



PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH SUSU SAPI SEGAR SEBAGAI INDIKATOR KEDALUWARSA

SKRIPSI

Oleh :

Nelly Nur Ayu Muharromah

NIM 150210102046

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH SUSU SAPI SEGAR SEBAGAI INDIKATOR KEDALUWARSA

SKRIPSI

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

Oleh :

Nelly Nur Ayu Muharromah

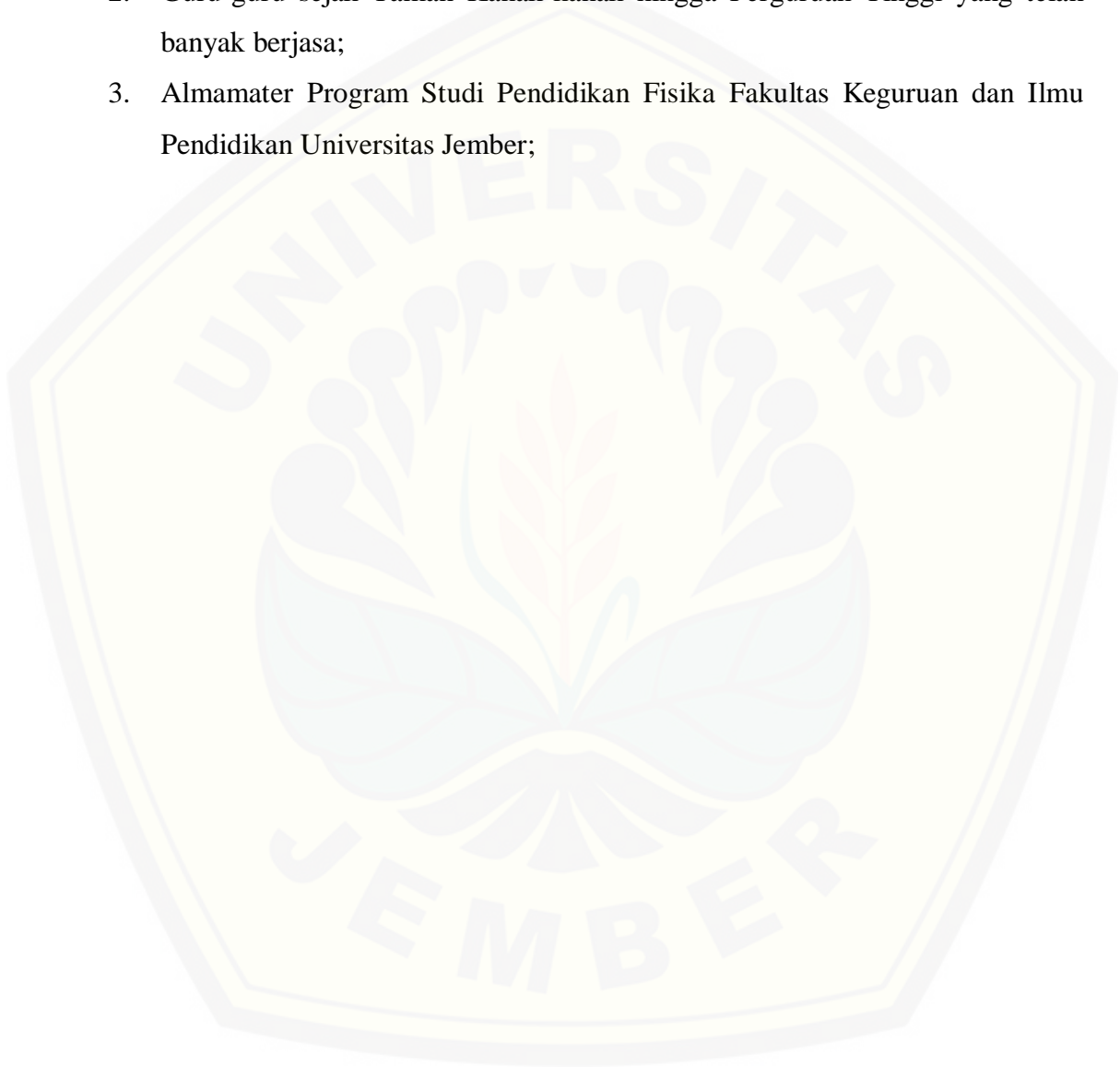
NIM 150210102046

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Nursalam dan Ibunda Sri Susilowati yang tercinta;
2. Guru-guru sejak Taman Kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi yang telah banyak berjasa;
3. Almamater Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;



MOTTO

Dia (Allah) mengetahui apa yang di hadapan mereka dan apa yang di belakang mereka; dan hanya kepada Allah dikembalikan segala urusan. Wahai orang-orang yang beriman! Rukuklah, sujudlah, dan sembahlah Tuhanmu; dan berbuatlah kebaikan, agar kamu beruntung.

*(terjemahan Surat Al-Hajj ayat 76-77)**



*) Lajnah Pentashih Mushaf Al-Qur'an Departemen Agama Republik Indonesia. 2007. *Al-Qur'an Dan Terjemahannya Special for Woman*. Jakarta: Sy9ma Creative Media Corp

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nelly Nur Ayu Muharromah

NIM : 150210102046

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH Susu Sapi Segar sebagai Indikator Kedaluwarsa” 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 bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 22 April 2019

Yang menyatakan,

Nelly Nur Ayu Muharromah

NIM 150210102046

SKRIPSI

PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH SUSU SAPI SEGAR SEBAGAI INDIKATOR KEDALUWARSA

Oleh :

Nelly Nur Ayu Muharromah

NIM 150210102046

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Subiki, M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH Susu Sapi Segar sebagai Indikator Kedaluwarsa” karya Nelly Nur Ayu Muharromah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 22 April 2019

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Sudarti, M.Kes

NIP. 19620123 198802 2 001

Drs. Subiki, M.Kes

NIP. 19630725 199402 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc

NIP. 19680710 199302 1 001

Drs. Maryani, M.Pd

NIP. 19640707 198902 1 002

Mengesahkan,
Dekan,

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

NIP. 196808021993031004

RINGKASAN

Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap pH Susu Sapi Segar sebagai Indikator Kedaluwarsa; Nelly Nur Ayu Muharromah; 150210102046; 91 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan teknologi berbasis listrik dalam kehidupan sehari-hari meningkat sehingga menyebabkan peningkatan intensitas radiasi gelombang elektromagnetik di lingkungan, salah satunya *Extremely Low Frequency (ELF)* yang berfrekuensi 0-300 Hz, bersifat ionizing, non-termal dan tak terhalangi. Dalam kehidupan sehari-hari, *Extremely Low Frequency (ELF)* banyak dihasilkan dari peralatan listrik yang menggunakan arus bolak-bolak (AC). Efek paparan medan magnet ELF juga mulai banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang salah satunya yaitu bidang pangan. Bahkan, peneliti melakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap peningkatan teknologi pengawetan pada bahan pangan. Salah satu bahan pangan yang memiliki masa simpan relatif singkat adalah susu sapi segar.

Desain penelitian yang digunakan dalam adalah *randomized subjects post test only control group design*, yang terdiri dari kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen terbagi menjadi dua bagian yaitu kelompok dengan paparan medan magnet ELF intensitas 800 μT dan 1000 μT yang masing-masing dipapar selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium ELF Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember dan di Laboratorium Biokimia Program Studi Kimia universitas Jember.

Kualitas susu sapi segar dapat diamati melalui sifat fisiknya yaitu pH. Selain itu, pengamatan melalui organoleptik aroma, tekstur dan warna pada susu sapi segar juga dapat digunakan untuk mengetahui kualitas dari susu sapi segar. Semakin lama penyimpanan susu sapi segar maka semakin banyak produksi bakteri asam laktat didalam susu sapi segar sehingga mengakibatkan susu sapi segar mengalami peningkatan keasaman. Meningkatnya keasaman pada susu sapi segar mengakibatkan nilai pH susu sapi segar menurun, sehingga ion hidrogen

(ion H^+) didalam susu segar sedikit dan berdampak pada peningkatan nilai daya hantar listrik susu sapi segar. Dengan adanya teknologi penghasil medan magnet ELF, arus induksi yang dihasilkan dari medan magnet ELF akan menghambat produksi bakteri asam laktat karena arus induksi tersebut menyebabkan perubahan kecepatan gerakan ion Ca^{2+} ekstraseluler melewati membran sel. Apabila ion Ca^{2+} masuk kedalam sel melebihi atau kurang dari jumlah yang dibutuhkan oleh sel maka dapat menghambat pertumbuhan sel atau bahkan menyebabkan kerusakan pada sel.

Berdasarkan hasil penelitian, paparan medan magnet dengan intensitas 1000 μT selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit dapat membuat susu sapi segar bertahan selama 7 jam setelah diperah ditinjau dari pengukuran pH susu sapi segar. Selain itu, terdapat hubungan (korelasi) negatif antara pH susu sapi segar dengan Daya Hantar Listrik (DHL) susu sapi segar artinya pH susu sapi segar dengan Daya Hantar Listrik (DHL) susu sapi segar berbanding terbalik yaitu semakin rendah nilai pH susu sapi segar maka semakin tinggi nilai Daya Hantar Listrik (DHL) susu sapi segar dan sebaliknya. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap organoleptik aroma dan tekstur susu sapi segar, namun tidak berpengaruh terhadap organoleptik warna susu sapi segar.

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 Susu Sapi Segar sebagai Indikator Kedaluwarsa”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada program studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

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

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah memberikan fasilitas sehingga skripsi ini dapat selesai;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA yang telah memberikan fasilitas sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
3. Dr. Sri Astutik, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Dr. Sudarti, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Subiki, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
5. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Maryani, M.Pd., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikirannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. Drs. Alex Harijanto, M.Si., selaku Kepala Laboratorium Fisika yang telah memberikan izin tempat sehingga penelitian saya dapat terselesaikan;
7. Ibu Sari dan Bapak Dulkhohim selaku Kepala dan Teknisi Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah berkenan memberi izin penggunaan alat dan membantu dalam pelaksanaannya;

8. Ayahanda Nursalam, Ibunda Sri Susiloati, Kakak kembar Nella Nur Ayu Muharromah, dan anggota keluarga lainnya yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
9. Pimpinan serta para pegawai “Bestcow Farm” Ajung Jember yang telah mengizinkan penulis untuk menggunakan hasil perah susu sapi segar sebagai bahan utama dalam penelitian ini;
10. Teman-temanku Emi Ariyani, Linda Ali Ramadani, Nur Aida, Nur Faizah, Selly Oktadika, Isnaini Kurnia Sari, dan keluarga Pendidikan Fisika 2015 yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan selalu melatih kesabaran kepada penulis;
11. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan kontribusi dan bantuannya demi kelancaran pengerjaan skripsi ini.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 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	6
2.2 Persamaan Maxwell	8
2.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	14
2.4 Gelombang Elektromagnetik ELF	15
2.4.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik ELF	15
2.4.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF	15
2.4.3 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF	16
2.5 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan	17
2.6 Susu Sapi Segar	18
2.7 Interaksi Medan Magnet ELF terhadap pH Susu Sapi Segar	22
2.8 Hubungan pH Susu Sapi Segar dengan Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar	24
2.9 Indikator Kedaluwarsa Susu Sapi Segar	26
2.10 Kerangka Konseptual	29
2.11 Hipotesis Penelitian	31
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.2 Variabel Penelitian	32
3.2.1 Variabel Bebas	32
3.2.2 Variabel Terikat	32
3.3 Definisi Operasional Variabel Penelitian	32

3.4	Alat dan Bahan	33
3.4.1	Alat-alat	33
3.4.2	Bahan	36
3.5	Sampel dan Besar Sampel	36
3.5.1	Sampel	36
3.5.2	Besar Sampel	36
3.6	Jenis dan Desain Penelitian	37
3.6.1	Jenis Penelitian	37
3.6.2	Desain Penelitian	37
3.7	Prosedur Penelitian	41
3.7.1	Tahap Persiapan	41
3.7.2	Tahap Perlakuan	41
3.7.3	Tahap Penyimpanan	43
3.7.4	Tahap Pengumpulan Data	43
3.7.5	Bagan Prosedur Penelitian	45
3.8	Teknik Penyajian Data	48
3.9	Teknis Analisis Data	50
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1	Hasil Penelitian	52
4.1.1	Deskripsi Data pH Susu Sapi Segar	53
4.1.2	Deskripsi Data Organoleptik Aroma, Tekstur dan Warna Susu Sapi Segar	61
4.2	Analisis Data	65
4.2.1	Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH Susu Sapi Segar	65
4.2.2	Korelasi antara pH Susu Sapi Segar dengan Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar	67
4.2.3	Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Organoleptik Aroma, Tekstur dan Warna Susu Sapi Segar	69
4.3	Pembahasan	73
4.3.1	Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH Susu Sapi Segar	73
4.3.2	Korelasi antara pH Susu Sapi Segar dengan Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar	76
4.3.3	Pengaruh paparan Medan Magnet ELF terhadap Organoleptik Aroma, Tekstur dan Warna Susu Sapi Segar	77
BAB 5.	PENUTUP	80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR TABEL

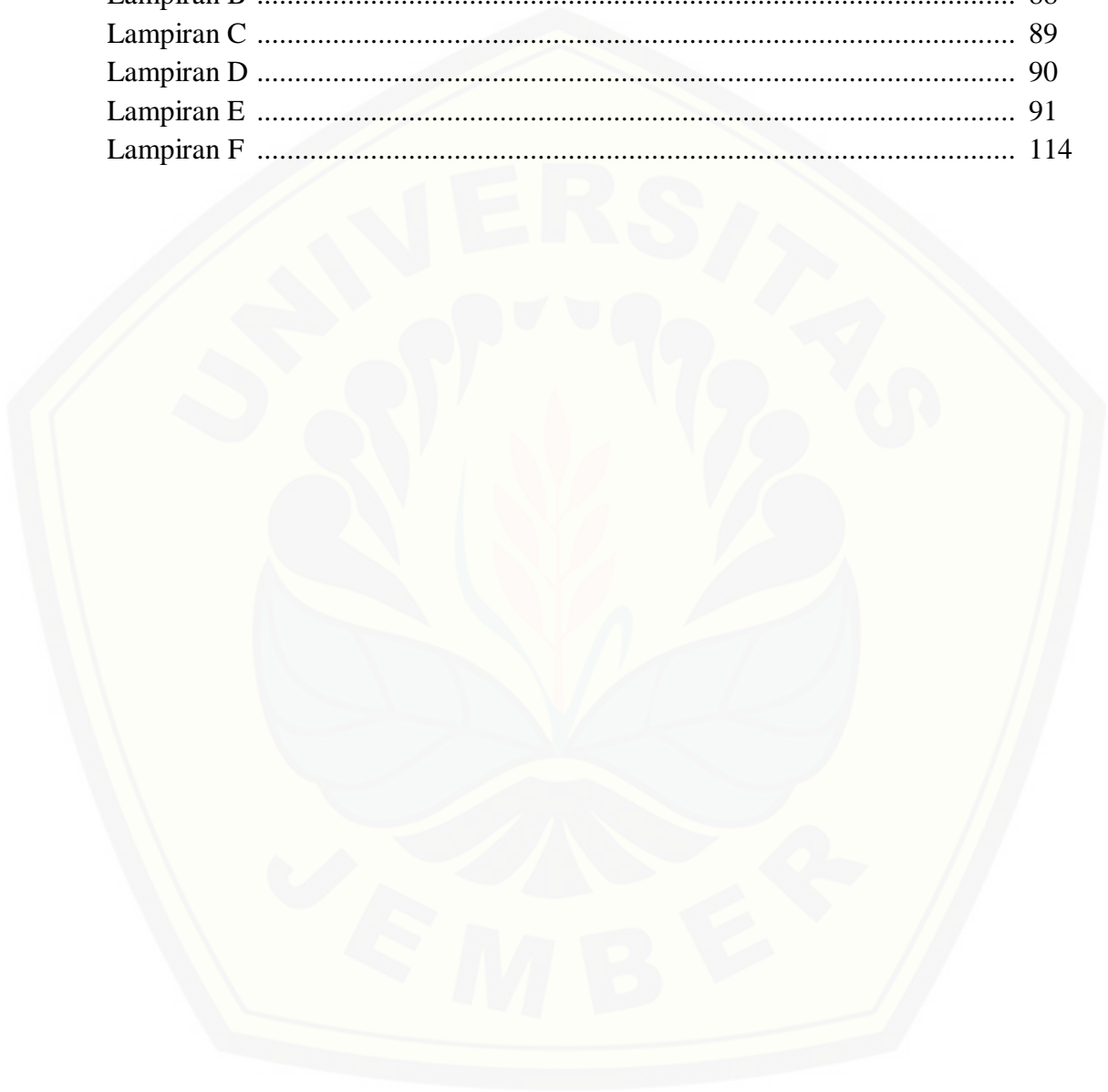
	Halaman
2.1 Karakteristik medan listrik dan medan magnet	7
2.2 Hasil pengukuran medan magnet disekitar peralatan rumah tangga	16
2.3 Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan	17
2.4 Komposisi susu sapi segar	19
2.5 Syarat mutu susu sapi segar	28
3.1 Data hasil pengukuran pH susu sapi segar	48
3.2 Data hasil pengukuran daya hantar listrik (DHL) susu sapi segar	48
3.3 Data hasil uji organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar	49
4.1 Rata-rata pH awal susu sapi segar	53
4.2 Rata-rata pH susu sapi segar kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T)	53
4.3 Rata-rata nilai awal DHL susu sapi segar	59
4.4 Rata-rata DHL susu sapi segar kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T)	59
4.5 Rata-rata nilai organoleptik dan kriteria aroma susu sapi segar	62
4.6 Rata-rata nilai organoleptik dan kriteria tekstur susu sapi segar	63
4.7 Rata-rata organoleptik dan kriteria warna susu sapi segar	64
4.8 Hasil uji normalitas menggunakan <i>Nonparametric Test One Sample K-S</i>	65
4.9 Hasil uji Anova <i>Multiple Comparisons Post Hoc</i>	66
4.10 Hasil korelasi pearson antara pengukuran pH susu sapi segar dengan DHL susu sapi segar	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Perambatan arah getar gelombang elektromagnetik	5
2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik	14
2.3 Kerangka konseptual	31
3.1 <i>ELF Magnetic Field Sources</i>	34
3.2 <i>EMF Tester</i>	35
3.3 <i>Conductivity meter</i>	35
3.4 Desain penelitian	38
3.5 Bagan prosedur penelitian	47
4.1 Diagram pH kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 4 jam setelah susu sapi diperah	54
4.2 Diagram pH kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 7 jam setelah susu sapi diperah	55
4.3 Diagram pH kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 10 jam setelah susu sapi diperah	56
4.4 Diagram pH kelompok kontrol dan eksperimen I (800 μ T) pada pengukuran 4 jam, 7 jam dan 10 jam setelah susu sapi diperah	57
4.5 Diagram pH kelompok kontrol dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 4 jam, 7 jam dan 10 jam setelah susu sapi diperah	58
4.6 Diagram DHL kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 4 jam setelah susu sapi diperah	59
4.7 Diagram DHL kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 7 jam setelah susu sapi diperah	60
4.8 Diagram DHL kelompok kontrol, eksperimen I (800 μ T) dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 10 jam setelah susu sapi diperah	60
4.9 Diagram DHL kelompok kontrol dan eksperimen I (800 μ T) pada pengukuran 4 jam, 7 jam dan 10 jam setelah susu sapi diperah	61
4.10 Diagram DHL kelompok kontrol dan eksperimen II (1000 μ T) pada pengukuran 4 jam, 7 jam dan 10 jam setelah susu sapi diperah	61
4.11 Diagram pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap uji organoleptik aroma susu sapi segar	69
4.12 Diagram pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap uji organoleptik tekstur susu sapi segar	71
4.13 Diagram pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap uji organoleptik warna susu sapi segar	72

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A	86
Lampiran B	88
Lampiran C	89
Lampiran D	90
Lampiran E	91
Lampiran F	114



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri atas medan listrik dan medan magnet yang berasilasi dan membawa energi dari satu tempat ke tempat lainnya tanpa memerlukan medium perantara. Radiasi yang dipancarkan oleh gelombang elektromagnetik memiliki spektrum yang luas dan frekuensi yang beragam, dimulai dari frekuensi sangat tinggi hingga frekuensi sangat rendah yang disebut *Extremely Low Frequency* (ELF). Gelombang elektromagnetik ELF banyak dihasilkan dari penggunaan arus bolak-balik (AC) pada peralatan listrik dalam kehidupan sehari-hari. Meningkatnya penggunaan peralatan listrik dalam kehidupan sehari-hari mengakibatkan paparan gelombang elektromagnetik ELF di lingkungan meningkat, sehingga anggapan bahwa paparan gelombang elektromagnetik ELF memberikan dampak negatif bagi kesehatan makhluk hidup mulai banyak diperbincangkan. Namun, berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan oleh para peneliti gelombang elektromagnetik ELF dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan, bidang industri, bidang pertanian dan pangan sebagai pengawetan.

Beberapa penelitian terkait hal tersebut antara lain menurut Sudarti, *et al* (2014), pemaparan medan magnet ELF yang dilakukan selama 30 menit dengan intensitas 646,7 μT dapat menghambat prevalensi *Salmonella typhimurium* sebesar 36,37 %. Penelitian Sadidah, *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pemaparan medan magnet ELF selama 30 menit pada saat 72 jam setelah peragian dapat menurunkan jumlah mikroba, sedangkan pemaparan selama 30 menit pada saat 24 jam setelah peragian meningkatkan nilai pH. Menurut Kristinawati, *et al* (2015) paparan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT selama 5 menit berpengaruh terhadap penurunan nilai pH dan penurunan kadar air dalam proses pembuatan keju jenis *cream cheese*. Berdasarkan uraian penelitian diatas, paparan medan magnet ELF pada bahan pangan memiliki manfaat yang besar dalam menghambat pertumbuhan mikroba, sehingga dapat mengawetkan bahan pangan. Hasil ini didapatkan karena karakteristik dari medan magnet ELF itu sendiri yang

memiliki frekuensi dibawah 300 Hz, bersifat *non-ionizing*, non termal dan tidak terhalangi (Sudarti *et al.* 2014). Adanya karakteristik medan magnet ELF yang memberikan manfaat pada pengawetan bahan pangan, maka mendorong peneliti untuk mengkaji pengaruh medan magnet ELF terhadap bahan pangan yang mudah membusuk atau kedaluwarsa yaitu susu sapi segar.

Susu sapi merupakan minuman kaya kalsium yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tulang yang dapat dikonsumsi oleh semua kalangan baik anak-anak maupun orang dewasa. Setiap 100 gram susu sapi mengandung 125 miligram kalsium (Buckle *et al.*, 2010:276). Menurut SNI-3141.1:2011, susu sapi segar merupakan susu sapi hasil perah dengan teknik yang benar tanpa adanya perlakuan dan tanpa adanya pemberian sesuatu apapun didalamnya (BSN). Menurut Muslim *et al.* (2013:36), nilai gizi tinggi yang dimiliki oleh susu mengakibatkan susu menjadi media pertumbuhan dan perkembangan bakteri. Pertumbuhan bakteri pada susu sapi segar dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pada suhu ruang (Arini, 2017:120). Susu sapi segar dapat bertahan selama 4 jam dalam suhu ruang setelah proses pemerahan. Hal ini dibuktikan melalui penelitian Nababan *et al.* (2014:280) yang menyatakan bahwa ketahanan susu sapi segar dalam suhu ruang adalah 4 jam ditinjau dari uji tingkat keasaman (pH), uji didih dan waktu reduktase. Menurut penelitian Fitri, *et al* (2013) penentuan kesegaran susu menggunakan *Time-Temperature Indicator* (TTI) berbasis ekstrak kunyit didasarkan pada pengamatan nilai pH, bau dan total mikroba yang telah dilakukan di suhu ruang memperoleh hasil yaitu 2 jam pertama susu dalam kondisi segar, 2-4 jam kondisi susu masih segar, dan kondisi susu tidak segar setelah terpapar suhu ruang lebih dari 4 jam. Berdasarkan penelitian yang telah dipaparkan tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketahanan susu sapi segar pada suhu ruang menjadi salah satu permasalahan kualitas pada susu sapi segar.

Penurunan kualitas atau kedaluwarsa pada susu sapi segar memiliki ciri-ciri yang spesifik. Menurut Rustini (2010), ciri-ciri susu sapi segar mengalami kedaluwarsa adalah terjadi perubahan pada aroma, warna, rasa dan tekstur. Pengujian pada aroma, warna, rasa dan tekstur dapat dilakukan secara organoleptik yaitu melalui pengamatan menggunakan indera manusia. Faktor

utama kedaluwarsa pada susu sapi segar adalah aktivitas bakteri asam laktat yaitu bakteri yang mengubah komposisi laktosa pada susu sapi segar menjadi asam laktat. Meningkatnya jumlah bakteri asam laktat pada susu sapi segar, mengakibatkan keasaman susu sapi segar meningkat, sehingga susu sapi segar menghasilkan pH yang rendah. Susu sapi segar yang memiliki pH rendah akan menghasilkan ion hidrogen (ion H^+) yang besar, hal ini akan berkontribusi dalam pengukuran konduktivitas listrik. Hal ini dibuktikan melalui penelitian Sugito, *et al.* (2009), pada proses pemeraman pulp kakao semakin tinggi keasaman pulp kakao (pH rendah), maka semakin tinggi konduktivitas listriknya. Menurut Sumardilan, *et al.* (2015) penambahan pengawet alami pada sari buah belimbing wuluh dapat menurunkan nilai pH, semakin tinggi tingkat keasaman maka sifat kelistrikannya akan semakin baik. Oleh karena itu, pengukuran fisis untuk mengetahui kedaluwarsa pada susu sapi segar dapat menggunakan uji derajat keasaman (pH) dan daya hantar listrik.

Berdasarkan uraian diatas, permasalahan kedaluwarsa pada susu sapi segar dapat diselesaikan menggunakan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF), karena paparan medan magnet ELF dapat menembus struktur susu sapi segar, tetapi tidak merusak unsur atau komposisinya sehingga nilai gizi dari susu sapi segar tetap terjaga. Selain itu, besarnya intensitas medan magnet ELF yang dipapar pada susu sapi segar dapat menurunkan jumlah mikroba di dalamnya sehingga susu sapi segar dapat di konsumsi dalam jangka panjang. Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH Susu Sapi Segar sebagai Indikator Kedaluwarsa”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH susu sapi segar?

- b. Bagaimana korelasi antara pH susu sapi segar dengan daya hantar listrik susu sapi segar?
- c. Bagaimana pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut :

- a. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap pH susu sapi segar.
- d. Mengkaji korelasi antara pH susu sapi segar dengan daya hantar listrik susu sapi segar.
- b. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar

1.4 Manfaat Penelitian

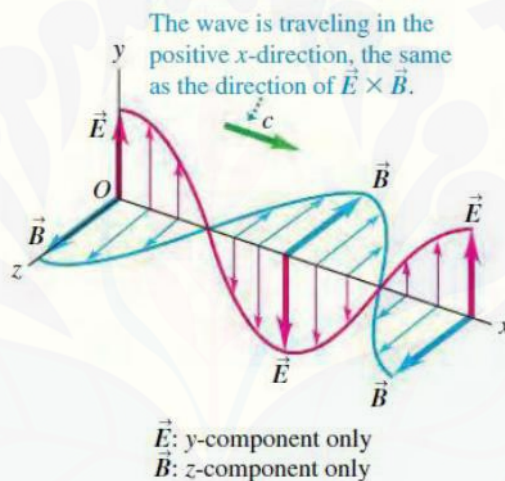
- a. Memberikan penjelasan mengenai teknologi alternatif yang dapat digunakan dalam bidang pangan yaitu susu sapi segar dengan memanfaatkan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)*
- b. Memberikan pengetahuan dan media pembelajaran tentang medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)*
- c. Digunakan sebagai acuan dan pertimbangan untuk melakukan penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnet

Gelombang elektromagnetik dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik dalam suatu waktu (Young dan Freedman, 2015:1061). Perambatan gelombang elektromagnetik tidak memerlukan suatu medium perantara. Gelombang elektromagnetik memiliki arah getar vektor medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus, hal ini dapat dilihat pada ilustrasi gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Perambatan arah getar gelombang elektromagnetik (Sumber: Young dan Freedman, 2015:1060)

Berdasarkan gambar 2.1 dapat diketahui bahwa medan listrik \vec{E} terletak pada sumbu y , sedangkan medan magnet \vec{B} terletak pada sumbu z . Pada semua titik hasil vektor $\vec{E} \times \vec{B}$ merupakan arah gelombang merambat (Young dan Freedman, 2015:1060). Gelombang elektromagnetik memiliki karakteristik sebagai berikut.

- Medan listrik \vec{E} dan medan magnet \vec{B} saling tegak lurus satu sama lain dan tegak lurus terhadap arah rambat gelombangnya.
- Gelombang elektromagnetik dapat merambat tanpa melalui suatu medium. Apa 'yang bergerak' pada gelombang elektromagnetik merupakan medan listrik dan medan magnet.

- c. Terdapat perbandingan pasti antara besarnya \vec{E} dan \vec{B} , hal ini dikarenakan perubahan keduanya terjadi pada saat yang bersamaan.
- d. Gelombang elektromagnetik termasuk jenis gelombang transversal
- e. Gelombang elektromagnetik dapat mengalami proses pemantulan, pembiasan, polarisasi, interferensi, dan difraksi.

Gelombang elektromagnetik memiliki besar cepat rambat yang ditentukan oleh besaran permitivitas listrik dan permeabilitas magnetik. Kecepatan gelombang elektromagnetik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.1)$$

Persamaan diatas secara eksperimental nilainya sama dengan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s dalam udara), hal ini menunjukkan bahwa cahaya merupakan gelombang elektromagnetik (Ishaq, 2007:179).

2.1.2 Medan Listrik dan Medan Magnet

a. Medan Listrik

Medan listrik merupakan gaya yang ditimbulkan oleh muatan-muatan listrik (Swerdlow, 2006:11). *International Commission Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) (2010) menyatakan bahwa medan listrik memiliki satuan dalam Volt per meter (Vm^{-1}). Sifat dari medan listrik yaitu terhalangi, artinya intensitas medan listrik mengalami penurunan apabila terhalangi suatu benda. Intensitas medan listrik di bawah jaringan transmisi tegangan tinggi akan mengalami penurunan intensitas sampai kira-kira 10-100 kali lebih rendah oleh penghalang atap rumah penduduk dan tergantung pada jenis dan struktur penghalang.

Apabila muatan listrik diletakkan di suatu titik, maka muatan lain pada setiap titik yang berada disekeliling muatan tadi mengalami gaya listrik sehingga dapat dikatakan bahwa pada setiap muatan tadi terdapat medan listrik (Guntoro, 2013:22). Menurut Loeksmanto (1993:16), medan listrik (\vec{E}) dapat diidentifikasi sebagai besaran vektor yang berubah dari titik ke titik dalam ruang, tergantung pada konfigurasi atau bentuk muatan sumber.

b. Medan Magnet

Medan magnet adalah daerah di sekitar magnet yang mempengaruhi benda bermuatan yang bergerak disekitarnya mengalami suatu gaya. Sifat dari medan magnet yaitu tidak mudah terhalangi dan mampu menembus benda dengan mudah. Medan listrik maupun medan magnet akan semakin kuat intensitasnya apabila dekat dengan sumber dan berkurang intensitasnya seiring pertambahan jarak dari sumber (WHO, 2016). Medan magnet timbul dari pergerakan muatan listrik (arus) dalam satuan tesla (T) atau militesla (mT) atau microtesla (μT). Beberapa negara menggunakan unit lain yang disebut gauss (G) untuk satuan medan magnet yaitu $10.000 \text{ G} = 1 \text{ T}$.

Tabel 2. 1 Karakteristik medan listrik dan medan magnet

Medan Listrik	Medan Magnet
1. Medan listrik dihasilkan dari tegangan listrik.	1. Medan magnet berasal dari arus listrik
2. Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per meter	2. Kekuatan medan magnet diukur menggunakan satuan ampere per meter, namun satuan dari medan magnet umumnya menggunakan satuan densitas <i>flux</i> yaitu mikrottesla (μT) atau militesla (mT)
3. Kekuatan medan listrik akan lemah apabila jauh dari sumbernya	3. Medan magnet akan muncul setelah suatu alat listrik dinyalakan
4. Material bangunan tertentu dapat menahan kekuatan medan listrik	4. Kekuatan medan magnet semakin lemah apabila jauh dari sumbernya
	5. Kebanyakan material tidak memperlemah medan magnet

Medan magnet dibedakan menjadi kerapatan fluks magnetik (\mathbf{B}) dan kuat medan magnet (\mathbf{H}). Dalam penelitian ini, yang dimaksud dengan intensitas medan magnet adalah kerapatan fluks magnetik (\mathbf{B}). Diketahui \mathbf{B} memiliki satuan tesla (T), sedangkan \mathbf{H} mempunyai satuan ampere/meter (A/m). Hubungan antara \mathbf{B} dan \mathbf{H} dinyatakan dengan rumus :

$$\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{H}} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A} \quad (2.2)$$

Berdasarkan rumus diatas, maka terdapat beberapa satuan yang dapat digunakan untuk intensitas medan magnet, antara lain :

1. Tesla (T), mili tesla (mT) atau mikrottesla (μT)
2. Gauss (G), miligauss (mG), atau mikrogauss (μG)

Kesetaraan antara satuan tersebut adalah $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$

2.2 Persamaan Maxwell

Maxwell merupakan seorang ilmuwan yang menunjukkan bahwa fenomena listrik dan magnet dapat digambarkan dengan menggunakan empat persamaan. Persamaan Maxwell ditampilkan dalam dua bentuk yang berbeda namun bermakna sama yaitu dalam bentuk integral dan bentuk diferensial. Berdasarkan ungkapan matematis, empat persamaan Maxwell berhubungan dengan operator kalkulus seperti integral tertutup (\oint) untuk bentuk integral, sedangkan operator yang berhubungan dengan simbol del/nabla (∇) untuk bentuk diferensial. Persamaan Maxwell dinyatakan dalam empat persamaan berikut :

1) Persamaan I Maxwell (Hukum Gauss pada Medan Listrik)

Hukum Gauss menyatakan bahwa fluks listrik yang keluar permukaan tertutup adalah sama dengan jumlah muatan listrik yang terkandung dalam permukaan tertutup tersebut (Dipojono, 2011:186). Dalam medan elektromagnetik, hukum Gauss memiliki implikasi untuk menentukan vektor intensitas medan listrik yang ditimbulkan oleh suatu muatan elektrostatik. Hukum Gauss menguraikan tentang garis medan listrik memancar dari muatan positif menuju muatan negatif. Secara matematis persamaan I Maxwell dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (2.3)$$

Keterangan :

E : medan listrik (N/C)

A : luas permukaan bidang Gauss (m^2)

q : total muatan (Coulomb)

ϵ_0 : permitivitas ruang hampa ($8,85418 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$)

Persamaan I Maxwell diatas diperoleh berdasarkan persamaan fluks listrik pada bidang datar dan bidang tidak datar. Dimana nilai fluks listrik yaitu :

$$d\phi = \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (2.4)$$

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (2.5)$$

Pada hukum Gauss, banyaknya fluks listrik yang menembus luas permukaan tertutup sebanding dengan total muatan yang ada dalam permukaan, maka

$$\Phi \sim q$$

Agar tanda sebanding (\sim) menjadi tanda sama dengan ($=$) maka harus dikali dengan konstanta medium ruang hampa, sehingga menjadi

$$\phi = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (2.6)$$

Maka, persamaan (2.5) menjadi

$$\begin{aligned} \phi &= \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \\ \frac{q}{\epsilon_0} &= \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Persamaan di atas dapat diselesaikan menggunakan teorema Gauss. Teorema Gauss menyatakan bahwa fluks sebuah medan vektor yang melalui permukaan tertutup sama dengan integral volume dari divergensi daerah didalam permukaan tersebut. Teorema ini dapat digunakan untuk menghitung fluks melalui suatu permukaan tertutup yang sepenuhnya melingkupi sebuah volume. Teorema Gauss dinyatakan sebagai berikut

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int (\nabla \cdot \vec{E}) dV \quad (2.8)$$

Sehingga, persamaan (2.7) menjadi

$$\begin{aligned} \frac{q}{\epsilon_0} &= \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \\ \frac{q}{\epsilon_0} &= \int (\nabla \cdot \vec{E}) dV \\ \frac{q}{\epsilon_0} &= (\nabla \cdot \vec{E}) \int dV \\ \frac{q}{\epsilon_0} &= (\nabla \cdot \vec{E}) V \\ \frac{q}{\epsilon_0 V} &= (\nabla \cdot \vec{E}) \end{aligned} \quad (2.9)$$

Nilai muatan dalam permukaan tersebut dapat dinyatakan sebagai perkalian antara rapat muatan dengan volumenya, sehingga

$$q = \rho \int dV = \rho V \quad (2.10)$$

Maka persamaan (2.10) dapat disubstitusikan kedalam persamaan (2.9) menjadi :

$$\frac{q}{\epsilon_0 V} = (\nabla \cdot \vec{E})$$

$$\frac{\rho V}{\epsilon_0 V} = \nabla \cdot \vec{E}$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.11)$$

2) Persamaan II Maxwell (Hukum Gauss pada Medan Magnet)

Persamaan II Maxwell disebut juga dengan Hukum Gauss Magnetik. Hukum ini menyatakan bahwa total fluks magnetik yang melalui sebuah permukaan tertutup sama dengan nol. Artinya, tidak ada yang dinamakan muatan magnetik. Berbeda dengan partikel bermuatan listrik yang memiliki satu jenis muatan (positif atau negatif), magnet selalu memiliki dua kutub (dipole) yaitu kutub utara dan kutub selatan. Sampai saat ini belum ditemukan adanya magnet satu kutub (monopole), sehingga jumlah medan magnet yang masuk ke dalam suatu permukaan tertutup sama dengan jumlah medan magnet yang keluar dari permukaan tersebut. Secara matematis persamaan II Maxwell dinyatakan sebagai berikut :

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.12)$$

Keterangan :

B : medan magnet (Wb/m² atau Tesla)

A : luas permukaan bidang Gauss (m²)

Persamaan II Maxwell apabila diterapkan menggunakan teorema divergensi Gauss

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int (\nabla \cdot \vec{B}) dV \quad (2.13)$$

Persamaan diatas dapat dijabarkan dengan mensubstitusi persamaan (2.12), sehingga menjadi

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int (\nabla \cdot \vec{B}) dV$$

$$0 = \int (\nabla \cdot \vec{B}) dV$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.14)$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa fluks magnetik dari permukaan tertutup selalu nol (Dipojono, 2011:187).

3) Persamaan III Maxwell (Hukum Faraday)

Hukum Faraday menyatakan bahwa jika ada rapat fluks listrik yang berubah terhadap waktu dan menembus suatu bidang yang dikelilingi lintasan tertutup, maka akan menghasilkan medan listrik yang arahnya sesuai dengan arah lintasan tertutup tersebut (Tipler, 2001:402). Dengan kata lain, persamaan ini menjelaskan bahwa medan magnet yang berubah terhadap waktu akan menghasilkan medan listrik. secara matematis persamaan III Maxwell dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi}{dt} \quad (2.15)$$

Mengingat bahwa fluks magnetik ϕ adalah perkalian medan magnet dengan permukaan, yang secara matematis :

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A} \quad (2.16)$$

Persamaan (2.15), dapat dirubah menggunakan teorema Stokes yaitu

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} \quad (2.17)$$

Persamaan (2.15) dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\int (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = -\frac{\partial(\vec{B} \cdot \vec{A})}{\partial t}$$

$$(\nabla \times \vec{E}) \cdot \int d\vec{A} = -\frac{\partial(\vec{B} \cdot \vec{A})}{\partial t}$$

$$(\nabla \times \vec{E}) \cdot \vec{A} = -\frac{\partial(\vec{B} \cdot \vec{A})}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.18)$$

4) Persamaan IV Maxwell (Hukum Ampere)

Persamaan IV Maxwell merupakan hukum Ampere yang dimodifikasi dengan arus perpindahan Maxwell. Medan magnet ditimbulkan oleh rapat arus yang menjadi sumber medan magnet tersebut yang disebut sebagai Hukum Ampere. Hukum Ampere dapat ditulis sebagai berikut :

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} \quad (2.19)$$

Untuk menurunkan persamaan IV Maxell, maka dilakukan pengujian terhadap Hukum Faraday dan Hukum Ampere. Pengujian dilakukan dengan cara operasi divergensi pada dua hukum tersebut. Hukum yang pertama yaitu hukum Faraday, maka :

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.20)$$

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{E}) = \nabla \cdot \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \quad (2.21)$$

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{E}) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \cdot \vec{B})$$

$$0 = 0$$

Ruas kanan dan ruas kiri sama dengan nol, dengan demikian Hukum Faraday teruji. Selanjutnya dilakukan pengujian pada Hukum Ampere yaitu dengan melakukan operasi divergensi pada kedua ruas Hukum Ampere, yaitu :

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} \quad (2.22)$$

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{B}) = \nabla \cdot (\mu_0 \vec{J})$$

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{B}) = \mu_0 (\nabla \cdot \vec{J}) \quad (2.23)$$

Ruas kiri bernilai nol, tetapi untuk ruas kanan apabila arus steady maka $\nabla \cdot \vec{J} = 0$, namun apabila arus non steady maka $\nabla \cdot \vec{J} \neq 0$. Sehingga, hukum Ampere tidak berlaku untuk arus non steady. Berdasarkan hal tersebut, Maxwell mengungkapkan suatu teori bahwa perubahan medan listrik dapat menimbulkan perubahan medan magnet, sehingga Maxell menambahkan suatu koreksi yang dapat diturunkan dalam persamaan Kontinuitas. Persamaan Kontinuitas adalah sebagai berikut :

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (2.24)$$

Berdasarkan persamaan I Maxwell

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.25)$$

$$\rho = \epsilon_0 \nabla \cdot \vec{E}$$

Maka persamaan (2.24) menjadi

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial}{\partial t} (\epsilon_0 \nabla \cdot \vec{E}) \quad (2.26)$$

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\nabla \cdot \left(\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$$

$$\nabla \cdot \vec{J} + \nabla \cdot \left(\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = 0$$

$$\nabla \cdot \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = 0 \quad (2.27)$$

Sehingga, persamaan (2.27) dapat disubstitusikan kedalam persamaan operasi divergensi hukum Ampere, menjadi

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{B}) = \mu_0 (\nabla \cdot \vec{J})$$

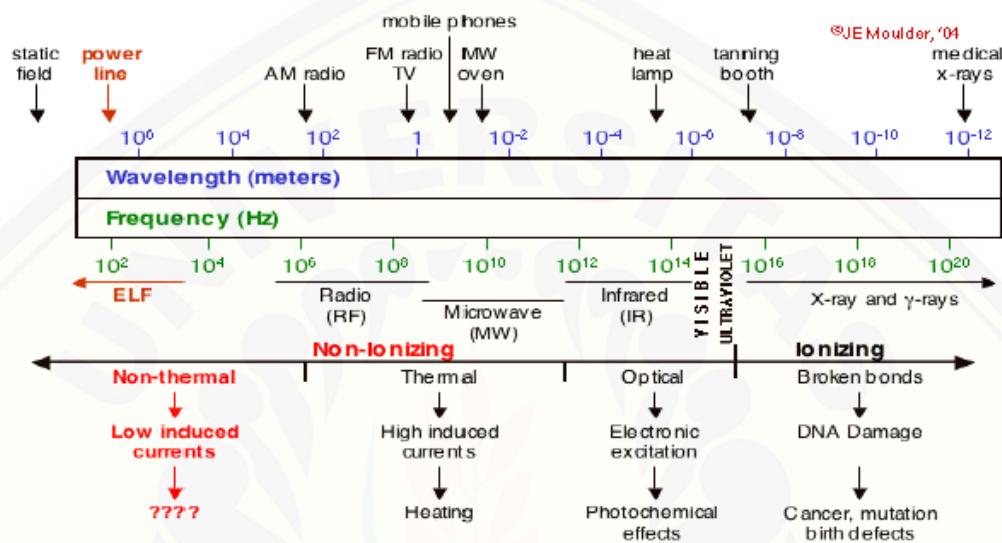
$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (2.28)$$

Persamaan (2.28) yang disebut sebagai persamaan IV Maxwell. Pada persamaan tersebut dapat diketahui bahwa medan magnet tidak hanya ditimbulkan oleh rapat arus tetapi juga ditimbulkan oleh medan listrik.

2.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Maxwell merumuskan bahwa gelombang elektromagnetik memiliki rentang frekuensi yang luas. Spektrum gelombang elektromagnetik dibedakan berdasarkan frekuensi dan panjang gelombangnya, berikut ilustrasi yang menggambarkan spektrum dari gelombang elektromagnetik



Gambar 2. 2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Sumber: WHO 1998)

Menurut Tarigan (2013), radiasi gelombang elektromagnetik non-pengion berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya dijelaskan sebagai berikut :

- Extremely Low Frequency (ELF) EMF* (0-300Hz). 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.
- Intermediate frequency EMF* (300 Hz–100 kHz). Sumbernya antara lain detector metal, hands free.
- Radio frequency EMF* (100 kHz–300 GHz). Sumbernya antara lain gelombang TV, radio, ponsel, *microwave oven*.

2.4 Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF)

2.4.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik ELF

Gelombang elektromagnetik ELF memiliki frekuensi 0-300 Hz. Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan oleh perangkat listrik, aliran listrik di sepanjang kabel rumah tangga, dan jaringan distribusi listrik (Sudarti, 2010). Radiasi gelombang elektromagnetik ELF tergolong radiasi non pengion, artinya penyebaran atau emisi energi apabila mengenai suatu media dan terjadi proses penyerapan, maka berkas energi radiasi tidak akan menginduksi terjadinya proses ionisasi pada media tersebut (Alatas, 2001). Pada frekuensi 0 hingga 300 Hz memiliki panjang gelombang di udara yang sangat panjang yaitu 6000 km pada frekuensi 50 Hz dan 185.000 km pada frekuensi 60 Hz dan dalam situasi praktis, medan listrik dan medan magnet bertindak independen sehingga dapat diukur.

Gelombang elektromagnetik ELF dapat dimanfaatkan dalam segala bidang seperti bidang kesehatan, bidang teknologi dan bidang pangan. Berdasarkan hal tersebut, teknisi ITS membuat alat yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik ELF yang 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. Paparan medan magnet selalu di iringi dengan paparan medan listrik, dengan kondisi tegangan kecil dan arus maksimal pada alat tersebut, maka radiasi medan magnet yang dihasilkan maksimal dan medan listrik minimal mendekati medan listrik alamiah sehingga medan magnet lebih dominan daripada medan listrik.

2.4.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF

Gelombang elektromagnetik ELF bersifat *non-ionizing* yaitu pancaran energi yang tidak mampu menyebabkan terjadinya proses ionisasi pada molekul. Selain itu, gelombang ini menghasilkan efek non-termal pada target biologis yang diaplikasikan (Ahmed, 2013:2), artinya tidak menyebabkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi sistem.

Badan Kesehatan dunia (WHO, 2007) menyatakan bahwa medan magnet ELF bersifat tidak terhalangi, artinya medan magnet ELF dapat menembus suatu benda atau materi biologis. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa medan magnet ELF memiliki karakteristik sebagai berikut.

1. Termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik
2. Memiliki frekuensi antara 0 hingga 300 Hz
3. Termasuk dalam radiasi non-pengion (*non ionizing radiation*)
4. Medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur secara terpisah
5. Medan magnet tidak bisa dihalangi oleh material biasa seperti dinding bangunan
6. Sumber paparan medan magnet mudah untuk didapat yaitu dari piranti elektronika yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari

2.4.3 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF

Sumber paparan gelombang elektromagnetik ELF berasal dari sumber alamiah dan sumber buatan. Sumber paparan alamiah diantaranya yaitu medan magnet bumi, sinar matahari maupun radiasi kosmik. Sedangkan secara buatan medan magnet dapat dihasilkan dari penggunaan peralatan elektronik (WHO, 2007:1). Setiap peralatan elektronika akan mempunyai medan magnet yang sebanding dengan arus yang mengalir dari sumber menuju peralatan yang terhubung. Hans Christian Oersted pada tahun 1820 menemukan bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet (Halliday dan Resnick, 1997:296). Hasil pengukuran medan magnet pada peralatan elektronik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 2 Hasil pengukuran medan magnet disekitar peralatan rumah tangga

Peralatan	Medan Magnet (μT) jara r		
	r = 3 cm	r = 30 cm	r = 100 cm
Pengering rambut	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Pencukur elektrik	15 - 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Pengusap 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
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

Keterangan : Kebanyakan peralatan rumah tangga memiliki kuat medan magnet yang jarak 30 cm adalah dibawah batas yang diijinkan. Angka yang dihitamkan merupakan jarak kerja normal

(Sumber : Baafai 2004)

2.5 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan

Medan magnet dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya yaitu bidang pangan. Pemanfaatan medan magnet pada bidang pangan bertujuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang merugikan pada makanan atau minuman sehingga mutu kualitas makanan atau minuman dapat terjaga. Berikut beberapa penelitian yang memanfaatkan medan magnet ELF dalam bidang pangan.

Tabel 2. 3 Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan

Penelitian sebelumnya	Metode		Hasil
	Intensitas paparan medan magnet ELF	Lama paparan medan magnet ELF	
Respon <i>Salmonella Typhimurium</i> pada Bumbu Gado-gado terhadap Paparan Medan Magnet ELF (Hersa <i>et al.</i> 2013)	646,7 μ T	30 menit	1. Berpengaruh dalam mematikan <i>Salmonella Typhimurium</i> rata-rata sebesar 32,57 % 2. Memperkecil ukuran sel dengan panjang 4,341 μ m dan diameter sebesar 1,14 μ m
Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) terhadap Prevelensi <i>Salmonella</i> dalam Bahan Pangan untuk Meningkatkan Keamanan Pangan bagi Masyarakat (Sudarti <i>et al.</i> 2014)	646,7 μ T	30 menit	Berpengaruh untuk menghambat prevalensi <i>Salmonella Typhimurium</i> sebesar 36,37 %
Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 300 μ T dan 500 μ T terhadap Perubahan Kadar Vitamin C dan Derajat Keasaman (pH) pada Buah Tomat (Ma'rufiyanti <i>et al.</i>	500 μ T	90 menit	berpengaruh untuk mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat
	300 μ T dan 500 μ T	10 menit 50 menit 90 menit	mempertahankan pH buah tomat

Penelitian sebelumnya	Metode		Hasil
	Intensitas paparan medan magnet ELF	Lama paparan medan magnet ELF	
2014)			
Pengaruh Magnet Paparan Medan <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap pH Susu Fermentasi (Ridawati <i>et al.</i> 2017)	100 μ T dan 300 μ T	5 menit 15 menit 25 menit	Paparan medan magnet 100 μ T dan 300 μ T berpengaruh terhadap perubahan pH pada susu fermentasi
Pengaruh Magnet Paparan Medan 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 <i>et al.</i> 2015)	500 μ T	Pemaparan 30 menit pada saat 72 jam setelah peragian Pemaparan 30 menit pada saat 24 jam setelah peragian	Penurunan jumlah mikroba sebesar $0,50 \times 10^{13}$ sel/mL Nilai pH meningkat sebesar 1,00
Pengaruh Magnet Paparan Medan ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 500 μ T dan 700 μ T terhadap Derajat Keasaman (pH) Daging Ayam (Sari <i>et al.</i> 2018)	500 μ T dan 700 μ T	30 menit 60 menit	Tidak mengalami penurunan nilai pH
Pengaruh Magnet Paparan Medan ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) terhadap Jumlah Bakteri <i>Acetobacter Xylinum</i> dan pH pada Proses Pembuatan Starter <i>Nata De Coco</i> (Ervina <i>et al.</i> 2015)	100 μ T	30 menit 45 menit	Peningkatan jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> sebesar $1,35 \times 10^{19}$ sel/mL. Penurunan nilai pH sebesar 0,04 Peningkatan jumlah bakteri <i>A. xylinum</i> sebesar $2,55 \times 10^{19}$ sel/mL. Penurunan nilai pH sebesar 0,11
Pengaruh Medan Magnet Paparan <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis <i>Cream Cheese</i> (Kristinawati <i>et al.</i> 2015)	100 μ T	5 menit	Berpengaruh terhadap penurunan nilai pH dan berpengaruh terhadap penurunan kadar air

2.6 Susu Sapi Segar

Susu didefinisikan sebagai sekresi dari kelenjar susu binatang yang menyusui anaknya (mamalia). Dipandang dari segi gizi, susu merupakan bahan pangan yang hampir sempurna karena memiliki nilai gizi yang tinggi seperti kandungan calcium, phospor, vitamin, protein, lemak, karbohidrat dan mineral

yang sangat dibutuhkan manusia. Susu dapat dihasilkan dari hewan yang memiliki kelenjar susu, salah satunya yaitu hewan sapi. Menurut SNI-3141.1:2011, susu sapi segar merupakan cairan yang berasal dari ambing sapi sehat dan bersih yang diperoleh melalui proses pemerahan dengan teknik yang benar serta kandungan alami susu tidak ditambah maupun dikurangi oleh sesuatu apapun dan belum mendapatkan perlakuan apapun kecuali pendinginan (BSN). Susu hasil perah dari hewan sapi dapat dijadikan sebagai bahan baku produk-produk olahan susu seperti susu fermentasi yoghurt, mentega, keju, dll, selain itu kandungan susu sapi yang bergizi membuat minuman ini banyak dikonsumsi oleh manusia. Menurut Muchtadi *et al.* (2010:59), komposisi susu dapat beragam tergantung pada beberapa faktor. Akan tetapi, angka rata-rata untuk semua jenis kondisi dan jenis sapi perah komposisinya dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 4 Komposisi susu sapi segar

Komposisi	Rata-rata
Air	87.25
Lemak	3.80
Protein	3.50
Laktosa	4.80
Mineral	0.65

Berdasarkan tabel diatas, air berfungsi sebagai pelarut dan membentuk emulsi dan suspensi koloidal. Lemak pada susu sapi memiliki nilai gizi yang tinggi, penentu bau dan rasa, serta memberikan energi lebih besar dibandingkan protein dan karbohidrat. Biasanya terdapat kira-kira 1000×10^6 butiran lemak dalam setiap ml susu. Butiran ini mempertahankan keutuhannya karena adanya suatu lapisan tipis (membran) yang membungkus butiran tersebut, apabila susu sapi didiamkan maka butiran-butiran lemak tersebut akan muncul ke permukaan susu membentuk lapisan/krim (Buckle *et al.* 1987: 273). Protein dalam susu sapi sebagian besar adalah kasein yang memiliki ciri-ciri berwarna putih, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa. Oleh karena itu, kasein membuat susu berwarna putih. Laktosa merupakan disakarida yang tersusun dari satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa. Laktosa dapat disebut sebagai karbohidrat utama di dalam susu sapi. Fungsi laktosa pada susu sapi salah satunya sebagai substrat fermentasi dimana bakteri asam laktat mengubah laktosa menjadi asam laktat. Mineral susu

sapi segar mengandung potassium, kalsium, magnesium, klorida, posphor dan sulfur dalam jumlah relatif besar. Mineral dapat membantu menaikkan suhu pada susu, sehingga sangat penting kaitannya dengan stabilitas susu terhadap panas. Selain komposisi tersebut, faktor lain yang dapat mempengaruhi komposisi pada susu disebabkan oleh jenis atau spesies sapi perah, umur ternak, infeksi atau peradangan pada ambung, pakan ternak, lingkungan, iklim, aktu laktasi sapi dan prosedur pemerahan susu sapi.

Menurut Nugraheni (2013:181), susu sapi segar memiliki sifat fisik meliputi warna; rasa dan bau; berat jenis; viskositas (kekentalan); titik beku; titik didih; keasaman dan derajat keasaman (pH). Penjelasan mengenai kategori sifat fisik susu dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Warna

Warna susu bervariasi dari putih kebiruan sampai kuning keemasan. Warna putih dari susu diakibatkan dari hasil dispersi dari refleksi cahaya oleh globula lemak dan partikel dan partikel koloid dari lemak, kalsium kaseinat, dan kalsium fosfat. Sedangkan warna kuning pada susu berasal dari lemak, karoten dan riboflavin yang dapat larut, apabila lemak dalam susu sapi diambil (susu skim) maka warna susu akan berubah menjadi warna kebiruan. Selain itu, jenis hewan ternak dan jenis pakan ternak dapat mempengaruhi hasil pembentukan warna pada air susu.

2. Rasa dan aroma

Susu segar memiliki rasa yang manis dan bau (aroma) yang khas. Rasa manis dari susu disebabkan oleh kandungan laktosa, meskipun susu yang sering dirasakan terasa manis namun susu memiliki rasa asin yang disebabkan oleh klorida, sitrat, dan garam-garam mineral lainnya. Aroma 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. Berat 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 (Kekentalan)

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 menggunakan alat yang dinamakan viskosimeter dan satuan yang digunakan adalah "poise (P)". Viskositas susu sering dinyatakan dalam satuan "senti poise (cP)" yang nilainya sama dengan $1/100$ P. Nilai viskositas susu yang normal berkisar 1,5 - 2,0 cP. Faktor yang mempengaruhi kekentalan pada susu adalah keadaan protein, konsentrasi dan keadaan lemak. Selain itu, temperatur juga mempengaruhi viskositas dari susu.

5. Titik Didih

Titik didih air susu sebesar $100,16^{\circ}\text{C}$, uji ini dapat dilakukan untuk mengetahui susu dalam keadaan baik atau membusuk. Susu dalam keadaan baik apabila diuji menggunakan uji titik didih akan menghasilkan susu dalam keadaan tidak menggumpal, sehingga uji titik didih negatif.

6. Titik Beku

Pada awalnya, nilai codex titik beku air susu dicantumkan sebesar $-0,500^{\circ}\text{C}$. Akan tetapi, nilai titik beku air susu di Indonesia berubah menjadi $-0,520^{\circ}\text{C}$. Titik beku air susu diakibatkan oleh molekul-molekul kecil dan ion-

ion dalam larutan. Zat lain seperti protein tidak berpengaruh terhadap penurunan titik beku air susu.

7. pH dan Keasaman

Nilai pH pada susu berhubungan dengan besarnya konsentrasi ion. Susu sapi pada suhu 25⁰C berkisar antara 6.6 – 6.7, apabila terjadi pengasaman oleh aktivitas mikroorganisme maka nilai pH tersebut akan menurun (Buckle, 2010:279). Selama penyimpanan, keasaman susu cenderung meningkat karena komposisi laktosa dalam susu sapi akan diubah oleh mikroba menjadi asam laktat dan asam organik lainnya (Kosikowski, 1982). Besarnya nilai keasaman berbanding terbalik dengan pH, artinya apabila keasaman susu meningkat maka nilai pH rendah atau menurun.

2.7 Interaksi Medan Magnet ELF terhadap pH Susu Sapi Segar

Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran keasaman atau alkalinitas suatu larutan (Gaman dan Sherrington, 1994:21). Nilai pH suatu larutan berhubungan dengan besarnya konsentrasi ion hidrogen. Tingkat keasaman (pH) suatu larutan didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter).

$$pH = -\log [H^+]$$

Nilai pH suatu larutan merupakan perbandingan antara konsentrasi ion hidrogen H⁺ dengan konsentrasi ion OH⁻. Sinko (2012:208) menyatakan apabila konsentrasi ion H⁺ lebih besar dari konsentrasi ion OH⁻, maka larutan bersifat asam dengan nilai pH kurang dari 7 (pH < 7). Apabila konsentrasi OH⁻ lebih besar dari konsentrasi H⁺, maka larutan bersifat basa dengan nilai pH lebih besar dari 7 (pH > 7). Sifat asam larutan merupakan suatu senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion hidrogen (H⁺), sedangkan sifat basa larutan merupakan senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan ion hidroksida (OH⁻) (Gandjar dan Rohman, 2012:60-61).

Potensial ion hidrogen (pH) merupakan salah satu sifat fisik yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas susu sapi segar. Penurunan kualitas

susu sapi segar disebabkan oleh aktivitas bakteri yang mengubah laktosa menjadi asam laktat, sehingga susu sapi segar tidak bisa dikonsumsi dalam jangka waktu yang panjang (Kosikowski, 1982). Medan magnet ELF merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Paparan medan magnet ELF berpengaruh pada interaksi sel-sel bakteri. Pemberian paparan medan magnet akan memindahkan energi dari medan magnet menuju ion-ion yang berperan dalam proses metabolisme dan pembelahan sel seperti ion Ca^{2+} . Paparan medan magnet ELF yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensial membran, dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal dan membuka gerbang saluran menuju inti sel sehingga ion Ca^{2+} yang berada di ekstraseluler akan bergerak menuju inti sel. Meningkatnya kandungan ion Ca^{2+} dalam sel akan berdampak pada laju pertumbuhan bakteri. Apabila intensitas medan magnet ELF yang digunakan tinggi, hal ini mengakibatkan sel-sel bakteri lemah dan tidak berkembang sehingga pertumbuhan bakteri dapat terhambat.

pH susu sapi segar berkisar antara 6,3 - 6,8 (SNI-3141.1:2011). Penurunan pH susu sapi segar menunjukkan indikasi adanya aktivitas bakteri yang banyak melakukan pengasaman terhadap air susu (Nugraheni, 2013:189). Apabila susu sapi segar mengalami peningkatan keasaman, maka konsentrasi ion hidrogen (H^+) pada susu pun meningkat sehingga mengakibatkan pH menurun. Pada umumnya, pengukuran pH dilakukan menggunakan kertas pH. Namun, indikator ini mempunyai keterbatasan pada tingkat akurasi pengukuran. Pengukuran pH lebih akurat bisa dilakukan dengan pH meter. pH meter merupakan alat digital untuk menentukan nilai pH pada suatu larutan. Cara menggunakan alat ini yaitu mencelupkan elektrode kedalam larutan yang akan diperiksa kemudian nilai pH larutan dapat dibaca langsung pada alat. pH meter harus dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 4 dan pH 7 untuk mengetahui apakah alat tersebut dapat digunakan atau tidak.

2.8 Hubungan pH Susu Sapi Segar dengan Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar

Tingkat kedaluwarsa pada susu sapi segar dapat dihubungkan dengan bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat merupakan kumpulan bakteri yang mampu mengubah komposisi laktosa dalam susu sapi segar menjadi asam laktat. Semakin banyak jumlah bakteri asam laktat, maka produksi asam laktatnya akan semakin meningkat. Hal ini mengakibatkan susu sapi segar mengalami tingkat keasaman yang tinggi. Suatu larutan elektrolit memiliki tingkat keasaman yang tinggi (pH rendah) maka jumlah ion hidrogen (ion H^+) yang dihasilkan semakin besar sehingga mengakibatkan arus listrik yang dihasilkan semakin besar dan nilai konduktivitasnya pun semakin besar. Demikian pula sebaliknya, apabila susu sapi segar memiliki tingkat keasaman yang rendah (pH tinggi) maka jumlah konsentrasi ion hidrogen (H^+) yang dihasilkan semakin sedikit sehingga arus listrik yang dihasilkan semakin kecil dan nilai konduktivitasnya semakin kecil (Purnomo, 2010).

Daya hantar listrik atau konduktivitas merupakan ukuran seberapa kuat suatu larutan dalam menghantarkan listrik. Besarnya daya hantar listrik suatu larutan bergantung pada faktor yaitu jumlah ion yang ada dalam larutan dan kecepatan ion tersebut. Ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar (Bird, 1993:196). Semakin besar nilai daya hantar listrik berarti kemampuan dalam menghantarkan listrik semakin kuat.

Aliran listrik dalam suatu aliran elektrolit akan memnuhi hukum Ohm. Hukum Ohm menyatakan “besarnya arus listrik (I) yang mengalir melalui larutan yang sama dengan perbedaan potensial (V) dibagi dengan tahanan (R). Secara matematis, hukum Ohm dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.29)$$

Keterangan :

I : kuat arus (Ampere)

V : tegangan listrik (volt)

R : tahanan listrik (Ω)

Tahanan suatu bahan bergantung pada dimensi larutan lainnya berdasarkan rumus:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.30)$$

Keterangan :

ρ : tahanan spesifik atau resistivitas (Ωcm dalam satuan SI: Ωm)

l : panjang (cm dalam satuan SI: m)

A : luas penampang (cm^2 dalam satuan SI: m^2)

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

$$C = \frac{1}{R} \quad (2.31)$$

Dimana C memiliki satuan SI adalah S

Kebalikan dari resistivitas dinamakan sebagai konduktansi spesifik atau konduktivitas (K). Persamaan konduktivitas dapat ditulis sebagai berikut.

$$K = \frac{1}{\rho} \quad (2.32)$$

Dimana K merupakan konduktivitas dengan satuan $\Omega^{-1}\text{cm}$ (dalam satuan SI: $\Omega^{-1}\text{m}$). Pada larutan elektrolit, biasanya yang diukur adalah konduktannya bukan tahanan (Bird, 1993:198). Maka dengan mensubstitusi persamaan 2.30, 2.31 dan 2.32 akan diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{R} \\ C &= \frac{1}{\rho \cdot l/A} \\ C &= \frac{1}{\rho} \frac{A}{l} \\ C &= K \frac{A}{l} \end{aligned} \quad (2.33)$$

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

Daya hantar listrik dapat diuji menggunakan alat *conductivity meter*. Prinsip kerja dari *conductivity meter* adalah sel hantaran (elektrode) di celupkan ke dalam larutan, sehingga ion positif dan ion negatif didalam larutan menuju sel hantaran

dan menghasilkan sinyal listrik berupa hantaran listrik larutan. Hambatan listrik dikonversikan oleh alat menjadi hantaran listrik larutan (Bird, 1993:197).

2.9 Indikator Kedaluwarsa Susu Sapi Segar

Susu sapi segar merupakan bahan pangan bergizi tinggi karena mengandung nutrisi yang lengkap antara lain lemak, protein, laktosa, vitamin, mineral dan enzim. Kandungan gizi yang tinggi pada susu sapi menyebabkan susu menjadi media pertumbuhan dan perkembangan bakteri, sehingga dalam waktu singkat susu menjadi tidak layak dikonsumsi (Saleh, 2004). Pada saat susu keluar setelah diperah, susu merupakan suatu bahan yang murni, higienis, bernilai gizi tinggi, mengandung sedikit kuman (yang berasal dari ambing sapi) atau boleh dikatakan susu masih dalam keadaan steril. Begitu pula bau dan rasa susu sapi tidak berubah dan tidak berbahaya untuk diminum. Namun, setelah beberapa saat berada dalam suhu kamar, susu sangat peka terhadap pencemaran sehingga susu mengalami penurunan kualitas. Pencemaran susu sapi segar oleh bakteri dapat terjadi selama proses pemerahan (*milking*), penanganan (*handling*), penyimpanan (*storage*) dan aktivitas pra pengolahan (*pre processing*).

Penurunan kualitas pada susu sapi segar disebabkan oleh tumbuhnya bakteri. Bakteri pada susu sapi terbagi menjadi bakteri patogen dan bakteri pembusuk. Bakteri patogen merupakan bakteri yang dapat menimbulkan penyakit yang ditimbulkan oleh susu seperti penyakit *tuberculosis*. Penyakit ini yang paling menonjol yang ditularkan melalui susu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan uji tuberkulinasasi secara rutin pada sapi untuk mengetahui sapi perah terjangkit penyakit TBC atau tidak. Selanjutnya yaitu penurunan kualitas susu sapi akibat bakteri pembusuk. Pembusukan oleh bakteri dapat menyebabkan degradasi protein, karbohidrat dan lemak yang terkandung dalam susu. Berikut kerusakan atau penurunan kualitas susu sapi segar yang disebabkan oleh pertumbuhan bakteri antara lain sebagai berikut :

1. Pengasaman dan penggumpalan akibat dari fermentasi laktosa yang dilakukan oleh bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat merupakan kelompok bakteri yang menguraikan karbohidrat (glukosa) pada susu sapi segar menjadi asam

laktat. Perubahan laktosa menjadi asam laktat dikarenakan adanya aktivitas enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat serta senyawa-senyawa yang terkandung dalam susu seperti albumin, kasein sitrat dan fosfat. Beberapa jenis yang penting dari bakteri asam laktat antara lain (1) *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus lactis* dan *Streptococcus cremoris*, (2) *Pediococcus cerevisiae*, (3) *Leuconastoc mesenteroides*, *Leuconostoc dextranicum*, (4) *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*. Pasca (2016:154) menyatakan bahwa bakteri asam laktat terdiri atas empat genus yaitu *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, dan *Pediococcus*. Laktosa didekomposisi oleh bakteri asam laktat memuat rumus sebagai berikut.



(Muchtadi *et al.*, 2010:91)

Semakin banyak jumlah bakteri asam laktat yang memproduksi asam laktat, maka semakin meningkat keasaman pada susu sapi segar, sehingga mengakibatkan susu sapi segar memiliki rasa asam (Kumalasari *et al.* 2013:165). Apabila keasaman pada susu meningkat, maka nilai pH pada susu sapi akan menurun karena tingkat keasaman berbanding terbalik dengan nilai pH.

2. Berlendir seperti tali karena terjadi pengentalan dan pembentukan lendir oleh beberapa jenis bakteri
3. Penggumpalan susu tanpa adanya penurunan pH yang disebabkan oleh bakteri seperti *Bacillus cereus* yang mencerna lapisan tipis fosfolipid disekitar butir lemak sehingga butir-butir lemak membentuk gumpalan yang timbul di permukaan susu.

Penurunan kualitas susu sapi segar yang disebabkan oleh bakteri pembusuk mengakibatkan susu sapi segar tidak layak konsumsi atau dikatakan menjadi minuman kedaluwarsa. Pemerintah Indonesia melalui Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah menerbitkan Standarisasi Nasional Indonesia tentang susu

sapi segar yang boleh dikonsumsi atau diolah menjadi produk olahan susu sapi. Persyaratan kualitas susu sapi segar didalam SNI-3141.1:2011 dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 5 Syarat mutu susu sapi segar

No	Karakteristik	Satuan	Syarat
1	Berat jenis (pada suhu 27,5 ⁰ C) minimum	g/ml	1,0270
2	Kadar lemak minimum	%	3,0
3	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
4	Warna bau, rasa kekentalan	-	Tidak ada perubahan
5	Derajat asam	⁰ SH	6,0 – 7,5
6	pH	-	6,3 – 6,8
7	Uji alkoho (70%) v/v	-	Negatif
8	Cemaran mikroba, maksimum :		
	1. <i>Total Plate Count</i>	CFU/ml	1x10 ⁶
	2. <i>Staphylococcus aureus</i>	CFU/ml	1x10 ²
	3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/ml	1x10 ³
9	Jumlah sel somatis maksimum	sel/ml	4x10 ⁵
10	Residu antibiotika (Golongan penisilin, Tetrasikilin, Aminoglikosida, Makrolida)	-	Negatif
11	Uji pemalsuan	-	Negatif
12	Titik beku	⁰ C	-0,520 s.d -0,560
13	Uji peroxidase	-	Positif
14	Cemaran logam berat maksimum :		
	1. Timbal (Pb)	µg/ml	0,02
	2. Merkuri (Hg)	µg/ml	0,03
	3. Arsen (As)	µg/ml	0,1
15	Kadar protein minimum	%	2,8

Selain berpedoman pada standar mutu diatas, ciri-ciri susu sapi segar kedaluwarsa dapat diamati secara organoleptik yaitu pengamatan menggunakan indera manusia. Uji organoleptik yang dapat diukur antara lain rasa, aroma, warna dan tekstur (Rustini, 2010).

1. Normalnya cita rasa susu sapi terasa sedikit manis yang disebabkan adanya kandungan laktosa dalam susu, sedangkan rasa asin berasal dari klorida, sitrat dan garam-garam mineral lainnya. Cita rasa yang kurang normal dalam susu dapat disebabkan antara lain (1) faktor fisiologis seperti cita rasa pakan sapi, (2) faktor enzimatis yang menghasilkan cita rasa tengik karena aktivitas lipase pada lemak susu, (3) faktor kimiawi yang disebabkan oleh oksidasi lemak, (4) faktor bakteri yang timbul akibat fermentasi laktosa menjadi asam

laktat, (5) faktor mekanis, seperti apabila susu mungkin menyerap cita rasa abun dan dari larutan chlor.

2. Aroma pada susu sapi mudah berubah dari aroma yang sedap menjadi aroma yang tidak sedap. Aroma pada susu sapi dipengaruhi oleh sifat lemak air susu yang mudah menyerap bau disekitarnya.
3. Warna pada susu sapi dapat berubah dari satu warna ke warna lainnya tergantung pada jenis ternak, jenis pakan, jumlah lemak, bahan padat dan bahan pembentuk warna. Warna air susu berkisar dari putih kebiruan hingga kuning keemasan.
4. Tekstur susu sapi segar kedaluwarsa adalah menggumpal. Penggumpalan oleh bakteri yang menghasilkan asam dikendalikan oleh pH. Partikel kasein berada pada titik isoelektris pada pH 4,6. Pada pH tersebut, afinitas partikel terhadap air menurun sehingga terjadi penggumpalan.

Pengamatan rasa dan aroma diamati secara organoleptik melalui pencicipan dan pembauan untuk mengetahui apakah ada rasa dan aroma susu sapi yang menyimpang atau tidak (Muchtadi *et al.*, 2013:74-75). Sedangkan pengamatan pada warna dan tekstur dapat diamati secara langsung atau secara visul. Selain melalui pengujian organleptik, penilaian kedaluwarsa atau kualitas susu sapi segar dapat diuji secara fisik yaitu melalu uji pH dan daya hantar listrik (DHL). Pengukuran uji pH dapat dilakukan menggunakan alat pH meter, sedangkan pengukuran daya hantar listrik menggunakan alat *conductivity meter*.

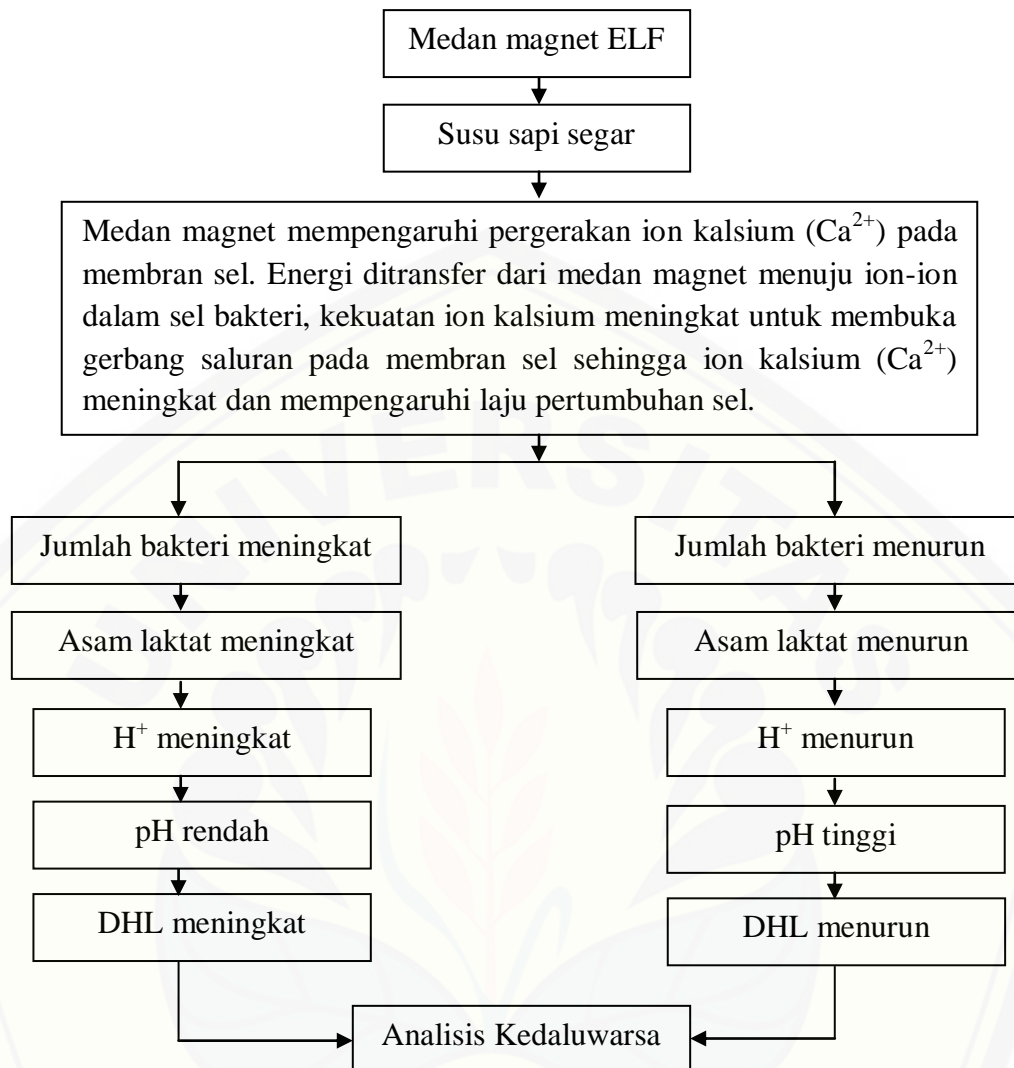
2.10 Kerangka Konseptual

Paparan medan magnet ELF pada bakteri susu sapi akan menyebabkan perubahan gerakan ion pada ekstraseluler yang melintasi membran sel sehingga akan 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.

Medan magnet ELF dapat mempengaruhi pertumbuhan ion dalam sel. Didalam sel bakteri terdapat ion-ion yang berperan aktif dalam roses metabolisme

dan pembelahan sel, diantaranya yaitu ion K^+ , Na^+ , Ca^{2+} . Ion dalam sel yang dapat terpengaruh medan magnet ELF adalah ion Ca^{2+} , hal ini disebabkan ion Ca^{2+} merupakan bahan yang bersifat paramagnetik. Sifat dari suatu bahan paramagnetik adalah dapat terpengaruh oleh medan magnet (termagnetisasi). Bentuk pengaruh medan magnet terhadap bahan paramagnetik adalah perubahan arah spin elektron yang awalnya acak menjadi terarah (Sutrisno dan Gie, 1979:108-109). Selain medan magnet ELF dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion yang dikenai medan magnet, energi paparan medan magnet yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensial membran dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal kalsium untuk membuka dan ion kalsium yang berada diluar sel akan masuk. Peningkatan aktivitas ion kalsium (Ca^{2+}) akan mengaktifkan protein dan enzim dalam sel. Meningkatnya ion kalsium (Ca^{2+}) dalam sel mengakibatkan proses metabolisme sel dan mempengaruhi laju pertumbuhan sel. Besarnya intensitas dan lama paparan medan magnet akan berpengaruh terhadap energi yang sesuai dengan kebutuhan sel dan tidak sampai mengalami kematian karena kelebihan kalsium.

Nilai pH pada susu sapi dapat dihubungkan dengan jumlah bakteri asam laktat dan jumlah produksi asam oleh bakteri tersebut selama proses pengubahan laktosa menjadi asam laktat. Semakin banyak jumlah bakteri asam laktat mengakibatkan produksi asam yang semakin banyak sehingga susu sapi akan mengalami peningkatan keasaman. Meningkatnya asam pada susu sapi mengakibatkan pH menurun (pH rendah) karena pembentukan ion H^+ yang meningkat. Susu sapi termasuk kedalam larutan elektrolit, sehingga apabila larutan elektrolit memiliki tingkat keasaman yang tinggi (pH rendah) maka akan semakin banyak ion yang dihasilkan dan arus listrik yang dihasilkan pun semakin besar yang mengakibatkan konduktivitas larutan elektrolit tersebut semakin besar. Begitupun sebaliknya, apabila larutan elektrolit memiliki tingkat keasaman yang rendah (pH tinggi) maka akan semakin sedikit ion yang dihasilkan dan arus listrik yang dihasilkan pun semakin kecil yang mengakibatkan konduktivitas larutan elektrolit tersebut semakin kecil.



Gambar 2.3 Kerangka Konseptual

2.11 Hipotesis Penelitian

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

- Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH susu sapi segar
- Ada korelasi pH susu sapi segar dengan daya hantar listrik susu sapi segar
- Paparan medan magnet berpengaruh terhadap organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mengetahui dampak paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 800 μT dan 1000 μT terhadap daya hantar listrik susu sapi segar sebagai indikator kedaluwarsa. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium ELF Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember untuk pemeliharaan dan pemaparan medan magnet ELF. Pengambilan data untuk mengukur nilai pH, nilai daya hantar listrik, dan kondisi fisik susu sapi dilakukan di Laboratorium Biokimia jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember. Sampel susu sapi segar yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu sapi segar dari Bestcow Farm (peternakan sapi) Ajung, Kabupaten Jember. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Desember 2018.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah intensitas paparan medan magnet ELF 800 μT dan 1000 μT . Lama pemaparan medan magnet ELF 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Sampel susu sapi diukur ketika 4 jam, 7 jam, dan 10 jam setelah susu diperah.

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah derajat keasaman (pH) susu sapi segar, daya hantar listrik susu sapi segar, dan uji organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar.

3.3 Definisi Operasional Variabel Penelitian

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

- a. Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF)
 - 1) Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) adalah spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi dibawah 300 Hz. Alat penghasil medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian ini memiliki frekuensi 50 Hz. Pada penelitian ini lebih ditekankan pada efek yang disebabkan oleh medan magnet ELF.
 - 2) Intensitas medan magnet ELF yang digunakan sebesar 800 μT dan 1000 μT .
 - 3) Lama paparan medan magnet ELF yang digunakan adalah 20 menit, 40 menit, 60 menit.
- b. Susu sapi segar merupakan susu hasil perah dari sapi yang sehat dengan teknik yang benar tanpa adanya perlakuan dan tanpa adanya pemberian sesuatu apapun didalamnya.
- c. Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran keasaman atau alkalinitas suatu larutan.
- d. Nilai Daya Hantar Listrik (DHL). Nilai DHL merupakan nilai yang menyatakan kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik.
- e. Kedaluwarsa merupakan waktu atau masa yang menunjukkan bahwa kualitas sesuatu (makanan, minuman, obat) rendah.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat-alat

a) *Current Transformer* (CT)

Current Transformer (CT) merupakan alat untuk menghasilkan medan magnet ELF dengan menggunakan sumber arus AC pada frekuensi 50 Hz dari PLN. Alat ini digunakan untuk memapar sampel susu sapi segar dengan intensitas dan lama waktu pada kelompok eksperimen. Berikut komponen dari alat *Current Transformer* (CT).

- 1) Transformer tegangan
- 2) Tiga buah transformer arus (*current transformer*) dengan masing-masing nilai 100/5 A, 300/5 A dan 600/5 A.

- 3) Pengatur tegangan (*voltage regulator*)
- 4) Amperemeter
- 5) Batang konduktor yang terbuat dari tembaga dengan diameter masing-masing 3 cm.



Gambar 3. 1 ELF *Magnetic Field Sources*

Prinsip kerja dari alat CT yang dibuat oleh teknisi ITS adalah sebagai berikut :

1. Tegangan AC berasal dari PLN sebesar 220 volt dengan frekuensi sebesar 50 Hz masuk ke pengatur tegangan (*voltage regulator*).
2. Hasil dari *voltage regulator* akan masuk ke dalam transformator tegangan pada sisi kanan.
3. Hasil keluaran pada transformator sisi sekunder akan menghasilkan tegangan yang rendah, namun menghasilkan arus listrik yang tinggi sehingga dapat memaksimalkan medan magnet yang dihasilkan daripada medan listrik.
4. Konduktor tembaga yang menghubungkan dengan keluaran transformator sehingga diperoleh hasil medan magnet yang lebih dominan daripada medan listrik.

b) EMF *Tester*

EMF *Tester* adalah alat yang digunakan untuk mengukur besar medan magnet yang dihasilkan oleh alat CT. Selain itu, alat ini digunakan sebagai kalibrasi besarnya medan magnet yang akan digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. 2 EMF Tester

c) *Conductivity meter*

Conductivity meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai konduktivitas pada susu sapi segar.



Gambar 3. 3 *Conductivity meter* (Sumber : dokumen pribadi)

d) Gelas ukur

Gelas ukur digunakan sebagai wadah untuk mengukur volume sampel susu sapi yang dibutuhkan untuk pengukuran. Gelas ukur yang digunakan yaitu berukuran 100 ml dan 250 ml.

e) Tabung reaksi

Tabung reaksi digunakan sebagai wadah untuk mengamati uji organoleptik tekstur susu sapi.

f) Pengaduk larutan

Pengaduk larutan digunakan untuk mengaduk larutan sampel susu yang diencerkan dengan aquades untuk mengukur nilai konduktivitas.

g) pH meter

Alat pH meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur pH pada susu sapi segar

h) Tissue

Digunakan untuk membersihkan probe pH meter dan probe conductivity meter

3.4.2 Bahan

a) Susu sapi segar

b) Air aquades

c) KCL 0.01 Molar

3.5 Sampel dan Besar Sampel

3.5.1 Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah susu sapi segar yang belum diberikan perlakuan apapun dan belum diberikan tambahan maupun pengurangan oleh sesuatu apapun. Sampel susu sapi segar didapatkan dari peternakan Bestcow Farm Ajung, Kabupaten Jember. Populasi dalam penelitian ini yaitu susu yang dihasilkan dari hasil perah sapi yang terdapat di peternakan Bestcow Farm Ajung, Kabupaten Jember. Sampel susu sapi segar yang digunakan diletakkan pada wadah plastik klip agar bakteri didalam susu sapi terisolasi. Selain itu, penggunaan plastik klip digunakan untuk menghindari faktor eksternal yang masuk ke dalam susu sapi segar.

3.5.2 Besar Sampel

Besar sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 63 sampel susu sapi segar dengan masing-masing sampel sebesar 100 ml susu sapi segar, sehingga besarnya sampel susu sapi segar yang digunakan sebesar 6.300 ml atau 6,3 liter susu sapi segar. Sampel dibagi menjadi 3 kelompok yaitu 9 sampel untuk kelompok kontrol, 27 sampel untuk kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF sebesar 800 μ T dan 27 sampel untuk kelompok eksperimen yang

dipapar medan magnet ELF sebesar 1000 μT . Kedua kelompok eksperimen masing-masing mengalami paparan medan magnet ELF selama 20 menit, 40 menit, dan 60 menit.

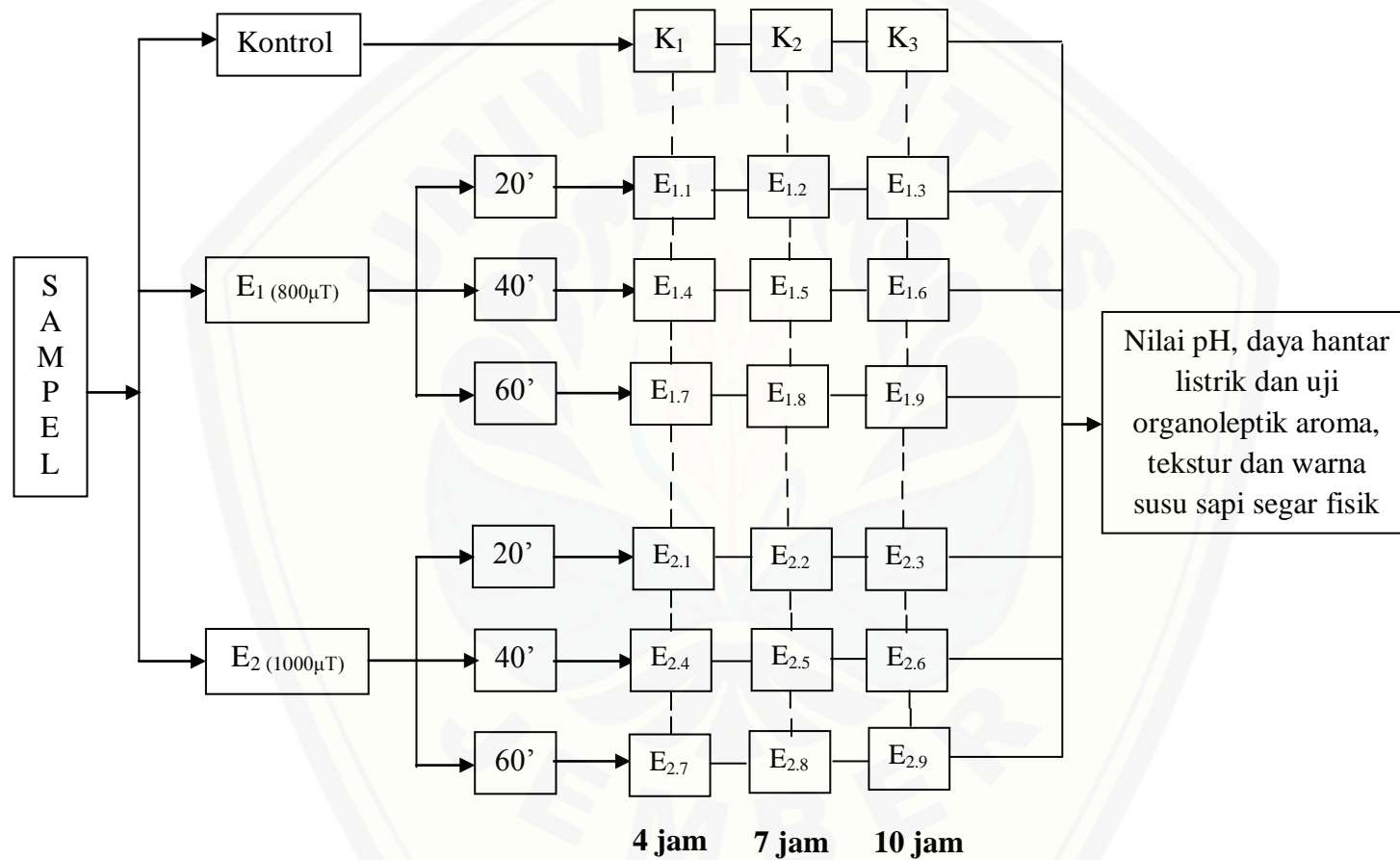
3.6 Jenis dan Desain Penelitian

3.6.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen laboratorium, dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang timbul sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen (kelompok yang diberikan perlakuan berupa pemaparan medan magnet ELF dari alat penghasil medan magnet ELF).

3.6.2 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *Randomized subject post test only control group design*. Dalam penelitian ini terdapat tiga kelompok yaitu kelompok kontrol, kelompok eksperimen yang dipapar oleh medan magnet ELF sebesar 800 μT , dan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF sebesar 1000 μT . Kedua kelompok eksperimen dipapar medan magnet ELF selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar diagram dibawah ini :



Gambar 3. 4 Desain Penelitian

Keterangan :

- S : Sampel susu sapi segar dengan kriteria yang telah ditentukan untuk penelitian
- K₁ : Sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF pada saat 4 jam setelah susu sapi diperah
- K₂ : Sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF pada saat 7 jam setelah susu sapi diperah
- K₃ : Sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF pada saat 10 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1(800 μT)} : Sampel susu sapi segar yang dipapar medan magnet ELF 800 μT.
- E_{2(1000 μT)} : Sampel susu sapi segar yang dipapar medan magnet ELF 1000 μT.
- E_{1.1} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μT dengan lama paparan 20 menit pada saat 4 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1.2} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μT dengan lama paparan 20 menit pada saat 7 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1.3} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μT dengan lama paparan 20 menit pada saat 10 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1.4} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μT dengan lama paparan 40 menit pada saat 4 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1.5} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μT dengan lama paparan 40 menit pada saat 7 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1.5} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μT dengan lama paparan 40 menit pada saat 10 jam setelah susu sapi diperah

- E_{1.7} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 4 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1.8} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 7 jam setelah susu sapi diperah
- E_{1.9} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 800 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 10 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.1} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 20 menit pada saat 4 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.2} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 20 menit pada saat 7 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.3} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 20 menit pada saat 10 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.4} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 4 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.5} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 7 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.6} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 10 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.7} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 4 jam setelah susu sapi diperah
- E_{2.8} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 7 jam setelah susu sapi diperah

E_{2,9} : Sampel kelompok eksperimen 1 yang dipapar medan magnet ELF 1000 μ T dengan lama paparan 60 menit pada saat 10 jam setelah susu sapi diperah

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian. Langkah-langkah pada tahap persiapan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Penentuan sampel, kriteria sampel dan besar sampel telah dijelaskan pada sub bab 3.5
3. Tahap pengelompokan subyek
 - a. Kelompok 1 yang terdiri dari 9 sampel susu sapi segar dengan masing-masing sebesar 100 ml tanpa paparan medan magnet ELF dan diamati setelah 4 jam, 7 jam, dan 10 jam setelah susu sapi diperah
 - b. Kelompok 2 yang terdiri dari 27 sampel sapi segar dengan masing-masing sebesar 100 ml yang dipapar medan magnet ELF intensitas 800 μ T selama 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Sampel diamati selama 4 jam, 7 jam, dan 10 jam setelah susu sapi diperah
 - c. Kelompok 3 yang terdiri dari 27 sampel sapi segar dengan masing-masing sebesar 100 ml yang dipapar medan magnet ELF intensitas 1000 μ T selama 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Sampel diamati selama 4 jam, 7 jam, dan 10 jam setelah susu sapi diperah

3.7.2 Tahap Perlakuan

Tahap perlakuan merupakan tahap kedua setelah menentukan pengelompokan sampel yang akan diteliti. Teknik perlakuan dalam penelitian pada kelompok eksperimen yaitu memberikan paparan medan magnet ELF dengan intensitas 800 μ T dan 1000 μ T selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit pada susu sapi segar. Berikut langkah-langkah proses pemaparan medan magnet ELF :

- 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.

Penelitian ini juga menggunakan alat *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) untuk memastikan besar medan magnet ELF yang digunakan. Berikut ini adalah prosedur penggunaan *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) dengan merek Lutron EMF-827 :

- a. 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.
- 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 didesain untuk membaca pada satuan μT tetapi dapat pula mengukur dalam satuan mG dengan cara mengalikan hasil pengukuran dengan angka 10.

3.7.3 Tahap Penyimpanan

Susu sapi segar kelompok kontrol dan kelompok eksperimen (pemaparan medan magnet ELF) akan disimpan dalam suhu ruang. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil kedaluwarsa susu sapi segar dalam suhu ruang ditinjau dari pengukuran nilai pH, nilai daya hantar listrik dan organoleptik aroma, tekstur, warna susu sapi segar.

3.7.4 Tahap Pengumpulan Data

- 1) Pengumpulan data susu sapi segar yang diamati melalui kondisi fisik adalah sebagai berikut :
 1. Mengambil sampel susu sapi segar.
 2. Melakukan pengujian kondisi fisik meliputi warna, aroma dan tekstur. Pengujian dilakukan oleh 3 orang, pria atau wanita.
- 2) Pengumpulan data pada susu sapi segar yang diamati melalui uji fisik adalah sebagai berikut :

1. Uji Derajat Keasamaan (pH)

Tahap pengumpulan data kedua yaitu mengukur pH (derajat keasaman). Pengukurann ini menggunakan alat pH meter. Alat pH meter dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Kalibrasi pH meter menggunakan buffer. Pengukuran dilakukan dengan cara mencelupkan elektrode pH meter kedalam sampel susu sapi segar yang diambil secara acak 3 sampel pada masing-masing perlakuan sebanyak 50 ml, kemudian biarkan beberapa saat sampai diperoleh nilai yang stabil. Pengukuran pH dilakukan berulang sebanyak 3 kali. Nilai yang diperoleh dari hasil pembacaan pada pH meter sampai angka digital merupakan nilai pH tetap.

2. Uji Daya Hantar Listrik (DHL)

Tahap pengumpulan data ketiga yaitu mengukur daya hantar listrik (DHL) menggunakan alat *conductivity meter*. Kegiatan yang dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut :

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, 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 aquades dan dikeringkan dengan tissue.
- 7) Meletakkan elektrode *conductivity meter* di tempat yang kering dan diberi alas tissue.

b. Mengukur nilai konduktivitas susu sapi segar

- 1) Mengambil sampel secara acak 3 sampel pada masing-masing perlakuan.
- 2) Melakukan pengenceran pada sampel. Sampel diambil 10 ml kemudian diencerkan dengan aquades sampai bervolume 100 ml. Pengenceran dilakukan agar ion-ion didalam susu sapi segar dapat bergerak bebas.

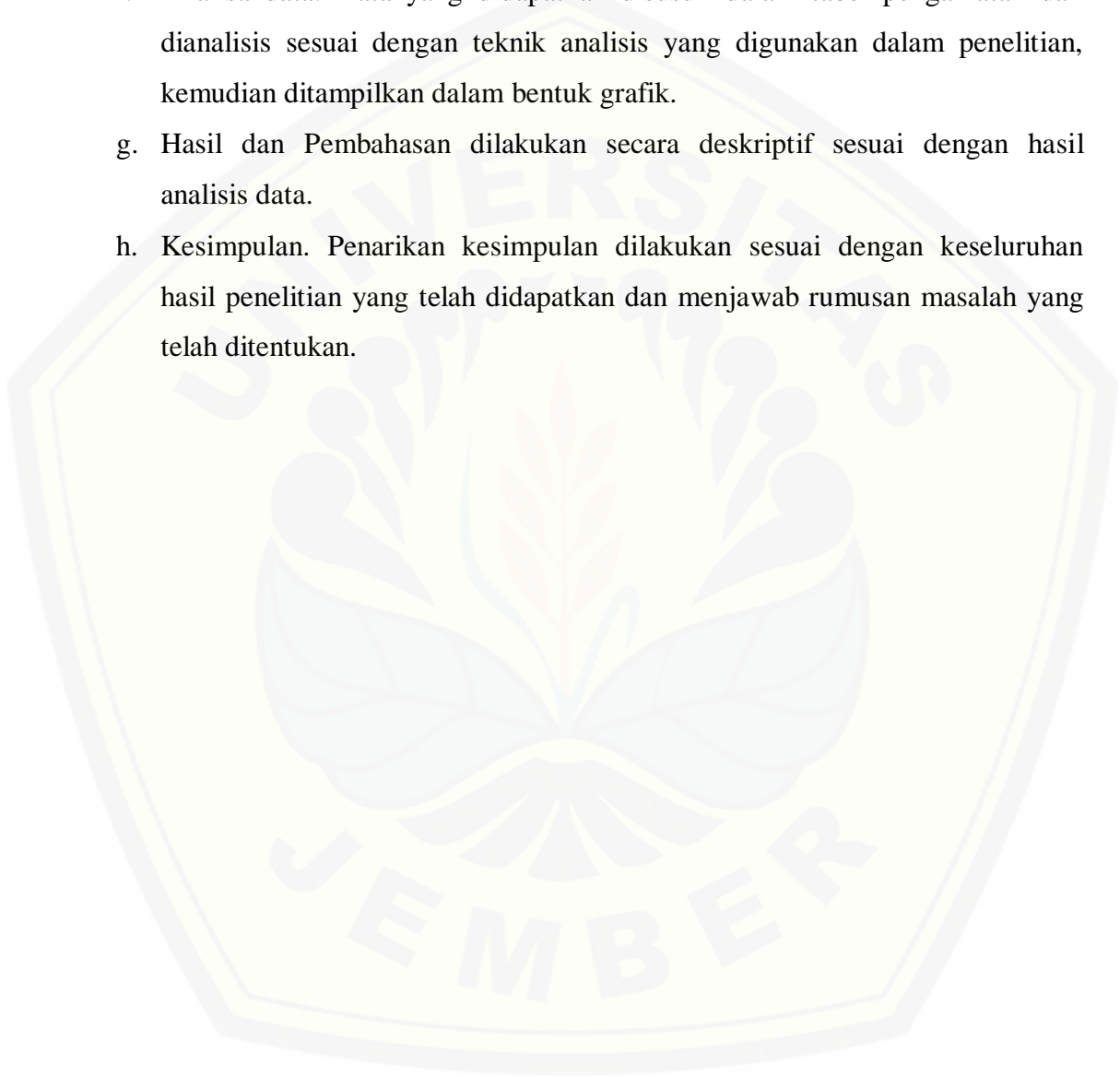
- 3) Mengukur konduktivitas dengan memasukkan elektrode *conductivity meter* ke dalam susu sapi segar yang telah dilakukan pengenceran.
 - 4) Mencatat nilai konduktivitas yang ditunjukkan di layar *conductivity meter*. Setiap mengukur 1 sampel susu sapi segar dicatat nilai yang tertera di layar *conductivity meter*.
 - 5) Langkah 1-4 dilakukan pengukuran berulang sebanyak 3 kali
3. Uji Organoleptik Aroma, Tekstur dan Warna
- 1) Buka bungkus cairan susu sapi, kemudian cium aroma dari susu sapi
 - 2) Teskstur susu sapi dapat dilihat langsung menggunakan indera manusia yaitu dengan melihat ada tidaknya gumpalan diatas permukaan susu. Kemudian tuang susu kedalam tabung reaksi dan dimiringkan secara perlahan-lahan dan amati apakah susu membasahi dinding tabung reaksi dan tidak meninggalkan butir apapun.
 - 3) Warna susu sapi dapat diamati secara langsung menggunakan indera mata manusia. Susu sapi yang telah diletakkan kedalam beker glass diamati secara langsung untuk mengetahui perubahan warnanya.

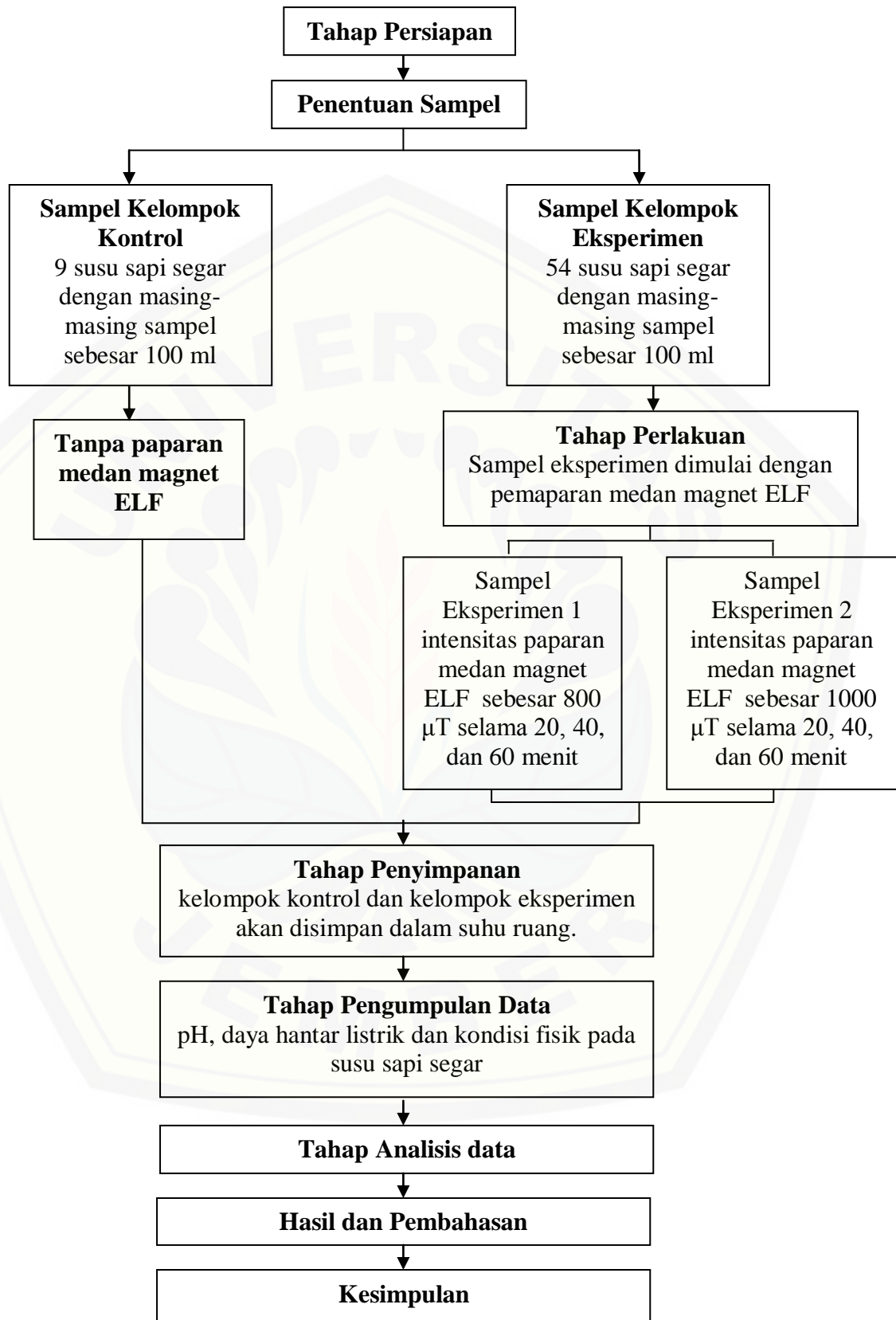
3.7.5 Bagan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Menyiapkan alat dan bahan serta sampel susu sapi segar sebanyak 63 sampel dengan masing-masing sampel sebesar 100 ml.
- b. Susu sapi segar dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol sebanyak 9 sampel, dan kelompok eksperimen sebanyak sampel (kelompok eksperimen 1 (800 μ T) sebanyak 27 sampel, dan kelompok eksperimen 2 (1000 μ T) sebanyak 27 sampel.
- c. Memberikan perlakuan, yaitu kelompok eksperimen dipapar dengan medan magnet ELF dan kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF.
- d. Memberikan intensitas paparan pada masing-masing kelompok eksperimen sebesar 800 μ T dan 1000 μ T selama 20 menit, 40 menit, 60 menit.

- e. Pengambilan data nilai pH, daya hantar listrik dan kondisi fisik dilakukan pada 4 jam, 7 jam, 10 jam setelah susu diperah. Sampel diambil secara acak sebanyak 3 sampel dengan masing-masing sampel dilakukan pengukuran 3 kali berulang.
- f. Analisa data. Data yang didapatkan disusun dalam tabel pengamatan dan dianalisis sesuai dengan teknik analisis yang digunakan dalam penelitian, kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik.
- g. Hasil dan Pembahasan dilakukan secara deskriptif sesuai dengan hasil analisis data.
- h. Kesimpulan. Penarikan kesimpulan dilakukan sesuai dengan keseluruhan hasil penelitian yang telah didapatkan dan menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan.





Gambar 3. 5 Bagan prosedur penelitian

$E_{800\mu T-60'}$	_____	_____	_____
$E_{1000\mu T-20'}$	_____	_____	_____
$E_{1000\mu T-40'}$	_____	_____	_____
$E_{1000\mu T-60'}$	_____	_____	_____

Tabel 3. 3 Data hasil uji organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar

Jam ke-	Kelompok Kontrol				Kelompok Eksperimen								
					Paparasi 800 μT				Paparasi 1000 μT				
	Kel.	Aroma	Tekstur	Warna	Kel.	Aroma	Tekstur	Warna	Kel.	Aroma	Tekstur	Warna	
4	K ₁					$E_{1.1}$ (20')				$E_{2.1}$ (20')			
						$E_{1.2}$ (40')				$E_{2.2}$ (40')			
						$E_{1.3}$ (60')				$E_{2.3}$ (60')			
7	K ₂					$E_{1.4}$ (20')				$E_{2.4}$ (20')			
						$E_{1.5}$ (40')				$E_{2.5}$ (40')			
						$E_{1.6}$ (60')				$E_{2.6}$ (60')			
10	K ₃					$E_{1.7}$ (20')				$E_{2.7}$ (20')			
						$E_{1.8}$ (40')				$E_{2.8}$ (40')			
						$E_{1.9}$ (60')				$E_{2.8}$ (60')			

1) Keterangan Skor Uji Organoleptik Aroma:

- 1 : aroma busuk menyengat
- 2 : sedikit aroma busuk
- 3 : aroma susu sapi tidak begitu kuat
- 4 : beraroma susu sapi
- 5 : sangat beraroma susu sapi

2) Keterangan Skor Uji Organoleptik Tekstur :

- 1 : sangat kental
- 2 : kental dan lapisan gumpalan dipermukaan susu sangat tebal
- 3 : agak encer dan lapisan gumpalan dipermukaan susu agak menebal
- 4 : encer dan lapisan gumpalan dipermukaan susu sedikit menebal
- 5 : sangat encer dan tidak ada lapisan gumpalan dipermukaan susu

3) Keterangan Skor :

- 1 : sangat tidak putih kekuningan
- 2 : tidak putih kekuningan
- 3 : agak putih kekuningan
- 4 : putih kekuningan
- 5 : sangat putih

(Fitriani, 2015)

3.9 Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif dilanjutkan dengan analisis menggunakan *IBM SPSS Statistic 22*. Analisis data dalam penelitian pengaruh medan magnet ELF terhadap nilai daya hantar listrik susu sapi segar sebagai indikator kedaluwarsa diolah menggunakan bantuan *software Microsoft Office Excel* untuk mengetahui profile pengaruh paparan medan magnet ELF pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen berupa grafik hubungan antara waktu pengukuran terhadap nilai pH, nilai daya hantar listrik dan kondisi fisik susu sapi segar. Analisis statistik deskriptif

menggunakan data untuk menjelaskan atau menarik kesimpulan serta menggambarkan obyek yang diteliti melalui data yang disusun menggunakan tabel, grafik dan histogram. Perbedaan perlakuan paparan medan magnet pada kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1 (800 μ T) dan kelompok eksperimen 2 (1000 μ T) dianalisis menggunakan uji *Oneway Anova* dilanjutkan dengan uji *LSD* menggunakan *IBM SPSS Statistic 22*. Adapun kriteria untuk menentukan kesimpulan dengan taraf signifikansi 5% adalah sebagai berikut :

1. Jika angka sig > 0,05 maka H_0 diterima dan H_a ditolak, hal ini berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1 (800 μ T) dan kelompok eksperimen 2 (1000 μ T).
2. Jika angka sig < 0,05 maka H_0 ditolak dan H_a diterima, hal ini berarti ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol, kelompok eksperimen 1 (800 μ T) dan kelompok eksperimen 2 (1000 μ T).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan :

- a. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH susu sapi segar. Semakin besar intensitas dan lama paparan medan magnet ELF, maka nilai pH susu sapi segar mengalami peningkatan.
- b. Ada hubungan (korelasi) yang sangat kuat antara pH susu sapi segar dengan daya hantar listrik (DHL) susu sapi segar. Terdapat hubungan negatif antara pH susu sapi segar dan daya hantar listrik (DHL) susu sapi segar yang artinya pH susu sapi segar dan daya hantar listrik (DHL) susu sapi segar berbanding terbalik.
- c. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap organoleptik aroma dan tekstur susu sapi segar. Namun, tidak berpengaruh terhadap warna susu sapi segar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap indikator lain pada susu sapi segar, seperti sifat fisik (viskositas, berat jenis, dll) dan sifat biologis (jumlah bakteri)
- b. Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap intensitas dan lama paparan lain

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N. A. G. 2013. *Ion Plating Technology : Development and Application*. New York: John Wiley & Sons.
- Alatas, Z., dan Y. Lusiyanti. 2001. Efek Kesehatan Radiasi Non Pengion pada Manusia. *Prosiding Seminar Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan I*. 23-24 Oktober 2001.
- Arini, L. D. D. 2017. Pengaruh pasteurisasi terhadap jumlah koloni bakteri pada susu segar dan UHT sebagai upaya menjaga kesehatan. *Indonesian Journal On Medical Science*. 4(1): 119-132.
- Baafai, U. S. 2004. Sistem Tenaga Listrik: Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat. *Pidato Pengukuhan*. Sumatera Utara: PIDATO Disampaikan pada aktu Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2011. SNI 3141.1:2011 Susu Segar Bagian 1: Sapi. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Bird, T. 1993. *Kimia Fisika Untuk Universitas*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Buckle, K. A., R. K. Edward, G. H. Fleet, dan M. Wooton. 2010. *Ilmu Pangan*. Terjemahan oleh H. Purnomo dan Adiono. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Dipojono, H. K. 2011. *Pengantar Medan Elektromagnetik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Ervina, V. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Jumlah Bakteri *Acetobacter Xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata De Coco*. *Skripsi*. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Fitri, D. T., M. A. Hidayat, dan B. Kuswandi. 2013. Aplikasi *time-temperature indicator* berbasis ekstrak kunyit (*Curcuma domestica Val.*) untuk monitoring kualitas susu pada suhu ruang. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*. 1-5.

- Gaman, P. M. dan K. B. Sherrington. 1981. *The Science of Food, An Introduction to Food Science, Nutrition, and Microbiology*. Second Edition. England: Pergamon Press Plc. Terjemahan oleh M. Gardjito, S. Naruki, A. Murdiati, dan Sardjono. 1984. *Ilmu Pangan, Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gandjar, I. G. dan A. Rohman. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gelagar, A. R., Fakhrurrazi, Ismail, Darniati, Rastina, dan M. Isa. 2017. Pengaruh waktu penyimpana susu sapi pasteurisasi pada suhu kamar terhadap jumlah koloni *Staphylococcus aureus*. JIMVET. 1(3): 360-365.
- Giancoli, C. D. 1998. *Physics: Principles with Applications Volume 1*. Seventh Edition. Boston, Massachusetts: Prentice Hall, Inc. Terjemahan oleh Y. Hanum. 2014. *Fisika Jilid 1*. Edisi ketujuh. Jakarta: Erlangga.
- Guenther, B. D. 2015. *Modern Optics 2th Edition*. Duke University, United States of America: Oxford University Press.
- Guntoro, N. A. 2013. *Fisika Terapan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya Offset.
- Halliday, D. dan R. Resnick. 1997. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hasan, I. 2004. *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hersa, V. T. 2013. Respon *Salmonella* Typhimurium pada Bumbu Gado-Gado terhadap Paparan *Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field*. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Ishaq, M. 2007. *Fisika Dasar: Elektrisitas & Magnetisme*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kosikowski, F. 1982. *Cheese and Fermented Milk Food*. F.V Kosikowski Associates Brooktondale. NY.
- Kristinawati, A. 2015. Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* Terhadap pH dan Kadar Air Pada proses pembuatan keju Jenis *Cream Cheese*. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.

- Kumalasari, K. E. D., A. M. Legowo, dan A. N. Al-Baarri. 2013. Total bakteri asam laktat, kadar laktosa, pH, keasaman, kesukaan *drink yogurt* dengan penambahan ekstrak buah kelengkeng. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 2(4): 165-168.
- Loeksmanto, W. 1993. *Medan Elektromagnetik*. Bandung: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Ma'rufiyanti, P. 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. *Skripsi*. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Muchtadi, T., Sugiyono, dan F. Ayustaningwarno. 2011. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Alfabeta: Bandung.
- Muslim, C., L. C. Hawa, dan B. D. Argo. 2013. Pasteurisasi *non-thermal* pada susu sapi segar untuk inaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* berbasis *Pulse Electric Field* (PEF). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 1(1): 35-49.
- Nababan, L. A., I. K. Suada, dan I. B. N. Swacita. 2014. Ketahanan susu segar pada penyimpanan suhu ruang ditinjau dari uji tingkat keasaman, didih, dan waktu reduktase. *Indonesia Medicu Veterinus*. 3(4): 274-282.
- Nugraheni, M. 2013. *Pengetahuan Bahan Pangan Hewani*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pasca, F. P., Nuratoro, dan Y. B. Pramono. 2016. Total bakteri asam laktat, kadar asam laktat, dan warna *yogurt drink* dengan penambahan ekstrak bit (*Beta Vulgaris L.*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 5(4): 154-156.
- Purnomo, H. 2010. Pengaruh keasaman buah jeruk terhadap konduktivitas listrik. *ORBITH*. 6(2): 276-281.
- Ridawati, S. 2017. Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH Dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kedaluwarsa. *Skripsi*. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Rustini, N. L. 2010. *Aktivitas Jamur Penyebab Busuk*. Jakarta: Erlangga.

- Sadidah, K. R. 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. *Skripsi*. Jember: program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Sari, L. D., T. Prihandono, dan Sudarti. 2018. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 500 μ T dan 700 μ T Terhadap Derajat Keasaman (pH) Daging Ayam. *Skripsi*. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Saleh, E. (2004). *Teknologi Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak*. Sumatera Utara: Program Studi Produksi Ternak, Fakultas Pertanian.
- Sinko, P. J. 2012. *Martin Farmasi Fisika dan Ilmu Farmasetika*. Terjemahan oleh J. Djajadisastro dan A. H. Hadinata. Jakarta: EGC.
- Sudarti. 2010. *Mekanisme Peningkatan Sel Germinal Pada Mencit Bulb-C yang Dipapar Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 100-150 μ T*. Jember: Universitas Jember.
- Sudarti dan Prihandono. 2014. *Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) terhadap Provalensi Salmonella dalam Bahan Pangan untuk Meningkatkan Keamanan Pangan bagi Masyarakat*. Jember: Universitas Jember.
- Sugito, H., dan Mujasam. 2009. Konduktivitas listrik pulp kakao dengan fermentasi dan pengenceran. *Berkala Fisika*. 12(3): 93-98.
- Sumardilan, S. F. Retnowaty, Y. Fitri, dan A. Suroso. 2015. Uji karakteristik fisis, pH, organoleptik sari buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) dengan penambahan pengawet sintetis dan pengawet alami. *Jurnal Photon*. 5(2): 71-79.
- Sutrisno dan T. I., Gie. 1979. *Fisika Dasar 1: Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung: ITB
- Swerdlow, A. J. 2008. *Static Magnetic Field*. London: The Health Protection Agency.
- Tarigan, T. R. P., U. A. Gani, dan M. Rajagukguk. 2013. Studi tingkat radiasi medan elektromagnetik yang ditimbulkan oleh telepon seluler. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1(1): 1-8.

- Tipler, P. A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Terjemahan oleh B. Sugijono. Jakarta: Erlangga.
- Winarno, F. G dan B. Srilaksmi. 1982. *Kerusakan Bahan Pangan dan Cara Pencegahannya*. Bogor: Ghalia Indonesia
- World Health Organization (WHO). 1998. *Electromagnetic Fields And Public Health Extremely Low Frequency (ELF)*. Geneva. Spokesperson.
- World Health Organization (WHO). 2007. *Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press.
- Young, H. D. dan R. A. Freedman. 2015. *Sears and Zemansky's University Physics: with Modern Physics 14th Edition*. San Fransisco: Pearson Education, Inc.

LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN

MATRIKS PENELITIAN

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	VARIABEL	DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	METODE PENELITIAN
Pengaruh Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar Sebagai Indikator Kedaluwarsa	<p>Tujuan penelitian ini adalah :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> terhadap pH susu sapi segar 2. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> terhadap nilai daya hantar listrik susu sapi segar 3. Mengkaji korelasi antara pH dengan daya hantar listrik susu sapi segar 4. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> terhadap organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar 	<p>Variabel Bebas :</p> <p>Intensitas paparan medan magnet ELF sebesar 800 μT dan 1000 μT. Lama paparan medan magnet ELF yaitu 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Lama pengukuran 4 jam, 7 jam dan 10 jam setelah susu sapi diperah</p> <p>Variabel Terikat :</p> <p>pH, daya hantar listrik, organoleptik aroma, tekstur dan warna</p> <p>Variabel Kontrol :</p> <p>Susu sapi dari peternakan Bestcow Ajung Jember</p>	<p>Data hasil eksperimen :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nilai pH didapatkan dari alat pH meter 2. Nilai daya hantar listrik didapatkan dari alat <i>conductivity meter</i> 3. Pengujian organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar menggunakan panca indera manusia (panelis) <p>Teknik pengambilan data : Teknik interview (wawancara), teknik observasi dan teknik eksperimen</p> <p>Analisis data : menggunakan analisis uji statistik dengan bantuan software Microsoft Office Excel dan SPSS 22</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Waktu dan tempat : Pemaparan medan magnet ELF dilakukan di Laboratorium ELF Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember. Pengukuran organoleptik aroma, tekstur dan warna susu sapi segar, pH, dan nilai daya hantar listrik dilakukan di laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Jember 2. Sampel yang digunakan: Susu sapi segar hasil peternakan sapi di Bestcow Farm, Ajung, Kabupaten Jember. 3. Jenis penelitian adalah penelitian

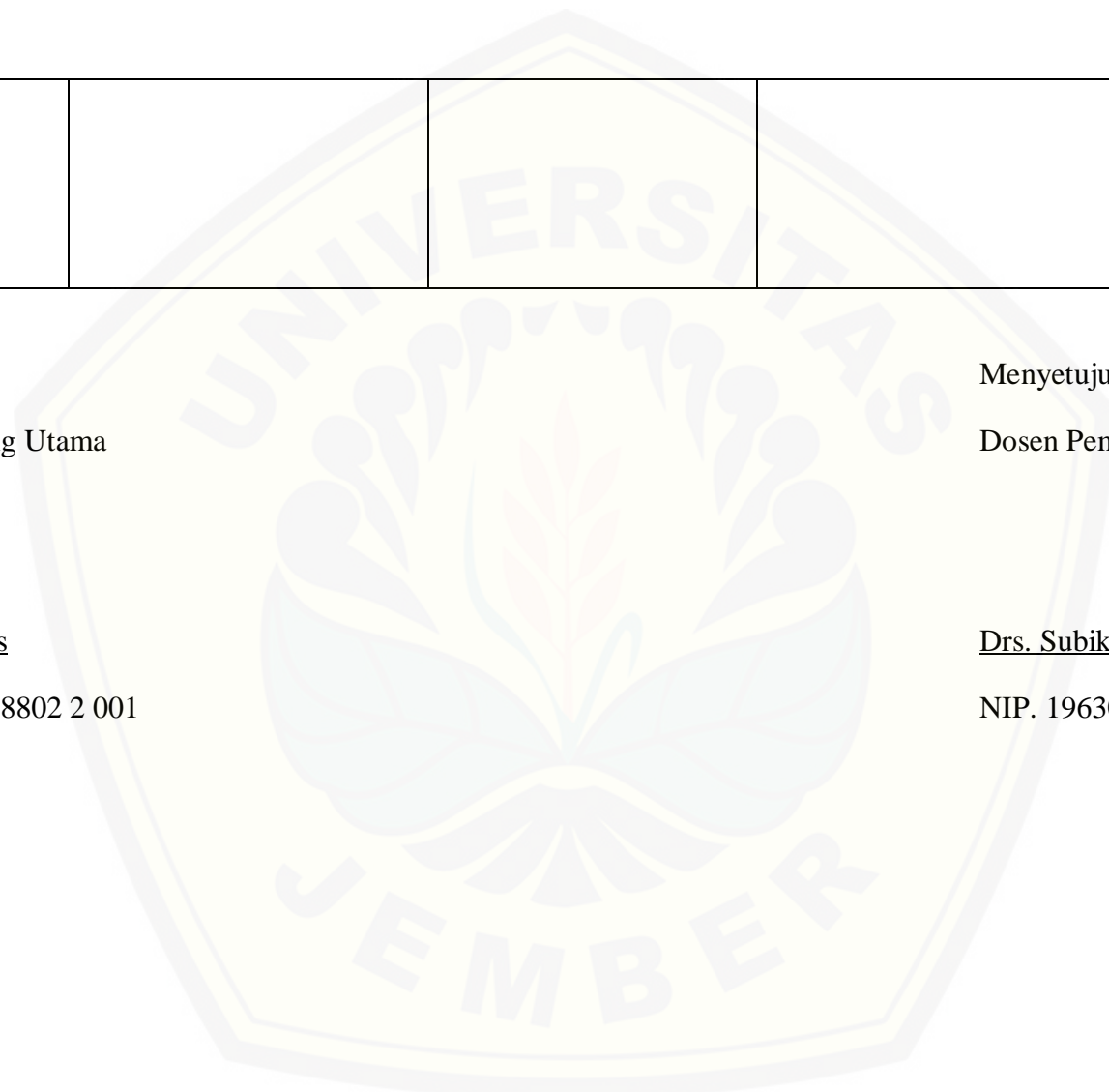
				eksperimen laboratorium 4. Desain penelitian <i>randomized subject post-test only control group design</i>
--	--	--	--	--

Menyetujui,
 Dosen Pembimbing Utama

Dr. Sudarti, M.Kes
 NIP. 19620123 198802 2 001

Menyetujui,
 Dosen Pembimbing Anggota

Drs. Subiki, M.Kes
 NIP. 19630725 199402 1 001



**LAMPIRAN B. SURAT IJIN PENELITIAN DI BESTCOW FARM
JEMBER**

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor **7915**/UN25.1.5/LT/2018

05 NOV 2018

Lampiran : -

Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Kepala Bestcow Farm
Jember

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

Nama : Nelly Nur Ayu Muharromah
NIM : 150210102046
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang “**Pengaruh Paparan Medan Megnet *ELF* terhadap Nilai Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar sebagai Indikator Kadaluarsa**” di peternakan yang saudara pimpin.

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

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terimakasih.



Prof. Dr. Suratno, M. Si.

NIP.19670625 199203 1 003

**LAMPIRAN C. SURAT IJIN PENELITIAN DI LAB. BIOKIMIA FMIPA
UNIVERSITAS JEMBER**

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor **8634** /UN25.1.5/LT/2018

28 NOV 2018

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 di bawah ini.

Nama : Nelly Nur Ayu Muharromah
NIM : 150210102046
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang **“Pengaruh Paparan Medan Megnet *Extremely Low Frequency (ELF)* Terhadap Nilai Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar Sebagai Indikator Kadaluarsa”** di Laboratorium yang Saudara pimpin.

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

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terimakasih.



Prof. Dr. Suratno, M. Si.

NIP.19670625 199203 1 003

**LAMPIRAN D. SURAT IJIN PEMINJAMAN ALAT PENDUKUNG
PENELITIAN DI LAB. PENDIDIKAN FISIKA,
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN,
UNIVERSITAS JEMBER**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS JEMBER**

LABORATORIUM PENDIDIKAN FISIKA

Jalan. Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121

Telepon: 0331-334988, 330738 Fax: 0331-332475

Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor :/LPF/XI/2018
Lampiran : 1
Perihal : Permohonan Peminjaman Alat

Jember, 02 November 2018

Kepada Yth. : Kepala Laboratorium Pend. Fisika
Di Jember

Dengan hormat.

Dalam rangka untuk kepentingan penelitian maka saya yang bertanda tangan di bawah ini mengajukan permohonan ijin peminjaman alat. Dan berjanji akan memenuhi segala peraturan yang berlaku di laboratorium.

Nama : Nelly Nur Ayu Muharromah
NIM : 150210102046
Jurusan/Program : Pendidikan MIPA/Pendidikan Fisika
Alat : pH meter, gelas ukur, tabung erlenmeyer
Judul Skripsi : Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap Nilai Daya Hantar Listrik Susu Sapi Segar sebagai Indikator Kadaluarsa

Waktu penggunaannya pada tanggal 02-09 November 2018

Demikian surat permohonan ijin peminjaman alat ini dibuat, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Dosen Pembimbing Utama

Peminjam

Dr. Sudarti, M.Kes
NIP. 19620123 198802 2 001

Nelly Nur Ayu M.
NIM. 150210102046

1. Mahasiswa
2. Arsip Lab (dikumpulkan)

LAMPIRAN E. DATA HASIL PENGAMATAN

Tabel E.1 Data hasil pengukuran organoleptik aroma susu sapi segar

1. Jam ke 4 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{1.a}	3	3	3	9	3
K _{1.b}	4	3	3	10	3,3
K _{1.c}	4	4	4	12	4
A _{1.a}	4	4	4	12	4
A _{1.b}	3	4	4	11	3,7
A _{1.c}	3	4	4	11	3,7
B _{1.a}	4	4	4	12	4
B _{1.b}	4	4	4	12	4
B _{1.c}	4	4	4	12	4
C _{1.a}	4	3	4	11	3,7
C _{1.b}	4	4	3	11	3,7
C _{1.c}	4	4	4	12	4
P _{1.a}	3	3	4	10	3,3
P _{1.b}	3	3	3	9	3
P _{1.c}	4	4	4	12	4
Q _{1.a}	4	5	5	14	4,7
Q _{1.b}	4	4	4	12	4
Q _{1.c}	4	4	5	13	4,3
R _{1.a}	5	5	5	15	5
R _{1.b}	5	5	5	15	5
R _{1.c}	5	5	4	14	4,7

2. Jam ke 7 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{2.a}	2	2	2	6	2
K _{2.b}	2	2	3	7	2,3
K _{2.c}	2	2	3	7	2,3
A _{2.a}	3	3	3	9	3
A _{2.b}	3	2	3	7	2,3
A _{2.c}	2	3	3	8	2,7
B _{2.a}	2	3	4	9	3
B _{2.b}	2	3	4	9	3
B _{2.c}	4	3	3	10	3,3
C _{2.a}	4	4	4	12	4
C _{2.b}	4	3	3	10	3,3
C _{2.c}	4	4	4	12	4
P _{2.a}	4	3	4	11	3,7
P _{2.b}	4	4	3	11	3,7
P _{2.c}	4	4	4	12	4
Q _{2.a}	4	4	4	12	4
Q _{2.b}	4	4	4	12	4
Q _{2.c}	4	4	4	12	4
R _{2.a}	4	4	4	12	4
R _{2.b}	4	4	4	12	4
R _{2.c}	4	4	4	12	4

3. Jam ke 10 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{3.a}	1	1	1	3	1
K _{3.b}	1	1	1	3	1
K _{3.c}	1	1	1	3	1
A _{3.a}	1	1	2	4	1,3
A _{3.b}	1	2	1	4	1,3
A _{3.c}	1	1	1	3	1
B _{3.a}	2	2	2	6	2
B _{3.b}	2	2	1	5	1,7
B _{3.c}	2	1	1	4	1,3
C _{3.a}	2	2	2	6	2
C _{3.b}	3	1	2	6	2
C _{3.c}	3	3	2	8	2,7
P _{3.a}	3	3	2	8	2,7
P _{3.b}	3	3	1	7	2,3
P _{3.c}	1	3	3	7	2,3
Q _{3.a}	2	3	3	8	2,7
Q _{3.b}	3	2	3	8	2,7
Q _{3.c}	3	3	1	7	2,3
R _{3.a}	3	3	3	9	3
R _{3.b}	3	3	3	9	3
R _{3.c}	3	3	3	9	3

Keterangan Skor :

- 1 : aroma busuk menyengat
- 2 : sedikit aroma busuk
- 3 : aroma susu sapi tidak begitu kuat
- 4 : beraroma susu sapi
- 5 : sangat beraroma susu sapi

Detail Hasil Uji Organoleptik Aroma

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
				Paparan 800 μ T			Paparan 1000 μ T		
	Kel.	Nilai	Rata-rata	Kel.	Nilai	Rata-rata	Kel.	Nilai	Rata-rata
4	K ₁	3	3,4	A ₁ (20')	4	3,8	P ₁ (20')	3,3	3,4
					3,7			3	
					3,7			4	
		3,3		B ₁ (40')	4	4	Q ₁ (40')	4,7	4,3
					4			4	
					4			4,3	
		4		C ₁ (60')	3,7	3,8	R ₁ (60')	5	4,9
					3,7			5	
					4			4,7	
7	K ₂	2	2,2	A ₂ (20')	3	2,7	P ₂ (20')	3,7	3,8
					2,3			3,7	
					2,7			4	
		2,3		B ₂ (40')	3	3,1	Q ₂ (40')	4	4
					3			4	
					3,3			4	
		2,3		C ₂ (60')	4	3,8	R ₂ (60')	4	4
					3,3			4	
					4			4	
10	K ₃	1	1	A ₃ (20')	1,3	1,2	P ₃ (20')	2,7	2,4
					1,3			2,3	
					1			2,3	
		1		B ₃ (40')	2	1,7	Q ₃ (40')	2,7	2,6
					1,7			2,7	
					1,3			2,3	
		1		C ₃ (60')	2	2,2	R ₃ (60')	3	3
					2			3	
					2,7			3	

Kriteria Nilai Organoleptik Aroma

Nilai	Kriteria
0-1	aroma busuk menyengat
1,1-2	sedikit aroma busuk
2,1-3	aroma susu sapi tidak begitu kuat
3,1-4	beraroma susu sapi
4,1-5	sangat beraroma susu sapi

Tabel E.2 Data hasil pengukuran organoleptik tekstur susu sapi segar

1. Jam ke 4 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{1.a}	4	4	4	12	4
K _{1.b}	4	4	4	12	4
K _{1.c}	4	4	4	12	4
A _{1.a}	4	4	4	12	4
A _{1.b}	4	4	4	12	4
A _{1.c}	4	5	4	13	4,3
B _{1.a}	4	4	4	12	4
B _{1.b}	4	4	4	12	4
B _{1.c}	4	4	4	12	4
C _{1.a}	4	5	5	14	4,7
C _{1.b}	4	4	5	13	4,3
C _{1.c}	4	4	4	12	4
P _{1.a}	5	5	5	15	5
P _{1.b}	5	5	4	14	4,7
P _{1.c}	4	5	5	14	4,7
Q _{1.a}	5	5	5	15	5
Q _{1.b}	5	5	5	15	5
Q _{1.c}	5	5	5	15	5
R _{1.a}	5	5	5	15	5
R _{1.b}	5	5	5	15	5
R _{1.c}	5	5	5	15	5

2. Jam ke 7 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{2.a}	3	3	3	9	3
K _{2.b}	3	3	3	9	3
K _{2.c}	3	3	3	9	3
A _{2.a}	3	3	3	9	3
A _{2.b}	3	3	4	10	3,3
A _{2.c}	4	3	3	10	3,3
B _{2.a}	3	4	4	11	3,7
B _{2.b}	4	4	3	11	3,7
B _{2.c}	3	3	3	9	3
C _{2.a}	3	4	4	11	3,7
C _{2.b}	4	4	4	12	4
C _{2.c}	3	3	3	9	3
P _{2.a}	4	4	4	12	4
P _{2.b}	4	4	5	13	4,3
P _{2.c}	4	4	4	12	4
Q _{2.a}	5	5	4	14	4,7
Q _{2.b}	5	5	5	15	5
Q _{2.c}	5	4	5	14	4,7
R _{2.a}	5	5	4	14	4,7
R _{2.b}	5	5	5	15	5
R _{2.c}	5	5	5	15	5

3. Jam ke 10 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{3.a}	2	2	2	6	2
K _{3.b}	2	2	2	6	2
K _{3.c}	2	3	3	8	2,7
A _{3.a}	3	3	3	9	3
A _{3.b}	3	3	3	9	3
A _{3.c}	3	3	3	9	3
B _{3.a}	3	4	4	11	3,7
B _{3.b}	4	4	3	11	3,7
B _{3.c}	4	3	3	10	3,3
C _{3.a}	4	4	4	12	4
C _{3.b}	4	4	3	11	3,7
C _{3.c}	4	4	4	12	4
P _{3.a}	4	4	3	11	3,7
P _{3.b}	4	4	4	12	4
P _{3.c}	4	4	4	12	4
Q _{3.a}	4	3	4	11	3,7
Q _{3.b}	4	4	4	12	4
Q _{3.c}	4	4	4	12	4
R _{3.a}	4	4	4	12	4
R _{3.b}	4	4	4	12	4
R _{3.c}	4	4	4	12	4

Keterangan Skor:

6 : sangat kental

7 : kental dan lapisan gumpalan dipermukaan susu sangat tebal

8 : agak encer dan lapisan gumpalan dipermukaan susu agak menebal

9 : encer dan lapisan gumpalan dipermukaan susu sedikit menebal

10 : sangat encer dan tidak ada lapisan gumpalan dipermukaan susu

Detail Hasil Uji Organoleptik Tekstur

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
				Paparasi 800 μ T			Paparasi 1000 μ T		
	Kel.	Nilai	Rata-rata	Kel.	Nilai	Rata-rata	Kel.	Nilai	Rata-rata
4	K ₁	4	4	A ₁ (20')	4	4,1	P ₁ (20')	5	4,8
					4			4,7	
					4,3			4,7	
		4		B ₁ (40')	4	4	Q ₁ (40')	5	5
					4			5	
					4			5	
		4		C ₁ (60')	4,7	4,3	R ₁ (60')	5	5
					4,3			5	
					4			5	
7	K ₂	3	3	A ₂ (20')	3	3,2	P ₂ (20')	4	4,1
					3,3			4,3	
					3,3			4	
		3		B ₂ (40')	3,7	3,5	Q ₂ (40')	4,7	4,8
					3,7			5	
					3			4,7	
		3		C ₂ (60')	3,7	3,6	R ₂ (60')	4,7	4,9
					4			5	
					3			5	
10	K ₃	2	2,2	A ₃ (20')	3	3	P ₃ (20')	3,7	3,9
					3			4	
					3			4	
		2		B ₃ (40')	3,7	3,6	Q ₃ (40')	3,7	3,9
					3,7			4	
					3,3			4	
		2,7		C ₃ (60')	4	3,9	R ₃ (60')	4	4
					3,7			4	
					4			4	

Kriteria Nilai Organoleptik Tekstur

Nilai	Kriteria
0-1	sangat kental
1,1-2	kental dan lapisan gumpalan dipermukaan susu sangat tebal
2,1-3	agak encer dan lapisan gumpalan dipermukaan susu agak menebal
3,1-4	encer dan lapisan gumpalan dipermukaan susu sedikit menebal
4,1-5	sangat encer dan tidak ada lapisan gumpalan dipermukaan susu

Tabel E.3 Data hasil pengukuran organoleptik warna susu sapi segar

1. Jam ke 4 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{1.a}	4	4	4	12	4
K _{1.b}	4	4	4	12	4
K _{1.c}	4	4	4	12	4
A _{1.a}	4	4	4	12	4
A _{1.b}	4	4	4	12	4
A _{1.c}	4	4	4	12	4
B _{1.a}	4	4	4	12	4
B _{1.b}	4	4	4	12	4
B _{1.c}	4	4	4	12	4
C _{1.a}	4	4	4	12	4
C _{1.b}	4	4	4	12	4
C _{1.c}	4	4	4	12	4
P _{1.a}	4	4	4	12	4
P _{1.b}	4	4	4	12	4
P _{1.c}	4	4	4	12	4
Q _{1.a}	4	4	4	12	4
Q _{1.b}	4	4	4	12	4
Q _{1.c}	4	4	4	12	4
R _{1.a}	4	4	4	12	4
R _{1.b}	4	4	4	12	4
R _{1.c}	4	4	4	12	4

2. Jam ke 7 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{1.a}	4	4	4	12	4
K _{1.b}	4	4	4	12	4
K _{1.c}	4	4	4	12	4
A _{1.a}	4	4	4	12	4
A _{1.b}	4	4	4	12	4
A _{1.c}	4	4	4	12	4
B _{1.a}	4	4	4	12	4
B _{1.b}	4	4	4	12	4
B _{1.c}	4	4	4	12	4
C _{1.a}	4	4	4	12	4
C _{1.b}	4	4	4	12	4
C _{1.c}	4	4	4	12	4
P _{1.a}	4	4	4	12	4
P _{1.b}	4	4	4	12	4
P _{1.c}	4	4	4	12	4
Q _{1.a}	4	4	4	12	4
Q _{1.b}	4	4	4	12	4
Q _{1.c}	4	4	4	12	4
R _{1.a}	4	4	4	12	4
R _{1.b}	4	4	4	12	4
R _{1.c}	4	4	4	12	4

3. Jam ke 10 setelah susu sapi diperah

Kode Sampel	Nilai Panelis			Total Skor	Rata-rata
	1	2	3		
K _{1.a}	4	4	4	12	4
K _{1.b}	4	4	4	12	4
K _{1.c}	4	4	4	12	4
A _{1.a}	4	4	4	12	4
A _{1.b}	4	4	4	12	4
A _{1.c}	4	4	4	12	4
B _{1.a}	4	4	4	12	4
B _{1.b}	4	4	4	12	4
B _{1.c}	4	4	4	12	4
C _{1.a}	4	4	4	12	4
C _{1.b}	4	4	4	12	4
C _{1.c}	4	4	4	12	4
P _{1.a}	4	4	4	12	4
P _{1.b}	4	4	4	12	4
P _{1.c}	4	4	4	12	4
Q _{1.a}	4	4	4	12	4
Q _{1.b}	4	4	4	12	4
Q _{1.c}	4	4	4	12	4
R _{1.a}	4	4	4	12	4
R _{1.b}	4	4	4	12	4
R _{1.c}	4	4	4	12	4

Keterangan Skor :

1 : sangat tidak putih kekuningan

2 : tidak putih kekuningan

3 : agak putih kekuningan

4 : putih kekuningan

5 : sangat putih

Detail Hasil Uji Organoleptik Warna

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen							
				Paparan 800 μ T			Paparan 1000 μ T				
	Kel.	Nilai	Rata-rata	Kel.	Nilai	Rata-rata	Kel.	Nilai	Rata-rata		
4	K ₁	4	4	A ₁ (20')	4	4	P ₁ (20')	4	4		
					4			4		4	
					4			4		4	
		4		B ₁ (40')	4	4	Q ₁ (40')	4	4	4	4
					4			4		4	
					4			4		4	
		4		C ₁ (60')	4	4	R ₁ (60')	4	4	4	4
					4			4		4	
					4			4		4	
7	K ₂	4	4	A ₂ (20')	4	4	P ₂ (20')	4	4		
					4			4		4	
					4			4		4	
		4		B ₂ (40')	4	4	Q ₂ (40')	4	4	4	4
					4			4		4	
					4			4		4	
		4		C ₂ (60')	4	4	R ₂ (60')	4	4	4	4
					4			4		4	
					4			4		4	
10	K ₃	4	4	A ₃ (20')	4	4	P ₃ (20')	4	4		
					4			4		4	
					4			4		4	
		4		B ₃ (40')	4	4	Q ₃ (40')	4	4	4	4
					4			4		4	
					4			4		4	
		4		C ₃ (60')	4	4	R ₃ (60')	4	4	4	4
					4			4		4	
					4			4		4	

Kriteria Nilai Organoleptik Tekstur

Nilai	Kriteria
0-1	sangat tidak putih kekuningan
1,1-2	tidak putih kekuningan
2,1-3	agak putih kekuningan
3,1-4	putih kekuningan
4,1-5	sangat putih

Tabel E.4 Data hasil pengukuran pH susu sapi segar

Sampel	pH susu sapi segar pada jam ke-					
	4		7		10	
	pH	Rata-rata	pH	Rata-rata	pH	Rata-rata
Kontrol	6,33		6,21		6,17	
	6,34	6,35	6,19	6,21	6,18	6,18
	6,37		6,22		6,18	
E ₈₀₀ μT-20'	6,30		6,27		6,17	
	6,35	6,34	6,26	6,28	6,17	6,17
	6,36		6,30		6,18	
E ₈₀₀ μT-40'	6,38		6,26		6,17	
	6,38	6,38	6,24	6,24	6,17	6,17
	6,40		6,23		6,17	
E ₈₀₀ μT-60'	6,35		6,23		6,17	
	6,36	6,36	6,22	6,22	6,18	6,14
	6,38		6,22		6,08	
E ₁₀₀₀ μT-20'	6,46		6,36		6,13	
	6,44	6,45	6,36	6,35	6,14	6,14
	6,44		6,34		6,14	
E ₁₀₀₀ μT-40'	6,44		6,31		6,13	
	6,43	6,44	6,29	6,30	6,12	6,12
	6,45		6,31		6,12	
E ₁₀₀₀ μT-60'	6,46		6,36		6,20	
	6,44	6,45	6,36	6,35	6,20	6,20
	6,44		6,34		6,19	

Tabel E.5 Data hasil pengukuran daya hantar listrik (DHL) susu sapi segar

Sampel	DHL susu sapi segar pada jam ke-					
	4		7		10	
	DHL (mS/cm)	Rata-rata (mS/cm)	DHL (mS/cm)	Rata-rata (mS/cm)	DHL (mS/cm)	Rata-rata (mS/cm)
Kontrol	0,638	0,610	0,631	0,581	0,668	0,706
	0,591		0,556		0,652	
	0,602		0,556		0,799	
E _{800μT-20'}	0,666	0,637	0,673	0,617	0,652	0,651
	0,654		0,576		0,623	
	0,592		0,603		0,678	
E _{800μT-40'}	0,617	0,603	0,582	0,585	0,609	0,647
	0,580		0,647		0,704	
	0,613		0,526		0,627	
E _{800μT-60'}	0,565	0,562	0,702	0,612	0,693	0,641
	0,537		0,614		0,605	
	0,584		0,521		0,626	
E _{1000μT-20'}	0,567	0,524	0,668	0,706	0,623	0,640
	0,467		0,652		0,653	
	0,539		0,799		0,643	
E _{1000μT-40'}	0,612	0,653	0,631	0,558	0,618	0,637
	0,702		0,488		0,655	
	0,646		0,556		0,637	
E _{1000μT-60'}	0,588	0,577	0,675	0,593	0,620	0,629
	0,566		0,498		0,639	
	0,577		0,606		0,628	

Tabel E.6 Data hasil SPSS pH susu sapi segar

➤ Pengukuran 4 jam setelah susu sapi diperah

Oneway

Descriptives

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					Kontrol	9		
E800.20'.4	9	6,3356	,03087	,01029	6,3118	6,3593	6,28	6,38
E800.40'.4	9	6,3889	,01364	,00455	6,3784	6,3994	6,38	6,42
E800.60'.4	9	6,3644	,02068	,00689	6,3485	6,3803	6,33	6,39
E1000.20'.4	9	6,4489	,01453	,00484	6,4377	6,4601	6,42	6,47
E1000.40'.4	9	6,4378	,02386	,00795	6,4194	6,4561	6,38	6,46
E1000.60'.4	9	6,4200	,01225	,00408	6,4106	6,4294	6,39	6,43
Total	63	6,3914	,04676	,00589	6,3797	6,4032	6,28	6,47

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,111	6	,018	42,103	,000
Within Groups	,025	56	,000		
Total	,136	62			

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	E800.20'.4	,00889	,00988	,372	-,0109	,0287
	E800.40'.4	-,04444	,00988	,000	-,0642	-,0247
	E800.60'.4	-,02000	,00988	,048	-,0398	-,0002
	E1000.20'.4	-,10444	,00988	,000	-,1242	-,0847
	E1000.40'.4	-,09333	,00988	,000	-,1131	-,0735
	E1000.60'.4	-,07556	,00988	,000	-,0953	-,0558

E800.20'.4	Kontrol	-,00889	,00988	,372	-,0287	,0109
	E800.40'.4	-,05333	,00988	,000	-,0731	-,0335
	E800.60'.4	-,02889	,00988	,005	-,0487	-,0091
	E1000.20'.4	-,11333	,00988	,000	-,1331	-,0935
	E1000.40'.4	-,10222	,00988	,000	-,1220	-,0824
	E1000.60'.4	-,08444	,00988	,000	-,1042	-,0647
E800.40'.4	Kontrol	,04444	,00988	,000	,0247	,0642
	E800.20'.4	,05333	,00988	,000	,0335	,0731
	E800.60'.4	,02444	,00988	,016	,0047	,0442
	E1000.20'.4	-,06000	,00988	,000	-,0798	-,0402
	E1000.40'.4	-,04889	,00988	,000	-,0687	-,0291
	E1000.60'.4	-,03111	,00988	,003	-,0509	-,0113
E800.60'.4	Kontrol	,02000	,00988	,048	,0002	,0398
	E800.20'.4	,02889	,00988	,005	,0091	,0487
	E800.40'.4	-,02444	,00988	,016	-,0442	-,0047
	E1000.20'.4	-,08444	,00988	,000	-,1042	-,0647
	E1000.40'.4	-,07333	,00988	,000	-,0931	-,0535
	E1000.60'.4	-,05556	,00988	,000	-,0753	-,0358
E1000.20'.4	Kontrol	,10444	,00988	,000	,0847	,1242
	E800.20'.4	,11333	,00988	,000	,0935	,1331
	E800.40'.4	,06000	,00988	,000	,0402	,0798
	E800.60'.4	,08444	,00988	,000	,0647	,1042
	E1000.40'.4	,01111	,00988	,266	-,0087	,0309
	E1000.60'.4	,02889	,00988	,005	,0091	,0487
E1000.40'.4	Kontrol	,09333	,00988	,000	,0735	,1131
	E800.20'.4	,10222	,00988	,000	,0824	,1220
	E800.40'.4	,04889	,00988	,000	,0291	,0687
	E800.60'.4	,07333	,00988	,000	,0535	,0931
	E1000.20'.4	-,01111	,00988	,266	-,0309	,0087
	E1000.60'.4	,01778	,00988	,077	-,0020	,0376
E1000.60'.4	Kontrol	,07556	,00988	,000	,0558	,0953
	E800.20'.4	,08444	,00988	,000	,0647	,1042
	E800.40'.4	,03111	,00988	,003	,0113	,0509
	E800.60'.4	,05556	,00988	,000	,0358	,0753
	E1000.20'.4	-,02889	,00988	,005	-,0487	-,0091
	E1000.40'.4	-,01778	,00988	,077	-,0376	,0020

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

➤ Pengukuran 7 jam setelah susu sapi diperah

Oneway

Descriptives

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	9	6,2078	,01986	,00662	6,1925	6,2230	6,16	6,23
E800.20'.7	9	6,2756	,01740	,00580	6,2622	6,2889	6,26	6,30
E800.40'.7	9	6,2433	,01581	,00527	6,2312	6,2555	6,22	6,27
E800.60'.7	9	6,2244	,01424	,00475	6,2135	6,2354	6,21	6,25
E1000.20'.7	9	6,3511	,01833	,00611	6,3370	6,3652	6,33	6,38
E1000.40'.7	9	6,3033	,01414	,00471	6,2925	6,3142	6,27	6,32
E1000.60'.7	9	6,3156	,01014	,00338	6,3078	6,3233	6,30	6,33
Total	63	6,2744	,05098	,00642	6,2616	6,2873	6,16	6,38

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,147	6	,024	95,768	,000
Within Groups	,014	56	,000		
Total	,161	62			

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	E800.20'.7	-,06778	,00754	,000	-,0829	-,0527
	E800.40'.7	-,03556	,00754	,000	-,0507	-,0205
	E800.60'.7	-,01667	,00754	,031	-,0318	-,0016
	E1000.20'.7	-,14333	,00754	,000	-,1584	-,1282
	E1000.40'.7	-,09556	,00754	,000	-,1107	-,0805

	E1000.60'.7	-,10778*	,00754	,000	-,1229	-,0927
E800.20'.7	Kontrol	,06778	,00754	,000	,0527	,0829
	E800.40'.7	,03222	,00754	,000	,0171	,0473
	E800.60'.7	,05111	,00754	,000	,0360	,0662
	E1000.20'.7	-,07556*	,00754	,000	-,0907	-,0605
	E1000.40'.7	-,02778	,00754	,001	-,0429	-,0127
	E1000.60'.7	-,04000	,00754	,000	-,0551	-,0249
E800.40'.7	Kontrol	,03556	,00754	,000	,0205	,0507
	E800.20'.7	-,03222	,00754	,000	-,0473	-,0171
	E800.60'.7	,01889	,00754	,015	,0038	,0340
	E1000.20'.7	-,10778*	,00754	,000	-,1229	-,0927
	E1000.40'.7	-,06000	,00754	,000	-,0751	-,0449
	E1000.60'.7	-,07222	,00754	,000	-,0873	-,0571
E800.60'.7	Kontrol	,01667	,00754	,031	,0016	,0318
	E800.20'.7	-,05111	,00754	,000	-,0662	-,0360
	E800.40'.7	-,01889	,00754	,015	-,0340	-,0038
	E1000.20'.7	-,12667	,00754	,000	-,1418	-,1116
	E1000.40'.7	-,07889	,00754	,000	-,0940	-,0638
	E1000.60'.7	-,09111	,00754	,000	-,1062	-,0760
E1000.20'.7	Kontrol	,14333	,00754	,000	,1282	,1584
	E800.20'.7	,07556*	,00754	,000	,0605	,0907
	E800.40'.7	,10778	,00754	,000	,0927	,1229
	E800.60'.7	,12667	,00754	,000	,1116	,1418
	E1000.40'.7	,04778	,00754	,000	,0327	,0629
	E1000.60'.7	,03556*	,00754	,000	,0205	,0507
E1000.40'.7	Kontrol	,09556	,00754	,000	,0805	,1107
	E800.20'.7	,02778	,00754	,001	,0127	,0429
	E800.40'.7	,06000	,00754	,000	,0449	,0751
	E800.60'.7	,07889	,00754	,000	,0638	,0940
	E1000.20'.7	-,04778	,00754	,000	-,0629	-,0327
	E1000.60'.7	-,01222	,00754	,110	-,0273	,0029
E1000.60'.7	Kontrol	,10778	,00754	,000	,0927	,1229
	E800.20'.7	,04000	,00754	,000	,0249	,0551
	E800.40'.7	,07222	,00754	,000	,0571	,0873
	E800.60'.7	,09111	,00754	,000	,0760	,1062
	E1000.20'.7	-,03556*	,00754	,000	-,0507	-,0205
	E1000.40'.7	,01222	,00754	,110	-,0029	,0273

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

➤ Pengukuran 10 jam setelah susu sapi diperah

Oneway

Descriptives

pH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	9	6,1056	,00527	,00176	6,1015	6,1096	6,10	6,11
E800.20'.10	9	6,1244	,00726	,00242	6,1189	6,1300	6,11	6,13
E800.40'.10	9	6,1389	,01167	,00389	6,1299	6,1479	6,12	6,16
E800.60'.10	9	6,1489	,04256	,01419	6,1162	6,1816	6,09	6,19
E1000.20'.10	9	6,1711	,01167	,00389	6,1621	6,1801	6,15	6,19
E1000.40'.10	9	6,1800	,01732	,00577	6,1667	6,1933	6,15	6,20
E1000.60'.10	9	6,1989	,01833	,00611	6,1848	6,2130	6,17	6,23
Total	63	6,1525	,03601	,00454	6,1435	6,1616	6,09	6,23

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,058	6	,010	24,164	,000
Within Groups	,022	56	,000		
Total	,080	62			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

pH

LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E800.20'.10	-,01889*	,00943	,050	-,0378	,0000
	E800.40'.10	-,03333*	,00943	,001	-,0522	-,0144
	E800.60'.10	-,04333*	,00943	,000	-,0622	-,0244
	E1000.20'.10	-,06556*	,00943	,000	-,0844	-,0467
	E1000.40'.10	-,07444*	,00943	,000	-,0933	-,0556
	E1000.60'.10	-,09333*	,00943	,000	-,1122	-,0744

E800.20'.10	Kontrol	,01889 ⁺	,00943	,050	,0000	,0378
	E800.40'.10	-,01444	,00943	,131	-,0333	,0044
	E800.60'.10	-,02444 ⁺	,00943	,012	-,0433	-,0056
	E1000.20'.10	-,04667 ⁺	,00943	,000	-,0656	-,0278
	E1000.40'.10	-,05556 ⁺	,00943	,000	-,0744	-,0367
	E1000.60'.10	-,07444 ⁺	,00943	,000	-,0933	-,0556
E800.40'.10	Kontrol	,03333 ⁺	,00943	,001	,0144	,0522
	E800.20'.10	,01444	,00943	,131	-,0044	,0333
	E800.60'.10	-,01000	,00943	,293	-,0289	,0089
	E1000.20'.10	-,03222 ⁺	,00943	,001	-,0511	-,0133
	E1000.40'.10	-,04111 ⁺	,00943	,000	-,0600	-,0222
	E1000.60'.10	-,06000 ⁺	,00943	,000	-,0789	-,0411
E800.60'.10	Kontrol	,04333 ⁺	,00943	,000	,0244	,0622
	E800.20'.10	,02444 ⁺	,00943	,012	,0056	,0433
	E800.40'.10	,01000	,00943	,293	-,0089	,0289
	E1000.20'.10	-,02222 ⁺	,00943	,022	-,0411	-,0033
	E1000.40'.10	-,03111 ⁺	,00943	,002	-,0500	-,0122
	E1000.60'.10	-,05000 ⁺	,00943	,000	-,0689	-,0311
E1000.20'.10	Kontrol	,06556 ⁺	,00943	,000	,0467	,0844
	E800.20'.10	,04667 ⁺	,00943	,000	,0278	,0656
	E800.40'.10	,03222 ⁺	,00943	,001	,0133	,0511
	E800.60'.10	,02222 ⁺	,00943	,022	,0033	,0411
	E1000.40'.10	-,00889	,00943	,350	-,0278	,0100
	E1000.60'.10	-,02778 ⁺	,00943	,005	-,0467	-,0089
E1000.40'.10	Kontrol	,07444 ⁺	,00943	,000	,0556	,0933
	E800.20'.10	,05556 ⁺	,00943	,000	,0367	,0744
	E800.40'.10	,04111 ⁺	,00943	,000	,0222	,0600
	E800.60'.10	,03111 ⁺	,00943	,002	,0122	,0500
	E1000.20'.10	,00889	,00943	,350	-,0100	,0278
	E1000.60'.10	-,01889 ⁺	,00943	,050	-,0378	,0000
E1000.60'.10	Kontrol	,09333 ⁺	,00943	,000	,0744	,1122
	E800.20'.10	,07444 ⁺	,00943	,000	,0556	,0933
	E800.40'.10	,06000 ⁺	,00943	,000	,0411	,0789
	E800.60'.10	,05000 ⁺	,00943	,000	,0311	,0689
	E1000.20'.10	,02778 ⁺	,00943	,005	,0089	,0467
	E1000.40'.10	,01889 ⁺	,00943	,050	,0000	,0378

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

Tabel E.7 Data hasil SPSS daya hantar listrik (DHL) susu sapi segar

➤ Pengukuran 4 jam setelah susu sapi diperah

Oneway

Descriptives

DHL

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	9	,61000	,021622	,007207	,59338	,62662	,587	,640
E800.20'.4	9	,63711	,034567	,011522	,61054	,66368	,586	,667
E800.40'.4	9	,60333	,018035	,006012	,58947	,61720	,576	,617
E800.60'.4	9	,56178	,020855	,006952	,54575	,57781	,533	,589
E1000.20'.4	9	,52433	,045067	,015022	,48969	,55897	,466	,574
E1000.40'.4	9	,65356	,039740	,013247	,62301	,68410	,609	,708
E1000.60'.4	9	,57700	,009367	,003122	,56980	,58420	,565	,588
Total	63	,59530	,050197	,006324	,58266	,60794	,466	,708

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,107	6	,018	20,445	,000
Within Groups	,049	56	,001		
Total	,156	62			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

DHL

LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E800.20'.4	-,027111	,013939	,057	-,05503	,00081
	E800.40'.4	,006667	,013939	,634	-,02126	,03459
	E800.60'.4	,048222	,013939	,001	,02030	,07615
	E1000.20'.4	,085667	,013939	,000	,05774	,11359
	E1000.40'.4	-,043556	,013939	,003	-,07148	-,01563

	E1000.60'.4	,033000	,013939	,021	,00508	,06092
E800.20'.4	Kontrol	,027111	,013939	,057	-,00081	,05503
	E800.40'.4	,033778	,013939	,019	,00585	,06170
	E800.60'.4	,075333	,013939	,000	,04741	,10326
	E1000.20'.4	,112778	,013939	,000	,08485	,14070
	E1000.40'.4	-,016444	,013939	,243	-,04437	,01148
	E1000.60'.4	,060111	,013939	,000	,03219	,08803
E800.40'.4	Kontrol	-,006667	,013939	,634	-,03459	,02126
	E800.20'.4	-,033778	,013939	,019	-,06170	-,00585
	E800.60'.4	,041556	,013939	,004	,01363	,06948
	E1000.20'.4	,079000	,013939	,000	,05108	,10692
	E1000.40'.4	-,050222	,013939	,001	-,07815	-,02230
	E1000.60'.4	,026333	,013939	,064	-,00159	,05426
E800.60'.4	Kontrol	-,048222	,013939	,001	-,07615	-,02030
	E800.20'.4	-,075333	,013939	,000	-,10326	-,04741
	E800.40'.4	-,041556	,013939	,004	-,06948	-,01363
	E1000.20'.4	,037444	,013939	,009	,00952	,06537
	E1000.40'.4	-,091778	,013939	,000	-,11970	-,06385
	E1000.60'.4	-,015222	,013939	,279	-,04315	,01270
E1000.20'.4	Kontrol	-,085667	,013939	,000	-,11359	-,05774
	E800.20'.4	-,112778	,013939	,000	-,14070	-,08485
	E800.40'.4	-,079000	,013939	,000	-,10692	-,05108
	E800.60'.4	-,037444	,013939	,009	-,06537	-,00952
	E1000.40'.4	-,129222	,013939	,000	-,15715	-,10130
	E1000.60'.4	-,052667	,013939	,000	-,08059	-,02474
E1000.40'.4	Kontrol	,043556	,013939	,003	,01563	,07148
	E800.20'.4	,016444	,013939	,243	-,01148	,04437
	E800.40'.4	,050222	,013939	,001	,02230	,07815
	E800.60'.4	,091778	,013939	,000	,06385	,11970
	E1000.20'.4	,129222	,013939	,000	,10130	,15715
	E1000.60'.4	,076556	,013939	,000	,04863	,10448
E1000.60'.4	Kontrol	-,033000	,013939	,021	-,06092	-,00508
	E800.20'.4	-,060111	,013939	,000	-,08803	-,03219
	E800.40'.4	-,026333	,013939	,064	-,05426	,00159
	E800.60'.4	,015222	,013939	,279	-,01270	,04315
	E1000.20'.4	,052667	,013939	,000	,02474	,08059
	E1000.40'.4	-,076556	,013939	,000	-,10448	-,04863

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

➤ Pengukuran 7 jam setelah susu sapi diperah

Oneway

Descriptives

DHL

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	9	,58089	,038211	,012737	,55152	,61026	,544	,642
E800.20'.4	9	,61733	,043509	,014503	,58389	,65078	,573	,680
E800.40'.4	9	,58489	,052558	,017519	,54449	,62529	,524	,657
E800.60'.4	9	,61244	,078805	,026268	,55187	,67302	,518	,705
E1000.20'.4	9	,70600	,069880	,023293	,65229	,75971	,650	,803
E1000.40'.4	9	,55833	,061733	,020578	,51088	,60579	,484	,632
E1000.60'.4	9	,59289	,077160	,025720	,53358	,65220	,497	,676
Total	63	,60754	,073928	,009314	,58892	,62616	,484	,803

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,123	6	,021	5,323	,000
Within Groups	,216	56	,004		
Total	,339	62			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

DHL

LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E800.20'.7	-,036444	,029263	,218	-,09506	,02218
	E800.40'.7	-,004000	,029263	,892	-,06262	,05462
	E800.60'.7	-,031556	,029263	,285	-,09018	,02706
	E1000.20'.7	-,125111	,029263	,000	-,18373	-,06649
	E1000.40'.7	,022556	,029263	,444	-,03606	,08118

E1000.60'.7		-,012000	,029263	,683	-,07062	,04662
E800.20'.7	Kontrol	,036444	,029263	,218	-,02218	,09506
	E800.40'.7	,032444	,029263	,272	-,02618	,09106
	E800.60'.7	,004889	,029263	,868	-,05373	,06351
	E1000.20'.7	-,088667	,029263	,004	-,14729	-,03005
	E1000.40'.7	,059000	,029263	,049	,00038	,11762
	E1000.60'.7	,024444	,029263	,407	-,03418	,08306
E800.40'.7	Kontrol	,004000	,029263	,892	-,05462	,06262
	E800.20'.7	-,032444	,029263	,272	-,09106	,02618
	E800.60'.7	-,027556	,029263	,350	-,08618	,03106
	E1000.20'.7	-,121111	,029263	,000	-,17973	-,06249
	E1000.40'.7	,026556	,029263	,368	-,03206	,08518
	E1000.60'.7	-,008000	,029263	,786	-,06662	,05062
E800.60'.7	Kontrol	,031556	,029263	,285	-,02706	,09018
	E800.20'.7	-,004889	,029263	,868	-,06351	,05373
	E800.40'.7	,027556	,029263	,350	-,03106	,08618
	E1000.20'.7	-,093556	,029263	,002	-,15218	-,03494
	E1000.40'.7	,054111	,029263	,070	-,00451	,11273
	E1000.60'.7	,019556	,029263	,507	-,03906	,07818
E1000.20'.7	Kontrol	,125111	,029263	,000	,06649	,18373
	E800.20'.7	,088667	,029263	,004	,03005	,14729
	E800.40'.7	,121111	,029263	,000	,06249	,17973
	E800.60'.7	,093556	,029263	,002	,03494	,15218
	E1000.40'.7	,147667	,029263	,000	,08905	,20629
	E1000.60'.7	,113111	,029263	,000	,05449	,17173
E1000.40'.7	Kontrol	-,022556	,029263	,444	-,08118	,03606
	E800.20'.7	-,059000	,029263	,049	-,11762	-,00038
	E800.40'.7	-,026556	,029263	,368	-,08518	,03206
	E800.60'.7	-,054111	,029263	,070	-,11273	,00451
	E1000.20'.7	-,147667	,029263	,000	-,20629	-,08905
	E1000.60'.7	-,034556	,029263	,243	-,09318	,02406
E1000.60'.7	Kontrol	,012000	,029263	,683	-,04662	,07062
	E800.20'.7	-,024444	,029263	,407	-,08306	,03418
	E800.40'.7	,008000	,029263	,786	-,05062	,06662
	E800.60'.7	-,019556	,029263	,507	-,07818	,03906
	E1000.20'.7	-,113111	,029263	,000	-,17173	-,05449
	E1000.40'.7	,034556	,029263	,243	-,02406	,09318

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

➤ Pengukuran 10 jam setelah susu sapi diperah

Oneway

Descriptives

DHL

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	9	,70633	,069789	,023263	,65269	,75998	,643	,803
E800.20'.4	9	,65133	,024541	,008180	,63247	,67020	,617	,682
E800.40'.4	9	,64689	,044982	,014994	,61231	,68146	,607	,720
E800.60'.4	9	,64144	,040091	,013364	,61063	,67226	,602	,696
E1000.20'.4	9	,63989	,014521	,004840	,62873	,65105	,621	,662
E1000.40'.4	9	,63656	,017343	,005781	,62322	,64989	,610	,662
E1000.60'.4	9	,62900	,009233	,003078	,62190	,63610	,615	,641
Total	63	,65021	,042774	,005389	,63943	,66098	,602	,803

ANOVA

DHL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,036	6	,006	4,310	,001
Within Groups	,078	56	,001		
Total	,113	62			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

DHL

LSD

(I) Sampel	(J) Sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	E800.20'.10	,055000 [*]	,017548	,003	,01985	,09015
	E800.40'.10	,059444 [*]	,017548	,001	,02429	,09460
	E800.60'.10	,064889 [*]	,017548	,000	,02974	,10004
	E1000.20'.10	,066444 [*]	,017548	,000	,03129	,10160
	E1000.40'.10	,069778 [*]	,017548	,000	,03462	,10493
	E1000.60'.10	,077333 [*]	,017548	,000	,04218	,11249

E800.20'.10	Kontrol	-,055000*	,017548	,003	-,09015	-,01985
	E800.40'.10	,004444	,017548	,801	-,03071	,03960
	E800.60'.10	,009889	,017548	,575	-,02526	,04504
	E1000.20'.10	,011444	,017548	,517	-,02371	,04660
	E1000.40'.10	,014778	,017548	,403	-,02038	,04993
	E1000.60'.10	,022333	,017548	,208	-,01282	,05749
	E800.40'.10	Kontrol	-,059444*	,017548	,001	-,09460
E800.20'.10		-,004444	,017548	,801	-,03960	,03071
E800.60'.10		,005444	,017548	,758	-,02971	,04060
E1000.20'.10		,007000	,017548	,691	-,02815	,04215
E1000.40'.10		,010333	,017548	,558	-,02482	,04549
E1000.60'.10		,017889	,017548	,312	-,01726	,05304
E800.60'.10		Kontrol	-,064889*	,017548	,000	-,10004
	E800.20'.10	-,009889	,017548	,575	-,04504	,02526
	E800.40'.10	-,005444	,017548	,758	-,04060	,02971
	E1000.20'.10	,001556	,017548	,930	-,03360	,03671
	E1000.40'.10	,004889	,017548	,782	-,03026	,04004
	E1000.60'.10	,012444	,017548	,481	-,02271	,04760
	E1000.20'.10	Kontrol	-,066444*	,017548	,000	-,10160
E800.20'.10		-,011444	,017548	,517	-,04660	,02371
E800.40'.10		-,007000	,017548	,691	-,04215	,02815
E800.60'.10		-,001556	,017548	,930	-,03671	,03360
E1000.40'.10		,003333	,017548	,850	-,03182	,03849
E1000.60'.10		,010889	,017548	,537	-,02426	,04604
E1000.40'.10		Kontrol	-,069778*	,017548	,000	-,10493
	E800.20'.10	-,014778	,017548	,403	-,04993	,02038
	E800.40'.10	-,010333	,017548	,558	-,04549	,02482
	E800.60'.10	-,004889	,017548	,782	-,04004	,03026
	E1000.20'.10	-,003333	,017548	,850	-,03849	,03182
	E1000.60'.10	,007556	,017548	,668	-,02760	,04271
	E1000.60'.10	Kontrol	-,077333*	,017548	,000	-,11249
E800.20'.10		-,022333	,017548	,208	-,05749	,01282
E800.40'.10		-,017889	,017548	,312	-,05304	,01726
E800.60'.10		-,012444	,017548	,481	-,04760	,02271
E1000.20'.10		-,010889	,017548	,537	-,04604	,02426
E1000.40'.10		-,007556	,017548	,668	-,04271	,02760

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

LAMPIRAN F. FOTO KEGIATAN PENELITIAN

- Proses pemerahan susu sapi dan pengambilan sampel penelitian



- Proses pemaparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*)



- Pengukuran pH susu sapi segar



- Pengukuran daya hantar listrik (DHL) susu sapi segar

