



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*EXTREMELY LOW FREQUENCY*)
TERHADAP pH SEBAGAI INDIKATOR KETAHANAN
MINUMAN SUSU TERFERMENTASI**

SKRIPSI

Oleh

Anugerah Nurin Ghausia

NIM 160210102031

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (EXTREMELY LOW
FREQUENCY) TERHADAP PH SEBAGAI KETAHANAN
MINUMAN SUSU TERFERMENTASI**

SKRIPSI

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

Oleh :

Anugerah Nurin Ghausia

NIM 160210102031

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah dan ridho-NYA atas terselesaikannya tugas akhir ini. Tak lupa sholawat serta salam kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Semoga bekal ilmu yang penulis dapatkan bisa bermanfaat bagi penulis maupun bagi yang membaca kelak. Dengan segala kerendahan hati, sebagai tanda bukti hormat dan rasa terimakasih yang tiada terhingga atas kasih sayang dan segala dukungannya, maka penulis persembahkan karya kecil ini kepada:

1. Ibunda Herra Yusianingdyah, Ayahanda Imam Nasution, Kakakku Afika Rana Zahari serta Adikku Assaifa Zhafira Nur Hasanah. Terima kasih telah memberi semangat, dukungan, doa dan kesabaran dalam merawat dan mendidik saya selama ini;
2. Guru-guruku mulai dari Taman Kanak-Kanak hingga Perguruan Tinggi yang telah membimbing dan memberikan ilmunya;
3. Almamater tercinta Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

MOTTO

“Dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu”

(Terjemahan QS. Al-Qashas: 77)

“Balas dendam yang terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik”

-Imam Ali bin Abi Tholib-

“Manusia tidak bisa adil karena benci dan cinta, jika terlalu benci dan terlalu cinta maka tidak bisa adil karena adil itu ditengah - tengah”

-KH. Ahmad Mustofa Bisri-

“Janganlah beranggapan bahwa kebaikan kita merupakan kebaikan yang sempurna karena setiap kebaikan yang kita lakukan tidak dapat berdiri sendiri”

-Anugerah Nurin Ghausia-

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anugerah Nurin Ghausia

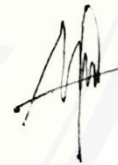
NIM : 160210102031

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap pH sebagai Ketahanan Minuman Susu Terfermentasi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan di institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Desember 2020

Yang menyatakan,



Anugerah Nurin Ghausia
NIM 160210102031

SKRIPSI

**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (EXTREMELY LOW
FREQUENCY) TERHADAP PH SEBAGAI KETAHANAN MINUMAN
SUSU TERFERMENTASI**

Oleh:

Anugerah Nurin Ghausia
NIM 160210102031

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Ph sebagai Ketahanan Minuman Susu Terfermentasi” telah diuji pada:

Hari, tanggal : Selasa, 12 Januari 2021

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Sudarti, M.Kes
NIP 196201231988022001

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc
NIP 196807101993021001

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Singgih Bektiarso, M.Pd
NIP 196108241986011001

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP 196204011987021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Dr. Bambang Soepeno, M.Pd
NIP 196006121987021001

RINGKASAN

Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Ph sebagai Ketahanan Minuman Susu Terfermentasi; Anugerah Nurin Ghausia, 160210102031; 2020; 36 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Medan magnet dan medan listrik merupakan sumber terbentuknya gelombang elektromagnetik. Ada dua sumber gelombang elektromagnetik yaitu secara alamiah dan secara buatan. Sumber gelombang elektromagnetik alamiah dihasilkan oleh matahari dan bumi dalam bentuk spektrum gelombang, seperti sinar gamma, sinar X, sinar ultraviolet, sinar tampak, infra merah, gelombang radio dan gelombang mikro. Sedangkan sumber gelombang elektromagnetik buatan berasal dari sistem kabel dan peralatan yang berenergi listrik.

Medan magnet ELF dapat dimanfaatkan dalam bidang pangan. 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, bersifat *non-ionizing*, non termal dan tak terhalangi. 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 fermentasi.

Susu fermentasi merupakan olahan susu dari hasil fermentasi kedua dari Bakteri Asam Laktat (BAL) sebagai starter, yakni *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* yang hidup bersimbiosis. Lama proses fermentasi akan berakibat pada turunnya pH susu fermentasi dengan rasa asam yang khas, selain itu dihasilkan asam asetat, asetal dehid, dan bahan lain yang mudah menguap. Nilai pH susu fermentasi dapat dihubungkan dengan jumlah *Lactobacillus casei* dan jumlah produksi asam oleh bakteri tersebut selama proses pengubahan glukosa menjadi asam laktat. Jadi, semakin banyak jumlah bakteri *Lactobacillus casei* maka

produksi asam laktat akan semakin banyak. Ion H^+ yang dilepas selama proses pembentukan asam laktat tersebut juga semakin banyak. Dengan begitu, susu fermentasi akan semakin asam dan pH susu akan semakin menurun.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti akan melakukan penelitian tentang pengaruh paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT dan 200 μT terhadap perubahan pH minuman susu fermentasi dengan lama waktu paparan 5 menit, 10 menit dan 15 menit.. Harapan dari penelitian ini adalah dapat memperpanjang masa kadaluarsa pada minuman susu fermentasi dengan menggunakan paparan medan magnet ELF. Oleh karena itu, peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH sebagai Indikator Ketahanan Minuman Susu Terfermentasi”**

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Selama penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak yang turut memberikan motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Bambang Soepeno, M.Pd selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah menerbitkan surat permohonan izin penelitian;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M. Kes selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA yang telah memberikan dukungan penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M. Sc selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan skripsi ini;
4. Prof. Dr. Indrawati, M. Pd selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
5. Dr. Sudarti, M. Kes selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Bambang Supriadi, M. Sc selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan bimbingan serta pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. Drs. Singgih Bektiarso, M. Pd selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Trapsilo Prihandono, M. Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan masukan pada penulisan skripsi ini;
7. Ustadz Danish Lutfi yang selalu memberi motivasi-motivasi kehidupan dan mengingatkan agar selalu semangat, sabar dan berbuat baik kepada siapapun, dimanapun, dan kapan pun;
8. Ibunda Herra Yusianingdyah, Ayahanda Imam Nasution, Kakakku Afika Rana Zahari serta Adikku Assaifa Zhafira Nur Hasanah. Terima kasih telah memberi semangat, dukungan, doa dan kesabaran dalam merawat dan mendidik saya selama ini;

9. Bagus Fikri Sampurna yang selalu mendukung, memberi semangat, dan motivasi mulai dari awal hingga akhir;
10. Ibu Dr. Sudarti, M.Kes yang selalu memberi motivasi dan semangat serta memberi peluang dalam hal apapun.
11. Sisilia Ery, Ikhfa Ariesma, Eksanti Putri, Maulidatul Faqlillah, Oviene Brian, Yusrina Ishlatul, Ade Retno, Laili Ahilla dan teman-teman lainnya yang selalu menyemangati dalam menyelesaikan skripsi ini;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 08 Januari 2021

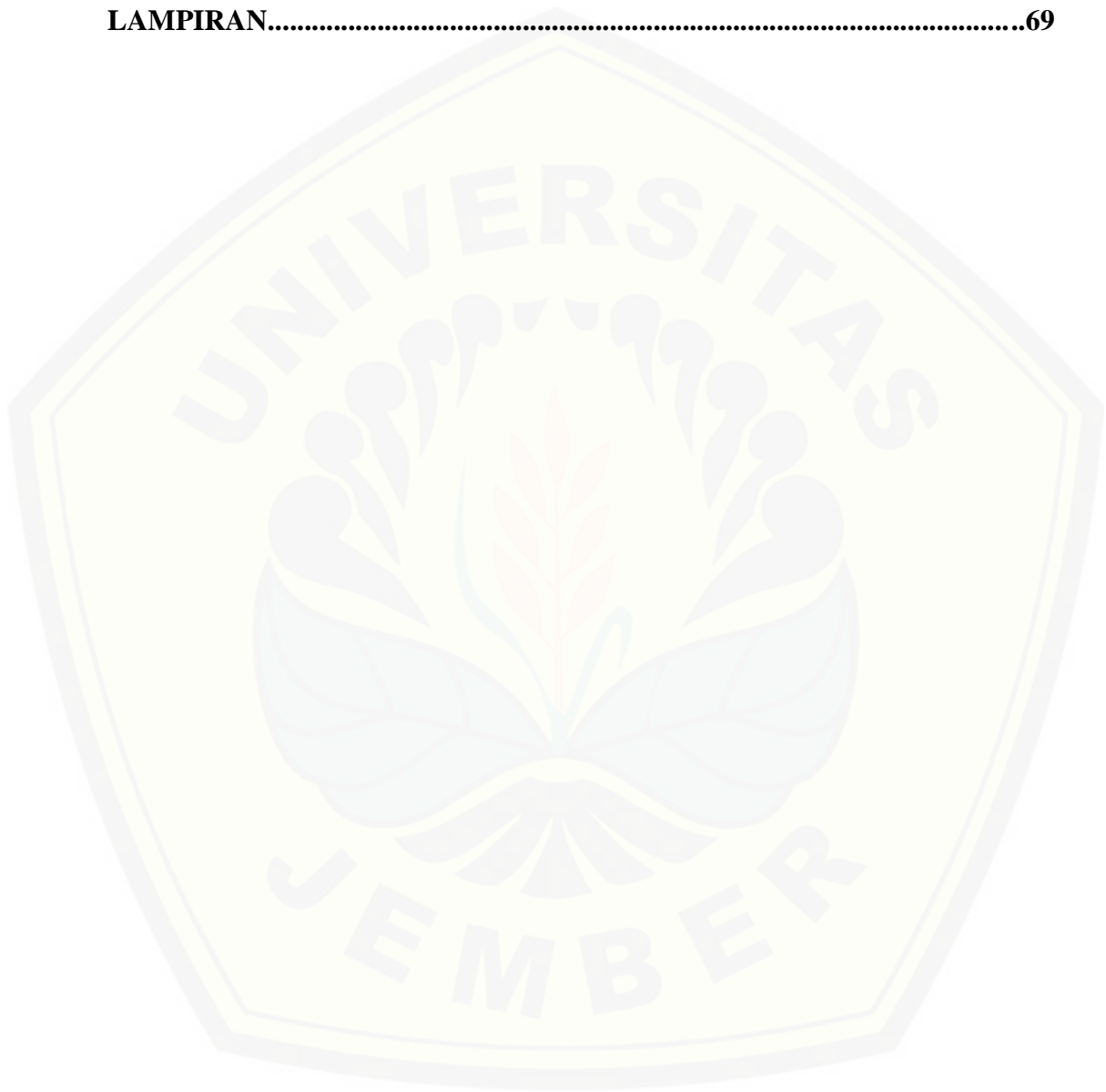
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	6
2.1.1 Karakteristik Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	6
2.1.2 Perbedaan Sifat Medan Listrik dan Medan Magnet ELF....	7
2.2 Efek Poliferasi Sel Oleh Paparan Medan Magnet ELF.....	8
2.2.1 Interaksi Medan Magnet ELF dengan Membran Sel.....	8
2.2.2 Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Proliferasi Sel.....	9
2.3 Peran Bakteri Asam Laktat pada Minuman Susu Fermentasi.....	10
2.4 Karakteristik Minuman Susu Fermentasi.....	13

2.4.1 Peran Bakteri Probiotik dalam Minuman Susu Fermentasi...	13
2.4.2 Masa Kadaluarsa.....	15
2.5 Kerangka Konseptual	17
2.6 Hipotesis Penelitian	17
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Jenis dan Desain Penelitian.....	19
3.2.1 Jenis Penelitian.....	19
3.2.2 Desain Penelitian.....	19
3.3 Variabel Penelitian	21
3.3.1 Klasifikasi Variabel.....	21
3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian	22
3.4 Alat dan Bahan.....	23
3.4.1 Alat	23
3.4.2 Bahan.....	25
3.5 Prosedur Penelitian.....	25
3.5.1 Tahap Penentuan Sampel.....	25
3.5.2 Tahap Perlakuan.....	26
3.5.3 Tahap Penyimpanan	28
3.5.4 Tahap Pengumpulan Data.....	28
3.5.5 Bagan Prosedur Penelitian.....	29
3.6 Metode Analisa Data	31
3.6.1 Contoh Tabel Hasil Pengukuran.....	31
3.6.2 Teknik Analisa Data.....	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Hasil Penelitian	32
4.1.1 Hasil Pengukuran Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap pH Pada Susu Fermentasi	32
4.2 Analisa Data.....	36
4.2.1 Analisis Nilai Derajat Keasaman (pH) Susu Fermentasi.....	37
4.3 Pembahasan.....	57

BAB 5. PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	69



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbedaan Sifat Medan Listrik dan Medan Magnet.....	8
2.2 Hasil Penelitian Pemanfaatan Medan Magnet di Bidang Pangan.....	9
2.3 Kandungan Gizi Susu Fermentasi per 100 mg.....	14
2.4 Syarat Mutu Susu Fermentasi.....	15
3.1 Data Hasil Pengukuran pH Susu Fermentasi pada Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen.....	31
4.1 Rata-Rata Nilai pH Susu Fermentasi Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen 100 μ T dan 200 μ T.....	32
4.2 Hasil Uji <i>Kruskal Wallis</i> pH pada H-30 Kadaluarsa.....	38
4.3 Hasil Uji <i>Kruskal Wallis</i> pH pada H-20 Kadaluarsa.....	39
4.4 Hasil Uji <i>Kruskal Wallis</i> pH pada H-10 Kadaluarsa.....	39
4.5 Hasil Uji <i>Kruskal Wallis</i> pH pada H0 Kadaluarsa.....	40
4.6 Hasil Uji <i>Kruskal Wallis</i> pH pada H+10 Kadaluarsa.....	41
4.7 Hasil Uji <i>Independen sample t test – Mann whitney</i> pH H-30 Kadaluarsa (100 μ T, 5').....	42
4.8 Hasil Uji <i>Independen sample t test – Mann whitney</i> pH H-30 Kadaluarsa (100 μ T, 30').....	42
4.9 Hasil Uji <i>Independen sample t test – Mann whitney</i> pH H-30 Kadaluarsa (100 μ T, 45').....	43
4.10 Hasil Uji <i>Independen sample t test – Mann whitney</i> pH H-30 Kadaluarsa (200 μ T, 5').....	43
4.11 Hasil Uji <i>Independen sample t test – Mann whitney</i> pH H-30 Kadaluarsa (200 μ T, 30').....	44
4.12 Hasil Uji <i>Independen sample t test – Mann whitney</i> pH H-30 Kadaluarsa (200 μ T, 45').....	44
4.13 Hasil Uji <i>Independen sample t test – Mann whitney</i> pH H-20 Kadaluarsa (100 μ T, 5').....	45

4.14 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-20	
Kadaluarsa (100 μ T, 30').....	45
4.15 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-20	
Kadaluarsa (100 μ T, 45').....	46
4.16 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-20	
Kadaluarsa (200 μ T, 5').....	46
4.17 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-20	
Kadaluarsa (200 μ T, 30').....	47
4.18 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-20	
Kadaluarsa (200 μ T, 45').....	47
4.19 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-10	
Kadaluarsa (100 μ T, 5').....	48
4.20 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-10	
Kadaluarsa (100 μ T, 30').....	48
4.21 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-10	
Kadaluarsa (100 μ T, 45').....	49
4.22 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-10	
Kadaluarsa (200 μ T, 5').....	49
4.23 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-10	
Kadaluarsa (200 μ T, 30').....	50
4.24 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H-10	
Kadaluarsa (200 μ T, 45').....	50
4.25 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H0	
Kadaluarsa (100 μ T, 5').....	51
4.26 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H0	
Kadaluarsa (100 μ T, 30').....	51
4.27 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H0	
Kadaluarsa (100 μ T, 45').....	52
4.28 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H0	
Kadaluarsa (200 μ T, 5').....	52
4.29 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H0	

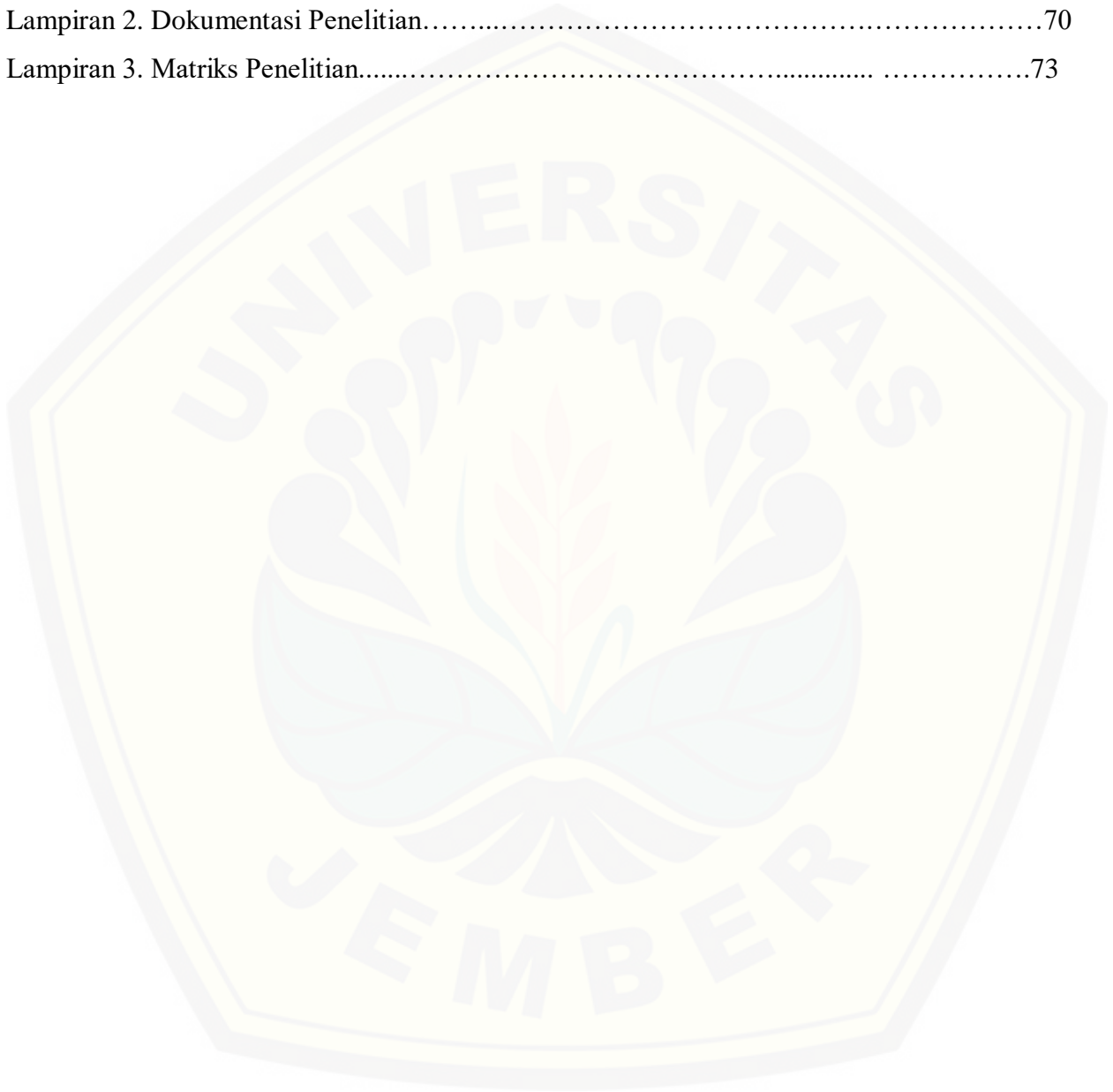
Kadaluarsa (200 μ T, 30')	53
4.30 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H0	
Kadaluarsa (200 μ T, 45')	53
4.31 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H+10	
Kadaluarsa (100 μ T, 5')	54
4.32 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H+10	
Kadaluarsa (100 μ T, 30')	54
4.33 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H+10	
Kadaluarsa (100 μ T, 45')	55
4.34 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H+10	
Kadaluarsa (200 μ T, 5')	55
4.35 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H+10	
Kadaluarsa (200 μ T, 30')	56
4.36 Hasil Uji <i>Independen sample t test</i> – <i>Mann whitney</i> pH H+10	
Kadaluarsa (200 μ T, 45')	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	6
2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	7
2.3 Kerangka Konsep Penelitian.....	17
3.1 Desain Penelitian.....	20
3.2 Alat Sumber Paparan Medan Magnet.....	26
3.3 EMF Tester Lutron EMF-827.....	27
3.4 Bagan Prosedur Penelitian	30
4.1 Diagram Nilai pH Susu Fermentasi Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen 100 μ T dan 200 μ T pada H-30, H-20, H-10, H0 dan H+10 Setelah Pemaparan	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Penelitian.....	69
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	70
Lampiran 3. Matriks Penelitian.....	73



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Medan listrik dan medan magnet sudah ada bumi ketika bumi mulai terbentuk. Medan magnet dan medan listrik merupakan sumber terbentuknya gelombang elektromagnetik. Ada dua sumber gelombang elektromagnetik yaitu secara alamiah dan secara buatan. Sumber gelombang elektromagnetik alamiah dihasilkan oleh matahari dan bumi dalam bentuk spektrum gelombang, seperti sinar gamma, sinar X, sinar ultraviolet, sinar tampak, infra merah, gelombang radio dan gelombang mikro. Sedangkan sumber gelombang elektromagnetik buatan berasal dari sistem kabel dan peralatan yang berenergi listrik. (Tribuana, N.,2000).

Medan magnet ELF dapat dimanfaatkan dalam bidang pangan. Beberapa penelitian terkait yaitu Sari, dkk (2012) menyatakan bahwa teknologi medan magnet dapat diaplikasikan untuk menginaktivasi mikroorganisme pathogen yaitu penurunan mikroba sebanyak 99,45% pada proses pengawetan sari buah apel (*Mallussylvestris Mill*). Penelitian yang dilakukan oleh Sudarti dan Prihandono (2014) menyatakan paparan medan magnet ELF sebesar 645,7 μT selama 30 menit dapat menghambat prevalensi *Salmonella typhimurium* pada bumbu gado-gado sebanyak 36,37%. Paparan medan magnet ELF sebesar 300 μT dan 500 μT 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 fermentasi.

Susu fermentasi merupakan olahan susu dari hasil fermentasi kedua dari Bakteri Asam Laktat (BAL) sebagai starter, yakni *Streptococcus thermophilus*

dan *Lactobacillus bulgaricus* yang hidup bersimbiosis. Lama proses fermentasi akan berakibat pada turunnya pH susu fermentasi dengan rasa asam yang khas, selain itu dihasilkan asam asetat, asetal dehid, dan bahan lain yang mudah menguap. Komposisi susu fermentasi secara umum adalah lemak 0,1-1%, laktosa 2-3%, asam laktat 0,6-1,3%, pH 3,8-4,6% (Susilorini dan Sawitri, 2007).

Shah (2000) mengemukakan bahwa visibilitas bakteri probiotik menurun dalam produk fermentasi dari waktu ke waktu karena keasaman produk hasil aktivitas Bakteri Asam Laktat yang menghidrolisis laktosa didalam 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 susu fermentasi selama penyimpanan pada suhu 4°C, menyimpulkan bahwa pH susu fermentasi sampai hari ke-6 mengalami sedikit penurunan, dan hari ke-6 sampai hari ke-30 pH cenderung stabil.

Berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan peneliti menggunakan media *Lactobacillus* MRS Agar untuk mengetahui pertumbuhan probiotik yang ada pada sampel yaitu pada hari ke 11 sebelum kadaluarsa dan hari ke 11 setelah kadaluarsa. Uji pendahuluan ini menghasilkan bahwa pada hari ke 11 setelah kadaluarsa susu fermentasi memiliki bakteri probiotik sebanyak $170-180 \times 10^6$ cfu/gram sedangkan pada hari ke 11 sebelum kadaluarsa susu fermentasi memiliki bakteri probiotik sebanyak $1120 - 1130 \times 10^6$ cfu/gram. Dari hasil uji pendahuluan tersebut artinya semakin lama susu fermentasi disimpan maka perkembangbiakan bakteri probiotik akan semakin menurun. Oleh karena itu, untuk tetap menjaga bakteri probiotik sesuai dengan SNI. Kailasapathy et al., (2002) menyatakan bahwa jumlah minimal sel probiotik hidup pada produk susu fermentasi untuk dapat berperan sebagai agnesia pemacu kesehatan tubuh adalah sekitar 10^6 sel per gram produk.

Nilai pH susu fermentasi dapat dihubungkan dengan jumlah *Lactobacillus casei* dan jumlah produksi asam oleh bakteri tersebut selama proses

pengubahan glukosa menjadi asam laktat. Jadi, semakin banyak jumlah bakteri *Lactobacillus casei* maka produksi asam laktat akan semakin banyak. Ion H^+ yang dilepas selama proses pembentukan asam laktat tersebut juga semakin banyak. Dengan begitu, susu fermentasi akan semakin asam dan pH susu akan semakin menurun (Khotimah,2014).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ridawati (2017) paparan medan magnet ELF dengan intensitas 300 μT dengan lama paparan menit berpengaruh terhadap perubahan pH susu fermentasi. pH pada susu fermentasi sebelum kadaluarsa pada kelompok kontrol sebesar 3,87 sedangkan pada kelompok eksperimen sebelum kadaluarsa mempunyai pH diatas kelompok kontrol yaitu pH tertinggi pada paparan medan magnet ELF intensitas 100 μT dengan waktu paparan 5 menit dan pH terendah pada paparan medan magnet ELF intensitas 300 μT selama 15 menit.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti akan melakukan penelitian tentang pengaruh paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT dan 200 μT terhadap perubahan pH minuman susu fermentasi dengan lama waktu paparan 5 menit, 30 menit dan 45 menit.. Harapan dari penelitian ini adalah dapat memperpanjang masa kadaluarsa pada minuman susu fermentasi dengan menggunakan paparan medan magnet ELF. Oleh karena itu, peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap pH sebagai Indikator Ketahanan Minuman Susu Fermentasi”**

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Adakah pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH minuman susu fermentasi ?
- b. Intensitas paparan medan magnet ELF yang mana saja yang signifikan terhadap pH minuman susu fermentasi?
- c. Bagaimanakah ketahanan minuman susu fermentasi yang di papar dengan

medan magnet ELF?

1.3 Tujuan Penelitian

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

- a. Untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH minuman susu terfermentasi.
- b. Untuk menunjukkan intensitas yang signifikan terhadap pH minuman susu fermentasi.
- c. Untuk mendeskripsikan pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap ketahanan minuman susu terfermentasi.

1.4 Manfaat Penelitian

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

- a. Sebagai informasi ilmiah tentang pengaruh paparan medan magnet elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH pada masa kadaluarsa minuman susu terfermentasi.
- b. Sebagai informasi ilmiah tentang besar intensitas paparan radiasi medan magnet ELF yang signifikan digunakan untuk memperpanjang ketahanan minuman susu fermentasi.
- c. Sebagai informasi yang ditujukan kepada pabrik memproduksi susu fermentasi bahwa dapat menggunakan alat *ELF Sources* ini untuk memperpanjang masa simpan susu fermentasi yang telah diproduksi.

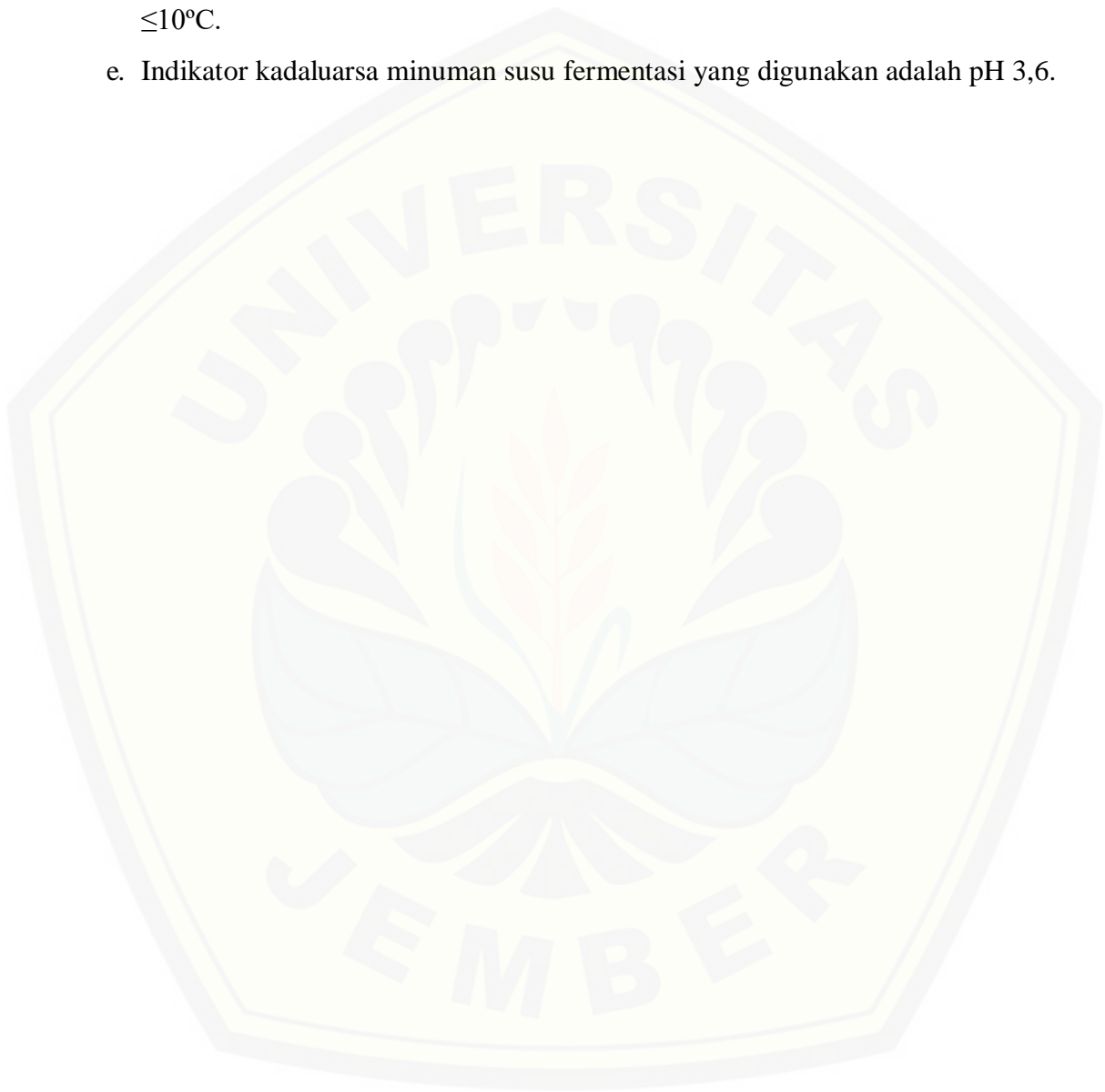
1.5 Batasan Masalah

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 dengan kondisi tempat penelitian menggunakan suhu ruangan.

- 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 pH 3,6.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Spektrum 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.



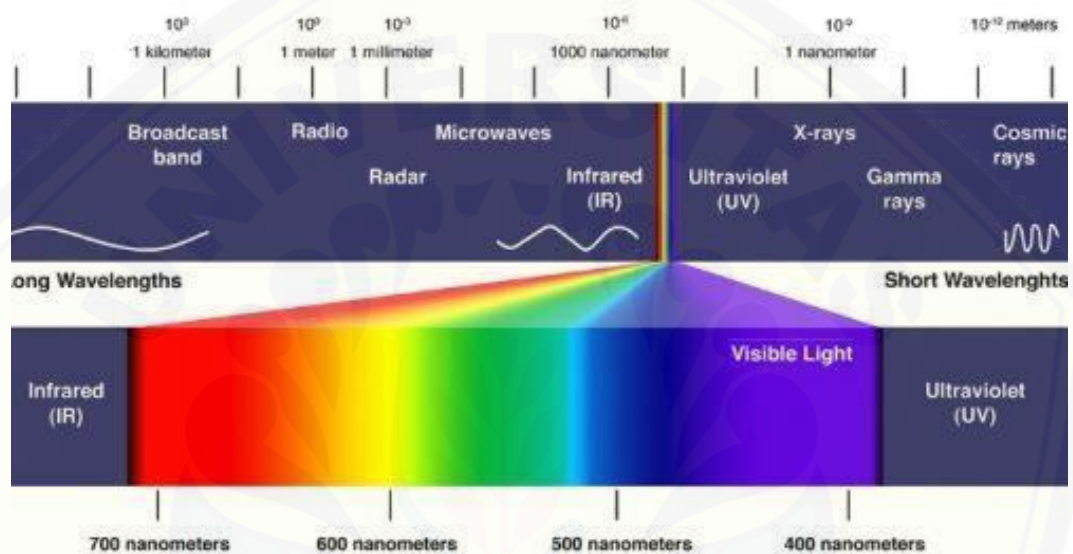
Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik (Sumber: Tipler, 2008)

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 diluar 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.

2.1.1 Karakteristik Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik meliputi gelombang radio, gelombang mikro, infra merah, cahaya tampak, sinar ultraviolet, sinar X, sinar gamma. Medan magnet ELF termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang letaknya berada pada frekuensi yang kurang dari 300 Hz. Radiasi

gelombangelektromagnetik dibagi menjadi 2, yaitu radiasi ionisasi (*ionizing radiation*) atau radiasi pengion dan radiasi non-ionisasi (*non-ionizing radiation*) atau radiasi non pengion. Gelombang elektromagnetik ELF tergolong dalam radiasi non ionizing. Radiasi non ionizing atau non pengion adalah radiasi elektromagnetik dengan energi yang tidak cukup untuk ionisasi, misalnya radiasi infra merah atau radiasi gelombang mikro (Tarigan, 2013).



Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Sumber: Serway, 2004)

2.1.2 Perbedaan Sifat Medan Listrik dan Medan Magnet ELF

Paparan medan magnet yang ditimbulkan oleh sumber terhadap suatu medium diberikan oleh besaran kuat medan magnet (\mathbf{B}). Medan magnet dipengaruhi oleh pergerakan dari perpindahan muatan. Kekuatan medan magnet 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 linear terhadap jarak dari sumber paparan (Grotel, 1992 dalam Sudarti, 2010). Perbedaan sifat medan listrik dan medan magnet ELF dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Sifat Medan Listrik dan Medan Magnet

No	Medan Listrik	Medan Magnet
1.	Medan listrik berasal dari tegangan listrik.	Medan magnet berasal dari arus listrik.
2.	Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per meter.	Kekuatannya diukur berdasarkan satuan ampere per meter. Namun juga umumnya digunakan satuandensitas <i>flux</i> yaitu mikro tesla (μT) atau mili tesla (mT).
3.	Medan listrik tetap dapat dihasilkan walau tidak ada arus mengalir. Sehingga medan listrik tetap ada walaupun alat listrik dalam keadaan mati.	Medan magnet terjadi segera setelah medan listrik dinyalakan.
4.	Kekuatan medan listrik semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya.	Kekuatan medan magnet semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya.
5.	Kebanyakan material bangunan merupakan pelindung medanlistrik.	Medan magnet tidak diperkuat oleh kebanyakan material.

(Sumber:Baafai, 2004)

2.2 Efek Proliferasi Sel Oleh Paparan Medan Magnet ELF

2.2.1 Interaksi Medan Magnet ELF dengan Membran Sel

Struktur sel yang terkena dampak pertama oleh medan magnet elektromagnetik adalah struktur membran sel, dampaknya yaitu perubahan karakteristik semi permeabilitas membran untuk berbagai molekul dan ion. Perubahan konfigurasi lipid dan protein dari membran, serta perubahan tingkat interaksi dari molekul yang berinteraksi dengan membran. Sehingga hasilnya dari perubahan aktivitas kanal molekul dan ion aktif yang menyebabkan perbedaan fungsi dari sel bila dibandingkan dengan fungsi normalnya. (Yalcin dan Erdem, 2004).

Hasil penelitian Sudarti *et al* (2017) menunjukkan bahwa paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) dengan intensitas 500 μT dengan lama paparan 50 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan dan berat jamur tiram. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sudarti *et al* (2014) menunjukkan bahwa potensi genotoksik medan magnet ELF terhadap prevalensi *Salmonella* dalam bahanpangan dengan intensitas sebesar 646,7 μT dengan lama paparan 30 menit mampu menghambat prevalensi *Salmonella typhimurium* sebesar 36,37%.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kristinawati (2015) menunjukkan bahwa pengaruh lama paparan medan magnet ELF terhadap pH dan kadar air pada proses pembuatan keju jenis cream cheese dengan paparan medan magnet ELF intensitas sebesar 100 μ T dengan lama paparan 5 menit mampu merangsang pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang meningkat mengakibatkan penurunan nilai pH dan kadarair.

Berdasarkan hasil penelitian Muharromah (2018) pengaruh paparan medan magnet ELF dengan intensitas 800 μ T selama 45 menit terhadap sifat organoleptik dan pH susu sapi segar berpengaruh terhadap pH, nilai pH pada susu sapi kelompok eksperimen yaitu mulai 3 jam hingga 9 jam setelah diperah memiliki nilai pH yang sesuai dengan syarat mutu yang telah diatur oleh BSN.

2.2.2 Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Proliferasi Sel

Berdasarkan penelitian para ahli, medan magnet dapat berpengaruh pada pembelahan sel yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil Penelitian Pemanfaatan Medan Magnet di Bidang Pangan

Penelitian sebelumnya	Intensitas	Lama Paparan	Dampak
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 (Sadidah, 2015)	300 μ T dan 500 μ T	24jam 48jam 72jam	Menekan pertumbuhan mikroba pada tape ketan/ Meningkatkan nilai pH tape ketan.
Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis Cream Cheese (Kristinawati, 2015)	100 μ T	5 menit	Menurunkan nilai pH keju jenis cream cheese
Respon Salmonella Typhimurium pada Bumbu Gado-gado terhadap Paparan	646,7 μ T	30 menit	Mematikan <i>Salmonella Typhimurium</i> rata-rata sebesar 32,57%

Medan Magnet ELF (Hersa, 2014)			Memperkecil ukuran sel dengan panjang 4.341 μ m dan diameter sebesar 1.41 μ m
Pengaruh Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap Konstanta Dielektrik dan pH sebagai Indikator Ketahanan Buah Anggur (<i>Vitis vinifera</i>) (Mina, 2018)	700 μ T 900 μ T	2x30 menit 2x45 menit	Dapat mempertahankan kualitas fisik buah anggur.
Utilization of <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) Magnetic Field is a Alternative Sterilization of <i>Salmonella typhimurium</i> in Gado- gado (Sudarti, 2016)	646.7 μ T	30 menit	Menghambat prevalensi bakteri <i>Salmonella typhimurium</i> sebesar 36.37%
Pengaruh Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi sebagai Indikator Kadaluarsa (Ridawati, 2017)	300 μ T	5 menit	Meningkatkan nilai pH susu fermentasi sehingga dapat memperpanjang masa kadaluarsa susu fermentasi

2.3 Peran Bakteri Asam Laktat pada Minuman Susu Fermentasi

Susu fermentasi adalah salah satu produk fermentasi berbahan dasar susu. Pada awalnya susu fermentasi dibuat dari susu binatang ternak seperti susu sapi atau susu kambing dengan bentuk seperti bubur atau es krim. Proses pembuatannya adalah susu difermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dan didalamnya terdapat kultur aktif bakteri tersebut (Widowati dan Misgiyarta, 2009).

Susu fermentasi merupakan olahan susu dari hasil fermentasi kedua dari Bakteri Asam Laktat (BAL) sebagai starter, yakni *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* yang hidup bersimbiosis. Lama proses fermentasi akan berakibat pada turunnya pH susu fermentasi dengan rasa asam yang khas, selain itu dihasilkan asam asetat, asetal dehid, dan bahan lain yang mudah menguap. Komposisi susu fermentasi secara umum adalah protein 4-6%, lemak 0,1-1%, 2-3% laktosa, 0,6-1,3% asam laktat, 3,8-4,6% pH (Susilorini dan Sawitri,

2007).

Keberadaan protein yang mudah dicerna serta asam laktat yang meningkatkan penyerapan mineral, membuat susu fermentasi baik dikonsumsi oleh anak-anak dengan gangguan penyerapan di saluran pencernaan (Rinadya, 2008). Susu fermentasi merupakan produk susu yang mengalami fermentasi oleh bakteri asam laktat pada suhu 37-45°C. Susu fermentasi sangat bermanfaat bagi tubuh, baik untuk memperoleh nilai nutrisi juga memberikan manfaat kesehatan terutama bagi pencernaan dimana bakteri-bakteri susu fermentasi yang masuk akan menyelimuti dinding usus sehingga dinding usus menjadi asam dan kondisi ini menyebabkan mikroba- mikroba patogen tidak dapat berkembang biak (Surono, 2004). Susu fermentasi mempunyai nilai gizi yang tinggi dari pada susu segar sebagai bahan dasar dalam pembuatan susu fermentasi, terutama karena meningkatnya total padatan sehingga kandungan zat-zat gizi lainnya meningkat, selain itu susu fermentasi sesuai bagi penderita *Lactose Intolerance* atau yang tidak toleran terhadap laktosa (Wahyudi, 2006).

Pada dasar proses pembuatan susu fermentasi adalah memfermentasikan susu dengan mengembang biakan (*Streptococcus thermophilus*) dan (*Lactobacillus bulgaricus*). Susu yang akan difermentasikan harus dipanaskan terlebih dahulu dengan tujuan untuk menurunkan populasi mikrobia dalam susu dan memberikan kondisi yang baik bagi pertumbuhan perkembangan biakan susu fermentasi serta mengurangi kandungan air dalam susu (Rukmana, 2001). Proses pembuatannya adalah susu difermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dan didalamnya terdapat kultur aktif bakteri tersebut (Widowati dan Misgiyarta, 2009). Winarno dkk., (2003) menyatakan bahwa dasar fermentasi susu atau pembuatan susu fermentasi adalah proses fermentasi komponen gula-gula yang ada di dalam susu, terutama laktosa menjadi asam laktat dan asam- asam lainnya. Asam laktat yang dihasilkan selama proses fermentasi dapat meningkatkan citarasa dan meningkatkan keasaman atau menurunkan pHnya. Semakin rendah pH atau derajat keasaman susu setelah fermentasi akan menyebabkan semakin sedikitnya mikroba yang mampu bertahan hidup dan menghambat proses pertumbuhan mikroba patogen dan mikroba

perusak susu, sehingga umur simpan susu dapat menjadi lebih lama. Proses pembuatan susu yang difermentasi melibatkan peranan mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut dapat berupa bakteri, khamir, kapang atau berupa kombinasi mikroorganisme tersebut (Tamime, 2006). Bakteri asam laktat (BAL) merupakan bakteri yang pada umumnya digunakan dalam fermentasi susu (Yildiz, 2010). Berdasarkan produk yang dihasilkan selama fermentasi, bakteri asam laktat dibedakan menjadi homofermentatif dan heterofermentatif. Bakteri homofermentatif menghasilkan produk fermentasi tunggal yaitu asam laktat, sedangkan bakteri heterofermentatif memproduksi asam laktat dan etanol (Bamforth, 2005). Percampuran beberapa jenis mikroorganismee dapat menghasilkan cita rasa yang unik dan sampai sekarang masih terus di teliti (Yildiz, 2010).

Bakteri asam laktat yang umumnya digunakan dalam fermentasi susu antara lain berasal genus *Streptococcus* dan *Lactobacillus* (Tamime, 2006). Karakteristik bakteri dalam genus *Streptococcus* adalah bentuk bulat, berukuran lebih kecil dari 2 μ m, berstruktur rantai atau berpasangan, non-motil, tidak terdapat endospora, gram positif, fakultatif anaerob, memfermentasi karbohidrat untuk menghasilkan asam laktat, katalase negatif dan tumbuh pada suhu optimum \pm 37°C (Vos dkk, 2009). *Lactobacillus* merupakan bakteri Gram positif, tidak menghasilkan spora, berbentuk batang atau dapat berupa *cocobacilli*, dan fakultatif anaerob. *Lactobacillus* tumbuh pada suhu optimum 30-40°C, dan tumbuh optimal pada pH 5,5-6,2 (Vos dkk., 2009).

Menurut Rahayu (2004) dalam Purwijantiningsih (2007), hasil uji *Salmonella* menunjukkan bahwa tidak ada *Salmonella* pada semua sampel susu fermentasi probiotik. Akumulasi asam laktat yang akan menyebabkan kenaikan keasaman atau penurunan pH. Kondisi asam tinggi atau pH rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk ataupun bakteri patogen. Menurut Widodo (2003) aktivitas antimikroba dari bakteri asam laktat berkaitan dengan adanya asam organik (asam laktat, asam asetat, dan asam format), hidrogen peroksida dan bakteriosin yang dihasilkan.

2.4 Karakteristik Minuman Susu Fermentasi

2.4.1 Peran Bakteri Probiotik dalam Minuman Susu Fermentasi

Shah (2000) mengemukakan bahwa visibilitas bakteri probiotik menurun dalam produk fermentasi dari waktu ke waktu karena keasaman produk hasil aktivitas Bakteri Asam Laktat yang menghidrolisis laktosa didalam 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 susu fermentasi selama penyimpanan pada suhu 4°C, menyimpulkan bahwa pH susu fermentasi sampai hari ke-6 mengalami sedikit penurunan, dan hari ke-6 sampai hari ke-30 pH cenderung stabil.

Berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan peneliti dengan menggunakan media *Lactobacillus* MRS Agar untuk mengetahui pertumbuhan probiotik yang ada pada sampel yaitu pada hari ke 11 sebelum kadaluarsa dan hari ke 11 setelah kadaluarsa. Uji pendahuluan ini menghasilkan bahwa pada hari ke 11 sebelum kadaluarsa susu fermentasi memiliki bakteri probiotik sebanyak $1,12 \times 10^9 - 1,13 \times 10^9$ cfu/gram, sedangkan pada hari ke 11 setelah kadaluarsa susu fermentasi memiliki bakteri probiotik sebanyak $0,17 \times 10^9 - 0,18 \times 10^9$ cfu/gram. Dari hasil uji pendahuluan tersebut artinya semakin lama susu fermentasi disimpan maka perkembangbiakan bakteri probiotik akan semakin menurun. Oleh karena itu, untuk tetap menjaga bakteri probiotik sesuai dengan SNI. Menurut Kailasapathy *et al.*, (2002), jumlah minimal sel probiotik hidup pada produk susu fermentasi untuk dapat berperan sebagai agnesia pemacu kesehatan tubuh adalah sekitar 10^6 sel per gram per produk.

Nilai pH susu fermentasi dapat dihubungkan dengan jumlah *Lactobacillus casei* dan jumlah produksi asam oleh bakteri tersebut selama proses perubahan glukosa menjadi asam laktat. Jadi, semakin banyak jumlah bakteri *Lactobacillus casei* maka produksi asam laktat akan semakin banyak. Ion H^+ yang dilepas selama proses pembentukan asam laktat tersebut juga semakin banyak.

Dengan begitu, susu fermentasi akan semakin asam dan pH susu akan semakin menurun (Khotimah,2014).

Rahayu (2004) dalam Purwijantiningsih (2007) menyatakan bahwa hasil uji *Salmonella* menunjukkan bahwa tidak ada *Salmonella* pada semua sampel susu fermentasi probiotik. Akumulasi asam laktat yang akan menyebabkan kenaikan keasaman atau penurunan pH. Kondisi asam tinggi atau pH rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk ataupun bakteri patogen. Jika pH terlalu tinggi dan tidak sesuai dengan standart pengolahan susu fermentasi maka produk tersebut tidak layak untuk dipasarkan. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi luar seperti suhu penyimpanan.

Menurut Widodo (2003), aktivitas antimikroba dari bakteri asam laktat berkaitan dengan adanya asam organik (asam laktat, asam asetat, dan asam format), hidrogen peroksida dan bakteriosin yang dihasilkan. Untuk lebih mengetahui kandungan gizi yang terdapat pada susu fermentasi, dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan Gizi Susu Fermentasi per 100 mg

Komponen	Kandungan (per 100 mg)
Energi (Kkal)**)	42-62
Nilai pH	4,2-4,4
Protein (g)	4,5-5,0
Karbohidrat (g)**)	6-7
Lemak (g)**)	-
Kalsium (mg)	130-176
Magnesium (mg)	17
Potassium (mg)	226

Keterangan: *) Untuk susu fermentasi yang diberi tambahan gula

***) Untuk susu fermentasi yang tidak diberi tambahan gula

Syarat mutu susu fermentasi berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2981:2009 dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Syarat Mutu Yoghurt

No	Kriteria	Yoghurt Tanpa Perlakuan Panas Setelah Fermentasi		Yoghurt dengan Perlakuan Panas Setelah Fermentasi	
		Yoghurt	Yoghurt Rendah Lemak	Yoghurt	Yoghurt Rendah Lemak
1	Keadaan				
1.1	Kenampakan	Cairan kental	Padat	Cairan kental	Padat
1.2	Bau	Normal/khas	Normal/khas	Normal/khas	Normal/khas
1.3	Rasa	Asam/khas	Asam/khas	Asam/khas	Asam/khas
1.4	Konsistensi	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
2	Kadar lemak (%b/b)	Min 3.00	0.6-2.9	Min 3.0	0.6-2.9
3	Total padatan susu bukan lemak (%b/b)	Min 8.2	Min 8.2	Min 8.2	Min 8.2
4	Protein (Nx6,38)(%b/b)	Min 2.7	Min 2.7	Min 2.7	Min 2.7
5	Kadar abu (% b/b)	Maks 1.0	Maks 1.0	Maks 1.0	Maks 1.0
6	Keasaman (dihitung sebagai asam laktat) (% b/b)	0.5-2.0	0.5-2.0	0.5-2.0	0.5-2.0
7	Cemaran logam				
7.2	Tembaga (Cu) (mg/kg)	Maks 20.0	Maks 20.0	Maks 20.0	Maks 20.0
7.3	Timah (Sn) (mg/kg)	Maks 20.0	Maks 20.0	Maks 20.0	Maks 20.0
8	Timbal (Pb) (mg/kg)	Maks 20.0	Maks 20.0	Maks 20.0	Maks 20.0
9	Cemaran mikroba				
9.1	Bakteri <i>Coliform</i> (APM/g atau koloni/g)	Maks 10	Maks 10	Maks 10	Maks 10
9.2	<i>Salmonella</i>	Negatif 25 g	Negatif 25 g	Negatif 25 g	Negatif 25 g
9.3	<i>Listeria monocytogenes</i>	Negatif 25 g	Negatif 25 g	Negatif 25 g	Negatif 25 g
10	Jumlah Bakteri starter* (koloni/g)	Min 10 ⁷	Min 10 ⁷		

2.4.2 Masa Kadaluaarsa

Beberapa bahan dianggap rusak bila menunjukkan penyimpangan konsistensi serta tekstur dari keadaan yang normal. Bahan yang normal mempunyai konsistensi kental bila keadaannya menjadi encer maka hal ini merupakan tanda suatu kerusakan (Winarno dan Laksmi, 1974). Bentuk kerusakan

lain adalah kerusakan yang ditimbulkan oleh mikroba. Kerusakan oleh mikroba dapat diketahui secara visual misalnya timbulnya miselium dan spora, atau dapat diketahui dari timbulnya bau yang menyimpang dan dapat pula dengan pemeriksaan secara mikroskopis. Kerusakan yang sering terjadi pada susu fermentasi adalah timbulnya jamur pada permukaan (Helferich dan Westhoff, 1980). Contohnya susu fermentasi pada pH 3,9 sampai 4,2 dalam penyimpanan suhu dingin ketika terkontaminasi maka akan cepat mengalami kerusakan karena perkembangan jamur dan ragi.

Kerusakan pada penyimpanan suhu kamar akibat tumbuhnya dipermukaan susu fermentasi dan kerusakan akibat timbulnya whey yang berlebihan. Whey adalah cairan berwarna kuning kehijauan yang terpisah dari susu fermentasi (Helferich dan Westhoff, 1980). Kerusakan yang diakibatkan oleh timbulnya whey yang berlebihan menunjukkan besarnya perubahan kualitas susu fermentasi selama penyimpanan suhu kamar. Pada penyimpanan suhu kamar pada hari ketiga sudah terjadi kerusakan dengan penurunan pH yang sangat besar serta total asam yang tinggi.

Kerusakan pada penyimpanan suhu 10°C umumnya disebabkan karena timbulnya jamur pada permukaan susu fermentasi. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kerusakan susu fermentasi pada penyimpanan suhu 10°C mulai timbul pada minggu ke-3 penyimpanan. Penelitian menunjukkan bahwa susu fermentasi dapat dikatakan aman dari kerusakan pada penyimpanan suhu 10°C sampai 2 minggu penyimpanan. Susu fermentasi yang segera disimpan pada suhu 4-5°C masih baik untuk dikonsumsi setelah 7-10 hari penyimpanan (Helferich dan Westhoff, 1980).

Penyimpanan susu fermentasi pada prinsipnya adalah pengawetan susu fermentasi itu sendiri. Winarno dan Laksmi (1974) menuliskan bahwa pengawetan adalah suatu teknik atau tindakan yang dilakukan oleh manusia pada suatu bahan sedemikian rupa sehingga bahan tersebut tidak mudah rusak. Selanjutnya dikatakan bahwa pengawetan bertujuan menghambat atau mencegah terjadinya kerusakan, mempertahankan kualitas dan menghindari terjadinya keracunan. Untuk produk air susu yang difementasi, sifat asam cukup untuk mencegah terjadinya kerusakan oleh bakteri proteolitik atau bakteri yang tidak

tahan asam (Frazier dan Westhoff,1979).

Jawetz (1980) menyatakan bahwa penyimpanan pada suhu rendah merupakan salah satu cara pengendalian dari pembiakan mikroorganisme. Selanjutnya dikatakan bahwa pada suhu rendah aktivitas kuman sangat terhambat dan hampir tidak ada aktivitas pada suhu di bawah titik beku. Frazier dan Westhoff (1978) mengatakan bahwa keadaan dingin biasanya mengakibatkan penurunan dalam jumlah besar mikroorganisme yang hidup dalam suatu makanan, tetapi keadaan dingin juga dapat menyebabkan denaturasi sel-sel protein. Penanganan susu fermentasi setelah inkubasi dengan pembekuan, tidak memperlihatkan efek kerusakan pada kerusakan perkembang biakan starter susu fermentasi atau aktivitas laktosa (Speek dan Geoffrion, 1980).

2.5 Kerangka Konsep

Adapun konsep dan alur dalam penelitian ini ditunjukkan dalam kerangka konsep berikut:



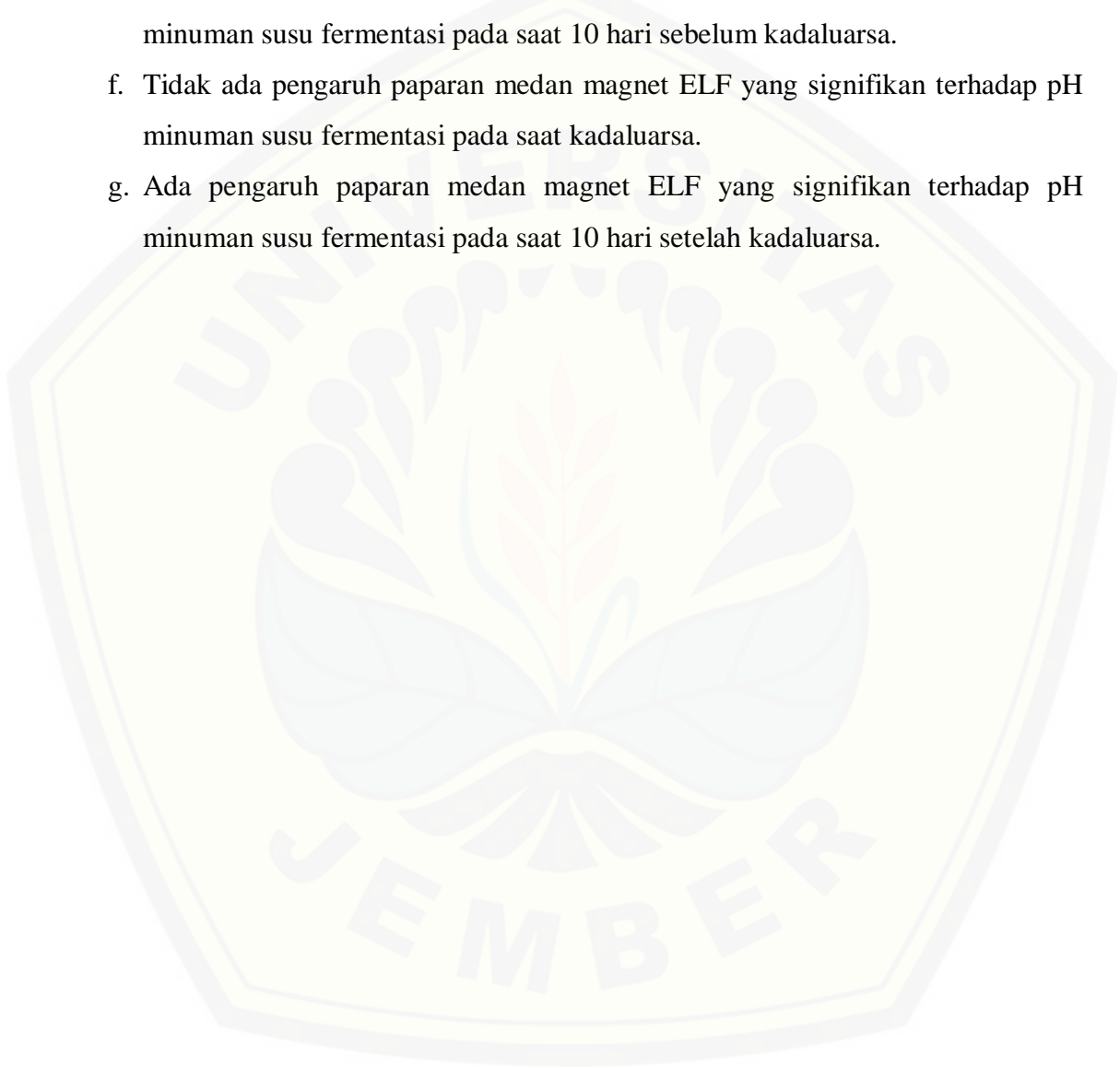
Gambar 2.3 Kerangka Konsep Penelitian

2.6 Hipotesis Penelitian

Dalam penelitian ini hipotesis berfungsi sebagai jawaban sementara terhadap masalah yang akan diteliti. Berdasarkan uraian diatas, maka hipotesis pada penelitian ini yaitu:

- a. Radiasi medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) ada pengaruh terhadap derajat keasaman (pH).
- b. Radiasi medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) tidak ada pengaruh terhadap derajat keasaman (pH).

- c. Ada pengaruh paparan medan magnet ELF yang signifikan terhadap pH minuman susu fermentasi pada saat 30 hari sebelum kadaluarsa.
- d. Ada pengaruh paparan medan magnet ELF yang signifikan terhadap pH minuman susu fermentasi pada saat 20 hari sebelum kadaluarsa.
- e. Tidak ada pengaruh paparan medan magnet ELF yang signifikan terhadap pH minuman susu fermentasi pada saat 10 hari sebelum kadaluarsa.
- f. Tidak ada pengaruh paparan medan magnet ELF yang signifikan terhadap pH minuman susu fermentasi pada saat kadaluarsa.
- g. Ada pengaruh paparan medan magnet ELF yang signifikan terhadap pH minuman susu fermentasi pada saat 10 hari setelah kadaluarsa.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester gasal tahun ajaran 2019/2020 pada dua tempat sebagai berikut:

- a. Alat penghasil medan magnet (*ELF Magnetic Field Sources*) yang digunakan dalam penelitian terdapat pada Laboratorium Fisika, Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNEJ.
- b. Laboratorium Fisika, Pendidikan Fisika FKIP UNEJ, sebagai tempat pengukuran pH dari sampel penelitian.

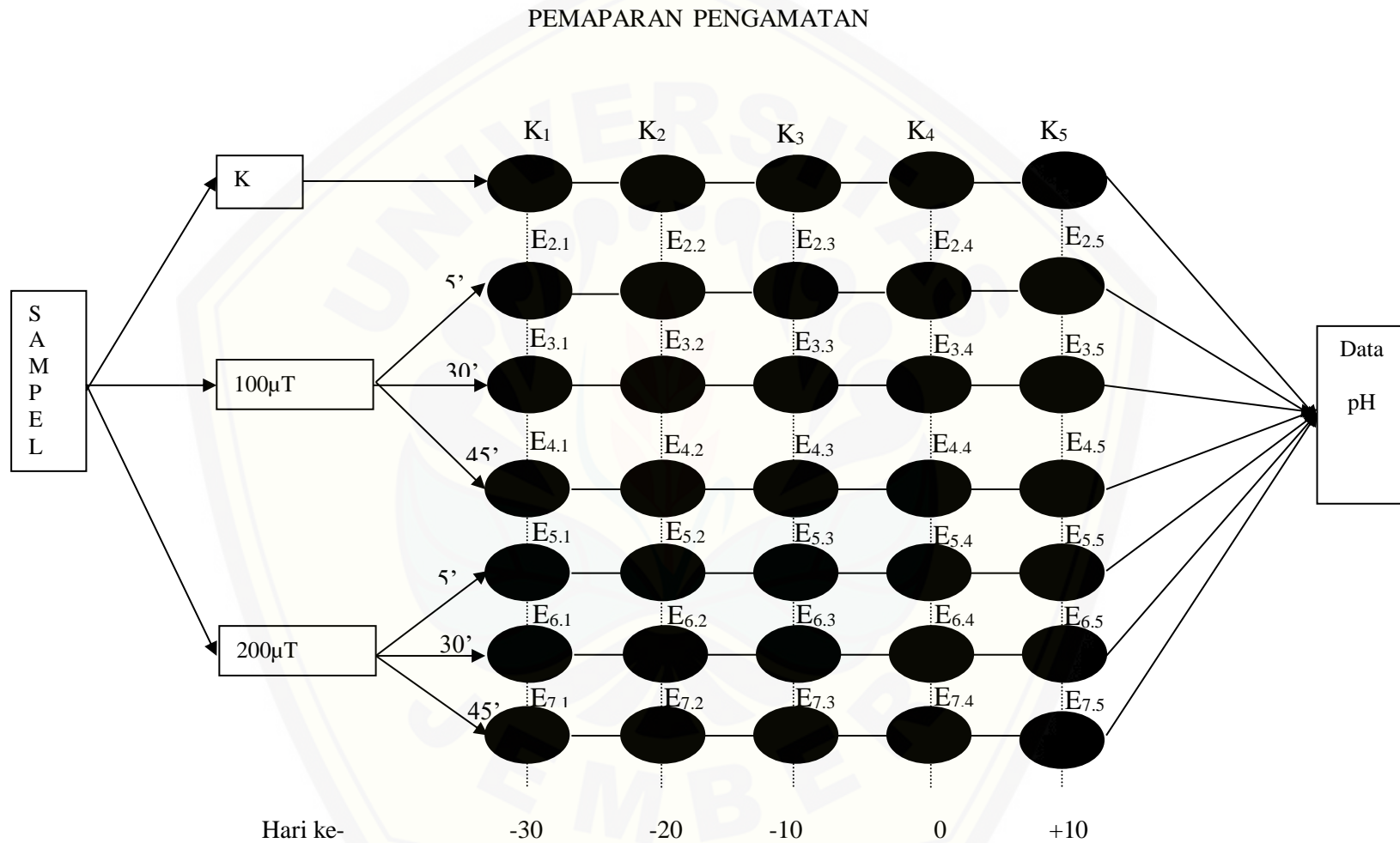
3.2 Jenis dan Desain Penelitian

3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian True Eksperiment Laboratorium, yaitu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui suatu gejala yang timbul akibat dari adanya perlakuan tertentu. Dengan cara membandingkan hasil pengamatan kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan (paparan medan magnet ELF) dengan kelompok eksperimen yang diberi perlakuan (paparan medan magnet ELF).

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 digunakan rancang acak lengkap dengan satu faktor dan 7 perlakuan, setiap perlakuan dilakukan tiga kali pengulangan. Dalam penelitian ini terdapat kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT dan 200 μT yang dipapar selama 5 menit, 30 menit, dan 45 menit dan kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak dipapar medan magnet ELF. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan :

- K₁-K₅ : Sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF.
- E_{2.1}-E_{2.5} : Sampel kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF intensitas 100 μ T dengan lama paparan 5 menit pada hari ke -30, 20, -10, 0, +10.
- E_{3.1}-E_{3.5} : Sampel kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF intensitas 100 μ T dengan lama paparan 30 menit pada hari ke -30, -20, -10, 0, +10.
- E_{4.1}-E_{4.5} : Sampel kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF intensitas 100 μ T dengan lama paparan 45 menit pada hari ke -30, -20, -10, 0, +10.
- E_{5.1}-E_{5.5} : Sampel kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF intensitas 200 μ T dengan lama paparan 5 menit pada hari ke -30, 20, -10, 0, +10.
- E_{6.1}-E_{6.5} : Sampel kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF intensitas 200 μ T dengan lama paparan 30 menit pada hari ke -30, -20, -10, 0, +10.
- E_{7.1}-E_{7.5} : Sampel kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF intensitas 200 μ T dengan lama paparan 45 menit pada hari ke -30, -20, -10, 0, +10.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan objek penelitian atau variabel yang digunakan untuk titik perhatian dalam penelitian. Variabel penelitian dibagi menjadi 3 yaitu variabel bebas, variabel kontrol dan variabel terikat yang akan dijelaskan berikut ini:

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 100 μ T dan 200 μ T dan lama

paparan medan magnet ELF yaitu 5 menit, 30 menit dan 45 menit.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diukur sebagai indikator dari pengaruh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai pH 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 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 yang konstan. Pada penelitian ini lebih ditekankan pada efek yang disebabkan oleh medan magnet ELF.
2. Intensitas medan magnet ELF yang digunakan adalah 100 μT dan 200 μT . 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 5 menit, 30 menit, dan 45 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. Jumlah Bakteri

Pada produk olahan susu fermentasi terdapat bakteri baik yang bermanfaat untuk usus dan proses pencernaan yaitu bakteri *Lactobacillus casei*.

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 transformer arus (*Current Transformer*) masing-masing 100/5 A, 300/5 A, dan 600/5A.
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 sebagai berikut:

1. Tegangan satu fasa 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 lisitriknya 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 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. Beker gelas

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

e. Alat dan bahan yang digunakan untuk menghitung jumlah bakteri:

1. Pipet tetes

Pipet tetes digunakan untuk mengambil sampel sebanyak 1 ml untuk dilarutkan ke dalam 9 ml aquadest dalam tabung reaksi.

2. Tabung reaksi

Tabung reaksi digunakan untuk tempat mencampur 1 ml sampel dengan 9 ml aquadest.

3. Rak tabung reaksi

Rak tabung reaksi digunakan untuk menaruh tabung reaksi.

4. Beaker glass

Beaker glass digunakan untuk memanaskan / memasak media.

5. Spatula

Spatula digunakan untuk mengaduk media yang dimasak.

6. Cawan petri

Cawan petri digunakan sebagai wadah media.

7. L glass

L glass digunakan untuk meratakan sampel yang disemprotkan ke media yang telah dituang ke cawan petri.

8. Bunzen

Bunzen digunakan untuk proses sterilisasi penanaman bakteri.

9. Vortex

Vortex digunakan untuk mencampurkan suatu bahan.

10. Kompor listrik

Kompor listrik digunakan untuk memanaskan sesuatu.

11. Neraca

Neraca digunakan untuk menimbang massa sejumlah bahan kimia hingga ukuran miligram.

12. Mikro Pipet

Mikro pipet digunakan untuk memindahkan cairan atau larutan.

3.4.2 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. KCL 0,01 Molar
- b. Air aquadest
- c. 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 susu fermentasi merk "X". Pemilihan sampel menggunakan susu fermentasi merk X karena merupakan produk olahan susu fermentasi yang sudah dikenal dan disukai masyarakat karena

mengandung bakteri probiotik yang dibutuhkan tubuh yaitu membantu dan memperlancar pencernaan usus, disukai karena memiliki rasa yang agak asam, agak manis, berwarna cerah dan menarik, serta homogen dan tidak berbau, harga terjangkau.

Sampel yang digunakan 105 sampel yang masing-masing sampel memiliki volume 65 ml. Pada kelompok kontrol sampel yang digunakan 15 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 100 μT dan 200 μT dengan lama paparan 5 menit, 30 menit, dan 45 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.

- Input sumber tegangan PLN 220 volt, dan frekuensi 50Hz
- Intensitas (I) paparan medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian ini sebesar $\pm 100 \mu\text{T}$ dan 200 μT .
- Lama paparan medan magnet ELF dalam penelitian ini 5 menit, 10 menit dan 15 menit.

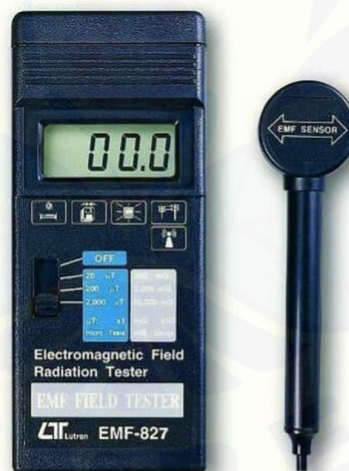
Adapun alat sumber paparan medan magnet ELF seperti gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alat Sumber Paparan Medan Magnet

Berikut ini langkah-langkah proses pemaparan medan magnet ELF *Electromagnetic Field Sources*.

- a. Menghidupkan dan memastikan ELF *Electromagnetic Field Sources* telah terhubung dengan listrik. Apabila telah terhubung dengan sumber tegangan, *pilot lamp* akan menyala.
- b. Memastikan output tegangan slide voltage regulator adalah nol, dengan cara memutar knob berlawanan arah jarum jam (ke kiri) hingga knob tak dapat diputar lagi. 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.
- c. Memutar knob searah jarum jam (ke kanan) sampai didapatkan besaran atau intensitas medan magnet yang diinginkan dibantu dengan alat EMF Tester.
- d. Menekan push button (warna hijau) untuk mematikan regulator arus.



Gambar 3.3 EMF Tester Lutron EMF-827 (Sumber: Rian, tanpa tahun)

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 merk Lutron EMF-827.

Prosedur Pengoperasian EMF-827, sebagai berikut.

- a. Memposisikan „*offrange switch*’ ke *range* yang sesuai. Memulai dari *range* tertinggi dan tunggu hingga nilai terukur stabil lalu gantilah ke *range* yang diinginkan. Karena EM merupakan interferensi dari lingkungan, maka layar akan menunjukkan nilai terkecil sebelum pengukuran misalnya hingga mencapai $0,05 \mu\text{T}$. Hal ini bukanlah malfungsi alat.
- b. Memegang *probe sensor*, lalu mendekatkan kepala sensor ke objek yang akan diukur sehingga tersentuh secara fisis. Memperhatikan bagaimana intensitas medan bertambah ketika *probe* didekatkan ke arah objek.
- c. Memposisikan kepala sensor di sudut yang berbeda terhadap objek yang akan diukur dan lihat bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengukuran.
- d. Mencatat hasil pengukuran yang tertera pada layar. Jika objek yang diukur mati selama pengukuran, seharusnya hasil pengukuran mendekati nol, jika tidak artinya ada sumber EM lain yang terdeteksi.
- e. Alat ukur ini 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.

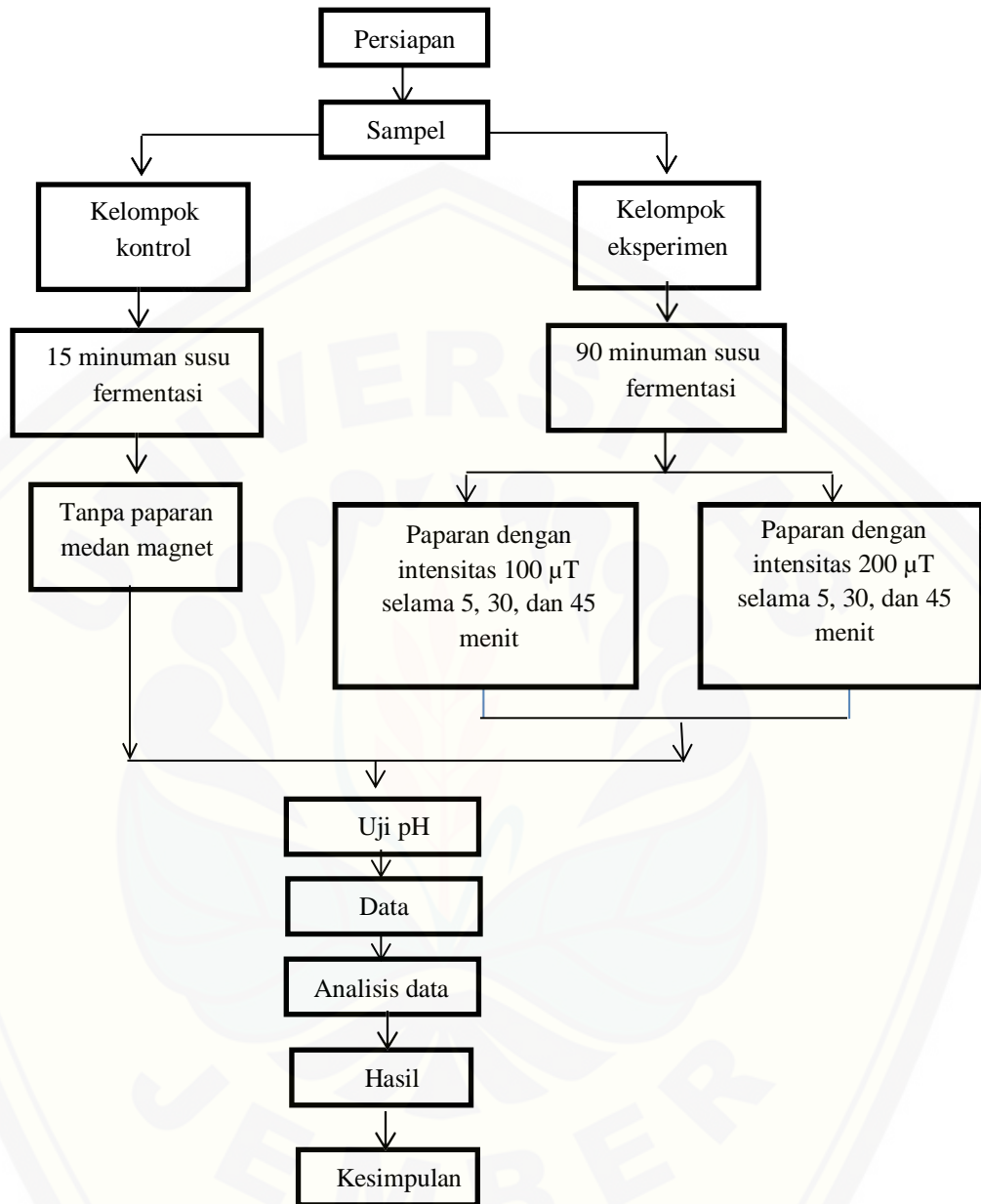
3.5.4 Tahap Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini adalah Nilai 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 pHmeter.

3.5.5 Bagan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Menyiapkan susu fermentasi sebanyak 105 sampel.
- b. Susu fermentasi dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol sebanyak 15 sampel dan kelompok eksperimen sebanyak 90 sampel (kelompok eksperimen 1100 μ T sebanyak 45 sampel dan kelompok eksperimen 2200 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 100 μ T dan 200 μ T selama 5 menit, 30 menit dan 45 menit.
- e. Setelah melewati proses paparan medan magnet ELF, pada sampel susu fermentasi dilakukan penyimpanan di kulkas.
- f. Pengambilan data nilai pH dilakukan pada saat 10 hari setelah masa kadaluarsa susu fermentasi untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen sebanyak 3 sampel untuk masing-masing perlakuan secara acak.
- g. Eksperimen pada saat masa kadaluarsa sebanyak 3 sampel untuk masing-masing perlakuan secara acak.
- h. Melakukan analisa data.
- i. Membahas hasil analisa data.
- j. Menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 3.4 Bagan Prosedur Penelitian

3.6 Metode Analisis Data

3.6.1 Tabel Hasil Pengukuran

Pengukuran pH pada kelompok kontrol dan eksperimen dengan menggunakan alat pH meter.

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

Kelompok	K	Pengukuran pH pada hari (kadaluarsa)				
		-30	-20	-10	0	+10
Kontrol						
Eksperimen	100 μ T 5'					
	100 μ T 30'					
	100 μ T 45'					
	200 μ T 5'					
	200 μ T 30'					
	200 μ T 45'					

3.6.2 Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini menggunakan bantuan software SPSS 23 dengan menggunakan uji *Kruskal - Wallis*. SPSS 23 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. Uji *Kruskal - Wallis* digunakan untuk mengetahui apakah ada atau tidak adapengaruh paparan medan magnet ELF terhadap sampel yang telah dipapar. Uji selanjutnya adalah post hoc yaitu menggunakan uji *Mann Whitney* yang 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 pada bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Ada pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH minuman susu fermentasi.
2. Intensitas paparan medan magnet ELF yang signifikan terhadap minuman susu fermentasi terjadi pada 30 hari sebelum kadaluarsa, 20 hari sebelum kadaluarsa, dan 10 hari setelah kadaluarsa.
3. Ketahanan minuman susu fermentasi yang dipapar dengan medan magnet ELF dapat ditunjukkan pada 30 hari sebelum kadaluarsa dengan intensitas 100 μ T yang dipapar selama 5 menit dan 45 menit, pada intensitas 200 μ T yang dipapar selama 5 menit, 30 menit dan 45 menit serta pada 20 hari sebelum kadaluarsa pada intensitas 200 μ T dipapar selama 45 menit menghasilkan pH paling tinggi yaitu 3,7.

5.2 Saran

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

1. Untuk peneliti selanjutnya meletakkan bahan penelitian ke tempat yang memiliki suhu stabil agar bakteri yang ada pada bahan tidak rusak.
2. Untuk peneliti selanjutnya harap menambah intensitas medan magnet ELF dan lama waktu pemaparan agar hasil bisa lebih maksimal.

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.
- Akopyan dan Airapetyan. 2005. A Study of Specific Electrical Conductivity of Water By the Action of Constan Magnetic Field, and Low-Frequency Mechanical Vibrations. *Biofisika*. 30(2):265-270.
- Baafai, U.S. 2004. Sistem Tenaga Listrik : Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat. *Pidato Pengukuhan*. Sumatera Utara: PIDATO Disampaikan pada waktu Pengukuhan Guru besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2981:2009. Yoghurt. Jakarta: Standart Nasional Indonesia.
- Bamforth, C.W. 2005. Food, Fermentation and microorganisms. Blackwell Publishing, Oxford.
- Bird, Tony. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Fanworth, E. R. 2001. *Probiotics and Prebiotics*. Di dalam : Wildman REC, editor. *Nutraceuticals and Functional Foods*. CRC Press. New York.
- Frazier, W. C. dan D. Westhoff. 1979. *Food Microbiology 3rd Edition*. Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Gandjar, I.G dan Rohman, A. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta :

PustakaPelajar.

Garip, *et al.* 2011. Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Growth Rate and Morphology of Bacteria. *Int. J. Radiat. Biol.* 8 (1) 1-8.

Guntoro, Helmi. 2013. Rancang Bangun *Magnetic Door Lock* Menggunakan *Keypad* dan *Solenoid* Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno, *Jurnal FPTK*. Universitas Pendidikan Indonesia.

Helferich, W. dan D. Westhoff. 1980. *All About Yogurt*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Hersa, V. T. 2014. Respon Salmonella typhimurium pada Bumbu Gado-Gado terhadap Paparan *Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field*. *Skripsi*. Jember : Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.

Hulbert, A.L., Metcalfe. J.C, dan Hesketh R. 1998. Biological Responses to Electromagnetic Fields. *Jurnal Biochemistry*. Vol. 12(6):395-420.

International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNRIP). 2010. *ICNRIP Guidelines for limiting Exposure To Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz-100 KHz)*. *Health Physics*, 99 (6) : 818-836.

Jawetz, E., Melnick, J.L. and Alberg, E.A. 1980. *Review of Medical Microbiology*. 14 thed., Lange Medical Publication. LosAltos.

Jay, J.M., M.J. Loessner, & D.A. Golden. 2005. *Modern Food Microbiology*. 7th ed. Springer Science, New York: xx +790 hlm.

Kailasapathy, K. 2002. Microencapsulation of Probiotic bacteria : technology

and potential applications. Sydney: Centre for Advanced Food Research.

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.

Kosikowski, F. 1982. Cheese and Fermented Milk Food. F.V. Kosikowski Associates Brooktondale. NY.

Koswara, S. 1995. *Teknologi Pengolahan Kedelai menjadi Makanan Bermutu*. Cetakan ketiga, Penerbit Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.

Kristinawati, Andika. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) 300 μ T 500 μ T terhadap Perubahan Jumlah Mikrobadan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan Hitam. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 4 (1):1-8.

Ma'rufiyati, 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: UniversitasJember.

Madigan, M.T., J.M. Martinko, & D.A Stahl. 2011. *Biology of Microorganisms*. 13th ed. Benjamin Cummings, San Francisco: xxviii + 1040 hlm.

Manab, Abdul. 2008. *Physical Properties of Yoghurt During Storage 4°C*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. Vol.3, No. 1:52-58.

Mina, M.N. 2018. Pengaruh Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap

- Konstanta Dielektrik dan pH sebagai Indikator Aetahanan Buah Anggur. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Muharromah, A.N.N. et al. 2018. Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap Sifat Organoleptik dan pH Susu Sapi Segar. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 3(2). ISSN : 2527-5917.
- Purnomo, H. 2010. Pengaruh Keasaman Buah Jeruk terhadap Konduktivitas Listrik *ORBITH* 6 (2): 276-281.
- Purwijantiningih, Ekawati. 2007. Pengaru Jenis Prebiotik terhadap Kualitas Yoghurt Probiotik. *Biota*. Vol 12 (3). ISSN : 0853-8670.
- Rahman, A., S. Fardiaz, W.P. Rahayu, Sukantari, C. C. Nurwitri. 1987. *Teknologi Fermentasi Susu*. Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahmatullah, H. 2009. Pengaruh Gelombang Elektromagnet Frekuensi Ekstrim Rendah terhadap Kadar Trigliserida Tikus Putih. *Skripsi*. Solo : Universitas Sebelas Maret.
- Ridawati, Safda. 2017. Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi sebagai Indikator Kadaluarsa. *FKIP e-PROCEEDING*.
- Rinadya. 2008. *10 Alasan Mengkonsumsi Yoghurt*. By Kompas Cyber Media.
- Rukmana HR. 2001. *Yoghurt dan Karamel Susu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sadidah, KR., Sudarti., dan A.A Gani. 2015. Pengaruh 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*. 4(1): 1-8.
- Saleh, E. 2004. *Teknologi Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak*. Program Studi Produksi Ternak, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara.

Medan.

Sari, *et al.* 2012. “Proses Pengawetan Sari Buah Apel (*Mallus Sylvestris* Mill) Secara Non-Termal Berbasis Teknologi Oscillating Magnetik 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.

Speek, M.C and J.W. Geoffrion. 1980. Lactose and Starter Culture Survivor Inthat and Frozen Yoghurt. *J. Food Protection*.

Sudarti dan Prihandono. 2014. “Potensi Genostik 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 II-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. 2010. Mekanisme Peningkatan Kalsium Sel Germinal pada Mencit Balb/C yang Dipapar Medan Magnet ELF 100-150 μ T. Jember: UniversitasJember.

Sudarti. 2016. Utulization of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field is as Alternative Sterilization of Salmonella typhimurium In Gado-Gado. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. (9):317-322.

Sudarti, *et al.*2017. Analysis of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Effect to Oyster Mushroom Productivity. *International Journal*

- of Advanced Engineering Research and Science*. Vol. 4(10). IJAERS.
- Surono, I.S. 2004. *Probiotik Susu Fermentasi dan Kesehatan*. PT. Tri Cipta Karya. Jakarta.
- Susilorini, T.E. dan M.E. Sawitri. 2007. *Produk Olahan Susu*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sutrisno dan Gie, T.I. 1979. *Fisika Dasar 1 :Listrik Magnet dan termofisika*. Bandung: ITB.
- Swerdlow, A.J. 2006. *Power Frequency Electromagnetic Fields, Melatonin, and The Risk of Breast Cancer (Report of an Independent Advisory Group on Non Ionising Radiation)*. Series B : Radiation, Chemical and Enviromental Hazards. United Kingdom: Health Protection Agency.
- Tamime, A.Y. 2006. *Fermented Milks*. Blackwell Publishing, Oxford: xvii + 266 hlm.
- Tamime, A.Y. and Deeth, H.C. 1989. Yogurt Technology and Biochemistry. *J.Food Protection* 43 (12) : 937-977.
- Tarigan, T.R.P. 2013. Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik yang Ditimbulkan oleh Telepon Seluler. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1(1).
- Tipler P.A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik (edisi ketiga)*. Jakarta: PT Erlangga.
- Tribuana, N. 2000. Pengukuran Medan Listrik dan Medan Magnet di Bawah SUTET 500 kV (online). <http://www.elektroindonesia.com/el>
- Vos, P. De, G.M. Garrity, D. Jones, N.R. Krieg, W. Ludwig, F.A. Rainey, K.H. Schleifer, & W. B. Whitman. 2009. *Bergey's Manual of Systematic*

Bacteriology Volume Three: The Firmicutes. 2nd ed. Springer, Athens: xxvi + 1422 hlm.

Wahyudi, M. 2006. *Proses Pembuatan dan Analisis Mutu Yoghurt*. Buletin Teknik Pertanian Vol. 11 No. 1, 2006. Teknisi Litkayasa Pelaksana pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor.

Waites, M.J., N.L. Morgan, J.S. Rockey, & G. Higon. 2001. *Industrial Microbiology: an introduction*. Blackwell Science, London: xi + 288 hlm.

Widodo. 2003. *Bioteknologi Pengolahan Susu*. Lacticia. Press, Yogyakarta.

Widowati, S., dan Misgiyarta. 2009. *Efektifitas Bakteri Asam Laktat (BAL) dalam Pembuatan Produk Fermentasi Berbasis Protein/Susu Nabati*. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian. Prosiding.

Winarno, F.G, Ahnan, W.W dan W. Widjajanto. 2003. *Flora Usus dan Yoghurt*. Mbrio Press. Bogor.

Winarno, F.G. & B.S. Laksmi. 1974. *Dasar Pengawetan Pangan, Sanitasi dan Peracunan*. Departemen Teknologi Hasil Pertanian. IPB-Press. Bogor.

World Health Organization (WHO) 2007. *Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Field*. Geneva : WHO Press.

Yalcin, S. dan Erdem, G. 2012. Biological Effect of Electromagnetic Fields (review). *African Journal of Biotechnology*. Vol 11(17):3933:3941.

Yildiz, F. 2010. *Development and Manufacture of Yoghurt and other*

Functional Dairy Products. CRC Press. New York: xi + 440 hlm.

Young, Hugh D. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Fransisco : Pearson Education, Inc.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Data Penelitian

Kelompok		pH Susu Fermentasi pada hari Ke-				
		-30	-20	-10	0	+10
Kontrol	K ₁	2,1	2,4	3,6	3,6	3,5
		2,1	2,4	3,6	3,6	3,5
		2,1	2,4	3,6	3,6	3,5
	K ₂	2,1	2,4	3,5	3,6	3,5
		2,1	2,4	3,5	3,6	3,5
		2,1	2,4	3,5	3,6	3,5
	K ₃	2,2	2,4	3,5	3,6	3,5
		2,2	2,4	3,5	3,6	3,5
		2,2	2,4	3,5	3,6	3,5
Eksperimen	E _{100-5'}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-5'}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-5'}	3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-30'}	3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-30'}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-30'}	3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,6	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-45'}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-45'}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{100-45'}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	E _{200-5'}	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,5	3,4
		3,7	3,6	3,5	3,5	3,4
E _{200-5'}	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	
	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	
	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	

E _{200-5°}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
E _{200-30°}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
E _{200-30°}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
E _{200-30°}	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,6	3,5	3,6	3,4
E _{200-45°}	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
E _{200-45°}	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
E _{200-45°}	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4
	3,7	3,7	3,5	3,6	3,4

LAMPIRAN 2. Dokumentasi Penelitian



Persiapan sampel untuk di papir



Persiapan Pemaparan Medan Magnet ELF



Menuangkan sampel untuk pengukuran pH menggunakan pHmeter



Pengukuran pH menggunakan pHmeter

JEMBER

LAMPIRAN 3. Matriks Penelitian

Matriks Penelitian

Judul	Rumusan Masalah	Variabel	Sumber Data	Metode Penelitian
Penaruh Paparan Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 100 μ T dan 200 μ T Terhadap pH sebagai Ketahanan Minuman Susu Fermentasi	<p>a. Apakah paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH minuman susu fermentasi?</p> <p>b. 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) 100 μT dan 200 μT selama 5 menit, 30 menit, 45 menit. Variabel kontrol : ketahanan susu fermentasi Variabel terikat : pH 	Data hasil eksperimen	<ol style="list-style-type: none"> Jenis penelitian : Eksperimen Laboratorium Tempat penelitian: Laboratorium Fisika Lanjut FKIP UNEJ dan Laboratorium Fisika Pendidikan Fisika FKIP UNEJ. Data yang diambil : pH pada susu fermentasi Analisis data: menggunakan bantuan software SPSS 23 menggunakan uji <i>Kruskal – Wallis</i>.