 3.5 Perancangan Alat .....                                       | 26          |
| 3.5.1 Perancangan Pembangkit Pulsa Tegangan Tinggi .....         | 26          |
| 3.5.2 Perancangan Wadah Perlakuan .....                          | 28          |
| 3.5.3 Pengujian Alat .....                                       | 28          |
| 3.6 Teknik Pengambilan Data .....                                | 29          |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                         | <b>31</b>   |
| 4.1 Proses Pengambilan Data.....                                 | 31          |
| 4.2 Hasil Penelitian .....                                       | 31          |
| 4.3 Integrasi dalam Al-Qur'an .....                              | 35          |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>BAB V PENUTUP .....</b> | <b>38</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....       | 38        |
| 5.2 Saran .....            | 38        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>      |           |
| <b>LAMPIRAN</b>            |           |



## DAFTAR GAMBAR

|            |                                                                                                                        |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 | Skema rangkaian tegangan tinggi .....                                                                                  | 9  |
| Gambar 2.2 | Klasifikasi wadah perlakuan PEF .....                                                                                  | 10 |
| Gambar 2.3 | Bagan alur pengloahan makanan PEF .....                                                                                | 11 |
| Gambar 2.4 | Polarisasi dari elektroda <i>stainless steel</i> dan aluminium<br>dalam jus jeruk .....                                | 16 |
| Gambar 2.5 | Kurva potensiodinamik dari elektroda <i>stainless steel</i><br>terpolarisasi untuk berbagai macam produk makanan ..... | 17 |
| Gambar 2.6 | Pengukuran dengan Metode Pengeringan .....                                                                             | 21 |
| Gambar 2.7 | Perangkat <i>Soxhlet</i> .....                                                                                         | 23 |
| Gambar 3.1 | Tahap dan Alur Penelitian .....                                                                                        | 25 |
| Gambar 3.2 | Diagram Alir Penelitian .....                                                                                          | 26 |
| Gambar 4.1 | Diagram Batang hubungan kadar air dan kadar lemak<br>terhadap frekuensi .....                                          | 34 |
| Gambar 4.2 | Diagram Batang hubungan kadar air dan kadar lemak<br>terhadap waktu .....                                              | 35 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Konstanta dielektrik material .....                                 | 8  |
| Tabel 2.2 Komposisi Gizi Daging Ayam, Sapi dan Kambing .....                  | 18 |
| Tabel 3.1 Pengambilan data sample pada waktu konstan ( $t=25$ menit) .....    | 30 |
| Tabel 3.2 Pengambilan data sample pada frekuensi konstan ( $f=100$ Hertz) ... | 30 |
| Tabel 4.1 Medan listrik berpulsa pada waktu ( $t$ ) konstan 25 menit .....    | 31 |
| Tabel 4.2 Medan listrik berpulsa pada frekuensi ( $f$ ) konstan 100 Hz .....  | 32 |



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran.1 Data pengujian sampel *Pulsed Electric Field*  
Lampiran.2 Dokumentasi Penelitian



## ABSTRAK

Amin, Muhammad Farihul. 2019. **Pengaruh Medan Listrik Berpulsa (*Pulsed Electric Field*) Terhadap Kadar Lemak Dan Kadar Air Daging Sapi**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu H, M.T (II) Erika Rani, M.Si.

**Kata Kunci :** Medan listrik berpulsa; Pengawetan pangan;

*Pulse Electric Field* (PEF) merupakan teknologi fisik yang didasarkan pada tenaga elektronik yang dilakukan pada suhu rendah atau sedang. PEF dapat mewakili teknologi pengawetan pangan alternatif nontermal dalam upaya menjaga kualitas bahan pangan. Teknologi PEF ini bertujuan untuk mengetahui kadar lemak dan kadar air suatu bahan. Bahan penelitian yang digunakan adalah daging sapi. Pengaturan alat PEF menggunakan variasi frekuensi antara 20 Hertz, 40 Hertz, 60 Hertz, 80 Hertz, 100 Hertz pada waktu tetap selama 25 menit, sementara variasi waktu antara 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit pada frekuensi tetap sebesar 100 Hertz. Hasilnya, kandungan lemak pada daging sapi tidak mengalami penurunan terhadap variasi frekuensi ataupun waktu, sementara kandungan air pada daging sapi mengalami penurunan maksimum terhadap variasi frekuensi senilai 4,511 gram dan penurunan maksimum terhadap variasi waktu senilai 4,680 gram.

## ABSTRACT

Amin, Muhammad Farihul. 2019. The Influence Pulses Electric Field On Fat Content and Water Content Of Beef. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Farid Samsu H, M.T (II) Erika Rani, M.Si.

---

**Keywords:** Pulsed electrical field; food preservation;

Pulse Electric Field (PEF) is a physical technology based on electronic power that is carried out at low or medium temperatures. PEF can represent non-thermal alternative food preservation technology in the effort to maintain the quality of food ingredients. The PEF technology aims to determine the level of fat and moisture content of an ingredient. The research material used is beef. The PEF tool settings use the variation of frequency: 20 Hertz, 40 Hertz, 60 Hertz, 80 Hertz, 100 Hertz at a fixed time of 25 minutes, while the variation of time was 15 minutes, 20 minutes, 25 minutes, 30 minutes at a fixed frequency of 100 Hertz. As a result, the fat content in the beef has not decrease in the variation of frequency or time, while the water content in the beef has decreased the maximum frequency variation of 4.511 grams and the maximum decrease to a variation of time worth 4.680 grams.

## الملخص

أمين، محمد فاريهول. 2019. التأثير البقول الحقل الكهربائي على محتوى الدهون والماء محتوى لحوم البقر. اطروحه. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا الإسلامية في مولانا مالك إبراهيم مالانغ. المستشار: (أولا) فريد سامسو هانانتو، M.T (ثانيا) إريكا راني، M.Si.

حقل كهربائي نابض؛ حفظ الأغذية،

حقل النبض الكهربائي (PEF) هو تقنية مادية تعتمد على الطاقة الإلكترونية التي يتم تنفيذها في درجات حرارة منخفضة أو متوسطة. يمكن أن تمثل PEF غير الحرارية بديلة للأغذية التكنولوجية في الحفاظ على نوعية المكونات الغذائية. تهدف تقنية PEF إلى تحديد مستوى محتوى الدهون والرطوبة في العنصر. المواد البحثية المستخدمة هي لحوم البقر. تستخدم إعدادات أداة PEF تبايناً في التردد بين 20 هرتز، 40 هرتز، 60 هرتز، 80 هرتز، 100 هرتز في وقت ثابت من 25 دقيقة، في حين أن التباين في الوقت بين 15 دقيقة، 20 دقيقة، 25 دقيقة، 30 دقيقة على تردد ثابت من 100 هرتز. ونتيجة لذلك، فإن محتوى الدهون في لحوم البقر لا ينخفض في اختلاف التردد أو الوقت، في حين أن محتوى المياه في لحوم البقر قد انخفض الحد الأقصى للتنوع تردد 4.511 غرام والحد الأقصى للانخفاض إلى اختلاف الوقت بقيمة 4.680 غرام.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Makanan merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi demi keberlangsungan makhluk hidup. Pertumbuhan dan perkembangannya bergantung sesuai dengan asupan gizi. Demi menciptakan generasi yang sehat jasmani dan rohani maka diperlukan makanan yang sehat dan halal untuk pertumbuhannya seperti tertera dalam Al-Qur'an sebagai berikut:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُبِينٌ



“ Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik, dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu” (Q.S Al-Baqarah: 168).

Tafsir Jalalain dari Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 168, menunjukkan ayat tentang orang-orang yang mengharamkan sebagian jenis unta/sawaib yang dihalalkan, (Hai sekalian manusia, makanlah yang halal dari apa-apa yang terdapat di muka bumi) lafadz halal menjadi tarkib atau dalam tata bahasa arab sebagai “haal” (sifat yang memberikan keterangan keadaan) (lagi baik) menjadi “shohibul haal” (sifat yang menguatkan haal), yang berarti enak atau lezat, (dan janganlah kamu ikuti langkah-langkah) atau jalan-jalan (setan) dan rayuannya (sesungguhnya ia menjadi musuh yang nyata bagimu) artinya jelas dan terang permusuhan antara manusia dan setan.

Salah satu makanan yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan adalah daging sapi, faktanya termasuk komoditas daging yang disukai konsumen selain daging kambing dan daging ayam. Selama 5 tahun (dari tahun 2013-2017), daging sapi mengalami peningkatan konsumsi, yang menunjukkan bahwa daging sapi menjadi favorit konsumen di Indonesia. Salah satu faktor peningkatan tersebut karena daging sapi memiliki nilai gizi yang tinggi dan citarasa yang lezat.

Cara efektif menjaga daging sapi dalam keadaan awet adalah dengan menggunakan panas. Akan tetapi, panas berdampak pada penurunan kualitas dan kandungan nutrisi daging. Sedangkan konsumen menghendaki produk pangan yang kelihatan masih segar meskipun sudah disimpan dalam waktu lama. Penggunaan teknologi dalam mengolah daging terus dikembangkan dalam upaya meningkatkan kualitas dan stabilitas pada masa penyimpanan. Teknologi nontermal yang berkembang dalam upaya menjaga kualitas daging antara lain adalah tekanan hidrostatik tinggi, medan listrik berpulsa, medan magnet, pulsa cahaya, dan iradiasi.

Umam (2016) menunjukkan bahwa penggunaan PEF terhadap daging memberikan pengaruh yang berbeda (baik suhu, konduktivitas, pH, *Water Holding Capacity* atau daya ikat air, *cooking loss* atau susut masak, *shear force* atau *keempukan*) tergantung pada pengaruh karkas (*hot-boned* atau *cold-boned*), jenis otot (bagian daging), dan status postmortem, lama pelayuan, suhu penyimpanan daging.

Teknologi PEF menjadi salah satu teknologi yang berpeluang untuk diterapkan pada pengolahan daging, meskipun saat ini penerapan PEF lebih cenderung mengarah pada bahan makanan cair. Akan tetapi tidak menutup

kemungkinan pemanfaatan teknologi medan pulsa listrik terhadap pangan padat dengan tujuan untuk memperbaiki daya ikat air dan keempukan daging, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas daging bahkan untuk memodifikasi komponen (misalnya ekstraksi senyawa atau mengubah sifat fisik material) (O'Dowd et al., 2013).

Berdasarkan penjelasan dan latar belakang di atas maka perlunya dilakukan penelitian mengenai pengaruh teknologi PEF untuk mengetahui adanya perubahan gizi dan mengetahui kelayakan konsumsi bahan pangan dalam upaya menjaga kualitas bahan pangan serta mendapatkan masa simpan (*shelf life*) bahan pangan yang lebih lama.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang di atas adalah:

1. Bagaimana pengaruh medan listrik berpulsa terhadap kadar lemak daging sapi?
2. Bagaimana pengaruh medan listrik berpulsa terhadap kadar air daging sapi?

### **1.3 Tujuan**

Adapun penelitian ini dilakukan dengan tujuan:

1. Untuk mengetahui pengaruh medan listrik berpulsa terhadap kadar lemak daging sapi
2. Untuk mengetahui pengaruh medan listrik berpulsa terhadap kadar air daging sapi

#### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Menambah khazanah keilmuan tentang daging sapi sebagai penyempurna gizi.
2. Memperoleh informasi detail kepada konsumen terhadap pemanfaatan teknologi nontermal terhadap bahan makanan daging sapi.

#### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan medan listrik berpulsa pada beberapa bagian daging sapi.
2. Pengujian kadar lemak yang dilakukan dengan metode *Soxhlet* dan pengujian kadar air dilakukan dengan metode destilasi.
3. Sumber medan listrik berpulsa menggunakan variasi frekuensi 20-100Hz dan frekuensi konstan 100Hz.
4. Durasi perlakuan medan listrik terhadap daging sapi 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit.

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Medan Listrik Berpulsa (*Pulsed Electric Field*)**

Prinsip proses PEF yang digunakan adalah menyimpan sejumlah besar energi dari power supply DC dalam satu seri kapasitor yang mengubah energi tersebut menjadi pulsa bertegangan tinggi dalam bejana yang berisi produk pangan. Komponen utama dalam jejaring pembentuk pulsa listrik adalah: 1) Pembangkit energi listrik, unit pembangkit energi listrik tegangan tinggi yang mampu menyediakan energi listrik pada tingkat voltase yang ditentukan sampai sekitar 40 kV. 2) Satu atau beberapa bank kapasitor, induktor dan/atau resistor. Kapasitor untuk menyimpan energi listrik. Kapasitor dihubungkan secara paralel untuk memperbesar energi listrik yang tersimpan. Induktor menyimpan sementara energi magnetik sehingga menunda kenaikan arus listrik. Resistor terutama diwakili oleh muatan ruang proses dan menghilangkan energi listrik. 3) Satu atau beberapa saklar yang mengalirkan energi listrik ke elektroda dan bahan pangan. Saklar-saklar dihubungkan secara seri paralel untuk bolak-balik voltase tinggi dan arus listrik. Kisaran lama pulsa mulai kurang dari mikrodetik sampai beberapa milidetik. 4) Satu atau beberapa ruang proses dengan dua elektroda berada diantara sampel bahan pangan dialirkan atau ditempatkan. Jika saklar ditutup maka kapasitor membuang energi yang disimpan ke ruang proses dan pulsa listrik mengalir melalui sampel bahan pangan. Laju peningkatan voltase yang melewati elektroda tergantung pada kecepatan penutupan saklar, kawat listrik dan resistivitas bahan pangan. Gangguan interkoneksi listrik dapat terjadi karena menggunakan beberapa

ruang proses secara seri atau paralel. 5) Osciloskop untuk mengukur voltase yang melewati elektroda dan menampilkan gambar bentuk pulsa listrik. Bentuk pulsa tergantung pada jejaring pembentuk pulsa listrik. Beberapa bentuk pulsa listrik adalah *exponential decay* atau gelombang persegi (keduanya dapat berbentuk monopolar atau bipolar), pulsa *oscillatory* atau pulsa *instant reversal*.

## 2.2 Medan listrik pada Kapasitor Keping Sejajar

Kapasitor merupakan komponen elektronika yang terdiri dari dua konduktor yang berdekatan tetapi terisolasi satu sama lain dan membawa muatan yang sama besar dan berlawanan. Salah satu sifat kapasitor adalah dapat menyimpan dan mengosongkan muatan listrik. Kapasitor yang digunakan pada umumnya adalah kapasitor keping sejajar yang menggunakan dua keping konduktor sejajar. Kepingan tersebut dapat berupa lapisan-lapisan logam yang tipis, yang terpisah dan terisolasi satu sama lain. Ketika kepingan terhubung dengan piranti yang bermuatan misalnya baterai, muatan akan dipindahkan dari satu konduktor ke konduktor lainnya sampai beda potensial antara kutub positif (+) dan kutub negatif (-) sama dengan beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif (-) baterai. Muatan ( $Q$ ) yang dipindahkan tersebut sebanding dengan beda potensial (Tipler, 1991)

Sistem yang digunakan pada rangkaian listrik sangat banyak salah satunya kapasitor. Hampir pada setiap barang elektronika seperti radio, komputer, handphone dan lainnya. kehadiran medan listrik disekitar bahan mengakibatkan atom-atom pada bahan membentuk momen-momen dipole listrik. Banyaknya momen-momen dipole listrik persatuan volume bahan disebut polarisasi. Untuk menghasilkan medan listrik  $E$  yang kuat dari suatu kapasitor keping sejajar yang

terdiri dari dua keping sejajar yang sama luasnya dan terpisah dengan jarak  $d$ , maka  $d$  harus lebih kecil dibandingkan dengan panjang dan lebar keping. (Tipler, 1991)

Pada Gambar 2.2 kapasitor keping sejajar diberi muatan  $+Q$  pada keping dan muatan  $-Q$  pada keping lainnya. Garis-garis medan listrik antara keping-keping suatu kapasitor keping sejajar yang terpisah pada jarak yang sama, akan menunjukkan bahwa medan listrik bersifat seragam. Sehingga beda potensial antara bidang-bidang kapasitor sama dengan medan listrik  $E$  yang ditimbulkan dengan jarak pemisah  $d$  (Tipler, 1991):

$$V = E.d \quad (\text{pers. 2.1})$$

Dalam kebanyakan kapasitor, ruang antara kedua plat diisi dengan bahan isolator. Ini dilakukan agar harga kapasitansi mempunyai harga besar, sedangkan ukuran kapasitor cukup kecil. Dalam bahan isolator sempurna, tidak ada muatan bebas. Semua elektron terikat erat pada masing-masing atom. Bila bahan isolator ditaruh di dalam medan listrik, dalam bahan akan terbentuk dipole listrik, sehingga pada permukaan bahan akan terjadi muatan induksi. Bahan isolator juga disebut bahan dielektrik, terutama bila kita membicarakannya dari segi muatan induksi yang ditimbulkan di dalam medan listrik. Bila kita memahami sifat dielektrik maka akan mudah memahami sifat magnetik pula, karena ada analogi yang sangat dekat dalam pengertian kedua sifat bahan ini.

Banyaknya material dielektrik dapat mengurangi medan listrik yang lebih kuat tanpa kerusakan yang terdapat pada udara jadi penggunaan dielektrik memungkinkan sebuah kapasitor mempertahankan selisih potensial  $V$  yang lebih tinggi sehingga akan menyimpan jumlah muatan dan energi yang lebih besar.

Muatan yang sama pada kapasitor-kapasitor, maka akan terlihat bahwa perbedaan potensial  $V_d$  adalah lebih kecil dari pada potensial  $V_0$  dengan faktor sebesar  $1/k$  atau

$$V_d = \frac{V_0}{k} \quad (\text{pers. 2.2})$$

Sehingga dapat disimpulkan dari hubungan  $C=q/V$ . Bahwa efek dielektrik adalah untuk memperbesar kapasitansi dengan faktor sebesar  $k$ . Untuk sebuah kapasitor plat sejajar dapat dituliskan, bahwa:

$$C = \frac{k \epsilon_0 A}{d} \quad (\text{pers. 2.3})$$

Pada persamaan 2.3 memperlihatkan bahwa kapasitansi dari semua jenis kapasitor semakin besar dengan faktor sebesar  $k$  jika ruang diantara plat-plat tersebut diisi dengan sebuah bahan dielektrik. Kapasitansi awal  $C_0$  diberikan oleh  $C_0 = Q/V_0$  dan kapasitansi  $C$  dengan adanya bahan dielektrik adalah  $C = Q/V$ . Muatan  $Q$  adalah sama dengan kedua kasus, dan  $V$  lebih kecil dari pada  $V_0$ , sehingga kita menyimpulkan bahwa kapasitansi  $C$  dengan adanya dielektrik adalah lebih besar dari pada  $C_0$ . Bila ruang diantara plat-plat diisi sepenuhnya dielektrik, maka rasio  $C$  terhadap  $C_0$  (yang sama dengan rasio  $V_0$  terhadap  $V$ ) disebut konstanta dielektrik material itu,  $K$ :

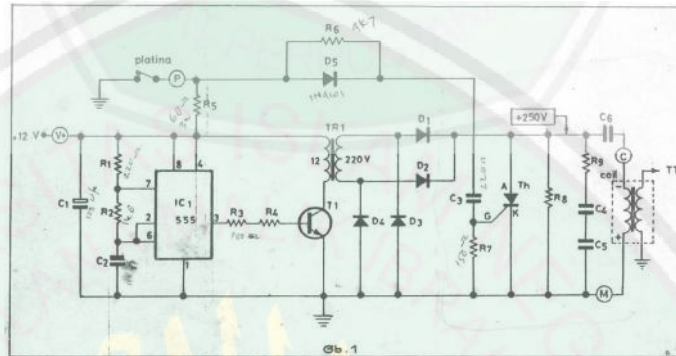
$$K = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (\text{pers. 2.4})$$

Tabel 2.1 Konstanta dielektrik material (Roodenburg, 2011)

| Material        | K       |
|-----------------|---------|
| Ruang hampa     | 1       |
| Udara (1 atm)   | 1,00059 |
| Udara (100 atm) | 1,0548  |
| PET             | 1,5-3,5 |
| HDPE            | 2-2,5   |
| PVC             | 3-6     |
| LDPE            | 2-2,5   |
| PP              | 2,2-2,8 |

|        |       |
|--------|-------|
| Kertas | 2-2,5 |
| Kaca   | 3-10  |

Dimana nilai dari K akan berbeda-beda sesuai dari bahan materialnya. Tabel 2.1 menunjukkan nilai dari konstanta dielektrik pada masing-masing material

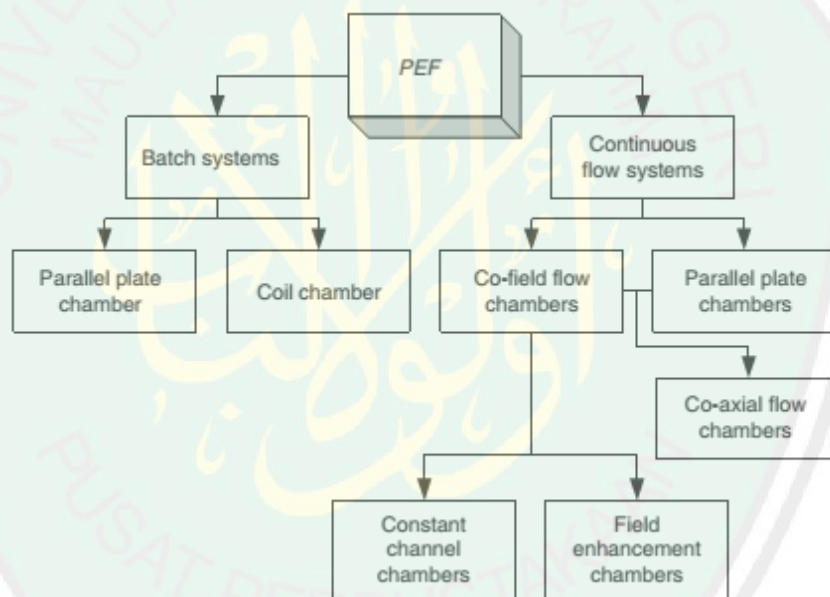


Gambar 2.1 Skema rangkaian tegangan tinggi

Prinsip kerja dari rangkaian ini sama dengan rangkaian tegangan tinggi yaitu pertama pembuatan power supply manual dari trafo 5A dengan keluaran 5V, hal ini untuk mensuplai tegangan secara konsisten dan mempermudah dalam mengalirkan arus pada rangkaian. Setelah itu masuk pada rangkaian utama tegangan tinggi yang menggunakan IC555 sebagai timer. Arus yang awalnya DC diperoleh dari power supply kemudian diubah kembali menjadi arus AC dengan bantuan trafo 500mA. Dari trafo tegangan yang dihasilkan semakin tinggi sehingga disimpan pada kapasitor yang akan dinaikkan dengan transistor sebelum masuk pada coil (kumparan) atau pada gambar disimbolkan dengan TT. Tegangan yang telah masuk pada coil (kumparan) akan dinaikkan sekitar 10.000V. Sehingga, ketika kedua ujungnya didekatkan akan menimbulkan loncatan bunga api.

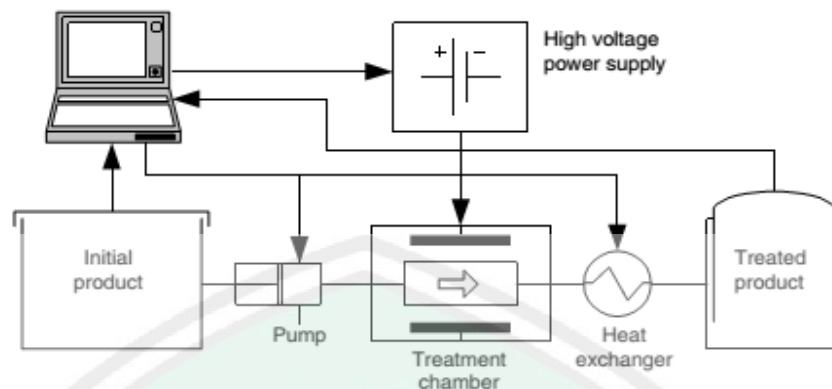
### 2.3 Wadah Perlakuan dan Peralatan

Saat ini, hanya ada dua sistem komersial yang tersedia (satu oleh PurePulse Technologies, Inc. dan satu oleh Thomson-CSF). Wadah-wadah perlakuan alat PEF dan uji coba skala yang berbeda telah dirancang dan digunakan untuk perlakuan makanan PEF. Mereka diklasifikasikan sebagai statis/*batch* (wadah kumparan dan wadah plat sejajar) atau terus menerus (ruang dengan membran konduktif ion, ruang dengan antar dinding, ruang perlakuan medan listrik yang ditingkatkan, dan ruang koaksial). Ditunjukkan pada gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Klasifikasi wadah perlakuan PEF

PEF berdasarkan wadah perlakuan untuk sampelnya terbagi menjadi 2 sistem yaitu: sistem statis dan sistem aliran berkelanjutan. Sistem batch digunakan perlakuan PEF untuk bahan berbentuk padat. Sistem aliran berkelanjutan digunakan perlakuan PEF untuk bahan berbentuk cair.



Gambar 2.3 Bagan alur pengolahan makanan PEF.

Sebuah diagram untuk pengolahan makanan PEF digambarkan pada Gambar 2.3. Alat uji terdiri dari tujuh komponen utama (Gongora-Nieto, 2002): power supply tegangan tinggi, kapasitor penyimpanan energi, ruang perlakuan, pompa untuk melakukan makanan meskipun ruang perlakuan, perangkat pendingin, alat pengukur (pengukuran tegangan, arus, dan suhu), dan komputer untuk mengontrol operasi.

### 2.3.1 Pengolahan PEF Jenis Statis

#### A. Wadah PEF Elektroda Plat Parallel

Model ini terdiri dari dua elektroda karbon yang didukung pada blok kuning yang ditempatkan dalam polistiren berbentuk U. Pengatur jarak untuk mengatur beda antar elektroda dan kuantitas bahan yang akan diberi perlakuan. Blok kuning disediakan dengan selubung untuk resirkulasi udara dan mengontrol suhu makanan selama perlakuan PEF. Ruang ini dapat mendukung medan listrik maksimum 30kV/cm. Model chamber kedua yang dirancang oleh (Dunn dan Pearlman, 1987) terdiri dari dua elektroda stainless steel dan spacer nilon silinder. Model lain (Barbosa-Canovas, 1999) terdiri

dari dua elektroda baja anti karat berbentuk bulat, dengan polisulfon yang digunakan sebagai bahan isolasi. Area elektroda efektif adalah  $27\text{cm}^2$  dan jarak antara elektroda dapat dipilih pada 0,95cm atau 0,5cm. Ruang dapat mendukung hingga  $70\text{kV/cm}$ . Udara yang bersirkulasi pada suhu yang dipilih melalui selubung yang dirancang sebelum menuju elektroda memberikan ruangan pendinginan

#### B. Wadah Kaca Statis

Sebuah model yang diusulkan oleh Lubicki dan Jayaram di tahun 1997 menggunakan kumparan kaca yang mengelilingi anoda. Volume ruang adalah  $20\text{cm}^3$ , yang membutuhkan cairan pengisi dengan konduktivitas tinggi dan permitivitas yang sama dengan sampel (media - larutan NaCl,  $\sigma=0,8-1,3\text{S/m}$ ; mengisi cairan (air)  $\infty 10^{-3}\text{ S/m}$ ) untuk digunakan karena tidak ada inaktivasi dengan media non-konduktif (minyak silikon).

#### C. Proses Perhitungan dan Variabel PEF

Untuk memberi perlakuan terhadap bahan dengan PEF dalam sistem kontinu, produk makanan cair dipompa melalui serangkaian zona perlakuan di ruang dengan elektroda tegangan tinggi di satu sisi setiap zona dan elektroda tegangan rendah di sisi lain. sisi. Kondisi proses PEF ditentukan oleh kekuatan medan listrik yang diterapkan dan waktu perlakuan.

#### D. Bentuk Gelombang Berpulsa

Pulsa medan listrik dapat diterapkan dalam meluruh dalam bentuk eksponensial, *square-wave*, *oscillatory*, bipolar, atau biaya *reverse* instan (Changjiang, 2000). pulsa gelombang persegi lebih banyak energi dan lebih

efisien daripada pulsa yang membusuk secara eksponensial (Barbosa-Canovas, 2001). Dalam orientasi atau polaritas medan listrik menyebabkan perubahan yang sesuai dalam arah gerakan molekul bermuatan (Griffiths, 1995). Pulsa bipolar juga menawarkan keuntungan dari pemanfaatan energi minimum, pengurangan deposisi padatan pada permukaan elektroda, dan penurunan elektrolisis makanan (Barbosa-Canovas, 1999).

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Zhang tahun 1995 menunjukkan efek gelombang persegi, *exponentially decaying*, dan *instant-charge-reversal pulses* pada umur simpan jus jeruk. Pulsa gelombang persegi lebih efektif, menghasilkan produk dengan umur simpan lebih lama daripada yang diperlakukan dengan peluruhan eksponensial dan membebaskan pulsa mundur. Sesuai dengan penelitian ini, (Love, 1998) secara kuantitatif menunjukkan efek inaktivasi yang lebih kuat dari *square wave* pulsa atas semua bentuk gelombang lainnya.

#### E. *Electrochemistry* Dari Elektroda Terpolarisasi Secara Tinggi/*Food Product Interface*

Biasanya, pengolahan PEF (*Pulse Electric Field*) dianggap sebagai "nol kimia" pengobatan tanpa reaksi kimia yang terlibat. Namun, perubahan yang dilaporkan dalam atribut-atribut sensorik dan fisik dari makanan yang diproses tidak semata-mata hasil dari pemanasan Joule dan arus listrik yang tinggi yang melewati produk makanan. Semua wadah perlakuan dalam sistem PEF (*Pulse Electric Field*) yang ada memiliki rasio volume permukaan elektroda-perlakuan yang sangat tinggi karena suplai listrik dan keterbatasan

kekuatan medan listrik. Oleh karena itu, bahan elektroda langsung terlibat dalam proses perlakuan PEF (*Pulse Electric Field*). Mereka berinteraksi dengan produk makanan yang diolah dengan reaksi elektrokimia yang terjadi pada permukaan elektroda yang terpolarisasi, dan reaksi dibantu lapisan ganda listrik dari partikulat makanan (fase produk makanan padat) dengan permukaan elektroda. Interaksi ini termasuk (Bockris dan Reddy, 1998):

- a) adsorpsi anion organik dan anorganik;
- b) perubahan dalam kapasitansi ruang karena perubahan waktu relaksasi lapisan ganda listrik;
- c) deposisi elektroforetik makanan padat;
- d) elektrokoagulasi fase padat pada permukaan elektroda;
- e) elektrodissolusi bahan elektroda;
- f) evolusi hidrogen/oksigen karena reaksi elektroda.

Interaksi permukaan elektroda dengan komponen matriks makanan sebelumnya telah diabaikan oleh para peneliti dan jarang diselidiki (Barbosa-Canovas, 2001). Karena pentingnya sifat permukaan elektroda terhadap perilaku produk makanan di sekitar elektroda dan proses pengolahan PEF (*Pulse Electric Field*), karakteristik polarisasi elektrokimia bahan elektroda memainkan peran penting. Impuls listrik juga berperan penting karena dapat mempercepat perubahan elektrokimia yang dipicu dalam polarisasi elektroda dan sifat makanan.

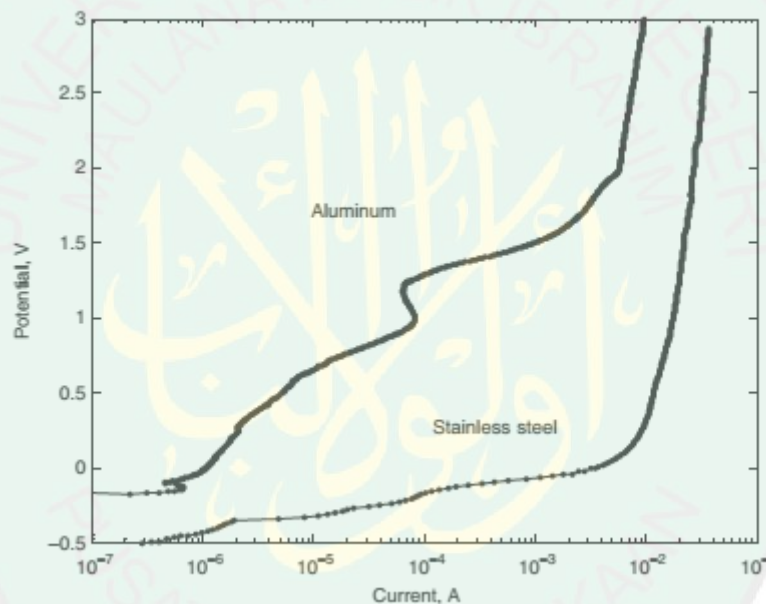
Pengukuran pemindaian potensial berbagai produk makanan dalam kisaran 0,5-3V untuk dua bahan elektroda yang banyak digunakan - aluminium (alloy 2024) dan baja tahan karat - telah dilakukan. Potensial elektrokimia adalah potensi

termodinamika yang mengidentifikasi kemampuan reaksi elektroda dalam larutan. Peningkatan potensi termodinamika oleh 1V setara dengan mengubah suhu reaksi oleh 103K. Polarisasi elektroda dalam kisaran antara 2V dan 3V dianggap sebagai polarisasi yang sangat tinggi.

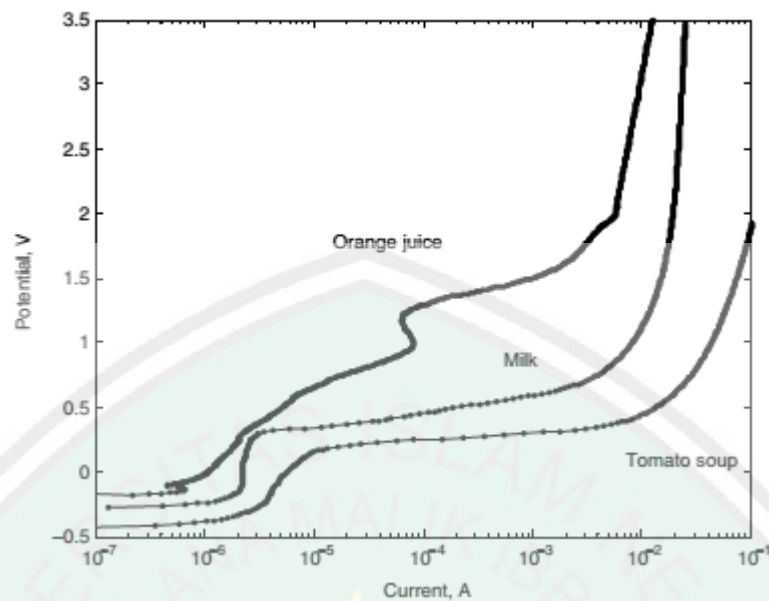
Meskipun kesamaan umum, kedua elektroda menunjukkan perilaku yang berbeda dalam media asam (jus jeruk) (Gambar 2.4). Pada daerah dengan rendah polarisasi aluminium menunjukkan perilaku yang lebih stabil dan aktivitas yang kurang korosif. Namun, untuk meningkatkan arus listrik melalui elektroda aluminium, seseorang harus mempertahankan tegangan yang sangat tinggi. Elektroda *stainless steel* dapat mendukung arus yang lebih tinggi karena rendahnya adsorbansi ion  $\text{HO}_3$  pada permukaan elektroda. Di daerah polarisasi tinggi kedua elektroda menunjukkan karakteristik volt-ampere serupa. Namun, *stainless steel* memiliki kurva dinamis potensial bergeser ke arah nilai-nilai yang lebih tinggi dari arus listrik, dan oleh karena itu lebih cocok untuk aplikasi PEF (*Pulse Electric Field*). Untuk aplikasi medan listrik rendah (*ohmic heating*) elektroda aluminium lebih disukai.

Komposisi produk makanan merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi proses elektrodik. Potensi karakteristik dinamis dari elektroda *stainless steel* pada jus jeruk, susu utuh, dan sup tomat digambarkan pada Gambar 2.4. Sup tomat memiliki karakteristik tipe korosi klasik yang mencakup wilayah *taffel* (adsorpsi) dan elektrodissolusi (korosi) dari bahan elektroda (Bockris dan Reddy, 1998). Jus jeruk memiliki karakteristik serupa kecuali dua wilayah ketidakstabilan tegangan saat ini, yang dapat dijelaskan dengan agregasi jus

terpolarisasi pada permukaan elektroda. Kurva dinamika potensial yang paling tidak biasa sesuai dengan perlakuan elektrokimia susu. Jenis kurva ini biasanya berhubungan dengan elektroda logam pasif. Pada polarisasi rendah potensi perilaku elektroda *stainless steel* dalam susu tidak berbeda dengan produk makanan lainnya. Peningkatan potensial menyebabkan pengendapan konstituen susu ke elektroda dan penyumbatan (passivasi) dari permukaannya. Dalam rezim polarisasi tinggi ketiga produk tersebut berperilaku sama.



Gambar 2.4 Polarisasi dari elektroda *stainless steel* dan aluminium dalam jus jeruk



Gambar 2.5 Kurva potensiodinamik dari elektroda *stainless steel* terpolarisasi untuk berbagai macam produk makanan

## 2.4 Daging Sapi

Daging merupakan komoditas pangan yang penting dalam memenuhi kebutuhan gizi. Selain mutu proteinnya tinggi, pada daging terdapat pula kandungan asam amino esensial yang lengkap dan seimbang. Jenis daging dapat dibedakan berdasarkan umur sapi yang disembelih. Adapun bagian-bagian potongan sapi dapat dilihat pada gambar berikut.

Daging sapi merupakan salah satu bahan pangan asal ternak yang mengandung nutrisi berupa air, protein, lemak, mineral dan sedikit karbohidrat dan menjadikan mudah mengalami kerusakan (Nurwantoro *et al.*, 2012). Bahan pangan asal ternak menjadi berbahaya dan tidak berguna apabila tidak aman, oleh karena itu, perlu penjagaan yang mutlak dalam keamanan pangan supaya menjadikan berguna bagi tubuh (Bahri, 2008). Komposisi daging sapi terdiri dari 19% protein, 5% lemak, 70% air, 3,5% zat-zat non protein, dan 2,5% mineral (Forrest, 1989).

Perbandingan komposisi daging dari sapi kambing ayam dan babi dapat dilihat pula dalam Tabel 2.2.

Daging sapi merupakan salah satu penunjang dari pada pangan yang memiliki kandungan gizi yang cukup besar diantaranya adalah air, protein, karbohidrat serta vitamin, karena memiliki jumlah protein yang lebih banyak maka konsumsi akan daging terus meningkat sesuai dengan kebutuhan konsumen. Daging sapi yang banyak dijual di pasaran terdiri dari berbagai jenis sapi ada jenis sapi lokal dan sapi impor, pada penelitian ini kita menggunakan daging sapi lokal (*Local Beef*) sebagai bahan untuk pengujian. Daging sapi lokal yang didapat dan akan diteliti dari Carefour dengan kondisi daging yang masih segar, dan memilih bagian penutup (*Top Side*) sebagai bahan uji.

Tabel 2.2 Komposisi Gizi Daging Ayam, Sapi dan Kambing (Departemen Kesehatan RI, 1995)

| Jenis Daging | Komposisi (gram) |      |       |
|--------------|------------------|------|-------|
|              | Protein          | Air  | Lemak |
| Ayam         | 18.2             | 55.9 | 25    |
| Domba        | 17.1             | 66.3 | 14.8  |
| Sapi         | 18.8             | 66   | 14    |
| Kambing      | 16.6             | 70.3 | 9.2   |

Daging sebagai sumber protein hewani memiliki nilai hayati (*biological value*) yang tinggi, mengandung 19% protein, 5% lemak, 70% air, 3,5% zat-zat non protein dan 2,5% mineral dan bahan-bahan lainnya (Forrest et al.1992). Komposisi daging menurut Lawrie (1991) terdiri atas 75% air, 18% protein, 3,5% lemak dan 3,5% zat-zat non protein, 9% lemak dan 1% abu. Jumlah ini akan berubah bila hewan digemukan yang akan menurunkan presentasi air dan protein serta meningkatkan presentase lemak (Romans et al. 1994).

Untuk menjaga kandungan yang terdapat pada daging sapi maka sering dilakukan beberapa langkah pengawetan yang diantaranya dengan pengeringan (*dehydration, drying*), pengasapan (*smoking*), penggaraman (*salting*), pengalengan (*canning*), pendinginan (*refrigeration*) dan pembekuan (*freezing*) (Hafriyanti dkk, 2008). Penurunan kualitas daging diindikasikan melalui perubahan warna, rasa, aroma bahkan pembusukan. Sebagian besar kerusakan daging disebabkan oleh penanganan yang kurang baik sehingga memberikan peluang hidup bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroba perusak yang berdampak pada menurunnya daya simpan dan nilai gizi daging.

Kontaminasi bakteri dapat menyebabkan perubahan warna dan bau. Selama proses memasak, warna daging dapat mengalami perubahan dan kurang menarik (Putra, 2008).

## **2.5 Efek PEF Terhadap Kadar Air Daging Sapi**

Efek PEF pada daging tergantung pada status *postmortem* daging. Suhu penyimpanan prarigor dapat mempengaruhi kecepatan dan besarnya pengempukan karena efek negatif suhu tinggi terhadap proses proteolisis postmortem. Keempukan daging yang distimulasi listrik maupun tidak distimulasi listrik dapat meningkat jika dipaparkan pada suhu prarigor sekitar 10-15°C dan menurun ketika dipaparkan pada suhu di atas 25°C atau di bawah 10°C (Devine et al., 2002).

Batas ambang kadar air daging sapi yaitu 65-80% (Winarno, 2006). Kadar air dalam daging segar tercatat memiliki rata-rata 75%, untuk batas normal antara 65-80% (Lawrie, 2003). Penurunan kadar air disebabkan karena adanya tekanan

osmosis. Tekanan osmosis merupakan pertukaran air antara sel dengan lingkungan karena perbedaan konsentrasi (Kuntoro, 2013). Kebusukan pada daging sapi berhubungan dengan kadar air yang ada, dengan terjadinya kebusukan menjadikan perubahan nilai kadar air (Suradi, 2012).

Penerapan PEF terhadap daging sapi dapat menyebabkan perubahan struktur miofibriler yang berperan untuk menurunkan WHC (*Water Holding Capacity*) otot, baik berupa kerusakan fisik (misalnya super kontraksi) atau oleh peningkatan suhu yang dapat mempengaruhi proteolisis sehingga meningkatkan kehilangan air.

Menurut Bekhit et al., 2014 *cooking loss* otot LL (*Longissimus lumbrom*) *hot-boned* yang diperlakukan PEF rata-rata lebih tinggi sebesar 1,2% lebih kehilangan berat dibandingkan sampel yang tidak diberi PEF. Hasil yang berbeda diperoleh untuk otot LL *cold-boned* yang memiliki *cooking loss* lebih kecil dibandingkan sampel kontrol yang tidak diberi perlakuan PEF

## 2.6 Pengukuran Kadar Air Metode Pengeringan



Gambar 2.6 Pengukuran dengan Metode Pengeringan

Pemeriksaan kadar air digunakan metode pengeringan atau oven (*Thermogravimetri*). Prosedur dan perhitungan kadar air dengan metode pengeringan oven adalah sebagai berikut : pertama-tama disiapkan cawan porselin yang telah diberi kode sampel, kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 100–105°C selama 1 jam. Setelah 1 jam, cawan porselin diambil dan dimasukkan dalam desikator 15 menit, kemudian cawan porselin diambil dan dimasukkan dalam desikator 15 menit, kemudian cawan porselin ditimbang. Sampel sebanyak 1-2 gram ditimbang dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 –105°C selama 4 – 6 jam, setelah di oven sampel ditimbang hingga tercapai bobot konstan, jika belum konstan sampel dimasukkan ke dalam oven lagi selama 1 jam, dimasukkan desikator, kemudian lakukan penimbangan hingga tercapai bobot konstan. Bobot dianggap konstan apabila selisih penimbangan tidak melebihi 0,2 miligram. Setelah didapatkan bobot konstan kadar air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Shofiyatun, 2012):

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Sampel awal (g)} - \text{Berat sampel akhir (g)}}{\text{Berat sampel awal (g)}} \times 100\% \text{ (pers.2.5)}$$

## 2.7 Efek PEF terhadap Kadar Lemak Daging Sapi

Kualitas kimia daging dipengaruhi oleh faktor sebelum dan setelah pemotongan. Faktor sebelum pemotongan yang dapat mempengaruhi kualitas daging adalah genetik, spesies, bangsa, tipe ternak, jenis kelamin, umur, pakan dan bahan aditif (hormon, antibiotik, dan mineral), serta keadaan stres. Faktor setelah pemotongan meliputi kualitas kadar air, kadar lemak, dan kadar protein. Rata-rata komposisi kimia daging sapi yaitu protein bervariasi antara 16-22%, lemak 1,5-13%,

senyawa nitrogen non protein 1,5%, senyawa anorganik 1%, karbohidrat 0,5%, dan air antara 65-80% (Soeparno, 2005).

Berdasarkan penelitian terdahulu dari (Khotibul Umam, 2016) yang berjudul “Potensi Teknologi Medan Pulsa Listrik untuk Memperbaiki Kualitas Daging: Sebuah Ulasan”. Disebutkan bahwa teknologi PEF lebih banyak diterapkan pada bahan pangan cairan yang mana seperti susu skim. Pada susu dengan konsentrasi lemak yang ditingkatkan (sekitar 35% lemak, pH 6,7) maka perlakuan PEF yang diberikan cenderung memisahkan agregat globula lemak yang besar tanpa mengubah rata rata diameter globula atau permukaan antarmuka. Dengan demikian pulsa listrik sedikit mendispersikan tetesan minyak yang berukuran besar menjadi tetesan minyak berukuran lebih kecil yang seragam pada emulsi dengan pH 6.

## 2.8 Pengukuran Kadar Lemak Metode *Soxhlet*



Gambar 2.7 Perangkat *Soxhlet*

Kadar lemak diukur menggunakan metode ekstraksi *Soxhlet* (Gambar 2.7). Labu lemak yang akan digunakan dibersihkan dan dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C selama 15 menit. Kemudian didinginkan dalam desikator. Sampel ditimbang dalam bentuk kering dibungkus dengan kertas saring, kemudian dimasukkan ke dalam labu *soxhlet*. Alat kondensator diletakkan di atas labu. Pelarut heksana dimasukkan ke dalam labu lemak secukupnya. Selanjutnya dilakukan refluks 6 jam sampai pelarut yang turun kembali ke dalam lemak berwarna jernih.

Pelarut yang ada dalam lemak didestilasi dan pelarut ditampung kembali. Labu yang berisi lemak hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven 105°C untuk menguapkan sisa pelarut hingga mencapai berat konstan, kemudian didinginkan dalam desikator. Selanjutnya labu beserta lemak di dalamnya ditimbang. Berat lemak diketahui menggunakan persamaan berikut (Shofiyatun, 2012):

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat lemak (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \quad (\text{pers. 2.6})$$

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Desain Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorik, karena data yang diperlukan bersifat data yang diambil langsung dari objek penelitian. Dalam penelitian ini sampel yang digunakan adalah daging sapi yang diberi perlakuan medan listrik berpulsa untuk menentukan kadar air dan kadar lemak. Untuk prosedur penelitian lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2 dan berikut penjelasan alat dan bahan.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sedangkan waktu penelitian di mulai pada tanggal 26 Maret-18 April 2019.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

Adapun alat-alat yang digunakan adalah :

1. Power supply 12 V 5 A
2. Oscilloscope
3. Transformator
4. Coil sepeda motor
5. Komponen elektronika pendukung
  - a. Transistor
  - b. Kapasitor (Elektroda Plat Aluminium ukuran 7x7 cm<sup>2</sup>)

- c. Resistor
- d. Dioda
- e. IC555
- f. Kabel pelangi
- g. Kabel penghubung
- h. Potensiometer

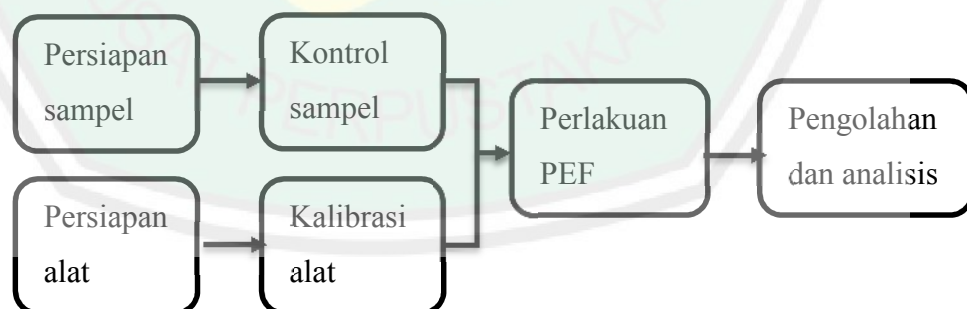
#### 6. Aluminium foil

Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah :

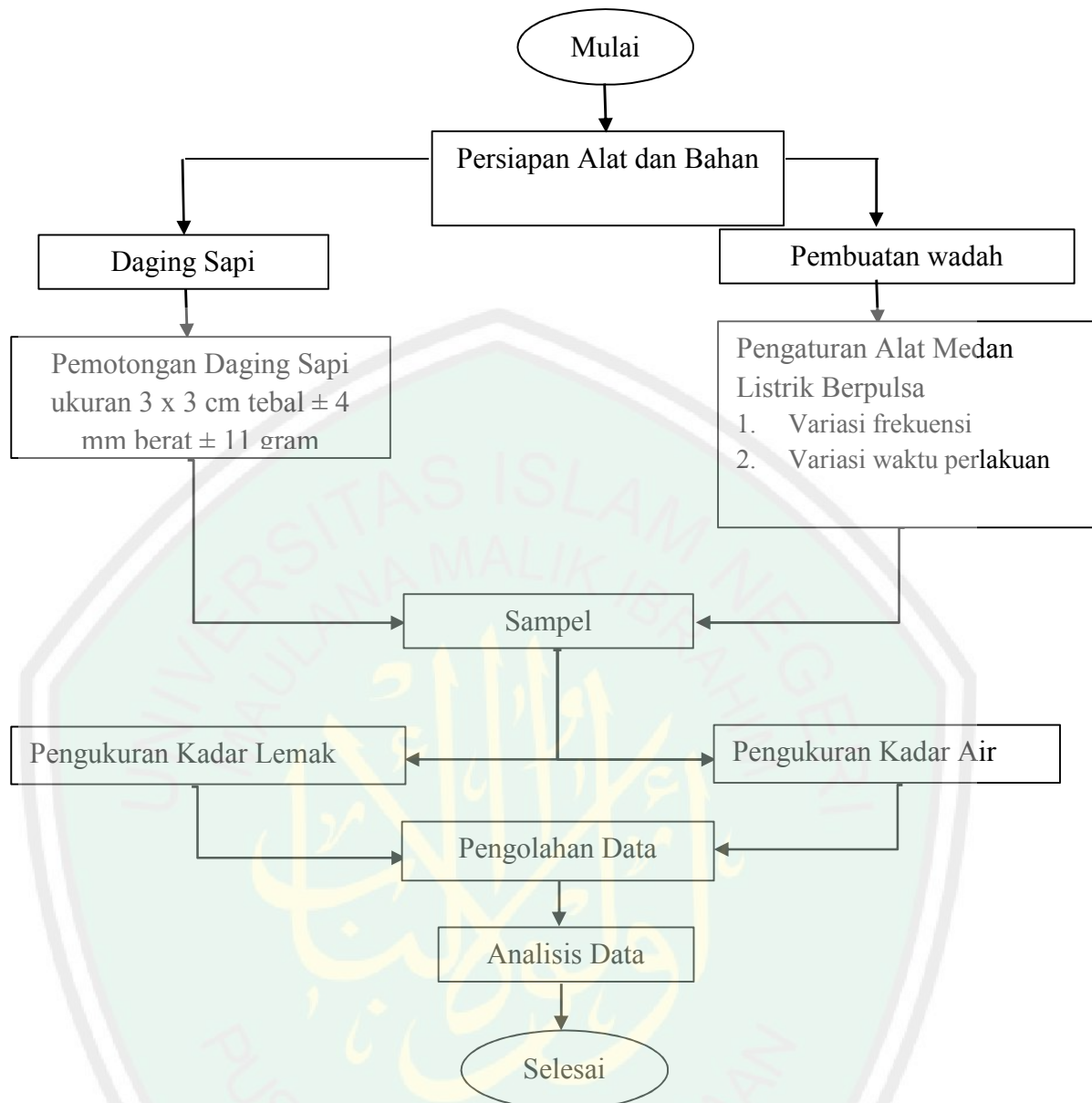
1. Daging sapi sebagai sample ukuran  $3 \times 3 \text{ cm}^2$  tebal  $\pm 4 \text{ mm}$
2. Aquades 0,7
3. Alkohol 70%

### 3.4 Tahap dan Alur Penelitian

Penelitian mengenai “Pengaruh Medan Listrik Berpulsa Terhadap Kadar Lemak dan Kadar Air pada Daging Sapi”. Melalui berbagai proses sebagai berikut :



Gambar 3.1 Tahap dan Alur Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Perancangan Alat

Rancangan alat medan listrik berpulsa (PEF) ini akan di bagi menjadi 2 bagian yaitu wadah perlakuan (*Treatment Chamber*) dan pembangkit pulsa tegangan tinggi.

#### 3.5.1 Perancangan Pembangkit Pulsa Tegangan Tinggi

Pembangkit pulsa tegangan tinggi merupakan bagian yang sangat penting pada penelitian ini. Secara garis besar perancangan pembangkit pulsa tegangan

tinggi pada PEF menggunakan prinsip dasar dari rangkaian CDI ini terdiri atas empat rangkaian :

- a. Rangkaian power supply. Rangkaian ini digunakan untuk menyediakan arus dari listrik sehingga tidak memerlukan power supply pabrik.
- b. Rangkaian tegangan tinggi. Berupa rangkaian pembangkit pulsa, dengan memvariasi frekuensi menggunakan IC555 sebagai timernya.
- c. Rangkaian Kemudi (*Driver*). Rangkaian ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi keluaran dari rangkaian tegangan tinggi. Arus dan frekuensi ini digunakan untuk membangkitkan tegangan tinggi pada coil.
- d. Rangkaian Pembangkit tegangan tinggi. Rangkaian ini menggunakan coil sepeda motor sebagai komponennya.

Prinsip kerja dari rangkaian ini sama dengan rangkaian tegangan tinggi yaitu pertama pembuatan power supply manual dari trafo 5A dengan tegangan keluaran 5V, hal ini untuk menyuplai tegangan secara konsisten dan mempermudah dalam mengalirkan arus pada rangkaian. Setelah itu masuk pada rangkaian utama tegangan tinggi yang menggunakan IC555 sebagai timer. Arus yang awalnya DC diperoleh dari power supply kemudian di ubah kembali menjadi arus AC dengan bantuan trafo 500mA. Dari trafo tegangan yang dihasilkan semakin tinggi sehingga disimpan pada kapasitor yang akan dinaikkan dengan transistor sebelum masuk pada coil atau akan dinaikkan sekitar 10.000V.

Sehingga, ketika kedua ujungnya didekatkan akan menimbulkan loncatan bunga api.

Sedangkan untuk driver atau pengendali pada rangkaian ini ditambahkan IC555 yang berfungsi sebagai timer untuk potensiometer. Dimana, potensiometer ini dapat berfungsi untuk memvariasikan frekuensi yang akan menyebabkan loncatan bunga api semakin cepat jika frekuensi yang dihasilkan semakin tinggi dalam persatuan detik.

### **3.5.2 Perancangan Wadah Perlakuan**

Ruang perlakuan ini merupakan tempat untuk berlangsungnya proses pengejutan tegangan tinggi menggunakan medan listrik berpulsa atau *pulsed electric voltage*. Menggunakan keping sejajar berbahan aluminium, pemilihan bahan ini karena aluminium termasuk salah satu konduktor yang baik sehingga di upayakan dapat menghantarkan medan listrik yang tinggi. Penggunaan keping sejajar lebih efisien jika bentuk ruang perlakuan adalah balok dimungkinkan akan menghasilkan tegangan yang lebih merata dan intensif lebih besar dengan panjang 3cm, lebar 5cm, dan tinggi 13cm.

### **3.5.3 Pengujian alat**

Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik dan benar. Selain itu, juga dapat untuk mengetahui berapa tegangan keluaran yang akan didapatkan dari rangkaian ini. Pengujian pertama yaitu dengan mengecek gelombang keluaran pada oscilloscope pada setiap bagian rangkaian. Dimana pada rangkaian ini terdapat 2 bagian yang digunakan untuk

mengetahui keluaran gelombang, yaitu pada masing masing kaki 3 IC555 yang akan menunjukkan bahwa alat berjalan dengan lancar.

IC555 yang pertama untuk menguji komponen secara keseluruhan sebelum diubah arus pada trafo 500mA. Sedangkan untuk IC555 yang lain yaitu menguji pada potensiometer dapat digunakan dengan benar, fungsi dari potensiometer sendiri untuk memvariasikan frekuensi. Setelah alat dapat mengeluarkan gelombang yang benar maka selanjutnya ialah pengujian tegangan keluaran. Pengujian tegangan keluaran ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Hal ini dikarenakan tegangan yang akan dihasilkan sangat tinggi sehingga alat yang ada hanya di Laboratorium tersebut.

### 3.6 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini divariasikan pada waktu dan kuat medan listrik yang diberikan pada daging sapi yang diamati. Variasi lama waktu perlakuan selama 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit dengan frekuensi konstan sebesar 100Hz, serta variasi terhadap besar kecilnya frekuensi yaitu 20Hz, 40Hz, 60Hz, 80Hz dan 100Hz dengan waktu konstan 25 menit pada masing-masing sampel daging.

Tabel 3.1 Pengambilan data sampel pada konstan waktu ( $t=25$  menit)

| No. | Frekuensi (Hz) | Kadar Lemak (gram) | Kadar Air (gram) |
|-----|----------------|--------------------|------------------|
| 1   | 0              |                    |                  |
| 2   | 20             |                    |                  |
| 3   | 40             |                    |                  |
| 4   | 60             |                    |                  |
| 5   | 80             |                    |                  |
| 6   | 100            |                    |                  |

Tabel 3.2 Pengambilan data sampel pada konstan frekuensi ( $f=100$  Hertz)

| No. | Waktu (menit) | Kadar Lemak (gram) | Kadar Air (gram) |
|-----|---------------|--------------------|------------------|
| 1   | 0             |                    |                  |
| 2   | 15            |                    |                  |
| 3   | 20            |                    |                  |
| 4   | 25            |                    |                  |
| 5   | 30            |                    |                  |



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Proses Pengambilan Data

Pemberian perlakuan PEF terhadap masing-masing sampel daging diberikan arus DC. Penggunaan alat deaktivator IC555 sebagai osilator dan coil mobil sebagai pengapian, menghasilkan tegangan keluaran (V) 18 kV dan medan listrik (E) 5 kV/cm. Perlakuan PEF memiliki 2 tahapan yaitu: 1). Variasi pengaturan frekuensi 20Hz, 40Hz, 60Hz, 80Hz dan 100Hz dengan waktu perlakuan (t) konstan selama 25 menit. 2). Variasi waktu perlakuan selama 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit dengan pengaturan frekuensi (f) pada alat konstan sebesar 100 Hertz.

### 4.2 Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Medan listrik berpulsa pada waktu (t) konstan 25 menit

| No. | Frekuensi (Hz) | Kadar Lemak (gram) | Kadar Air (gram) |
|-----|----------------|--------------------|------------------|
| 1   | 0              | 1,540              | 7,200            |
| 2   | 20             | 1,540              | 5,667            |
| 3   | 40             | 1,537              | 4,881            |
| 4   | 60             | 1,524              | 4,002            |
| 5   | 80             | 1,524              | 3,282            |
| 6   | 100            | 1,520              | 2,689            |

Penelitian yang berjudul “Pengaruh medan listrik berpulsa (*Pulsed Electrical Field*) terhadap kadar lemak dan kadar air pada daging sapi” ini didapatkan beberapa data. Kadar lemak dan kadar air sampel kontrol diperoleh 1,540 gram dan 7,200 gram. Pada waktu perlakuan (t) konstan selama 25 menit, dengan kode untuk sampel secara berurutan f20 memiliki kadar lemak 1,540 gram dengan kadar air 5,667 gram. Sampel f40 memiliki kadar lemak 1,537 gram dengan kadar air 4,881 gram. Sampel f60 memiliki kadar lemak 1,524 gram dengan kadar air 4,002 gram. Sampel f80 memiliki kadar lemak 1,524 gram dengan kadar air

3,282 gram. Sampel f100 memiliki kadar lemak 1,520 gram dengan kadar air 2,689 gram. Sebagaimana tabel 4.1 kadar lemak masing-masing sampel mengalami penurunan yang kecil sehingga dapat diabaikan, sementara kadar air masing-masing sampel mengalami penurunan yang besar. Penurunan kadar air maksimum pada sampel f100 dengan selisih terhadap f0 (kontrol) sebesar 4,511 gram, pada sampel f100 pula kadar lemak memiliki nilai terkecil yakni 1,520 gram. Jika frekuensi medan listrik berpulsa naik pada waktu konstan (25 menit) maka memiliki pengaruh terhadap kadar air daging sapi yang signifikan, akan tetapi tidak memiliki pengaruh terhadap kadar lemak daging sapi.

Tabel 4.2 Medan listrik berpulsa pada frekuensi (f) konstan 100 Hz

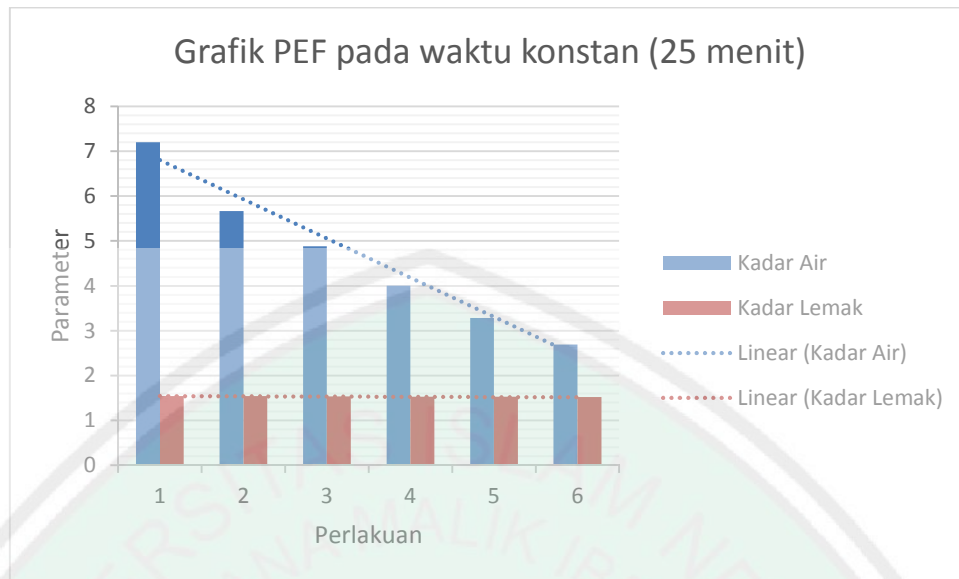
| No. | Waktu (menit) | Kadar Lemak (gram) | Kadar Air (gram) |
|-----|---------------|--------------------|------------------|
| 1   | 0             | 1,540              | 7,200            |
| 2   | 15            | 1,540              | 5,820            |
| 3   | 20            | 1,531              | 4,301            |
| 4   | 25            | 1,520              | 2,689            |
| 5   | 30            | 1,519              | 2,520            |

Pengaturan frekuensi (f) konstan 100 Hz, dengan kode untuk sampel secara berurutan t15 memiliki kadar lemak 1,540 gram dengan kadar air 5,820 gram. Sampel t20 memiliki kadar lemak 1,531 gram dengan kadar air 4,301 gram. Sampel t25 memiliki kadar lemak 1,520 gram dengan kadar air 2,689 gram. Sampel t30 memiliki kadar lemak 1,519 gram dengan kadar air 2,520 gram. Sebagaimana tabel 4.2 kadar lemak masing-masing sampel mengalami penurunan yang kecil sehingga dapat diabaikan, sementara kadar air masing-masing sampel mengalami penurunan yang besar. Penurunan kadar air maksimum pada sampel t30 dengan selisih terhadap t0 (kontrol) sebesar 4,680 gram, pada sampel t30 pula kadar lemak memiliki nilai terkecil yakni 1,519 gram. Jika waktu naik pada frekuensi medan

listrik berpulsa konstan (100 Hz) maka memiliki pengaruh terhadap kadar air daging sapi yang signifikan, akan tetapi tidak memiliki pengaruh terhadap kadar lemak daging sapi.

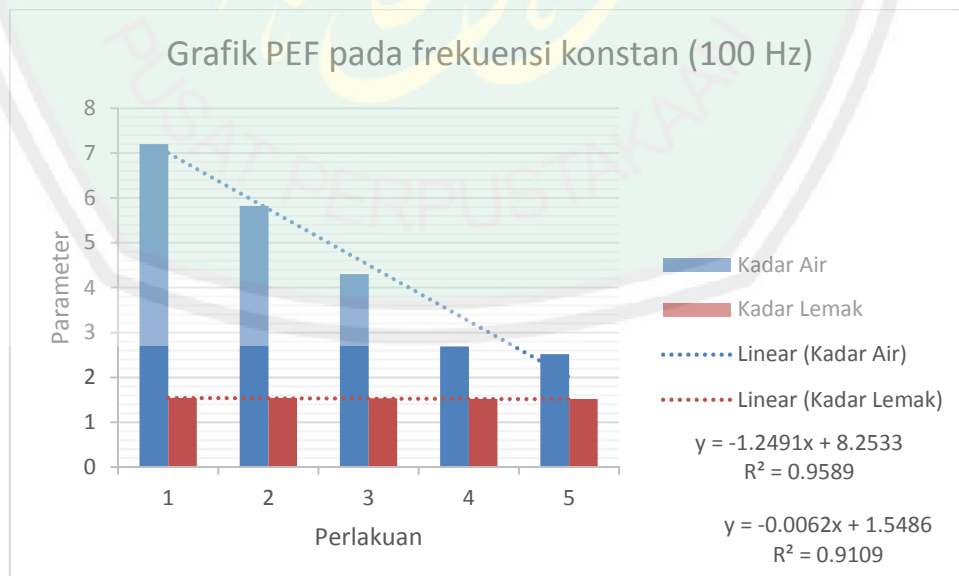
Berdasarkan tabel 2.2 menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia bahwasanya komposisi gizi utamanya kadar air dan kadar lemak daging sapi per 100 gram secara berurutan memiliki 66 gram dan 14 gram. Dibandingkan dengan hasil penelitian, termasuk dalam kategori masih layak konsumsi karena lemak yang dikandung dalam daging sapi berubah sangat kecil, sehingga dapat dikatakan konstan dan daging sapi berperlakuan PEF hanya berpengaruh terhadap kadar airnya. Sesuai dengan Umam (2016) bahwa PEF menyebabkan penurunan *Water Holding Capacity* (WHC) daging. Lebih lanjut pengerutan dan kontraksi miofibriler sebagaimana denaturasi myosin dapat meningkatkan kehilangan drip (*drip loss*). Penerapan PEF dapat menyebabkan perubahan struktur miofibriler yang berperan untuk menurunkan WHC otot, baik berupa kerusakan fisik (berupa super kontraksi) atau oleh peningkatan suhu yang dapat mempengaruhi proteolisis sehingga kadar air daging sapi berkurang signifikan.

Berdasarkan perolehan data dari tabel 4.1 dan tabel 4.2 jika disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Grafik 4.1 Diagram batang kadar air dan kadar lemak terhadap frekuensi

Nilai kadar air terlihat mengalami penurunan terhadap frekuensi secara bertahap mulai dari frekuensi 20 Hertz sampai 100 Hertz. Penurunan maksimum dari garis linearnya terjadi pada awal perlakuan yakni pada frekuensi 20 Hertz. Nilai kadar lemak tidak mengalami perubahan meskipun frekuensi tertinggi dari medan listrik berpulsa diberikan.



Grafik 4.2 Digram batang kadar air dan kadar lemak terhadap waktu

Nilai kadar air secara umum mengalami penurunan terhadap waktu secara bertahap. Perlakuan dengan waktu terkecil yaitu 15 menit terjadi simpangan dari garis linearnya terjadi sama halnya dengan perlakuan selama 25 menit. Nilai kadar lemak tidak mengalami perubahan meski diberi perlakuan terlalu lama dari medan listrik berpulsa yaitu 30 menit.

Medan listrik berpulsa terhadap daging sapi meningkatkan keempukan daging sapi sebagai akibat dari perubahan struktur miofibriler. Perlakuan medan listrik berpulsa menghambat pertumbuhan bakteri yang merusak, sehingga daging sapi lebih tahan lama dan menjadikan daging sapi lebih empuk dari sebelumnya.

#### 4.3 Integrasi dalam Al-Qur'an

سُبْحَنَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُثْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ ﴿٣٦﴾

*“Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui” (QS. Yasin (36): Ayat 36).*

Tafsir ayat di atas menurut Kementerian Agama RI yaitu Maha Suci Allah yang telah menciptakan pasangan-pasangan yang berjenis-jenis (semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi) berupa biji-bijian dan lain-lainnya (dan dari diri mereka) yaitu jenis pria dan wanita (maupun dari apa yang tidak mereka ketahui) yaitu makhluk-makhluk yang ajaib dan aneh.

Al-Azwaaj dalam ayat ini dijelaskan oleh para Ulama' memiliki makna berpasang-pasangan atau berjenis-jenis, sebagaimana disebutkan dalam Tafsir al-Jalalain. Sedangkan dalam ilmu fisika kata Al-Azwaaj diibaratkan dengan pasangan positron ( $e^+$ ) dan elektron ( $e^-$ ) yang memiliki muatan berlawanan. Ketika pasangan  $e^+$  dan  $e^-$  memiliki jarak berdekatan, maka terjadi interaksi antar keduanya sehingga

menghasilkan medan listrik. Sistem tempat perlakuan teknologi PEF yang digunakan dalam penelitian ini berupa kapasitor plat sejajar, sebagaimana prinsip medan listrik oleh pasangan positron dan elektron.

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُبِينٌ



*“ Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik, dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu” (Q.S Al-Baqarah: 168).*

Tafsir QS. Al-Baqarah (2) : 168 oleh Muhammad Quraish Shihab ditafsirkan bahwa “Wahai manusia, makanlah apa yang Kami ciptakan di bumi dari segala yang halal yang tidak Kami haramkan dan yang baik-baik yang disukai manusia. Janganlah mengikuti jejak langkah setan yang merayu kalian agar memakan yang haram atau menghalalkan yang haram. Kalian sesungguhnya telah mengetahui permusuhan dan kejahatan-kejahatan setan”.

Di sisi lain, Allah dalam ayat 168 menyatakan semua apa yang ada di bumi ini boleh dimakan asal halal dan thoyyib itu berarti bukan semua yang ada di bumi ini boleh kita makan. Asbabun nuzul dari ayat 168 diterangkan nasib orang (suatu kaum) yang mempersekutukan Tuhan yang telah menetapkan hukum-hukum dan mengharamkan apa yang tidak diharamkan Allah, dan membuat peraturan-peraturan menurut hawa nafsu mereka dan mengikuti langkah-langkah setan. Lafadz “halaalan” diberi sifat tayyiban”, artinya makanan yang dihalalkan oleh Allah adalah makanan yang baik bagi tubuh.

Upaya manusia mewujudkan makanan yang “tayyib” salah satu caranya menggunakan teknologi PEF. Berdasarkan hasil penelitian, kandungan lemak pada daging sapi tidak mengalami penurunan terhadap variasi frekuensi ataupun waktu, sementara kandungan air pada daging sapi mengalami penurunan maksimum terhadap variasi frekuensi senilai 4,511 gram dan penurunan maksimum terhadap variasi waktu senilai 4,680 gram. Penurunan kandungan air ini, menjadikan daging sapi memiliki ketahanan atau masa simpan lebih lama. Analoginya daging sapi dengan PEF seperti kue kering, sementara daging sapi tanpa PEF seperti kue basah.



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Pada penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- 1). Pengaruh medan listrik berpulsa terhadap daging sapi menurunkan kadar lemak senilai  $f \leq 0,020$  gram dan  $t \leq 0,021$  gram.
- 2). Pengaruh medan listrik berpulsa terhadap daging sapi menurunkan kadar air senilai  $f \leq 4,511$  gram dan  $t \leq 4,680$  gram.

### **5.2 Saran**

Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan beberapa hal tentang teknologi medan listrik berpulsa, yaitu :

- 1). Pengujian pengaruh medan listrik berpulsa tidak hanya sifat kimia saja, pengujian terhadap sifat fisik juga dibutuhkan, khususnya terhadap bahan makanan padat. Pengaruh medan listrik berpulsa dapat digunakan bahan makanan padat lain misalnya, daging unggas, atau daging ikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an Al-Karim, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia. 2017.
- Al-Awwaly, Khatibul Umam. 2016. Potensi Teknologi Medan Pulsa Listrik untuk Memperbaiki Kualitas Daging: Sebuah Ulasan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 11-32. ISSN : 1978-0303.
- Al-Mahalli, Imam Jalaluddin As-Suyuti. 2007. Tafsir Jalalain. Terjemahan Bahrur Abubakar. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Bahri, S. 2008. Beberapa Aspek Keamanan Pangan Asal Ternak di Indonesia<sup>1)</sup>, *Pengembangan Inovasi Pertanian I* (3). 2008: 225-242.
- Barbosa-Canovas GV, Gongora MM, Pothakamury UR, et al. 1999. *Preservation of foods with pulsed electric fields*. San Diego, USA: Academic Press.
- Barbosa-Canovas, G., dan H. Zhang. 2001. *PEF in food processing*. Lancaster, UK: Technomic.
- Bekhit, A. E. D., R.. van de Ven, V. Suwandy, F. Fahri, and D. L.Hopkins. 2014. *Effect of pulsed electric field treatment on coldboned muscles on different potential tenderness*. *Food and Bioprocess Technology*, 7:3136–3146.
- Bockris, J., dan A. Reddy. 1998. *Modern Electrochemistry*, Vol. 1. New York, USA: Plenum Press.
- Changjiang, W., Q. H. Zhang, dan C. Streaker. 2000. *A 12kV solid state high voltage pulse generator for a bench top PEF machine*. *Proceedings IEPMC*: 1347-52.
- Devine, C. E., S. R. Payne, B.M.. Peachey, T. E. Lowe, Ingram, and C. J. Cook, 2002. *High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing*. *Meat Science*, 60:141–146.
- Dunn, J., dan J. Pearlmann. 1987. *Methods and apparatus of extending the shelf-life of fluid food products*. USA patent 4.695,472.
- Elez-Martinez, P., A. Sobrino-Lopez, R.Soliva-Fortuny, and O. Martin Belloso. 2012. *Pulsed electric field processing of fluid foods*. In B. K. T. P. J. Cullen, & Vasilis Valdramidis (Eds.), *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*. London, UK: Elsevier Incorporation.

- Forrest, J. C., Judge, M. D., E. D. Aberle, Hedrick. H. B dan R. A. Merkol. 1989. *Principles of Meat Science*, Kendall/Hunt.Publishing Co. Dubugue, Iowa.
- Gongora-Nieto, M. M., F. Younce, G. M. Hyde, P. D. Pedrow, B. G. Swanson, dan G. V. Barbosa-Canovas. 2002. *Metrology system for pulsed electric fields processing*. Innovative Food Science & Emerging Technologies 3:337-348.
- Griffiths, M., Ho, S., dan J. Cross. 1995. *Inactivation of pseudomonas flourescens by high voltage electric pulses*. J Food Sci. 60:1337.
- Hafriyanti, Hidayati. Elfawati. 2008. Kualitas Daging Sapi dengan Kemasan Plastik PE (Polyethilen) dan Plastik PP (Polypropylen) di Pasar Arengka Kota Pekanbaru, 2008. 22-23
- Kuntoro, B., Maheswari, RR dan Nuraini , H. 2013. Mutu Fisik dan Mikroorganisme Daging Sapi Asal rumah Potong Hewan (RPH) Kota Pekan Baru. Jurnal Peternakan, 10 (1), 1-8.
- Lawrie, R.A. 1991. *Meat Science. 4th Ed.* Oxford: Pergamon Press.
- Lawrie, R.A. 2003. Ilmu Daging edisi V, Terjemahan Aminuddin Parakasi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Love, P. 1998. *Correlation of fourier transforms of pulsed electric field waveform and microorganism inactivation*. IEEE Transactions on Dielectric and Electrical Insulation 5:142.
- Lubicki, P., dan S. Jayaram. 1997. *High voltage pulse application for the destruction of the Gram-negative bacterium Yersinia enterocolitica*. Bioelectrochemistry and Bioenergetics 43:135-141.
- Mawaddah, Amiliyatul dan Farid Samsu Hananto. 2016. Rancang Bangun Medan Listrik Berpulsa dengan Elektroda Keping Sejajar sebagai Alat Deaktifator Bakteri (Studi Kasus pada Susu Kemasan). Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya Vol. X, No. X.
- Nurwantoro, V.P. Bintoro, A.M. Legowo, dan A. Purnomoadi. 2012. Pengolahan Daging Dengan Sistem Marinasi Untuk Meningkatkan Keamanan Pangan dan Nilai Tambah. J. Wartazoa. 2(22):72-78.
- O'Dowd, L. P., J. M. Arimi, F. Noci, D. A. Cronin, and J. G. Lyng. 2013. *An assessment of the effect of pulsed electrical fields on tenderness and selected quality attributes of post rigour beef muscle*. Meat Science, 93(2):303–309.

Putra, A. 2008. Pengaruh Penambahan Probiotik terhadap Kualitas Daging (Skripsi). Medan: Universitas Sumatera Utara.

Profil Kesehatan Indonesia. 1995. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Romans, J.R., J.C. William, C.W. Carlos, L.G., Marion and K.W. Jones. 1994. *The Meat We Eat*. 13<sup>rd</sup> Ed. Interstate Publishers Inc. Danville. Illinois.

Roodenburg, Bart. 2011. *Pulsed Electric Field treatment of packaged food*. Netherlands: Ridderkerk.

Shihab, Quraish. 2002. Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an. Jakarta: Lentera Hati.

Shofiyatun, Nur Fitri. 2012. Optimasi Proses Penggorengan Vakum (*Vacuum Frying*) Keripik Daging Sapi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Soeparno. 2005. Ilmu dan Taknologi daging. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2018. <http://ditjenpkh.pertanian.go.id> Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Republik Indonesia.

Suradi, Kusmajadi. 2012. Pengaruh lama penyimpanan pada suhu ruang terhadap perubahan nilai ph, tvb dan total bakteri daging kerbau. Jurnal ilmu ternak. Vol. 12 Issue 2.

Tipler, P. 1991. Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Winarno, F.G. 2006. Kimia Pangan dan Gizi. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Zhang, Q., G. Barbosa-Canovas, dan B. Swanson. 1995. *Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization*. J Food Eng 25:261-291.



# LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data pengujian sampel *Pulsed Electric Field*

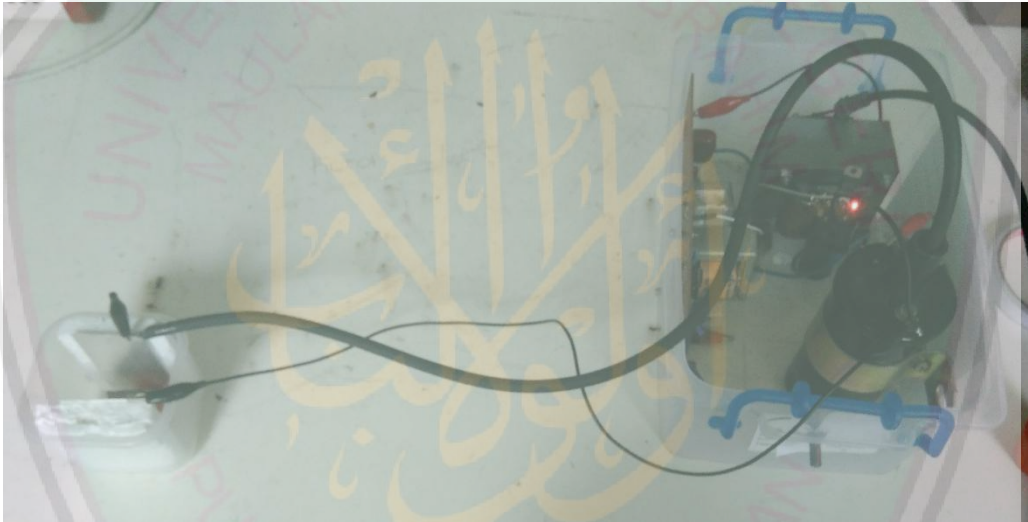
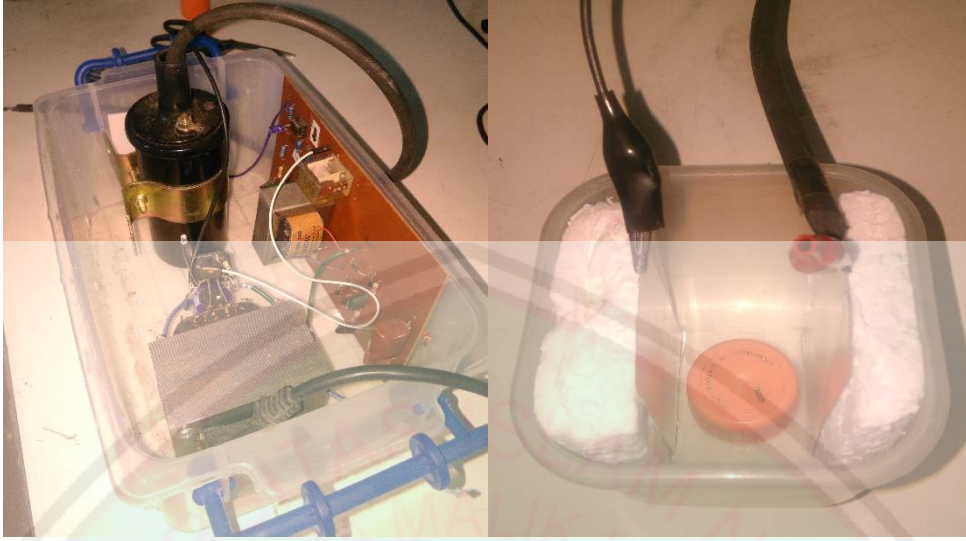
Data pengujian sampel PEF pada pengaturan waktu konstan ( $t=25$  menit)

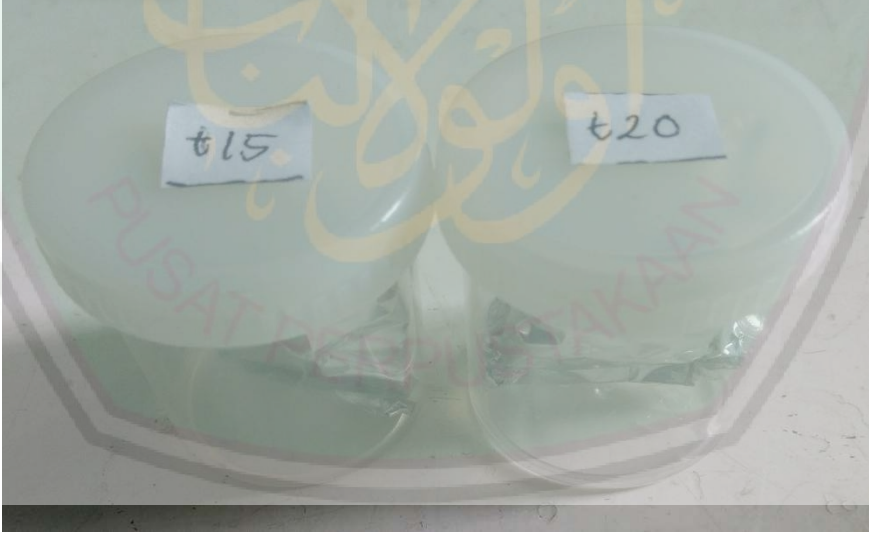
| No. | Frekuensi (Hz) | Kadar Lemak (gram) | Kadar Air (gram) |
|-----|----------------|--------------------|------------------|
| 1   | 0              | 1,540              | 7,200            |
| 2   | 20             | 1,540              | 5,667            |
| 3   | 40             | 1,537              | 4,881            |
| 4   | 60             | 1,524              | 4,002            |
| 5   | 80             | 1,524              | 3,282            |
| 6   | 100            | 1,520              | 2,689            |

Data pengujian sampel PEF pada pengaturan frekuensi konstan ( $f=100$  Hertz)

| No. | Waktu (menit) | Kadar Lemak (gram) | Kadar Air (gram) |
|-----|---------------|--------------------|------------------|
| 1   | 0             | 1,540              | 7,200            |
| 2   | 15            | 1,540              | 5,820            |
| 3   | 20            | 1,531              | 4,301            |
| 4   | 25            | 1,520              | 2,689            |
| 5   | 30            | 1,519              | 2,520            |

## Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian







**KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : **Muhammad Farihul Amin**  
NIM : **12640065**  
Fakultas/ Jurusan : **Sains dan Teknologi / Fisika**  
Judul Skripsi : **Pengaruh Medan Listrik Berpulsa (*Pulsed Electric Field*) Terhadap Kadar Lemak dan Kadar Air Daging Sapi**  
Pembimbing I : **Farid Samsu Hananto, M.T**  
Pembimbing II : **Erika Rani, M.Si**

| No | Tanggal       | HAL                                   | Tanda Tangan |
|----|---------------|---------------------------------------|--------------|
| 1  | 25 Maret 2019 | Konsultasi Bab I                      |              |
| 2  | 27 Maret 2019 | Konsultasi Bab II                     |              |
| 3  | 29 Maret 2019 | Konsultasi Bab III                    |              |
| 4  | 1 April 2019  | Konsultasi Data                       |              |
| 5  | 4 April 2019  | Konsultasi Pengolahan Data            |              |
| 6  | 19 April 2019 | Konsultasi Hasil Analisa              |              |
| 7  | 24 Mei 2019   | Konsultasi Kajian Agama               |              |
| 8  | 27 Mei 2019   | Konsultasi Bab IV dan V               |              |
| 9  | 11 Juni 2019  | Konsultasi Kajian Agama dan Acc       |              |
| 10 | 14 Juni 2019  | Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc |              |

Malang, Juni 2019  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,  
  
**Dr. Abdul Basid, M.Si**  
NIP. 19650504 199003 1 003