



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW*
FREQUENCY (ELF) TERHADAP pH DAN DAYA HANTAR LISTRIK
MINUMAN SUSU FERMENTASI SEBAGAI INDIKATOR KADALUARSA**

SKRIPSI

Oleh

Safda Ridawati

NIM 130210102001

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN ILMU PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN ILMU DAN PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2017



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW*
FREQUENCY (ELF) TERHADAP pH DAN DAYA HANTAR LISTRIK
MINUMAN SUSU FERMENTASI SEBAGAI INDIKATOR KADALUARSA**

SKRIPSI

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

Oleh:

Safda Ridawati

NIM 130210102001

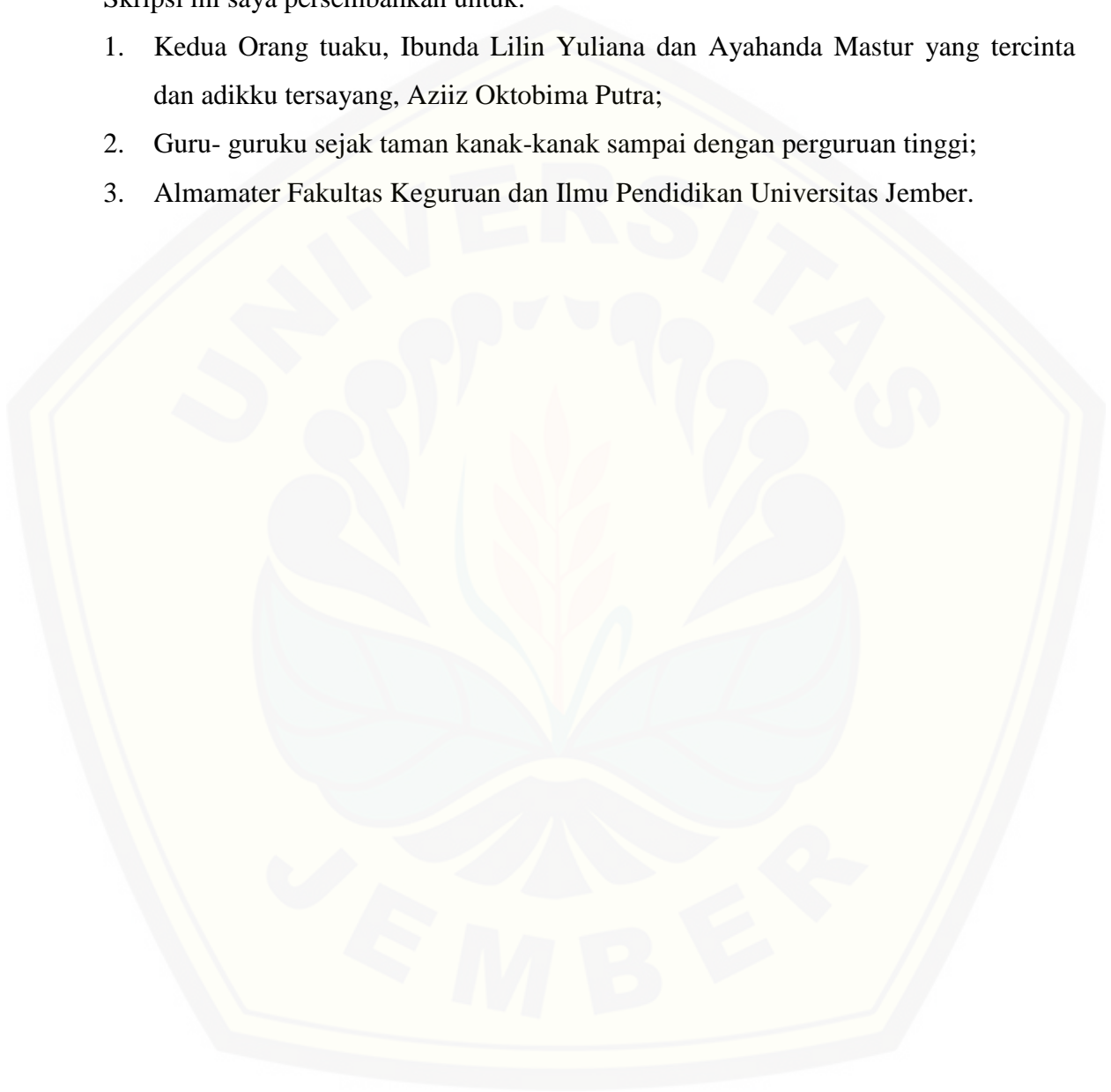
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN ILMU PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN ILMU DAN PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

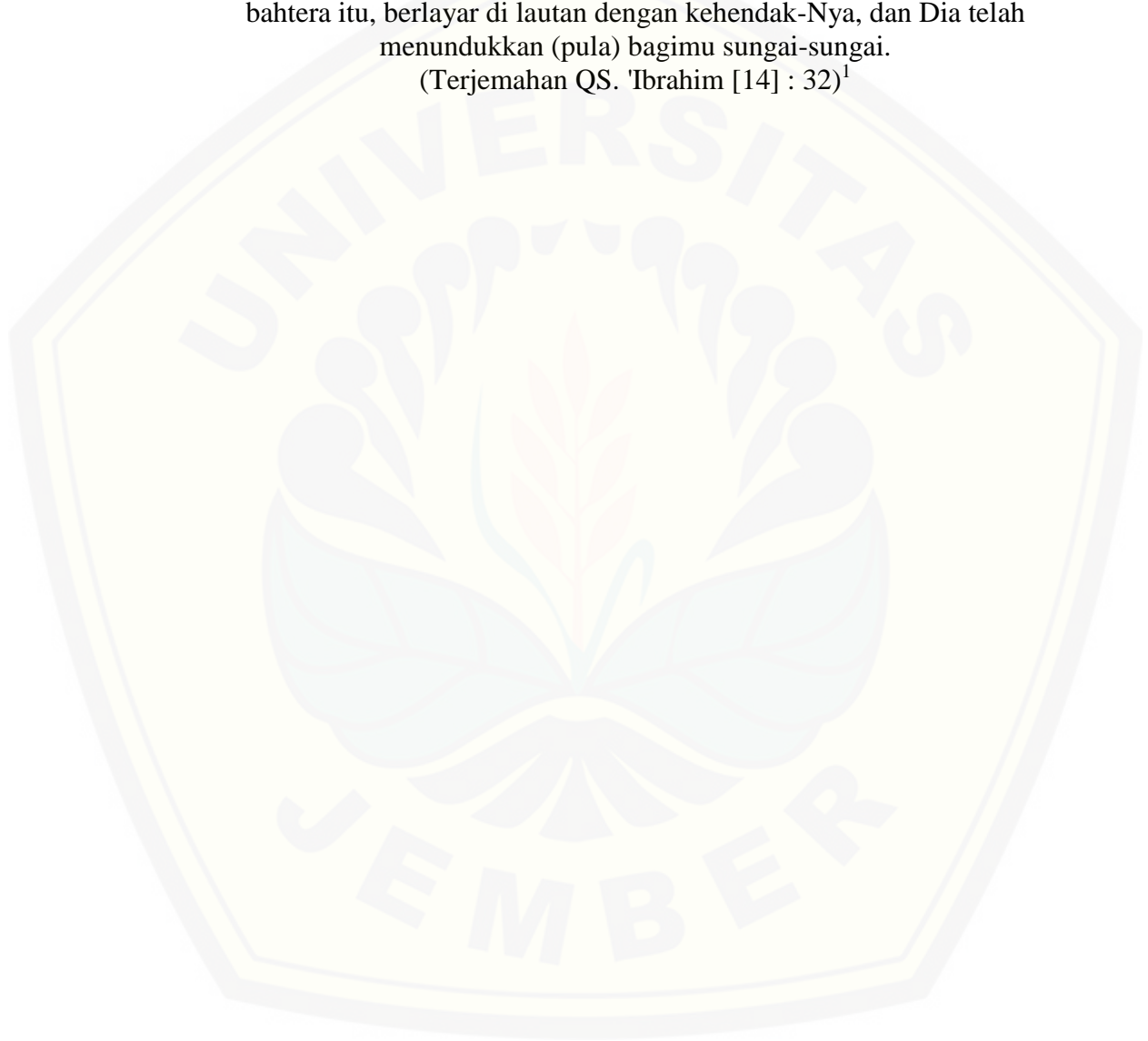
1. Kedua Orang tuaku, Ibunda Lilin Yuliana dan Ayahanda Mastur yang tercinta dan adikku tersayang, Aziiz Oktobima Putra;
2. Guru- guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



MOTO

Allah-lah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit, kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu berbagai buah-buahan menjadi rezeki untukmu; dan Dia telah menundukkan bahtera bagimu supaya bahtera itu, berlayar di lautan dengan kehendak-Nya, dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu sungai-sungai.

(Terjemahan QS. 'Ibrahim [14] : 32)¹



¹ Departemen Agama RI. 2005. Al- Qur'an Dan Terjemahannya, Bandung: CV Penerbit J-ART.

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Safda Ridawati

NIM : 130210102001

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH DAN DAYA HANTAR LISTRIK MINUMAN SUSU FERMENTASI SEBAGAI INDIKATOR KADALUARSA” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab 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, 02 September 2017

Yang menyatakan,

Safda Ridawati

130210102001

SKRIPSI

**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW*
FREQUENCY (ELF) TERHADAP pH DAN DAYA HANTAR LISTRIK
MINUMAN SUSU FERMENTASI SEBAGAI INDIKATOR KADALUARSA**

Oleh

Safda Ridawati

NIM 130210102001

Pembimbing :

Dosen Pembimbing I : Dr. Sudarti, M.Kes.

Dosen Pembimbing II : Dr. Yushardi, S.Si, M. Si.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarsa” karya Safda Ridawati telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jum’at, 29 September 2017

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dr. Sudarti, M.Kes.

NIP 19620123 198802 2 001

Anggota II,

Dr. Yushardi, S.Si., M.Si.

NIP 19650420 199512 1 001

Anggota III,

Drs. Alex Harijanto, M.Si.

NIP 19641117 199103 1 001

Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si.

NIP 19620401 198701 1 001

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

NIP 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

“Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarsa”; Safda Ridawati, 130210102001; 2017; 141 halaman; Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan peralatan berenergi listrik dalam kehidupan manusia semakin meningkat sehingga menyebabkan paparan medan magnet dan medan listrik terhadap manusia tidak dapat dihindari lagi. Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) mudah didapat dan ada di sekitar kita di setiap aliran arus listrik. Karakteristik dari medan magnet ELF adalah memiliki frekuensi di bawah 300 Hz, bersifat *non-ionizing*, non-termal dan tak terhalangi.

Medan magnet ELF telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang salah satunya dalam bidang pangan. Meningkatnya pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan disebabkan oleh karakteristik dari medan magnet ELF itu sendiri. Salah satu bentuk pangan yang sering dikonsumsi yaitu susu. Namun kelemahan susu fermentasi yaitu masa simpan yang relatif singkat.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH dan Daya Hantar Listrik minuman susu fermentasi sebagai indikator kadaluarsa. Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium. Desain penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap. Tempat untuk pemaparan medan magnet ELF dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut FKIP UNEJ, sedangkan pengukuran pH dan Daya Hantar Listrik (DHL) susu fermentasi dilakukan di Laboratorium Biokimia FMIPA UNEJ. Pengukuran nilai pH menggunakan alat pH meter, dan pengukuran DHL menggunakan alat conductivity meter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH dan DHL pada susu fermentasi. Paparan medan magnet

ELF 300 μT selama 5 menit mampu mempertahankan nilai pH susu fermentasi dibawah angka 4 pada hari ke 10 setelah masa kadaluarsa, sehingga paparan medan magnet ELF mampu mempengaruhi umur simpan dari susu fermentasi itu sendiri berdasarkan kriteria pH susu fermentasi. Paparan medan magnet ELF 300 μT selama 5 menit juga berpengaruh terhadap nilai DHL ditinjau dari nilai pH.

Pengaruh paparan medan magnet ELF diduga akibat interaksi ion kalsium (Ca^{2+}). Perubahan medan magnet ELF tersebut dapat menghasilkan arus induksi. Arus induksi yang timbul karena perubahan medan magnet ELF dapat menyebabkan perubahan kecepatan gerakan ion Ca^{2+} ekstraseluler melewati membran sel. Sehingga, apabila kebutuhan ion Ca^{2+} cepat terpenuhi dan sesuai dengan kebutuhan sel maka proses pertumbuhan sel akan semakin cepat dan begitu sebaliknya. Jika ion Ca^{2+} yang masuk ke dalam sel melebihi atau kurang dari jumlah yang dibutuhkan oleh sel maka dapat menghambat pertumbuhan sel atau bahkan menyebabkan kerusakan pada sel.

Kesimpulan penelitian ini adalah: (1) Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH susu fermentasi. Semakin besar intensitas medan magnet ELF dan lama paparan yang digunakan, maka nilai rata-rata pH susu fermentasi mengalami peningkatan. (2) Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap DHL susu fermentasi. Semakin besar intensitas medan magnet ELF dan lama paparan yang digunakan, maka nilai rata-rata DHL susu fermentasi mengalami penurunan. (3) Paparan medan magnet ELF mampu meningkatkan nilai pH susu fermentasi sehingga dapat memperpanjang masa kadaluarsa. Jadi ada pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap masa kadaluarsa susu fermentasi.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarsa”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, MS.c., Ph.D., selaku Dekan FKIP Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Drs. Bambang Supriadi, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Dr. Sudarti, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Dr. Yushardi, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus dosen pembimbing anggota yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Drs. Alex Harijanto, M.Si. dan Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
7. Ibu Sari dan Bapak Dulkholid selaku kepala dan Teknisi Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah berkenan memberikan ijin penggunaan alat dan membantu dalam pelaksanaannya;
8. Teman-teman mahasiswa angkatan 2013 Program studi Pendidikan Fisika Universitas Jember yang telah memberi dorongan dan semangat;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna, oleh karena itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, September 2017

penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gelombang Elektromagnetik	5
2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik	5
2.1.2 Medan Listrik dan Medan Magnet.....	5
2.1.3 Persamaan Maxwel tentang Gelombang Elektromagnetik ...	7
2.1.4 Persamaan Gelombang	9
2.1.5 Energi di Dalam Gelombang Elektromagnetik dan Vektor Poynting.....	10
2.1.6 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	12
2.2 Gelombang Elektromagnetik ELF	13
2.2.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik ELF	13
2.2.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF	14
2.2.3 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF.....	15
2.3 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan	16
2.4 Susu Fermentasi	17
2.5 Bakteri Pada Susu Fermentasi	20
2.6 Daya Simpan Susu Fermentasi	21
2.7 pH Pada Susu Fermentasi	21

2.8 Daya Hantar Listrik Pada Susu Fermentasi	23
2.9 Kerangka Konseptual.....	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.2 Jenis dan Penelitian.....	27
3.2.1 Jenis Penelitian	27
3.2.2 Desain Penelitian	28
3.3 Variabel Penelitian	30
3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian	30
3.3.2 Definisi Operasional Penelitian	30
3.4 Alat dan Bahan.....	31
3.4.1 Alat.....	31
3.4.2 Bahan	32
3.5 Prosedure Penelitian.....	33
3.5.1 Tahap Penentuan Sampel.....	33
3.5.2 Tahap Perlakuan	33
3.5.3 Tahap Penyimpanan.....	35
3.5.4 Tahap Pengumpulan Data	36
3.5.5 Bagan Prosedure Penelitian	37
3.6 Metode Analisis Data.....	39
3.6.1 Contoh Tabel Hasil Pengukuran	39
3.6.2 Teknik Analisis Data	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Hasil	41
4.1.1 Sampel Penelitian	41
4.1.2 Prosedure Pemaparan Medan Magnet ELF	41
4.1.3 Hasil Pengukuran pH dan DHL Susu Fermentasi	41
4.1.4 Analisis Pengukuran pH dan DHL Susu Fermentasi	43
4.2 Pembahasan.....	67
4.2.1 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap pH Susu Fermentasi	67
4.2.2 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap DHL Susu Fermentasi	70
BAB 5. PENUTUP.....	74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR TABEL

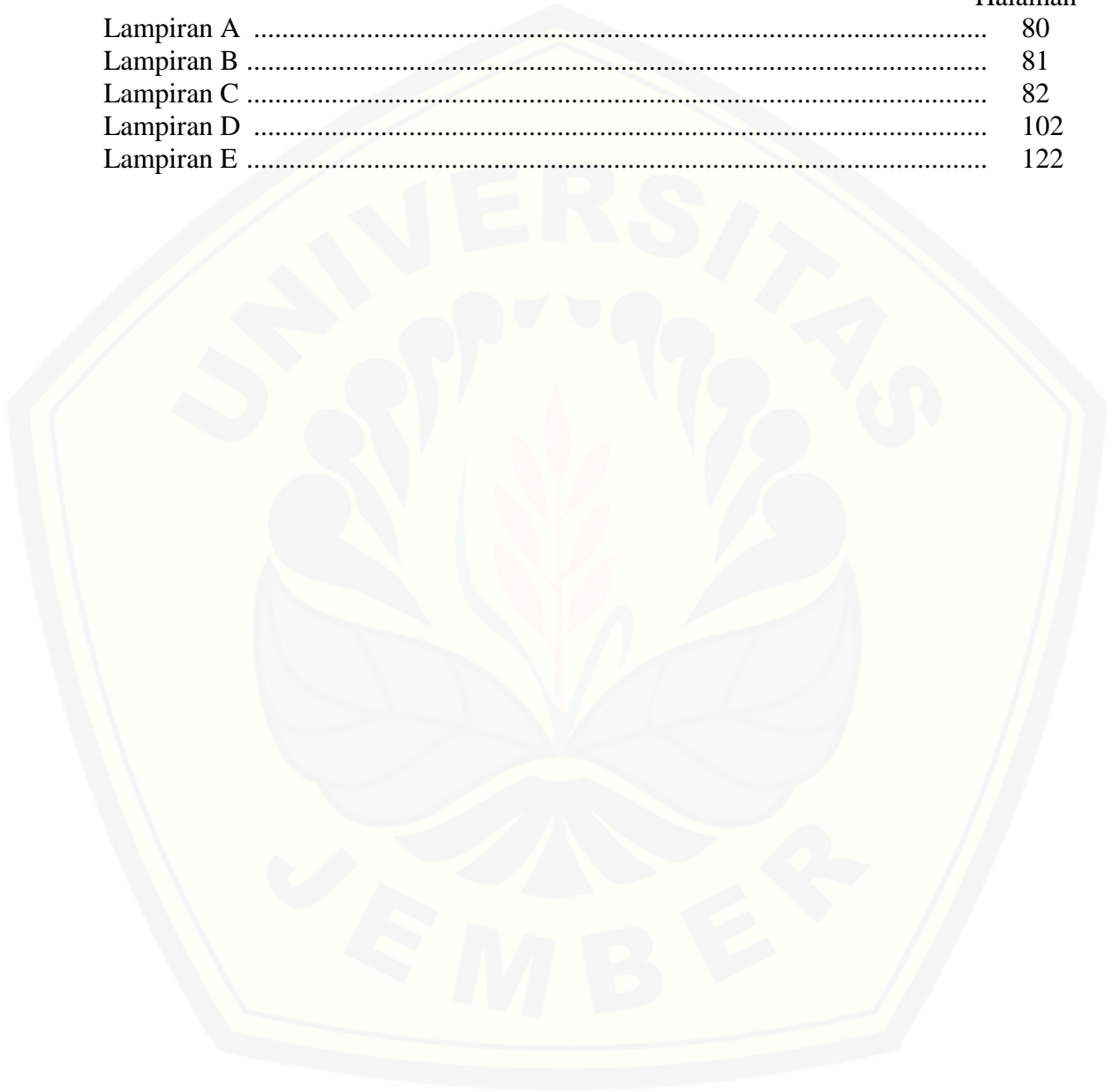
	Halaman
2.1 Karakteristik Medan Listrik dan Medan Magnet.....	7
2.2 Ketetapan Magnetik	10
2.3 Hasil Pengukuran Medan Magnet di Sekitar Rumah Tangga.....	15
2.4 Penelitian Terdahulu tentang Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Bidang Pangan	16
3.1 Tabel Hasil Pengukuran	39
4.1 Tabel Rata-Rata pH Susu Fermentasi Kelompok Kontrol Pada Pengukuran H-15	42
4.2 Tabel Rata-Rata pH Susu Fermentasi Kelompok Kontrol Dengan Kelompok Eksperimen 1 (300 μ T) Pada Pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10	42
4.3 Tabel Rata-Rata pH Susu Fermentasi Kelompok Kontrol Dengan Kelompok Eksperimen 2 (500 μ T) Pada Pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10	42
4.4 Tabel Rata-Rata DHL Susu Fermentasi Kelompok Kontrol Pada Pengukuran H-15	42
4.5 Tabel Rata-Rata DHL Susu Fermentasi Kelompok Kontrol Dengan Kelompok Eksperimen 1 (300 μ T) Pada Pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10	43
4.6 Tabel Rata-Rata DHL Susu Fermentasi Kelompok Kontrol Dengan Kelompok Eksperimen 2 (500 μ T) Pada Pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Perambatan Gelombang Elektromagnetik	5
2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	12
2.3 Kerangka Konseptual.....	26
3.1 Desain Penelitian	28
3.2 ELF <i>Magnetic Sources</i>	34
3.3 EMF-827.....	35
3.4 Bagan Prosedure Penelitian	38
4.1 Grafik rata-rata pH kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen 1 (300 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	44
4.2 Grafik rata-rata pH kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen 2 (500 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	45
4.3 Grafik rata-rata pH kelompok kontrol pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10	46
4.4 Grafik rata-rata pH kelompok eksperimen 1 (300 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	47
4.5 Grafik rata-rata pH kelompok eksperimen 2 (500 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	48
4.6 Grafik perbandingan rata-rata pH kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1 (300 μ T), eksperimen 2 (500 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	49
4.7 Grafik rata-rata DHL kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen 1 (300 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	55
4.8 Grafik rata-rata DHL kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen 2 (500 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	56
4.9 Grafik rata-rata pH kelompok kontrol pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10	58
4.10 Grafik rata-rata DHL kelompok eksperimen 1 (300 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	59
4.11 Grafik rata-rata DHL kelompok eksperimen 2 (500 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	60
4.12 Grafik perbandingan rata-rata DHL kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1 (300 μ T), eksperimen 2 (500 μ T) pada pengukuran H-10, H-5, H0, H+5, H+10.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A	80
Lampiran B	81
Lampiran C	82
Lampiran D	102
Lampiran E	122



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan peralatan berenergi listrik dalam kehidupan manusia semakin meningkat sehingga menyebabkan paparan medan magnet dan medan listrik terhadap manusia tidak dapat dihindari lagi. Oleh karena itu, pemanfaatan peralatan listrik berdampak pada peningkatan intensitas paparan medan magnet dan medan listrik di lingkungan. Medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* mudah didapat dan ada di sekitar kita di setiap aliran arus listrik (Baafai, 2004). Seperti peralatan rumah tangga yang berada di sekitar kita merupakan sumber paparan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)*.

Medan magnet ELF telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang salah satunya dalam bidang pangan. Beberapa penelitian terkait yaitu Sari, dkk (2012) menyatakan bahwa teknologi medan magnet dapat diaplikasikan untuk menginaktivasi mikroorganisme patogen yaitu penurunan mikroba sebanyak 99,45% pada proses pengawetan sari buah apel (*Mallus sylvestris Mill*). Penelitian yang dilakukan oleh Sudarti dan Prihandono (2014) menyatakan paparan medan magnet ELF sebesar $645,7 \mu T$ selama 30 menit dapat menghambat prevalensi *Salmonella typhimurium* pada bumbu gado-gado sebanyak 36,37%. 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 oleh karakteristik dari medan magnet ELF itu sendiri. Adapun karakteristik dari medan magnet ELF adalah memiliki frekuensi di bawah 300 Hz (Sudarti *et al.*, 2014), bersifat *non-ionizing*, non-termal dan tak terhalangi (Garip *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, pemanfaatan medan magnet ELF pada bidang pangan telah banyak dilakukan. Salah satu bentuk pangan yang sering dikonsumsi yaitu susu.

Susu merupakan salah satu makanan pelengkap empat sehat lima sempurna. 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. Jenis produk susu yang mengalami proses fermentasi seperti yogurt, kefir, mentega berkultur, krim berkultur, keju berkultur, yakult, dan beberapa produk susu tradisional (Malaka, 2010). Produk susu fermentasi sudah semakin berkembang dan variasi produk tersebut semakin beragam, yaitu susu fermentasi dengan komersial bakteri yang tergolong bakteri probiotik.

Bakteri probiotik yang terdapat dalam susu fermentasi mempunyai banyak manfaat, salah satunya bakteri *Lactobacillus casei* karena dapat membantu memperlancar sistem pencernaan manusia. Berdasarkan hasil penelitian Parameswari *et al.*, (2011) bakteri probiotik *Lactobacillus paracasei* dan *B. longum* memberikan efek positif dalam menghambat *Streptococcus mutans* yang biasanya ditemukan pada saliva rongga mulut manusia. Namun kelemahan susu fermentasi yaitu masa simpan yang relatif singkat. Pendugaan umur simpan minuman susu fermentasi dapat dilakukan dengan mengidentifikasi tanda-tanda penurunan mutu atau kerusakan yang mungkin terjadi selama penyimpanan. Hal ini ditandai oleh adanya perubahan warna, aroma, flavour, dan nilai gizi. Untuk mengetahui kelayakan tersebut tidak mungkin dilakukan hanya dengan menggunakan alat indera yang bersifat kualitatif semata, namun juga diperlukan analisis yang lebih mendalam seperti faktor fisik, kimia dan mikrobiologis yang dapat diuji secara kuantitatif. Sifat fisik merupakan salah satu kriteria penentuan kualitas dan keamanan susu fermentasi.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait susu fermentasi. Menurut Casarotti *et al.*, (2014) untuk mengetahui masa simpan dan meningkatkan keamanan produk pangan dapat dipengaruhi oleh senyawa-senyawa yang dihasilkan bakteri asam laktat selama proses fermentasi. Shah (2000) mengemukakan bahwa viabilitas bakteri probiotik menurun dalam produk fermentasi dari waktu ke waktu karena keasaman produk hasil aktivitas Bakteri Asam Laktat yang menghidrolisis laktosa di dalam susu menjadi berbagai macam senyawa karbohidrat lebih sederhana sehingga mengakibatkan penurunan pH dan peningkatan kadar asam dalam produk susu fermentasi (Afriani, 2010), suhu penyimpanan, lama penyimpanan, dan kekurangan nutrisi yang menyebabkan

produk-produk tersebut memiliki umur simpan yang terbatas. Penelitian yang dilakukan oleh Manab (2008) tentang kajian sifat fisik yogurt selama penyimpanan pada suhu 4°C, menyimpulkan bahwa pH yogurt sampai hari ke-6 mengalami sedikit penurunan, dan hari ke-6 sampai hari ke-30 pH cenderung stabil.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti melakukan penelitian tentang pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap perubahan pH dan daya hantar listrik minuman susu fermentasi. Harapan dari penelitian ini adalah dapat menemukan dosis paparan efektif sehingga dapat memperpanjang masa kadaluarsa pada minuman susu fermentasi. Oleh karena itu, peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarsa”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH minuman susu fermentasi?
- b. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap Daya Hantar Listrik minuman susu fermentasi?
- c. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap masa kadaluarsa minuman susu fermentasi?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah pada penelitian yang diteliti, maka diberi batasan masalah sebagai berikut:

- a. Sumber paparan menggunakan alat penghasil medan magnet ELF (*Electromagnetic Field Sources*).

- b. Pada penelitian ini lebih ditekankan pada efek yang disebabkan oleh medan magnet ELF, tanpa melihat gelombang elektromagnetik yang ditimbulkan dari kulkas.
- c. Penelitian ini menggunakan minuman susu fermentasi yang mempunyai masa kadaluarsa kurang lebih 15 hari.
- d. Pada penelitian ini susu fermentasi yang digunakan disimpan dengan suhu $\leq 10^{\circ}\text{C}$.
- e. Indikator kadaluarsa minuman susu fermentasi yang digunakan adalah nilai pH dan daya hantar listrik.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH minuman susu fermentasi.
- b. Untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap daya hantar listrik minuman susu fermentasi.
- c. Untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap masa kadaluarsa minuman susu fermentasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

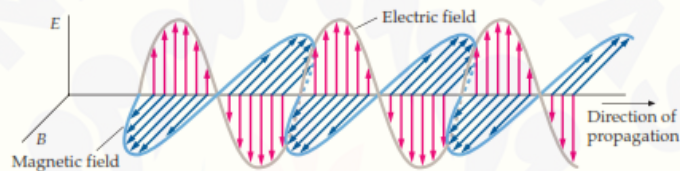
- a. Sebagai pembentukan konsep belajar dari hasil belajar penemuan (*Discovery Learning*) tentang pengaruh paparan medan elektromagnet *Extremely Low Frequency* (ELF).
- b. Sebagai informasi ilmiah tentang pengaruh paparan medan elektromagnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan daya hantar listrik pada masa kadaluarsa minuman susu fermentasi.
- c. Dapat dijadikan sumber materi contoh aplikasi gelombang elektromagnetik pada pembelajaran fisika di sekolah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang dalam perambatannya tidak memerlukan suatu medium perantara (Young, 2012:762). Arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus (Rahmatullah, 2009). Perambatan gelombang elektromagnetik dapat diilustrasikan oleh gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik (Sumber: Tipler, 2008)

Gelombang elektromagnetik pada Gambar 2.1 menunjukkan kuat medan yang dipetakan sebagai fungsi posisi B dan E saling tegak lurus satu sama lain dan tegak lurus terhadap arah rambatan. Gelombang elektromagnetik mampu melintas dan merambat melalui medium udara maupun melalui ruang angkasa yang hampa udara. Sarwate (1993:414) menyatakan bahwa gelombang elektromagnetik merambat di luar angkasa dengan kecepatan cahaya, identifikasi dari jenis gelombang elektromagnetik yang memiliki perbedaan frekuensi dan panjang gelombang namun memiliki kecepatan propagasi yang sama di ruang hampa sekitar 3×10^8 m/s.

2.1.2 Medan Listrik dan Medan Magnet

a. Medan Listrik

Medan listrik didefinisikan sebagai gaya yang ditimbulkan oleh muatan-muatan listrik (Swerdlow, 2006:11). Muatan yang sejenis akan tolak menolak dan muatan yang berbeda akan saling menarik (Furset al, 2009:1). *International*

Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (2010) menyatakan bahwa satuan untuk medan listrik dalam Volt per meter ($V m^{-1}$). Secara teknis, medan listrik berhubungan dengan tegangan bukan dengan arus atau sumber (WHO, 2007:21).

Medan listrik (E) merupakan besaran vektor yang menggambarkan keadaan di dalam ruang yang dibentuk oleh sistem muatan. Untuk mendefinisikan medan listrik secara operasional, kita menempatkan sebuah muatan uji yang kecil q_0 pada titik didalam ruang yang diselidiki serta mengukur gaya listrik F yang bekerja pada benda ini. Medan Listrik tersebut didefinisikan sebagai

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (2.1)$$

(Serway, 2004:716)

b. Medan Magnet

Medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan gaya di muatan listrik yang bergerak. Interaksi magnetik dasar merupakan gaya magnetik satu muatan yang bergerak yang dikerahkan pada muatan bergerak lainnya. Gaya magnetik tersebut dipindahkan oleh medan magnetik. Muatan yang bergerak menghasilkan medan magnetik dan medan ini selanjutnya mengerahkan suatu gaya pada muatan bergerak lainnya. Adanya medan magnet di dalam ruang dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan. Apabila suatu muatan q bergerak dengan kecepatan v dalam pengaruh medan magnetic B , maka gaya magnetik F pada muatan adalah:

$$F = qv \times B \quad (2.2)$$

(Tipler, 2001:211)

Paparan medan magnet yang ditimbulkan oleh sumber terhadap suatu medium diberikan oleh besaran kuat medan magnet (H). Besaran B berkaitan dengan hal ini merupakan besar induksi magnet pada medium dengan nilai:

$$B = \mu_0 H \quad (2.3)$$

dimana μ_0 merupakan permeabilitas bahan.

Medan magnet dipengaruhi oleh gerak dari perpindahan muatan. Kekuatannya diukur dalam satuan ampere per meter (A/m) atau dalam istilah induksi magnetik yang diukur dalam satuan Tesla (T), mili Tesla (mT) atau mikro tesla (μT) (Sutrisno dan Gie, 1979:115). Medan magnet bersifat tidak menghalangi dan mampu menembus benda penghalang seperti genting, tembok bangunan, pepohonan, maupun tubuh manusia dan akan mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari sumber paparan (Grotel, 1992 dalam Sudarti, 2010).

Tabel 2.1 Karakteristik Medan Listrik dan Medan Magnet

Medan Listrik	Medan Magnet
1. Medan listrik berasal dari tegangan listrik.	1. Medan magnet berasal dari arus listrik.
2. Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per meter.	2. Kekuatannya diukur berdasarkan satuan ampere per meter. Namun juga umumnya dipakai satuan densitas <i>flux</i> yaitu mikrottesla (μT) atau militesla (mT).
3. Medan listrik tetap dapat dihasilkan walau tidak ada arus mengalir. Sehingga medan listrik tetap ada walaupun alat listrik dalam keadaan mati.	3. Medan magnet terjadi segera setelah medan listrik dinyalakan.
4. Kekuatan medan listrik semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya.	4. Kekuatan medan magnet semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya.
5. Kebanyakan material bangunan merupakan pelindung medan listrik.	5. Medan magnet tidak diperkuat oleh kebanyakan material.

(Sumber: Baafai, 2004)

2.1.3 Persamaan Maxwell tentang Gelombang Elektromagnetik

Persamaan Maxwell menghubungkan vektor medan listrik dan medan magnetic E dan B dengan sumber, yang berupa muatan listrik, arus dan medan yang berubah. Interaksi antar medan listrik E dan medan magnet B dapat dirumuskan menjadi empat buah teori yang dikenal dengan persamaan Maxwell. Keempat persamaan tersebut antara lain adalah :

1. Persamaan I Maxwell (Hukum Gauss pada medan listrik)

Hukum Gauss menyatakan bahwa jumlah muatan yang terkandung dalam permukaan tertutup sama dengan jumlah garis flux yang keluar melalui permukaan (Guenther, 2015:17). Hukum ini menguraikan bagaimana garis medan listrik menyebar dari muatan positif dan mengumpul menuju pada muatan negatif (Tipler, 2001:402). Secara matematis Persamaan I Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \quad (2.4)$$

(Guenther, 2015:17).

2. Persamaan II Maxwell (Hukum Gauss pada medan magnet)

Persamaan ini menggambarkan tentang medan magnetik. Hukum ini menyatakan bahwa perpindahan muatan merupakan arus i atau rapat arus \mathbf{J} , menghasilkan medan magnet \mathbf{B} . Seperti pada medan listrik kita menganggap medan magnet sebagai garis flux yang disebut garis induksi dan kita asumsikan bahwa rapat arusnya konstan sehingga $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$ (Guenther, 2015:17). Persamaan ini menjelaskan bahwa garis-garis medan magnetik tidak memancar dari titik manapun dalam ruang atau mengumpul ke sembarang titik (Tipler, 2001:402). Secara matematis Persamaan II Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.5)$$

Nilai nol berarti pada kenyataannya magnetic setara dengan muatan tunggal yang tidak dapat diamati (Guenther, 2015:17).

3. Persamaan III Maxwell (Hukum Faraday)

Hukum faraday menjelaskan bagaimana garis-garis medan listrik mengelilingi setiap area di mana fluks magnetik berubah, dan hukum ini menghubungkan vektor medan listrik \mathbf{E} dengan laju perubahan vektor medan magnetik \mathbf{B} (Tipler, 2001:402). Persamaan ini menggambarkan medan magnet yang berubah terhadap waktu. Dalam konsep fluks menyatakan bahwa medan listrik disekitar rangkaian setara dengan perubahan fluks magnetik yang ada dalam rangkaian tersebut. Secara matematis persamaan III Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0 \quad (2.6)$$

(Guenther, 2015:17)

4. Persamaan IV Maxwell (Hukum Ampere)

Hukum ini menjelaskan bagaimana garis-garis medan magnetik mengelilingi suatu luasan yang dilewati suatu atau luasan dimana fluks listrik

sedang berubah (Tipler, 2001:402). Hukum Ampere adalah hubungan yang digunakan untuk menghitung arus dalam konduktor karena medan magnet yang terdapat di lingkaran sekitar konduktor (Guenther, 2015:17). Secara matematis persamaan IV Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2.7)$$

Keterangan :

\mathbf{D} = pergeseran medan listrik

\mathbf{B} = induksi medan magnetik (Wb/ m²=T)

\mathbf{E} = kuat medan listrik (N/C)

\mathbf{H} = kuat medan magnet (Wb/A)

(Guenther, 2015:18).

2.1.4 Persamaan Gelombang

Perambatan gelombang elektromagnetik pada ruang bebas, persamaan Maxwell diatur kembali untuk menunjukkan secara jelas ketergantungan waktu dan posisi.

$$\frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{B} = \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (2.8)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla \times \left(-\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{B}) = -\frac{\partial}{\partial t} \epsilon \mu \left(\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \quad (2.9)$$

Dengan mengasumsi bahwa ϵ dan μ tidak bergantung waktu, maka memungkinkan persamaan ditulis kembali:

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.10)$$

Menggunakan identitas vektor, sehingga dapat ditulis:

$$\nabla \times (\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} = -\epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.11)$$

Karena ruang bebas tidak berpengaruh muatan $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$, sehingga dapat ditulis:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.12)$$

Menggunakan prosedur yang sama untuk mendapatkan

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (2.13)$$

Persamaan ini merupakan persamaan gelombang dengan kecepatan gelombang yang diberikan:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (2.14)$$

Pada sebuah bahan, kecepatan dari cahaya kurang dari c . Kita dapat mengelompokkan bahan dengan mendefinisikan indeks bias, perbandingan kecepatan cahaya pada ruang hampa dengan kecepatan dalam suatu medium.

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{\epsilon_0\mu_0}} \quad (2.15)$$

Dari data pada Tabel 2.2 menggambarkan bahwa jika bahan magnetik tidak dianggap, kemudian $\mu/\mu_0 \approx 1$ sehingga

$$n = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} \quad (2.16)$$

(Guenther, 2015: 19-20).

Keterangan :

E = kuat medan listrik (N/C)

B = induksi medan magnetik (Wb/ m²=T)

v = kecepatan gelombang

ϵ_0 = permitivitas vakum; $8,85418 \times 10^{-12} \text{ C}^{-2} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

μ_0 = permeabilitas vakum; $4\pi \times 10^{-7} \text{ A}^{-1} \text{ m}^{-1}$

Tabel 2.2 Ketetapan Magnetik

Bahan	μ/μ_0	Kelompok
Perak	0,99998	Diamagnetik
Tembaga	0,99999	Diamagnetik
Air	0,99999	Diamagnetik
Udara	1,00000036	Paramagnetik
Alumunium	1,000021	Paramagnetik
Besi	5000	Ferromagnetik
Nikel	600	Ferromagnetik

(Sumber: Guenther, 2015:20)

2.1.5 Energi di Dalam Gelombang Elektromagnetik dan Vektor Poynting

Perambatan gelombang di sekitar senar yang ditransmisikan oleh gelombang sebanding dengan kuadrat dari amplitudo gelombang. Teori gelombang

elektromagnetik menjelaskan bahwa kerapatan energi (J/m^3) berhubungan dengan gelombang elektromagnetik sebagai

$$U = \frac{(D \cdot E + B \cdot H)}{2} \quad (2.17)$$

Persamaan diatas dapat disederhanakan menggunakan hubungan konstitutif. Dengan menggunakan hubungan $D = \epsilon E$ dan $B = \mu H$, jika diaplikasikan pada medium perambatan yakni,

$$U = \frac{1}{2} \left(\epsilon E^2 + \frac{B^2}{\mu} \right) = \frac{1}{2} \left(\epsilon + \frac{1}{\mu c^2} E^2 \right) \quad (2.18)$$

Pada ruang hampa, lebih lanjut disederhanakan

$$U = \epsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{\mu_0} \quad (2.19)$$

John Henry Poynting (1852-1914) menjelaskan bahwa keberadaan dari medan listrik dan medan magnet pada saat yang sama dalam ruang menghasilkan aliran medan energi. Peristiwa ini disebut Poynting teorema, dan aliran tersebut dijelaskan dengan vektor Poynting.

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (2.20)$$

Satuan dari vector Poynting adalah $J/(m^2 \text{ sec})$ dengan menggunakan bidang gelombang untuk menjelaskan beberapa bagian dari vector. Karena \mathbf{S} melibatkan hubungan kuadrat pada \mathbf{E} , maka penting untuk menggunakan bentuk sebenarnya dari \mathbf{E} .

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu} = \frac{\sqrt{\mu\epsilon}}{\mu k} \mathbf{k} \times \mathbf{E} \quad (2.21)$$

Dimana

$$\mathbf{B} = \frac{\sqrt{\mu\epsilon}}{\mu k} \mathbf{E}_0 \times (\mathbf{k} \times \mathbf{E}_0) \cos^2(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi) \quad (2.22)$$

$$= \frac{n}{\mu c} |\mathbf{E}_0|^2 \frac{k}{k} \cos^2(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi) \quad (2.23)$$

Catatan bahwa energi mengalir searah dengan perambatannya (ditunjukkan dengan vektor satuan \mathbf{k}/k). Pada keadaan normal, \mathbf{S} tidak dapat dideteksi pada frekuensi sangat tinggi yang terkait dengan cahaya ($\approx 10^5 \text{ Hz}$) melainkan mendeteksi rata-rata sementara dari \mathbf{S} terhadap waktu T yang ditentukan oleh waktu respon dari detektor yang digunakan. Waktu rata-rata \mathbf{S} disebut *kerapatan fluks* dengan satuan W/m^2 . Kita dapat menyebutnya intensitas gelombang cahaya

$$I = \langle S \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} A \cos^2(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi) dt \quad (2.24)$$

Dimana dapat didefinisikan

$$A = \frac{n}{\mu c} |E_0|^2 \frac{k}{k} \quad (2.25)$$

(Guenther, 2015:24-25).

Keterangan :

S = laju energi rata-rata per meter persegi yang dipindahkan melalui gelombang elektromagnetik ($J/(s \cdot m^2) = W/m^2$)

H = kuat medan magnet (A/m)

B = induksi medan magnetik ($Wb/m^2 = T$)

E = kuat medan listrik (N/C)

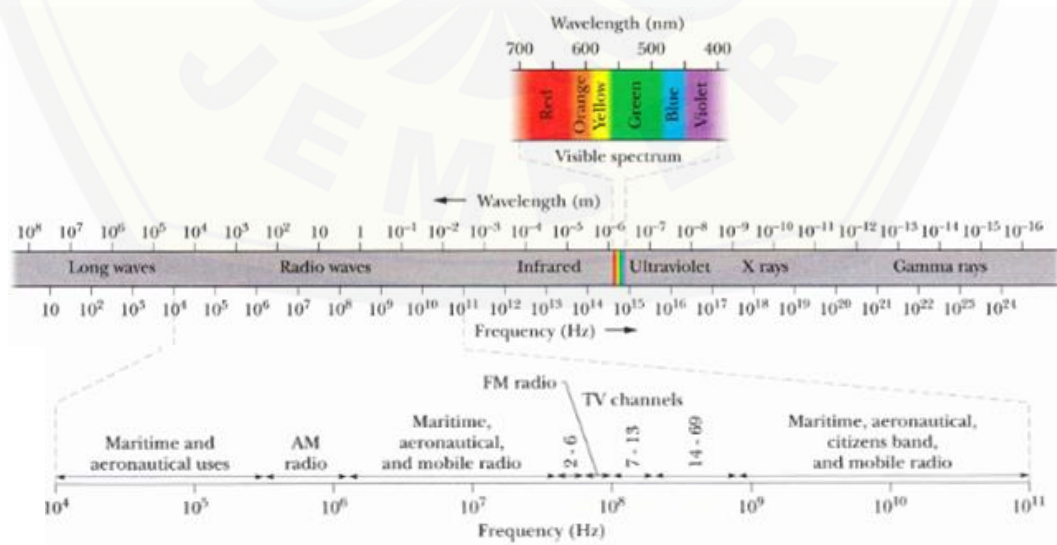
A = vektor luasan (m^2)

μ = permeabilitas magnetik

ϵ = konstanta permitivitas listrik

2.1.6 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik yang dirumuskan oleh Maxwell memiliki rentang frekuensi yang luas. Spektrum gelombang elektromagnetik dapat muncul sebagai akibat dari perbedaan panjang gelombang (λ) dan perbedaan frekuensi (f) namun dengan kecepatan yang sama.



Gambar 2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Serway, 2004)

Ras (2011) mengatakan secara ringkas radiasi elektromagnetik non pengion berdasarkan frekuensi panjang gelombang dan energinya, dapat dijelaskan dalam spektrum elektromagnetik sebagai berikut:

- a. *Static* EMF memiliki frekuensi 0 Hz. Sumbernya antara lain medan elektromagnet alam, MRI, elektrolisis industrial.
- b. *Extremely Low-Frequency (ELF)* EMF memiliki rentang frekuensi 0 – 300 Hz. Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui kabel listrik, tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik. Frekuensi gelombang ini ketika dihasilkan oleh alat elektronik adalah sekitar 50-60 Hz.
- c. *Intermediate frequency* EMF memiliki rentang frekuensi 300 Hz - 100 kHz. Sumbernya antara lain detector metal, hands free.
- d. *Radio frequency* EMF memiliki rentang frekuensi 100 kHz – 300 GHz. Sumbernya antara lain gelombang TV, radio, ponsel, *microwave oven*.

2.2 Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency (ELF)*

2.2.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik ELF

ELF magnetic fields source merupakan sumber paparan yang digunakan dalam penelitian ini. *ELF magnetic fields source* terdiri atas dua unit yaitu unit transformator step down serta sangkar medan magnet ELF. Paparan medan magnet ELF selalu di iringi dengan medan listrik ELF maka pada alat ini dikondisikan agar lebih dominan menghasilkan medan magnet daripada medan listrik, dimana medan listrik dibuat seminimal mungkin sehingga yang terdeteksi hanya medan magnetnya. Paparan medan magnet dan medan listrik timbul di sekitar lempengan tembaga sangkar alat ini.

Cara kerja alat ini menggunakan sumber tegangan input dari PLN 220 V, kuat arus 5 A, dengan frekuensi 50 Hz yang kemudian diubah dengan menggunakan transformator stepdown dengan tegangan output 7 V dengan kuat arus 85-3000 A yang mengalir pada lempengan tembaga sangkar medan magnet. Oleh karena itu dalam kondisi tegangan kecil dan arus maksimal dapat menghasilkan radiasi medan magnet maksimal dan medan listrik minimal mendekati medan listrik alamiah.

Gelombang elektromagnetik ini terletak pada frekuensi kurang dari 300 Hz. Gelombang ini dihasilkan di sekitar aliran listrik di sepanjang kabel atau pada peralatan listrik (Sudarti, 2010). Radiasi yang dihasilkan oleh muatan bergerak atau osilasi, seperti arus AC pada konduktor dari sumber PLN tersebut tergolong radiasi tidak mengion dan didalam spektrum gelombang elektromagnetik berada pada frekuensi sangat rendah yaitu kurang dari 300 Hz dan disebut gelombang elektromagnetik frekuensi sangat rendah (*extremely low frequency*) (Grotel, 1992 dalam Sudarti, 2010). Federoski et al. (dalam Sudarti, 2002:76) menyatakan bahwa energi medan elektromagnetik ELF sangat kecil, maka efek yang ditimbulkan sebagai efek non termal. Efek non termal artinya medan elektromagnetik ELF tidak menimbulkan perubahan suhu ketika berinteraksi dengan suatu zat atau pada saat menginduksi materi.

2.2.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF

WHO dan Grotel (dalam Sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa medan ELF merupakan spektrum gelombang elektromagnetik, berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong sebagai non ionizing radiation. Radiasi non-pengion merupakan pancaran energi yang tidak mampu menyebabkan terjadinya proses ionisasi pada materi biologik. Menurut Muchtaruddin (1998) radiasi gelombang elektromagnetik non-ionisasi merupakan radiasi yang tidak menyebabkan ionisasi pada molekul. Organisasi kesehatan dunia (WHO, 2007) juga menyatakan bahwa pada frekuensi antara 0 hingga 300 Hz adalah panjang gelombang udara yang sangat panjang (6000 km pada frekuensi 50 Hz dan 5000 km pada frekuensi 60 Hz) dan dalam situasi praktis, medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur, sehingga dapat disimpulkan bahwa medan magnet ELF memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik
- b. Memiliki frekuensi antara 0 hingga 300 Hz
- c. Termasuk dalam radiasi non-pengion (*non ionizing radiation*)
- d. Medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur secara terpisah

- e. Medan magnet tidak bisa dihalangi oleh material biasa seperti dinding bangunan
- f. Sumber paparan medan magnet mudah untuk didapat yaitu dari piranti elektronika yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari

2.2.3 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF

Mahluk hidup dan benda pada dasarnya secara alami telah terpapar oleh medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik dapat berasal dari berbagai sumber yang berada pada lingkungan. Seiring dengan peningkatan pemanfaatan teknologi berenergi listrik, paparan medan elektromagnetik yang dialami mahluk hidup dan benda juga meningkat. Sumber paparan medan elektromagnetik berasal dari sumber alamiah atau sumber buatan. Sumber paparan alamiah diantaranya adalah medan magnet bumi, sinar matahari maupun radiasi kosmik. Sedangkan secara buatan medan magnet dapat dihasilkan oleh aliran arus pada kabel pembangkit listrik dan penggunaan peralatan elektronik (WHO, 2007:1).

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). 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). Hasil pengukuran bahwa arus listrik menimbulkan gaya magnetik dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Hasil Pengukuran medan magnet di sekitar rumah tangga (*Federal Office for Radiation Safety Germany, 1999*)

Peralatan	Medan Magnet (μT) jarak r		
	$r = 3 \text{ cm}$	$r = 30 \text{ cm}$	$r = 100 \text{ cm}$
Pengering Rambut	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Pencukur Elektrik	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Pengisap Debu	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Lampu Tabung	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Microwave Oven	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Radio Portabel	16 – 56	1	< 0,01
Oven Listrik	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04

Peralatan	Medan Magnet (μT) jarak r		
	$r = 3 \text{ cm}$	$r = 30 \text{ cm}$	$r = 100 \text{ cm}$
Mesin Cuci	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Strika	18 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,03
Pencuci Piring	3,5 – 20	0,6 – 3	0,07 – 0,3
Komputer	0,5 – 30	< 0,01	-
Lemari Pendingin	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	<0,01
Televisi Warna	2,5 – 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15

Kebanyak peralatan rumah tangga kuat medan magnetnya yang jarak 30 cm adalah dibawah batas yang diijinkan untuk umum adalah μT . Angka yang dihitamkan merupakan jarak kerja normal

(Sumber: Baafai, 2004)

2.3 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan

Medan magnet ELF dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pangan. 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 (<i>Extremelly Low Frquence</i>) terhadap perubahan kadar vitamin C dan derajat keasaman (pH) pada buah tomat (Ma'rufiyanti, 2014:54)	500 μT	90 menit	Mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat
	300 μT	10 menit	Mempertahankan pH pada buah tomat
	500 μT	30 menit	
Proses pengawetan sari buah apel (<i>Mallus sylvestris mill</i>) secara non-termal berbasis teknologi oscillating magneting field (Sari <i>et al.</i> , 2012:82)	6,7 T	90 menit	Penurunan total mikroba 99,45%
		25 menit	Penurunan total mikroba 99,96%
Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (<i>extremely low frequency</i>) terhadap Prevalensi <i>Salmonella</i> dalam Bahan Pangan (Sudarti <i>et al.</i> , 2014:15)	646,7 μT	30 menit	Menghambat prevalensi <i>Salmonella typhimurium</i> sebesar 36,37%
Aplikasi Medan Magnet <i>Extremelly Low Frequency</i> (ELF) 100 μT terhadap Jumlah Bakteri <i>Lactobacillus casei</i> dan pH pada Proses Pembuatan Susu Fermentasi (Kiki, 2015)	100 μT	15 menit	Berpengaruh terhadap peningkatkan jumlah bakteri dan menurunkan pH pada pembuatan susu fermentasi.
Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet <i>Extremelly Low</i>	100 μT	5 menit	Pertumbuhan bakteri <i>Mesophilic</i> dan

Penelitian sebelumnya	Intensitas	Lama paparan	Dampak
<i>Frequency</i> (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis <i>Cream Cheese</i> (Andika, 2015)			<i>Thermophilic</i> yang meningkat mengakibatkan penurunan nilai pH dan kadar air.
Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 300 μ T dan 500 μ T terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan (Kristinan, 2015)	500 μ T	30 menit pada saat 72 jam setelah peragian 30 menit pada saat 24 jam setelah peragian	Terjadi penurunan jumlah mikroba sebesar 0,50 x10 ¹³ sel/mL Terjadi peningkatan nilai pH sebesar 1,00
Pengaruh MM terhadap aktivitas enzim α -amilase pada kecambah kacang merah dan kacang buncis hitam (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) (Rohma <i>et al.</i> , 2013)	0,1 mT	15 menit 36 detik	Meningkatkan aktivitas enzim α -amilase pada kecambah kacang merah dan kacang buncis hitam sebesar 29,34 U/ml.

2.4 Susu Fermentasi

Susu merupakan bahan pangan yang tersusun oleh zat makanan dengan proporsi yang seimbang, dapat dipandang sebagai bahan pangan yang mengandung sumber zat-zat makanan yang penting. Sedangkan fermentasi merupakan proses perubahan biokimia dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh mikroorganisme tertentu. Menurut Rai (1996), fermentasi susu terjadi karena adanya aktivitas bakteri atau mikroorganisme. Susu fermentasi kebanyakan mengandung bakteri probiotik yang berguna bagi proses pencernaan tubuh terutama usus, sehingga bermanfaat ketika meminumnya. Probiotik adalah mikroba hidup yang menempel pada dinding usus dan bersifat menguntungkan bagi kehidupan dan kesehatan inangnya (Salminen *et al.*, 2004).

Menurut Legowo (2002), beberapa sifat fisik susu yang cukup penting adalah warna, rasa dan bau; berat jenis; viskositas; PH dan keasaman; potensial oksidasi-reduksi; titik beku. Sifat fisik susu tersebut diatas sangat dipengaruhi oleh komposisi kimiawinya. Adanya air dalam jumlah besar sebagai pembawa atau media dispersi untuk berbagai konstituen didalam susu memungkinkan terjadinya berbagai interaksi antar konstituen tersebut yang akhirnya berpengaruh terhadap

sifat fisik susu, misalnya warna, PH dan potensial oksidasi reduksi. Penjelasan terhadap karakteristik fisik susu dibagi dalam beberapa kategori, yaitu:

1. Warna

Warna susu yang normal adalah putih sedikit kekuningan. Warna susu dapat bervariasi dari putih kekuningan hingga putih sedikit kebiruan. Warna putih sedikit kebiruan dapat tampak pada susu yang memiliki kadar lemak terendah atau pada susu skim. Warna putih dari susu diakibatkan oleh dispersi yang merfleksikan sinar dari globula lemak serta partikel-partikel koloid senyawa kasein dan kalsium fosfat. Warna kekuningan disebabkan karena adanya pigmen karoten yang terlarut didalam lemak susu.

2. Rasa dan Bau

Susu segar memiliki rasa sedikit manis dan bau (aroma) khas. Rasa manis disebabkan adanya gula laktosa didalam susu, meskipun sering dirasakan ada sedikit rasa asin yang disebabkan oleh klorida. Bau khas susu disebabkan oleh beberapa senyawa yang mempunyai aroma spesifik dan sebagian bersifat folatil. Oleh sebab itu, beberapa jam setelah pemerahan atau setelah penyimpanan, aroma khas susu banyak berkurang. Gabungan rasa dan aroma tersebut dikenal sebagai "flavor".

3. Bobot Jenis

Bobot jenis atau densitas merupakan berat (dalam gram) dari suatu bahan merupakan cairan sebanyak 1 (satu) mililiter yang diukur pada suhu 20°C. Konsep densitas sering disetarakan dengan grafitas spesifik (specific gravity) yang menunjukkan perbandingan berat suatu bahan dengan berat air pada volume yang sama. Susu lebih berat dari air karena susu merupakan sistem koloid yang kompleks, yakni terdispersinya garam-garam, gula dan senyawa lain dalam media air. Bobot jenis susu pada suhu 20°C pada umumnya berkisar antara 1,027-1,033. Bobot jenis susu tergantung dari kandungan lemak dan bahan padat susu tersebut, misalnya bobot jenis lemak 0,930, laktosa 1,666, protein total 1,346, dan kasein 1,310.

4. Viskositas

Viskositas atau kekentalan susu merupakan faktor penting untuk menentukan pemisahan cream, perpindahan masa dan panas, serta kondisi aliran dalam proses penanganan dan pengolahan susu. Viskositas dapat diukur dengan alat viskosimeter dan satuan yang digunakan adalah “poise”(p). Viskositas susu sering dinyatakan dalam satuan “senti poise” (cP) yang nilainya sama dengan 1/100 P. Viskositas susu yang normal adalah sekitar 1,5-2,0 cP. Besarnya viskositas dipengaruhi oleh suhu dan komponen-komponen bahan padat didalam susu misalnya kandungan protein dan lemak.

5. pH dan Keasaman

Nilai pH suatu cairan (susu) berhubungan dengan besarnya konsentrasi ion. Nilai pH susu normal pada suhu 25⁰C adalah berkisar antara 6,5-6,7. Nilai keasaman menunjukkan banyaknya jumlah asam yang ada didalam susu, dan sering dinyatakan sebagai total asam atau keasaman tertitrasi. Nilai keasaman susu normal adalah berkisar antara 13-20 mmol /liter. Nilai ini setara dengan total asam (dihitung sebagai asam laktat) sebesar 0,12-0,33%. Selama penyimpanan, keasaman susu cenderung meningkat karena sebagian laktosa akan diubah oleh mikroba menjadi asam laktat dan asam organik lainnya. Besarnya nilai keasaman tersebut berbanding terbalik dengan pH. Artinya, bila keasaman susu meningkat maka nilai pH menurun.

6. Potensi Oksidasi- Reduksi

Apabila suatu molekul dioksidasi maka akan melepaskan elektron dan apabila direduksi akan menerima elektron. Dalam proses melepaskan dan menerima elektron kemungkinan akan melibatkan transver oksigen atau hidrogen. Potensi oksidasi-reduksi dinyatakan dalam satuan volt (V). Besarnya potensi “redoks” dari susu adalah berkisar antara + 0,2 hingga + 0,3 Volt, dan terutama dipengaruhi oleh oksigen terlarut. Jumlah oksigen didalam susu tersebut berangsur-angsur berkurang sejalan dengan aktivitas metabolisme dan perkembangbiakan mikroba didalam susu. Fakta inilah yang dijadikan dasar pengujian kualitas susu dengan metode uji reduktase. Makin rendah potensi “redoks” dari susu menunjukkan bahwa susu makin intens mengalami kerusakan.

Proses fermentasi yang dikehendaki antara lain pada pembuatan yoghurt, dadih, yakult dan keju. Kandungan dalam salah satu produk minuman susu fermentasi dalam penelitian ini, yakni Lemak, Protein, Karbohidrat, Gula, Natrium, Kalsium.

2.5 Bakteri pada Susu Fermentasi

Dalam suatu produk susu fermentasi, yang membedakannya yaitu jenis bakterinya. Pada penelitian ini bakteri yang terdapat pada susu fermentasi yaitu *Lactobacillus casei*. Rahman et al. (1992) mengemukakan bahwa mikroba yang memegang peranan penting dalam proses fermentasi susu adalah golongan bakteri asam laktat, yaitu beberapa spesies dari Streptococcus dan Lactobacillus. Peranan bakteri ini diantaranya memproduksi asam laktat dan menghasilkan metabolit yang erat hubungannya dengan flavor khas untuk produk tertentu. Bakteri asam laktat terutama Lactobacillus memproduksi H_2O_2 yang bersifat membunuh mikroorganisme pembusuk dan memproduksi senyawa antibiotik (Hadi dan Fardiaz, 1990).

Bakteri *L. Casei* termasuk dalam kerajaan bacteria, filum *Firmicutes*, kelas *Bacilli*, ordo Lactobacillales, famili lactobacillaceae, genus *Lactobacillus*, spesies *casei* (Lahtinen et al., 2012). Secara komersial bakteri ini sering digunakan sebagai probiotik, karena *L. Casei* adalah bakteri *microaerophylic* gram-positif biasanya sering ditemukan di produk susu fermentasi dan saluran pencernaan manusia mulai dari mulut hingga usus (Yang et al., 2010), dan termasuk bakteri asam laktat.

Lactobacillus casei Subs. rhamnosus termasuk golongan bakteri asam laktat yang bersifat thermobakterium, karena bakteri dapat tumbuh pada suhu 45°C. Bakteri *L. Casei* dapat memproduksi bakteriosin dan asam organik berupa asam laktat. Asam laktat yang diproduksi oleh bakteri *L. Casei* dapat mempengaruhi pH dan kadar antioksidan susu fermentasi dengan memberikan ion H^+ pada susu radikal bebas (Prastyaharasti et al., 2014).

2.6 Daya Simpan Susu Fermentasi

Pengertian daya simpan sebuah produk adalah lamanya waktu dimana sebuah pangan dapat disimpan pada kondisi penyimpanan yang disarankan sesuai petunjuk penyimpanannya dan selama itu masih terjaga kesegaran dan kualitasnya yang dapat diterima. Menurut Codex (CAC/RCP 57-2004), *Shelf life* produk susu dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain (1) kendali mutu mikrobiologis yang diterapkan, termasuk suhu penyimpanan; (2) metode pendinginan selama penanganan dan proses produksi; (3) jenis kemasan yang digunakan; (4) dan potensi atau kemungkinan kontaminasi pasca proses produksi.

Tanggal kadaluarsa adalah informasi dari produsen kepada konsumen, yang menyatakan waktu dimana suatu produk sudah tidak layak lagi untuk digunakan. Penentuan masa kadaluarsa adalah berdasarkan komponen pembentuk produk, seperti perubahan fisik, bau, rasa, warna setelah lewat waktu tertentu dan penggunaan bahan pengawet atau tidak. Pengawet merupakan bahan yang ditambahkan untuk mencegah atau menghambat terjadinya kerusakan atau pembusukan minuman atau makanan dan berfungsi menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan, dan menghindarkan oksidasi makanan serta menjaga nutrisi makanan. Contoh bahan pengawet yang sering digunakan untuk makanan dan minuman karena disetujui oleh WHO yakni natrium benzoate. Natrium Benzoat dikenal juga dengan nama Sodium Benzoat atau Soda Benzoat. Bahan pengawet ini merupakan garam asam Sodium Benzoic, yaitu lemak tidak jenuh ganda dan digunakan untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme (jamur) (Fadliwdt, 2007).

2.7 Derajat Keasaman (pH) pada Susu Fermentasi

Gandjar dan Rohman (2012:61-61) menyatakan suatu molekul memiliki sifat fisika kimia, diantaranya sifat asam dan basa suatu larutan. Sifat asam larutan adalah suatu senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion hydrogen (H^+) dan anion, sedangkan basa adalah senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan ion hidroksida (OH^+) dan kation.

Tingkat keasaman (pH) suatu larutan didefinisikan sebagai *logaritma negatif dari konsentrasi ion hydrogen (dalam mol per liter)*:

$$\text{pH} = -\log [H^+] \quad (2.26)$$

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). pH meter yaitu suatu alat digital untuk menentukan nilai pH suatu larutan, dengan mencelupkan elektroda kedalam larutan yang akan diperiksa dimana nilai pH larutan dapat dibaca langsung pada alat.

pH merupakan indikator sifat fisik susu fermentasi. Komposisi yang paling berperan selama proses fermentasi adalah laktosa dan kasein. Laktosa digunakan oleh mikroorganisme dan menghasilkan asam laktat yang akan menurunkan pH susu (Kosikowski, 1982). pH susu berkisar antara 6,5-6,7 dengan titik didih berdasarkan Milk kodeks adalah $100,16^{\circ} C$. Sedangkan untuk pH susu yang terbentuk pada proses fermentasi (berada di pasaran) sekitar antara 4,4-4,5 dan diikuti terbentuknya aroma yang kuat oleh adanya senyawa-senyawa volatil lainnya.

Laju aktivitas enzim dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Setiap jenis enzim mempunyai pH optimum untuk aktivitasnya. Temperatur penyimpanan merupakan faktor yang harus dijaga. Temperatur mempengaruhi waktu regenerasi bakteri dan fase pertumbuhan. Temperatur yang rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri dan reaksi-reaksi biokimia sedangkan temperatur yang tinggi akan mempercepat aktivitas tersebut (Daulay, 1990:206-207).

2.8 Daya Hantar Listrik pada Susu Fermentasi

Daya hantar listrik (DHL) adalah ukuran seberapa kuat suatu larutan dapat menghantarkan listrik. DHL berhubungan dengan pergerakan suatu ion di dalam larutan ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar (Effendi, 2003). Semakin besar nilai daya hantar listrik berarti kemampuan dalam menghantarkan listrik semakin kuat. Berdasarkan daya hantar listriknya larutan dapat dibedakan menjadi larutan elektrolit dan larutan non elektrolit. Susu fermentasi merupakan larutan elektrolit.

Larutan elektrolit yaitu suatu senyawa yang bila dilarutkan dalam pelarut (misalnya air) akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Sedangkan larutan nonelektrolit yaitu larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik. Senyawa yang termasuk larutan elektrolit yaitu senyawa garam, asam, dan basa. Senyawa yang termasuk larutan nonelektrolit misalnya gula dan etanol. Elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik digolongkan ke dalam elektrolit kuat, sedangkan elektrolit yang sifat penghantaran listriknya buruk digolongkan ke dalam elektrolit lemah (Bird, 1993: 197).

Aliran listrik dalam suatu aliran elektrolit akan memenuhi hukum Ohm, yang menyatakan bahwa besarnya arus listrik (I Ampere) yang mengalir melalui larutan sama dengan perbedaan potensial (V Volt) dibagi dengan tahanan (R Ohm). Secara matematika hukum Ohm akan dapat ditulis sebagai:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.27)$$

Tahanan suatu larutan bergantung pada dimensi larutan lainnya berdasarkan rumus:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.28)$$

ρ = tahanan spesifik atau resistivitas, ohm cm (satuan SI: ohm m)

L = panjang, cm (satuan SI: m)

A = luas penampang lintang, cm² (satuan SI: m²)

Satuan Ohm akan sering ditulis dengan simbol omega (Ω).

Kebalikan dari tahanan dinamakan sebagai konduktansi (Ω^{-1}), jadi:

$$C = \frac{1}{R} \quad (2.29)$$

C = dalam satuan SI diberi simbol S

Kebalikan dari resistivitas dinamakan konduktansi atau konduktivitas, konduktivitas biasanya diberi simbol K .

$$K = \frac{1}{\rho} \quad (2.30)$$

K = konduktivitas dengan satuan $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (cgs) (atau dalam satuan SI: $\Omega^{-1} \text{ m}$)

Untuk suatu larutan elektrolit, biasanya yang diukur adalah konduktannya dan bukan tahanannya. Maka, dengan menggunakan persamaan 2.28, 2.29, dan 2.30 akan diperoleh:

$$C = k \frac{A}{L} \quad (2.31)$$

Besarnya $\frac{A}{L}$ dikenal sebagai konstanta sel dan besaran ini mempunyai nilai yang besarnya tidak bergantung pada jenis larutan bila jarak antar kedua elektroda (Bird, 1993: 197-198).

Ion-ion dalam larutan elektrolit dihasilkan dengan dua cara yaitu zat terlarut merupakan senyawa ion dan zat terlarut bukan senyawa ion tetapi jika dilarutkan dalam air, zat itu menghasilkan ion. Pada konduktor elektrolit, elektron mengalir dibawa oleh ion-ion dan yang dapat menghasilkan ion seperti asam, basa dan garam. Asam terdiri asam kuat yang banyak menghasilkan banyak ion serta asam lemah yang menghasilkan sedikit ion, dimana semakin asam suatu larutan maka makin kecil nilai pH-nya, begitu juga sebaliknya semakin lemah tingkat keasaman suatu larutan maka pH-nya makin besar. Dengan demikian apabila suatu larutan konduktor elektrolit memiliki tingkat keasaman yang tinggi (pH kecil) maka semakin banyak ion yang dihasilkan sehingga arus listrik yang dihasilkan juga semakin besar dan akibatnya konduktivitas larutan elektrolit tersebut juga semakin besar. Sebaliknya apabila suatu larutan konduktor elektrolit memiliki tingkat keasaman yang rendah (pH besar) maka semakin sedikit ion yang dihasilkan sehingga arus listrik yang dihasilkan juga semakin kecil dan akibatnya konduktivitas juga semakin kecil (Purnomo, 2010).

Pengukuran DHL menggunakan metode konduktimetri dan alat yang digunakan adalah konduktimeter. Prinsip pengukurannya adalah daya hantar listrik diukur menggunakan elektroda konduktimeter dengan kalium klorida KCL sebagai

larutan baku (sni 06-6989.1-2004). DHL memiliki satuan milisiemens per centimeter atau mS/cm. *Siemens* (disingkat *S*) merupakan SI unit turunan dari konduktansi listrik atau sama dengan kebalikan ohm (Ω^{-1}).

2.9 Kerangka Konseptual

Paparan medan magnet ELF pada bakteri susu fermentasi (*L.casei*) menyebabkan perubahan gerakan ion pada ekstraseluler yang melintasi membran sel sehingga 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.

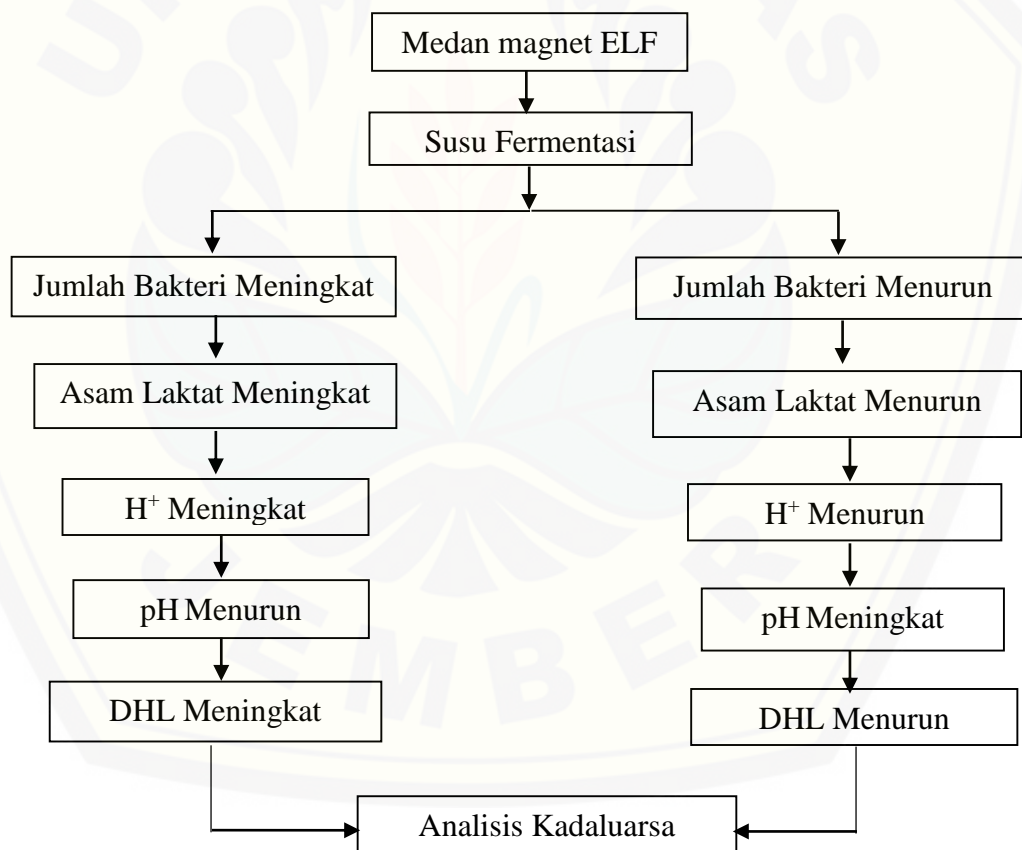
Ion dalam sel yang dapat terpengaruh medan magnet pada pertumbuhan sel adalah ion Ca^{2+} . Hal tersebut disebabkan ion Ca^{2+} tergolong bahan yang bersifat paramagnetik. Sifat dari suatu bahan paramagnetik adalah dapat terpengaruh oleh medan magnet (termagnetisasi). Bentuk pengaruh medan magnet terhadap bahan tersebut adalah spin elektron yang terdapat pada bahan tersebut yang mulanya acak menjadi terarah oleh medan magnet (Sutrisno dan Gie, 1979:108-109). Seperti kajian yang dilakukan oleh Gaafar *et al.* (2006), arus induksi yang timbul karena perubahan medan magnet ELF dapat menyebabkan perubahan kecepatan gerakan ion Ca^{2+} ekstraseluler melewati membran sel (Albert *et al.*, 2002). Sehingga, apabila kebutuhan ion Ca^{2+} cepat terpenuhi dan sesuai dengan kebutuhan sel maka proses pertumbuhan sel akan semakin cepat dan jumlah bakteri semakin banyak.

Nilai pH susu fermentasi dapat dihubungkan dengan jumlah bakteri *L.casei* dan jumlah produksi asam oleh bakteri tersebut selama proses pengubahan glukosa menjadi asam laktat. Jadi, semakin banyak jumlah bakteri *L.casei* maka produksi asam laktat akan semakin banyak. H^+ yang dilepaskan selama proses pembentukan asam laktat tersebut juga semakin banyak. Dengan begitu, susu fermentasi akan semakin asam dan pH susu akan semakin menurun (Khotimah, 2014).

Asam terdiri dari asam kuat yang banyak menghasilkan banyak ion serta asam lemah yang menghasilkan sedikit ion. Seperti yang dijelaskan diatas, dimana

semakin asam suatu larutan maka makin kecil nilai pH-nya, begitu juga sebaliknya semakin lemah tingkat keasaman suatu larutan maka pH-nya makin besar. Dengan demikian apabila suatu larutan konduktor elektrolit memiliki tingkat keasaman yang tinggi (pH kecil) maka semakin banyak ion yang dihasilkan sehingga arus listrik yang dihasilkan juga semakin besar dan akibatnya konduktivitas larutan elektrolit tersebut juga semakin besar. Sebaliknya apabila suatu larutan konduktor elektrolit memiliki tingkat keasaman yang rendah (pH besar) maka semakin sedikit ion yang dihasilkan sehingga arus listrik yang dihasilkan juga semakin kecil dan akibatnya konduktivitas juga semakin kecil.

Berikut ini adalah gambaran mekanisme paparan medan magnet ELF pada bakteri.



Gambar 2.3 Kerangka konseptual paparan medan magnet ELF pada susu fermentasi

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di beberapa tempat dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Alat penghasil medan magnet (*ELF Magnetic Fields Sources*) yang digunakan dalam penelitian terdapat pada Laboratorium Fisika Lanjut, Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNEJ.
- b. Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA UNEJ, sebagai tempat pengukuran pH dan DHL dari sampel penelitian.

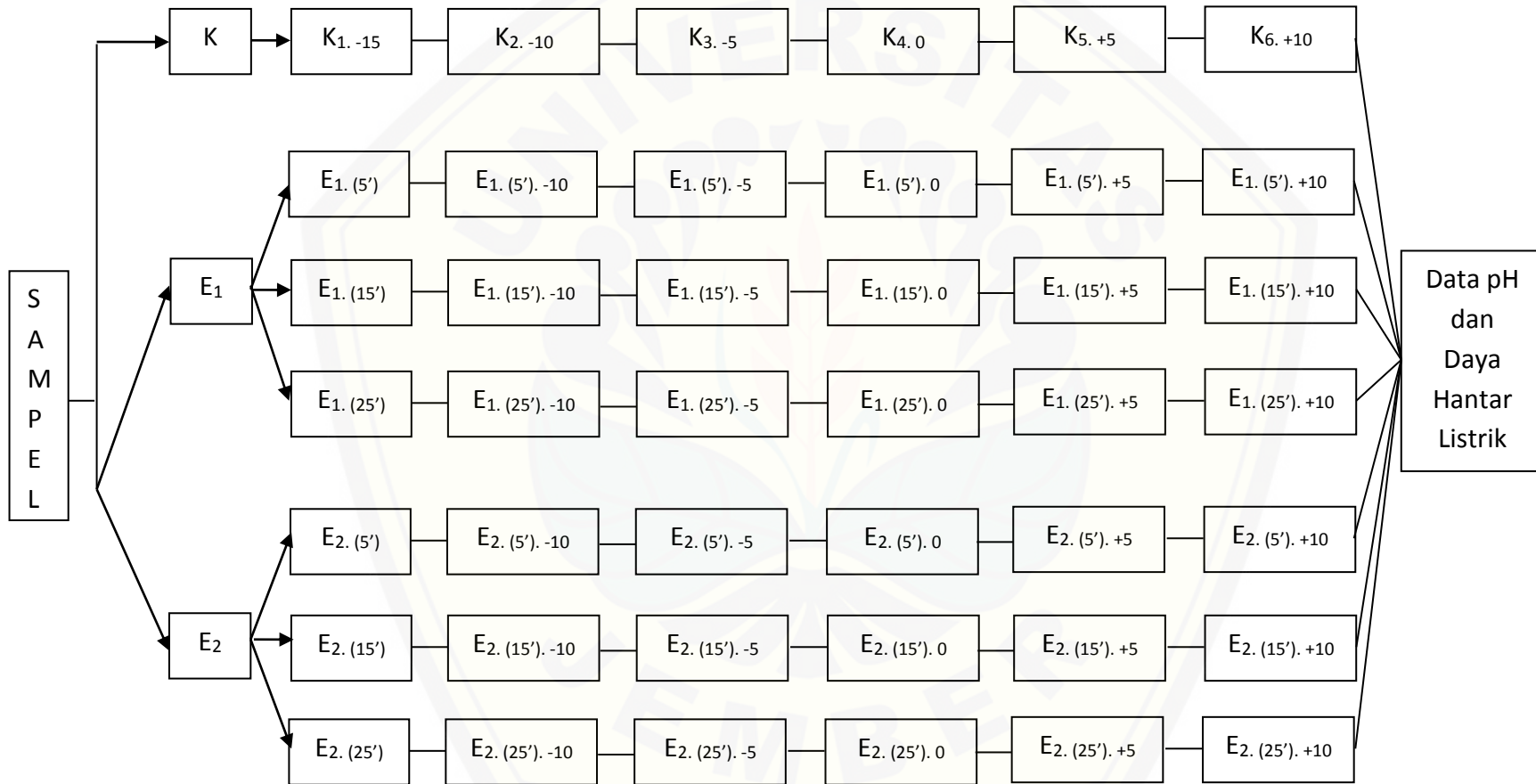
3.2 Jenis dan Penelitian

3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen Laboratorium, dimana penelitian ini dilakukan untuk mengetahui suatu gejala atau pengaruh yang timbul sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu (Notoatmodjo, 2005).

3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah Rancang Acak Lengkap (RAL). Rancang acak lengkap ini digunakan apabila ingin mempelajari tentang pengaruh beberapa perlakuan dengan sejumlah ulangan untuk beberapa percobaan. Pada penelitian ini digunakan rancang acak lengkap dengan satu faktor dan 7 perlakuan, dimana setiap perlakuan dilakukan empat kali pengulangan. Dalam penelitian ini terdapat kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 300 μT dan 500 μT yang dipapar selama 5 menit, 15 menit, dan 25 menit, dan kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak dipapar medan magnet ELF namun terpapar medan magnet alamiah bumi. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

SAMPEL	= 108 Sampel minuman susu fermentasi
K	= 18 Sampel (kelompok kontrol, tanpa paparan medan magnet ELF)
E ₁	= 45 Sampel (kelompok eksperimen 1, dengan paparan medan magnet ELF 300 μ T)
E ₁ . (5')	= Kelompok eksperimen 1, dengan lama paparan 5 menit
E ₁ . (15')	= Kelompok eksperimen 1, dengan lama paparan 15 menit
E ₁ . (25')	= Kelompok eksperimen 1, dengan lama paparan 25 menit
E ₂	= 45 Sampel (kelompok eksperimen 2, dengan paparan medan magnet ELF 500 μ T)
E ₂ . (5')	= Kelompok eksperimen 2, dengan lama paparan 5 menit
E ₂ . (15')	= Kelompok eksperimen 2, dengan lama paparan 15 menit
E ₂ . (25')	= Kelompok eksperimen 2, dengan lama paparan 25 menit
K ₁ . -15	= Pengukuran pH dan DHL 15 hari sebelum masa kadaluarsa pada kelompok kontrol
K ₂ . -10, E ₁ . (5'). -10,	= Pengukuran pH dan DHL 10 hari sebelum masa
E ₁ . (15'). -10, E ₁ . (25'). -10,	kadaluarsa pada kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1
E ₂ . (5'). -10, E ₂ . (15'). -10,	dan kelompok eksperimen 2
E ₂ . (25'). -10	
K ₃ . -5, E ₁ . (5'). -5,	= Pengukuran pH dan DHL 5 hari sebelum masa
E ₁ . (15'). -5, E ₁ . (25'). -5,	kadaluarsa pada kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1
E ₂ . (5'). -5, E ₂ . (15'). -5,	dan kelompok eksperimen 2
E ₂ . (25'). -5	
K ₄ . 0, E ₁ . (5'). 0,	= Pengukuran pH dan DHL saat masa kadaluarsa pada
E ₁ . (15'). 0, E ₁ . (25'). 0,	kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1 dan kelompok
E ₂ . (5'). 0, E ₂ . (15'). 0,	eksperimen 2
E ₂ . (25'). 0	
K ₅ . +5, E ₁ . (5'). +5,	= Pengukuran pH dan DHL 5 hari setelah masa
E ₁ . (15'). +5, E ₁ . (25'). +5,	kadaluarsa pada kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1
E ₂ . (5'). +5, E ₂ . (15'). +5,	dan kelompok eksperimen 2

E₂. (25'). +5

K₆. +10, E₁. (5'). +10, = Pengukuran pH dan DHL 10 hari setelah masa

E₁. (15'). +10, E₁. (25'). +10, kadaluarsa pada kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1

E₂. (5'). +10, E₂. (15'). +10, dan kelompok eksperimen 2

E₂. (25'). +10

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 intensitas paparan medan magnet ELF yang digunakan sebesar 300 μ T dan 500 μ T dan lama paparan medan magnet ELF yaitu 5 menit, 15 menit, dan 25 menit.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diukur sebagai indikator dari pengaruh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai pH dan nilai daya hantar listrik pada minuman susu fermentasi

3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

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

a. Medan magnet ELF

- 1) Medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) adalah spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi kurang dari 300 Hz. Penelitian ini menggunakan alat penghasil medan magnet ELF yang memiliki frekuensi 50 Hz. Pada penelitian ini lebih ditekankan pada efek yang disebabkan oleh medan magnet ELF.
- 2) Intensitas medan magnet ELF yang digunakan adalah 300 μ T dan 500 μ T. Penggunaan intensitas tersebut didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (penelitian tersebut dapat dilihat di bab 2).

- 3) Lama paparan medan magnet ELF yang digunakan adalah 5 menit, 15 menit, dan 25 menit. Penggunaan lama paparan medan magnet ELF tersebut telah dipertimbangkan sesuai hasil penelitian sebelumnya.
- b. Susu fermentasi merupakan salah satu produk olahan susu yang diperoleh melalui proses fermentasi mikroorganisme tertentu, salah satunya bakteri *Lactobacillus Casei*.
- c. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Unit pH diukur pada skala 0 – 14.
- d. Nilai daya hantar listrik (DHL) susu fermentasi. Nilai DHL adalah nilai yang menyatakan kemampuan susu fermentasi dalam menghantarkan arus listrik dan nilai tersebut tergantung pada umur simpan susu fermentasi.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat-alat

a. *Current Transformer*

Current Transformer (CT) digunakan untuk memapar sampel susu fermentasi dalam satu hari dengan lama waktu dan intensitas untuk masing-masing kelompok kecuali kelompok kontrol. Alat ini dapat menghasilkan medan magnet ELF, dengan menggunakan sumber arus AC pada frekuensi 50 Hz dari PLN. Komponen alat ini adalah sebagai berikut:

- 1) Transformer tegangan.
- 2) 3 buah transformator arus (*current transformer*) masing-masing 100/5 A, 300/5 A, dan 600/5 A.
- 3) Pengatur tegangan (*Voltage Regulator*)
- 4) Amperemeter
- 5) Batang konduktor dari tembaga dengan diameter masing-masing 3 cm.

Alat ini dibuat oleh teknisi dari ITS. Adapun cara kerja alat ini adalah:

- 1) Tegangan satu frasa dari PLN 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz masuk ke pengatur tegangan (*voltage regulator*).
- 2) Sumber keluaran dari *voltage regulator* ini masuk ke transformator tegangan

sisi primer.

- 3) Sumber keluaran/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. *EMF Tester*

EMF Tester merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besar medan magnet yang dihasilkan dari alat CT dan digunakan sebagai kalibrasi besarnya medan magnet yang akan digunakan dalam penelitian.

c. pH meter

Alat digital ini digunakan untuk mengukur nilai derajat keasaman (pH) suatu larutan yaitu pada susu fermentasi dengan mencelupkan elektroda kedalam larutan yang akan diperiksa dimana nilai pH dapat dibaca langsung pada alat.

d. Conductivity meter

Conductivity meter digunakan sebagai alat ukur untuk menentukan nilai daya hantar listrik susu fermentasi.

e. Beker Gelas

Beker gelas digunakan sebagai wadah larutan yang digunakan sebagai kalibrasi conductivity meter. Beker gelas yang digunakan adalah beker gelas berukuran 100 ml.

f. Pipet Tetes

Pipet tetes digunakan sebagai pengambilan sampel susu fermentasi 5 ml untuk memudahkan pembacaan daya hantar listrik.

g. Labu Eylemeyer

Labu Eylemeyer digunakan sebagai tempat pencampuran susu fermentasi 5 ml dengan aquades 5 ml .

3.4.2 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. KCL 0,01 Molar.
- b. Air aquades.

- c. Minuman susu fermentasi.
- d. Tissue.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Tahap 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 susu fermentasi merk “yakult”. Pemilihan sampel dilakukan karena yakult merupakan produk olahan susu fermentasi yang sudah dikenal dan digemari masyarakat karena yakult mengandung bakteri probiotik yang dibutuhkan tubuh yaitu membantu pencernaan usus, disukai karena memiliki citarasa sedikit asam, agak manis, tidak menggumpal, berwarna cerah, serta homogen.

Sampel yang digunakan berjumlah 108 sampel yang masing-masing sampel memiliki volume 65 ml. Pada kelompok kontrol sampel yang digunakan 18 sampel, kelompok eksperimen sampel yang digunakan berjumlah 90. Pada proses pengukuran untuk memperoleh data akan diambil 3 sampel dari masing-masing kelompok secara acak. Adapun teknik penentuan sampel untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen ditentukan secara acak. Perlakuan untuk kelompok eksperimen yaitu dengan memberi paparan medan magnet ELF 300 μ T dan 500 μ T dengan lama paparan 5 menit, 15 menit, dan 25 menit. Sedangkan untuk kelompok kontrol tanpa paparan dari alat penghasil medan magnet ELF.

3.5.2 Tahap Perlakuan

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

- a. Input sumber tegangan PLN 220 Volt, dan frekuensi 50 Hz.
- b. Intensitas (I) paparan medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian ini sebesar $\pm 300 \mu$ T dan 500 μ T.
- c. Lama paparan medan magnet ELF dalam penelitian ini 5 menit, 15 menit, dan

25 menit.

Adapun alat sumber paparan medan magnet ELF seperti Gambar 3.2.



Gambar. 3.2 ELF *Electromagnetic Field Sources* (Sumber: Sudarti dan Helianti, 2005)

Berikut langkah-langkah proses paparan medan magnet ELF *Electromagnetic Fields Sources*.

- a. Menghidupkan dan memastikan ELF *Electromagnetic Fields Sources* telah terhubung dengan listrik. Apabila telah terhubung dengan sumber tegangan, *pilot lamp* akan menyala.
- b. Memastikan *output* tegangan *slite voltage regulator* adalah nol, dengan cara memutar *knob* berlawanan arah jarum jam (ke kiri) hingga *knob* tak dapat diputar lagi.
- c. Menekan *push button* (warna merah) untuk menyalakan regulator arus. Apabila *knob* pada no.b belum posisi nol maka kontaktor tidak akan menyala dan peralatan belum dapat digunakan.
- d. Memutar *knob* putar searah jarum jam (ke kanan) sampai didapatkan besaran atau intensitas medan magnet yang diinginkan dibantu dengan alat EMF Tester.
- 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 langkah penggunaan *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) dengan merek Lutron EMF-827.



Gambar 3.3 EMF-827 (Sumber: Rian, Tanpa Tahun)

Prosedur pengoprasian ELF-827, sebagai berikut.

- Memposisikan '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.
- Memegang *probe* sensor, lalu mendekatkan kepala sensor ke objek yang akan diukur sehingga tersentuh secara fisis. Memperhatikan bagaimana intensitas medan bertambah ketika probe didekatkan ke arah objek.
- Memposisikan kepala sensor di sudut yang berbeda terhadap objek yang akan diukur dan lihat bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengukuran.
- 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.
- Alat ukur didesain untuk membaca pada satuan μT tetapi dapat pula mengukur dalam satuan mG dengan cara mengalikan hasil pengukuran dengan angka 10.

3.5.3 Tahap Penyimpanan

Pada tahap penyimpanan susu fermentasi disimpan di kulkas (kelompok kontrol dan kelompok eksperimen) setelah melewati proses paparan medan magnet ELF. Hal ini dilakukan karena sesuai dengan SOP penyimpanan minuman susu fermentasi.

3.5.4 Tahap Pengumpulan Data

1) Data Uji Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman susu fermentasi dapat diukur menggunakan pH meter. Untuk menguji derajat keasaman (pH) dengan mencelupkan pH meter yang berisi susu fermentasi yang telah siap diuji derajat keasamannya (pH). Nilai pH susu fermentasi dapat dibaca langsung pada layar pH meter.

2) Data Uji Daya Hantar Listrik (DHL)

a. Kalibrasi Conductivity Meter

1. Mempersiapkan larutan KCL 0.01 M dan baker glass 100 ml.
2. Memasukkan larutan KCL 0.01 M dengan volume 50 ml ke dalam baker glass.
3. Membersihkan elektrode conductivity meter dengan akuades lalu mengeringkannya dengan tissue.
4. Menghidupkan conductivity meter kemudian memasukkan elektrode conductivity meter ke dalam baker glass pada langkah (2) dan tunggu selama ± 10 menit.
5. Setelah ± 10 menit, melihat layar pada conductivity meter. Untuk larutan KCL 0.01 M harus menghasilkan nilai 1,412 mS/cm (Bird, 1993:199 dan Sukardjo, 1997:377), jika tidak menghasilkan nilai 1,412 mS/cm maka tombol penstabil pada conductivity meter diputar hingga nilai yang ditunjukkan pada layar conductivity meter mencapai 1,412 mS/cm.
6. Mengeluarkan elektrode conductivity meter dari baker glass, kemudian membersihkan dengan akuades dan dikeringkan dengan tissue.
7. Menaruh elektrode conductivity meter di tempat yang kering dan diberi alas tissue.

b. Mengukur nilai daya hantar listrik (DHL) susu fermentasi

1. Mengambil sampel secara acak 3 sampel pada masing-masing perlakuan.
2. Melakukan pengenceran pada sampel dengan perbandingan 5 ml susu fermentasi : 5 ml aquades.
3. Mengukur DHL dengan memasukkan elektrode conductivity meter ke dalam susu fermentasi yang telah dilakukan pengenceran.

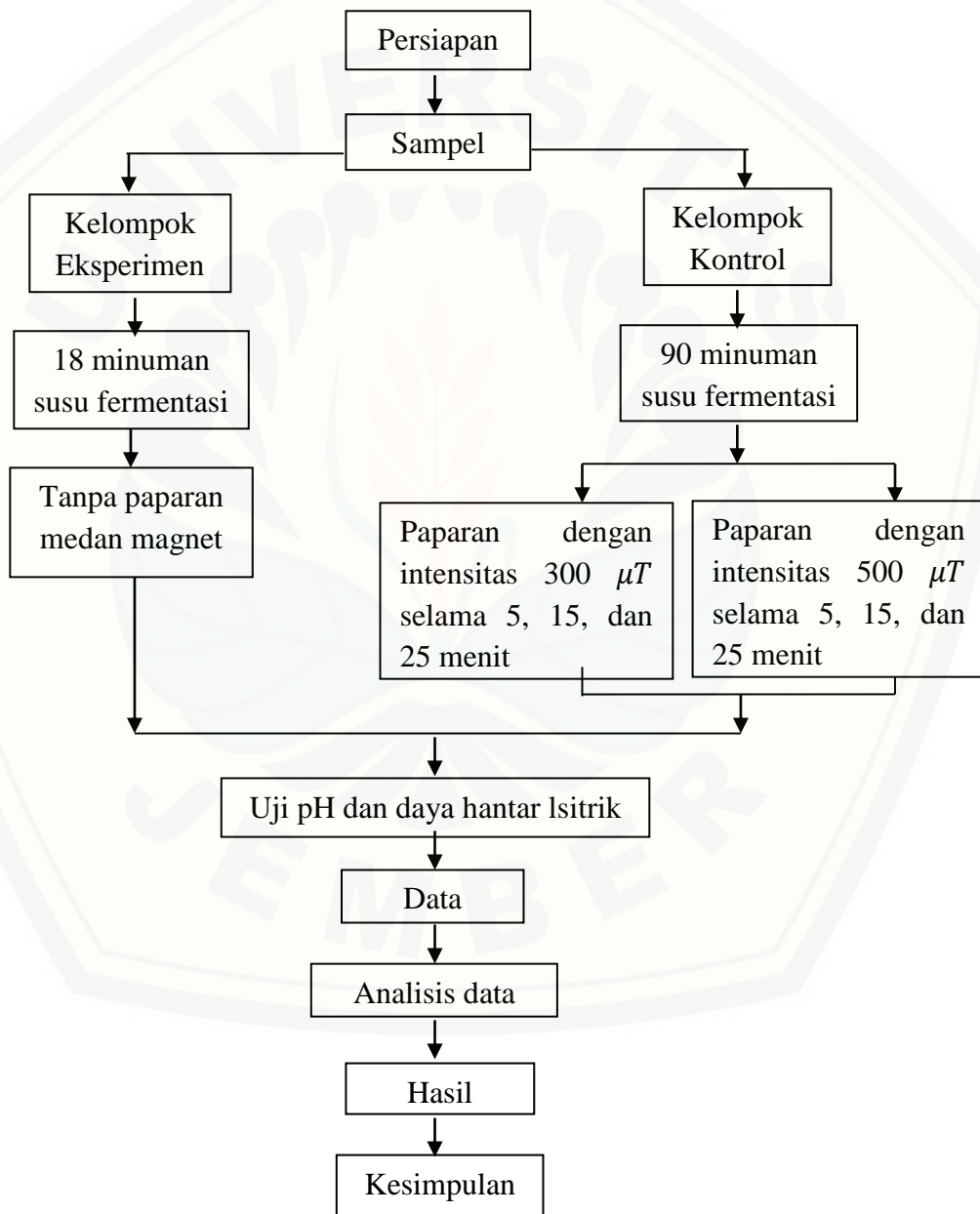
4. Mencatat nilai DHL yang ditunjukkan di layar conductivity meter. Setiap mengukur 1 sampel susu fermentasi dicatat nilai yang tertera di layar conductivity meter.

3.5.5 Bagan Prosedure Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Menyiapkan susu fermentasi sebanyak 108 sampel.
- b. Susu fermentasi dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol sebanyak 18 sampel, dan kelompok eksperimen sebanyak 90 sampel (kelompok eksperimen 1 (300 μ T) sebanyak 45 sampel, dan kelompok eksperimen 2 (500 μ T) sebanyak 45 sampel).
- c. Memberikan perlakuan, yaitu kelompok eksperimen dipapar dengan medan magnet ELF dan kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF.
- d. Memberikan paparan pada masing-masing kelompok yaitu pada kelompok eksperimen 300 μ T dan 500 μ T selama 5 menit, 15 menit, 25 menit.
- e. Setelah melewati proses pemaparan medan magnet ELF, pada sampel susu fermentasi dilakukan penyimpanan di kulkas.
- f. Pengambilan data nilai pH dan DHL dilakukan pada 15 hari sebelum masa kadaluarsa susu fermentasi untuk kelompok kontrol sebanyak 3 sampel.
- g. Pengambil data nilai pH dan DHL dilakukan pada 10 hari sebelum masa kadaluarsa susu fermentasi untuk kelompok control dan kelompok eksperimen sebanyak 3 sampel untuk masing-masing perlakuan secara acak.
- h. Pengambil data nilai pH dan DHL dilakukan pada 5 hari sebelum masa kadaluarsa susu fermentasi untuk kelompok control dan kelompok eksperimen sebanyak 3 sampel untuk masing-masing perlakuan secara acak.
- i. Pengambil data nilai pH dan DHL dilakukan pada saat masa kadaluarsa susu fermentasi untuk kelompok control dan kelompok eksperimen pada saat masa kadaluarsa sebanyak 3 sampel untuk masing-masing perlakuan secara acak.
- j. Pengambil data nilai pH dan DHL dilakukan pada 5 hari setelah masa kadaluarsa susu fermentasi untuk kelompok control dan kelompok eksperimen sebanyak 3 sampel untuk masing-masing perlakuan secara acak.

- k. Mengambil data nilai pH dan DHL dilakukan pada 10 hari setelah masa kadaluarsa susu fermentasi untuk kelompok control dan kelompok eksperimen sebanyak 3 sampel untuk masing-masing perlakuan secara acak.
- l. Melakukan analisa data.
- m. Membahas hasil analisa data.
- n. Menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 3.4 Bagan Prosedure Penelitian

3.6 Metode Analisis Data

3.6.1 Contoh Tabel Hasil Pengukuran

Tabel 3.1 Data hasil pengukuran pH susu fermentasi pada kelompok control dan kelompok eksperimen.

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke	pH	Rata-rata
H-10	Kontrol		S1	_____dst

	Eksperimen		S1	_____dst

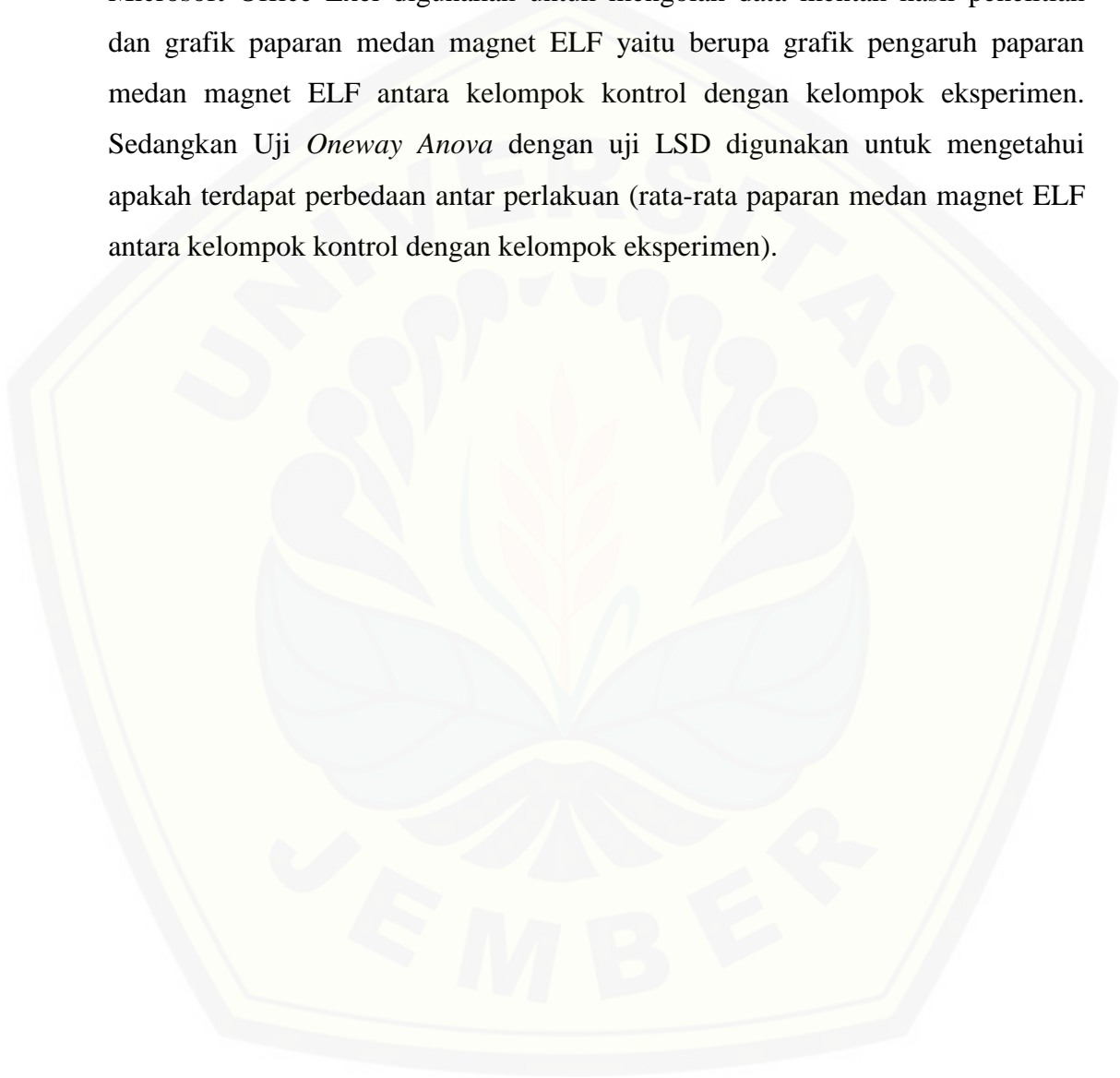
Tabel 3.2 Contoh tabel data hasil pengukuran DHL pada kelompok control dan kelompok eksperimen.

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke	pH	Rata-rata
H-10	Kontrol		S1	_____dst

	Eksperimen		S1	_____dst

3.6.2 Teknik Analisis Data

Analisa data dalam penelitian ini menggunakan bantuan software Microsoft Office Exel dan uji *Oneway Anova* dilanjutkan dengan uji LSD. Microsoft Office Exel digunakan untuk mengolah data mentah hasil penelitian dan grafik paparan medan magnet ELF yaitu berupa grafik pengaruh paparan medan magnet ELF antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen. Sedangkan Uji *Oneway Anova* dengan uji LSD digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar perlakuan (rata-rata paparan medan magnet ELF antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen).



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan di peroleh kesimpulan:

- a. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH susu fermentasi. Semakin besar intensitas medan magnet ELF dan lama paparan yang digunakan, maka nilai rata-rata pH susu fermentasi mengalami peningkatan. Jadi ada pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH susu fermentasi.
- b. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap DHL susu fermentasi. Semakin besar intensitas medan magnet ELF dan lama paparan yang digunakan, maka nilai rata-rata DHL susu fermentasi mengalami penurunan. Jadi ada pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap DHL susu fermentasi.
- c. Paparan medan magnet ELF mampu meningkatkan nilai pH susu fermentasi sehingga dapat memperpanjang masa kadaluarsa. Jadi ada pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap masa kadaluarsa susu fermentasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan di peroleh saran:

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut paparan medan magnet ELF terhadap kandungan gizi minuman susu fermentasi, mengingat paparan medan magnet ELF dimanfaatkan dalam berbagai bidang pangan.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh medan magnet ELF terhadap indikator lain pada susu fermentasi, seperti sifat fisik (kekentalan/viskositas, massa jenis), sifat kimia (warna, rasa), maupun sifat biologis (jumlah bakteri).
- c. Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh paparan medan magnet ELF dengan durasi atau lama paparan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani., 2009. Pengaruh Penggunaan Starter Bakteri Asam Laktat *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus fermentum* terhadap Total Bakteri Asam Laktat, Kadar Asam dan Nilai pH Dadih Susu Sapi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan* 8(6): 279-285
- Albert *et al.*, 2002. *Biologi Molekuler Sel*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka
- Al-Haddad, K.S.H. & Robinson, R.K. 2003. Survival of Salmonellae in bio-yoghurts. *Dairy Industries International*, 69(7): 16–18.
- Baafai, U. S. 2004. Sistem Tenaga Listrik: Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat. *Pidato Pengukuhan*. Sumatera Utara: PIDATO Disampaikan pada waktu Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2004. *SNI 06-6989.3-2004 "Cara Uji Daya Hantar Listrik (DHL)"*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Bird, Tony. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Casarotti, S.N., Monteiro, D.A., Moretti, M.M.S., Penna, A.L.B., 2014. *Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk*. *Food Res Intern*, 59:67-75
- Codex Alimentarius Commission. 2004. *CAC/RCP 57-2004 : Code Of Hygienic Practice For Milk And Milk Products*. FAO and WHO: Rome.
- Daulay, Djundjung. 1990. *Fermentasi Keju*. Bogor: Pust antar Universitas Pangan dan Gii Institut Pertanian Bogor
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Fadliwdt. 2007. *Menelisik Minuman Isotonik*. [online]. <http://blog.its.ac.id/fadliwdt/2007/08/20/menelisik-minuman-isotonik>. Diakses tanggal [19 Maret 2017].
- Gaafar, hanafy, Tohamay & Ibrahim. 2006. Stimulation and Control of E. Coli by Using an Extremely Low Frequency Magnetic Field. *Romanian J. Biophysic*, 16 (4):283-296

- Gandjar, I. G. & Rohman, A. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Garip, Aksu, Akan, Akakin, Ozayn & San. 2011. Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Growth Rate and Morphology of Bacteria. *Int. J. Radiat. Biol*, 8 (1) 1-8.
- Gelais, Daniel St, Claude P, Champagne, Florant Erepmoc, dan Pierre Audet. 1995. The USse of Electrical Conductivity to Follow Acidification of Dairy Blends. *INT Daity Journal* 5(1995) 427-438
- Guenther, B. D. 2015. *Modern Optics: Second Edition*. Duke University, United States of America: Oxford University Press.
- Hadi, R. Dan S. Fardiaz. 1990. Bakteri Asam Laktat dan Peranannya dalam Pengawetan Makanan. *Media Teknoogil Pangan* Vol. 4(1):73-79
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). 2010. *ICNRIP Guidelines for limiting Exposure To Time-Varying Electric And Magnetic Fields (1 Hz–100 KHz)*. *Health Physics*, 99(6): 818-836
- Khotimah, K. & Kusnadi, J. 2014. Aktivitas Antibakteri Minuman Probiotik Sari Kurma (*Phoenix dactilyfera* L.) Menggunakan *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus casei*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2 (3):110-120
- Kordi dan Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Peairan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Kosikowski, F., 1982. *Cheese and Fermented Milk Food*. F.V. kosikowski Associates Brooktondale. NY.
- Kristinan. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF(Extremely Low Frequency) 300 μ T dan 500 μ T terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 4 (1):1-8
- Kristinawati, Andika. 2015. “Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH dan Kadar Air Pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember
- Lahtinen, O., Salminen & Wright. 2012. *Lactic Acid Bacteria*. New York: CRC Press
- Legowo, A.M. 2002. *Sifat Kimiawi, Fisik, dan Mikrobiologi Susu*. Semarang: Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro

- Ma'rufiyanti, Putri. 2014. "Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300 μ T dan 500 μ T terhadap Perubahan Kadar Vitamin C dan Derajat Keasaman (pH) pada Buah Tomat". Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Malaka, R. 2010. Pengantar Teknologi Susu. Masagena Press: Makassar.
- Manab, Abdul. 2008. *Physical Properties of Yogurt During Storage 4° C*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak. Vol.3, No. 1:52-58
- Massa, S., Altieri, V. & Quaranta de Pace, R. .1997. Survival of *Escherichia coli* 0157: H7 in yoghurt during preparation and storage at 4°C. *Letters in Applied Microbiology*, 24: 347–350.
- Muchetti, Germano, Monica Gatti, dan Erasmi Neviani. 1994. Electrical Conductivity Changes in Milk Caused by Acidification: Determining Factor. *J Dairy Sci* 77:940-944.
- Muchtaruddin, M. 1998. *Dampak medan elektromagnetik terhadap kesehatan majalah kedokteran indonesia*. 48:7-264
- Notoatmodjo. 2005. *Pendidikan dan Perilaku Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Nugroho, Afri. 2009. Pengaruh Perubahan Konfigurasi Saluran Jaringan SUTET 500 kV terhadap Medan Magnet. *Ijurnal*. VOL. 2, No. 1:9-17
- Ostan, Mihalea, I. Gogoasa¹, Olga-Alina Rada¹, B. Baul¹, Mihaela Fericean¹, Mihalea Cazacu¹, Mihalea Petcu¹, Luliana Cretescu. 2015. The Effect Of Boiling On The pH, Electrical Conductivity And Lactose Content Of Cow Milk. *Journal of Agricultural Science*, 47 (2), 2015
- Parameswari, A., Kuntari, S. dan Herawati. 2011. Daya Hambat Probiotik terhadap Pertumbuhan *Streptococcus mutans* [online]. <http://journal.unair.ac.id/filerPDF/Amandita%20Parameswari%20E-Journal.pdf>. Diakses tanggal [19 Maret 2017]
- Prastyharasti, L. & Zubaidah, E. 2014. Evaluasi pertumbuhan *Lactobacillus casei* dalam medium susu skim yang disubstitusi tepung beras merah. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2 (4):285-296
- Purnomo, H. 2010. Pengaruh Keasaman Buah Jeruk Terhadap Konduktivitas Listrik. *ORBITH* 6 (2) :276-281.
- Rahman A., S. Fardiaz, W.P. Rahayu, Suliantari dan C.C. Nurwitri. 1992. Teknologi Fermentasi Susu. PAU IPB, Bogor

- Rahmatullah, H. 2009. Pengaruh Gelombang Elektromagnet Frekuensi Ekstrim Rendah terhadap kadar Trigliserida Tikus Putih. *Skripsi*. Solo: Universitas Sebelas Maret.
- Ras,P.T.P, dkk. *Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Oleh Telepon Selular*. Jaya pura: Universitas Tanjungpura
- Rai, C. 1996. *Fundamental Food Microbiology*. CRC Press. New York
- Rian. Tanpa Tahun. *LUTRON EMF 827 Electromagnetic Teste* [Online]. <http://mitralaser.indonetnetwork.co.id/3368048>. [19 Maret 2017]
- Robinson R.K. and Itsaranuwat. P. 2006. *Properties of Yoghurt and their Appraisal*, Blackwell Science Ltd, 4: 76-94.
- Rohma, A., Sumardi, Ernawati, E. dan Agustrina, R. 2013. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Aktivitas Enzim α -Amilase Pada Kecambah Kacang Merah Dan Kacang Buncis Hitam (*Phaseolus vulgaris*L.). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi V. Lembaga Penelitian Universitas Lampung*: 344-352
- 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 Apek (*Mallus Sylvestris* Mill) Secara Non-Termal Berbasis Teknologi Oscillating Magnetizing Field (OMF). *Jurnal Teknologi Pertanian* 13 (2):78-87.
- Sarwate, V.V. 1993.*Electromagnetic Fields And Waves*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Shah, N.P. 2000. Probiotic Bacteria :Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods. *Dairy Science. J. 5* : 515—521.
- Simanjuntak, Rosnawya. 2010. Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat untuk Menghasilkan Pangan. *Buletin Kebutuhan Pangan* 3 (2):43-49
- Sinko, P. J. 2012. *Martin Farmasi Fisika dan Ilmu Farmasetika*. Terjemahan oleh Joshinta Djajadisastra dan Amalia H. Hadinata. Jakarta: EGC.
- Standar Nasional Indonesia, 2009. Pengertian dan Syarat Mutu Susu Fermentasi. No.01-7552-2009. Badan Standarisasi Nasional.

- 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, dan Helianti, D. 2005. *The Effect Of Alteration Il-10 To The Immuno Modulation Response On Bul/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20 μ T*. *Saintifika*, 6 (1): 36-44.
- Sudarti. 2002a. Pengaruh Paparan Medan Elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF) Terhadap Morfologi Spermatozoa Tikus Putih. *Saintifika*. Vol 3. No. 2.
- Sudarti. 2010. Mekanisme Peningkatan Kalsium Sel Germinal pada Mencit Balb/C yang Dipapar Medan Magnet ELF 100-150 μ T. Jember: Universitas Jember.
- Sutrisno dan Gie, T.I. 1979. *Fisika Dasar 1: Listrik Magnet dan Termodinamika*. Bandung: ITB
- Swerdlow, A.J. 2006. *Power Frequency Electromagnetic Fields, Melatonin, And The Risk of Breast Cancer (Report Of an Independent Advisory Group on NonIonising Radiation)*. Series B: Radiation, Chemical and Environmental Hazards. United Kingdom: Health Protection Agency
- Tannock, G.W. 1999b. The intestinal microflora. In “Probiotics A Critical Review”. Pp. 5-14
- Tipler, P.A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik (edisi ketiga)*. Jakarta: PT Erlangga
- World Health Organization (WHO). 2007. *Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press
- Wulandari, Kiki. 2015. “Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T terhadap Jumlah Bakteri *Lactobacillus casei* dan pH pada Proses Pembuatan Susu Fermentasi”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember
- Yang, R, *et al.* 2010. Determining the genetic diversity of lactobacilli from the oral cavity. *J. Microbiol. Methods* 82 (2):163-169
- Young, Hugh D. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Fransisco : Pearson Education, Inc

LAMPIRAN A. MATRIK PENELITIAN

MATRIKS PENELITIAN

Judul	Rumusan Masalah	Variabel	Sumber Data	Metode Penelitian
<p>Pengaruh Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarsa</p>	<p>a. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH minuman susu fermentasi?</p> <p>b. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap Daya Hantar Listrik minuman susu fermentasi?</p> <p>c. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap masa kadaluarsa minuman susu fermentasi?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Variabel bebas: Lama paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 300 μT dan 500 μT selama 5 menit, 15 menit, dan 25 menit. • Variabel kontrol: Susu fermentasi • Variabel terikat: pH dan DHL 	<p>Data hasil eksperimen</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis penelitian : Eksperimen Laboratorium 2. Tempat penelitian: Laboratorium Fisika Lanjut FKIP UNEJ dan Laboratorium Biokimia FMIPA UNEJ 3. Data yang diambil: pH dan DHL pada susu fermentasi 4. Analisis data: Menggunakan bantuan software Microsoft Office Exel dan uji Oneway Anova.

LAMPIRAN B. SURAT IJIN PENELITIAN

1. Surat ijin penelitian di laboratorium lanjut Pendidikan Fisika FKIP UNEJ



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Buntu Tegalloto Jember 68121
Telepon : 0331-334988, 330738 Fax : 0331-334988
Laman : www.fkip.unej.ac.id

06 JUN 2017

Nomor : 3987 /UN.25.1.5/LT/2017
Lampiran :-
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Ketua Laboratorium Biokimia
FMIPA Universitas Jember
di
Jember

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

Nama : Safda Ridawati
NIM : 130210102001
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarasa" di Laboratorium yang Saudara Pimpin.

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

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.



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

LAMPIRAN C. DATA HASIL PENELITIAN**C.1 Data Hasil Penelitian pH H-15**

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	pH
H-15	Kontrol		S1	3,80
				3,81
				3,81
				3,81
			S2	3,82
				3,80
				3,80
				3,80
			S3	3,83
				3,82
				3,82
				3,80

C.2 Data Hasil Penelitian pH H-10

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	pH
H-10	Kontrol		S1	3,84
				3,84
				3,84
				3,84
			S2	3,85
				3,85
				3,86
				3,86
			S3	3,87
				3,86
				3,85
				3,85
	Eksperimen 300 μT	5 menit	S1	3,93
				3,93
				3,93
				3,95
			S2	3,94
				3,94
				3,94
				3,94
S3	3,91			
	3,93			
	3,93			
	3,93			

	Eksperimen $300 \mu T$	15 menit	S1	3,93
				3,93
				3,93
				3,93
			S2	3,93
				3,93
				3,94
				3,94
	S3	3,94		
		3,94		
		3,94		
		3,94		
	Eksperimen $300 \mu T$	25 menit	S1	3,97
				3,97
				3,96
				3,96
S2			3,98	
			3,98	
			3,97	
			3,97	
S3			3,96	
			3,97	
			3,97	
			3,97	
Eksperimen $500 \mu T$	5 menit	S1	3,91	
			3,92	
			3,91	
			3,91	
		S2	3,92	
			3,92	
			3,92	
			3,92	
		S3	3,88	
			3,90	
			3,90	
			3,90	
Eksperimen $500 \mu T$	15 menit	S1	3,95	
			3,95	
			3,94	
			3,95	
		S2	3,94	
			3,94	
			3,94	
			3,92	
		S3	3,95	
			3,95	
			3,95	
			3,95	

	Eksperimen 500 μT	25 menit	S1	3,97
				3,97
				3,96
				3,96
			S2	3,95
				3,97
				3,97
				3,97
			S3	3,87
				3,97
				3,97
				3,96

C.3 Data Hasil Penelitian pH H-5

Pengukuran Ke- H-5	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	pH
	Kontrol		S1	3,90
				3,90
				3,90
				3,90
			S2	3,91
				3,91
				3,91
				3,91
			S3	3,90
				3,90
				3,89
				3,89
	Eksperimen 300 μT	5 menit	S1	4,00
				4,00
				4,00
				4,00
S2			4,02	
			4,02	
			4,02	
			4,02	
S3			4,00	
			4,00	
			4,00	
			4,00	
Eksperimen 300 μT	15 menit	S1	4,06	
			4,06	
			4,04	
			4,04	

				4,04
			S2	4,04
				4,04
				4,04
				4,04
			S3	4,04
				4,04
				4,04
				4,05
	Eksperimen $300 \mu T$	25 menit	S1	4,03
				4,03
				4,03
				4,03
			S2	4,04
				4,05
				4,06
				4,06
			S3	4,06
				4,06
				4,07
				4,07
	Eksperimen $500 \mu T$	5 menit	S1	4,03
				4,04
				4,04
				4,04
			S2	4,04
				4,04
				4,04
				4,04
			S3	4,06
				4,06
				4,04
				4,04
	Eksperimen $500 \mu T$	15 menit	S1	4,04
				4,04
				4,04
				4,04
			S2	4,06
				4,06
				4,05
				4,05
			S3	4,06
				4,04
				4,04

				4,04
	Eksperimen 500 μT	25 menit	S1	4,05
				4,05
				4,05
				4,05
			S2	4,06
				4,06
				4,06
				4,06
			S3	4,05
				4,06
				4,06
				4,06

C.4 Data Hasil Penelitian pH H0

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	pH
H0	Kontrol		S1	3,80
				3,80
				3,81
				3,81
			S2	3,82
				3,82
				3,82
				3,81
			S3	3,81
				3,81
				3,81
				3,81
	Eksperimen 300 μT	5 menit	S1	3,77
				3,77
				3,77
				3,76
S2			3,78	
			3,78	
			3,77	
			3,78	
S3			3,79	
			3,80	
			3,80	
			3,82	
Eksperimen 300 μT	15 menit	S1	3,82	
			3,82	
			3,80	
			3,80	
		S2	3,79	

				3,79
				3,79
				3,79
			S3	3,80
				3,80
				3,80
				3,80
	Eksperimen 300 μT	25 menit	S1	3,85
				3,85
				3,85
				3,86
			S2	3,86
				3,86
				3,86
				3,86
			S3	3,86
				3,84
				3,84
				3,84
	Eksperimen 500 μT	5 menit	S1	3,99
				3,99
				3,99
				3,99
			S2	3,97
				3,97
				3,96
				3,96
			S3	3,99
				3,99
				3,99
				3,98
	Eksperimen 500 μT	15 menit	S1	4,00
				4,00
				4,00
				4,00
			S2	4,01
				4,01
				4,01
				4,01
			S3	4,00
				4,00
				4,00
				4,00
	Eksperimen 500 μT	25 menit	S1	3,99
				3,99
				3,99
				3,97
			S2	4,02

				4,02
				4,07
				4,07
			S3	4,00
				4,01
				4,01
				4,01

C.5 Data Hasil Penelitian pH H+5

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	pH
H+5	Kontrol		S1	3,88
				3,88
				3,89
				3,89
			S2	3,85
				3,85
				3,85
				3,84
			S3	3,88
				3,86
				3,86
				3,86
	Eksperimen 300 μT	5 menit	S1	3,83
				3,83
				3,83
				3,85
			S2	3,86
				3,85
				3,85
				3,85
			S3	3,82
				3,83
				3,80
				3,80
Eksperimen 300 μT	15 menit	S1	3,85	
			3,85	
			3,84	
			3,84	
		S2	3,87	
			3,87	
			3,87	
			3,88	
		S3	3,86	
			3,86	
			3,88	
			3,86	
		25 menit	S1	3,92

	Eksperimen 300 μT			3,92
				3,92
				3,92
				3,92
			S2	3,92
				3,91
				3,91
				3,91
	S3	3,92		
		3,92		
		3,92		
		3,92		
	Eksperimen 500 μT	5 menit	S1	3,91
				3,91
				3,91
				3,91
S2			3,90	
			3,90	
			3,90	
			3,90	
S3			3,90	
			3,90	
			3,90	
			3,90	
Eksperimen 500 μT	15 menit	S1	3,90	
			3,90	
			3,90	
			3,90	
		S2	3,92	
			3,92	
			3,92	
			3,92	
		S3	3,91	
			3,91	
			3,91	
			3,91	
Eksperimen 500 μT	25 menit	S1	3,91	
			3,92	
			3,92	
			3,92	
		S2	3,90	
			3,92	
			3,92	
			3,92	
		S3	3,92	
			3,92	
			3,92	
			3,92	

C.6 Data Hasil Penelitian pH H+10

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	pH
H+10	Kontrol		S1	4,01
				4,01
				4,01
				4,01
			S2	4,02
				4,02
				4,02
				4,02
			S3	4,04
				4,04
				4,01
				4,01
	Eksperimen 300 μT	5 menit	S1	3,90
				3,91
				3,91
				3,91
			S2	3,91
				3,91
				3,91
				3,91
S3			3,92	
			3,91	
			3,91	
			3,91	
Eksperimen 300 μT	15 menit	S1	3,92	
			3,92	
			3,92	
			3,92	
		S2	3,92	
			3,93	
			3,93	
			3,93	
		S3	3,93	
			3,93	
			3,93	
			3,93	
Eksperimen 300 μT	25 menit	S1	3,95	
			3,95	
			3,95	
			3,95	
		S2	3,93	
			3,93	
			3,93	
			3,94	
		S3	3,94	
			3,94	
			3,94	
			3,94	

				3,94
				3,94
				3,95
	Eksperimen $500 \mu T$	5 menit	S1	4,06
				4,06
				4,05
				4,06
			S2	4,04
				4,04
				4,04
				4,04
			S3	4,07
				4,07
				4,07
				4,06
	Eksperimen $500 \mu T$	15 menit	S1	4,09
				4,09
				4,09
				4,09
			S2	4,08
				4,08
				4,08
				4,05
			S3	4,08
				4,08
				4,08
				4,08
	Eksperimen $500 \mu T$	25 menit	S1	4,12
				4,12
				4,12
				4,12
			S2	4,10
				4,09
				4,09
				4,09
			S3	4,10
				4,10
				4,10
				4,10

C.7 Data Hasil Penelitian DHL H-15

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	DHL
H-15	Kontrol		S1	0,547
				0,547
				0,547
				0,547
			S2	0,551
				0,551
				0,551
				0,550
			S3	0,552
				0,550
				0,550
				0,550

C.8 Data Hasil Penelitian DHL H-10

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	DHL	
H-10	Kontrol		S1	0,533	
				0,533	
				0,533	
				0,532	
			S2	0,532	
				0,533	
				0,533	
				0,533	
			S3	0,532	
				0,532	
				0,533	
				0,533	
	Eksperimen $300 \mu T$	5 menit		S1	0,509
					0,508
					0,509
					0,509
				S2	0,512
					0,512
		0,510			
		0,510			
		S3	0,510		
			0,510		
			0,510		
			0,510		
0,510					
0,510					
Eksperimen $300 \mu T$	15 menit		S1	0,505	
				0,505	
				0,505	
				0,505	
			S2	0,507	
				0,507	

				0,507
				0,507
				0,507
			S3	0,500
				0,500
				0,500
				0,500
	Eksperimen $300 \mu T$	25 menit	S1	0,532
				0,531
				0,530
				0,530
			S2	0,520
				0,520
				0,520
				0,519
			S3	0,526
				0,527
				0,527
				0,527
	Eksperimen $500 \mu T$	5 menit	S1	0,570
				0,569
				0,569
				0,569
			S2	0,565
				0,568
				0,568
				0,568
			S3	0,569
				0,568
				0,568
				0,568
	Eksperimen $500 \mu T$	15 menit	S1	0,555
				0,555
				0,553
				0,553
			S2	0,554
				0,554
				0,554
				0,552
			S3	0,554
				0,554
				0,553
				0,552
	Eksperimen $500 \mu T$	25 menit	S1	0,544
				0,544
				0,544
				0,544
			S2	0,543

				0,543
				0,543
				0,543
			S3	0,546
				0,546
				0,546
				0,546

C.9 Data Hasil Penelitian DHL H-5

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	DHL
H-5	Kontrol		S1	0,520
				0,520
				0,520
				0,520
			S2	0,521
				0,521
				0,521
				0,521
			S3	0,520
				0,520
				0,520
				0,520
	Eksperimen $300 \mu T$	5 menit	S1	0,532
				0,532
				0,531
				0,530
			S2	0,520
				0,520
		0,520		
		0,520		
S3		0,517		
		0,517		
		0,517		
		0,516		
	Eksperimen $300 \mu T$	15 menit	S1	0,510
				0,512
0,513				
0,513				
S2			0,514	
			0,514	
		0,515		
		0,515		
S3		0,514		
		0,514		
		0,514		
		0,514		

	Eksperimen $300 \mu T$	25 menit	S1	0,532
				0,532
				0,531
				0,530
			S2	0,520
				0,520
				0,520
				0,520
			S3	0,517
				0,517
				0,517
				0,516
	Eksperimen $500 \mu T$	5 menit	S1	0,515
				0,515
				0,516
				0,516
S2			0,518	
			0,520	
			0,520	
			0,520	
S3			0,518	
			0,518	
			0,518	
			0,518	
Eksperimen $500 \mu T$	15 menit	S1	0,515	
			0,515	
			0,515	
			0,515	
		S2	0,513	
			0,512	
			0,512	
			0,512	
		S3	0,512	
			0,512	
			0,512	
			0,512	
Eksperimen $500 \mu T$	25 menit	S1	0,497	
			0,497	
			0,497	
			0,497	
		S2	0,497	
			0,497	
			0,496	
			0,496	
		S3	0,498	
			0,497	
			0,497	
			0,497	

C.10 Data Hasil Penelitian DHL H0

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	DHL
H0	Kontrol		S1	0,501
				0,501
				0,501
				0,501
			S2	0,502
				0,502
				0,501
				0,500
			S3	0,500
				0,500
				0,500
				0,500
	Eksperimen 300 μT	5 menit	S1	0,533
				0,533
				0,533
				0,533
			S2	0,535
				0,534
				0,534
				0,534
			S3	0,534
				0,534
				0,534
				0,534
	Eksperimen 300 μT	15 menit	S1	0,520
				0,522
				0,523
				0,523
S2			0,524	
			0,524	
			0,525	
			0,525	
S3			0,524	
			0,524	
			0,524	
			0,521	
Eksperimen 300 μT	25 menit	S1	0,524	
			0,524	
			0,524	
			0,523	
		S2	0,522	
			0,522	
			0,522	
			0,522	
		S3	0,520	
			0,520	
			0,520	
			0,520	

				0,520	
				0,520	
	Eksperimen $500 \mu T$	5 menit	S1	0,496	
				0,496	
				0,495	
				0,495	
			S2		0,493
					0,493
					0,493
					0,493
			S3		0,493
					0,493
					0,493
					0,493
	Eksperimen $500 \mu T$	15 menit	S1	0,495	
				0,495	
				0,495	
				0,495	
			S2		0,490
					0,490
					0,490
					0,490
			S3		0,490
					0,490
					0,490
					0,490
	Eksperimen $500 \mu T$	25 menit	S1	0,485	
				0,485	
				0,480	
				0,480	
			S2		0,490
					0,490
					0,490
					0,490
			S3		0,489
					0,489
					0,489
					0,489

C.11 Data Hasil Penelitian DHL H+5

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	DHL
H+5	Kontrol		S1	0,581
				0,581
				0,581
				0,581
			S2	0,580

				0,580
				0,579
				0,579
			S3	0,580
				0,580
				0,580
				0,580
	Eksperimen 300 μT	5 menit	S1	0,648
				0,648
				0,650
				0,650
			S2	0,652
				0,652
				0,652
				0,652
			S3	0,652
				0,651
				0,651
				0,651
	Eksperimen 300 μT	15 menit	S1	0,640
				0,642
				0,642
				0,642
			S2	0,644
				0,644
				0,644
				0,643
			S3	0,646
				0,646
				0,646
				0,646
	Eksperimen 300 μT	25 menit	S1	0,640
				0,640
				0,640
				0,640
			S2	0,637
				0,637
				0,638
				0,638
			S3	0,637
				0,636
				0,636
				0,636
	Eksperimen 500 μT	5 menit	S1	0,639
				0,638
				0,638
				0,639
			S2	0,642

				0,641
				0,641
				0,641
			S3	0,640
				0,640
				0,641
				0,641
	Eksperimen 500 μT	15 menit	S1	0,640
				0,640
				0,640
				0,640
			S2	0,637
				0,637
				0,638
				0,638
			S3	0,637
				0,636
				0,636
				0,636
	Eksperimen 500 μT	25 menit	S1	0,640
				0,640
				0,640
				0,640
			S2	0,637
				0,637
				0,638
				0,638
			S3	0,637
				0,636
				0,636
				0,636

C.12 Data Hasil Penelitian DHL H+10

Pengukuran Ke-	Kelas	Lama Paparan	Sampel Ke-	DHL
H+10	Kontrol		S1	0,564
				0,564
				0,564
				0,564
			S2	0,565
				0,564
				0,563
				0,563
			S3	0,562
				0,562
				0,562
				0,562

	Eksperimen $300 \mu T$	5 menit	S1	0,641
				0,641
				0,641
				0,641
			S2	0,641
				0,641
				0,642
				0,642
	S3	0,640		
		0,643		
		0,643		
		0,640		
	Eksperimen $300 \mu T$	15 menit	S1	0,614
				0,614
				0,614
				0,614
S2			0,613	
			0,613	
			0,610	
			0,610	
S3	0,615			
	0,615			
	0,613			
	0,613			
Eksperimen $300 \mu T$	25 menit	S1	0,639	
			0,639	
			0,640	
			0,640	
		S2	0,642	
			0,642	
			0,642	
			0,640	
S3	0,640			
	0,640			
	0,640			
	0,640			
Eksperimen $500 \mu T$	5 menit	S1	0,566	
			0,567	
			0,567	
			0,567	
		S2	0,567	
			0,567	
			0,567	
			0,567	
S3	0,568			
	0,568			
	0,568			
	0,568			

	Eksperimen $500 \mu T$	15 menit	S1	0,550
				0,552
				0,552
				0,552
			S2	0,553
				0,553
				0,553
				0,553
			S3	0,550
				0,550
				0,550
				0,550
	Eksperimen $500 \mu T$	25 menit	S1	0,542
				0,542
				0,543
				0,543
S2	0,544			
	0,544			
	0,544			
	0,542			
S3	0,544			
	0,544			
	0,544			
	0,544			

LAMPIRAN D. DATA HASIL SPSS

D.1 Hasil pH H-10

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	3,8508	,00996	,00288	3,8445	3,8572	3,84	3,87
E1 (5')	12	3,9333	,00985	,00284	3,9271	3,9396	3,91	3,95
E1 (15')	12	3,9692	,00669	,00193	3,9649	3,9734	3,96	3,98
E1 (25')	12	3,9350	,00522	,00151	3,9317	3,9383	3,93	3,94
E2 (5')	12	3,9442	,00900	,00260	3,9384	3,9499	3,92	3,95
E2 (15')	12	3,9658	,00669	,00193	3,9616	3,9701	3,95	3,97
E2 (25')	12	3,9092	,01240	,00358	3,9013	3,9170	3,88	3,92
Total	84	3,9296	,03851	,00420	3,9213	3,9380	3,84	3,98

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,117	6	,020	249,349	,000
Within Groups	,006	77	,000		
Total	,123	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	-,08250*	,00361	,000	-,0897	-,0753
	E1 (15')	-,11833*	,00361	,000	-,1255	-,1111
	E1 (25')	-,08417*	,00361	,000	-,0914	-,0770
	E2 (5')	-,09333*	,00361	,000	-,1005	-,0861
	E2 (15')	-,11500*	,00361	,000	-,1222	-,1078
	E2 (25')	-,05833*	,00361	,000	-,0655	-,0511
E1 (5')	Kontrol	,08250*	,00361	,000	,0753	,0897
	E1 (15')	-,03583*	,00361	,000	-,0430	-,0286
	E1 (25')	-,00167	,00361	,646	-,0089	,0055
	E2 (5')	-,01083*	,00361	,004	-,0180	-,0036
	E2 (15')	-,03250*	,00361	,000	-,0397	-,0253
	E2 (25')	,02417*	,00361	,000	,0170	,0314
E1 (15')	Kontrol	,11833*	,00361	,000	,1111	,1255
	E1 (5')	,03583*	,00361	,000	,0286	,0430
	E1 (25')	,03417*	,00361	,000	,0270	,0414
	E2 (5')	,02500*	,00361	,000	,0178	,0322
	E2 (15')	,00333	,00361	,359	-,0039	,0105
	E2 (25')	,06000*	,00361	,000	,0528	,0672
E1 (25')	Kontrol	,08417*	,00361	,000	,0770	,0914
	E1 (5')	,00167	,00361	,646	-,0055	,0089
	E1 (15')	-,03417*	,00361	,000	-,0414	-,0270
	E2 (5')	-,00917*	,00361	,013	-,0164	-,0020
	E2 (15')	-,03083*	,00361	,000	-,0380	-,0236
	E2 (25')	,02583*	,00361	,000	,0186	,0330
E2 (5')	Kontrol	,09333*	,00361	,000	,0861	,1005
	E1 (5')	,01083*	,00361	,004	,0036	,0180
	E1 (15')	-,02500*	,00361	,000	-,0322	-,0178
	E1 (25')	,00917*	,00361	,013	,0020	,0164
	E2 (15')	-,02167*	,00361	,000	-,0289	-,0145
	E2 (25')	,03500*	,00361	,000	,0278	,0422
E2 (15')	Kontrol	,11500*	,00361	,000	,1078	,1222
	E1 (5')	,03250*	,00361	,000	,0253	,0397
	E1 (15')	-,00333	,00361	,359	-,0105	,0039
	E1 (25')	,03083*	,00361	,000	,0236	,0380
	E2 (5')	,02167*	,00361	,000	,0145	,0289
	E2 (25')	,05667*	,00361	,000	,0495	,0639
E2 (25')	Kontrol	,05833*	,00361	,000	,0511	,0655
	E1 (5')	-,02417*	,00361	,000	-,0314	-,0170
	E1 (15')	-,06000*	,00361	,000	-,0672	-,0528
	E1 (25')	-,02583*	,00361	,000	-,0330	-,0186
	E2 (5')	-,03500*	,00361	,000	-,0422	-,0278
	E2 (15')	-,05667*	,00361	,000	-,0639	-,0495

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.2 Hasil pH H-5

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	3,9017	,00718	,00207	3,8971	3,9062	3,89	3,91
E1 (5')	12	4,0492	,01621	,00468	4,0389	4,0595	4,03	4,07
E1 (15')	12	4,0442	,00793	,00229	4,0391	4,0492	4,04	4,06
E1 (25')	12	4,0067	,00985	,00284	4,0004	4,0129	4,00	4,02
E2 (5')	12	4,0042	,00515	,00149	4,0009	4,0074	4,00	4,01
E2 (15')	12	4,0125	,03049	,00880	3,9931	4,0319	3,97	4,07
E2 (25')	12	3,9808	,01240	,00358	3,9730	3,9887	3,96	3,99
Total	84	3,9999	,04821	,00526	3,9894	4,0103	3,89	4,07

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,175	6	,029	129,235	,000
Within Groups	,017	77	,000		
Total	,193	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	-,14750*	,00614	,000	-,1597	-,1353
	E1 (15')	-,14250*	,00614	,000	-,1547	-,1303
	E1 (25')	-,10500*	,00614	,000	-,1172	-,0928
	E2 (5')	-,10250*	,00614	,000	-,1147	-,0903
	E2 (15')	-,11083*	,00614	,000	-,1231	-,0986
	E2 (25')	-,07917*	,00614	,000	-,0914	-,0669
E1 (5')	Kontrol	,14750*	,00614	,000	,1353	,1597
	E1 (15')	,00500	,00614	,418	-,0072	,0172
	E1 (25')	,04250*	,00614	,000	,0303	,0547
	E2 (5')	,04500*	,00614	,000	,0328	,0572
	E2 (15')	,03667*	,00614	,000	,0244	,0489
	E2 (25')	,06833*	,00614	,000	,0561	,0806
E1 (15')	Kontrol	,14250*	,00614	,000	,1303	,1547
	E1 (5')	-,00500	,00614	,418	-,0172	,0072
	E1 (25')	,03750*	,00614	,000	,0253	,0497
	E2 (5')	,04000*	,00614	,000	,0278	,0522
	E2 (15')	,03167*	,00614	,000	,0194	,0439
	E2 (25')	,06333*	,00614	,000	,0511	,0756
E1 (25')	Kontrol	,10500*	,00614	,000	,0928	,1172
	E1 (5')	-,04250*	,00614	,000	-,0547	-,0303
	E1 (15')	-,03750*	,00614	,000	-,0497	-,0253
	E2 (5')	,00250	,00614	,685	-,0097	,0147
	E2 (15')	-,00583	,00614	,345	-,0181	,0064
	E2 (25')	,02583*	,00614	,000	,0136	,0381
E2 (5')	Kontrol	,10250*	,00614	,000	,0903	,1147
	E1 (5')	-,04500*	,00614	,000	-,0572	-,0328
	E1 (15')	-,04000*	,00614	,000	-,0522	-,0278
	E1 (25')	-,00250	,00614	,685	-,0147	,0097
	E2 (15')	-,00833	,00614	,179	-,0206	,0039
	E2 (25')	,02333*	,00614	,000	,0111	,0356
E2 (15')	Kontrol	,11083*	,00614	,000	,0986	,1231
	E1 (5')	-,03667*	,00614	,000	-,0489	-,0244
	E1 (15')	-,03167*	,00614	,000	-,0439	-,0194
	E1 (25')	,00583	,00614	,345	-,0064	,0181
	E2 (5')	,00833	,00614	,179	-,0039	,0206
	E2 (25')	,03167*	,00614	,000	,0194	,0439
E2 (25')	Kontrol	,07917*	,00614	,000	,0669	,0914
	E1 (5')	-,06833*	,00614	,000	-,0806	-,0561
	E1 (15')	-,06333*	,00614	,000	-,0756	-,0511
	E1 (25')	-,02583*	,00614	,000	-,0381	-,0136
	E2 (5')	-,02333*	,00614	,000	-,0356	-,0111
	E2 (15')	-,03167*	,00614	,000	-,0439	-,0194

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.3 Hasil pH H0

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	3,8108	,01084	,00313	3,8039	3,8177	3,80	3,83
E1 (5')	12	3,7825	,01712	,00494	3,7716	3,7934	3,76	3,82
E1 (15')	12	3,8000	,01044	,00302	3,7934	3,8066	3,79	3,82
E1 (25')	12	3,8525	,00866	,00250	3,8470	3,8580	3,84	3,86
E2 (5')	12	4,0558	,00515	,00149	4,0526	4,0591	4,05	4,06
E2 (15')	12	4,0425	,00866	,00250	4,0370	4,0480	4,03	4,06
E2 (25')	12	4,0467	,00888	,00256	4,0410	4,0523	4,04	4,06
Total	84	3,9130	,12003	,01310	3,8869	3,9390	3,76	4,06

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,187	6	,198	1787,229	,000
Within Groups	,009	77	,000		
Total	1,196	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	,02833*	,00430	,000	,0198	,0369
	E1 (15')	,01083*	,00430	,014	,0023	,0194
	E1 (25')	-,04167*	,00430	,000	-,0502	-,0331
	E2 (5')	-,24500*	,00430	,000	-,2536	-,2364
	E2 (15')	-,23167*	,00430	,000	-,2402	-,2231
	E2 (25')	-,23583*	,00430	,000	-,2444	-,2273
E1 (5')	Kontrol	-,02833*	,00430	,000	-,0369	-,0198
	E1 (15')	-,01750*	,00430	,000	-,0261	-,0089
	E1 (25')	-,07000*	,00430	,000	-,0786	-,0614
	E2 (5')	-,27333*	,00430	,000	-,2819	-,2648
	E2 (15')	-,26000*	,00430	,000	-,2686	-,2514
	E2 (25')	-,26417*	,00430	,000	-,2727	-,2556
E1 (15')	Kontrol	-,01083*	,00430	,014	-,0194	-,0023
	E1 (5')	,01750*	,00430	,000	,0089	,0261
	E1 (25')	-,05250*	,00430	,000	-,0611	-,0439
	E2 (5')	-,25583*	,00430	,000	-,2644	-,2473
	E2 (15')	-,24250*	,00430	,000	-,2511	-,2339
	E2 (25')	-,24667*	,00430	,000	-,2552	-,2381
E1 (25')	Kontrol	,04167*	,00430	,000	,0331	,0502
	E1 (5')	,07000*	,00430	,000	,0614	,0786
	E1 (15')	,05250*	,00430	,000	,0439	,0611
	E2 (5')	-,20333*	,00430	,000	-,2119	-,1948
	E2 (15')	-,19000*	,00430	,000	-,1986	-,1814
	E2 (25')	-,19417*	,00430	,000	-,2027	-,1856
E2 (5')	Kontrol	,24500*	,00430	,000	,2364	,2536
	E1 (5')	,27333*	,00430	,000	,2648	,2819
	E1 (15')	,25583*	,00430	,000	,2473	,2644
	E1 (25')	,20333*	,00430	,000	,1948	,2119
	E2 (15')	,01333*	,00430	,003	,0048	,0219
	E2 (25')	,00917*	,00430	,036	,0006	,0177
E2 (15')	Kontrol	,23167*	,00430	,000	,2231	,2402
	E1 (5')	,26000*	,00430	,000	,2514	,2686
	E1 (15')	,24250*	,00430	,000	,2339	,2511
	E1 (25')	,19000*	,00430	,000	,1814	,1986
	E2 (5')	-,01333*	,00430	,003	-,0219	-,0048
	E2 (25')	-,00417*	,00430	,335	-,0127	,0044
E2 (25')	Kontrol	,23583*	,00430	,000	,2273	,2444
	E1 (5')	,26417*	,00430	,000	,2556	,2727
	E1 (15')	,24667*	,00430	,000	,2381	,2552
	E1 (25')	,19417*	,00430	,000	,1856	,2027
	E2 (5')	-,00917*	,00430	,036	-,0177	-,0006
	E2 (15')	,00417*	,00430	,335	-,0044	,0127

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.4 Hasil pH H+5

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	3,8658	,01730	,00499	3,8548	3,8768	3,84	3,89
E1 (5')	12	3,8333	,01969	,00569	3,8208	3,8458	3,80	3,86
E1 (15')	12	3,8558	,01311	,00379	3,8475	3,8642	3,83	3,88
E1 (25')	12	3,9175	,00452	,00131	3,9146	3,9204	3,91	3,92
E2 (5')	12	3,9175	,00622	,00179	3,9136	3,9214	3,90	3,92
E2 (15')	12	3,9100	,00853	,00246	3,9046	3,9154	3,90	3,92
E2 (25')	12	3,9033	,00492	,00142	3,9002	3,9065	3,90	3,91
Total	84	3,8862	,03376	,00368	3,8789	3,8935	3,80	3,92

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,083	6	,014	95,864	,000
Within Groups	,011	77	,000		
Total	,095	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	,03250*	,00492	,000	,0227	,0423
	E1 (15')	,01000*	,00492	,045	,0002	,0198
	E1 (25')	-,05167*	,00492	,000	-,0615	-,0419
	E2 (5')	-,05167*	,00492	,000	-,0615	-,0419
	E2 (15')	-,04417*	,00492	,000	-,0540	-,0344
	E2 (25')	-,03750*	,00492	,000	-,0473	-,0277
E1 (5')	Kontrol	-,03250*	,00492	,000	-,0423	-,0227
	E1 (15')	-,02250*	,00492	,000	-,0323	-,0127
	E1 (25')	-,08417*	,00492	,000	-,0940	-,0744
	E2 (5')	-,08417*	,00492	,000	-,0940	-,0744
	E2 (15')	-,07667*	,00492	,000	-,0865	-,0669
	E2 (25')	-,07000*	,00492	,000	-,0798	-,0602
E1 (15')	Kontrol	-,01000*	,00492	,045	-,0198	-,0002
	E1 (5')	,02250*	,00492	,000	,0127	,0323
	E1 (25')	-,06167*	,00492	,000	-,0715	-,0519
	E2 (5')	-,06167*	,00492	,000	-,0715	-,0519
	E2 (15')	-,05417*	,00492	,000	-,0640	-,0444
	E2 (25')	-,04750*	,00492	,000	-,0573	-,0377
E1 (25')	Kontrol	,05167*	,00492	,000	,0419	,0615
	E1 (5')	,08417*	,00492	,000	,0744	,0940
	E1 (15')	,06167*	,00492	,000	,0519	,0715
	E2 (5')	,00000	,00492	1,000	-,0098	,0098
	E2 (15')	,00750	,00492	,131	-,0023	,0173
	E2 (25')	,01417*	,00492	,005	,0044	,0240
E2 (5')	Kontrol	,05167*	,00492	,000	,0419	,0615
	E1 (5')	,08417*	,00492	,000	,0744	,0940
	E1 (15')	,06167*	,00492	,000	,0519	,0715
	E1 (25')	,00000	,00492	1,000	-,0098	,0098
	E2 (15')	,00750	,00492	,131	-,0023	,0173
	E2 (25')	,01417*	,00492	,005	,0044	,0240
E2 (15')	Kontrol	,04417*	,00492	,000	,0344	,0540
	E1 (5')	,07667*	,00492	,000	,0669	,0865
	E1 (15')	,05417*	,00492	,000	,0444	,0640
	E1 (25')	-,00750	,00492	,131	-,0173	,0023
	E2 (5')	-,00750	,00492	,131	-,0173	,0023
	E2 (25')	,00667	,00492	,179	-,0031	,0165
E2 (25')	Kontrol	,03750*	,00492	,000	,0277	,0473
	E1 (5')	,07000*	,00492	,000	,0602	,0798
	E1 (15')	,04750*	,00492	,000	,0377	,0573
	E1 (25')	-,01417*	,00492	,005	-,0240	-,0044
	E2 (5')	-,01417*	,00492	,005	-,0240	-,0044
	E2 (15')	-,00667	,00492	,179	-,0165	,0031

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.5 Hasil pH H+10

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	4,0183	,01115	,00322	4,0113	4,0254	4,01	4,04
E1 (5')	12	3,9100	,00426	,00123	3,9073	3,9127	3,90	3,92
E1 (15')	12	3,9258	,00515	,00149	3,9226	3,9291	3,92	3,93
E1 (25')	12	3,9417	,00835	,00241	3,9364	3,9470	3,93	3,95
E2 (5')	12	4,0808	,01084	,00313	4,0739	4,0877	4,05	4,09
E2 (15')	12	4,1042	,01240	,00358	4,0963	4,1120	4,09	4,12
E2 (25')	12	4,0550	,01243	,00359	4,0471	4,0629	4,04	4,07
Total	84	4,0051	,07429	,00811	3,9890	4,0212	3,90	4,12

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,451	6	,075	791,582	,000
Within Groups	,007	77	,000		
Total	,458	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	,10833*	,00398	,000	,1004	,1163
	E1 (15')	,09250*	,00398	,000	,0846	,1004
	E1 (25')	,07667*	,00398	,000	,0687	,0846
	E2 (5')	-,06250*	,00398	,000	-,0704	-,0546
	E2 (15')	-,08583*	,00398	,000	-,0938	-,0779
	E2 (25')	-,03667*	,00398	,000	-,0446	-,0287
E1 (5')	Kontrol	-,10833*	,00398	,000	-,1163	-,1004
	E1 (15')	-,01583*	,00398	,000	-,0238	-,0079
	E1 (25')	-,03167*	,00398	,000	-,0396	-,0237
	E2 (5')	-,17083*	,00398	,000	-,1788	-,1629
	E2 (15')	-,19417*	,00398	,000	-,2021	-,1862
	E2 (25')	-,14500*	,00398	,000	-,1529	-,1371
E1 (15')	Kontrol	-,09250*	,00398	,000	-,1004	-,0846
	E1 (5')	,01583*	,00398	,000	,0079	,0238
	E1 (25')	-,01583*	,00398	,000	-,0238	-,0079
	E2 (5')	-,15500*	,00398	,000	-,1629	-,1471
	E2 (15')	-,17833*	,00398	,000	-,1863	-,1704
	E2 (25')	-,12917*	,00398	,000	-,1371	-,1212
E1 (25')	Kontrol	-,07667*	,00398	,000	-,0846	-,0687
	E1 (5')	,03167*	,00398	,000	,0237	,0396
	E1 (15')	,01583*	,00398	,000	,0079	,0238
	E2 (5')	-,13917*	,00398	,000	-,1471	-,1312
	E2 (15')	-,16250*	,00398	,000	-,1704	-,1546
	E2 (25')	-,11333*	,00398	,000	-,1213	-,1054
E2 (5')	Kontrol	,06250*	,00398	,000	,0546	,0704
	E1 (5')	,17083*	,00398	,000	,1629	,1788
	E1 (15')	,15500*	,00398	,000	,1471	,1629
	E1 (25')	,13917*	,00398	,000	,1312	,1471
	E2 (15')	-,02333*	,00398	,000	-,0313	-,0154
	E2 (25')	,02583*	,00398	,000	,0179	,0338
E2 (15')	Kontrol	,08583*	,00398	,000	,0779	,0938
	E1 (5')	,19417*	,00398	,000	,1862	,2021
	E1 (15')	,17833*	,00398	,000	,1704	,1863
	E1 (25')	,16250*	,00398	,000	,1546	,1704
	E2 (5')	,02333*	,00398	,000	,0154	,0313
	E2 (25')	,04917*	,00398	,000	,0412	,0571
E2 (25')	Kontrol	,03667*	,00398	,000	,0287	,0446
	E1 (5')	,14500*	,00398	,000	,1371	,1529
	E1 (15')	,12917*	,00398	,000	,1212	,1371
	E1 (25')	,11333*	,00398	,000	,1054	,1213
	E2 (5')	-,02583*	,00398	,000	-,0338	-,0179
	E2 (15')	-,04917*	,00398	,000	-,0571	-,0412

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.6 Hasil DHL H-10

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	,54533	,001231	,000355	,54455	,54612	,543	,547
E1 (5')	12	,52575	,004789	,001382	,52271	,52879	,519	,532
E1 (15')	12	,50400	,003075	,000888	,50205	,50595	,500	,507
E1 (25')	12	,50992	,001165	,000336	,50918	,51066	,508	,512
E2 (5')	12	,55358	,000996	,000288	,55295	,55422	,552	,555
E2 (15')	12	,56825	,001215	,000351	,56748	,56902	,565	,570
E2 (25')	12	,54433	,001303	,000376	,54351	,54516	,543	,546
Total	84	,53588	,022012	,002402	,53110	,54066	,500	,570

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,040	6	,007	1177,228	,000
Within Groups	,000	77	,000		
Total	,040	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DHL

LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	,019583*	,000969	,000	,01765	,02151
	E1 (15')	,041333*	,000969	,000	,03940	,04326
	E1 (25')	,035417*	,000969	,000	,03349	,03735
	E2 (5')	-,008250*	,000969	,000	-,01018	-,00632
	E2 (15')	-,022917*	,000969	,000	-,02485	-,02099
	E2 (25')	,001000	,000969	,305	-,00093	,00293
	E1 (5')	Kontrol	-,019583*	,000969	,000	-,02151
E1 (15')		,021750*	,000969	,000	,01982	,02368
E1 (25')		,015833*	,000969	,000	,01390	,01776
E2 (5')		-,027833*	,000969	,000	-,02976	-,02590
E2 (15')		-,042500*	,000969	,000	-,04443	-,04057
E2 (25')		-,018583*	,000969	,000	-,02051	-,01665
E1 (15')		Kontrol	-,041333*	,000969	,000	-,04326
	E1 (5')	-,021750*	,000969	,000	-,02368	-,01982
	E1 (25')	-,005917*	,000969	,000	-,00785	-,00399
	E2 (5')	-,049583*	,000969	,000	-,05151	-,04765
	E2 (15')	-,064250*	,000969	,000	-,06618	-,06232
	E2 (25')	-,040333*	,000969	,000	-,04226	-,03840
	E1 (25')	Kontrol	-,035417*	,000969	,000	-,03735
E1 (5')		-,015833*	,000969	,000	-,01776	-,01390
E1 (15')		,005917*	,000969	,000	,00399	,00785
E2 (5')		-,043667*	,000969	,000	-,04560	-,04174
E2 (15')		-,058333*	,000969	,000	-,06026	-,05640
E2 (25')		-,034417*	,000969	,000	-,03635	-,03249
E2 (5')		Kontrol	,008250*	,000969	,000	,00632
	E1 (5')	,027833*	,000969	,000	,02590	,02976
	E1 (15')	,049583*	,000969	,000	,04765	,05151
	E1 (25')	,043667*	,000969	,000	,04174	,04560
	E2 (15')	-,014667*	,000969	,000	-,01660	-,01274
	E2 (25')	,009250*	,000969	,000	,00732	,01118
	E2 (15')	Kontrol	,022917*	,000969	,000	,02099
E1 (5')		,042500*	,000969	,000	,04057	,04443
E1 (15')		,064250*	,000969	,000	,06232	,06618
E1 (25')		,058333*	,000969	,000	,05640	,06026
E2 (5')		,014667*	,000969	,000	,01274	,01660
E2 (25')		,023917*	,000969	,000	,02199	,02585
E2 (25')		Kontrol	-,001000	,000969	,305	-,00293
	E1 (5')	,018583*	,000969	,000	,01665	,02051
	E1 (15')	,040333*	,000969	,000	,03840	,04226
	E1 (25')	,034417*	,000969	,000	,03249	,03635
	E2 (5')	-,009250*	,000969	,000	-,01118	-,00732
	E2 (15')	-,023917*	,000969	,000	-,02585	-,02199

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.7 Hasil DHL H-5

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	,52017	,001193	,000345	,51941	,52092	,518	,522
E1 (5')	12	,51350	,001382	,000399	,51262	,51438	,510	,515
E1 (15')	12	,51425	,000754	,000218	,51377	,51473	,513	,515
E1 (25')	12	,52267	,006513	,001880	,51853	,52681	,516	,532
E2 (5')	12	,51767	,001826	,000527	,51651	,51883	,515	,520
E2 (15')	12	,51308	,001443	,000417	,51217	,51400	,512	,515
E2 (25')	12	,49692	,000515	,000149	,49659	,49724	,496	,498
Total	84	,51404	,008219	,000897	,51225	,51582	,496	,532

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,005	6	,001	112,944	,000
Within Groups	,001	77	,000		
Total	,006	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DHL
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	,006667*	,001113	,000	,00445	,00888
	E1 (15')	,005917*	,001113	,000	,00370	,00813
	E1 (25')	-,002500*	,001113	,028	-,00472	-,00028
	E2 (5')	,002500*	,001113	,028	,00028	,00472
	E2 (15')	,007083*	,001113	,000	,00487	,00930
	E2 (25')	,023250*	,001113	,000	,02103	,02547
E1 (5')	Kontrol	-,006667*	,001113	,000	-,00888	-,00445
	E1 (15')	-,000750	,001113	,502	-,00297	,00147
	E1 (25')	-,009167*	,001113	,000	-,01138	-,00695
	E2 (5')	-,004167*	,001113	,000	-,00638	-,00195
	E2 (15')	,000417	,001113	,709	-,00180	,00263
	E2 (25')	,016583*	,001113	,000	,01437	,01880
E1 (15')	Kontrol	-,005917*	,001113	,000	-,00813	-,00370
	E1 (5')	,000750	,001113	,502	-,00147	,00297
	E1 (25')	-,008417*	,001113	,000	-,01063	-,00620
	E2 (5')	-,003417*	,001113	,003	-,00563	-,00120
	E2 (15')	,001167	,001113	,298	-,00105	,00338
	E2 (25')	,017333*	,001113	,000	,01512	,01955
E1 (25')	Kontrol	,002500*	,001113	,028	,00028	,00472
	E1 (5')	,009167*	,001113	,000	,00695	,01138
	E1 (15')	,008417*	,001113	,000	,00620	,01063
	E2 (5')	,005000*	,001113	,000	,00278	,00722
	E2 (15')	,009583*	,001113	,000	,00737	,01180
	E2 (25')	,025750*	,001113	,000	,02353	,02797
E2 (5')	Kontrol	-,002500*	,001113	,028	-,00472	-,00028
	E1 (5')	,004167*	,001113	,000	,00195	,00638
	E1 (15')	,003417*	,001113	,003	,00120	,00563
	E1 (25')	-,005000*	,001113	,000	-,00722	-,00278
	E2 (15')	,004583*	,001113	,000	,00237	,00680
	E2 (25')	,020750*	,001113	,000	,01853	,02297
E2 (15')	Kontrol	-,007083*	,001113	,000	-,00930	-,00487
	E1 (5')	-,000417	,001113	,709	-,00263	,00180
	E1 (15')	-,001167	,001113	,298	-,00338	,00105
	E1 (25')	-,009583*	,001113	,000	-,01180	-,00737
	E2 (5')	-,004583*	,001113	,000	-,00680	-,00237
	E2 (25')	,016167*	,001113	,000	,01395	,01838
E2 (25')	Kontrol	-,023250*	,001113	,000	-,02547	-,02103
	E1 (5')	-,016583*	,001113	,000	-,01880	-,01437
	E1 (15')	-,017333*	,001113	,000	-,01955	-,01512
	E1 (25')	-,025750*	,001113	,000	-,02797	-,02353
	E2 (5')	-,020750*	,001113	,000	-,02297	-,01853
	E2 (15')	-,016167*	,001113	,000	-,01838	-,01395

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.8 Hasil DHL H0

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	,50075	,000754	,000218	,50027	,50123	,500	,502
E1 (5')	12	,52325	,001545	,000446	,52227	,52423	,520	,525
E1 (15')	12	,52192	,001621	,000468	,52089	,52295	,520	,524
E1 (25')	12	,53375	,000622	,000179	,53336	,53414	,533	,535
E2 (5')	12	,49383	,001267	,000366	,49303	,49464	,493	,496
E2 (15')	12	,49167	,002462	,000711	,49010	,49323	,490	,495
E2 (25')	12	,48717	,003786	,001093	,48476	,48957	,480	,490
Total	84	,50748	,017287	,001886	,50372	,51123	,480	,535

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,024	6	,004	1021,826	,000
Within Groups	,000	77	,000		
Total	,025	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DHL
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	-,022500*	,000816	,000	-,02412	-,02088
	E1 (15')	-,021167*	,000816	,000	-,02279	-,01954
	E1 (25')	-,033000*	,000816	,000	-,03462	-,03138
	E2 (5')	,006917*	,000816	,000	,00529	,00854
	E2 (15')	,009083*	,000816	,000	,00746	,01071
	E2 (25')	,013583*	,000816	,000	,01196	,01521
	E1 (5')	Kontrol	,022500*	,000816	,000	,02088
E1 (15')		,001333	,000816	,106	-,00029	,00296
E1 (25')		-,010500*	,000816	,000	-,01212	-,00888
E2 (5')		,029417*	,000816	,000	,02779	,03104
E2 (15')		,031583*	,000816	,000	,02996	,03321
E2 (25')		,036083*	,000816	,000	,03446	,03771
E1 (15')		Kontrol	,021167*	,000816	,000	,01954
	E1 (5')	-,001333	,000816	,106	-,00296	,00029
	E1 (25')	-,011833*	,000816	,000	-,01346	-,01021
	E2 (5')	,028083*	,000816	,000	,02646	,02971
	E2 (15')	,030250*	,000816	,000	,02863	,03187
	E2 (25')	,034750*	,000816	,000	,03313	,03637
	E1 (25')	Kontrol	,033000*	,000816	,000	,03138
E1 (5')		,010500*	,000816	,000	,00888	,01212
E1 (15')		,011833*	,000816	,000	,01021	,01346
E2 (5')		,039917*	,000816	,000	,03829	,04154
E2 (15')		,042083*	,000816	,000	,04046	,04371
E2 (25')		,046583*	,000816	,000	,04496	,04821
E2 (5')		Kontrol	-,006917*	,000816	,000	-,00854
	E1 (5')	-,029417*	,000816	,000	-,03104	-,02779
	E1 (15')	-,028083*	,000816	,000	-,02971	-,02646
	E1 (25')	-,039917*	,000816	,000	-,04154	-,03829
	E2 (15')	,002167*	,000816	,010	,00054	,00379
	E2 (25')	,006667*	,000816	,000	,00504	,00829
	E2 (15')	Kontrol	-,009083*	,000816	,000	-,01071
E1 (5')		-,031583*	,000816	,000	-,03321	-,02996
E1 (15')		-,030250*	,000816	,000	-,03187	-,02863
E1 (25')		-,042083*	,000816	,000	-,04371	-,04046
E2 (5')		-,002167*	,000816	,010	-,00379	-,00054
E2 (25')		,004500*	,000816	,000	,00288	,00612
E2 (25')		Kontrol	-,013583*	,000816	,000	-,01521
	E1 (5')	-,036083*	,000816	,000	-,03771	-,03446
	E1 (15')	-,034750*	,000816	,000	-,03637	-,03313
	E1 (25')	-,046583*	,000816	,000	-,04821	-,04496
	E2 (5')	-,006667*	,000816	,000	-,00829	-,00504
	E2 (15')	-,004500*	,000816	,000	-,00612	-,00288

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.9 Hasil DHL H+5

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	,58017	,000718	,000207	,57971	,58062	,579	,581
E1 (5')	12	,64092	,001165	,000336	,64018	,64166	,639	,642
E1 (15')	12	,64375	,002006	,000579	,64248	,64502	,640	,646
E1 (25')	12	,65075	,001485	,000429	,64981	,65169	,648	,652
E2 (5')	12	,64008	,001311	,000379	,63925	,64092	,638	,642
E2 (15')	12	,63925	,000622	,000179	,63886	,63964	,638	,640
E2 (25')	12	,63792	,001676	,000484	,63685	,63898	,636	,640
Total	84	,63326	,022202	,002422	,62844	,63808	,579	,652

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,041	6	,007	3654,683	,000
Within Groups	,000	77	,000		
Total	,041	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DHL
LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	-,060750*	,000557	,000	-,06186	-,05964
	E1 (15')	-,063583*	,000557	,000	-,06469	-,06247
	E1 (25')	-,070583*	,000557	,000	-,07169	-,06947
	E2 (5')	-,059917*	,000557	,000	-,06103	-,05881
	E2 (15')	-,059083*	,000557	,000	-,06019	-,05797
	E2 (25')	-,057750*	,000557	,000	-,05886	-,05664
E1 (5')	Kontrol	,060750*	,000557	,000	,05964	,06186
	E1 (15')	-,002833*	,000557	,000	-,00394	-,00172
	E1 (25')	-,009833*	,000557	,000	-,01094	-,00872
	E2 (5')	,000833	,000557	,138	-,00028	,00194
	E2 (15')	,001667*	,000557	,004	,00056	,00278
	E2 (25')	,003000*	,000557	,000	,00189	,00411
E1 (15')	Kontrol	,063583*	,000557	,000	,06247	,06469
	E1 (5')	,002833*	,000557	,000	,00172	,00394
	E1 (25')	-,007000*	,000557	,000	-,00811	-,00589
	E2 (5')	,003667*	,000557	,000	,00256	,00478
	E2 (15')	,004500*	,000557	,000	,00339	,00561
	E2 (25')	,005833*	,000557	,000	,00472	,00694
E1 (25')	Kontrol	,070583*	,000557	,000	,06947	,07169
	E1 (5')	,009833*	,000557	,000	,00872	,01094
	E1 (15')	,007000*	,000557	,000	,00589	,00811
	E2 (5')	,010667*	,000557	,000	,00956	,01178
	E2 (15')	,011500*	,000557	,000	,01039	,01261
	E2 (25')	,012833*	,000557	,000	,01172	,01394
E2 (5')	Kontrol	,059917*	,000557	,000	,05881	,06103
	E1 (5')	-,000833	,000557	,138	-,00194	,00028
	E1 (15')	-,003667*	,000557	,000	-,00478	-,00256
	E1 (25')	-,010667*	,000557	,000	-,01178	-,00956
	E2 (15')	,000833	,000557	,138	-,00028	,00194
	E2 (25')	,002167*	,000557	,000	,00106	,00328
E2 (15')	Kontrol	,059083*	,000557	,000	,05797	,06019
	E1 (5')	-,001667*	,000557	,004	-,00278	-,00056
	E1 (15')	-,004500*	,000557	,000	-,00561	-,00339
	E1 (25')	-,011500*	,000557	,000	-,01261	-,01039
	E2 (5')	-,000833	,000557	,138	-,00194	,00028
	E2 (25')	,001333*	,000557	,019	,00022	,00244
E2 (25')	Kontrol	,057750*	,000557	,000	,05664	,05886
	E1 (5')	-,003000*	,000557	,000	-,00411	-,00189
	E1 (15')	-,005833*	,000557	,000	-,00694	-,00472
	E1 (25')	-,012833*	,000557	,000	-,01394	-,01172
	E2 (5')	-,002167*	,000557	,000	-,00328	-,00106
	E2 (15')	-,001333*	,000557	,019	-,00244	-,00022

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

D.10 Hasil DHL H+10

Oneway**Descriptives**

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	12	,56325	,001055	,000305	,56258	,56392	,562	,565
E1 (5')	12	,61317	,001642	,000474	,61212	,61421	,610	,615
E1 (15')	12	,64033	,001073	,000310	,63965	,64102	,639	,642
E1 (25')	12	,64133	,000985	,000284	,64071	,64196	,640	,643
E2 (5')	12	,55150	,001382	,000399	,55062	,55238	,550	,553
E2 (15')	12	,54333	,000888	,000256	,54277	,54390	,542	,544
E2 (25')	12	,56725	,000622	,000179	,56686	,56764	,566	,568
Total	84	,58860	,039134	,004270	,58010	,59709	,542	,643

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,127	6	,021	16437,245	,000
Within Groups	,000	77	,000		
Total	,127	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DHL

LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E1 (5')	-,049917*	,000463	,000	-,05084	-,04899
	E1 (15')	-,077083*	,000463	,000	-,07801	-,07616
	E1 (25')	-,078083*	,000463	,000	-,07901	-,07716
	E2 (5')	,011750*	,000463	,000	,01083	,01267
	E2 (15')	,019917*	,000463	,000	,01899	,02084
	E2 (25')	-,004000*	,000463	,000	-,00492	-,00308
E1 (5')	Kontrol	,049917*	,000463	,000	,04899	,05084
	E1 (15')	-,027167*	,000463	,000	-,02809	-,02624
	E1 (25')	-,028167*	,000463	,000	-,02909	-,02724
	E2 (5')	,061667*	,000463	,000	,06074	,06259
	E2 (15')	,069833*	,000463	,000	,06891	,07076
	E2 (25')	,045917*	,000463	,000	,04499	,04684
E1 (15')	Kontrol	,077083*	,000463	,000	,07616	,07801
	E1 (5')	,027167*	,000463	,000	,02624	,02809
	E1 (25')	-,001000*	,000463	,034	-,00192	-,00008
	E2 (5')	,088833*	,000463	,000	,08791	,08976
	E2 (15')	,097000*	,000463	,000	,09608	,09792
	E2 (25')	,073083*	,000463	,000	,07216	,07401
E1 (25')	Kontrol	,078083*	,000463	,000	,07716	,07901
	E1 (5')	,028167*	,000463	,000	,02724	,02909
	E1 (15')	,001000*	,000463	,034	,00008	,00192
	E2 (5')	,089833*	,000463	,000	,08891	,09076
	E2 (15')	,098000*	,000463	,000	,09708	,09892
	E2 (25')	,074083*	,000463	,000	,07316	,07501
E2 (5')	Kontrol	-,011750*	,000463	,000	-,01267	-,01083
	E1 (5')	-,061667*	,000463	,000	-,06259	-,06074
	E1 (15')	-,088833*	,000463	,000	-,08976	-,08791
	E1 (25')	-,089833*	,000463	,000	-,09076	-,08891
	E2 (15')	,008167*	,000463	,000	,00724	,00909
	E2 (25')	-,015750*	,000463	,000	-,01667	-,01483
E2 (15')	Kontrol	-,019917*	,000463	,000	-,02084	-,01899
	E1 (5')	-,069833*	,000463	,000	-,07076	-,06891
	E1 (15')	-,097000*	,000463	,000	-,09792	-,09608
	E1 (25')	-,098000*	,000463	,000	-,09892	-,09708
	E2 (5')	-,008167*	,000463	,000	-,00909	-,00724
	E2 (25')	-,023917*	,000463	,000	-,02484	-,02299
E2 (25')	Kontrol	,004000*	,000463	,000	,00308	,00492
	E1 (5')	-,045917*	,000463	,000	-,04684	-,04499
	E1 (15')	-,073083*	,000463	,000	-,07401	-,07216
	E1 (25')	-,074083*	,000463	,000	-,07501	-,07316
	E2 (5')	,015750*	,000463	,000	,01483	,01667
	E2 (15')	,023917*	,000463	,000	,02299	,02484

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

LAMPIRAN E. DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Foto pemaparan medan magnet ELF



Gambar E.1 Sampel Susu Fermentasi yang Akan diukur Nilai pH dan DHL



Gambar E.2 Pengaturan Intensitas Medan Magnet ELF Sebelum Proses Pemaparan

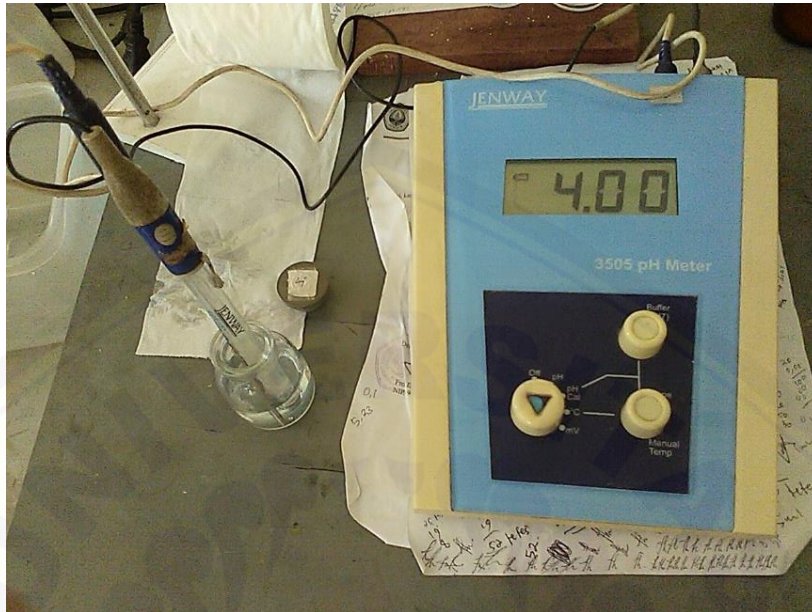


Gambar E.3 Proses Pemaparan Sampel Susu Fermentasi dengan Menggunakan Alat Penghasil Medan Magnet ELF



Gambar E.4 Pengaturan Besar Intensitas Medan Magnet ELF Menggunakan Alat EMF Tester

2. Foto pengukuran pH susu fermentasi



Gambar E.5 Pengkalibrasian pH Meter Sebelum Mengukur Nilai pH Susu Fermentasi



Gambar E.6 Pengukuran pH Susu Fermentasi Menggunakan Alat pH Meter

3. Foto pengukuran DHL susu fermentasi



Gambar E.7 Pengkalibrasian Conductivity Meter Sebelum Mengukur Nilai DHL Susu Fermentasi



Gambar E.8 Pengukuran DHL Susu Fermentasi Menggunakan Alat Conductivity Meter