



**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH DAN KADAR AIR PADA PROSES PEMBUATAN KEJU JENIS *CREAM CHEESE***

**SKRIPSI**

Oleh:

**Andika Kristinawati  
NIM 110210152002**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH DAN KADAR AIR PADA PROSES PEMBUATAN KEJU JENIS *CREAM CHEESE***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh:

**Andika Kristinawati**  
**NIM 110210152002**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA**  
**JURUSAN PENDIDIKAN MIPA**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2015**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Jarmina dan Ayahanda Setu Prayitno tercinta. Terimakasih atas untaian do'a yang telah mengiringi setiap langkah dalam menggapai cita, dukungan, kesabaran, perjuangan, pengorbanan serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Kakak tersayang Agus Priyangga yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam segala hal;
3. Guru-guruku sejak TK sampai SMA serta dosen-dosenku yang telah memberikan ilmu, membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati;
4. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

**MOTTO**

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat 11)<sup>\*)</sup>

Kesuksesan adalah gabungan dari usaha-usaha kecil yang senantiasa dikerjakan dari hari ke hari.<sup>\*\*)</sup>

---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Al-Quran dan Terjemahannya*. Solo: Qomari

<sup>\*\*)</sup> Christian Slater dalam Santosa. 2009. *100% Prinsip dan Motivasi Meraih Sukses*. Yogyakarta: Azna Books

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Andika Kristinawati

NIM : 110210102010

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*” adalah benar-benar asli karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 8 Juni 2015

Yang menyatakan,

Andika Kristinawati  
NIM 110210102010

**SKRIPSI**

**PENGARUH LAMA PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH DAN KADAR AIR PADA PROSES PEMBUATAN KEJU JENIS *CREAM CHEESE***

Oleh

Andika Kristinawati  
NIM 110210102010

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : Dr. Sudarti, M.Kes

Dosen Pembimbing II : Mochammad Iqbal, S.Pd., M.Pd.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

hari : Jumat

tanggal : 3 Juli 2015

tempat : Fakultas Keguruan dan Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

**Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.**  
NIP. 196204011987021001

**Mochammad Iqbal, S.Pd., M.Pd.**  
NIP. 198801202012121001

Anggota I,

Anggota II,

**Dr. Sudarti, M.Kes.**  
NIP. 196201231988022001

**Dr. Drs. Agus Abdul Gani, M.Si.**  
NIP. 195708011984031004

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember,

**Prof. Dr. Sunardi, M.Pd**  
NIP. 195405011983031005

## RINGKASAN

**Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese***; Andika Kristinawati, 110210102010; 2015; 60 halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Medan elektromagnetik ELF merupakan spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong sebagai *non ionizing radiation* yaitu radiasi yang tidak dapat menimbulkan ionisasi. Energi medan magnet ELF sangat kecil sehingga efek yang ditimbulkan sebagai efek non termal. Keberadaan medan magnet banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang teknologi seperti dalam bidang pangan. Pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan selama ini bertujuan untuk membunuh bakteri merugikan yang terdapat dalam makanan. Bakteri dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bakteri yang menguntungkan dan merugikan.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang pengaruh lama paparan medan magnet ELF terhadap pH dan kadar air pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese*. Penelitian ini bersifat eksperimental. Desain penelitian yang digunakan adalah *randomized post-test only control grup design* pada keju jenis *cream cheese* untuk mengetahui paparan medan magnet ELF terhadap perubahan pH dan kadar airnya. Tempat untuk pemaparan medan magnet ELF dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut FKIP UNEJ sedangkan uji kadar air dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNEJ. Pengukuran nilai pH menggunakan alat pH meter sedangkan pengukuran kadar air menggunakan metode oven.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sampel keju jenis *cream cheese* yang matang terlebih dahulu adalah sampel pada kelompok eksperimen I (lama paparan 5 menit), kelompok eksperimen II (lama paparan 20 menit), kelompok eksperimen III (lama paparan 35 menit) dan kelompok kontrol, sedangkan

kelompok eksperimen IV (lama paparan 50 menit) dan kelompok eksperimen V (lama paparan 65 menit) belum mencapai waktu kematangan hingga pengukuran jam ke-30. Kematangan sampel kelompok eksperimen yang lebih cepat daripada sampel kelompok kontrol, diduga terjadi karena paparan medan magnet ELF pada bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* (*Lactobacillus bulgarius*, *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus*) menyebabkan perubahan pergerakan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan peningkatan laju pergerakan ion tersebut. Kondisi yang demikian mengakibatkan perubahan transportasi pada membran sel sehingga mempengaruhi aktivitas metabolisme sel. Hal ini dapat memberikan dampak pada proses pertumbuhan sel. Pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang meningkat akan mengakibatkan penurunan nilai pH dan kadar air pada keju jenis *cream cheese*.

Kesimpulan penelitian ini adalah: (1) Berdasarkan variasi lama paparan medan magnet ELF yang digunakan, lama paparan yang paling berpengaruh terhadap penurunan nilai pH keju jenis *cream cheese* adalah lama paparan 5 menit. Dengan demikian dosis efektif untuk menurunkan nilai pH keju jenis *cream cheese* adalah paparan medan magnet ELF 100  $\mu\text{T}$  selama 5 menit. (2) Berdasarkan variasi lama paparan medan magnet ELF yang digunakan, lama paparan 5 menit adalah lama paparan yang paling berpengaruh terhadap penurunan nilai kadar air keju jenis *cream cheese*. Dengan demikian dosis efektif untuk menurunkan nilai kadar air keju jenis *cream cheese* adalah paparan medan magnet ELF 100  $\mu\text{T}$  selama 5 menit.

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah atas berkat rahmat, serta hidayah Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Prof. Dr. Sunardi, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember, Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, Dr. Yushardi, S.Si, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
2. Dr Sudarti, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing I dan Mochammad Iqbal, S.Pd., M.Pd., selaku Dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Dra. Tjiptaning Suprihatini, M.S., dan Pramudya Dwi Aristya Putra, S.Pd., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan studi di Pendidikan Fisika;
5. rekan-rekan HIMAFI NEUTRON, RISTEK HIMAFI dan UNEJ Mengajar yang telah memberikan banyak pengalaman baru;
6. sahabat-sahabatku Ervin, Liana, Deffy, Listiana, Geraldin dan Dewi yang telah memerikan warna berbeda selama masa perkuliahan;
7. rekan-rekan seperjuangan dalam penelitian medan magnet ELF, yang telah memberikan bantuan tenaga, waktu dan pikirannya;

8. teman-teman kelas X, mahasiswa Pendidikan Fisika angkatan 2011, kakak serta adik tingkat mahasiswa Pendidikan Fisika yang telah memberikan dukungan dan doanya;
9. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Besar harapan penulis bila segenap pembaca memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>5</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Medan Magnet ELF sebagai Spesifikasi GEM .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Persamaan Maxwell .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Sumber Paparan Medan Magnet ELF .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Energi pada GEM dan Vektor Pointing .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Sifat Kemagnetan Bahan.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dan Teknologi Pangan.....</b>	<b>13</b>
<b>2.7 Fase Pertumbuhan Bakteri .....</b>	<b>14</b>
<b>2.8 Aktivitas Bakteri <i>Mesophilic</i> dan <i>Thermophilic</i> pada         Proses Pembuatan Keju.....</b>	<b>16</b>

2.9	Keju .....	17
2.10	Derajat Keasaman Air Keju.....	20
2.11	Kadar Air Keju.....	21
2.12	Pembuatan Keju Jenis <i>Cream Cheese</i> .....	22
2.13	Kerangka Konseptual .....	22
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>25</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	25
3.2	Jenis dan Desain Penelitian .....	25
3.2.1	Jenis penelitian .....	25
3.2.2	Desain Penelitian .....	25
3.3	Variabel Penelitian.....	27
3.3.1	Klasifikasi Variabel Penelitian.....	27
3.3.2	Definisi Operasional Penelitian.....	27
3.4	Alat dan Bahan .....	28
3.4.1	Alat-alat .....	28
3.4.2	Bahan-bahan.....	30
3.5	Prosedur Penelitian .....	30
3.5.1	Penentuan Sampel .....	30
3.5.2	Perlakuan.....	31
3.5.3	Uji Kadar Air.....	33
3.5.4	Uji Derajat Keasaman (pH).....	34
3.5.5	Bagan Prosedur Penelitian .....	35
3.6	Metode Analisis Data .....	36
3.6.1	Contoh Tabel Hasil Pengukuran .....	36
3.6.2	Teknik Analisis Data.....	36
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>38</b>
4.1	Hasil Penelitian.....	38
4.1.1	Sampel Penelitian.....	38
4.1.2	Prosedur Pemaparan Medan Magnet ELF .....	38
4.1.3	Hasil Pengukuran pH Keju Jenis <i>cream cheese</i> .....	39
4.1.4	Hasil Pengukuran Kadar Air Keju Jenis <i>cream cheese</i> .....	44

<b>4.2 Pembahasan</b> .....	49
4.2.1 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH Keju Jenis <i>Cream Cheese</i> .....	49
4.2.2 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Air Keju Jenis <i>Cream Cheese</i> .....	54
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	58
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	58
<b>5.2 Saran</b> .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	59
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Hasil dari pengukuran medan listrik di dekat peralatan rumah tangga pada jarak 30 cm.....	9
2.2 Hasil pengukuran medan magnet di sekitar rumah tangga .....	9
2.3 Suseptibilitas magnetik untuk berbagai bahan (pada temperatur kamar) .....	13
2.4 Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan.....	13
2.5 Karakteristik keju berdasarkan komposisi.....	17
2.6 Klasifikasi keju berdasarkan karakteristik pemeraman dan kadar air .....	17
2.7 Kandungan nutrien yang terdapat dalam keju dan berbagai jenis bahan lain per 100 gr bahan pangan.....	19
3.1 Data hasil pengukuran pH keju jenis <i>cream cheese</i> .....	36
3.2 Data hasil pengukuran kadar air keju jenis <i>cream cheese</i> .....	37
4.1 Hasil pengukuran pH keju jenis <i>cream cheese</i> .....	39
4.2 Hasil pengukuran kadar air keju jenis <i>cream cheese</i> .....	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik E dan medan magnet B .....	6
2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik .....	7
2.3 Grafik pertumbuhan bakteri .....	15
2.4 Mekanisme paparan medan magnet pada proses pembuatan keju jenis <i>cream cheese</i> .....	24
3.1 Desain penelitian.....	26
3.2 pH meter dan spesifikasinya .....	29
3.3 ELF Sources .....	31
3.4 EMF-827 .....	32
3.5 Bagan prosedur penelitian.....	35
4.1 Grafik hasil pengukuran nilai pH keju jenis <i>cream cheese</i> .....	39
4.2 Diagram hasil pengukuran pH kelompok kontrol.....	40
4.3 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen I.....	41
4.4 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen II .....	41
4.5 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen III.....	42
4.6 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen IV.....	42
4.7 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen V .....	43
4.8 Grafik hasil pengukuran nilai kadar air keju jenis <i>cream cheese</i> .....	44
4.9 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok kontrol.....	45
4.10 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen I .....	46
4.11 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen II .....	46
4.12 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen III.....	47
4.13 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen IV .....	47
4.14 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen V .....	48
4.15 Mekanisme medan magnet mempengaruhi pH keju jenis <i>cream cheese</i> .	52
4.16 Mekanisme medan magnet mempengaruhi kadar air keju jenis <i>cream cheese</i> .....	56

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. MATRIKS PENELITIAN.....	61
B. PENENTUAN INTERVAL PENGULANGAN.....	62
C. SURAT IJIN PENELITIAN .....	63
D. GRAFIK PERTUMBUHAN BAKTERI <i>MESOPHILIC</i> .....	66
E. DATA HASIL PENELITIAN.....	68
F. PERHITUNGAN PH DAN KADAR AIR.....	69
G. FOTO KEGIATAN PENELITIAN.....	73

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Keberadaan medan magnet banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang teknologi seperti dalam bidang kesehatan berupa penggunaan MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) yang berfungsi untuk menghasilkan rekaman gambar potongan penampang tubuh/organ manusia (Djamal, 2014). Pada bidang pertanian, penelitian Buyukuslu *et al* (dalam Rohma *et al*, 2013:345) menunjukkan bahwa paparan medan magnet dengan frekuensi 16 Hz selama 2 jam dapat meningkatkan aktivitas enzim glutathionin s-transferase pada tanaman gandum. Penelitian Pourakbar (dalam Rohma *et al*, 2003:345) menyebutkan bahwa aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase, dehidrogenase dan protease pada biji *Satureia hortensis* L yang dipapar medan magnet 25 mT, 50 mT dan 75 mT lebih besar dibandingkan dengan biji yang tidak dipapar medan magnet.

Pemanfaatan medan magnet pada bidang pangan lebih banyak digunakan dalam proses pengawetan. Berikut ini adalah beberapa penelitian yang memanfaatkan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dalam bidang pangan. Paparan medan magnet ELF sebesar 6,7 T selama 20 menit pada proses pengawetan sari buah apel (*Mallus sylvestris Mill*) dapat mengakibatkan penurunan mikroba sebanyak 99,45% sedangkan paparan pada intensitas yang sama selama 25 menit mengakibatkan penurunan mikroba sebanyak 99,96% (Sari *et al*, 2012:82). Paparan medan magnet ELF sebesar 645,7  $\mu$ T selama 30 menit dapat menghambat prevalensi *Salmonella typhimurium* sebanyak 36,37% (Sudarti dan Prihandono, 2014:15). Paparan medan magnet ELF sebesar 500  $\mu$ T selama 90 menit dapat mempertahankan kadar vitamin C buah tomat sedangkan paparan medan magnet ELF sebesar 300  $\mu$ T dan 500  $\mu$ T selama 10 menit, 50 menit dan 90 menit dapat mempertahankan pH buah tomat (Ma'rufiyanti, 2014:54).

Meningkatnya pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan disebabkan beberapa karakteristik yang dimiliki medan magnet ELF tersebut. WHO dan Grotel (dalam Sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa

medan elektromagnetik ELF merupakan spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong sebagai *non ionizing radiation* yaitu radiasi yang tidak dapat menimbulkan ionisasi. Energi medan magnet ELF sangat kecil sehingga efek yang ditimbulkan sebagai efek non termal. Efek non termal artinya medan ELF tidak menghasilkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi materi/substansi sel. Medan magnet secara alami telah ada karena adanya magnet bumi dan magnet permanen. Medan magnet secara buatan dapat dihasilkan oleh arus pada kabel pembangkit listrik dan penggunaan peralatan elektronik (WHO, 2007:1).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah disampaikan sebelumnya, pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan selama ini bertujuan untuk membunuh bakteri merugikan yang terdapat dalam makanan. Bakteri dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bakteri yang menguntungkan dan merugikan. Bakteri yang menguntungkan dalam bidang pangan misalnya bakteri yang digunakan pada pembuatan keju, *yogurt*, susu bulgaria dan susu *acidophilus* (Simanjuntak, 2010:46—49). Pertumbuhan bakteri yang menguntungkan tersebut sangat penting dalam proses pembuatan makanan.

Paparan medan magnet ELF dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan bakteri. Paparan medan magnet ELF pada bakteri, menyebabkan perubahan pergerakan dan peningkatan laju pergerakan ion. Hal tersebut mengakibatkan perubahan transportasi pada membran sel sehingga mempengaruhi aktivitas metabolisme sel. Hal ini dapat memberikan dampak pada proses proliferasi sel (Grubner, 2011:115). Ion dalam sel yang dapat terpengaruh medan magnet adalah ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Hal tersebut disebabkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  tergolong bahan yang bersifat paramagnetik dan memiliki harga suseptibilitas positif (Sutrisno dan Gie, 1979: 108—109). Penelitian lain menyebutkan bahwa paparan medan magnet ELF 20—32  $\mu\text{T}$  secara intermiten 8 jam/hari selama 15 hari dan 30 hari dapat meningkatkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  sitosol pada mencit Balb/C (Sudarti, 2004:3). Penelitian yang telah dilakukan pada uji pendahuluan juga menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese*.

Kebutuhan pangan merupakan kebutuhan yang paling mendasar bagi manusia. Ketersediaan makanan yang bergizi sangat dibutuhkan untuk pemenuhan kebutuhan pangan manusia. Susu merupakan bahan pangan hasil ternak yang mempunyai nilai gizi tinggi. Susu dapat dikonsumsi dalam bentuk susu cair, maupun produk susu non-cair. Produk susu cair yang banyak dipasarkan adalah susu pasteurisasi, susu steril dan susu fermentasi cair sedangkan produk susu non-cair adalah keju, mentega, es krim dan susu fermentasi semi padat (Legowo, 2005:1). Susu merupakan bahan pangan yang sangat bermanfaat bagi manusia yang bertujuan untuk menunjang pertumbuhan, meningkatkan kekebalan tubuh, mencegah osteoporosis, dan berbagai manfaat lain, sehingga susu dan produk olahannya baik untuk dikonsumsi di sepanjang usia (Ariningsih, 2007). Beberapa tempat yang menjadi produsen susu di Kabupaten Jember adalah Kecamatan Rembangan, Garahan (Dinas Peternakan Provinsi JATIM, 2013) dan Mangli (Astro, 2013). Namun demikian, berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada Maret 2014 diketahui bahwa produk komersial hasil olahan susu sapi segar di Kabupaten Jember hingga saat ini terbatas hanya pada produk susu pasteurisasi, *yogurt* dan es krim. Padahal susu sapi segar dengan kandungan nutrisinya yang tinggi dapat diolah menjadi produk turunan lainnya yang memiliki masa simpan lebih panjang serta memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi, salah satunya adalah keju yang hingga saat ini masih belum diproduksi di Kabupaten Jember.

Keju merupakan bahan pangan yang mempunyai daya simpan yang baik dan kaya akan protein, lemak, kalsium, fosfor, riboflavin dan vitamin-vitamin lain dalam bentuk pekat. Pemekatan kandungan gizi dalam suatu hal sangat menguntungkan dibandingkan dengan susu yang kandungan airnya sangat tinggi. Kandungan protein dalam 100 gram keju lunak setara dengan 185 gram telur, 111 gram daging ayam, 144 gram daging sapi, atau 1086 gram kentang. Kandungan lemak dalam 100 gram keju lunak setara dengan 247 gram telur, 593 gram daging ayam, 104 gram daging sapi atau 25500 gram kentang (Daulay, 1990:25). Ketahanan keju lebih tinggi dibandingkan dengan susu karena keju padat dapat bertahan sampai beberapa bulan bahkan tahun dan keju lunak bisa bertahan

sampai dua minggu jika diletakkan dalam bungkus plastik/kemasan (Gisslen, 2007). Kelebihan lain dari keju adalah memiliki nilai jual dan pangsa pasarnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu atau *yogurt*.

Keju jenis *cream cheese* merupakan jenis keju yang memiliki proses pembuatan yang relatif cepat dengan metode yang sederhana. Keju jenis *cream cheese* tergolong keju lunak yaitu keju yang memiliki kadar air 53%—80% dan pH berkisar 5,3—5,5 (Sukotjo, 2003:3). Namun untuk mendapatkan keju jenis *cream cheese* dengan tingkat kematangan yang baik dan dalam waktu yang singkat tidaklah mudah. Berdasarkan hasil wawancara dengan pengusaha keju dan *yogurt* di Kota Batu, Malang hal tersebut dimungkinkan karena proses fermentasi oleh bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* masih sering mengalami kegagalan.

Berdasarkan uraian di atas, dirasa perlu untuk melakukan eksperimen untuk menguji pengaruh dosis intensitas serta berbagai lama paparan ELF terhadap tingkat kematangan keju jenis *cream cheese* sehingga data yang diperoleh dapat dijadikan sebagai acuan dalam menentukan lama paparan mana yang tepat dan menguntungkan. Oleh karena itu, peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

- a. Apakah lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100  $\mu$ T selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit berpengaruh terhadap pH keju jenis *cream cheese*?
- b. Apakah lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100  $\mu$ T selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit berpengaruh terhadap kadar air keju jenis *cream cheese*?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah pada permasalahan yang diteliti, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut.

- a. Penelitian ini menggunakan susu murni yang telah dipasteurisasi. Susu yang digunakan adalah susu jenis *skimmed milk* (susu skim pasteurisasi Diamond).
- b. Starter bakteri yang digunakan adalah starter bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang telah diinokulasikan di medium susu yang dibeli di Rumah Yogurt (Jln. Raya Junrejo 1A, Batu, Jawa Timur).
- c. Indikator kematangan keju jenis *cream cheese* yang digunakan adalah nilai pH dan kadar air keju jenis *cream cheese*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Untuk mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100  $\mu$ T selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit terhadap pH keju jenis *cream cheese*.
- b. Untuk mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100  $\mu$ T selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit terhadap kadar air keju jenis *cream cheese*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

- a. Manfaat akademik, dapat menambah pengetahuan tentang manfaat medan magnet ELF dalam bidang pangan.
- b. Bagi masyarakat dan penulis, sebagai salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan dalam bidang pangan dengan memanfaatkan penggunaan medan magnet ELF.
- c. Bagi peneliti lain dalam bidang yang sama, dapat digunakan sebagai acuan dan bahan pertimbangan untuk melakukan penelitian selanjutnya.

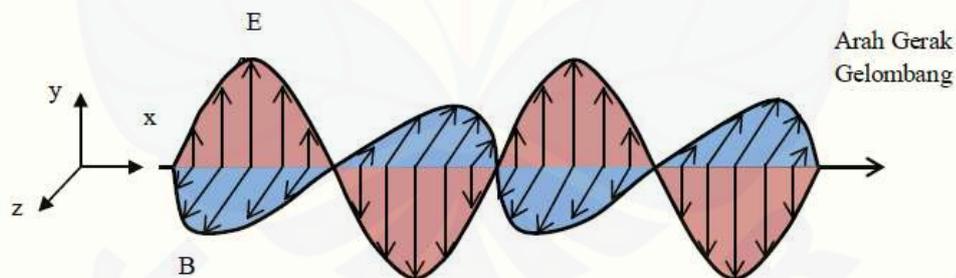
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Medan Magnet ELF sebagai Spesifikasi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terdiri dari komponen medan listrik dan medan magnet yang dalam perambatannya tidak memerlukan suatu medium perantara (Young, 2012:762). Gambar 2.1 menggambarkan rambatan medan listrik dan medan magnet dalam gelombang elektromagnetik. Medan listrik dan medan magnet dapat dijelaskan melalui gelombang sinusoidal dengan karakteristik amplitudo ( $A$ ) dan frekuensi ( $f$ ). Frekuensi  $f$  adalah jumlah gelombang yang melewati satu titik tertentu dalam satu detik. Panjang gelombang  $\lambda$  adalah panjang suatu gelombang tunggal radiasi yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang bersebelahan dan dihubungkan dengan frekuensi oleh kecepatan perambatan,  $v$ :

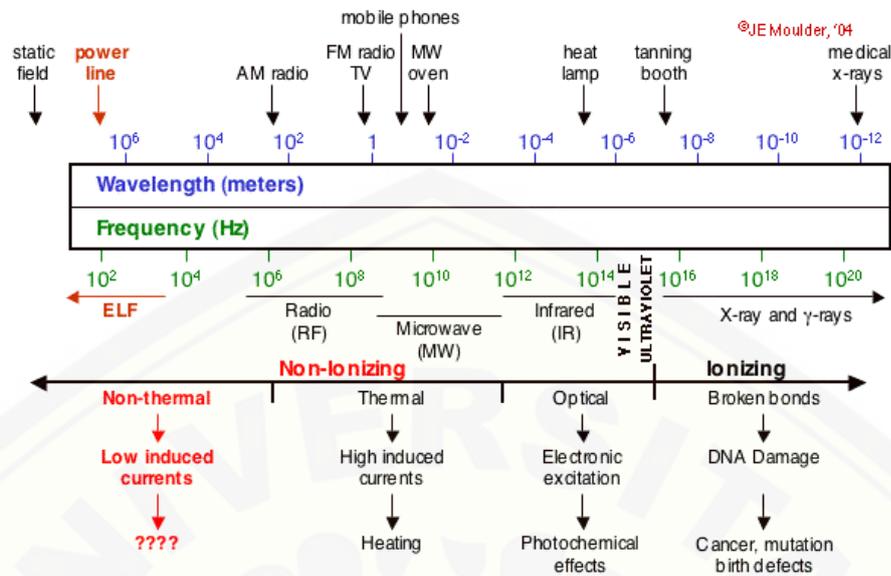
$$v = f \lambda \quad (2.1)$$

Frekuensi radiasi bergantung pada sumber radiasi dan tetapan konstan. Akan tetapi kecepatan bergantung pada komposisi medium tempat lewatnya radiasi tersebut (Sinko, P.J., 2012:115—116).



Gambar 2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik E dan medan magnetik B (Sumber: Alonso dan Finn, 1994:279)

Gelombang elektromagnetik meliputi cahaya, gelombang radio, sinar-x, sinar gamma, dan lain-lain. Berbagai jenis gelombang elektromagnetik hanya berbeda dalam panjang gelombang  $\lambda$  dan frekuensinya  $f$ . Gambar 2.2 memberikan gambaran spektrum gelombang elektromagnetik dan nama-nama yang biasanya berhubungan dengan berbagai interval frekuensi dan panjang gelombang.



Gambar 2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Moulder, 2006)

WHO dan Grotel (dalam Sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) atau frekuensi sangat rendah merupakan spektrum gelombang elektromagnetik, yang berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong sebagai *non ionizing radiation*. Energi medan ELF sangat kecil sehingga efek yang ditimbulkan adalah efek non termal. Efek non termal artinya medan ELF tidak menghasilkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi materi.

## 2.2 Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell menghubungkan vektor medan listrik dan medan magnetik, **E** dan **B** dengan sumbernya yang berupa muatan listrik, arus dan medan yang berubah. Persamaan ini memiliki peranan penting dalam elektromagnetisme

### a. Persamaan I Maxwell

Persamaan I Maxwell merupakan hukum Gauss. Hukum ini menyatakan bahwa fluks medan listrik yang melalui sembarang permukaan tertutup sama dengan  $1/\epsilon_0$  dikalikan dengan muatan total di dalam permukaan tersebut (Tipler, 2001:402). Secara matematis dapat dinyatakan dengan:

$$\oint_S E_n \cdot dA = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0} \quad (2.2)$$

#### b. Persamaan II Maxwell

Persamaan II Maxwell sesungguhnya serupa dengan hukum Gauss pada medan listrik namun dalam hal ini diterapkan dalam medan magnet. Persamaan ini menyatakan jumlah fluks magnetik yang masuk menembus permukaan Gauss akan sama dengan jumlah fluks magnet yang keluar sehingga total fluks akan sama dengan nol (Ishaq, 2007:173). Secara matematis dapat dinyatakan dengan:

$$\oint_S B_n \cdot dA = 0 \quad (2.3)$$

#### c. Persamaan III Maxwell

Persamaan ini merupakan hukum Faraday. Hukum ini menyatakan bahwa integral medan listrik mengelilingi sembarang kurva tertutup C, yang merupakan ggl, sama dengan laju (negatif) perubahan fluks magnetik melalui sembarang permukaan S yang dibatasi oleh kurva tersebut (Tipler, 2001:402). Secara matematis dapat dinyatakan dengan:

$$\oint_C E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \oint_S B_n \cdot dA \quad (2.4)$$

#### d. Persamaan IV Maxwell

Persamaan IV Maxwell merupakan hukum Amper dengan modifikasi arus perpindahan Maxwell. Persamaan ini menyatakan bahwa integral garis medan magnetik  $\mathbf{B}$  yang mengelilingi sembarang kurva tertutup C sama dengan  $\mu_0$  dikalikan dengan arus yang melalui sembarang permukaan yang dibatasi oleh kurva  $\mu_0 \epsilon_0$  dikalikan dengan laju perubahan fluks listrik yang melalui permukaan tersebut (Tipler, 2001:402). Secara matematis dapat dinyatakan dengan: Secara matematis dapat dinyatakan dengan:

$$\oint_C B \cdot dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \oint_S E_n \cdot dA \quad (2.5)$$

### 2.3 Sumber Paparan Medan Magnet ELF

Medan magnet dan medan listrik dapat dihasilkan secara alami maupun buatan. Medan magnet secara alami telah ada karena adanya magnet bumi dan magnet permanen. Sedangkan, secara buatan medan magnet dapat dihasilkan oleh aliran arus pada kabel pembangkit listrik dan penggunaan peralatan elektronik (WHO, 2007:1). Hal tersebut sesuai dengan percobaan Hans Christian Oersted pada tahun 1820 yang menemukan bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet (Halliday dan Resnick, 1997:296). Sumber paparan medan magnet yang terdapat di lingkungan masyarakat sebagian besar berasal dari peralatan elektronika. Setiap peralatan elektronika akan mempunyai medan magnet yang sebanding dengan arus yang mengalir dari sumber menuju peralatan yang terhubung. Medan magnet terbesar terletak dengan peralatan yang akan berkurang sesuai dengan jarak (Nugroho, 2009). Hasil pengukuran dari medan listrik dan medan magnet pada peralatan rumah tangga yang digunakan sehari-hari dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Hasil dari pengukuran medan listrik di dekat peralatan rumah tangga pada jarak 30 cm (*Federal Office for Radiation Safety Germany, 1999*).

Peralatan Listrik	Medan Listrik (V/m)
Penerima stereo	180
Strika listrik	120
Pendingin	120
Mixer	100
Pemanggang Roti	80
Pengering Rambut	80
Televisi Warna	60
Mesin Kopi	60
Pengisap Debu	50
Oven Listrik	8
Bola Lampu	5
<b>Petunjuk harga batas</b>	<b>5000</b>

(Sumber: Baafai, 2004)

Tabel 2.2 Hasil pengukuran medan magnet di sekitar rumah tangga (*Federal Office for Radiation Safety Germany, 1999*)

Peralatan	Medan Magnet ( $\mu\text{T}$ ) jarak r		
	r = 3 cm	r = 30 cm	r = 100 cm
Pengering Rambut	<b>6 – 2000</b>	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Pencukur Elektrik	<b>15 – 1500</b>	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Penghisap Debu	200 – 800	<b>2 – 20</b>	0,13 – 2
Lampu Tabung	40 – 400	<b>0,5 – 2</b>	0,02 – 0,25

Peralatan	Medan Magnet ( $\mu\text{T}$ ) jarak r		
	r = 3 cm	r = 30 cm	r = 100 cm
Microwave Oven	73 – 200	<b>4 – 8</b>	0,25 – 0,6
Radio Portabel	16 – 56	<b>1</b>	<0,01
Oven Listrik	1 – 50	<b>0,15 – 0,5</b>	0,01 – 0,04
Mesin Cuci	0,8 – 50	<b>0,15 – 3</b>	0,01 – 0,15
Strika	18 – 30	<b>0,12 – 0,3</b>	0,01 – 0,03
Pencuci Piring	3,5 – 20	<b>0,6 – 3</b>	0,07 – 0,3
Komputer	0,5 – 30	<b>&lt; 0,01</b>	-
Lemari Pendingin	0,5 – 1,7	<b>0,01 – 0,25</b>	<0,01
Televisi Warna	2,5 – 50	0,04 – 2	<b>0,01 – 0,15</b>

Kebanyak peralatan rumah tangga kuat medan magnetnya yang jarak 30 cm adalah dibawah batas yang diijinkan untuk umum adalah  $\mu\text{T}$ .  
Angka yang dihitamkan merupakan jarak kerja normal

(Sumber: Baafai, 2004)

Sumber paparan medan magnet ELF (*ELF Electromagnetic Field Sources*) yang digunakan dalam penelitian telah dirancang oleh Tim Peneliti dan dibuat oleh Tim Teknisi Jurusan Teknik Elektro ITS pada tahun 2004. Alat ini terdiri dari dua unit, satu unit transformator *step-down* dan satu unit sangkar medan magnet ELF.

Munculnya medan magnet ELF selalu beriringan dengan medan listrik ELF. Dengan demikian alat tersebut telah dikondisikan agar lebih dominan menghasilkan paparan medan magnet ELF daripada medan listrik ELF. Paparan medan magnet dan medan listrik ELF timbul di sekitar lempengan tembaga sangkar medan magnet ELF. Arah medan magnet ELF melingkar terhadap lempengan tembaga, sementara medan listrik ELF memancar secara divergen dari lempengan tembaga sangkar medan magnet ELF.

Mekanisme pengaturan kerja alat ini menggunakan input sumber tegangan PLN 220 Volt, kuat arus 5 A, dan frekuensi 50 Hz. Alat ini dikondisikan agar dapat menghasilkan medan magnet ELF optimal dan medan listrik ELF minimal dengan cara menggunakan transformator *step-down* untuk menurunkan tegangan dan *current-transformer* untuk menaikkan kuat arus listrik yang mengubah tegangan input 220 Volt dan arus input 5 A menjadi tegangan 7 Volt dan arus 125 A – 250 A yang dialirkan pada lempengan tembaga sangkar medan magnet ELF. Kondisi ini (tegangan terpakai kecil dan arus maksimal) dapat menghasilkan

paparan medan magnet ELF maksimal dan medan listrik minimal mendekati medan listrik alamiah.

#### 2.4 Energi pada GEM dan Vektor Poynting

Perpindahan energi oleh gelombang jenis apapun dapat dilihat bahwa intensitas gelombang (energi rata-rata per satuan waktu per satuan luas) sama dengan perkalian densitas energi rata-rata (energi per satuan volume) dan kecepatan gelombang tersebut. Densitas energi yang disimpan dalam medan listrik sama dengan persamaan:

$$\eta_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (2.6)$$

dan densitas energi yang disimpan dalam medan magnetik sama dengan persamaan:

$$\eta_m = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (2.7)$$

dalam suatu gelombang elektromagnetik dalam ruang bebas dimana  $E = cB$  dengan demikian dapat menyatakan kerapatan energi magnetik dalam besaran medan listrik sebagai berikut.

$$\eta_m = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{(E/c)^2}{2\mu_0} = \frac{E^2}{2\mu_0 c^2} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (2.8)$$

Kerapatan energi total  $\eta$  dalam gelombang elektromagnetik merupakan penjumlahan kerapatan energi listrik dan magnetiknya. Dengan menggunakan  $E = cB$  dapat diketahui bahwa kerapatan energi total dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta = \eta_e + \eta_m = \epsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0 c} \quad (2.9)$$

Intensitas sesaat adalah daya sesaat yang mengalir melalui suatu luasan per satuan luas. Ini sama dengan perkalian kerapatan energi sesaat dengan kecepatan cahaya. Untuk gelombang elektromagnetik dalam ruang bebas intensitas sesaat menjadi

$$I_{\text{intensitas}} = \eta c = c \varepsilon_0 E^2 = c \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0} \quad (2.10)$$

Persamaan 2.10 dapat diperluas dalam pernyataan vektor sebagai berikut.

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B} \quad (2.11)$$

Besaran  $S$  disebut sebagai vektor poynting sesuai dengan nama penemunya Sir John Poynting. Karena  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{B}$  tegak lurus dalam gelombang elektromagnetik, besaran  $\mathbf{S}$  merupakan intensitas sesaat gelombang dan arah  $\mathbf{S}$  berada dalam arah perambatan gelombangnya (Tipler, 2001:409—410). Intensitas juga dapat dituliskan dengan persamaan:

$$I = \frac{E}{At} \quad (2.12)$$

Berdasarkan Persamaan 2.12 diketahui bahwa besarnya  $E$  (energi) sebanding dengan pertambahan waktu (Young, 2012)

## 2.5 Sifat Kemagnetan Bahan

Bahan yang diletakkan dalam medan magnet luar  $\mathbf{B}$  akan terpolarisasi magnetik (termagnetisasi), yaitu proses pensejajaran dipol magnet karena pengaruh medan magnet luar. Peristiwa magnetisasi terjadi karena dipol magnet yang berkaitan dengan spin dari elektron yang tidak berpasangan. Adanya pengaruh medan magnet luar spin akan mengalami torsi sedemikian sehingga momen dipolnya cenderung berorientasi searah dengan medan magnet luar (Wijayanto, 2008:101). Dalam banyak bahan, Magnetisasi ( $M$ ) sebanding dengan intensitas magnetik  $H$  yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$M = \chi_m H \quad (2.13)$$

Tetapan  $\chi_m$  disebut suseptibilitas magnetik (Sutrisno dan Gie, 1985:108).

Bahan yang berada di dalam medan magnet mengalami magnetisasi berlawanan arah medan disebut diamagnetik ( $\chi < 0; \mu < 1$ ). Jika magnetisasi bahan searah dengan arah medan magnet yang diberikan disebut paramagnetik ( $\chi > 0; \mu > 1$ ). Sedangkan untuk bahan ferromagnetik harga permeabilitas relatif

$\mu$  adalah sangat besar (Gerthsen *el al.*, 1996:156). Harga suseptibilitas magnetik beberapa bahan paramagnetik dan diamagnetik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Suseptibilitas magnetik  $\chi_m = \frac{M}{H}$  untuk berbagai bahan (pada temperatur kamar

Bahan (paramagnetik)	$\chi_m$ ( $\times 10^{-6}$ mks)	Bahan (diamagnetik)	$\chi_m$ ( $\times 10^{-6}$ mks)
Aluminium	+0,82	Bismut	-0,7
Kalsium	+1,4	Kadmium (Cd)	-0,23
Kromium	+4,5	Tembaga	-0,11
Oksida tembaga (CuO)	+1,5	Germanium	-0,15
Oksida besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	+26,0	Helium	-0,59
Magnesium	+0,69	Emas (Au)	-0,19
Mangan	+1,0	Timah hitam	-0,18
O <sub>2</sub> cair (-219°C)	+390	Seng	-0,20
Platina	+1,65		
Tantalium	+1,1		

(Sumber : Sutrisno dan Gie, 1985:109)

## 2.6 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan

Medan magnet ELF dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pangan. Pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan selama ini bertujuan untuk membunuh bakteri merugikan yang terdapat dalam makanan. Bakteri dapat dibedakan menjadi dua yaitu bakteri yang menguntungkan dan merugikan. Bakteri yang menguntungkan dalam bidang pangan yaitu bakteri yang digunakan pada pembuatan keju, *yogurt*, susu bulgaria dan susu *acidophilus* (Simanjuntak, 2010:46—49). Pertumbuhan bakteri yang menguntungkan tersebut sangat penting dalam proses pembuatan makanan. Berikut ini adalah beberapa penelitian tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan:

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan

Penelitian sebelumnya	Intensitas	Lama paparan	Dampak
Pengaruh ELF (Extremely Low Frequency) terhadap perubahan kadar vitamin C dan derajat keasaman (pH) pada buah tomat (Ma'rufiyanti, 2014:54)	500 $\mu$ T	90 menit	Mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat
	300 $\mu$ T dan 500 $\mu$ T	10 menit, 50 menit, 90 menit	Mempertahankan pH pada buah tomat

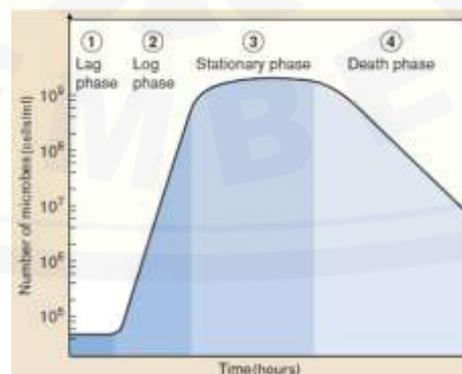
Penelitian sebelumnya	Intensitas	Lama paparan	Dampak
Proses pengawetan sari buah apel ( <i>Mallus sylvestris</i> mill) secara non-termal berbasis teknologi oscillating magneting field (Sari <i>et al</i> , 2012:82)	6,7T	20 menit	Penurunan total mikrob 99,45%
		25 menit	Penurunan total mikrob 99,96%
Potensi genotoksik medan magnet ELF (Extremely Low Frequency) terhadap prevalensi <i>Salmonella</i> dalam bahan pangan (Sudarti, dan Prihandono, 2014:15)	646,7 $\mu$ T	30 menit	Menghambat prevalensi <i>Salmonella typhimurium</i> sebesar 36,37%
Respon <i>Salmonella typhimurium</i> pada bumbu gado-gado terhadap paparan medan magnet ELF (Hersa, 2013:28—33)	646.7 $\mu$ T	30 menit	Menyebabkan kematian <i>Salmonella typhimurium</i> rata-rata sebesar 32.57%. Selain itu, terjadi pengecilan ukuran sel dengan panjang dan diameter sebesar 4.341 $\mu$ m dan 1.148 $\mu$ m setelah terpapar medan magnet ELF.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah disajikan pada Tabel 2.4 diketahui bahwa penggunaan intensitas medan magnet ELF lebih dari 300  $\mu$ T dimanfaatkan untuk membunuh bakteri. Hal tersebut menjadi salah satu dasar pemilihan intensitas medan magnet ELF 100  $\mu$ T pada penelitian ini. Selain itu pemilihan intensitas medan magnet ELF 100  $\mu$ T juga didasarkan pada penelitian (Sudarti, 2003:3) yang menyebutkan bahwa paparan medan magnet ELF 20—32  $\mu$ T secara intermiten 8 jam/hari selama 15 hari dan 30 hari dapat meningkatkan ion  $Ca^{2+}$  sitosol pada mencit Balb/C. Penelitian Sudarti tersebut menggunakan intensitas medan magnet ELF <100 $\mu$ T dalam waktu yang lama sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan intensitas medan magnet ELF yang lebih besar 100  $\mu$ T dengan waktu yang lebih singkat yaitu 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit.

## 2.7 Fase Pertumbuhan Bakteri

Bakteri Asam Laktat (BAL) berfungsi memfermentasikan laktosa dalam susu menjadi asam laktat (Hariyadi, 2014:129). Sebagaimana fase pertumbuhan bakteri, pada umumnya fase pertumbuhan BAL juga terbagi menjadi 4 fase yaitu:

- a. Fase lag merupakan fase adaptasi bakteri terhadap lingkungan baru. Ciri fase lag adalah tidak adanya peningkatan jumlah sel yang ada hanyalah peningkatan ukuran sel. Lama fase lag tergantung pada kondisi dan jumlah awal bakteri dan media pertumbuhannya. Bila sel-sel bakteri diambil dari kultur yang sama sekali berlainan, maka yang sering terjadi adalah bakteri tersebut tidak mampu tumbuh dalam kultur.
- b. Fase log merupakan fase dimana bakteri tumbuh dan membelah pada kecepatan maksimum tergantung pada genetika bakteri, media dan kondisi pertumbuhan. Sel baru terbentuk dengan laju konstan dan masa yang bertambah secara eksponensial. Hal yang dapat menghambat laju pertumbuhan adalah bila satu atau lebih nutrisi dalam kultur habis sehingga hasil metabolisme yang bersifat racun tertimbun dan menghambat pertumbuhan.
- c. Fase stasioner, pada fase ini pertumbuhan bakteri berhenti dan terjadi keseimbangan antara jumlah sel yang membelah dengan jumlah sel yang mati pada fase ini terjadi akumulasi produk buangan yang toksik. Pada sebagian besar kasus pergantian sel terjadi pada fase stasioner ini. Terdapat kehilangan sel yang lambat karena kematian diimbangi oleh pembentukan sel-sel baru melalui pertumbuhan dan pembelahan dengan nutrisi yang dilepaskan oleh sel-sel yang mati karena mengalami lisis.
- d. Fase kematian, pada fase ini jumlah sel yang mati meningkat. Faktor penyebabnya adalah ketidaktersediaan nutrisi dan akumulasi produk buangan yang toksik (Pratiwi, 2008: 106—108).



Gambar 2.3 Grafik pertumbuhan bakteri (Slonczewski dan Foster, 2009:136)

## 2.8 Aktivitas Bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* pada Proses Pembuatan Keju

Bakteri yang digunakan dalam pembuatan keju dibagi menjadi dua kelompok yaitu bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic*. Bakteri *Mesophilic* hidup di suhu yang lebih rendah dibandingkan kelompok bakteri *Thermophilic*. Bakteri *Mesophilic* dibagi lagi menjadi dua kelompok yaitu starter bakteri *Lactic Acid* (termasuk di dalamnya *Lactococcus lactis subsp. lactis* and *Lactococcus lactis subsp. cremoris*) yang digunakan untuk memproduksi asam laktat dan memberikan aroma pada keju serta *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis* dan *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* yang digunakan untuk memproduksi gas CO<sub>2</sub> dan rasa (Daulay, 1990:90). Kultur bakteri *Mesophilic* dapat hidup dengan suhu optimum antara 20°C dan 40°C sedangkan bakteri *Thermophilic* dapat tumbuh sampai suhu 45°C.

Bakteri yang paling sering digunakan pada proses pembuatan keju adalah bakteri campuran dari bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang bersimbiosis mutualisme. Bakteri ini tidak hanya memproduksi asam laktat tetapi juga komponen aroma dan CO<sub>2</sub>. Tiga sifat bakteri yang paling penting dalam pembuatan keju yaitu: kemampuan memproduksi asam laktat, kemampuan memecah protein, dan jika memungkinkan kemampuan memproduksi karbondioksida. Peran utama bakteri adalah mengembangkan asam dalam dadih. Saat susu mengental, sel-sel bakteri terkonsentrasi dalam koagulum kemudian terkonsentrasi dalam keju. Perkembangan asam menurunkan pH yang penting untuk membantu sineresis (kontraksi koagulum disertai dengan pengurangan whey). Whey merupakan cairan semi-transparan yang tertinggal selama proses pengendapan dalam pembuatan keju. Selanjutnya, garam kalsium dan fosfor dilepaskan, yang mempengaruhi konsistensi keju dan membantu meningkatkan kekerasan dadih. Fungsi penting lain yang dilakukan oleh bakteri penghasil asam adalah menekan bakteri yang tahan pasteurisasi atau rekontaminasi bakteri yang membutuhkan laktosa atau tidak bisa mentolerir asam laktat. Produksi asam laktat berhenti ketika semua laktosa dalam keju (kecuali pada keju tipe lembut) telah terfermentasi. Biasanya fermentasi asam laktat merupakan proses yang relatif

cepat (Food-info, 2014). Campuran dari bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang digunakan dalam pembuatan keju ini adalah *Lactobacillus bulgarius*, *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus*. Bakteri tersebut merupakan jenis bakteri anaerob fakultatif yaitu bakteri yang dapat tumbuh dalam keadaan aerob dan anaerob (Nurwantoro dan Abbas,1997).

## 2.9 Keju

Menurut definisi “*The Food and Agricultural Organization*”, keju merupakan produk segar atau hasil pemeraman koagulan susu berlemak, susu skim atau campuran keduanya. Keju biasanya terdiri dari dua komponen utama, yaitu kasein dan lemak susu yang ditambah dengan bahan penggumpal susu, mikroba dan garam (Daulay, 1990:202). Setiap keju memiliki karakteristik-karakteristik tertentu seperti ukuran, bentuk, warna, penampakan eksternal, aroma, cita rasa, dan data analitik untuk persentase lemak dalam bahan kering dan persentase kandungan garam, persentase air dalam substansi bebas lemak dan sebagainya. Klasifikasi keju berdasarkan komposisinya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.5 Karakteristik keju berdasarkan komposisi

Tipe Keju	Air dalam substansi bebas lemak %	Lemak dalam bahan kering %	Deskripsi kelas
Sangat keras	51	60	Keju berlemak tinggi
Keras	49—55	45—60	Keju susu berlemak
Berlemak sedang	53—63	25—45	Keju berlemak sedang
Semi-lemak	61—68	10—25	Keju berlemak rendah
<i>Soft</i>	61	10	Keju susu skim

(Sumber: Scoot dalam Daulay, 1990)

Adapun klasifikasi keju berdasarkan karakteristik pemeraman dan kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Klasifikasi keju berdasarkan karakteristik pemeraman dan kadar air

Tipe keju	Kadar air %	Karakteristik pemeraman	Nama contoh keju
Sangat keras	26—34	Diperam dengan bakteri	Keju Asiago, Parmesan, Romano, Sapsago, Spalen, dsb

Tipe keju	Kadar air %	Karakteristik pemeraman	Nama contoh keju
Keras	35—45	Diperam dengan bakteri, tekstur tertutup (tanpa lobang)	Keju Cheddar, Caciocavallo, Granular, Cheshire, dsb
		Diperam dengan bakteri; tekstur terbuka (berlobang-lobang)	Keju Swiss, Emmentaler, dan Gruyere
Semi keras	41—52	Diperam dengan bakteri	Keju Munster, Brick, Edam, dan Gouda
		Diperam dengan kapang biru pada bagian dalam	Keju Roquefort, Gorgonzola dan Stilton
Semi lunak	45—55	Diperam dengan bakteri permukaan	Keju Limburger, Port da salut, dan Trappst
Lunak	55—80	Diperam dengan kapang permukaan	Keju Camembert, Bric, Bel Paese, Cooked, Hand Neufchatel, Perancis
		Tanpa peram:	
		- Berlemak rendah	Keju Cottage, Pot dan Bakers
		- Berlemak tinggi	Keju Krim dan Neufchatel Amerika

(Sumber: Daulay, 1990:16—17)

Keju adalah suatu sumber protein yang sangat baik karena secara normal mengandung berbagai jenis asam amino esensial. Protein utama yang terdapat dalam keju adalah kasein dan perbedaan-perbedaan hasil analisa antara susu dan kasein adalah disebabkan hilangnya protein “whey” selama pembuatan keju. Tabel 2.7 berikut ini mencantumkan kandungan nutrisi yang terdapat dalam keju dan berbagai jenis bahan lain per 100 gr bahan pangan.

Tabel 2.7 Kandungan nutrisi yang terdapat dalam keju dan berbagai jenis bahan lain per 100 gr bahan pangan

Bahan pangan	Protein N x 6,26 (gr)	Lemak (gr)	Kalsium (mgr)	Besi (mgr)	Thiamin (gr)	Retinol (Vitamin A) (mikro-gr)	Riboflavin (mgr)	Asam askorbat (Vitamin C) (mgr)	Asam nikotinat (mgr)	Energi (kkal)
<b>Keju :</b>										
Cheddar	26,0	33,5	800	0,5	0,04	310	0,5	0	0,5	406
Keju lunak	22,8	25,5	150	0,4	0,06	155	0,4	0	0,4	285
Keju cottage	13,6	4,0	60	0,1	0,07	32	0,3	0	0,3	96
Yoghurt	5,0	1,0	180	0,09	0,09	8	0,26	0,4	0,15	180
Roti	8,8	2,7	23	2,5	0,26	-	0,06	0	2,5	216
Telur	12,3	10,3	52	2,0	0,09	140	0,47	0	0,07	147
<b>Daging</b>										
Ayam	20,5	4,3	10	0,7	0,1	0	0,16		6,0	121
Babi	13,6	31,5	8	0,9	0,58	0	1,19	0	5,0	338
Sapi	15,8	24,3	7	1,9	0,07	0	0,20	0	5,0	283
<b>Sayuran</b>										
Kentang	2,1	0,1	8	0,5	0,11	12	0,04	15	1,2	87
Kubis	3,3	0,1	75	0,9	0,06	0	0,05	60	0,25	21
Mentega	0,4	82,0	15	0,16	0	710	0,01	0	0	740
Sari buah jeruk	0,8	0	41	0,3	0,1	0	0,03	50	0,2	35

(Sumber: Daulay, 1990:25)

Semua nilai-nilai yang tercantum dalam tabel tersebut diperhitungkan berdasarkan berat 100 gram bahan pangan. Dari tabel tersebut diketahui besarnya nilai yang terkandung dalam berbagai jenis bahan pangan dibandingkan dengan keju. Nilai gizi dari satu kilogram keju ekuivalen dengan 10 liter susu segar, atau 30 butir telur, atau 1,5—2,0 kg daging, atau 2,0—3,0 kg ikan, atau 18,0—20 kg kubis (Daulay, 1990:26).

### 2.10 Derajat Keasaman Keju

Nilai pH adalah ukuran dari ion hidrogen yang berdisosiasi dalam larutan. Perubahan pH mengakibatkan peningkatan proton oleh komponen lain, dan dispersi garam dari protein. Kesimbangan antara asam pada whey digunakan untuk kontrol pada pembuatan keju. Pengukuran pH dapat dilakukan dari awal proses sampai menjadi padatan (Daulay, 1990:74—75).

Nilai pH dari suatu larutan adalah perbandingan antara konsentrasi ion hidrogen  $H^+$  dengan konsentrasi ion hidroksil  $OH^-$ . Jika konsentrasi  $H^+$  lebih besar dari  $OH^-$ , maka larutan bersifat asam, nilai pH adalah kurang dari 7. Jika konsentrasi  $OH^-$  lebih besar dari  $H^+$ , maka larutan bersifat basa, dengan suatu nilai pH lebih besar dari 7. Jika konsentrasi  $H^+$  sama dengan  $OH^-$  maka larutan bersifat netral dengan nilai pH sama dengan 7 (Sinko, 2012:208).

Pengukuran pH umumnya dilakukan dengan kertas pH atau *pH water tester*. Indikator ini mempunyai keterbatasan pada tingkat akurasi pengukuran dan dapat terjadi kesalahan pengamatan warna yang disebabkan larutan sampel yang berwarna atau sampel keruh. Pengukuran pH yang lebih akurat biasa dilakukan dengan pH meter atau *Aquamate test* (Kordi dan Tacung, 2007:87).

Nilai pH dadih bervariasi antara 4,7 hingga 5,5 pada keju asam sedangkan pada keju yang diperam menggunakan kapang, nilai pH dadih bervariasi antara 4,9 hingga lebih dari 7,0. Menurut Scott (dalam Daulay, 1990:205) proses awal pembuatan keju berpengaruh terhadap laju pembentukan asam (bersamaan dengan penurunan laktosa), sampai penambahan garam dilakukan. Aktivitas bakteri atau kapang akan menyebabkan pemecahan komponen-komponen dadih menjadi komponen-komponen netral atau basa, sehingga terjadi peningkatan pH.

Perubahan nilai pH terjadi secara bertahap sehingga memungkinkan proses pemeraman berlangsung secara perlahan-lahan dan setiap saat pembentukan komponen-komponen cita rasa dan aroma mencapai tingkat intensitas spesifik.

Laju aktivitas enzim dipengaruhi oleh pH dan temperatur, meskipun waktu, konsentrasi, kelarutan reaktan dan kadar oksigen juga berperan sebagai pengatur. Enzim-enzim dapat mengkatalis reaksi pada kondisi media berbeda, akan tetapi nilai pH dan temperatur merupakan faktor yang terpenting dalam dadih. Setiap jenis enzim mempunyai pH optimum untuk aktivitasnya. Temperatur pemeraman merupakan faktor yang harus dikontrol selama proses pembuatan dadih dan selama proses pemeramannya. Temperatur mempengaruhi waktu regenerasi bakteri dan fase pertumbuhan. Waktu regenerasi dari *Streptococcus cremoris* dan *S.laktis* pada temperatur 37°C dalam 20 menit sedangkan pada temperatur 25°C meningkat menjadi 75 menit. Waktu regenerasi dari *Lactobacillus helveticus* pada temperatur 40°C mencapai 75 menit sedangkan waktu regenerasi dari *S.thermophilus* hanya 57 menit pada temperatur 40°C. Temperatur yang rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri dan reaksi-reaksi biokimia sedangkan temperatur yang tinggi akan mempercepat aktivitas tersebut (Daulay, 1990:206—207).

### **2.11 Kadar Air Keju**

Koagulasi atau penggumpalan susu adalah perubahan bentuk dari susu cair menjadi padatan berbentuk gel. Koagulasi ini terjadi karena adanya penggumpalan dari kasein yang terdapat dalam susu. Gumpalan kasein yang terbentuk juga mengandung lemak, bakteri, koloid kalsium-fosfat dan partikel-partikel lainnya yang disebut dadih. Metode lain untuk mendapatkan dadih dari susu adalah dengan penambahan asam secara langsung. Jenis asam tersebut seperti vinegar, asam asetat, asam sitrat, sari jeruk, dan asam laktat yang digunakan untuk mendapatkan gumpalan dadih dari susu. Asam laktat yang diproduksi oleh bakteri dalam susu lebih sering digunakan untuk memproduksi dadih keju. Starter asam laktat dengan berbagai komposisi dapat digunakan akan

tetapi kultur *Lactobacillus bulgaricus* juga digunakan untuk produksi asam laktat yang lebih banyak (Daulay, 1990:121—122).

### 2.12 Pembuatan Keju Jenis *Cream Chesee*

Keju jenis *cream chesee* berdasarkan komposisi kadar air yang dimilikinya tergolong dalam tipe keju lunak (Daulay, 1990:17). Keju jenis *cream chesee* merupakan salah satu jenis keju yang mudah untuk dibuat. Pembuatan keju jenis *cream chesee* cukup sederhana tanpa memerlukan proses pematangan yang lama berikut ini adalah bahan dan cara membuat keju jenis *cream chesee*.

Bahan : 1 liter susu sapi jenis *Skimmedmilk* (Susu Skim Pasteurisasi Diamond)  
20 ml kultur bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic*  
0,2 ml rennet  
garam secukupnya

Cara membuat :

- a. Menyiapkan panci besar kemudian masukkan susu ke dalamnya
- b. Memanaskan susu hingga suhu 87°F (30°C)
- c. Menambahkan kultur bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet
- d. Menutup panci dan meletakkannya pada suhu kamar (70°F atau 21°C) selama 12 sampai 18 jam.
- e. Menggunakan saringan dari bahan kain katun yang tipis, melipat kain sebanyak dua kali untuk menyaring dadih.
- f. Meletakkan dadih ke dalam saringan menggunakan sendok, mengikat saringan kemudian menggantungnya selama ±12 jam.
- g. Setelah 12 jam, mengambil keju dari saringan lalu menaburinya dengan garam.

(Hurst dengan modifikasi, 2011:40)

### 2.13 Kerangka Konseptual

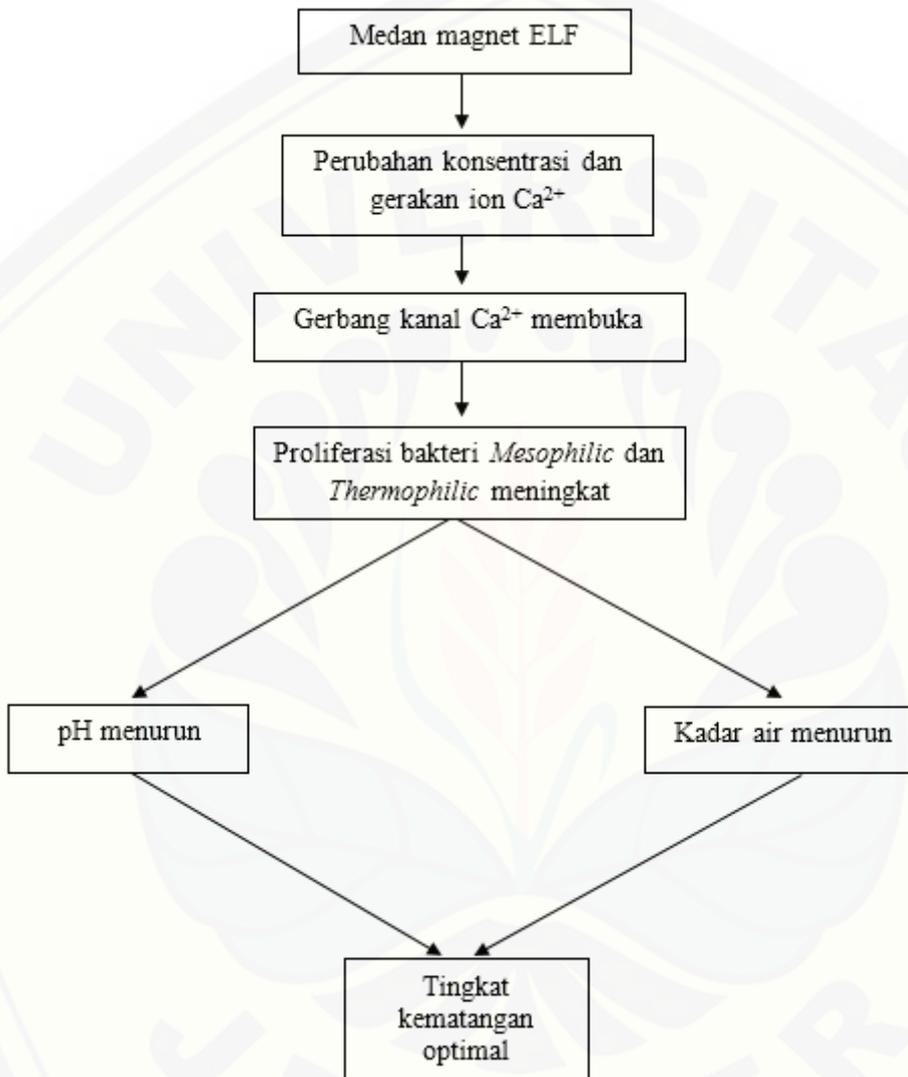
Paparan medan magnet ELF pada bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* menyebabkan perubahan gerakan ion pada ekstraselular yang melintasi membran

sel sehingga dapat dihipotesa bahwa paparan medan magnet meningkatkan percepatan pergerakan ion melalui daerah densitas fluks magnetik. Bidang yang terpapar medan magnet akan menghasilkan kekuatan pada ion untuk bergerak dan secara aktif terikat pada saluran protein dan mempengaruhi kondisi pembukaan gerbang saluran. Getaran akibat adanya garis-garis densitas fluks medan magnet pada suatu waktu akan melebihi beberapa nilai kritis, sehingga terjadi perputaran atau pergerakan ion yang dapat memberikan signal palsu terhadap gerbang gerbang saluran pada membran sel, dan menyebabkan kesalahan pada keseimbangan elektrokimia membran sel serta kesinambungannya terhadap keseluruhan fungsi sel (Grubner, 2011:116). Kondisi yang demikian dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme sel sehingga memberikan dampak pada proses pertumbuhan sel.

Ion dalam sel yang dapat terpengaruh medan magnet adalah ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Hal tersebut disebabkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  tergolong bahan yang bersifat paramagnetik dan memiliki harga suseptibilitas positif. Sifat dari suatu bahan paramagnetik adalah dapat terpengaruh oleh medan magnet (termagnetisasi). Bentuk pengaruh medan magnet terhadap bahan tersebut adalah spin elektron yang terdapat pada bahan tersebut yang mulanya acak menjadi terarah oleh medan magnet (Sutrisno dan Gie, 1979:108—109).

Pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang meningkat akan mengakibatkan penurunan nilai kadar air dan pH pada keju jenis *cream cheese*. Terjadinya penurunan nilai pH disebabkan bakteri yang digunakan pada penelitian ini adalah bakteri penghasil asam laktat. Dengan demikian semakin banyak jumlah bakteri yang dihasilkan maka produksi asam semakin meningkat dan nilai pH semakin menurun. Sedangkan penurunan kadar air pada keju disebabkan oleh asam yang dihasilkan oleh bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic*. Asam yang dihasilkan menyebabkan protein pada susu mengalami denaturasi. Protein yang terdenaturasi akan berkurang kelarutannya. Lapisan molekul bagian dalam yang bersifat hidrofobik akan keluar sedangkan bagian hidrofilik akan terlipat ke dalam. Pelipatan atau pembakikan akan terjadi bila protein mendekati pH isoelektris lalu protein akan menggumpal dan mengendap. Viskositas akan

bertambah karena molekul mengembang dan menjadi asimetrik (Anna, 1994). Kondisi ini diharapkan mampu menghasilkan keju jenis *cream cheese* dengan tingkat kematangan yang baik (ditunjukkan dengan tercapainya standart nilai pH dan kadar air keju jenis *cream cheese*) dan dalam waktu yang singkat. Berikut ini adalah gambar mekanisme paparan medan magnet ELF pada bakteri.



Gambar 2.4 Mekanisme paparan medan magnet pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese*.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut dan Laboratorium Mikrobiologi gedung III Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) UNEJ serta Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan (MIPA) UNEJ pada bulan Maret – Mei 2015 dengan pertimbangan sebagai berikut.

- a. Alat penghasil medan magnet (*ELF Magnetic Fields Sources*) yang akan digunakan dalam eksperimen terdapat pada Laboratorium Fisika Lanjut, Program Studi Pendidikan Fisika, gedung III FKIP UNEJ.
- b. Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Pendidikan Biologi, gedung III FKIP UNEJ dipilih karena terdapat seperangkat alat yang akan digunakan untuk menghitung jumlah bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese*.
- c. Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNEJ dipilih karena terdapat seperangkat alat yang akan digunakan untuk mengukur kadar air keju jenis *cream cheese*.

### 3.2 Jenis dan Desain Penelitian

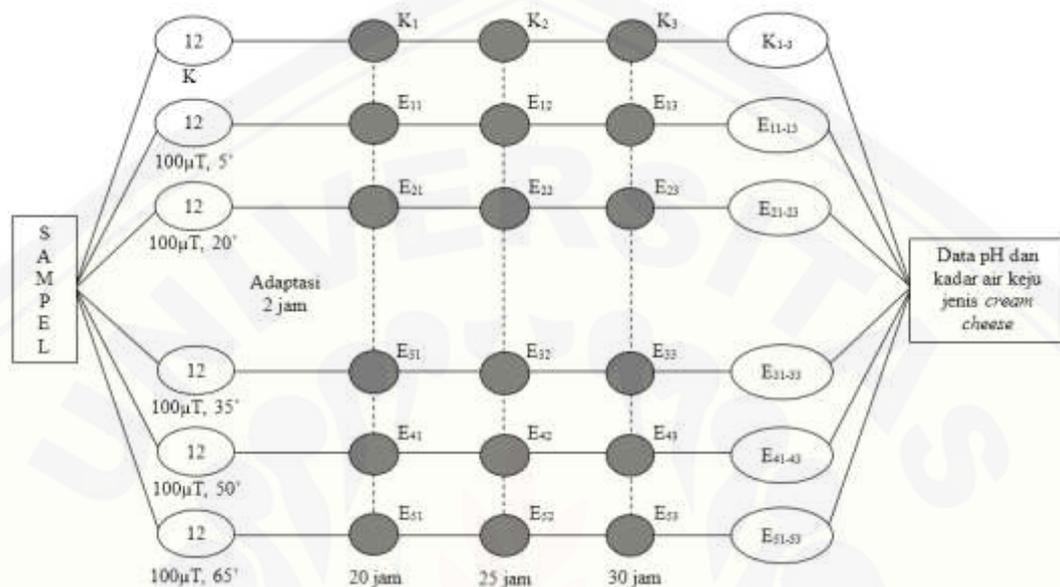
#### 3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui suatu gejala atau pengaruh yang timbul sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu (Notoatmodjo, 2005). Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan kelompok eksperimen (kelompok yang diberi perlakuan berupa pemaparan medan magnet ELF) dengan kelompok kontrol (kelompok yang tidak diberi perlakuan).

#### 3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah *randomized subject post test only control group design* (Sukardi, 2003:185). Pada penelitian ini terdapat kelompok

eksperimen yaitu kelompok yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas  $100 \mu\text{T}$  yang dipapar selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit. Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak dipapar medan magnet ELF (lihat Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Desain penelitian

Keterangan:

- K<sub>1-3</sub> = sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF
- E<sub>11-13</sub> = sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet ELF  $100\mu\text{T}$  selama 5'
- E<sub>21-23</sub> = sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet ELF  $100\mu\text{T}$  selama 20'
- E<sub>31-33</sub> = sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet ELF  $100\mu\text{T}$  selama 35'
- E<sub>41-43</sub> = sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet ELF  $100\mu\text{T}$  selama 50'
- E<sub>51-53</sub> = sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet ELF  $100\mu\text{T}$  selama 65'
- Pada jam ke 20 = pengukuran pH dan kadar air dari sampel K<sub>1</sub>, E<sub>11</sub>, E<sub>21</sub>, dan E<sub>31</sub>, dan E<sub>51</sub> masing-masing sebanyak 4 sampel

- Pada jam ke 25 = pengukuran pH dan kadar air dari sampel K<sub>2</sub>, E<sub>12</sub>, E<sub>22</sub>, E<sub>32</sub>, dan E<sub>52</sub> masing-masing sebanyak 4 sampel
- Pada jam ke 30 = pengukuran pH dan kadar air dari sampel K<sub>3</sub>, E<sub>13</sub>, E<sub>23</sub>, E<sub>33</sub>, dan E<sub>53</sub> masing-masing sebanyak 4 sampel

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

##### a. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang akan dilihat pengaruhnya terhadap variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah lama paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF). Lama paparan medan magnet ELF pada keju jenis *cream cheese* adalah 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit.

##### b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diukur sebagai indikator dari pengaruh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pH dan kadar air keju jenis *cream cheese*.

#### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Definisi operasional ialah uraian yang membatasi setiap istilah atau frasa kunci yang digunakan dalam penelitian dengan makna tunggal dan terukur. Secara operasional variabel penelitian ini didefinisikan sebagai berikut.

##### a. Medan magnet ELF

- 1) Medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF atau frekuensi sangat rendah) adalah kumpulan gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi kurang dari 300 Hz (WHO dan Grotel dalam Sudarti dan Helianti, 2005:36). Pada penelitian ini lebih ditekankan pada efek yang disebabkan oleh medan magnet ELF.
- 2) Intensitas medan magnet ELF yang digunakan adalah  $100 \pm 15 \mu\text{T}$ . Penggunaan intensitas medan magnet ELF sebesar  $100 \pm 15 \mu\text{T}$  didasarkan pada beberapa

penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (penelitian tersebut dapat di lihat di bab 2)

- 3) Lama paparan medan magnet ELF yang digunakan adalah 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit. Penggunaan lama paparan medan magnet ELF tersebut didasarkan pada hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan (hasil uji pendahuluan dapat dilihat pada lampiran D).
- b. Susu adalah sekresi ambing hewan yang diproduksi dengan tujuan penyediaan makanan bagi anaknya yang baru dilahirkan (Wardana, 2012:3)
- c. Kadar air keju jenis *cream cheese* yang diukur adalah banyaknya air yang terkandung dalam tiap 1 ml susu dengan tambahan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang merupakan bahan dasar keju jenis *cream cheese* dan diukur dalam satuan mL.
- d. pH adalah satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat keasaman tiap 1 ml susu dengan tambahan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang merupakan bahan dasar keju jenis *cream cheese*. Unit pH diukur pada skala 0 – 14.

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Alat-alat

##### a. *Current Transformer*

*Current Transformer* (CT) merupakan alat untuk menghasilkan medan magnet ELF dengan sumber arus AC pada frekuensi 50 Hz. Cara kerja alat ini adalah sebagai berikut.

- 1) Tegangan satu fasa dari PLN 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz masuk ke pengatur tegangan (*voltage regulator*).
- 2) Keluaran yang dihasilkan dari *voltage regulator* masuk ke transformator tegangan sebagai sisi primer dari transformator.
- 3) Output dari transformator (sisi sekunder) menghasilkan tegangan lebih rendah, namun arus listriknya menjadi lebih tinggi.
- 4) Konduktor tembaga dihubungkan dengan output transformator, sehingga dapat menghasilkan paparan medan magnet lebih dominan daripada medan listrik.

## b. Gelas ukur

Alat ini digunakan untuk menentukan volume bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang akan digunakan serta untuk menentukan volume susu yang telah ditambahkan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang akan digunakan sebagai sampel penelitian. Gelas ukur yang digunakan adalah gelas ukur berukuran 50 ml dan 500 ml.

## c. Pipet volume

Alat ini digunakan untuk menentukan volume rennet yang akan ditambahkan pada susu. Pipet volume yang digunakan adalah pipet volume berukuran 10 ml.

## d. Pengaduk

Alat ini digunakan untuk mengaduk susu, bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet agar tercampur secara merata.

## e. Gelas kaca

Alat ini digunakan sebagai tempat sampel penelitian. Gelas kaca yang digunakan adalah gelas kaca berukuran  $\pm 150$  ml.

## f. Kain katun tipis

Alat ini digunakan untuk menyaring dadih yang terbentuk pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese*.

## g. pH meter

Alat ini digunakan untuk mengukur derajat keasaman (pH) pada susu dengan tambahan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang merupakan bahan dasar keju jenis *cream cheese*. pH meter yang digunakan memiliki gambar dan spesifikasi sebagai berikut.



Gambar 3.2 pH meter dan spesifikasinya (Sumber: Hanna Instruments, 2015)

- h. Alat-alat yang digunakan untuk pengukuran kadar air keju jenis *cream cheese*, antara lain:
- 1) cawan
  - 2) oven
  - 3) neraca

#### 3.4.2 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Susu sapi murni yang telah dipasteurisasi. Susu yang digunakan adalah susu jenis *skimmed milk* (susu skim pasteurisasi Diamond).
- b. Bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang telah diinokulasikan di medium susu yang dibeli di Rumah Yogurt (Jln. Raya Junrejo 1A, Batu, Jawa Timur).
- c. Rennet

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Penentuan Sampel

Penentuan sampel dilakukan sebelum melakukan penelitian pada sampel yaitu untuk menentukan sampel dalam kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah keju jenis *cream cheese* yang berbahan dasar susu dengan tambahan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang berjumlah 72 sampel dan masing-masing sampel memiliki volume 100 ml, setiap kelompok terdiri dari 12 sampel. Pada proses pengukuran untuk memperoleh data akan diambil 4 sampel dari masing-masing kelompok (penentuan pengambilan sampel dapat dilihat di lampiran). Adapun teknik penentuan sampel untuk kelompok kontrol dan eksperimen ditentukan secara acak. Perlakuan untuk kelompok eksperimen yaitu dengan memberi paparan medan magnet ELF 100  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan yang bervariasi. Sedangkan untuk kelompok kontrol di paparkan secara alamiah yaitu di tempat terbuka tanpa sinar matahari.

### 3.5.2 Perlakuan

Teknik perlakuan pada kelompok eksperimen dengan varian perlakuan yaitu dengan cara mengubah variabel lama paparan medan magnet sebagai berikut.

- Input sumber tegangan PLN 220 Volt, kuat Arus 5 A, dan frekuensi 50 Hz, dengan tegangan terpakai 7 volt dan kuat arus 125 dan 700 A.
- Intensitas (I) paparan: intensitas paparan medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian ini sebesar  $\pm 100 \mu\text{T}$ .
- Lama paparan medan magnet ELF dalam penelitian ini antara lain 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit.

Adapun alat sumber paparan medan magnet ELF seperti Gambar 3.1.



Gambar. 3.3 ELF *Electromagnetic Field Sources* (Sumber: Sudarti dan Helianti, 2005)

Prosedur pengoperasian alat ELF *Electromagnetic Fields Sources*, sebagai berikut.

- Menekan tombol *On* MCB 2P 50A (terdapat dalam panel). Bila tegangan telah terhubung, *pilot lamp* akan menyala.
- Memastikan *output* tegangan *slite voltage regulator* adalah nol, dengan memutar *knob* putar berlawanan arah jarum jam (ke kiri) hingga *knob* putar tak dapat diputar lagi.

- c. Menekan *push button* (warna merah) untuk menyalakan regulator arus. Bila *knob* putar pada no.b belum diputar sampai posisi nol maka kontaktor tidak akan *On* (menyala) dan peralatan belum dapat digunakan.
- d. Memutar *knob* putar searah jarum jam (ke kanan) sampai didapatkan besaran arus yang diinginkan, yaitu sebesar 125 A dan 700 A. Terdapat *display* arus untuk mengetahui berapa arus yang mengalir dalam peralatan regulator arus.
- e. Menekan *push button* (warna hijau) untuk mematikan regulator arus.

Pada penelitian ini juga digunakan alat *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) untuk memastikan besar medan magnet ELF yang digunakan. Berikut ini adalah gambar *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) dengan merek Lutron EMF-827.



Gambar. 3.4 EMF-827 (Sumber: Rian, Tanpa Tahun)

Prosedur pengoprasian ELF-827, sebagai berikut.

- a. Memosisikan '*off/range switch*' ke range yang sesuai. Memulai dari range tertinggi dan tunggu hingga nilai terukur stabil lalu gantilah ke range yang diinginkan. Karena EM merupakan interferensi dari lingkungan, maka layar akan menunjukkan nilai terkecil sebelum pengukuran misalnya hingga mencapai  $0.05 \mu\text{T}$ . Hal ini bukanlah malfungsi alat.
- b. Memegang *probe* sensor, lalu mencoba untuk mendekatkan kepala sensor ke objek yang akan diukur sehingga tersentuh secara fisis. Memperhatikan bagaimana intensitas medan bertambah ketika probe didekatkan ke arah objek.

- c. Memposisikan kepala sensor di sudut yang berbeda terhadap objek yang akan diukur dan lihat bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengukuran.
- d. Mencoba pendekatan sudut pengukuran yang berbeda, mencatat hasil pengukuran yang tertera pada layar. Jika objek yang diukur mati selama pengukuran, seharusnya hasil pengukuran mendekati nol, jika tidak artinya ada sumber EM lain yang terdeteksi.
- e. Alat ukur didesain untuk membaca pada satuan  $\mu\text{T}$  tetapi dapat pula mengukur dalam satuan mG dengan cara mengalikan hasil pengukuran dengan angka 10.

### 3.5.3 Uji Kadar Air

Langkah pengujian kadar air keju jenis *cream cheese* adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan cawan yang telah diberi kode sesuai kode sampel, kemudian panaskan dalam oven dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 1$  jam.
- b. Mengambil cawan kemudian memasukkannya dalam desikator selama  $\pm 15$  menit, kemudian cawan ditimbang.
- c. Menimbang sampel ( $W_1$ ) dalam cawan yang telah diketahui beratnya.
- d. Mengeringkan sampel dalam oven pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 4—6 jam.
- e. Menimbang sampel lalu dioven kembali dan ditimbang hingga konstan ( $W_2$ ). Bobot dianggap konstan apabila selisih penimbangan tidak melebihi 0,2 mg.
- f. Memasukkan sampel dalam desikator  $\pm 15$  menit kemudian dilanjutkan dengan penimbangan.
- g. Kadar air dapat dihitung, baik berdasarkan bobot kering atau “*dry basis*” (DB) ataupun bobot basah atau “*wet basis*” (WB)

$$\text{Kadar air (\%DB)} = W_3 / W_2 \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (\%WB)} = W_3 / W_1 \times 100\%$$

$$\text{Total Bahan Padat (\%)} = W_2 / W_1 \times 100\%$$

Keterangan :  $W_1$  = Bobot sampel awal (g)

$W_2$  = Bobot sampel kering (g)

$W_3$  = Kehilangan berat/selisih bobot (g) (Legowo *et al*, 2007)

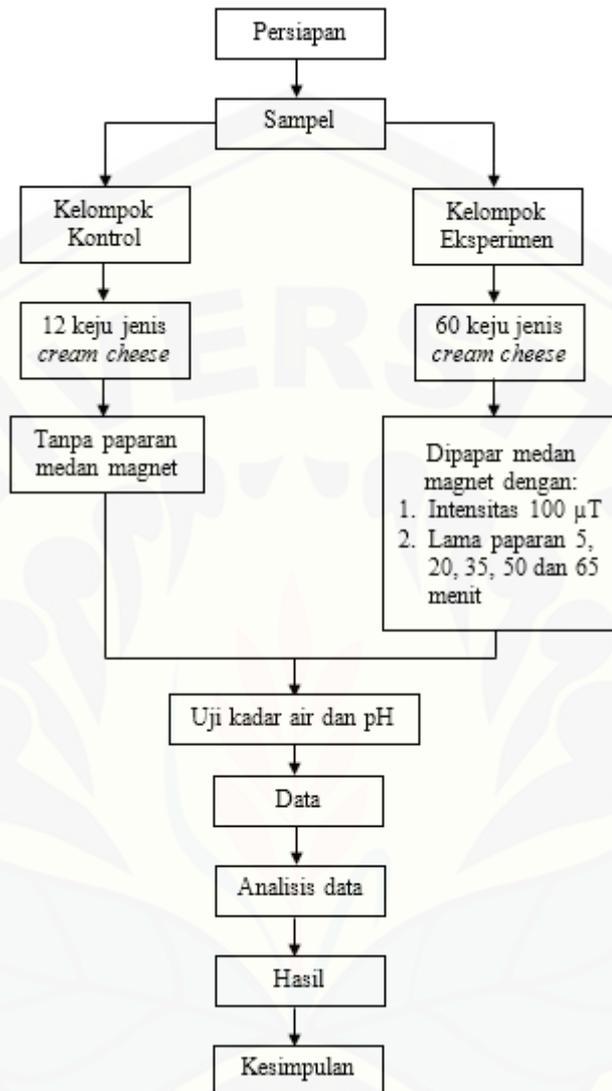
#### 3.5.4 Uji Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman keju jenis *cream cheese* dapat diukur menggunakan pH meter. Untuk menguji derajat keasaman (pH) dengan mencelupkan pH meter ke dalam gelas kaca yang berisi susu dengan tambahan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang merupakan bahan dasar keju jenis *cream cheese* yang telah siap diuji derajat keasamannya (pH). Nilai pH keju jenis *cream cheese* dapat dibaca langsung pada layar pH meter.

#### 3.5.5 Bagan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

- a. Membuat keju jenis *cream cheese*.
- b. Membagi keju dibagi menjadi 72 sampel masing-masing memiliki volume 100 ml. Kemudian keju dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen sebanyak 12 sampel untuk masing-masing perlakuan.
- c. Memapar susu dengan tambahan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang merupakan bahan dasar keju jenis *cream cheese* pada sampel eksperimen menggunakan medan magnet ELF dengan intensitas 100  $\mu$ T selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit, dan 65 menit.
- d. Mengukur pH dan kadar air susu dengan tambahan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* serta rennet yang merupakan bahan dasar keju jenis *cream cheese*. Pengukuran dilakukan pada jam ke-20, jam ke-25, dan jam ke-30 dari proses pencampuran susu dengan starter dan rennet..
- e. Menganalisis hasil pengukuran kadar air dan pH keju jenis *cream cheese*.
- f. Membahas hasil analisis data
- g. Menarik kesimpulan



Gambar 3.5 Bagan prosedur penelitian

### 3.6 Metode Analisis Data

#### 3.6.1 Contoh Tabel Hasil Pengukuran Tiap Pemaparan

Tabel 3.1 Data hasil pengukuran pH keju jenis *cream cheese*

Pengukuran Ke	Kelompok Kontrol		Kelompok Eksperimen	
	pH	$\overline{pH}$	pH	$\overline{pH}$
I	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	...dst.		...dst.	
II	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	...dst.		...dst.	
III	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	...dst.		...dst.	

Keterangan:  $\overline{pH}$  = pH rata-rata keju jenis *cream cheese*

Tabel 3.2 Data hasil pengukuran kadar air keju jenis *cream cheese*

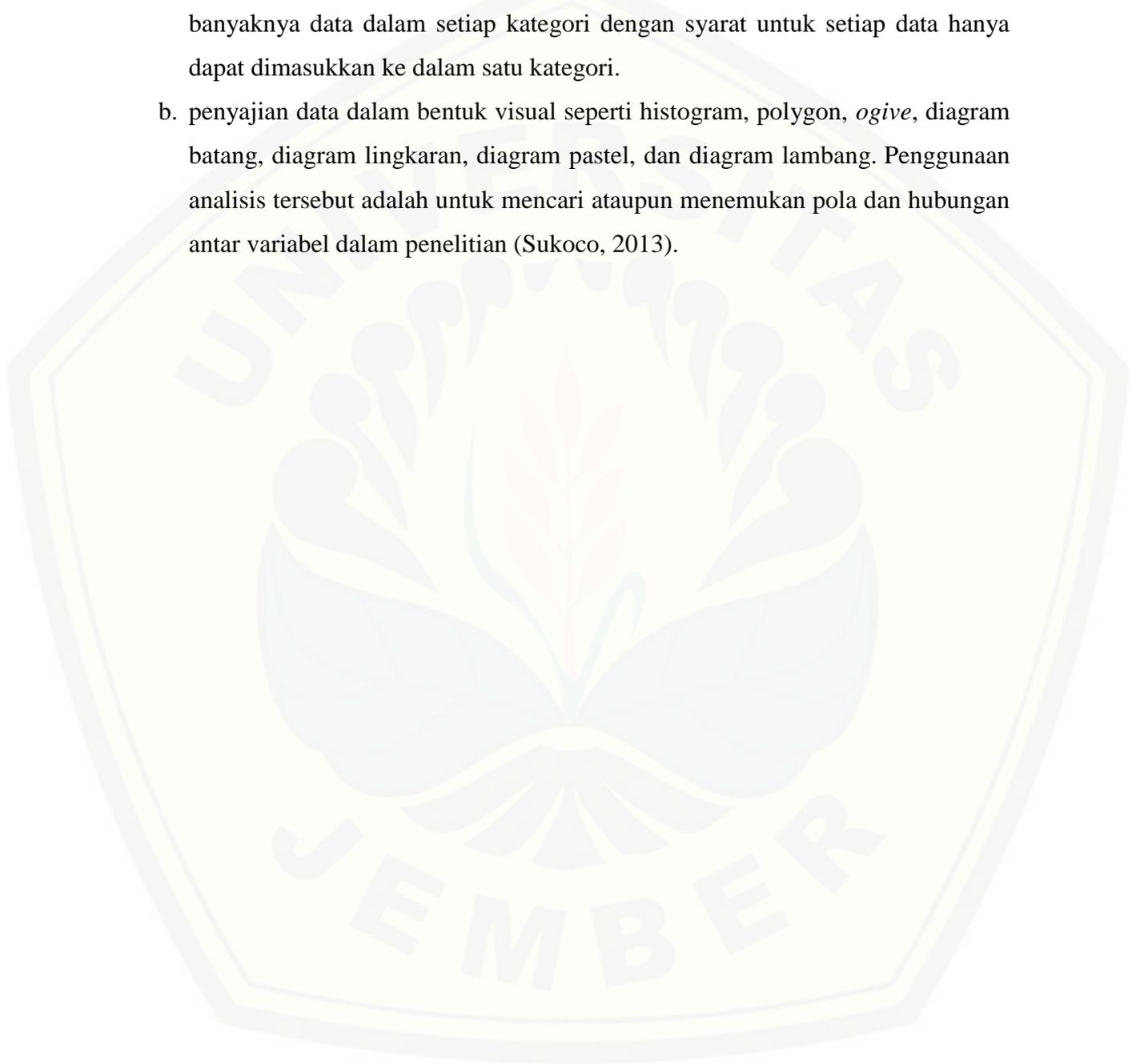
Pengukuran Ke	Kelompok Kontrol		Kelompok Eksperimen	
	Volume (mL)	$\overline{V}$ (mL)	Volume (mL)	$\overline{V}$ (mL)
I	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	...dst.		...dst.	
II	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	...dst.		...dst.	
III	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	...dst.		...dst.	

Keterangan:  $\overline{V}$  (mL) = Volume rata-rata dalam satuan mL

#### 3.6.2 Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif. Analisis statistik deskriptif merupakan suatu teknik analisis yang menggambarkan data-data yang telah terkumpul secara deskriptif sehingga tercipta sebuah kesimpulan yang bersifat umum. Adapun yang termasuk dalam teknik analisis statistik deskriptif antara lain:

- a. penyajian data dalam bentuk tabel atau distribusi frekuensi dan tabulasi silang. Dengan menggunakan analisis ini maka akan dapat diketahui suatu kecenderungan hasil penelitian, apakah termasuk dalam kategori rendah, sedang, atau tinggi. Hal tersebut juga dapat memudahkan dalam menunjukkan banyaknya data dalam setiap kategori dengan syarat untuk setiap data hanya dapat dimasukkan ke dalam satu kategori.
- b. penyajian data dalam bentuk visual seperti histogram, polygon, *ogive*, diagram batang, diagram lingkaran, diagram pastel, dan diagram lambang. Penggunaan analisis tersebut adalah untuk mencari ataupun menemukan pola dan hubungan antar variabel dalam penelitian (Sukoco, 2013).



## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Sampel Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan penentuan sampel dengan menggunakan rumus federer diperoleh bahwa besar sampel minimal yang harus digunakan sebanyak 4 sampel. Proses pengukuran untuk menentukan waktu kematangan keju dilakukan sebanyak tiga kali yaitu pada jam ke-20, jam ke-25 dan jam ke-30. Dengan demikian banyak sampel yang digunakan untuk masing-masing kelompok adalah 12 sampel dan total sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 72 sampel.

Bahan dasar pembuatan keju jenis *cream cheese* adalah susu, starter yang terdiri dari campuran bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* (*Lactobacillus bulgarius*, *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus*) serta rennet. Susu yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu yang telah dipasteurisasi. Susu tersebut merupakan susu jenis *skimmed milk* (susu skim pasteurisasi Diamond). Starter bakteri dan rennet yang digunakan diperoleh dari Rumah Yogurt yang beralamat di Jln. Raya Junrejo 1A, Batu, Jawa Timur. Proses pencampuran susu dengan starter dan rennet serta pembagian sampel menjadi dua kelompok utama (kontrol dan eksperimen) dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Program Studi Pendidikan Bologi FKIP UNEJ. Penelitian ini terdiri dari 1 taraf kontrol dan 5 taraf eksperimen sehingga total kelompok sampel dalam penelitian ini sebanyak 6 kelompok.

#### 4.1.2 Prosedur Pemaparan Medan Magnet ELF

Proses pemaparan medan magnet ELF 100  $\mu$ T dilakukan selama 5 menit, 20 menit, 35 menit 50 menit dan 65 menit pada kelompok eksperimen. Kelompok kontrol dibiarkan terpapar medan magnet alamiah, yaitu dengan cara diletakkan di tempat terbuka tanpa sinar matahari. Proses pemaparan kelompok eksperimen dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNEJ. Pemaparan dilakukan setelah 2 jam dari proses pencampuran susu dengan

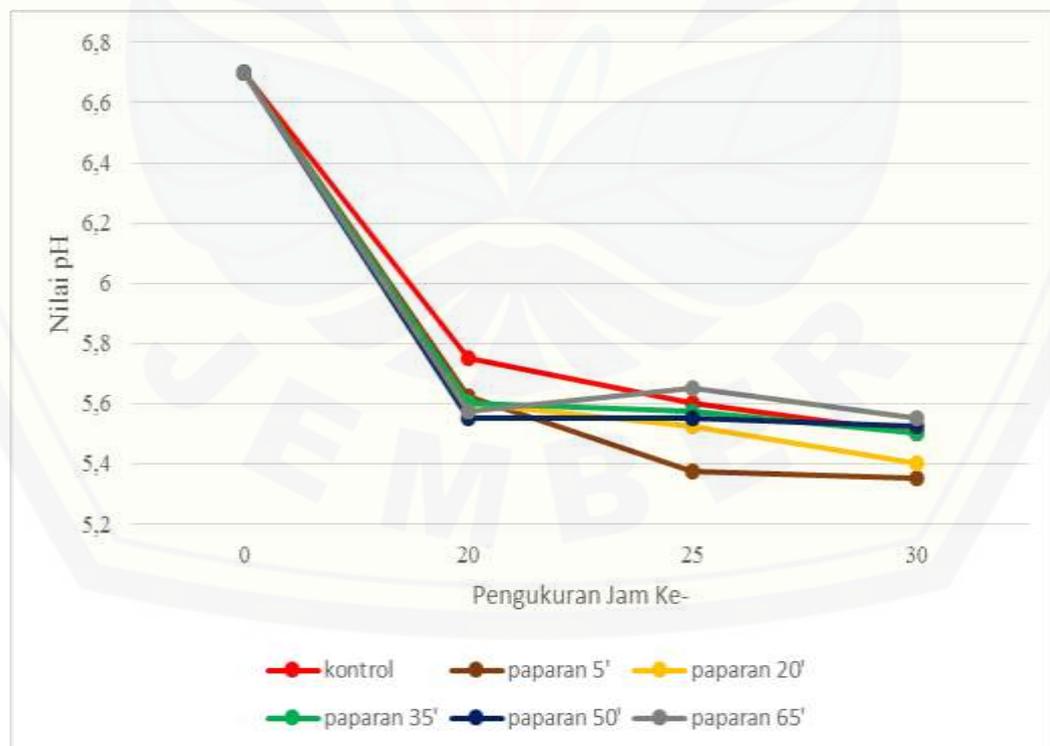
starter dan rennet. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan waktu adaptasi kepada bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* dengan medium susu yang digunakan. Setelah proses paparan selesai, sampel diletakkan dalam suhu ruang selama 16 jam. Setelah 16 jam sampel dipindahkan ke dalam kain katun tipis untuk disaring kemudian digantung selama 12 jam.

#### 4.1.3 Hasil Pengukuran pH Keju Jenis *Cream Cheese*

Penelitian ini dilaksanakan pada Mei 2015. Adapun hasil pengukuran nilai pH keju jenis *cream cheese* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1

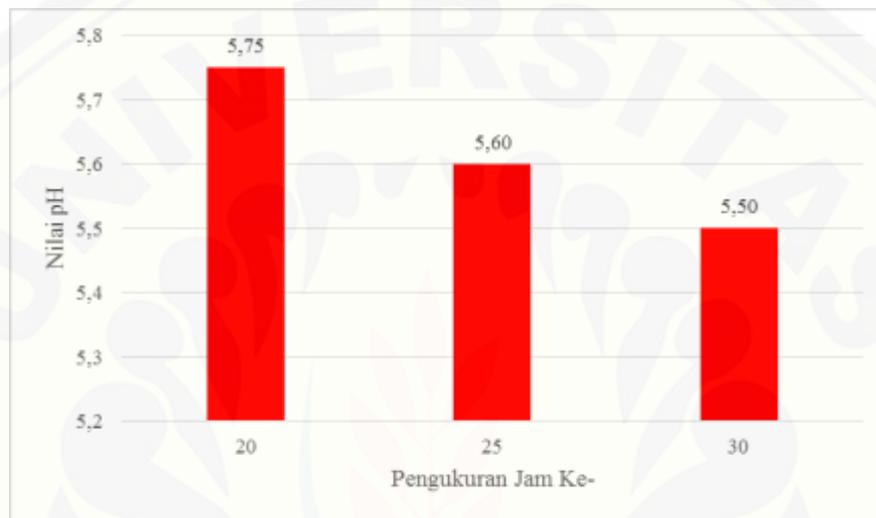
Tabel 4.1 Hasil pengukuran nilai pH keju jenis *cream cheese*

Nilai pH	Pengukuran Jam Ke-0	Pengukuran Jam Ke-20	Pengukuran Jam Ke-25	Pengukuran Jam Ke-30
Kontrol	6,7	5,75	5,60	5,50
Paparan 5 menit	6,7	5,63	5,38	5,35
Paparan 20 menit	6,7	5,60	5,53	5,40
Paparan 35 menit	6,7	5,60	5,58	5,50
Paparan 50 menit	6,7	5,55	5,55	5,53
Paparan 65 menit	6,7	5,58	5,65	5,55



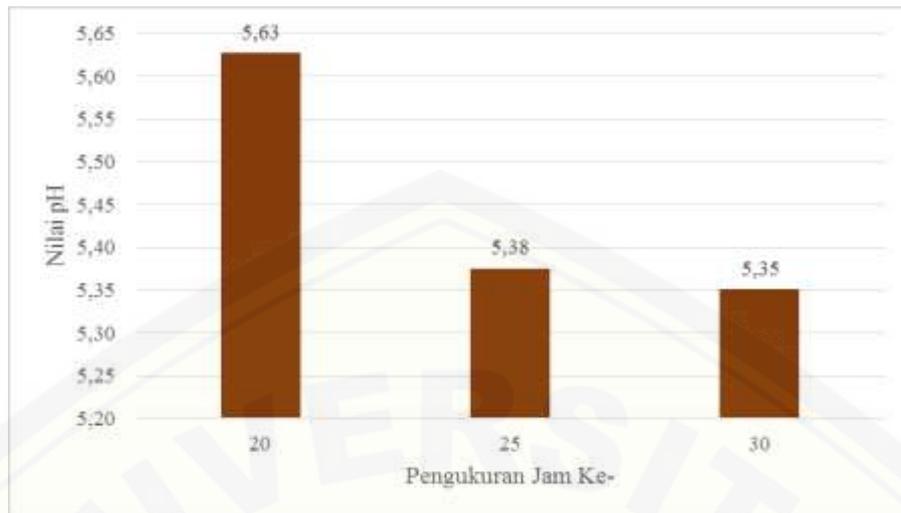
Gambar 4.1 Grafik hasil pengukuran nilai pH keju jenis *cream cheese*

Grafik 4.1 menunjukkan hasil pengukuran nilai pH keju jenis *cream cheese*. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat diketahui bahwa nilai pH keju jenis *cream cheese* secara umum mengalami penurunan pada setiap pengukuran. Penurunan nilai pH yang paling rendah terjadi pada sampel kelompok eksperimen I yaitu kelompok yang dipapar medan magnet ELF selama 5 menit. pH sampel kelompok ini mengalami penurunan dari pH awal sebesar 6,7 menjadi 5,35.



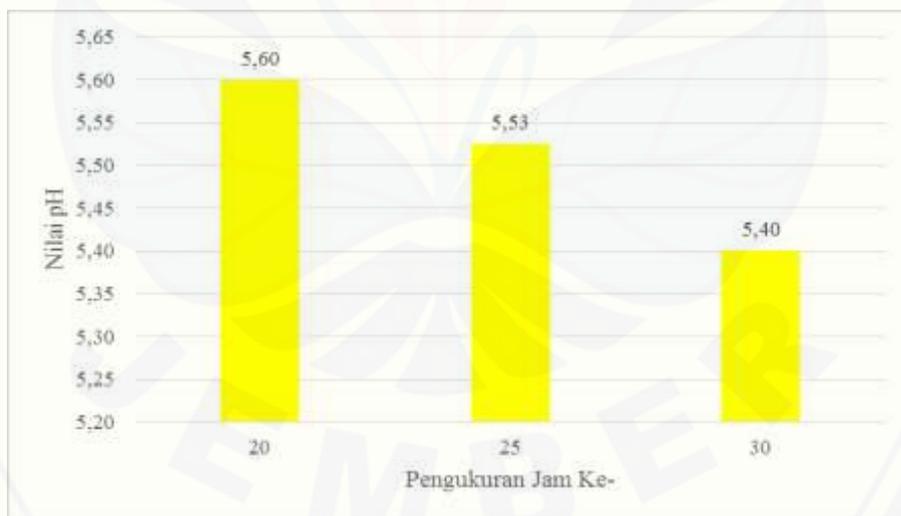
Gambar 4.2 Diagram hasil pengukuran pH kelompok kontrol

Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa pada jam ke-20 sampel kelompok kontrol memiliki nilai pH sebesar 5,75. Penurunan pH terjadi pada jam ke-25 dan jam ke-30. Besar nilai pH pada jam ke-25 adalah 5,60 sedangkan pada jam ke-30 adalah 5,50. Salah satu indikator kematangan keju jenis *cream cheese* dapat diketahui dari nilai pH yang dimiliki. Keju jenis *cream cheese* dapat dikatakan matang jika memiliki nilai pH 5,50. Dengan demikian berdasarkan indikator pH, sampel kelompok kontrol dapat dikatakan matang pada jam ke-30.



Gambar 4.3 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen I (paparan 5 menit)

Gambar 4.3 memperlihatkan nilai pH pada sampel kelompok eksperimen I (kelompok yang dipapar selama 5 menit). Nilai pH sampel kelompok eksperimen I pada jam ke-20 sebesar 5,63 sedangkan pada jam ke-25 dan jam ke-30 mengalami penurunan menjadi 5,38 dan 5,35. Jika ditinjau berdasarkan nilai pH yang diperoleh, pada jam ke-25 sampel kelompok eksperimen I telah melewati waktu kematangannya.



Gambar 4.4 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen II (paparan 20 menit)

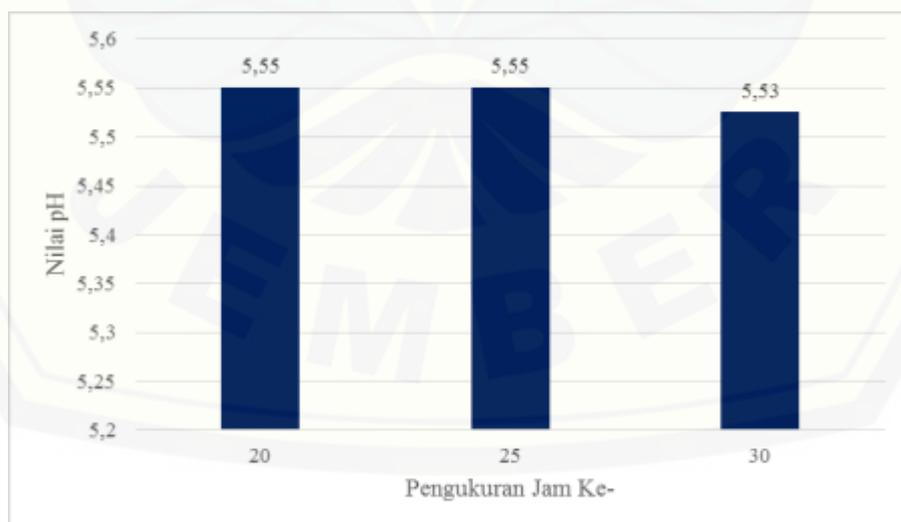
Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa nilai pH pada sampel kelompok eksperimen II (kelompok yang dipaparan selama 20 menit) pada pengukuran jam ke-20 sebesar 5,60, pada pengukuran jam ke-25 turun menjadi 5,53 dan pada pengukuran jam ke-30

mengalami penurunan kembali menjadi 5,40. Berdasarkan indikator pH kematangan keju jenis *cream cheese*, sampel kelompok eksperimen II telah melewati waktu kematangannya pada pengukuran jam ke-30.



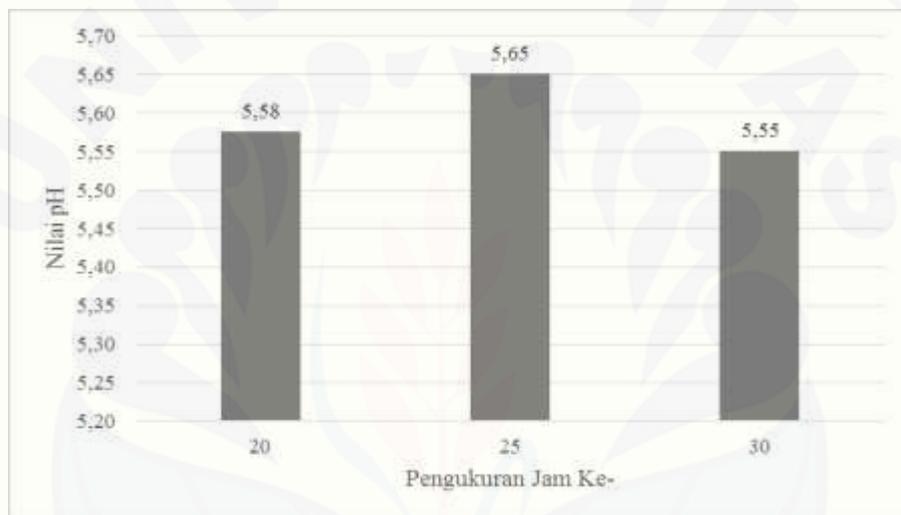
Gambar 4.5 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen III (paparan 35 menit)

Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada Gambar 4.5 diketahui bahwa nilai pH pada sampel kelompok eksperimen III (kelompok yang dipaparkan selama 35 menit) pada pengukuran jam ke-20 sebesar 5,60. Turun menjadi 5,58 pada pengukuran jam ke-25. Saat pengukuran jam ke-30 nilai pH sampel kelompok eksperimen III mencapai nilai 5,50. Dengan demikian sampel kelompok eksperimen III matang pada pengukuran jam ke-30.



Gambar 4.6 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen IV (paparan 50 menit)

Hasil pengukuran nilai pH pada sampel kelompok eksperimen IV (kelompok yang dipaparan selama 50 menit) seperti yang disajikan pada Gambar 4.6, terlihat bahwa tidak terdapat penurunan nilai pH pada pengukuran jam ke-20 maupun pada pengukuran jam ke-25. Penurunan nilai pH terjadi pada pengukuran jam ke-30. Nilai pH pada pengukuran jam ke-20 dan jam ke-25 sebesar 5,55 sedangkan pada pengukuran jam ke-30 sebesar 5,53. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai pH sampel kelompok eksperimen IV belum mencapai 5,50 hingga pengukuran jam ke-30. Dengan demikian pada pengukuran jam ke-30 sampel kelompok eksperimen IV belum mencapai waktu kematangannya.



Gambar 4.7 Diagram hasil pengukuran pH kelompok eksperimen V (paparan 65 menit)

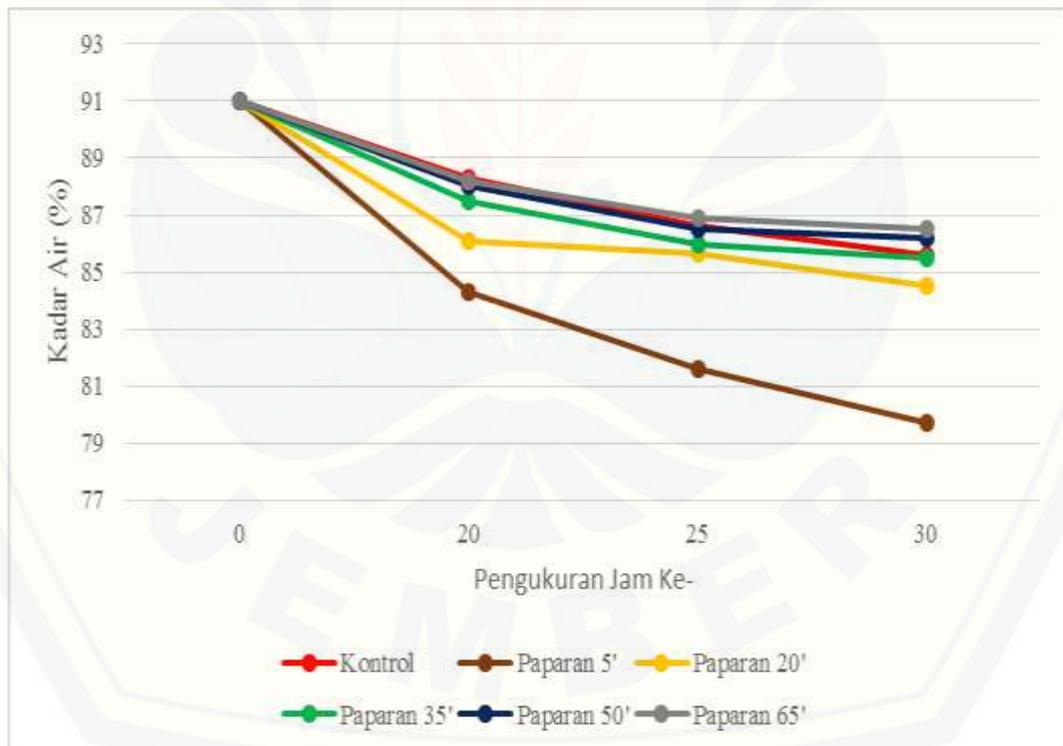
Berdasarkan hasil pengukuran yang digambarkan pada Gambar 4.7, diketahui bahwa pada sampel kelompok eksperimen V (kelompok yang dipaparan selama 65 menit) diperoleh nilai pH sebesar 5,58 pada pengukuran jam ke-20. Nilai pH tersebut naik menjadi 5,65 pada pengukuran jam ke-25 dan turun menjadi 5,55 pada pengukuran jam ke-30. Sama halnya dengan sampel kelompok eksperimen IV, sampel kelompok eksperimen V juga belum mencapai waktu kematangan pada pengukuran jam ke-30.

#### 4.1.4 Hasil Pengukuran Kadar Air Keju Jenis *Cream Cheese*.

Pengukuran kadar air keju jenis *cream cheese* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNEJ. Hasil pengukuran kadar air keju jenis *cream cheese* akibat pengaruh paparan medan magnet ELF 100  $\mu$ T pada kelompok kontrol kontrol dan kelompok eksperimen dengan lama paparan 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran kadar air keju jenis *cream cheese*

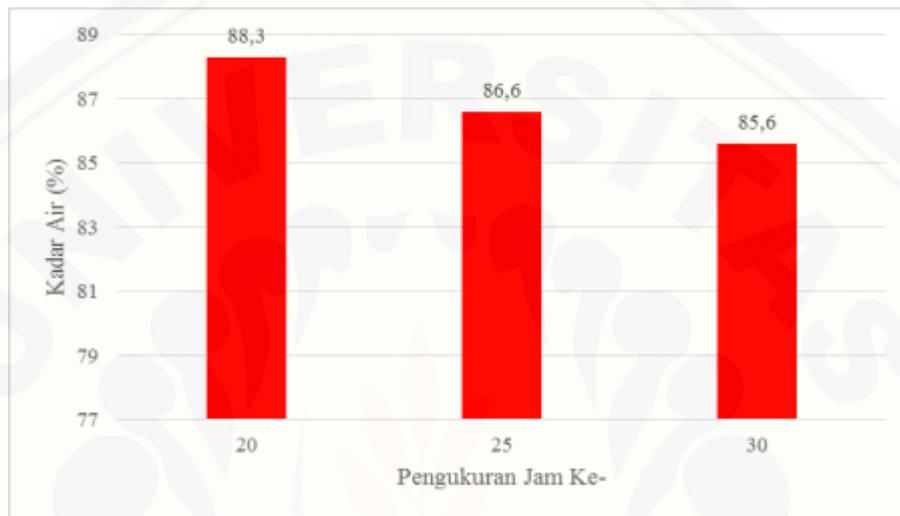
Nilai Kadar Air	Pengukuran Jam Ke-0	Pengukuran Jam Ke-20	Pengukuran Jam Ke-25	Pengukuran Jam Ke-30
Kontrol	91%	88,3%	86,6%	85,6%
Paparan 5 menit	91%	84,3%	81,6%	79,7%
Paparan 20 menit	91%	86,1%	85,7%	84,5%
Paparan 35 menit	91%	87,5%	86,0%	85,5%
Paparan 50 menit	91%	88,0%	86,5%	86,2%
Paparan 65 menit	91%	88,2%	86,9%	86,5%



Gambar 4.8 Grafik hasil pengukuran kadar air keju jenis *cream cheese*

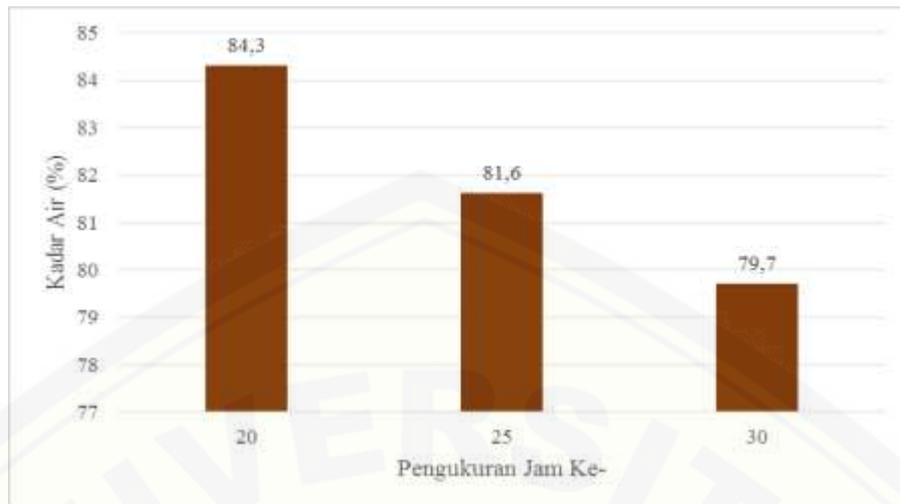
Grafik 4.8 menunjukkan hasil pengukuran nilai kadar air keju jenis *cream cheese*. Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada Grafik 4.8 diketahui

bahwa nilai kadar air keju jenis *cream cheese* pada semua kelompok baik kelompok kontrol maupun eksperimen mengalami penurunan pada setiap pengukuran. Penurunan nilai kadar air yang paling rendah terjadi pada sampel kelompok eksperimen I yaitu kelompok yang dipapar medan magnet ELF selama 5 menit. Nilai kadar air sampel kelompok ini mengalami penurunan dari nilai awal sebesar 91% menjadi 79,7%.



Gambar 4.9 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok kontrol

Gambar 4.9 menggambarkan hasil pengukuran kadar air pada sampel kelompok kontrol diketahui bahwa pada pengukuran jam ke-20 nilai kadar air keju jenis *cream cheese* sebesar 88,3%, kemudian mengalami penurunan pada pengukuran jam ke-25 dan pengukuran jam ke-30. Nilai kadar air pada pengukuran jam ke-20 adalah 86,6% dan pada pengukuran jam ke-30 adalah 85,6%. Indikator untuk menentukan kematangan keju jenis *cream cheese* selain nilai pH adalah nilai kadar air. Keju jenis *cream cheese* pada penelitian ini dikatakan matang jika memiliki nilai kadar air sebesar 85,6%. Dengan demikian, diketahui bahwa sampel keju kelompok kontrol telah matang pada pengukuran ke-30.



Gambar 4.10 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen I (paparan 5 menit)

Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan pada Gambar 4.10 terlihat bahwa nilai kadar air pada sampel kelompok eksperimen I memiliki nilai sebesar 84,3% pada pengukuran jam ke-20, lalu mengalami penurunan pada pengukuran jam ke-25 dan jam ke-30 menjadi 81,6% dan 79,7%. Berdasarkan indikator kematangan keju jenis *cream cheese*, diketahui bahwa pada pengukuran ke-20 sampel kelompok eksperimen I telah melewati waktu kematangannya



Gambar 4.11 Diagram hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen II (lama paparan 20 menit)

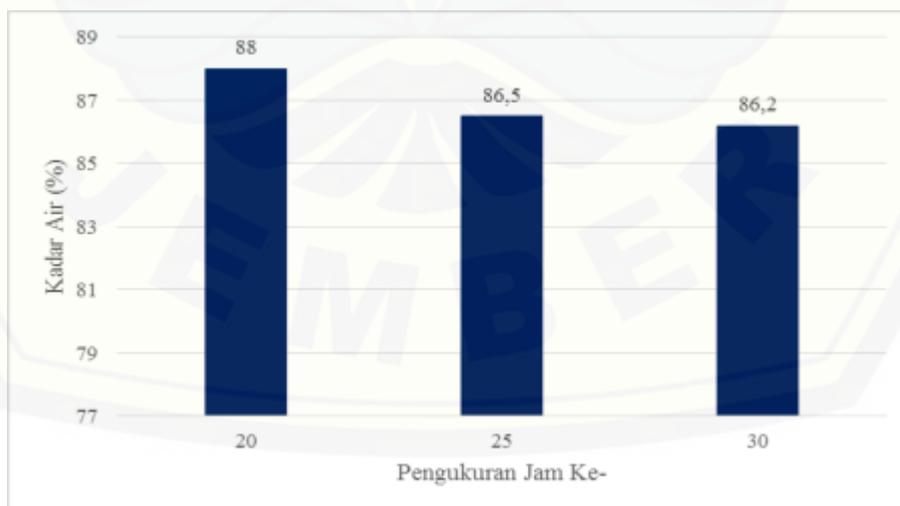
Gambar 4.11 menggambarkan hasil pengukuran kadar air pada sampel kelompok eksperimen II (kelompok yang dipaparan selama 20 menit). Nilai kadar air sampel kelompok eksperimen II pada pengukuran jam ke-20 sebesar 86,1%,

pada pengukuran jam ke-25 sebesar 85,7% dan pada pengukuran jam ke-30 sebesar 84,5%. Dengan demikian dapat diketahui sampel kelompok eksperimen II telah melewati waktu kematangannya pada pengukuran jam ke-30.



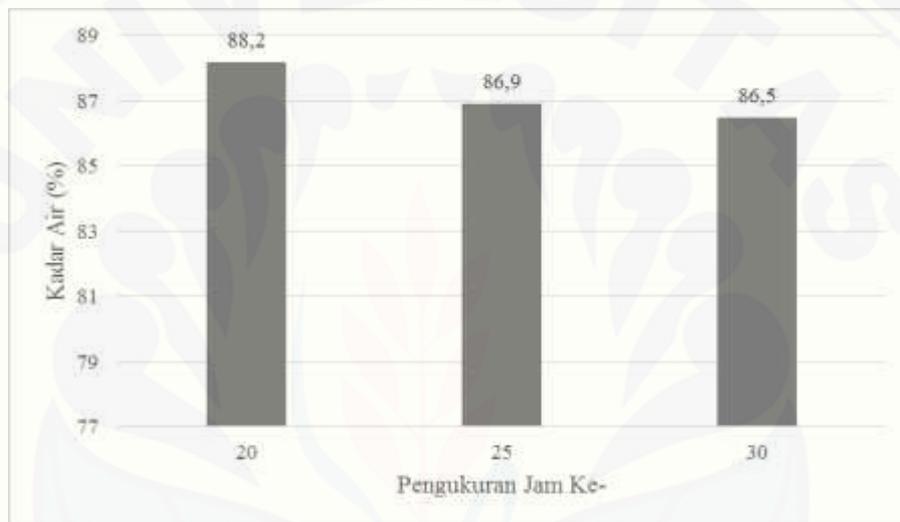
Gambar 4.12 Diagram Hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen III (paparan 35 menit)

Berdasarkan hasil pengukuran pada Gambar 4.12 diketahui bahwa nilai kadar air pada sampel kelompok eksperimen III (kelompok yang dipaparkan selama 35 menit) pada pengukuran jam ke-20 sebesar 87,5%, pada pengukuran jam ke-25 sebesar 86,0% dan pada pengukuran jam ke-30 sebesar 85,5%. Sama halnya dengan sampel kelompok eksperimen II, sampel kelompok eksperimen III pada pengukuran jam ke-30 telah melewati waktu kematangannya.



Gambar 4.13 Diagram Hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen IV (paparan 50 menit)

Hasil pengukuran kadar air pada kelompok eksperimen IV (kelompok yang dipapar selama 50 menit) disajikan pada Gambar 4.13. Diketahui bahwa nilai kadar air pada pengukuran jam ke-20 sebesar 88%, turun menjadi 86,5% pada pengukuran jam ke-25 dan 86,2% pada pengukuran jam ke-30. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai kadar air sampel kelompok eksperimen IV belum mencapai nilai 85,6% hingga pengukuran jam ke-30. Dengan demikian sampel kelompok eksperimen IV belum mencapai waktu kematangannya pada pengukuran jam ke-30.



Gambar 4.14 Diagram Hasil pengukuran kadar air kelompok eksperimen V (paparan 65 menit)

Berdasarkan hasil pengukuran yang digambarkan pada Gambar 4.14, Diketahui bahwa pada kelompok eksperimen V (kelompok yang dipapar selama 65 menit) diperoleh nilai kadar air sebesar 88,2% pada pengukuran pertama, 86,9% pada pengukuran kedua dan 86,5% pada pengukuran ketiga. Sama seperti sampel kelompok eksperimen IV, pada pengukuran jam ke-30 sampel kelompok eksperimen V juga belum mencapai waktu kematangannya.

#### 4.2 Analisis Deskriptif

Analisis statistik deskriptif merupakan suatu teknik analisis yang menggambarkan data-data yang telah terkumpul secara deskriptif sehingga tercipta sebuah kesimpulan yang bersifat umum (Sukoco, 2013). Adapun teknik

analisis deskriptif yang digunakan dalam penelitian ini adalah penyajian data dalam bentuk tabel, dan penyajian data dalam bentuk visual (grafik dan diagram batang). Data yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik adalah data nilai pH, nilai kadar air dan waktu pengukuran. Data yang disajikan dalam bentuk diagram batang terbagi menjadi dua yaitu data nilai pH dan waktu pengukuran serta data nilai kadar air dan waktu pengukuran.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH Keju Jenis *Cream Cheese*

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh lama paparan medan magnet ELF 100  $\mu$ T terhadap pH keju jenis *cream cheese*. Variasi paparan yang diberikan adalah selama 5 menit, 20 menit, 35 menit 50 menit dan 65 menit. Keju jenis *cream cheese* merupakan jenis keju yang memiliki proses pembuatan yang relatif cepat dan dengan metode yang sederhana (Sukotjo, 2003:3). Akan tetapi, untuk mendapatkan keju jenis *cream cheese* dengan tingkat kematangan yang baik dan dalam waktu yang singkat tidaklah mudah. Salah satu penyebabnya karena proses fermentasi oleh bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* masih sering mengalami kegagalan seperti adanya mikroorganisme kontaminan, senyawa amonium quarternari serta inhibitor yang lain (Daullay, 1990:106—117). Berdasarkan uraian di atas, dirasa perlu melakukan eksperimen untuk menguji pengaruh berbagai lama paparan ELF terhadap tingkat kematangan keju jenis *cream chesee* sehingga data yang diperoleh dapat dijadikan sebagai acuan dalam menentukan dosis lama paparan mana yang tepat dan menguntungkan.

Keju jenis *cream cheese* merupakan salah satu jenis keju lunak. pH standart pada keju lunak berada dalam derajat keasaman yang rendah, yaitu berkisar antara 5,3—5,5 (Sukotjo, 2003:3). Pada penelitian ini pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter (pHep by *Hanna Instruments*) dengan spesifikasi yang telah disebutkan dalam bab 3. Pada penelitian ini keju jenis *cream cheese* dikategorikan matang jika nilai pH sampel keju jenis *cream cheese* sebesar 5,50. Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diurutkan sampel keju jenis

*cream cheese* yang matang terlebih dahulu adalah sampel keju jenis *cream cheese* pada kelompok eksperimen I, kelompok eksperimen II, kelompok eksperimen III dan kelompok kontrol.

Sampel kelompok eksperimen I dan II mengalami penurunan nilai pH yang lebih cepat dibandingkan sampel kelompok kontrol. Hal tersebut disebabkan karena laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* pada sampel kelompok eksperimen I dan II lebih tinggi dibandingkan sampel kelompok kontrol. Medan magnet memiliki ELF efek biologis yang mengakibatkan tingkat pertumbuhan sel yang berubah (Dong, Chen, & Huang, 2005), jumlah transkripsi RNA dan protein yang berubah (Stange & Rowland, 2002), dan sifat permukaan sel yang berubah (Blank & L. Soo, 2001). Gobba dan Malagoli (2003) menyatakan medan magnet bertindak pada membran plasma melalui media interaksi yang mempengaruhi aktivitas enzim dan jalur sinyal transduksi. Aliran ion melalui saluran protein dipengaruhi oleh potensial listrik dan kimia pada membran sel. Jika sel ditempatkan dalam lingkungan dengan daerah kelistrikan, maka potensi listrik membran seluler akan terpengaruh. Kehadiran medan magnet yang kuat akan mempengaruhi lingkungan tersebut. Potensi ini akan mengalahkan semua potensi yang ada pada sel dan menjadikannya tidak memiliki kontrol lagi atas pergerakan ion saat melintasi membran (Gaafar, Hanafy, Tohany & Ibrahim, 2006).

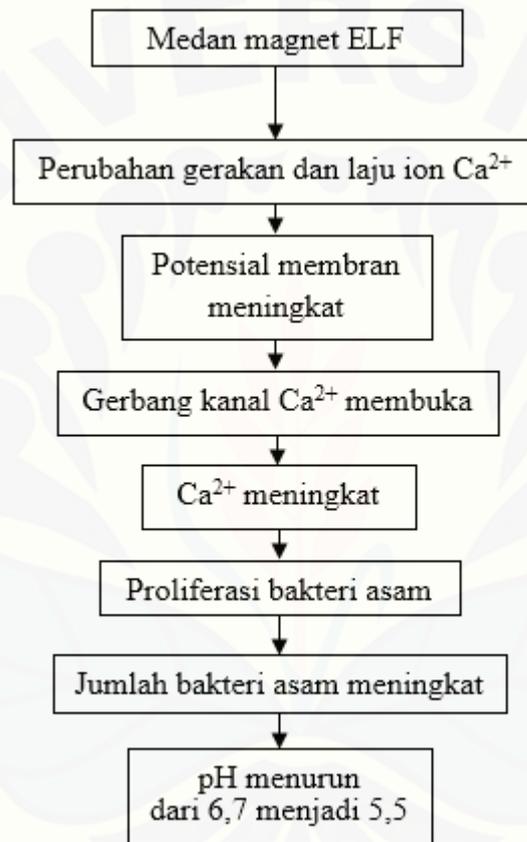
Adanya medan magnet di lingkungan sel mengarahkan hipotesis bahwa sel dan medium dapat menyimpan medan magnet untuk berpenetrasi melalui membran sel dan media ekstraseluler. Dengan demikian medan magnet ELF umumnya dapat menembus membran sel *in vitro* (Yao & Sun, 2004). Untuk penjabaran efek biologis terhadap medan magnet ELF, teori utama tentang efek biologis terhadap medan magnet didasarkan pada kemungkinan adanya efek permeabilitas pada saluran ion yang terdapat di membran. Hal ini dapat memberikan dampak terhadap pertumbuhan sel yang menyebabkan adanya perubahan biologis pada organisme (Grubner, 2011:115). Berdasarkan penelitian Panagopoulos dan Karabarbounis (2002) nilai permeabilitas magnetik relatif dari jaringan adalah 1. Dengan demikian densitas fluks magnetik di dalam sel hampir

serupa dengan densitas fluks di luar sel. Beberapa kemungkinan terhadap adanya dampak pertumbuhan sel dari paparan medan magnet ELF yaitu: 1) adanya formasi dari radikal bebas pada sel-sel yang dipapar medan magnet, 2) adanya perubahan konsentrasi ion-ion di bawah paparan medan magnet (Grubner, 2011:115). Blank dan L. Soo (2001) menyatakan bahwa setiap perubahan dalam kegiatan transportasi membran terdeteksi oleh gerakan molekul dan ion yang melintasi membran plasma. Gerakan ini dapat menyebabkan perubahan pada aktivitas metabolik.

Berdasarkan kajian teori yang telah dilakukan, persamaan Maxwell III menyatakan bahwa perubahan medan magnet dapat menghasilkan arus induksi. Adanya paparan medan magnet menciptakan perubahan gerakan ion  $\text{Ca}^{2+}$  pada ekstraselular yang melintasi membran sel sedangkan arus induksi yang dihasilkan menambah laju pergerakan ion  $\text{Ca}^{2+}$  melalui daerah densitas fluks magnetik. Bidang yang terpapar medan magnet akan menghasilkan kekuatan pada ion  $\text{Ca}^{2+}$  untuk bergerak dan secara aktif terikat pada saluran protein dan mempengaruhi kondisi pembukaan gerbang saluran. Getaran akibat adanya garis-garis densitas fluks medan magnet pada suatu waktu akan melebihi beberapa nilai kritis, sehingga terjadi perputaran atau pergerakan ion yang dapat memberikan sinyal palsu terhadap gerbang-gerbang saluran pada membran sel, dan menyebabkan kesalahan pada keseimbangan elektrokimia membran sel serta kesinambungannya terhadap keseluruhan fungsi sel (Grubner, 2011:116). Bila dijelaskan secara garis besar, perubahan pergerakan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan peningkatan laju pergerakan ion tersebut mengakibatkan perubahan transportasi pada membran sel sehingga mempengaruhi aktivitas metabolisme sel. Hal ini dapat memberikan dampak pada proses pertumbuhan sel.

Ion  $\text{Ca}^{2+}$  merupakan ion dalam sel yang dapat terpengaruh medan magnet. Hal tersebut disebabkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  tergolong bahan yang bersifat paramagnetik dan memiliki harga susceptibilitas positif. Sifat dari suatu bahan paramagnetik adalah dapat terpengaruh oleh medan magnet (termagnetisasi). Bentuk pengaruh medan magnet terhadap bahan tersebut adalah spin elektron yang terdapat pada bahan tersebut yang mulanya acak menjadi terarah oleh medan magnet (Sutrisno dan

Gie, 1979:108—109). Pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang meningkat akan mengakibatkan penurunan nilai pH pada keju jenis *cream cheese*. Terjadinya penurunan nilai pH disebabkan bakteri yang digunakan pada penelitian ini adalah bakteri penghasil asam laktat dengan demikian semakin banyak jumlah bakteri yang dihasilkan maka produksi asam semakin meningkat dan nilai pH semakin menurun. Mekanisme medan magnet dapat mempengaruhi nilai pH keju jenis *cream cheese* dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.15 Mekanisme medan magnet mempengaruhi pH keju jenis *cream cheese*

Adapun pada sampel kelompok eksperimen III memiliki waktu kematangan yang sama dengan sampel kelompok kontrol. Hal tersebut terjadi karena pada laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* pada sampel kelompok eksperimen III mengalami penurunan dan memiliki laju pertumbuhan yang sama dengan sampel kelompok kontrol. Sama halnya dengan sampel kelompok eksperimen IV yang belum mencapai waktu kematangan pada pengukuran jam ke-30. Hal tersebut juga dikarenakan laju pertumbuhan bakteri

*Mesophilic* dan *Thermophilic* yang mengalami penurunan namun laju pertumbuhan yang terjadi, berada di bawah laju pertumbuhan bakteri pada kelompok kontrol. Pemberian medan magnet yang terlalu lama dapat menurunkan laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic*. Sari *et al* (2012:86) menyatakan bahwa perpindahan energi yang berlebihan menghasilkan peningkatan kecepatan serta aliran ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang berlebihan pula ketika melewati membran sel. Daerah interaksi medan magnet adalah jaringan sel yang kebanyakan dipengaruhi oleh medan magnet. Ion-ion juga membawa efek medan magnet dari daerah interaksi ke jaringan dan organ lainnya. Efek medan magnet yang berlebih pada akhirnya akan merusak protein sel. Protein merupakan salah satu komponen sel organik yang berperan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme sel. Rusaknya protein dalam sel ini mengakibatkan terhambatnya proses metabolisme sel, sehingga aktivitas bakteri pembentuk asam menjadi terganggu.

Sampel kelompok eksperimen V juga belum mencapai waktu kematangan pada pengukuran jam ke-30. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa nilai pH sampel kelompok eksperimen V pada pengukuran jam ke-20 sebesar 5,58. Nilai pH tersebut naik menjadi 5,65 pada pengukuran jam ke-25 dan turun menjadi 5,55 pada pengukuran jam ke-30. Hal tersebut terjadi dimungkinkan karena sampel kelompok eksperimen V merupakan sampel yang paling lama terpapar medan magnet ELF.

Grubner (2011:122) menyatakan bahwa pH dari larutan berhubungan langsung terhadap konsentrasi proton atau larutan secara positif dimuati oleh atom-atom hidrogen. Celah transport protein yang berbeda menyebabkan ion-ion yang berbeda melewati membran biologis. Salah satu ion yaitu proton atau atom hidrogen  $\text{H}^+$ . Laju proton-proton yang melewati celah ion pada membran sel dapat dianalisa untuk mengontrol pH pada larutan intraselular. Jika pH larutan selular lebih tinggi atau lebih rendah, maka integritas struktur protein intraselular menjadi terganggu. Hal ini pada gilirannya membuat protein tidak mampu menjalankan tugas yang normal, yang sebagian besar dibutuhkan dalam mengkatalisasi reaksi selular untuk mempertahankan sel tetap hidup. Sel yang tidak dapat mengontrol

pH-nya kemungkinan besar tidak dapat bertahan hidup dan mati. Saat terjadi perubahan dalam konsentrasi ion hidrogen sistem penyangga cairan bekerja dalam waktu singkat untuk menimbulkan perubahan-perubahan ini. Sistem penyangga yang tersedia dalam media kultur tidak mengeliminasi ion-ion hidrogen dari sel atau menambahnya ke dalam sel tetapi hanya menjaga agar mereka tetap terikat sampai keseimbangan tercapai kembali. Saat keseimbangan dapat tercapai maka metabolisme sel tersebut akan kembali sebagaimana mestinya.

Selain itu dalam penelitian ini diketahui adanya kecenderungan grafik hasil pengukuran pH yang mendatar (seperti yang terlihat pada gambar 4.1) setelah pengukuran jam ke-20. Hal tersebut dikarenakan keju jenis *cream cheese* hampir mencapai waktu kematangannya. Dimungkinkan grafik hasil pengukuran pH tersebut akan semakin datar dan mencapai nilai pH yang konstan ketika keju jenis *cream cheese* mencapai tingkat kematangan yang optimal.

#### 4.2.2 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Air Keju Jenis *Cream Cheese*

Penelitian ini juga bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF 100  $\mu\text{T}$  terhadap kadar air keju jenis *cream cheese* yang dipapar selama 5 menit, 20 menit, 35 menit 50 menit dan 65 menit. Seperti yang telah disampaikan sebelumnya indikator untuk menentukan kematangan keju selain nilai pH adalah nilai kadar air. Air merupakan komponen penting dalam bahan pangan karena air dapat mempengaruhi kenampakan, kesegaran, tekstur, serta cita rasa pangan. Dalam beberapa bahan pangan, air ada dalam jumlah yang relatif besar, misalnya di dalam susu segar sekitar 87% dan daging sapi sekitar 70% (Legowo *et al*, 2007: 13).

Salah satu bahan dasar pembuatan keju jenis *cream cheese* adalah susu. Susu yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu yang telah dipasteurisasi. Susu tersebut merupakan susu jenis *skimmed milk* (susu skim pasteurisasi Diamond). Koagulasi atau penggumpalan susu adalah perubahan bentuk dari susu cair menjadi padatan berbentuk gel. Koagulasi ini terjadi karena adanya penggumpalan dari kasein yang terdapat dalam susu. Gumpalan kasein yang

terbentuk juga mengandung lemak, bakteri, koloid kalsium-fosfat dan partikel-partikel lainnya yang disebut dadih. Metode lain untuk mendapatkan dadih dari susu adalah dengan penambahan asam secara langsung. Asam laktat yang diproduksi oleh bakteri dalam susu lebih sering digunakan untuk memproduksi dadih keju (Daulay, 1990:121—122). Starter asam laktat yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang terdiri dari *Lactobacillus bulgarius*, *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus*.

Uji kadar air pada penelitian ini menggunakan metode oven sedangkan perhitungan nilai kadar air, dihitung berdasarkan bobot basah atau “*wet basis*”. Keju jenis *cream cheese* dikategorikan matang jika nilai kadar air sampel keju jenis *cream cheese* pada penelitian ini sebesar 85,6%. Berdasarkan hasil pengukuran dapat diurutkan sampel keju jenis *cream cheese* yang matang terlebih dahulu yaitu sampel keju jenis *cream cheese* pada kelompok eksperimen I, kelompok eksperimen II, kelompok eksperimen III dan kelompok kontrol.

Penurunan nilai kadar air yang lebih cepat terjadi pada kelompok eksperimen I dan II dibandingkan kelompok kontrol. Hal tersebut disebabkan karena laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen I dan II dibanding kelompok kontrol. Sama halnya pada pembahasan pengaruh medan magnet ELF terhadap pH keju jenis *cream cheese*. Paparan medan magnet ELF pada bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* menyebabkan perubahan pergerakan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan penambahan laju pergerakan ion tersebut. Hal itu mengakibatkan perubahan transportasi pada membran sel sehingga mempengaruhi aktivitas metabolisme sel. Dengan demikian dapat memberikan dampak pada proses pertumbuhan sel. Pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang meningkat akan mengakibatkan penurunan nilai kadar air pada keju. Penurunan kadar air pada keju disebabkan oleh asam yang dihasilkan oleh bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic*. Kusnandar (2010) menyatakan bahwa perubahan pH yang semakin asam akan menyebabkan perubahan kepolaran asam amino, bila kepolaran protein meningkat, maka jumlah air yang terikat juga meningkat. Selain itu, proses denaturasi protein oleh asam

mengakibatkan protein yang terdenaturasi akan berkurang kelarutannya. Lapisan molekul bagian dalam yang bersifat hidrofobik akan keluar sedangkan bagian hidrofilik akan terlipat ke dalam. Pelipatan atau pembakikkan akan terjadi bila protein mendekati pH isoelektris lalu protein akan menggumpal dan mengendap (Anna, 1994). Penggumpalan dan pengendapan tersebut mengakibatkan viskositas akan meningkat. Mekanisme bagaimana medan magnet dapat mempengaruhi nilai kadar air keju jenis *cream cheese* dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.16 Mekanisme medan magnet mempengaruhi kadar air keju jenis *cream cheese*

Adapun sampel pada kelompok eksperimen III memiliki waktu kematangan yang hampir sama dengan sampel kelompok kontrol. Hal tersebut disebabkan laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* pada sampel kelompok eksperimen III mengalami penurunan dan memiliki laju pertumbuhan

yang hampir sama dengan kelompok kontrol. Sampel kelompok eksperimen IV dan sampel kelompok eksperimen V pada pengukuran jam ke-30 belum mencapai waktu kematangannya. Hal tersebut juga dikarenakan laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang mengalami penurunan dan laju pertumbuhan yang terjadi berada di bawah laju pertumbuhan bakteri pada sampel kelompok kontrol. Pemberian medan magnet yang terlalu lama dapat menurunkan laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic*.

Penurunan laju pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* mengakibatkan penurunan kadar air pada keju menjadi lebih lambat. Lambatnya penurunan kadar air pada keju disebabkan oleh kurangnya asam yang dihasilkan oleh bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic*. Kurangnya asam yang dihasilkan menyebabkan denaturasi protein pada susu menjadi lebih lambat sehingga kadar air yang dihasilkan menjadi lebih banyak. Pada hasil pengukuran kadar air tidak ditemukan data yang anomali seperti pada hasil pengukuran pH. Hal tersebut disebabkan pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese* ditambahkan pula rennet. Rennet membantu proses penggumpalan menjadi berbentuk gel yang lunak dan lembut yang dapat mengeluarkan whey dengan kecepatan yang seragam (Daullay, 1990:125).

Keju jenis *cream cheese* tergolong tipe keju lunak yang memiliki kadar air sebesar 55%—80% (Daulay, 1990: 17). Pada penelitian ini diperoleh data bahwa kadar air keju jenis *cream cheese* matang memiliki kadar air sebesar 85,6%. Perbedaan nilai kadar air yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan kadar air keju *cream cheese* yang seharusnya dikarenakan pada penelitian ini susu yang digunakan adalah susu jenis *skimmed milk* (susu skim pasteurisasi Diamond). Susu jenis ini merupakan susu yang memiliki kadar air lebih tinggi dari susu pada umumnya (*freshmilk*).

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan variasi lama paparan medan magnet ELF yang digunakan, lama paparan yang paling berpengaruh terhadap penurunan nilai pH keju jenis *cream cheese* adalah lama paparan 5 menit. Dengan demikian dosis efektif untuk menurunkan nilai pH keju jenis *cream cheese* adalah paparan medan magnet ELF 100  $\mu$ T selama 5 menit.
- b. Berdasarkan variasi lama paparan medan magnet ELF yang digunakan, lama paparan 5 menit adalah lama paparan yang paling berpengaruh terhadap penurunan nilai kadar air keju jenis *cream cheese*. Dengan demikian dosis efektif untuk menurunkan nilai kadar air keju jenis *cream cheese* adalah paparan medan magnet ELF 100  $\mu$ T selama 5 menit.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut.

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan rentang waktu lama paparan yang lebih singkat, antara 5 menit—15 menit untuk mengetahui lama paparan medan magnet ELF yang lebih efektif pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese*.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan rentang waktu pengukuran yang lebih singkat untuk mengetahui secara pasti waktu kematangan keju jenis *cream cheese*.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang beberapa indikator lain yang menentukan kematangan keju seperti kadar lemak, protein dan karbohidrat.
- d. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang efek paparan medan magnet ELF terhadap jenis olahan makanan yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M dan Finn, E.J. 1994. *Dasar-dasar Fisika Universitas (Jilid 2) Medan dan Gelombang*. Terjemahan oleh Lea Prasetyo dan Khusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Anna, Poedjiadi. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Penerbit UI-Press.
- Ariningsih, Ening. 2007. *Pengaruh Faktor-Faktor Sosial Ekonomi Terhadap Konsumsi Susu dan Produk Olahan Susu*. Bogor: Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian.
- Astro, Marzuki. 2013. *Berwisata Sambil Mendidik Anak di Milku Jember* [online]. <http://www.antarajatim.com/lihat/berita/105003/berwisata-sambil-mendidik-anak-di-milku-jember>. [3 April 2015].
- Baafai, U. S. 2004. *Sistem tenaga Listrik: Polusi Dan Pengaruh Medan Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Masyarakat* [online]. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/1364>. [7 Desember 2014].
- Blank, M., & Soo, L.(2001).Optimal Frequencies in Magnetic Field Acceleration of Cytochrome Oxidase and Na, K-ATPase Reactions. *Bioelectrochemistry Vol.53*, 171-174.
- Daulay, Djundjung. 1990. *Fermentasi Keju*. Bogor: Pusat antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.
- Dinas Peternakan Provinsi JATIM. 2013. *UPTPTHMT Jember* [online]. <http://disnak.jatimprov.go.id/web/uptlab/uptpthmtjember>. [3 April 2015].
- Djamil, Mitra. 2014. *Perkembangan Ilmu Fisika di Indonesia dan Peranannya untuk Kemandirian Bangsa* [online]. [https://www.academia.edu/9344755/Peran Fisika dalam Kemandirian Bangsa](https://www.academia.edu/9344755/Peran_Fisika_dalam_Kemandirian_Bangsa). [3 April 2015].
- Dong, L., Chen, Y., & Huang, L. 2005. Effects of Extremely Low Frequency Magnetic Field on Growth, Metabolism and Differentiation of Human Mesenchymal Stem Cells. *8th Annual Tissue Engineering Society International (TESI) Conference & Exposition* (p. Abstract 588). Shanghai, P.R. China: TESI.
- Food-Info. 2014. *Produksi Keju* [online]. <http://www.food-info.net/id/dairy/cheese-production.htm>. [5 Januari 2015].
- Gaafar, E.-S., Hanafy, M. s., Tohamy, E., & Ibrahim, M. H. (2006). Stimulation and Control of E.Colli by Using an Extremely Low Frequency Magnetic Field. *Romanian J. Biophysic, Vol 16. No. 4*, 283-296

- Gerthsen, *et al.* 1996. *Fisika Listrik Magnet dan Optik*. Alih Bahasa oleh Musaddiq Musbach. Jakarta: Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa.
- Gisslen, Wayne. 2007. *Professional Cooking*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Gobba, F., & Malagoli, D. (2003). Effects of 50 Hz Magnetic Fields on fMLP-Induced Shape Changes in Invertebrate Immunocytes: The Role of Calcium Ion Channels. *Bioelectromagnetics*, Vol.24, 277-282.
- Grubner, Siti Julaiha. 2011. "Peningkatan Proliferasi Kultur Sel punca mesenkim Asal darah tepi melalui pemaparan medan magnet disk Permanen 200 mt selama dua dan empat jam per hari". Tidak diterbitkan. Tesis. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Halliday, David dan Resnick, Robert. 1997. *Fisika, Edisi ke 3*. Alih Bahasa oleh Pantur Silaban Ph.D dan Drs. Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Hanafiah, Kemas Ali. 2008. *Rancangan Percobaan Aplikatif*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hanna Instrument. 2015. *HI98107 pHep® pH Tester*. <http://www.hannainst.com/>. [27 April 2015]
- Hariyadi, Slamet. 2014 *Genetika*. Jember: UPT Penerbitan UNEJ.
- Hersa, Vonni Triana. 2013. "Respon *Salmonella* Tyhphimurium pada Bumbu Gado-Gado terhadap paparan *Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field*". Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Hurst, Janet. 2011. *Homemade Cheese*. Minneapolis: Voyageur Press.
- Ishaq, Mohammad. 2007. *Fisika Dasar Elektisitas dan Magnetisme*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kordi dan Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kusnandar, Feri. 2010. Mengenal Sifat Fungsional Protein. [http://itp.fateta.ipb.ac.id/id/index.php?option=com\\_content&task=view&id=143&Itemid=94](http://itp.fateta.ipb.ac.id/id/index.php?option=com_content&task=view&id=143&Itemid=94). [4 juli 2015]
- Legowo, A. *et al.*, 2007. *Buku Ajar Analisis Pangan*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Legowo, Anang Mohamad. 2005. *Diversifikasi Produk Olahan dengan Bahan Baku Susu*. Semarang: Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro.
- Ma'rufiyanti, Putri. 2014. "Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300 $\mu$ T dan 500 $\mu$ T terhadap Perubahan Kadar Vitamin C

dan Derajat Keasaman (pH) pada Buah Tomat". Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

- Moulder, J. 2006. *Power Lines and Cancer FAQs* [online]. <http://www.spinspace.com/biophysics/powerlinefaq.htm>. [5 Februari 2015].
- Notoatmodjo. 2005. *Pendidikan dan Perilaku Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Nugroho. 2009. Pengaruh Perubahan Konfigurasi Saluran Jaringan SUTET 500 kV terhadap Medan Magnet. *Jurnal*. 2 (1):9—17.
- Nurwantoro dan Abbas. 1997. *Mikrobiologi Pangan dan Hewan dan Nabati*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Panagopoulos, D., & Karabarbounis, A. (2002). Mechanism for Action of Electromagnetic Fields on Cells. *Biochemical And Biophysical Research Communications*, Vol.298, 95-102.
- Pramotodjati. 2008. *Keju untuk Olesan* [online]. <http://www.foodreview.co.id/login/preview.php?view&id=55660>. [3 April 2015].
- Pratiwi, S. T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga.
- Rian. Tanpa Tahun. *LUTRON EMF 827 Electromagnetic Teste* [online]. <http://mitralaser.indonetwork.co.id/3368048>. [10 Maret 2015].
- Rohma, *et al.* 2013. Pengaruh Medan Magnet terhadap aktivitas Enzim  $\alpha$ -Amilase pada kecambah Kacang Merah dan Kacang buncis Hitam (*Phaseolus vulgaris L.*). *Seminar Nasional Sains & Teknologi Lembaga Penelitian Universitas Lampung*: 334—345.
- Salminen, S., Wright, O.V., Ouwehand, A. 2004. *Lactic Acid Bacteria Microbiological and Functional Aspect third edition*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Sari, *et al.* 2012. "Proses Pengawetan Sari Buah Apel (*Mallus Sylvestris Mill*) Secara Non-Termal Berbasis Teknologi Oscillating Magnetizing Field (OMF). *Jurnal Teknologi Pertanian* 13 (2):78—87.
- Simanjuntak, Rosnawyta. 2010. Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat untuk Menghasilkan Pangan. *Buletin Ketahanan Pangan* 3 (2):43—49.
- Sinko, P.J. 2012. *Martin Farmasi Fisika dan Ilmu Farmasetika*. Terjemahan oleh Joshinta Djajadisastro dan Amalia H.Hadinata. Jakarta: EGC.
- Slonczewski dan Foster. 2009. *Microbiology An Envloving Science*. USA: W. W. Norton & Company, Inc.

- Stange, B., & Rowland, R. 2002. ELF Magnetic Fields Increase Amino Acid Uptake Into *Vicia faba* L. Roots and Alter Ion Movement Across the Plasma Membrane. *Bioelectromagnetics*, Vol.23, 347-354.
- Sudarti dan Helianti. 2005. *The Effect of Alteration 11—10 to the Immuno Modulation Response on Balb/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20  $\mu$ T*. Jember: Universitas Jember.
- Sudarti dan Prihandono, 2014. “Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (extremely low frequency) terhadap Prevalensi Salmonella dalam Bahan Pangan untuk Meningkatkan Keamanan Pangan bagi Masyarakat”. Jember: Universitas Jember.
- Sudarti. 2004. Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan Intensitas 30—32  $\mu$ T terhadap Modulasi Imunitas pada Mencit Balb/C. *ADLN Digital Collections*: 4.
- Sukaco, Agus. 2013. *Statistik Deskriptif*. Surabaya: Universitas Narotama.
- Sukardi. 2003. *Metodologi Penelitian Pendidikan Kompetensi dan Praktiknya*. Jakarta: Bumi aksara.
- Sukotjo, Setiarti. 2003. *Proses Pembuatan Keju Lunak*. Serpong: CV Chitra Delima.
- Sutrisno dan Gie. 1979. *Fisika Dasar: Listrik, Magnet dan Termofisika*. Bandung: ITB.
- Tipler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Alih Bahasa oleh Bambang Soegijono. Jakarta: Erlangga.
- Wardana, Agung Setya. 2012. *Teknologi Pengolahan Susu*. Surakarta: Universitas Slamet Riyadi.
- Wijayanto. 2008. *Elektronikamagnetika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- World Health Organization. 2007. *Extremely low frequency Fields*. Geneva: WHO Press.
- Yao, C., & Sun, C. 2004. Experimental Studies on Killing and Inhibiting Effects of Steep Pulsed Electric Field (SPEF) to Target Cancer Cell and Solid Tumor. *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol.32, 1626-1633.
- Young, H. G. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Francisco: Pearson Education, Inc.

LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN

Judul	Masalah	Variabel	Sumber Data	Metedologi Penelitian
<p>“Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis <i>Cream Cheese</i>”</p>	<p>1. Apakah lama paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 100 <math>\mu</math>T selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit berpengaruh terhadap pH keju jenis <i>cream cheese</i>?</p> <p>2. Apakah lama paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 100 <math>\mu</math>T selama 5 menit, 20 menit, 35 menit, 50 menit dan 65 menit berpengaruh terhadap kadar air keju jenis <i>cream cheese</i>?</p>	<p>Bebas : lama paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) pada keju jenis <i>cream cheese</i></p> <p>Kontrol : keju jenis <i>cream cheese</i></p> <p>Terikat : pH dan kadar air pada keju jenis <i>cream cheese</i></p>	<p>hasil eksperimen</p>	<p>1. Tempat Penelitian : Laboratorium Fisika Lanjut, Laboratorium Mikrobiologi gedung III FKIP UNEJ dan Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNEJ</p> <p>2. Data yang diambil : pH dan kadar air pada keju jenis <i>cream cheese</i></p> <p>3. Analisis data yang digunakan: Analisis statistik deskriptif</p>

**LAMPIRAN B. PENENTUAN INTERVAL PENGULANGAN**

Secara umum, jumlah  $r$  ulangan dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$(t-1)(r-1) \geq 15 \quad \text{atau} \quad r \geq \{15:(t-1)\}+1$$

Keterangan :  $r$  = jumlah ulangan

$t$  = jumlah perlakuan

(Hanafiah, 2008:12)

Pada penelitian ini terdapat 6 perlakuan, dengan demikian jumlah pengulangan dapat dihitung sebagai berikut.

$$r \geq \{15:(6-1)\}+1$$

$$r \geq \{15:5\}+1$$

$$r \geq 3+1$$

$$r \geq 4$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut jumlah pengulangan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebanyak 4 kali untuk masing-masing sampel.

**LAMPIRAN C. SURAT IJIN PENELITIAN**

## 1. Surat ijin penelitian di Laboratorium Fisika Lanjut, P. Fisika, FKIP, UNEJ



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121  
Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-334988  
Laman: www.fkip.unej.ac.id

---

Lampiran : -  
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Ketua Laboratorium Pendidikan Fisika  
Universitas Jember  
Jember

Dalam rangka memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyusunan Skripsi, mahasiswa FKIP Universitas Jember tersebut di bawah ini:

Nama : Andika Kristinawati  
NIM : 110210102010  
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Pengaruh Lama Paparan Medan *Magnet Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*" di Laboratorium yang Saudara pimpin pada bulan Maret - April tahun 2015.

Sehubungan dengan hal tersebut mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukannya.

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Jember, 17 Maret 2015  
Mahasiswa yang Bersangkutan

Dosen Pembimbing I  
  
**Dr. Sudarti, M.Kes**  
NIP. 196201231988022001

  
**Andika Kristinawati**  
NIM. 110210102010

## 2. Surat ijin penelitian di Laboratorium Mikrobiologi, P.Biologi, FKIP UNEJ



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121  
Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-334988  
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor : 1722/UN25.1.5/LT/2015  
Lampiran : 1  
Hal : Permohonan Izin Penelitian

18 MAR 2015

Yth. Ketua Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi  
FKIP Universitas Jember  
di  
Jember

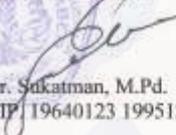
Dalam rangka memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyusunan Skripsi, mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawah ini:

Nama : Andika Kristinawati  
NIM : 110210102010  
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Pengaruh Lama Paparan Medan *Magnet Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*" di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember pada bulan Maret - April 2015.

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukan.

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

a.n. Dekan  
Pembantu Dekan I,  
  
Dr. Sakatman, M.Pd.  
NIP.19640123 199512 1 001

Tembusan Kepada Yth:  
Kepala Laboratorium Pendidikan Biologi  
FKIP Universitas Jember

Ka Lab P. Biologi  
  
Sulfa A. SPd. MPA.

## 3. Surat ijin penelitian di Laboratorium Mikrobiologi, FMIPA, UNEJ



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121  
Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-334988  
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor: 2883 /UN25.1.5/LT/2015

Lampiran : -

Hal : Permohonan Izin Penelitian

13 MAY 2015

Yth. Ketua Laboratorium Biologi Dasar  
FMIPA Universitas Jember  
di-  
Jember

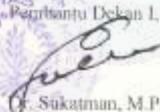
Dalam rangka memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyusunan Skripsi, mahasiswa FKIP Universitas Jember tersebut di bawah ini:

Nama : Andika Kristinawati  
NIM : 110210102010  
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*" di Laboratorium yang Saudara pimpin pada bulan Mei tahun 2015.

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukan.

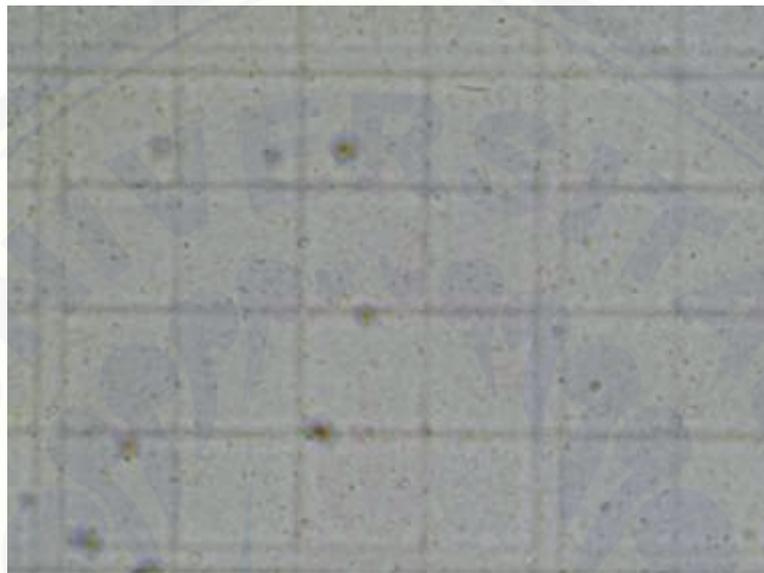
Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

  
F. Sukatman, M.Pd.  
NIP. 19640123 199512 1 001

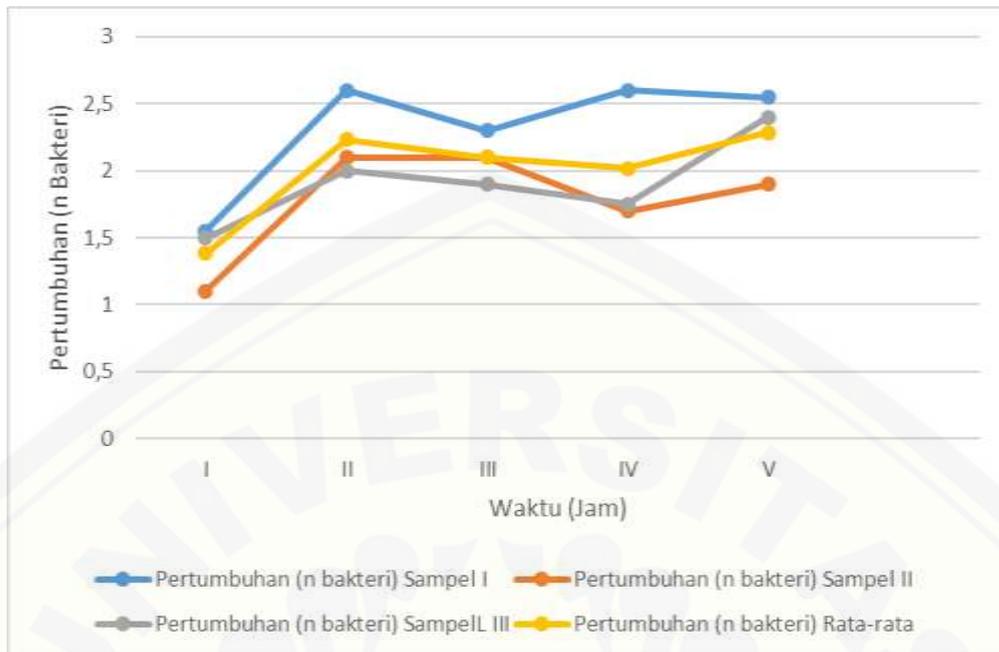
Tembusan Kepada Yth:  
Kepala Laboratorium Biologi dasar FMIPA

**LAMPIRAN D. GRAFIK PERTUMBUHAN BAKTERI *MESOPHILIC***

Berikut ini adalah gambar bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* hasil uji pendahuluan yang dilihat menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 kali dan skala 0,01 mm/10  $\mu$ m.



Berdasarkan gambar di atas dapat terlihat dua jenis bakteri yaitu bakteri yang berbentuk strepto (berbentuk bulat pada gambar) dan basil (berbentuk lonjong pada gambar). Uji pendahuluan yang dilakukan adalah menghitung jumlah bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* pada proses pembuatan keju jenis *cream cheese*. Setelah perhitungan dilakukan maka diperoleh data dan data tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Berikut ini gambar grafik pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* hasil uji pendahuluan.



Grafik di atas menggambarkan pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang dilihat 1,5 jam sekali selama 7,5 jam dimulai dari jam 13.00-20.30 pada hari Kamis, 19 Maret 2015. Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa fase log (fase dimana bakteri tumbuh dan membelah pada kecepatan maksimum) adalah ketika proses inokulasi (mencampurkan starter bakteri *Mesophilic* ke dalam susu) sampai 3 jam setelah proses inokulasi dilakukan. Data tersebut yang akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan waktu pemaparan medan magnet ELF terhadap sampel yang akan di uji.

**LAMPIRAN E. DATA HASIL PENELITIAN**1. Hasil pengukuran nilai pH keju jenis *cream cheese*

Nilai pH	Pengukuran Jam Ke-0	Pengukuran Jam Ke-20	Pengukuran Jam Ke-25	Pengukuran Jam Ke-30
Kontrol	6,7	5,75	5,60	5,50
Paparan 5 menit	6,7	5,63	5,38	5,35
Paparan 20 menit	6,7	5,60	5,53	5,40
Paparan 35 menit	6,7	5,60	5,58	5,50
Paparan 50 menit	6,7	5,55	5,55	5,53
Paparan 65 menit	6,7	5,58	5,65	5,55

2. Hasil pengukuran nilai kadar air keju jenis *cream cheese*

Nilai Kadar Air	Pengukuran Jam Ke-0	Pengukuran Jam Ke-20	Pengukuran Jam Ke-25	Pengukuran Jam Ke-30
Kontrol	91%	88,3%	86,6%	85,6%
Paparan 5 menit	91%	84,3%	81,6%	79,7%
Paparan 20 menit	91%	86,1%	85,7%	84,5%
Paparan 35 menit	91%	87,5%	86,0%	85,5%
Paparan 50 menit	91%	88,0%	86,5%	86,2%
Paparan 65 menit	91%	88,2%	86,9%	86,5%

**LAMPIRAN F. PERHITUNGAN PH DAN KADAR AIR**

## 1. Hasil perhitungan nilai pH

Pengukuran Ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen		
	Kode	pH	Rata-Rata	Kode	pH	Rata-Rata
<b>0</b>	-	6,7	6,7	-	6,7	6,7
<b>I</b>	K1	5,7	5,75	E11	5,7	5,63
		5,7		5,6		
		5,8		5,5		
		5,8		5,6		
	E21	5,6	5,60			
		5,6				
		5,6				
		5,6				
	E31	5,6	5,60			
		5,6				
		5,6				
		5,6				
E41	5,6	5,55				
	5,6					
	5,5					
	5,5					
E51	5,6	5,58				
	5,6					
	5,6					
	5,5					
<b>II</b>	K2	5,7	5,6	E12	5,4	5,38
		5,6		5,4		
		5,6		5,3		
		5,5		5,6		
	E22	5,5	5,53			
		5,5				
		5,5				
		5,5				
	E32	5,6	5,58			
		5,5				
		5,6				
		5,6				
E42	5,5	5,55				
	5,5					

Pengukuran Ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen		
	Kode	pH	Rata-Rata	Kode	pH	Rata-Rata
III					5,6	
					5,6	
					5,6	
				E52	5,7	5,65
					5,7	
					5,6	
					5,4	
		K3	5,5	E13	5,3	5,35
					5,3	
					5,4	
				E23	5,4	5,40
					5,4	
					5,4	
				E33	5,5	5,50
					5,5	
				5,5		
			E43	5,5	5,53	
				5,5		
				5,6		
			E53	5,6	5,55	
				5,5		
				5,5		

2. Hasil perhitungan nilai kadar air

Sampel													Hasil				
	Tempat Setelah dioven (g)			Rata-Rata (g)	Tempat+Sampel Awal (g)			Rata-Rata (g)	Tempat+Sampel Setelah dioven (g)			Rata-Rata (g)	sampel awal (g)	sampel akhir (g)	selisih sampel (g)	WB (%)	Rata-Rata (%)
-	0,14	0,14	0,14	0,14	2,35	2,36	2,36	2,36	0,34	0,34	0,34	0,34	2,22	0,20	2,02	91	91
K1	0,15	0,15	0,14	0,15	2,16	2,14	2,14	2,15	0,41	0,4	0,4	0,40	2,00	0,26	1,74	87,2	88,3
	0,16	0,15	0,27	0,19	2,16	2,15	2,17	2,16	0,4	0,39	0,39	0,39	1,97	0,20	1,77	89,8	
	0,18	0,18	0,17	0,18	2,18	2,19	2,16	2,18	0,41	0,4	0,41	0,41	2,00	0,23	1,77	88,5	
	0,16	0,17	0,15	0,16	2,15	2,14	2,14	2,14	0,41	0,41	0,4	0,41	1,98	0,25	1,74	87,6	
K2	0,18	0,18	0,17	0,18	2,18	2,18	2,19	2,18	0,49	0,48	0,49	0,49	2,01	0,31	1,70	84,6	86,6
	0,14	0,15	0,16	0,15	2,15	2,15	2,14	2,15	0,41	0,42	0,4	0,41	2,00	0,26	1,74	87,0	
	0,18	0,17	0,19	0,18	2,18	2,17	2,18	2,18	0,47	0,48	0,48	0,48	2,00	0,30	1,70	85,1	
K3	0,15	0,16	0,15	0,15	2,16	2,16	2,14	2,15	0,37	0,36	0,36	0,36	2,00	0,21	1,79	89,5	85,6
	0,17	0,17	0,18	0,17	2,18	2,17	2,17	2,17	0,46	0,45	0,45	0,45	2,00	0,28	1,72	86,0	
	0,18	0,17	0,17	0,17	2,17	2,18	2,16	2,17	0,42	0,4	0,42	0,41	2,00	0,24	1,76	88,0	
	0,16	0,16	0,17	0,16	2,16	2,14	2,14	2,15	0,53	0,51	0,51	0,52	1,98	0,35	1,63	82,2	
	0,19	0,16	0,18	0,18	2,18	2,17	2,17	2,17	0,45	0,45	0,45	0,45	2,00	0,27	1,72	86,3	
E11	0,16	0,14	0,14	0,15	2,18	2,17	2,16	2,17	0,41	0,42	0,41	0,41	2,02	0,27	1,76	86,8	84,3
	0,17	0,18	0,17	0,17	2,18	2,17	2,17	2,17	0,53	0,53	0,52	0,53	2,00	0,35	1,65	82,3	
	0,16	0,16	0,16	0,16	2,16	2,15	2,16	2,16	0,51	0,5	0,5	0,50	2,00	0,34	1,65	82,8	
	0,16	0,15	0,17	0,16	2,17	2,17	2,18	2,17	0,46	0,45	0,46	0,46	2,01	0,30	1,72	85,3	
E12	0,18	0,17	0,17	0,17	2,17	2,16	2,17	2,17	0,53	0,54	0,54	0,54	1,99	0,36	1,63	81,8	81,6
	0,15	0,15	0,17	0,16	2,16	2,18	2,17	2,17	0,56	0,56	0,58	0,57	2,01	0,41	1,60	79,6	
	0,16	0,16	0,16	0,16	2,17	2,16	2,17	2,17	0,51	0,51	0,52	0,51	2,01	0,35	1,65	82,4	
	0,15	0,15	0,14	0,15	2,14	2,15	2,19	2,16	0,5	0,49	0,5	0,50	2,01	0,35	1,66	82,6	
E13	0,18	0,17	0,18	0,18	2,18	2,18	2,18	2,18	0,59	0,57	0,56	0,57	2,00	0,40	1,61	80,2	79,7
	0,15	0,14	0,15	0,15	2,15	2,14	2,14	2,14	0,57	0,57	0,57	0,57	2,00	0,42	1,57	78,8	
	0,15	0,15	0,14	0,15	2,15	2,15	2,16	2,15	0,59	0,59	0,58	0,59	2,01	0,44	1,57	78,1	

Sampel												Hasil					
	Tempat Setelah dioven (g)			Rata-Rata (g)	Tempat+Sampel Awal (g)			Rata-Rata (g)	Tempat+Sampel Setelah dioven (g)			Rata-Rata (g)	sampel awal (g)	sampel akhir (g)	selisih sampel (g)	WB (%)	Rata-Rata (%)
E21	0,15	0,15	0,15	0,15	2,16	2,17	2,17	2,17	0,51	0,53	0,52	0,52	2,02	0,37	1,65	81,7	
	0,17	0,15	0,15	0,16	2,16	2,16	2,15	2,16	0,44	0,45	0,44	0,44	2,00	0,29	1,71	85,7	
	0,13	0,14	0,13	0,13	2,15	2,13	2,14	2,14	0,44	0,44	0,45	0,44	2,01	0,31	1,70	84,6	
	0,17	0,16	0,15	0,16	2,15	2,14	2,13	2,14	0,42	0,43	0,43	0,43	1,98	0,27	1,71	86,5	
E22	0,18	0,17	0,19	0,18	2,18	2,17	2,18	2,18	0,43	0,43	0,43	0,43	2,00	0,25	1,75	87,6	
	0,19	0,18	0,16	0,18	2,18	2,17	2,18	2,18	0,5	0,5	0,49	0,50	2,00	0,32	1,68	84,0	
	0,16	0,15	0,15	0,15	2,16	2,16	2,14	2,15	0,4	0,41	0,41	0,41	2,00	0,25	1,75	87,3	
	0,17	0,17	0,16	0,17	2,17	2,17	2,16	2,17	0,42	0,42	0,43	0,42	2,00	0,26	1,74	87,2	
E23	0,15	0,14	0,15	0,15	2,15	2,14	2,16	2,15	0,46	0,47	0,46	0,46	2,00	0,32	1,69	84,2	
	0,14	0,15	0,14	0,14	2,14	2,14	2,12	2,13	0,5	0,49	0,49	0,49	1,99	0,35	1,64	82,4	
	0,15	0,15	0,15	0,15	2,15	2,15	2,13	2,14	0,47	0,47	0,46	0,47	1,99	0,32	1,68	84,1	
	0,14	0,15	0,14	0,14	2,15	2,14	2,15	2,15	0,45	0,43	0,43	0,44	2,00	0,29	1,71	85,4	
E31	0,14	0,14	0,15	0,14	2,15	2,16	2,15	2,15	0,43	0,42	0,43	0,43	2,01	0,28	1,73	85,9	
	0,17	0,16	0,17	0,17	2,18	2,16	2,17	2,17	0,44	0,42	0,42	0,43	2,00	0,26	1,74	87,0	
	0,18	0,17	0,18	0,18	2,18	2,18	2,19	2,18	0,46	0,46	0,46	0,46	2,01	0,28	1,72	85,9	
	0,18	0,17	0,17	0,17	2,18	2,19	2,18	2,18	0,42	0,4	0,38	0,40	2,01	0,23	1,78	88,7	
E32	0,15	0,15	0,14	0,15	2,15	2,16	2,15	2,15	0,38	0,38	0,39	0,38	2,01	0,24	1,77	88,2	
	0,12	0,13	0,13	0,13	2,13	2,14	2,14	2,14	0,43	0,42	0,43	0,43	2,01	0,30	1,71	85,1	
	0,18	0,17	0,17	0,17	2,17	2,17	2,16	2,17	0,46	0,45	0,45	0,45	1,99	0,28	1,71	86,0	
	0,16	0,15	0,17	0,16	2,15	2,14	2,15	2,15	0,46	0,44	0,46	0,45	1,99	0,29	1,69	85,2	
E33	0,18	0,19	0,18	0,18	2,15	2,15	2,15	2,15	0,43	0,42	0,42	0,42	1,97	0,24	1,73	87,8	
	0,15	0,15	0,15	0,15	2,16	2,16	2,15	2,16	0,44	0,43	0,42	0,43	2,01	0,28	1,73	86,0	
	0,17	0,16	0,16	0,16	2,17	2,15	2,16	2,16	0,46	0,45	0,47	0,46	2,00	0,30	1,70	85,1	
	0,14	0,14	0,13	0,14	2,16	2,16	2,15	2,16	0,44	0,43	0,43	0,43	2,02	0,30	1,72	85,3	
E41	0,15	0,14	0,14	0,14	2,15	2,15	2,15	2,15	0,43	0,43	0,43	0,43	2,01	0,29	1,72	85,7	
E41	0,18	0,18	0,19	0,18	2,17	2,18	2,17	2,17	0,40	0,39	0,41	0,40	1,99	0,22	1,77	89,1	88,0

Sampel												Hasil				
	Tempat Setelah dioven (g)			Rata-Rata (g)	Tempat+Sampel Awal (g)			Rata-Rata (g)	Tempat+Sampel Setelah dioven (g)			Rata-Rata (g)	sampel awal (g)	sampel akhir (g)	selisih sampel (g)	WB (%)
	0,16	0,14	0,14	0,15	2,15	2,14	2,13	2,14	0,37	0,39	0,4	0,39	1,99	0,24	1,75	88,0
	0,16	0,15	0,15	0,15	2,16	2,15	2,14	2,15	0,43	0,42	0,43	0,43	2,00	0,27	1,72	86,3
	0,16	0,16	0,14	0,15	2,15	2,15	2,15	2,15	0,39	0,38	0,38	0,38	2,00	0,23	1,77	88,5
	0,17	0,17	0,17	0,17	2,19	2,18	2,18	2,18	0,43	0,44	0,44	0,44	2,01	0,27	1,75	86,8
E42	0,15	0,14	0,15	0,15	2,16	2,15	2,16	2,16	0,39	0,38	0,38	0,38	2,01	0,24	1,77	88,2
	0,19	0,18	0,18	0,18	2,18	2,18	2,17	2,18	0,48	0,46	0,47	0,47	1,99	0,29	1,71	85,6
E43	0,15	0,16	0,16	0,16	2,19	2,18	2,18	2,18	0,45	0,45	0,46	0,45	2,03	0,30	1,73	85,4
	0,17	0,16	0,16	0,16	2,19	2,17	2,18	2,18	0,45	0,43	0,44	0,44	2,02	0,28	1,74	86,3
	0,15	0,16	0,15	0,15	2,16	2,17	2,17	2,17	0,42	0,43	0,43	0,43	2,01	0,27	1,74	86,4
	0,18	0,16	0,16	0,17	2,2	2,18	2,18	2,19	0,45	0,43	0,43	0,44	2,02	0,27	1,75	86,6
E51	0,14	0,14	0,14	0,14	2,16	2,15	2,15	2,15	0,43	0,44	0,44	0,44	2,01	0,30	1,72	85,3
	0,15	0,16	0,15	0,15	2,18	2,17	2,17	2,17	0,39	0,39	0,4	0,39	2,02	0,24	1,78	88,1
	0,16	0,15	0,15	0,15	2,16	2,18	2,17	2,17	0,4	0,39	0,4	0,40	2,02	0,24	1,77	87,9
	0,15	0,15	0,16	0,15	2,16	2,16	2,17	2,16	0,39	0,39	0,38	0,39	2,01	0,23	1,78	88,4
E52	0,17	0,18	0,18	0,18	2,17	2,18	2,18	2,18	0,4	0,41	0,42	0,41	2,00	0,23	1,77	88,3
	0,16	0,15	0,16	0,16	2,19	2,19	2,18	2,19	0,39	0,4	0,41	0,40	2,03	0,24	1,79	88,0
	0,15	0,14	0,14	0,14	2,17	2,16	2,15	2,16	0,4	0,4	0,39	0,40	2,02	0,25	1,76	87,4
	0,14	0,13	0,13	0,13	2,16	2,14	2,15	2,15	0,42	0,4	0,43	0,42	2,02	0,28	1,73	86,0
E53	0,14	0,13	0,14	0,14	2,16	2,15	2,16	2,16	0,41	0,39	0,4	0,40	2,02	0,26	1,76	86,3
	0,15	0,15	0,14	0,15	2,17	2,16	2,15	2,16	0,4	0,4	0,39	0,40	2,01	0,25	1,76	87,6
	0,14	0,12	0,13	0,13	2,15	2,14	2,15	2,15	0,43	0,41	0,42	0,42	2,02	0,29	1,73	85,6
	0,15	0,15	0,14	0,15	2,16	2,15	2,14	2,15	0,4	0,42	0,4	0,41	2,00	0,26	1,74	87,0
	0,16	0,15	0,17	0,16	2,18	2,18	2,19	2,18	0,44	0,44	0,46	0,45	2,02	0,29	1,74	85,8

**LAMPIRAN G. FOTO KEGIATAN PENELITIAN**

1. Foto pemaparan medan magnet ELF



Gambar G.1 Sampel keju jenis *cream cheese*



Gambar G.2 Menyalakan ELF *sources*



Gambar G.3 Mengatur intensitas medan magnet ELF



Gambar G.4 Mengkalibrasi intensitas medan magnet ELF dengan EMF-827



Gambar G.5 Pemaparan sampel keju jenis *cream cheese*

2. Foto pengukuran pH keju jenis *cream cheese*



Gambar G.6 Sampel keju jenis *cream cheese* setelah jam ke-16



Gambar G.7 Pengukuran pH keju jenis *cream cheese*

3. Foto pengukuran kadar air keju jenis *cream cheese*



Gambar G.8 Metode oven untuk menentukan kadar air keju jenis *cream cheese*