

PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI ASAM LAKTAT, pH DAN SIFAT ORGANOLEPTIK SUSU KAMBING

SKRIPSI

Oleh:
CELINE SUTANTI
NIM. 18640008



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

HALAMAN PENGAJUAN

PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY*
(ELF) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI ASAM LAKTAT, pH DAN
SIFAT ORGANOLEPTIK SUSU KAMBING

SKRIPSI

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

Oleh:
CELINE SUTANTI
NIM. 18640008

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

HALAMAN PERSETUJUAN

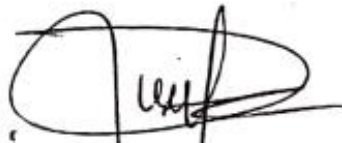
PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY*
(ELF) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI ASAM LAKTAT, pH DAN
SIFAT ORGANOLEPTIK KAMBING

SKRIPSI

Oleh:
CELINE SUTANTI
NIM. 18640008

Telah diperiksa dan disetujui untuk Diseminarkan
Pada tanggal, 24 November 2022

Pembimbing I



Dr. M. Tirono, M.Si
NIP. 19641211 1991111 1 001

Pembimbing II



Ahmad Luthfin, M.Si
NIP. 19860504 201903 1 009

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002



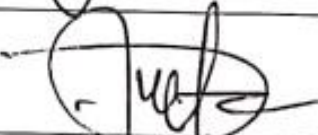
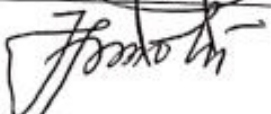
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI ASAM LAKTAT, pH DAN SIFAT ORGANOLEPTIK SUSU KAMBING

SKRIPSI

Oleh:
CELINE SUTANTI
NIM. 18640008

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal: 24 November 2022

Penguji Utama	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 19903 1 003	
Ketua Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 1199003 1 003	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 1991111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Luthfin, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. H. Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Celine Sutanti

NIM : 18640008

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat, pH dan Sifat Organoleptik Ssusu Kambing

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa karya tulis atau skripsi ini merupakan hasil karya sendiri, tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan dari karya ilmiah lain yang sebelumnya pernah dibuat dan dilakukan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan telah disebutkan dengan menyertakan sumber kutipan dan daftar pustaka. Naskah ini hasil dari pengambilan data penelitian dan menulis naskah ini berdasarkan sumber atau referensi yang digunakan. Apabila kemudian hari hasil penelitian dan tulisan ini terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima saksi atas perbuatan ini.

Malang, September 2022
Saya membuat pernyataan

Celine Sutanti
NIM. 18640008

MOTTO

LET IT FLOW

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

1. Orangtua saya, yakni Bapak Witoyo dan Ibu Krismiyati yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga saya dapat menyelesaikan studi ini serta keluarga besar yang selalu mendoakan kelancaran dalam menjalankan studi hingga lulus.
2. Seluruh dosen fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, khususnya pembimbing saya, yakni bapak Dr. M. Tirono, M.Si yang telah banyak membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Bapak Ahmad Luthfin yang selalu mengingatkan saya untuk selalu mengaji kitab suci Al-Qur'an.
3. Teman-teman terdekat yang telah memberikan dukungan secara emosional dan bantuannya, semoga Allah SWT membalas budi baik kalian semua. Aamiin.
4. Diri saya sendiri. Celine Sutanti.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat yang begitu luasnya kepada kami, sehingga sampai saat ini penulis dapat merampungkan penelitian skripsi dengan tepat waktu. Adapun penulisan ini bertujuan untuk memenuhi syarat penyelesaian tugas akhir sarjana strata satu (S1). Pada penelitian ini, penulis mengambil judul **“Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat, pH dan Sifat Organoleptik Susu Kambing”**. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh dengan pencerahan seperti saat ini.

Atas selesainya penulisan skripsi ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. M. Tirono, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi dengan sabar membimbing dengan teliti dan memberikan arahan untuk penulisan sehingga mampu menyelesaikan Skripsi dengan baik.
5. Bapak Ahmad Lutfin S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi dengan sabar membimbing dengan teliti dan memberikan arahan untuk penulisan sehingga mampu menyelesaikan Skripsi dengan baik.

6. Bapak Penguji yang telah memberikan masukan ide dan moral.
7. Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah sabar memberikan ilmunya terhadap saya.
8. Orangtua dan keluarga yang tak lelah mendukung dan memberikan doa hingga saat ini.
9. Teman-teman fisika semua angkatan dan teman-teman Biofisika yang selalu mmbantu menjadi penyemangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas keikhlasan membantu motivasi, doa dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah membalas kebaikan mereka semua. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari mata sempurna maka penulis mohon masukan dan kritikan supaya dapat mengevaluasi dan memperbaiki agar lebih baik. Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Malang, 25 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
تجريد	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Batasan Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF)	8
2.2. Medan Magnet Dari Kumbaran Helmholtz	10
2.3. Susu Kambing	13
2.4. Kandungan Susu Kambing	14
2.5. Derajat Keasaman	15
2.6. Bakteri Asam Laktat (BAL)	17
2.7. Pengaruh Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) Terhadap Bahan Biologis	22
2.8. Pengaruh Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Pembentuk Asam Laktat	26
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2. Jenis dan Desain Penelitian	30
3.2.1. Jenis Penelitian	30
3.2.2. Desain Penelitian	30
3.3. Alat dan Bahan	32
3.3.1. Alat Penelitian	32
3.3.2. Bahan Penelitian	33
3.4. Diagram Alir	34
3.5. Prosedur Penelitian	35
3.5.1. Penentuan Bahan	35
3.5.2. Sterilisasi alat	35
3.5.3. Penyiapan Media NA (<i>Nutrient Agar</i>)	36

3.5.4. Penyiapan Media NB (<i>Nutrient Broth</i>)	36
3.5.6. Regenerasi Bakteri Asam Laktat	37
3.5.7. Pembuatan Susu Kambing <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	37
3.5.8. Penyusunan Alat Penelitian	37
3.5.9. Perlakuan Bahan	38
3.5.10. Uji Jumlah Koloni Bakteri	39
3.5.11. Uji Kadar Asam Laktat dengan Metode Titrimetri (Purnavita et al., 2014)	42
3.5.12. Uji pH	44
3.5.13. Penilaian Organoleptik (Warna, Rasa dan Aroma)	45
3.6. Teknik Analisis Data	48
3.6.1. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Susu Kambing	48
3.6.2. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Asam Laktat Susu Kambing	48
3.6.3. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH Susu Kambing	48
3.6.4. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Sifat Organoleptik Susu Kambing	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1. Data Hasil Penelitian	50
4.1.1. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Koloni Bakteri.	50
4.1.2. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Asam Laktat	55
4.1.3. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH	60
4.1.4. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Sifat Organoleptik (Warna, Rasa dan Aroma) Susu Kambing	64
4.2. Pembahasan	71
4.2.1. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Koloni Bakteri	71
4.2.2. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Asam Laktat	75
4.2.3. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH	77
4.2.4. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Sifat Organoleptik (Warna, Rasa dan Aroma) Susu Kambing	78
4.2.5. Hubungan Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> Terhadap Kadar Asam Laktat pada Susu Kambing	80
4.2.6. Hubungan Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> Terhadap pH pada Susu Kambing	83
4.3. Integrasi dengan Al-Quran	85
BAB V PENUTUP	89
4.1. Kesimpulan	89
4.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kumparan Helmholtz	10
Gambar 2.2 Komponen-komponen perhitungan pada kawat melingkar berarus..	11
Gambar 3.1 Susunan alat penelitian.....	38
Gambar 4.1 (a)Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap jumlah koloni bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> pada susu kambing (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap jumlah koloni bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> pada susu kambing	52
Gambar 4.2 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap kadar asam laktat pada susu kambing (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap kadar asam laktat pada susu kambing	57
Gambar 4.3 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap pH pada susu kambing (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap pH pada susu kambing.....	62
Gambar 4.4 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap rasa susu kambing, (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap rasa susu kambing.....	67
Gambar 4. 5 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap aroma susu kambing, (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap aroma susu kambing.....	70
Gambar 4. 6 Grafik hubungan jumlah koloni bakteri dengan kadar asam laktat..	82
Gambar 4. 7 Grafik hubungan jumlah koloni bakteri terhadap pH.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan medan listrik dan medan magnet.....	9
Tabel 2.2 Kandungan Nilai Gizi Susu Kambing.....	14
Tabel 2.3 Harga pH Minimum Dan Maksimum Mikroorganisme	16
Tabel 3.1 Data jumlah koloni bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	40
Tabel 3. 2 Data Uji Kadar Asam Laktat.....	42
Tabel 3. 3 Data Uji pH	44
Tabel 3. 4 Data Penilaian Warna Susu Kambing <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	46
Tabel 3. 5 Data Penilaian Rasa Susu Kambing <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	46
Tabel 3. 6 Data Penilaian Warna Susu Kambing <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	47
Tabel 4.1 Data Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	50
Tabel 4.2 Hasil Analisis Faktorial Pada Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus</i> <i>bulgaricus</i>	53
Tabel 4.3 Hasil Uji DMRT Medan Magnet ELF Terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	54
Tabel 4.4 Data Pengaruh Medan Magnet ELF Dan Lama Pemaparan Terhadap Kadar Asam Laktat	55
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Faktorial Pada Kadar Asam Laktat	58
Tabel 4.6 Hasil Uji DMRT Kerapatan Fluks Magnet Terhadap Kadar Asam Laktat	59
Tabel 4.7 Data Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap pH Susu Kambing	60
Tabel 4. 8 Hasil Analisis Faktorial pada pH Susu Kambing	63
Tabel 4.9 Hasil Uji DMRT Medan Magnet ELF Terhadap pH Susu Kambing ...	63
Tabel 4. 10 Data Warna Susu Kambing Setelah Dipapari Medan Magnet ELF...	64
Tabel 4. 11 Data Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Rasa Susu Kambing ..	65
Tabel 4.12 Hasil Analisis Kurskall Wallis pada Rasa Susu Kambing	68
Tabel 4.13 Data Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap Aroma Susu Kambing	68
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Kursall Wallis pada Aroma Susu Kambing	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Penelitian	96
Lampiran 2. Data Hasil Penelitian	98
Lampiran 3. Hasil Analisis Uji Faktorial	107
Lampiran 4. Hasil Uji Lanjutan DMRT	108

ABSTRAK

Sutanti, Celine. 2022. **Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat, pH dan Sifat Organoleptik Susu Kambing.** Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. M. Tirono, M.Si (II) Ahmad Luthfin, M.Si.

Kata kunci: Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF), *Lactobacillus bulgaricus*, Kadar Asam Laktat, pH, Organoleptik, Susu Kambing

Salah satu penganekaragaman produk olahan susu adalah susu kambing fermentasi guna meningkatkan konsumsi susu. Proses fermentasi yang lama dapat menyebabkan kandungan di dalam susu menurun akibat pembusukan. Bakteri asam laktat berperan aktif dalam membunuh bakteri patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan fluks magnet terhadap pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, kadar asam laktat, pH dan sifat organoleptik pada susu kambing. Sampel yang digunakan adalah bakteri *Lactobacillus bulgaricus* tumbuh dalam susu kambing. Diberikan variasi kerapatan fluks magnet ELF sebesar 0,2 mT, 0,3 mT, 0,4 mT dan 0,5 mT dengan lama paparan 2,5 menit, 5 menit, 7,5 menit, 10 menit dan 12,5 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan bakteri berbeda-beda setiap kerapatan fluks magnet dan lama paparan yang diberikan. Pertumbuhan bakteri paling optimum adalah pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit sebesar $383.10^7 \pm 112,65$ CFU/ml. Kandungan asam laktat tertinggi adalah pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit sebanyak $0,0831 \pm 0,01277$ %. Sedangkan, pH paling minimum adalah pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit. Sifat organoleptik warna tidak menunjukkan perubahan nyata, sedangkan rasa dan aroma menunjukkan perubahan nyata. Hasil ini diperoleh pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit. Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan bakteri adalah kerapatan fluks magnet 0,2 mT.

ABSTRACT

Sutanti, Celine. 2022. **Effect of *Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Exposure on Lactic Acid Bacterial Growth, pH and Organoleptic Properties of Goat Milk***. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Dr. M. Tirono, M.Si. (II) Ahmad Luthfin, M.Si.

Keywords: *Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field, Lactobacillus bulgaricus*, Lactic Acid Level, pH, Organoleptic, Goat's Milk

One of the diversification of dairy products is fermented goat's milk to increase milk consumption. The long fermentation process can cause the content in the milk to decrease due to spoilage. Lactic acid bacteria play an active role in killing pathogenic bacteria. This study aims to determine the exposure of the ELF magnetic field to the growth of *Lactobacillus bulgaricus* bacteria, lactic acid levels, pH and organoleptic properties of goat milk. The sample used was *Lactobacillus bulgaricus* bacteria growing in goat's milk. Exposure to magnetic fields of 0.2 mT, 0.3 mT, 0.4 mT and 0.5 mT were given with exposure durations of 2.5 minutes, 5 minutes, 7.5 minutes, 10 minutes and 12.5 minutes. The results showed that the growth rate of bacteria was different for each magnetic field and the duration of exposure given. The most optimum bacterial growth was at a magnetic flux density of 0.2 mT for 5 minutes at 383.107 ± 112.65 CFU/ml. The highest lactic acid content was at a magnetic flux density of 0.2 mT for 5 minutes as much as 0.0831 ± 0.01277 %. Meanwhile, the minimum pH is at a magnetic flux density of 0.2 mT for 5 minutes. The organoleptic properties of color did not show significant changes, while taste and aroma showed significant changes. These results were obtained at a magnetic flux density of 0.2 mT for 5 minutes. This shows that the magnetic flux density that is most effective in increasing bacterial growth is the magnetic flux density of 0.2 mT.

تجريدي

سوتاتي، سيلين. 2022. تأثير التعرض للمجال المغناطيسي منخفض التردد للغاية (ELF) على نمو بكتيريا حمض اللاكتيك ودرجة الحموضة والخصائص الحسية لحليب الماعز. اطروحه. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم، مالانغ. المشرفون: (أولا) د. م. تيرونو، M.Si. (ثانيا) أحمد لطف، M.Si.

الكلمات المفتاحية: المجال المغناطيسي منخفض التردد للغاية، *Lactobacillus bulgaricus*، (ELF)، محتوى حمض اللاكتيك ، الرقم الهيدروجيني ، الحسي ، حليب الماعز

واحدة من تنوع منتجات الألبان هي حليب الماعز المخمر لزيادة استهلاك الحليب. يمكن أن تتسبب عملية التخمير الطويلة في انخفاض المحتوى الموجود في الحليب بسبب الاضمحلال. تلعب بكتيريا حمض اللاكتيك دورا نشطا في قتل البكتيريا المسببة للأمراض. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد كثافة التدفق المغناطيسي ضد نمو بكتيريا *Lactobacillus bulgaricus* ، ومستويات حمض اللاكتيك ، ودرجة الحموضة والخصائص الحسية في حليب الماعز. كانت العينة المستخدمة هي بكتيريا *Lactobacillus bulgaricus* المزروعة في حليب الماعز. بالنظر إلى الاختلافات في كثافة التدفق المغناطيسي للقرم من 0.2 mT و 0.3 mT و 0.4 mT و 0.5 mT مع فترات تعرض تبلغ 2.5 دقيقة و 5 دقائق و 7.5 دقيقة و 10 دقائق و 12.5 دقيقة. أظهرت النتائج أن معدل نمو البكتيريا يختلف حسب كثافة التدفق المغناطيسي ومدة التعرض المعطاة. كان النمو البكتيري الأمثل عند كثافة تدفق مغناطيسي تبلغ 0.2 mT لمدة 5 دقائق من 112.65 ± 383.10^7 CFU / ml. أعلى محتوى حمض اللاكتيك هو في كثافة التدفق المغناطيسي من 0.2 mT لمدة 5 دقائق بقدر 0.01277 ± 0.0831 ٪. وفي الوقت نفسه ، يكون الحد الأدنى للأس الهيدروجيني بكثافة تدفق مغناطيسي تبلغ 0.2 mT لمدة 5 دقائق. لا تظهر الخصائص الحسية للون تغييرات ملحوظة ، بينما يظهر الطعم والرائحة تغييرات ملحوظة. تم الحصول على هذه النتيجة بكثافة تدفق مغناطيسي تبلغ 0.2 mT لمدة 5 دقائق. هذا يدل على أن كثافة التدفق المغناطيسي الأكثر فعالية في تعزيز نمو البكتيريا هي كثافة التدفق المغناطيسي البالغة 0.2 mT.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Susu mempunyai peran penting dan strategis dalam upaya penyediaan kecukupan gizi bagi masyarakat. Namun, konsumsi susu masyarakat Indonesia masih cukup rendah dan baru mencapai rata-rata 7-8 liter/kapita/tahun, jauh lebih rendah dibandingkan konsumsi susu negara ASEAN lainnya yang telah mencapai lebih dari 20 liter/kapita/tahun (Ferawati., S. Melia. E. Purwanti., I. Zulkarnain., 2019). Susu merupakan jenis bahan pangan hewani berupa cairan putih yang dihasilkan oleh ternak mamalia seperti sapi, kerbau ataupun kambing dan diperoleh dengan cara pemerahan (Cholissodin et al., 2017).

Nabi Muhammad SAW menyebutkan bahwa susu adalah minuman yang paling menyehatkan. Begitu juga yang diterangkan dalam Al-Quran pada surat An-Nahl, seperti ayat dibawah ini:

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً ۚ نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهِمْ مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ لَبَنًا خَالِصًا سَائِغًا لِلشَّارِبِينَ

Artinya: *“Dan Sesungguhnya pada binatang ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberimu minum dari pada apa yang berada dalam perutnya (berupa) susu yang bersih antara tahi dan darah, yang mudah ditelan bagi orang-orang yang meminumnya.”* [QS. An-Nahl:66]

Al-Quran surat An-Nahl ayat 66 diatas menjelaskan tentang hewan ternak seperti unta, sapi, kambing, domba yang sudah dipelihara dan hidup di lingkungan masyarakat yang menghasilkan susu dan minuman yang dibutuhkan manusia untuk pelengkap makanan yang sehat dan sempurna. Dalam penjelasan ayat tersebut terdapat pelajaran berharga yang dapat mengantarkan manusia menyadari kebesaran-Nya dan kekuasaan-Nya. Allah SWT menciptakan susu murni yang

tidak tercampur dengan darah dan sisa makanan (kotoran), yang berupa warna atau baunya.

Dari Abdullah bin Mas'ud RA, Nabi SAW bersabda:

إِنَّ اللَّهَ عَزَّ وَجَلَّ ، لَمْ يُنْزِلْ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً إِلَّا الْهَرَمَ ، فَعَلَيْكُمْ بِالْبَنَانِ الْبَقْرِ ، فَإِنَّمَا تَرْتُمُ مِنْ كُلِّ الشَّجَرِ

Artinya: “*Sesungguhnya Allah ‘Azza Wajalla ketika menurunkan penyakit pasti juga menurunkan obatnya, kecuali penyakit tua. Lalu hendaklah kalian meminum susu sapi, karena ia terkumpul dari berbagai macam tumbuhan*” (HR. Abu Daud Ath Thayalisi dalam Musnad-nya, hadits ini shahih secara musnad dan mursal. dishahihkan Al Albani dalam *Silsilah Ahadits Shahihah*, 2/45-47).

Dalam hadits ini Nabi menggunakan *shighatul amr* (perintah) yaitu *فَعَلَيْكُمْ بِالْبَنَانِ الْبَقْرِ* (minumlah susu sapi). Tidak hanya sekedar perbuatan Nabi. Maka ini menetapkan manfaatnya susu dan anjuran untuk minum susu. Seperti cerita Ibnu Abbas Bersama Khalid bin Al Walid di rumah Maimunah, Rasulullah bersabda:

مَنْ أَطْعَمَهُ اللَّهُ طَعَامًا فَلْيَقُلْ: اللَّهُمَّ بَارِكْ لَنَا فِيهِ, وَارْزُقْنَا خَيْرًا مِنْهُ , وَمَنْ سَقَاهُ اللَّهُ لَبَنًا , فَلْيَقُلْ : اللَّهُمَّ بَارِكْ لَنَا فِيهِ , وَزِدْنَا مِنْهُ , فَإِنِّي لَا أَعْلَمُ مَا يُجْزَى مِنَ الطَّعَامِ وَالشَّرَابِ إِلَّا اللَّبَنُ

Artinya: “*Barangsiapa yang memakan suatu makanan yang dikarunikan oleh Allah, hendaknya ia berdoa: ‘Allahumma baarik lana fiihi (ya Allah, limpahkan keberkahan pada kami dalam makanan ini dan berilah kami makan yang lebih baik darinya!). Dan barangsiapa yang minum susu yang dikaruniai oleh Allah, hendaknya ia berdoa: Allahumma baarik lana fiihi, wa zidna minhu (ya Allah berilah keberkahan kepada kami dalam susu ini dan karunikan kami lebih banyak dari susu ini) karena aku tidak tahu satupun yang bisa menggantikan makanan dan minuman melebihi susu*” (HR. Abu Daud 3245, Ibnu Majah 3321, dishahihkan Al Albani dalam *Shahih Ibnu Majah*)

Salah satu susu dari hewan ternak adalah susu kambing. Susu kambing diyakini memiliki khasiat, seperti kecernaannya yang tinggi, alergenitas yang rendah dan komposisi kimia bermanfaat, lebih mirip dengan susu manusia dibandingkan susu sapi (Ratya. et al., 2017). Susu kambing memiliki kandungan

gizi yang lebih unggul, selain itu lemak dan protein pada susu kambing lebih mudah dicerna dan kandungan vitamin B1 nya lebih tinggi dibandingkan susu sapi (Helmi Effendi et al., 2009). Seperti halnya susu sebagai sumber energi, susu kambing juga mengandung laktosa dan lemak, susu kambing dapat menjadi sumber zat pembangun karena mengandung protein dan mineral serta sebagai bahan-bahan pembantu proses metabolisme seperti mineral dan vitamin. Secara kimiawi susu normal mempunyai susunan kimia sebagai berikut: air 87,20%, lemak 3,70%, protein 3,50%, laktosa 4,90% dan mineral 0,07% (Sumudhita, 1989). Susu kambing memiliki bau prengus disebabkan oleh kadar asam lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu sapi. Aroma prengus dapat dikurangi dengan proses fermentasi karena dapat menghasilkan flavor khas yang berasal dari asam laktat, asset aldehyd, diasetil, asam asetat dan bahan-bahan mudah menguap lainnya yang dihasilkan oleh fermentasi mikroorganisme (Balía et al., 2011).

Dengan keistimewaan yang dimiliki susu kambing, menjadikan susu ini medium yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen. Susu kambing fermentasi adalah produk olahan susu yang dalam prosesnya sudah ditambahkan dengan starter. Dalam penelitian ini digunakan starter *Lactobacillus bulgaricus*. *Lactobacillus bulgaricus* merupakan jenis bakteri probiotik yang biasa ditambahkan pada produk susu fermentasi karena diketahui memberikan efek kesehatan (Balía et al., 2011). Salah satu alternatif untuk meningkatkan konsumsi susu adalah dengan penganekaragaman produk dalam olahan susu. Susu kambing fermentasi menggunakan bakteri asam laktat diketahui dapat meningkatkan nilai

gizi serta daya cerna yang tinggi. Dalam meningkatkan masa simpan susu tersebut digunakan pemaparan medan magnet ELF.

Meningkatnya penerapan teknologi medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) di bidang pangan memberikan dampak positif, karena sifat karakteristik dari medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) itu sendiri. Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) tergolong dalam spektrum elektromagnetik yang memiliki frekuensi tidak lebih dari 300 Hz dan termasuk ke dalam radiasi non-pengion. Radiasi non-pengion merupakan pancaran energi yang tidak menyebabkan ionisasi molekul (Muchtarrudin, 1998). Energi medan magnet yang sangat kecil menghasilkan efek non termal pada target biologis, artinya tidak menyebabkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi sistem (Kanza et al., 2020).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Ratnasari, (2021) membuktikan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan intensitas 300 μT dan 500 μT selama 60, 90, dan 120 menit berpengaruh terhadap perubahan nilai pH susu sapi segar. Penurunan nilai pH disebabkan adanya pembentukan asam laktat oleh bakteri, sehingga akan meningkatkan keasaman susu sehingga nilai pH susu akan semakin menurun. Pemberian paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) pada kelompok eksperimen akan menghambat perkembangan bakteri dalam susu sehingga produksi asam laktat oleh bakteri juga akan terhambat. Sedangkan, Astutik dkk melakukan penelitian tentang paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) sebesar 500 μT dengan variasi lama paparan 60, 90 dan 10 menit pada tahu sutera mampu menambah keefektifan menghambat pertumbuhan bakteri. Nilai rata-rata pH tahu sutera mengalami

peningkatan lebih kecil dari kelompok kontrol. Selain itu, lama paparan dari medan magnet juga mempengaruhi nilai pH tahu sutera. Semakin lama waktu paparan, maka nilai penurunan pH akan semakin kecil (Astutik & Sudarti, 2021).

Selain itu, penelitian Selfina membuktikan bahwa paparan medan magnet ELF 0,2 mT selama 10 menit pada ion logam Fe meningkatkan aktivitas enzim dan jumlah sel hidup *Bacillus* sp. (Sumardi et al., 2018). Paparan medan magnet 100 μ T selama 5 menit dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri *Mesapholic* dan *Thermopholic* yang mengakibatkan penurunan nilai pH dan kadar air pada keju cream cheese (Kristinawati, 2015). Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *A. xylinum* pada proses pembuatan starter nata de coco sebesar $2,7 \times 10^{16}$ sel/ml dan berpengaruh pada penurunan pH antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen (paparan medan magnet ELF sebesar 0,04 selama 30 menit dan 0,11 selama 45 menit (Ervina, 2015)

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap susu kambing diharapkan dengan adanya inovasi ini produksi susu kambing dapat meningkat. Dengan dilakukan perlakuan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) sebesar 0,2 mT, 0,3 mT, 0,4 mT dan 0,5 mT dengan variasi paparan 2,5 menit, 5 menit, 7,5 menit, 10 menit dan 12,5 menit. Adapun judul penelitian yang akan dilakukan, yaitu **“Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat, pH Dan Sifat Organoleptik Susu Kambing”**.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap jumlah bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada susu kambing?
2. Bagaimana pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap kadar asam laktat pada susu kambing?
3. Bagaimana pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap nilai pH susu kambing?
4. Bagaimana pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap sifat organoleptik susu kambing?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap jumlah bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada susu kambing.
2. Untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap kadar asam laktat pada susu kambing.
3. Untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap nilai pH susu kambing.
4. Untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap sifat organoleptik susu kambing.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Memberi informasi tentang pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pertumbuhan bakteri asam laktat, pH dan sifat organoleptik pada susu kambing.
2. Memberikan wawasan pengetahuan fermentasi susu kambing menggunakan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap masyarakat.

3. Memberi kontribusi dalam pengembangan ilmu teknologi upaya pengembangan pengawetan makanan dan minuman.

1.5. Batasan Masalah

1. Sampel yang digunakan adalah susu kambing Saanen yang baru diperah.
2. Starter bakteri yang digunakan adalah *Lactobacillus bulgaricus*.
3. Sumber medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) adalah rangkaian Helmholtz.
4. Diberikan perlakuan dengan intensitas kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) sebesar 0,2 mT, 0,3 mT, 0,4 mT dan 0,5 mT dengan variasi paparan 2,5 menit, 5 menit, 7,5 menit, 10 menit dan 12,5 menit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF)

Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik. Medan magnet dapat dihasilkan tidak hanya oleh sebatang magnet alami, namun juga dapat dibangkitkan dari listrik. Hal ini ternyata karena sebuah muatan yang bergerak akan menghasilkan medan magnet disekitarnya (Ishaq, 2007). Medan magnet dapat dihasilkan dari suatu muatan yang dihasilkan pada jarak r dari muatan bergerak q . Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} q(v \times \hat{r}) \quad (2.1)$$

Keterangan:

μ_0 : konstanta permeabilitas udara yang besarnya $4 \times 10^{-7} \text{N/A}^2$

r : jarak dari muatan terhadap titik dimana medan magnet diukur

Interaksi magnet dasar merupakan gaya magnetik suatu muatan yang bergerak dikerahkan pada muatan yang bergerak lainnya. Gaya magnetik dihasilkan dari arus listrik. Adanya medan magnet di dalam ruangan dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan. Apabila muatan q yang bergerak dengan kecepatan v dalam medan magnetik akan terdapat gaya yang bergantung pada q , berkecepatan dan arahnya. Dengan kata lain, apabila suatu q bergerak dengan kecepatan v dalam medan magnetik B , gaya magnetik F (gaya Lorentz) pada muatan adalah (Tipler, 2001):

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

Medan magnet dihasilkan oleh gerakan muatan listrik dan sebenarnya di dalam bahan magnet secara mikroskopis dalam skala atom terjadi arus-arus kecil karena elektron beredar mengelilingi inti atom ataupun elektron berputar terhadap sumbunya. Paparan medan magnet yang ditimbulkan oleh sumber pada suatu medium diberikan oleh besaran kuat medan magnet (H). Besaran B merupakan besar induksi magnet pada medium dengan nilai (Sutrisno dan Gie, 1979) :

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

Gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi sangat rendah yaitu berkisar antara 0-300 Hz. Radiasi gelombang elektromagnetik ELF tergolong radiasi *non-ionizing*, artinya pancaran energinya tidak mampu menyebabkan terjadinya proses ionisasi pada molekul pada suatu medium (Muharromah et al., 2018). Selain itu, gelombang ini menghasilkan efek non thermal pada target biologis yang diaplikasikan, artinya tidak menyebabkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi sistem (Kanza et al., 2020).

Medan listrik dan medan magnet bertindak indenpenden sehingga dapat diukur secara terpisah. Selain itu, medan magnet tidak dapat dihalangi oleh material. Perbedaan medan listrik dan medan magnet dapat dilihat pada table 2.1 sebagai berikut:

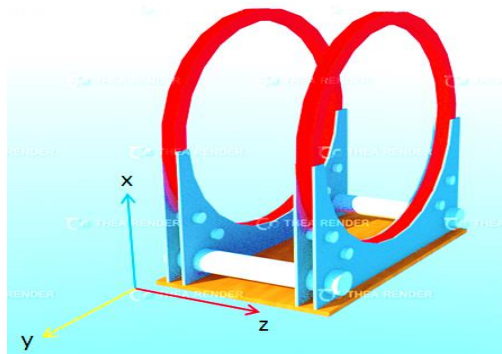
Tabel 2.1 Perbedaan medan listrik dan medan magnet

No.	Medan listrik	Medan magnet
1.	Timbul karena adanya tegangan	Timbul dari arus yang mengalir
2.	Satuan medan listrik adalah V/m	Satuan medan magnet A/m atau μT
3.	Medan listrik akan tetap ada meskipun peralatan listrik dimatikan	Medan magnet akan segera hadir ketika peralatan listrik dihidupkan dan arus mengalir

4.	Tidak dapat menembus material	Dapat menembus material
----	-------------------------------	-------------------------

2.2. Medan Magnet Dari Kumparan Helmholtz

Kumparan Helmholtz adalah dua buah kumparan yang dihubungkan secara seri dan dialiri arus listrik yang dapat menghasilkan medan magnetik. Medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan ini adalah kecil dalam orde milli Tesla (mT). Medan magnetik yang diketahui kekuatannya dan bersifat uniform merupakan besaran yang penting dalam kemagnetan, karena dapat digunakan dalam beberapa peralatan seperti untuk mengkalibrasi alat ukur yang menggunakan medan magnetik, peralatan alat ukur yang menggunakan medan magnetik yang bekerja dalam frekuensi rendah seperti bioelektromagnetik. (SARASTI, 2015).

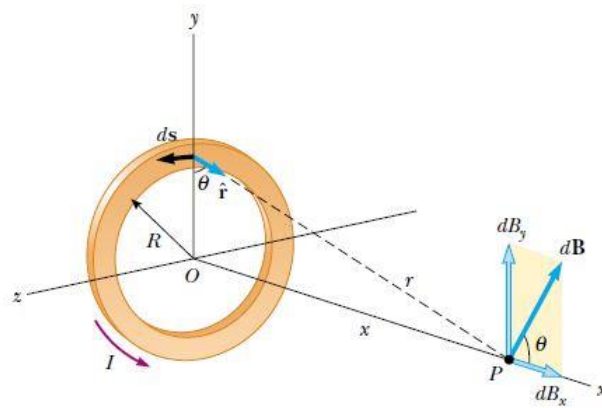


Gambar 2.1 Kumparan Helmholtz

Kumparan Helmholtz ini terdiri dari dua kumparan yang memiliki jari-jari yang sama dan terpisah dengan jarak tertentu, kedua komponen kumparan ini dalam arah sejajar dari dua sumbu kumparan. Kuat medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan Helmholtz ini berbanding lurus dengan arus yang mengalir dan jumlah lilitan, dan berbanding terbalik terhadap jarak antara kedua kumparan tersebut (Reitz, 1993). Besarnya medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan Helmholtz bergantung dengan arus listrik (I) yang diberikan jumlah lilitan (N), jari-jari

kumparan (R) serta tergantung posisinya terhadap kumparan Helmholtz. Besarnya medan magnet di setiap titik sepanjang sumbu x di titik tengah kumparan dapat dijelaskan dengan mengkombinasikan dua penyelesaian Hukum Bio Savart untuk kawat melingkar dengan berupa lilitan (Gayatri et al., 2019).

Untuk besar medan magnet yang terjadi di sepanjang pusat kawat melingkar yang mengalirkan arus dapat dilihat dari penurunan persamaan Bio Savart. Gambar distribusi medan magnet dapat dilihat dari gambar 2.1. Segmen arus Idl tegak lurus dengan vektor jari-jari kawat r . Dari persamaan awal hukum Bio Savart didapatkan (Thew et al., 2015):



Gambar 2.2 Komponen-komponen perhitungan pada kawat melingkar berarus

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \times \hat{r}}{r^2} \quad (2.4)$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin 90^\circ}{r^2} \quad (2.5)$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \quad (2.6)$$

Pada gambar diatas terlihat komponen yang tegak lurus terhadap sumbu kawat melingkar adalah dB_y , komponen y ini akan saling menghilangkan sehingga hanya fokus pada komponen x , dimana:

$$dB_x = dB \sin \theta \quad (2.7)$$

$$dB_x = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \sin\theta \quad (2.8)$$

$$dB_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \frac{R}{r} dl \quad (2.9)$$

$$dB_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi r^3} dl \quad (2.10)$$

Dari teorema Phytagoras, diketahui:

$$r = \sqrt{x^2 + R^2} \quad (2.11)$$

Didapatkan:

$$dB_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi(\sqrt{x^2+R^2})^3} dl \quad (2.12)$$

$$B_x = \oint dB_x \quad (2.13)$$

$$B_x = \oint \frac{\mu_0 IR}{4\pi(\sqrt{x^2+R^2})^3} dl \quad (2.14)$$

$$B_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi(\sqrt{x^2+R^2})^3} \oint dl \quad (2.15)$$

$$B_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi(\sqrt{x^2+R^2})^3} 2\pi R \quad (2.16)$$

$$B_x = \frac{\mu_0 IR^2}{2(\sqrt{x^2+R^2})^3} \quad (2.17)$$

Bila kawat lingkaran tersebut berupa kumparan dengan N buah lilitan, maka induksi magnet di pusat kawat lingkaran sepanjang sumbu horizontal didapatkan (Gayatri et al., 2019):

$$B_x = \frac{N\mu_0 IR^2}{2(\sqrt{x^2+R^2})^3} \quad (2.18)$$

$$B = B_1 + B_2 \quad (2.19)$$

$$B = \frac{N\mu_0 IR^2}{2} \left[\frac{1}{(x^2+R^2)^{3/2}} + \frac{1}{((R-x)^2+R^2)^{3/2}} \right] \quad (2.20)$$

$$B = \frac{N\mu_0 IR^2}{2} \left[\frac{1}{(x^2+R^2)^{3/2}} + \frac{1}{(2R^2+x^2-2xR)^{3/2}} \right] \quad (2.21)$$

2.3. Susu Kambing

Susu adalah cairan yang berasal dari kambing sehat dan bersih yang diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah apapun kecuali proses pendinginan tanpa memengaruhi kemurniannya (SNI 01-3141-2011). Susu kambing segar merupakan susu yang diperoleh dari induk kambing tidak kurang dari 3 hari setelah kelahiran dan pada susu tersebut tidak dikurangi dan tidak ditambahkan komponen lain serta tidak boleh mengalami suatu perlakuan kecuali pendinginan. Susu kambing segar tidak boleh mengandung *colostrum*. Pengelompokan mutu susu kambing digolongkan berdasarkan parameter total mikroba, jumlah sel kambing, lemak dan bahan kering yang digunakan sebagai kriteria untuk pemasaran susu kambing segar (Thai Agricultural Standar, 2008).

Susu kambing layaknya susu yang berasal dari hewan lainnya, yaitu merupakan campuran yang kompleks, seperti emulsi lemak dalam air. Jika dibandingkan dengan susu sapi, empat komponen utama penyusun susu kambing, yaitu laktosa, lemak, senyawa nitrogen dan mineral yang memiliki kemiripan dengan susu sapi. Susu kambing memiliki ukuran rata-rata butiran lemak sebesar 2 mikrometer, lebih kecil dari pada ukuran butiran lemak susu sapi yang mencapai 2,5-3,5 mikrometer. Ukuran butiran lemak yang lebih kecil ini membuat lemak susu kambing lebih tersebar dan homogenya sehingga lebih mudah dicerna oleh system pencernaan manusia. Protein susu kambing lebih mudah larut dan lebih mudah diserap serta lebih rendah dalam memicu alergi oleh tubuh sehingga mengindikasikan bahwa kualitas protein susu kambing lebih baik dibandingkan

dengan susu sapi (Aliaga, I.L., M.J.M. Alferez., M.Barrionuevo., T. Nestares. & Campos, 2003).

Menurut Winarno (2004), susu kambing mampu membantu memulihkan kondisi orang yang telah sembuh dari suatu penyakit. Hal ini disebabkan protein berfungsi sebagai zat pembangun, yaitu membentuk jaringan-jaringan baru di dalam tubuh dan mengganti jaringan tubuh rusak dan yang perlu diperbaiki.

2.4. Kandungan Susu Kambing

Susu kambing mengandung vitamin dalam jumlah memadai atau berlebih, kecuali vitamin C, D, piridoksin dan asam folat. Susu kambing tidak memiliki pigmen karoten dan hanya mengandung vitamin B6 dan B12 dalam jumlah kecil sehingga berwarna lebih putih daripada susu sapi (Balía et al., 2011). Secara umum, kandungan masing-masing asam lemak susu kambing Seanen lebih besar dari susu kambing peranakan Seanen.

Selain itu asam lemak tidak jenuh banyak berperan terhadap kesehatan, diantaranya berfungsi sebagai anti karsinogenik, hipokolestromik. Oleh Karena itu, susu kambing merupakan cairan putih yang dihasilkan oleh ambing kambing (kelenjar mammae). Susu produksi oleh kambing betina setelah melahirkan atau disebut masa laktasi. Lama laktasi sekitar 7 bulan (Susanto, 2005). Kandungan gizi susu kambing secara lengkap dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Kandungan Nilai Gizi Susu Kambing

Gizi	Kandungan
Air	87 g
Energy	68 kkal
Protein	3,5 g
Total lemak	4,1 g
Karbohidrat	4,4 g
Mineral	

Kalsium (Ca)	133 mg
Magnesium (Mg)	13,97 mg
Fosfor (P)	110 mg
Potassium (K)	204 mg
Sodium (Na)	49 mg
Vitamin	
Vitamin C	1,29 mg
Niacin	0,277 mg
Asam pantotenat	0,310 mg
Folat	0,6 mg
Vitamin B12	0,065 mg
Vitamin A	185 IU
Vitamin D	12 IU
Vitamin B6	0,046 mg
Lemak	
Asam lemak jenuh, <i>saturated</i>	2,667 g
Asam lemak tak jenuh, <i>monounsaturated</i>	1,109 g
Asam lemak tak jenuh, <i>polyunsaturated</i>	0,149 g
Kolestrol	11,4 g
Asam amino	
Isoleusin	0,207 g
Leusin	0,314 g
Valin	0,24 g

Sumber : (Susanto, 2005)

Susu kambing tersusun atas komponen-komponen gizi yang lengkap, namun selama ini kurang banyak dikonsumsi karena aromanya. Aroma prengus (*goaty flavor*) yang dimiliki oleh susu kambing berasal dari asam-asam lemak rantai pendek dan sedang, seperti asam kaproat, asam kaprilat dan asam kaprat (Balía et al., 2011).

2.5. Derajat Keasaman

Suatu molekul memiliki sifat fisika kimia, diantaranya sifat asam dan basa suatu larutan. Sifat asam larutan merupakan suatu senyawa yang jika dilarutkan di dalam air akan terurai menjadi ion hidrogen (H^+) dan anion, sedangkan basa merupakan senyawa yang jika dilarutkan di dalam air akan menghasilkan ion hidroksida (OH^-) dan kation (Hademenos, 1999). Nilai derajat keasaman (pH)

merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk menentukan kesegaran susu secara kimiawi. Derajat keasaman (pH) yang optimum untuk pertumbuhan bakteri antara 4,6 – 7,0. Sedangkan nilai pH yang mendekati netral merupakan pH yang cocok untuk pertumbuhan mikroba dengan baik.

Umumnya nilai pH bahan pangan berkisar 3,0 sampai 8,0. Kebanyakan mikroorganism tumbuh pada pH sekitar 5,0 – 8,0, maka pada jenis-jenis tertentu saja yang ditemukan pada bahan pangan yang mempunyai nilai pH rendah (Supardi, 2005). Berikut tabel 2.2 harga pH minimum dan maksimum untuk pertumbuhan mikroorganism.

Tabel 2.3 Harga pH Minimum dan Maksimum Mikroorganism

Jenis mikroorganism	Maksimum	Minimum
<i>Escherichia coli</i>	9,0	4,4
<i>Salmonella typhi</i>	8,0	4,5
<i>Streptococcus lactis</i>		4,3-4,8
<i>Lactobacillus sp</i>	7,2	3,8-4,4
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	9,8	1,0
Ragi	11,0	1,5-2,0
Jamur	8,0-8,5	2,5

Sumber : (Supardi, 2005)

Menurut Barbosa dan Canovas (1998), medan magnet pada umumnya mempengaruhi arah imigrasi dan mengubah pertumbuhan serta reproduksi mikroorganism suatu pembentuk asam. Hal ini menyebabkan adanya penghambatan aktifitas bakteri pembentuk asam pada suatu larutan sehingga menyebabkan keasamaan suatu larutan akan menurun secara terlambat. Apabila jumlah mikroorganism pembentuk asam menurun, maka akan menghambat penuruna pH yang berdampak pada susu kambing agat tidak cepat membusuk.

2.6. Bakteri Asam Laktat (BAL)

Bakteri asam laktat merupakan kelompok spesies yang mempunyai kemampuan untuk membentuk asam laktat dari metabolisme karbohidrat dan tumbuh pada pH lingkungan yang rendah. Berdasarkan pewarnaan gram dan ensospora, Bakteri Asam Laktat (BAL) merupakan kelompok bakteri gram positif dan tidak membentuk spora. Bakteri ini bersifat anaerob tetapi mampu mentoleransi adanya oksigen dan memetabolisme karbohidrat melalui jalur fermentasi. Bakteri ini mudah tumbuh secara optimum pada lingkungan yang kaya nutrisi seperti susu dan daging. Sebagai besar Bakteri Asam Laktat (BAL) bersifat toleran pada kondisi dan juga toleran terhadap garam empedu (Yousef, 2003).

Allah menciptakan alam seisinya sebagai rahmat untuk kemaslahatan umat manusia. Manusia berhak untuk memanfaatkan kekayaan alam semaksimal mungkin dalam rangka untuk meningkatkan kesejahteraan mereka serta sebagai bentuk rasa syukur atas nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT. Allah menyatakan dalam surat Al-Baqarah ayat 26:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةٌ فَمَا فَوْقَهَا ۗ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۗ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۗ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

Artinya: “*Sesungguhnya Allah tidak segan membuat perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil daripada itu. Adapun orang-orang yang beriman mengetahui bahwa itu kebenaran dari Tuhannya. Akan tetapi, orang-orang kafir berkata, “Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?” Dengan (perumpamaan) itu banyak orang yang disesatkan-Nya. Dengan itu pula banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Namun, tidak ada yang Dia sesatkan dengan (perumpamaan) itu, selain orang-orang fasik,*” [QS. Al-Baqarah:26]

Lafadz *famaa fauqohaa* (‘atau yang lebih rendah dari itu’) pada ayat diatas maksudnya yaitu sesuatu yang lebih rendah dari nyamuk dalam hal makna dan fisik mengingat nyamuk adalah makhluk kecil yang tidak berarti. Adapun ukuran hewan

yang lebih kecil antara lain yaitu bakteri. Kita sebagai orang Mukmin mengetahui hikmah Allah dalam membuat perumpamaan dengan sesuatu yang kecil maupun besar dari makhluk-Nya, sedangkan orang-orang kafir bertanya-tanya dengan nada sinis tentang alasan Allah membuat perumpamaan berupa makhluk remeh-temeh.

Al-Quran dalam banyak ayatnya mendorong manusia untuk meneliti alam dan melihat tanda-tanda Tuhan didalamnya. Alam semesta, dengan elemen benda-benda hidup dan tidak hidupnya, merupakan tanda-tanda adanya penciptaan. Semua ciptaan itu ada hanya untuk memperlihatkan kekuasaan, pengetahuan dan seni yang dimiliki oleh "pencipta" tersebut. Semua ciptaan memperlihatkan tanda-tanda yang demikian. Termasuk di dalamnya binatang kecil seperti nyamuk, sebagaimana dapat dilihat pada ayat di atas. Orang-orang yang tidak menggunakan pikiran dan ilmu pengetahuan terhadap perumpamaan yang diberikan Allah, mereka menghadapinya dengan angkuh yang menyebabkan mereka bertambah sesat. Mereka tidak mendapat petunjuk dan menjadi sesat karena kefasikannya. Sebaliknya, orang-orang yang iman di dalam hatinya, mempergunakan akal dan pikirannya, akan mendapat petunjuk dari perumpamaan-perumpamaan itu.

Allah menciptakan alam seisinya sebagai rahmat untuk kemaslahatan umat manusia. Manusia berhak untuk memanfaatkan kekayaan alam semaksimal mungkin dalam rangka untuk meningkatkan kesejahteraan mereka serta sebagai bentuk rasa syukur atas nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT. Seperti yang disebutkan dalam Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 29:

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مِمَّا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ أَسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ ۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya: “Dialah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu.” [QS. Al-Baqarah:29]

Ayat diatas jelas menegaskan bahwa alam semesta beserta isinya sangat kompleks ini diciptakan Allah SWT untuk manusia. Makhluk ciptaan-Nya tersebut terdiri dari berbagai macam jenis tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme.

Distribusi asam laktat di alam sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi terutama laktosa, karena kelompok bakteri ini membutuhkan nutrisi yang sangat banyak untuk melangsungkan hidupnya. Secara Alami bakteri asam laktat dapat dijumpai pada susu dan tempat dimana susu itu diproses. Bakteri yang menghasilkan sejumlah besar asam laktat sebagai hasil akhir dari metabolisme karbohidrat. Asam laktat yang dihasilkan dengan cara tersebut akan menurunkan nilai pH dari lingkungan pertumbuhannya dan menimbulkan rasa asam. Ini juga yang menghambat pertumbuhan dari beberapa jenis mikroorganisme lainnya (Bachrudin, Z., 2000). Secara tradisional, Bakteri Asam Laktat (BAL) terdiri dari empat genus, yaitu *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* dan *Streptococcus*.

Bakteri asam laktat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. *Lactobacillus bulgaricus* merupakan bakteri probiotik gram positif, digolongkan dalam bakteri homofermentatif, berbentuk batang. Bakteri ini hanya memproduksi asam laktat dalam fermentasi fakultatif anaerob. Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* merupakan bakteri mesofilik dengan kisaran suhu optimum 34°-45°C dengan pH 4-5,5. Asam laktat yang dihasilkan *Lactobacillus bulgaricus* bersifat inhibitor bagi mikroba patogen maka produk memiliki kadar asam laktat tinggi akan lebih tahan lama.

Salah satu fungsi membran sel adalah deteksi dan transduksi signal biokimia eksternal atau signal lainnya ke dalam ruang sitoplasma. Membran sel yang menyelubungi sel, merupakan struktur elastik tipis, tebalnya hanya 7,5-10 nm.

Perkiraan komposisi membran sel adalah protein 55 %, fosfolipid 25 %, kolesterol 13 %, lipid lain 4 %, dan karbohidrat 3%. Membran sel hampir seluruhnya terdiri dari lapisan lipid ganda dengan banyak sekali protein yang melayang-layang dalam lipid (Airlangga, 2015).

Membran sel dengan penggerak selular protein dan ion-ion bebas kalsium, natrium, magnesium, kalium, klorida, hidrogen, dan ion lain pada kedua sisinya dibutuhkan untuk bertahan hidup. Ion-ion ini mempunyai banyak peranan penting dalam stalisasi membran, homeostatis sel dan transduksi proses dalam semua organisme hidup. Homeostatis atau keseimbangan dinamis adalah proses dalam semua organisme makhluk hidup yang merupakan proses pertukaran atau pergantian cairan yang terus menerus namun komposisi volume cairan relatif stabil. Ion natrium dalam cairan ekstraseluler memegang peranan penting dalam mengendalikan volume cairan tubuh total, sedangkan ion kalium dalam cairan intraseluler penting dalam mengendalikan volume sel. Pergerakan ion-ion melintasi membran terjadi dengan bantuan protein yang ada dalam membran sel. Protein ini menjangkau seluruh membran, dengan demikian menempatkan larutan ekstraseluler pada satu sisi sel dan larutan intraseluler di sisi lain. Protein yang ada pada kedua celah (tertutup dan terbuka) dan pergerakan ion antara kondisi ini diatur oleh sel itu sendiri. Ketika kondisi tertutup, tidak ada ion yang diizinkan melalui membran. Ketika celah protein terbuka, maka terbentuk lubang silinder kecil pada membran sel sebagai area yang dapat dilalui ion. Biasanya, kation dan anion mengalir melalui saluran protein yang berbeda, karena beberapa protein dapat memilih ion dengan beda muatan tertentu. Misalnya, beberapa saluran

memungkinkan natrium melewatinya tetapi tidak untuk ion kalium untuk melewati saluran tersebut (Albert, 2004).

Ion-ion K^+ , Na^+ , Ca^{2+} mengalir bebas pada setiap membran sel, karena adanya kekuatan dari sifat ciri khas saluran protein yang menjadikannya selektif untuk melakukan transport satu ion atau molekul yang spesifik seperti ciri khas diamturnya, bentuknya, jenis muatan listrik di sepanjang permukaan dalamnya, serta konsentrasi ion dan gradien tegangan antara kedua sisi membran. Gerakan ion ke dalam sitoplasma dari media ekstraseluler atau sepanjang intraseluler ini dapat dicapai melalui permukaan berbagai saluran ion permeabel, seperti K^+ , Na^+ , Ca^{2+} dan lain sebagainya. Pembukaan dan penutupan gerbang diatur dalam dua acara, antara lain (Albert, 2004):

a. Gerbang voltase

Pada saat terdapat muatan negatif kuat pada bagian dalam membran sel, gerbang di bagian luar akan tertutup rapat, sebaliknya bila bagian dalam membran kehilangan muatan negatifnya, gerbang ini akan terbuka secara tiba-tiba sehingga memungkinkan sejumlah besar ion mengalir masuk melalui pori-pori, seperti gerbang saluran natrium. Sedangkan gerbang juga akan membuka bila bagian dalam membran sel menjadi bermuatan positif, seperti gerbang saluran kalium.

b. Gerbang kimiawi

Gerbang saluran protein ini akan terbuka karena mengikat molekul lain dengan protein sehingga menyebabkan gerbang akan terbuka atau tertutup. Contoh saluran ini adalah saluran natrium. Saluran natrium ini secara spesifik bersifat selektif untuk transportasi ion-ion natrium. Permukaan dalam saluran

bermuatan negatif kuat. Muatan negatif ini menarik ion natrium kedalam saluran kemudian ion ini berdifusi kedalam sel sehingga suasana luar sel menjadi negatif dan di dalam sel menjadi positif. Perbedaan suasana muatan negatif baru dikedua sisi membran disebut potensial membran. Pembukaan dan penutupan ini terjadi pada bagian luar saluran dari membran sel. Saluran protein lain digunakan untuk transport kalium. Konsentrasi ion kalium di dalam sel sangat tinggi, sedangkan di bagian luar sangat rendah. Ion kalium bermuatan positif keluar sel sehingga membuat keadaan positif diluar sel dan negatif di dalam sel.

2.7. Pengaruh Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Bahan Biologis

Paparan medan magnet ELF akan berpengaruh terhadap sifat kemagnetan bahan yang dimiliki dari unsur maupun ion-ion yang berada pada bahan. Bahan yang berada pada didaerah yang dimiliki medan magnet B akan terpolarisasi magnetik (termagnetisasi), yaitu proses pensejajaran dipol magnet karena pengaruh magnet luar. Peristiwa magnetisasi terjadi karena dipol magnet yang berkaitan dengan spin dan elektron yang tidak berpasangan. Adanya pengaruh medan magnet luar spin akan mengalami torsi sehingga momen dipolnya cenderung berorientasi searah dengan medan magnet luar (Wijayanto, 2008). Dalam banyak bahan, magnetisasi M sebanding dengan intensitas magnetik H . dapat dituliskan sebagai (Sutrisno dan Gie, 1979)

$$M = X_m H \quad (2.22)$$

tetapan X_m disebut permeabilitas magnetik. Medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan berasal dari medan magnet yang dipaparkan dan medan magnet akibat magnetisasi sehingga persamaan 2.22 dapat dituliskan sebagai (Sutrisno dan Gie, 1979)

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M \quad (2.23)$$

$$B = \mu_0 H + \mu_0 X_m H \quad (2.24)$$

$$B = \mu_0 (1 + X_m) H \quad (2.25)$$

Bahan yang berada di dalam medan magnet mengalami magnetisasi berlawanan arah medan disebut diamagnetik ($x < 0; \mu < 1$). Jika magnetisasi bahan searah dengan arah medan magnet yang diberikan disebut paramagnetik ($x > 0; \mu > 1$). Sedangkan, untuk bahan feromagnetik harga permeabilitas relative μ adalah sangat besar (Dr. ChristJan Gerthsen, Dr. R.O. Kneser, 1996). Kemampuan unsur (bahan) maupun ion-ion dapat dilihat dari nilai suseptibilitas magnetiknya. Bahan-bahan diamagnetik dan paramagnetik beserta suseptibilitasnya dapat diketahui melalui tabel 2.4 (Sutrisno dan Gie, 1979).

Tabel 2. 4 Suseptibilitas magnetik (X_m) untuk berbagai bahan (pada suhu kamar)

Bahan (paramagnetik)	X_m(x10⁻⁶ mks)	Bahan (diamagnetik)	X_m(x10⁻⁶ mks)
Aluminium	+0,82	Bismuth	-0,7
Kalsium	+1,4	Cadmium	-0,23
Kromium	+4,5	Tembaga	-0,11
Oksida tembaga	+1,5	Germanium	-0,15
Magnesium	+0,69	Helium	-0,59
Oksida besi	+26,0	Emas	-0,19
Mangan	+1,0	Timah hitam	-0,18
O ₂ cair (-219°C)	+390	Seng	-0,20
Platina	+1,65		
Tantalium	+1,1		

Ion-ion yang berperan aktif didalam sel bakteri berada pada proses metabolisme dan pembelahan sel, diantaranya ion K^+ , Na^+ , Ca^{2+} (S. R. Goodman, 1988). Dari ketiga ion tersebut memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang berbeda. Jika suseptibilitas memiliki nilai negative maka pengaruh medan magnet terhadap suatu bahan akan lebih kecil dan cenderung tidak berpengaruh dan jika nilai suseptibilitas positif dan sangat kecil dengan kondisi momen magnetik bahan paramagnetik yang masih acak, ketika berada pada beban medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan akan lebih besar dan cenderung berpengaruh terhadap momen magnetik ion yang akan cenderung disearahkan, hal ini memicu pergerakan ion (Tipler, 2001).

Paparan medan magnet dapat menyebabkan terjadinya perpindahan ion pada sel yang dianalogi dengan kandungan ion pada medium tempat tumbuhnya sel. Massa sel, muatan ion, densitas fluks medan magnet dan kecepatan awal pergerakan ion diduga menentukan amplitudo perpindahan ion-ion pada sel, jika amplitudo getaran ion-ion melebihi beberapa nilai kritis pada suatu kondisi tertentu, ion-ion yang bergerak dapat memberikan sinyal palsu untuk saluran gerbang atau channel ion pada membran sehingga mengganggu keseimbangan elektrokimia dari membran plasma dan dapat mengganggu keseluruhan fungsi sel (Grubner, 2011).

Secara teoritis, pada pergerakan ion-ion terjadi gerakan memutar dan berulang yang didefinisikan sebagai (Grubner, 2011):

$$F = \frac{qB}{2m} \quad (2.26)$$

dengan F adalah jumlah setengah lingkaran putaran yang dilakukan oleh partikel-partikel yang bermuatan setiap detik, q adalah magnitud atau besaran muatan

partikel (ion), B adalah nilai absolut dari kuat medan magnet dan m adalah massa partikel bermuatan (Grubner, 2011).

Partikel bermuatan digambarkan sebagai partikel yang bebas bergerak pada daerah gerak lingkarannya tanpa berinteraksi dengan partikel lainnya. Dengan adanya medan magnet ini, terjadi reaksi yang tinggi dan kepadatan tinggi molekul-molekul pada media kultur dengan adanya interaksi tersebut. Pergerakan padat ini menyebabkan perpindahan ion dari intraseluler dan ekstraseluler maupun sebaliknya akan mengalami akselerasi sehingga menyebabkan sel mengalami percepatan dalam metabolismenya (Grubner, 2011).

Medan magnet juga dapat memicu dimulainya peristiwa elektrokimia dalam membran sel yang merupakan elemen penting dari transduksi sinyal utama dan proses amplifikasi proliferasi sel. Peristiwa ini menyebabkan transduksi sinyal dan amplifikasi respon jalur sinyal menuju sitoplasma, seperti radikal bebas ion dan protein fosforilasi yang mengatur transkripsi DNA dan biosintesis protein. Adanya peristiwa perubahan ikatan molekul permukaan membran dapat memperkuat sinyal yang disampaikan ke sitoplasma pada menghasilkan efek kuat untuk sintesis makromolekul dan tanggapan seluler yang melibatkan perubahan signifikan pada fungsi dan fase proliferasi. Karenanya interaksi medan magnet dengan membran dapat menyebabkan perubahan dalam setiap komponen proses sinyal yang terjadi dan dapat merubah urutan fase atau peristiwa yang mengaktifkan kerja protein dan molekul pada molekul pada permukaan membran sitoplasma (Grubner, 2011).

Paparan medan magnet juga menyebabkan perubahan yang cepat dalam potensial membran. Potensial membran terjadi karena ion K^+ menembus keluar membran sel dan ion Na^+ berdifusi ke dalam sel mengikuti perbedaan

konsentrasinya tapi jauh lebih lambat dari ion K^+ . Efek daerah magnet memungkinkan adanya pengaturan aliran masuk kation melalui saluran membran dan dengan adanya paparan medan magnet, perubahan konsentrasi ion yang terjadi juga menciptakan perubahan gerakan ion pada ekstraseluler yang melintasi membran plasma sehingga dapat dihipotesa bahwa paparan medan magnet dapat meningkatkan percepatan gerakan ion-ion melalui daerah fluks magnetik. Bidang yang terpapar medan magnet akan menghasilkan kekuatan pada ion-ion untuk bergerak dan secara aktif terikat pada saluran protein dan mempengaruhi kondisi permukaan gerbang saluran. Gerakan ion-ion K^+ , Na^+ ke medium dari sitosol intraseluler dapat dicapai melalui permukaan berbagai variasi saluran permeabel K^+ dan Na^+ sehingga akan meningkatkan konsentrasi ion ekstraseluler (Grubner, 2011). Peningkatan konsentrasi ion ekstraseluler sesuai dengan kebutuhan sel bakteri akan mengaktifkan protein-protein dan enzim-enzim yang dibutuhkan dalam proses pembelahan sel sehingga energi medan magnet yang terpapar akan mempercepat pertumbuhan bakteri (Poli, 2009).

2.8. Pengaruh Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Pembentuk Asam Laktat

Interaksi medan magnet terhadap bahan biologis, seperti susu kambing dapat berupa induksi medan dan arus listrik pada jaringan. Kekuatan tersebut dipengaruhi oleh beberapa indikator seperti, besar intensitas, kondisi pemaparan, frekuensi, serta sifat kelistrikan jaringan biologis. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anton (2015) menyatakan bahwa paparan medan elektromagnetik berpengaruh terhadap material genetik, ketersediaan elektrolit, proses biokimia, persinyalan molekuler,

struktur sel dan reproduksi sel. Hal ini disebabkan oleh medan magnet yang bersifat tidak terhalangi dan tidak tampak sehingga dapat menembus membran sel. Keberadaan membran sel dapat menahan proses biokimia sehingga tidak semua ion dapat keluar masuk (*semipermeable*). Medan magnet dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion dan polarisasi dipol-dipol di dalam sel (Pazur, 2009). Paparan medan magnet memberikan efek langsung terhadap proses metabolisme sel. Gaya yang diinduksi oleh medan magnet dapat mengendalikan dan mengubah laju pergerakan electron-elektron di dalam sel secara signifikan sehingga mempengaruhi berbagai jenis metabolisme sel (B. M. Goodman, 2002). proses pemberian medan magnet diduga menyebabkan pemindahan energi dari medan magnet, seperti Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang terkait pada dinding sel (Alberts, A., B., Johnson, J. Lewis, M. Raff, 2002).

Ion kalsium (Ca^{2+}) adalah ion yang mendapat pengaruh dari medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF), sebab ion tersebut memiliki sifat paramagnetik. Bentuk pengaruh medan magnet terhadap bahan paramagnetik adalah perubahan arah spin elektron yang awalnya acak menjadi terarah (Sutrisno dan Gie, 1979). Pemindahan energi dari medan magnet dapat menyebabkan perubahan transportasi pada membran sel. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensi membran sel, dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal dan membuka gerbang saluran menuju inti sel. Lindstrom (1993) menyatakan medan magnet dapat meningkatkan kandungan ion kalsium (Ca^{2+}) dalam sel. Meningkatnya kandungan Ca^{2+} dalam sel akan berdampak pada laju pertumbuhan bakteri. Apabila intensitas medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) yang digunakan tinggi, maka akan mengakibatkan sel-sel bakteri tersebut lemah dan tidak dapat berkembang sehingga

pertumbuhan bakteri dapat terhambat. Selain itu, medan magnet juga dapat mempengaruhi kandungan protein dan lipid karena unsur tersebut merupakan komponen dari membran sel. Efek yang dihasilkan medan magnet akan merusak protein dalam sel. Protein yang biasa digunakan sebagai nutrisi sel atau sebagai zat gizi organik yang berperan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme sel menjadi rusak dengan adanya pemberian medan magnet. Kerusakan protein berdampak pada terhambatnya proses metabolisme sel sehingga aktivitas sel terganggu.

Struktur sel yang terkena dampak pertama oleh medan magnet elektromagnetik adalah struktur membran sel, dampaknya yaitu karakteristik semi permeabilitas membran untuk berbagai molekul dan ion. Perubahan konfigurasi lipid dan protein dari membran serta perubahan aktivitas kanal molekul dan ion aktif yang menyebabkan perbedaan fungsi dari sel bila dibandingkan dengan fungsi normalnya (Alberts, A., B., Johnson, J. Lewis, M. Raff, 2002). Efek medan magnet akan merusak protein dalam sel. Protein biasa digunakan sebagai nutrisi sel atau sebagai zat gizi organik yang berperan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme sel menjadi rusak dengan adanya pemberian medan magnet. Kerusakan protein akan berdampak pada terhambatnya proses metabolisme sel sehingga aktivitas bakteri akan terganggu. Beberapa pemanfaatan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) yang telah diteliti oleh para peneliti, salah satunya penelitian oleh (Ratnasari et al., 2021) dalam penelitiannya paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan intensitas 500 μ T selama 60 menit memiliki potensi dalam mempertahankan nilai pH susu sapi segar. Pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) menyebabkan kerusakan protein dalam sel bakteri sehingga akan menghambat metabolisme sel bakteri dengan cara memindahkan

energy dalam medan magnet menuju ion-ion dalam sel bakteri pembentuk asam yang mengakibatkan sel bakteri. Dengan terhambatnya bakteri dalam susu akan menghambat produksi asam laktat sehingga dapat mempertahankan nilai pH susu.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat, Sifat Organoleptik dan pH Susu Kambing” dilaksanakan pada bulan Desember 2020 di Laboratorium Elektromagnetik dan Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2. Jenis dan Desain Penelitian

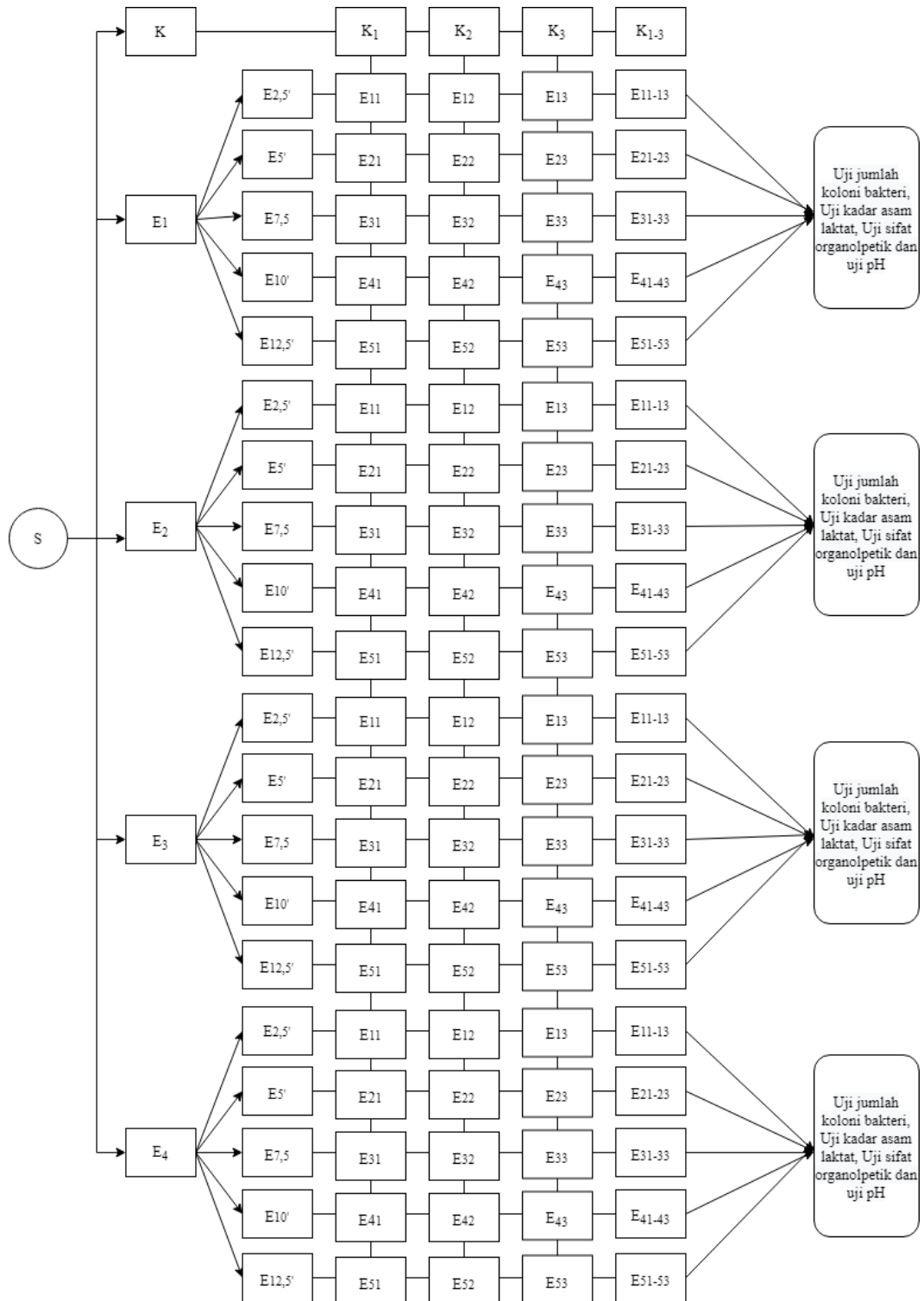
3.2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat *experimental laboratories*. Penelitian dilakukan di ruang tertutup agar kelompok eksperimen terhindar dari variabel pengganggu yang dapat mempengaruhi hasil dari pengujian hubungan sebab akibat

3.2.2. Desain Penelitian

Percobaan ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan Rancang Acak Lengkap (RAL). Rancang acak ini terdiri dari dua faktor perlakuan, yaitu faktor intensitas kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dan faktor lama pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF). Terdapat kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak terpapar medan magnet ELF. Kelompok eksperimen merupakan kelompok yang terpapar medan magnet ELF dengan intensitas medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan variasi sebesar 0,2 mT, 0,3 mT, 0,4 mT dan 0,5 mT dan faktor lama pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan variasi 2,5 menit, 5 menit, 7,5 menit, 10 menit dan 12,5

menit. Setiap unit percobaan diulang sebanyak 3 kali dan ulangan dijadikan satu kelompok. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



3.1. Desain Penelitian

Keterangan:

S = Sampel atau bahan

K = Sampel kelompok kontrol

K₁₋₅ = Sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF

E = Sampel kelompok eksperimen (B = 0,2-0,5 mT)

E_{2,5'-12,5'} = Sampel kelompok eksperimen (B = 0,2-0,5 mT) selama 2,5-12,5 menit

E₁₁₋₁₃ = Sampel kelompok eksperimen (B = 0,2-0,5 mT) selama 2,5 menit

E₂₁₋₂₃ = Sampel kelompok eksperimen (B = 0,2-0,5 mT) selama 5 menit

E₃₁₋₃₃ = Sampel kelompok eksperimen (B = 0,2-0,5 mT) selama 7,5 menit

E₄₁₋₄₃ = Sampel kelompok eksperimen (B = 0,2-0,5 mT) selama 20 menit

E₅₁₋₅₃ = Sampel kelompok eksperimen (B = 0,2-0,5 mT) selama 25 menit

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Rangkaian susunan Helmholtz
2. pH meter
3. Beaker glass
4. Gelas ukur
5. Bunsen
6. Kaki Tiga
7. Cawan petri
8. *Hotplate*
9. *Magnetic stirrer*
10. Lemari es
11. *Autoclave*
12. Timbangan analitik
13. *Vortex mixer*
14. *Micropipet*
15. Erlenmeyer

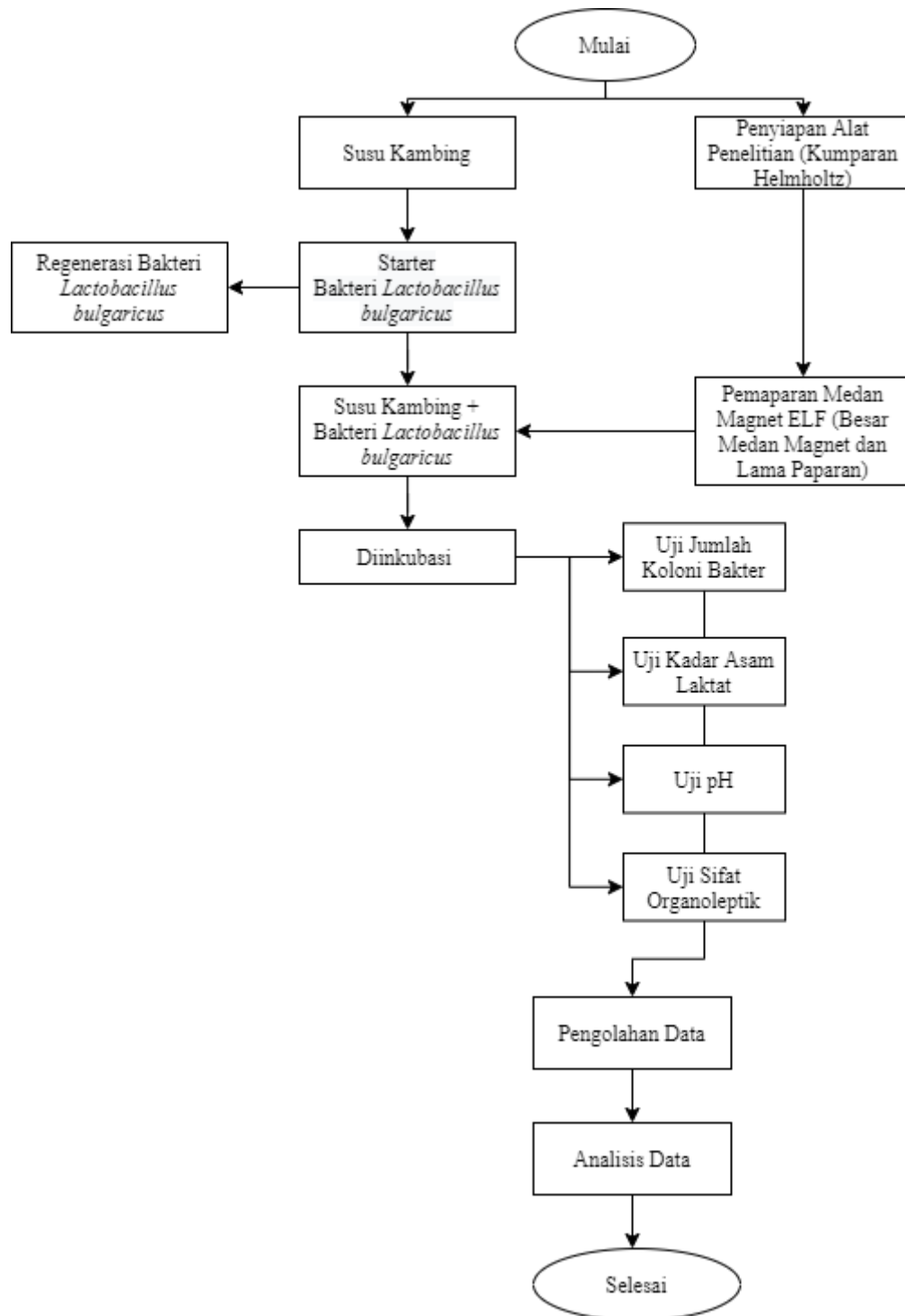
16. Jarum ose
17. Tabung reaksi
18. Rak reaksi
19. Statif
20. Buret
21. *Sentrifuge*
22. Botol semprot
23. Plastik Wrep
24. Kertas Alumunium foil
25. Botol flacon.

3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Susu kambing
2. Starter bakteri *Lactobacillus bulgaricus*
3. Aquades
4. Alkohol
5. Media NA
6. Media NB
7. Media PCA
8. NaOH 0,1 N
9. Fenolftalein (pp).

3.4. Diagram Alir



3.2 Diagram Alir

3.5. Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Jumlah total kombinasi perlakuan pada penelitian ini adalah 20x3 atau 60 kombinasi perlakuan. Masing-masing terdiri 50 ml susu kambing segar. Pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan 4 variasi kerapatan fluks magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dan 5 variasi lama waktu pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan frekuensi konstan 50 Hz. Pada penelitian ini terdapat beberapa proses, yakni:

3.5.1. Penentuan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu kambing peranakan Saanen yang diperoleh dari *Green Farm*, Batu, Malang. Untuk bahan starter bakteri *Lactobacillus bulgaricus* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Bahan ini digunakan untuk membuat susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* yang dibagi menjadi menjadi dua kelompok uji, yaitu sampel kelompok kontrol (tanpa paparan medan magnet ELF) dan sampel kelompok eksperimen (dengan paparan medan magnet ELF).

3.5.2. Sterilisasi alat

1. Dibungkus alat dengan kertas atau alumunium foil dan diletakkan dalam plastik tahan panas dalam posisi terbalik.
2. Diisi *autoclave* dengan aquades hingga batas yang ditentukan.
3. Diletakkan alat ke dalam wadah yang ada di dalam *autoclave*.
4. Ditutup dan dinyalakan *autoclave*.
5. Dikunci alat pengunci agar uap tidak keluar.
6. Ditunggu hingga mencapai tekanan 121 psi.

7. Dibuka alat pengunci hingga tekanan mencapai nol.
8. Ditunggu 15 menit.
9. Dimatikan *autoclave* dan tunggu hingga suhu mencapai suhu kamar.

3.5.3. Penyiapan Media NA (*Nutrient Agar*)

1. Media NA ditimbang sebanyak 5 gr kemudian ditambahkan aquades sebanyak 250 ml dan dipanaskan di atas hot plate hingga homogen.
2. Media NA yang sudah homogen dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 5 ml dan sisanya dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer kemudian ditutup dengan kapas.
3. Media NA disterilisasi ke dalam *autoclave*.
4. Media NA dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian dimiringkan.

3.5.4. Penyiapan Media NB (*Nutrient Broth*)

1. Media NB ditimbang sebanyak 2,5 gram.
2. Media NB 2,5 gr ditambahkan aquades sebanyak 150 ml kemudian dipanaskan di atas hot plate hingga homogen.
3. Media NB dimasukkan ke dalam botol sebanyak 50 ml dan ditutup dengan kapas kemudian disterilisasi dalam *autoclave*.

3.5.5. Pembuatan Media PCA (*Plate Count Agar*)

1. Media PCA ditimbang sebanyak 3 gram.
2. Media PCA yang sudah ditimbang kemudian ditambahkan aquades sebanyak 150 ml ke dalam erlenmeyer dan dipanaskan di atas *hot pate* hingga homogen.
3. Media PCA disterilisasi dalam *autoclave*.

3.5.6. Regenerasi Bakteri Asam Laktat

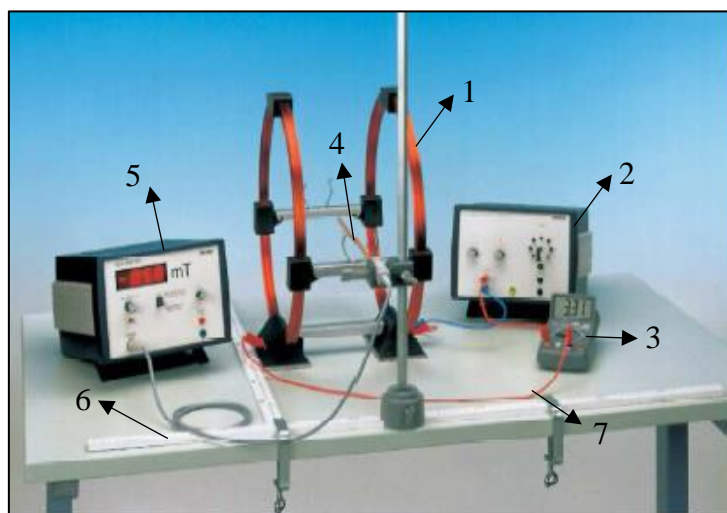
1. Dibiakkan starter bakteri *Lactobacillus bulgaricus*.
2. Diambil satu ose dan digoreskan ke dalam media NA.
3. Diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37⁰C.
4. Bakteri harus selalu diregenerasi sebelum diuji untuk mendapatkan biakan bakteri yang sedang dalam fase pertumbuhan.

3.5.7. Pembuatan Susu Kambing *Lactobacillus bulgaricus*

1. Disiapkan alat dan bahan.
2. Disterilkan alat menggunakan autoklaf.
3. Diletakkan susu kambing ke dalam *beaker glass* sebanyak 50 ml.
4. Dipanaskan menggunakan proses *Ultra High Temperature* (UHT), yaitu pada suhu 140 selama 5 detik.
5. Diletakkan pada gelas ukur yang sudah disterilkan dan ditutup agar terhindar dari kontaminasi.
6. Didinginkan hingga mencapai suhu 37⁰C.
7. Ditambahkan 1% starter bakteri kedalam susu kambing.
8. Diinkubasi pada suhu 37⁰C selama 3 jam.

3.5.8. Penyusunan Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian menggunakan rangkain susunan Helmholtz dapat diketahui melalui gambar 3.3.



Gambar 3.1 Susunan alat penelitian

Keterangan:

1. *Pair of Helmholtz coils*, merupakan sumber medan magnet.
2. *Power supply universal*, merupakan sumber tegangan untuk mengalirkan arus listrik menuju *pair of Helmholtz coils*.
3. *Digital multimeter*, merupakan alat untuk mengukur besar arus yang digunakan sebagai sumber medan magnet ELF.
4. *Hall probe*, merupakan sensor untuk menentukan besar medan magnet yang dihasilkan oleh *pair of Helmholtz coils*.
5. *Digital teslameter*, merupakan alat yang digunakan untuk menampilkan besar medan magnet dari *hall probe*.
6. *Meter scale*, merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jarak antara *pair of Helmholtz coils*, yaitu sebesar 13 mm.
7. *Connecting cord*, merupakan alat yang digunakan untuk menghubungkan satu alat dengan yang lainnya.

3.5.9. Perlakuan Bahan

Tahap perlakuan pada sampel kelompok kontrol dipapar secara alamiah yaitu di tempat terbuka pada suhu 37°C tanpa sinar matahari, sedangkan pada sampel kelompok eksperimen melalui tahap sebagai berikut:

1. Disiapkan alat yang akan digunakan sebagaimana pada gambar 3.3.
2. Dinyalakan *power supply* dan diatur arus pada *digital multimeter*.
3. Diletakkan sensor *hall probe* tepat di antara *pair of Helmholtz coils* hingga medan magnet ELF sebesar 0,2 mT terlihat pada *digital teslameter*.

4. Diletakkan susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* tepat di antara *pair of Helmholtz coils*.
5. Diatur lama paparan medan magnet ELF dengan variasi 2,5 menit, 5 menit, 7,5 menit dan 12,5 menit.
6. Diulangi langkah 4 dan 6 dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT, 0,3 mT, 0,4 mT dan 0,5 mT.
7. Diinkubasi selama 20 jam pada suhu 37⁰C.

3.5.10. Uji Jumlah Koloni Bakteri

Uji jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dilakukan pada jam ke-20 setelah susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* terkena paparan medan magnet ELF dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC), sebagai berikut:

1. Dicampur susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* yang sudah dipapar medan magnet ELF menggunakan vortex mixer
2. Disediakan 9 tabung reaksi yang berisi 9 ml aquades
3. Diambil 1 ml susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* dengan menggunakan micropipet dan dituangkan pada 9 ml larutan aquades pada tabung reaksi pertama (tahap pengenceran pertama atau 10⁻¹)
4. Diambil 1 ml larutan susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* pada tahap pengenceran pertama dan dituangkan pada 9 ml larutan aquades pada tabung reaksi kedua (tahap pengenceran kedua atau 10⁻²)
5. Dilakukan langkah 4 hingga sampai pada tahap pengenceran ketujuh atau 10⁻⁷
6. Diambil 1 ml hasil pengenceran tahap pertama sampai tahap kesembilan

7. Suspensi 10^{-7} sebanyak 1 ml dituangkan ke dalam cawan petri steril kemudian dituangkan media PCA (*Plate Count Agar*) cair kira – kira sebanyak 15 ml. Setelah itu dihomogenkan
8. Semua proses di atas dilakukan secara aseptis yaitu di dekat api bunsen.
9. Media PCA dalam cawan petri kemudian dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada di bawah) setelah medi tersebut menjadi padat.
10. Media PCA diinkubasi pada temperatur 37°C selama 24 jam.
11. Koloni dari bakteri *Lactobacillus bulgaricus* kemudian dihitung dan diberi tanda dengan spidol untuk menghindari perhitungan ulang.
12. Dihitung jumlah koloni bakteri menggunakan persamaan:

$$\sum Total\ bakteri = \sum bakteri \times \frac{1}{FP} \quad (3.1)$$

dimana FP adalah faktor pengenceran

Hasil dari perhitungan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan, disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Data jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus*

Perlakuan		Jumlah koloni bakteri (CFU/ml)	Jumlah rata-rata koloni bakteri (CFU/ml)
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama paparan (menit)		
0,2	2,5		
	5		
	7,5		
	10		

	12,5		
0,3	2,5		
	5		
	7,5		
10			
12,5			
0,4	2,5		
	5		
	7,5		
10			
12,5			
0,5	2,5		
	5		
	7,5		
10			
12,5			

Kontrol			

3.5.11. Uji Kadar Asam Laktat dengan Metode Titrimetri (Purnavita et al., 2014)

1. Diambil 5 ml larutan produk hasil fermentasi.
2. Dimasukkan kedalam Erlenmeyer kemudian diencerkan sampai 100 ml.
3. Ditambah indicator fenolftalein (pp) 1% sebanyak 2-3 tetes.
4. Dititrasi dengan NaOH 0,1 N sampai berubah warna menjadi merah muda dan tidak hilang dalam waktu 30 detik. Titrasi dilakukan secara triplo.
5. Dihitung kadar asam laktat menggunakan persamaan 3.2.

$$\text{Kadar asam laktat}\% = \frac{V \times N \times B \times fp \times 100\%}{\text{Volume sampel} \times 1000} \quad (3.2)$$

Keterangan:

V = volume larutan NaOH 0,1 N

N = Normalitas NaOH

B = Bobot setara asam laktat (90 g/mol)

Fp = Faktor pengenceran

Tabel 3. 2 Data Uji Kadar Asam Laktat

Perlakuan		Kadar asam laktat (%)	Rata-rata kadar asam laktat (%)
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama paparan (menit)		
0,2	2,5		
	5		
	7,5		
	10		
12,5			

0,3	2,5		
	5		
	7,5		
	10		
12,5			
0,4	2,5		
	5		
	7,5		
	10		
12,5			
0,5	2,5		
	5		
	7,5		
	10		
12,5			

Kontrol		
---------	--	--

3.5.12. Uji pH

1. Diukur nilai pH susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* pada jam ke-20 jam setelah pemaparan.
2. Dicampur susu kambing *Lactobacillus bulgaricus* dengan aquades.
3. Diukur pH meter dengan memasukkan pH meter pada susu kambing *Lactobacillus bulgaricus*.

Hasil dari perhitungan uji pH yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan, disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3. 3 Data Uji pH

Perlakuan		pH	Rata-rata pH
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama paparan (menit)		
0,2	2,5		
	5		
	7,5		
	10		
12,5			
0,3	2,5		
	5		
	7,5		
	10		

	12,5		
	2,5		
	5		
	7,5		
	10		
	12,5		
	2,5		
	5		
	7,5		
	10		
	12,5		
	Kontrol		

3.5.13. Penilaian Organoleptik (Warna, Rasa dan Aroma)

1. Dianalisa warna dilakukan dengan pengambilan gambar dari setiap sampel ujij dengan menggunakan kamera.
2. Dianalisa rasa dilakukan dengan meminum sampel uji.

3. Dianalisa aroma dilakukan dengan mencium aroma sampel uji menggunakan indera penciuman (hidung).

Hasil dari penilaian organoleptik yang berupa data warna, rasa dan aroma di sajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3. 4 Data Penilaian Warna Susu Kambing *Lactobacillus bulgaricus*

Perlakuan		Warna		
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama Paparan (menit)	1	2	3
0,2	2,5			
	5			
	7,5			
	10			
	12,5			
0,3	2,5			
	5			
	7,5			
	10			
	12,5			
0,4	2,5			
	5			
	7,5			
	10			
	12,5			
0,5	2,5			
	5			
	7,5			
	10			
	12,5			

Tabel 3. 5 Data Penilaian Rasa Susu Kambing *Lactobacillus bulgaricus*

Perlakuan		Rasa			Rata-rata
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama Paparan (menit)	1	2	3	
0,2	2,5				
	5				
	7,5				
	10				

	12,5				
0,3	2,5				
	5				
	7,5				
	10				
	12,5				
0,4	2,5				
	5				
	7,5				
	10				
	12,5				
0,5	2,5				
	5				
	7,5				
	10				
	12,5				

Sangat Suka : 7-9

Suka : 4-6

Tidak Suka : 1-3

Tabel 3. 6 Data Penilaian Warna Susu Kambing *Lactobacillus bulgaricus*

Perlakuan		Aroma			Rata-rata
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama Paparan (menit)	1	2	3	
0,2	2,5				
	5				
	7,5				
	10				
	12,5				
0,3	2,5				
	5				
	7,5				
	10				
	12,5				
0,4	2,5				
	5				
	7,5				
	10				
	12,5				
0,5	2,5				
	5				
	7,5				
	10				

	12,5				
--	------	--	--	--	--

Sangat Suka : 7-9 Suka : 4-6 Tidak Suka : 1-3

3.6. Teknik Analisis Data

3.6.1. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Susu Kambing

Analisis pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pertumbuhan asam laktat menggunakan analisis Anova yaitu untuk mengetahui perbedaan antar kelompok uji. Sehingga pada setiap sampel dapat diketahui perbedaan presentase bakteri pada setiap kelompok uji.

3.6.2. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Asam Laktat Susu Kambing

Analisis pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap kadar asam laktat menggunakan analisis Anova yaitu untuk mengetahui perbedaan antar kelompok uji. Sehingga pada setiap sampel dapat diketahui perbedaan presentase bakteri pada setiap kelompok uji.

3.6.3. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH Susu Kambing

Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Nilai pH menggunakan analisis Anova yaitu yang digunakan untuk mengetahui perbedaan antar kelompok uji. Sehingga pada analisis tersebut dapat diketahui perbedaan pH pada setiap kelompok uji.

3.6.4. Analisis Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Sifat Organoleptik Susu Kambing

Analisis pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap sifat organoleptik susu kambing menggunakan analisis statistik non numerik dengan uji *kurskal wallis* menggunakan bantuan SPSS.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian

4.1.1. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Koloni Bakteri

Pembuatan susu kambing fermentasi dilakukan ketika alat dan bahan sudah disterilisasi. Susu kambing ditumbuhi bakteri *Lactobacillus bulgaricus* kemudian di diamkan selama 3 jam. Setelah di diamkan, susu tersebut diberi paparan medan magnet dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT dengan lama paparan masing 0-12,5 menit. Selanjutnya, susu di inkubasi selama 20 jam pada suhu 37°C. Data jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang dihasilkan diperoleh dari persamaan:

$$\Sigma Total\ bakteri = \Sigma bakteri \times \frac{1}{FP} \quad (4.1)$$

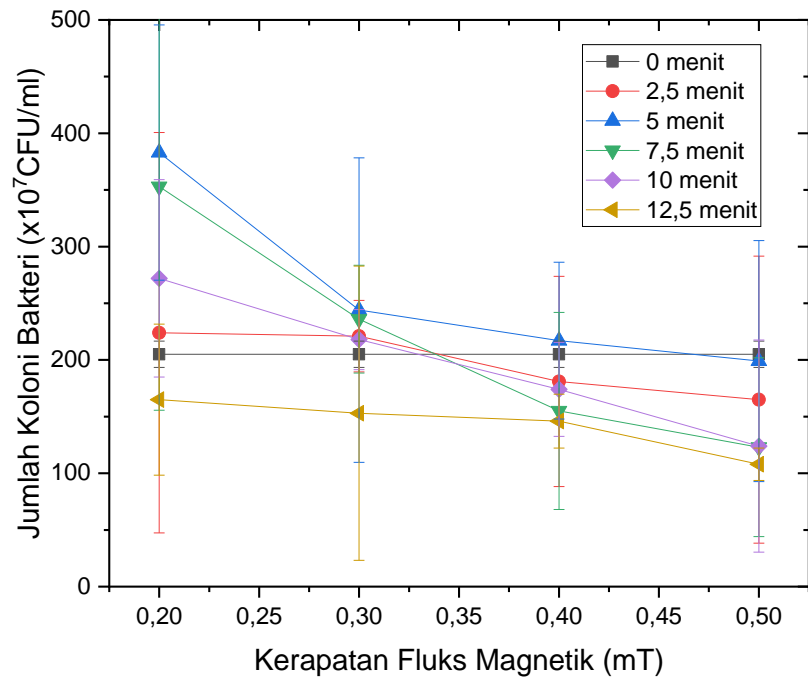
dimana FP adalah faktor pengenceran

Tabel 4.1 Data Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*

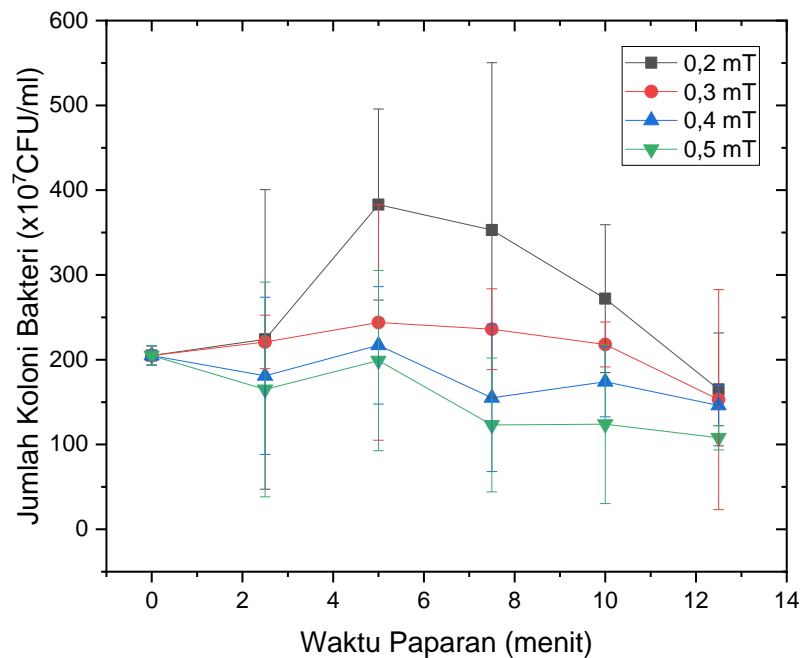
Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)
Kerapatan Fluks Magnet (mT)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol		192.10 ⁷	212.10 ⁷	212.10 ⁷	205.10 ⁷ ± 11,54
0,2	2,5	44.10 ⁷	232.10 ⁷	397.10 ⁷	224.10 ⁷ ± 176,62
	5	304.10 ⁷	512.10 ⁷	333.10 ⁷	383.10 ⁷ ± 112,65
	7,5	560.10 ⁷	167.10 ⁷	332.10 ⁷	353.10 ⁷ ± 197,33
	10	308.10 ⁷	336.10 ⁷	173.10 ⁷	272.10 ⁷ ± 87,15
	12,5	212.10 ⁷	195.10 ⁷	89.10 ⁷	165.10 ⁷ ± 66,65
0,3	2,5	189.10 ⁷	223.10 ⁷	252.10 ⁷	221.10 ⁷ ± 31,53
	5	177.10 ⁷	399.10 ⁷	157.10 ⁷	244.10 ⁷ ± 134,31
	7,5	184.10 ⁷	248.10 ⁷	277.10 ⁷	236.10 ⁷ ± 47,58
	10	245.10 ⁷	216.10 ⁷	192.10 ⁷	218.10 ⁷ ± 26,53

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)
Kerapatan Fluks Magnet (mT)	Waktu (menit)	1	2	3	
	12,5	97.10 ⁷	301.10 ⁷	60.10 ⁷	152.10 ⁷ ± 129,78
0,4	2,5	288.10 ⁷	120.10 ⁷	136.10 ⁷	181.10 ⁷ ± 92,72
	5	172.10 ⁷	297.10 ⁷	183.10 ⁷	217.10 ⁷ ± 69,21
	7,5	76.10 ⁷	248.10 ⁷	140.10 ⁷	154.10 ⁷ ± 86,93
	10	144.10 ⁷	156.10 ⁷	221.10 ⁷	173.10 ⁷ ± 41,42
	12,5	150.10 ⁷	167.10 ⁷	120.10 ⁷	146.10 ⁷ ± 23,79
0,5	2,5	252.10 ⁷	20.10 ⁷	224.10 ⁷	165.10 ⁷ ± 126,63
	5	76.10 ⁷	264.10 ⁷	256.10 ⁷	199.10 ⁷ ± 106,3
	7,5	32.10 ⁷	160.10 ⁷	176.10 ⁷	123.10 ⁷ ± 78,92
	10	152.10 ⁷	201.10 ⁷	20.10 ⁷	124.10 ⁷ ± 93,61
	12,5	120.10 ⁷	111.10 ⁷	92.10 ⁷	107.10 ⁷ ± 14,29

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet dan lama paparan dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada susu kambing. Jumlah koloni bakteri sebelum di papari medan magnet ELF adalah 205.10⁷±11,54 CFU/ml. Sedangkan, ketika sampel diberi perlakuan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 2,5-5 menit jumlah koloni bakteri naik dari 224.10⁷±176,62 CFU/ml menjadi 383.10⁷±112,65 CFU/ml. Setelah lama paparan 5 menit jumlah koloni bakteri terus mengalami penurunan sampai lama paparan 12,5 menit. Ketika lama paparan 7,5-12,5 mengalami penurunan dari 353.10⁷±197,33 CFU/ml turun menjadi 165.10⁷±66,65 CFU/ml. Pada kerapatan fluks magnet 0,3-0,5 mT mengalami penurunan jumlah koloni bakteri dibandingkan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT.



(a)



(b)

Gambar 4.1 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada susu kambing (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada susu kambing

Gambar 4.1 (a) menunjukkan bahwa grafik pada kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT menurun kurang signifikan. Pada kerapatan fluks magnet 0,2

mT menunjukkan jumlah koloni bakteri lebih banyak daripada kontrol dimana pada lama paparan 5 menit menunjukkan jumlah koloni bakteri terbanyak dan menurun ketika kerapatan fluks magnet 0,3 mT menjadi $244.10^7 \pm 134,31$ CFU/ml. Ketika kerapatan fluks magnet 0,4-0,5 mT jumlah koloni bakteri menurun dari $217.10^7 \pm 69,21$ CFU/ml menjadi $199.10^7 \pm 106,3$ CFU/ml. Jumlah koloni bakteri mengalami penurunan ketika kerapatan fluks magnet 0,3-0,5 mT dengan lama paparan 0-12,5 menit. Gambar 4.1 (b) menunjukkan bahwa lama paparan lama paparan 2,5-5 menit dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT mengalami kenaikan jumlah koloni bakteri. Namun, ketika lama paparan 7,5-12,5 menit jumlah koloni bakteri mengalami penurunan kurang signifikan.

Berdasarkan data jumlah koloni bakteri setelah dipapari medan magnet ELF pada tabel 4.1 dan grafik 4.1 dilakukan uji faktorial untuk membandingkan rata-rata pengaruh kerapatan fluks magnet dan lama paparan terhadap jumlah koloni bakteri agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Hasil Analisis Faktorial Pada Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*

	Sum of Squarces	df	Mean Square	F	Sig
MedanMagnet	154828.583	3	51509.528	5.174	0.004
Lama Paparan	86539.667	4	21634.917	2.169	0.090
Medan Magnet* Lama Paparan	52066.333	12	4338.861	0.435	0.939
Total	31666969	60			

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji faktorial pada table 4.2 menunjukkan bahwa faktor kerapatan fluks magnet

memiliki pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dengan nilai signifikansi 0,004 atau lebih kecil dari α (0,05) sehingga kerapatan fluks magnet mempunyai pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Sedangkan, nilai signifikansi faktor lama paparan sebesar 0,09 dan interaksi keduanya sebesar 0,939. Hasil dari kedua faktor menunjukkan hasil yang lebih besar dari α (0,05) sehingga lama paparan dan interaksi keduanya tidak memiliki pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* sehingga tidak diperlukan uji lanjut. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata masing-masing kelompok data. Berikut merupakan hasil DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet yang paling berpengaruh.

Tabel 4.3 Hasil Uji DMRT Medan Magnet ELF Terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*

Kerapatn Fluks Magnet (mT)	Jumlah bakteri (CFU/ml)	Notasi huruf
0,5	143,73	a
0,4	176,93	a
0,3	242.2	ab
0,2	313,53	b

Keterangan: Kerapatan fluks magnet yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.3 kerapatan fluks magnet ELF 0,5-0,3 mT tidak berbeda nyata yang dinotasikan dengan huruf a. Sedangkan, pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT menghasilkan jumlah koloni bakteri paling besar yang dinotasikan dengan huruf b. Semakin besar notasi menunjukkan jumlah semakin besar pula. Hal ini disebabkan oleh arus induksi yang timbul karena perubahan kerapatan fluks magnet dapat menyebabkan perubahan kecepatan gerakan ion Ca^{2+} ekstraseluler melewati membran sel sehingga

apabila kebutuhan ion Ca^{2+} cepat terpenuhi maka proses pertumbuhan sel akan semakin cepat dan jumlah bakteri semakin banyak (Gaafar et al., 2006).

4.1.2. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Asam Laktat

Susu kambing fermentasi yang telah diberi perlakuan medan magnet ELF dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT dengan lama paparan masing-masing 0-12,5 menit kemudian di uji kadar asam laktat dengan metode trimetri atau tritasi. Data kadar asam laktat yang dihasilkan diperoleh dari persamaan:

$$\text{Kadar asam laktat}\% = \frac{V \times N \times B \times fp \times 100\%}{\text{Volume sampel} \times 1000} \quad (4.2)$$

dimana V = volume larutan NaOH 0,1 N, N = Normalitas NaOH, B = Bobot setara asam laktat (90 g/mol) dan Fp = Faktor pengenceran.

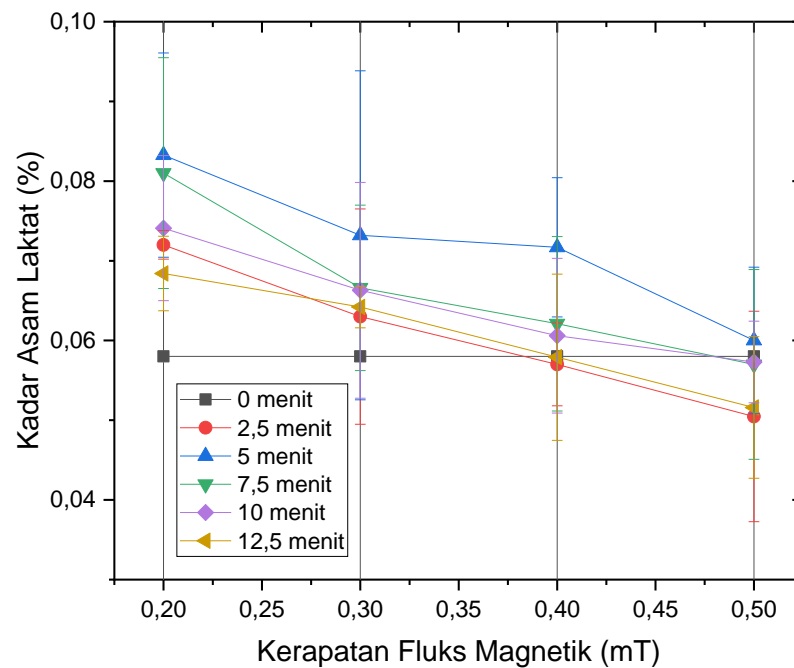
Tabel 4.4 Data Pengaruh Medan Magnet ELF Dan Lama Pemaparan Terhadap Kadar Asam Laktat

Perlakuan		Kadar Asam Laktat (%)			Rata-rata (%)
Medan Magnet (mT)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol		0,0637	0,0556	0,0567	0,058 ± 0,0294
0,2	2,5	0,072	0,0738	0,0702	0,072 ± 0,0018
	5	0,0855	0,0693	0,0945	0,0831 ± 0,01277
	7,5	0,0855	0,0927	0,01248	0,0822 ± 0,01248
	10	0,0846	0,0693	0,0684	0,0741 ± 0,0091
	12,5	0,0738	0,0657	0,0594	0,0663 ± 0,0072
0,3	2,5	0,063	0,0765	0,0495	0,063 ± 0,0135
	5	0,0873	0,0828	0,0495	0,0732 ± 0,02065
	7,5	0,0657	0,0774	0,0567	0,0666 ± 0,01038
	10	0,0792	0,0675	0,0522	0,0663 ± 0,01354
	12,5	0,0657	0,0657	0,0612	0,0642 ± 0,0026
0,4	2,5	0,063	0,054	0,054	0,057 ± 0,0052

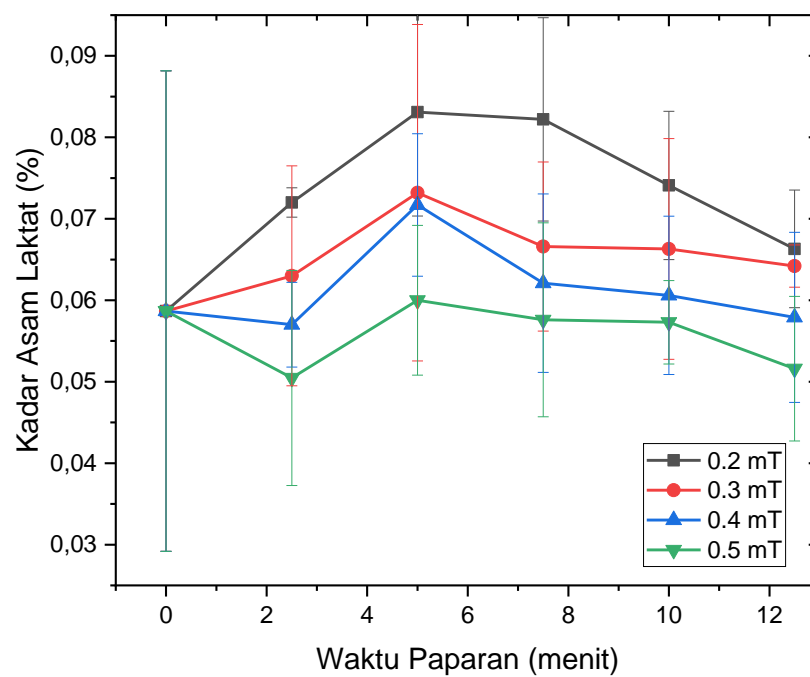
Perlakuan		Kadar Asam Laktat (%)			Rata-rata (%)
Medan Magnet (mT)	Waktu (menit)	1	2	3	
	5	0,0738	0,0621	0,0792	0,0717 ± 0,00874
	7,5	0,0675	0,0495	0,0693	0,0621 ± 0,01095
	10	0,0648	0,0675	0,0495	0,0606 ± 0,00971
	12,5	0,0459	0,063	0,0648	0,0579 ± 0,01043
0,5	2,5	0,0432	0,0657	0,0425	0,05047 ± 0,0132
	5	0,0639	0,0666	0,0495	0,06 ± 0,00919
	7,5	0,0711	0,0486	0,0531	0,0576 ± 0,01191
	10	0,063	0,0558	0,0531	0,0573 ± 0,00512
	12,5	0,0558	0,0414	0,0576	0,0516 ± 0,00888

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet dan lama paparan memberikan pengaruh terhadap kadar asam laktat pada susu kambing. Kadar asam laktat sebelum dipapari medan magnet ELF adalah $0,058 \pm 0,0294\%$. Sedangkan, setelah di beri paparan medan magnet ELF dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 2,5-5 menit mengalami kenaikan dari $0,072 \pm 0,0018\%$ menjadi $0,0831 \pm 0,01277\%$. Namun, kadar asam laktat mengalami penurunan ketika lama paparan 7,5 menit dari $0,0822 \pm 0,01248\%$ menjadi $0,0663 \pm 0,0072\%$ ketika lama paparannya 12,5 menit. Kerapatan fluks magnet 0,3-0,5 mT dengan lama paparan 0-12,5 menit menunjukkan kadar asam laktat mengalami penurunan dibandingkan dengan kerapatan fluks magnet 0,2 mT.

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara kerapatan fluks magnet dan lama paparan dapat mempengaruhi kadar asam laktat susu kambing. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



(a)



(b)

Gambar 4.2 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap kadar asam laktat pada susu kambing (b) Grafik pengaruh lama pemaparan terhadap kadar asam laktat pada susu kambing

Gambar 4.2 (a) menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet 0,2-0,4 mT dengan lama paparan 0-12,5 menit menunjukkan grafik menurun kurang

signifikan dimana pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT menunjukkan kadar asam laktat paling tinggi dibandingkan dengan kerapatan fluks 0,3-0,5 mT. Sedangkan, pada kerapatan fluks magnet 0,5 mT menunjukkan grafik yang signifikan. Gambar 4.2 (b) menunjukkan bahwa pada lama paparan 0-5 menit dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT mengalami kenaikan kadar asam laktat menjadi $0,0831 \pm 0,01277\%$ pada lama paparan 5 menit dan pada lama paparan 7,5-12,5 menit kadar asam laktat menunjukkan grafik menurun kurang signifikan.

Berdasarkan data kadar asam laktat pada tabel 4.2 dan grafik 4.2 dilakukan uji faktorial untuk membandingkan rata-rata pengaruh kerapatan fluks magnet dan lama paparan terhadap kadar asam laktat agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Faktorial Pada Kadar Asam Laktat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
MedanMagnet	0.003	3	0.001	9.097	0.00
wLama Paparan	0.001	4	0.000	2.401	0.066
Medan Magnet* Lama Paparan	0.000	12	1.796E-5	0.154	0.999
Total	0.261	60			

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji faktorial menunjukkan bahwa faktor kerapatan fluks magnet memiliki pengaruh nyata terhadap kadar asam laktat susu kambing dengan nilai signifikansi 0,00 atau lebih kecil dari α (0,05). Sedangkan, nilai faktor lama paparan sebesar 0,066 dan interaksi keduanya sebesar 0,999 dimana hasil lama paparan dan interaksi keduanya menunjukkan nilai yang lebih besar dari α (0,05) sehingga lama paparan dan interaksi keduanya tidak memiliki

pengaruh nyata terhadap kadar asam laktat karena nilai signifikasinya lebih besar 0,05 sehingga tidak diperlukan uji lanjut. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut merupakan hasil uji DMRT untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet yang paling berpengaruh.

Tabel 4.6 Hasil Uji DMRT Kerapatan Fluks Magnet Terhadap Kadar Asam Laktat

Kerapatan Fluks Magnet (mT)	Kadar Asam Laktat (%)	Notasi huruf
0,5	0.055273	a
0,4	0.0621	ab
0,3	0.06666	b
0,2	0.0753	c

Keterangan: Kerapatan fluks magnet yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.6 kerapatan fluks magnet 0,5 mT hingga 0,3 mT memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata yang dinotasikan dengan huruf a dan b. Semakin besar notasi menunjukkan kadar asam laktat yang semakin besar pula. Oleh karena itu, pada pemaparan 0,2 mT menghasilkan kadar asam laktat yang terbesar yang dinotasikan dengan huruf c. Hal ini sesuai dengan jumlah koloni bakteri penghasil asam laktat. Semakin banyak jumlah bakteri asam laktat maka semakin besar kadar asam laktat yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang terdapat pada susu kambing, bakteri tersebut dapat merubah laktosa menjadi asam laktat dan bahwa kadar asam fermentasi susu dipengaruhi oleh aktivitas bakteri yang merubah gula (laktosa) menjadi asam laktat, walaupun laktosa susu yang diubah menjadi asam laktat hanya sekitar 30%, sedangkan sisanya (70%) masih dalam bentuk laktosa (Afriani, 2010).

4.1.3. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH

Pengukuran pH dilakukan dengan kertas lakmus setelah susu kambing fermentasi diberi perlakuan medan magnet ELF dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT dengan lama paparan 0-12,5 menit. Diperoleh data pengaruh kerapatan fluks magnet dan lama paparan ditunjukkan pada tabel 4.7.

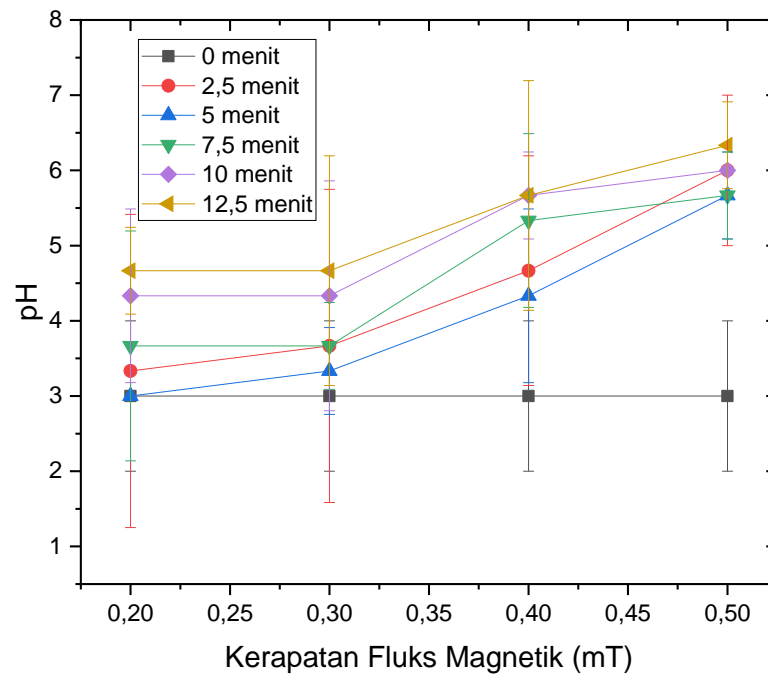
Tabel 4.7 Data Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap pH Susu Kambing

Perlakuan		pH			Rata-rata
Kerapatan Fluks Magnet (mT)	Waktu (menit)	1	2	3	
Kontrol		4	2	3	3 ± 1
0,2	2,5	1	4	5	$3,33 \pm 2,08$
	5	3	3	3	3 ± 0
	7,5	5	2	4	$3,66 \pm 1,52$
	10	5	3	5	$4,66 \pm 1,15$
	12,5	5	4	5	$5,33 \pm 0,57$
0,3	2,5	6	3	2	$4 \pm 2,08$
	5	3	4	3	$3,33 \pm 0,057$
	7,5	4	4	3	$3,66 \pm 0,057$
	10	6	3	4	$4,33 \pm 1,52$
	12,5	5	3	6	$4,66 \pm 1,52$
0,4	2,5	3	6	5	$4,66 \pm 1,52$
	5	5	3	5	$4,33 \pm 1,15$
	7,5	4	6	6	$5,33 \pm 1,15$
	10	6	6	5	$5,66 \pm 0,057$
	12,5	6	7	4	$5,66 \pm 1,52$
0,5	2,5	6	7	5	$5,66 \pm 1$
	5	6	5	6	$5,33 \pm 0,057$
	7,5	6	5	6	$5,66 \pm 0,057$
	10	6	6	7	$6 \pm 0,057$
	12,5	6	7	6	$6,33 \pm 0,057$

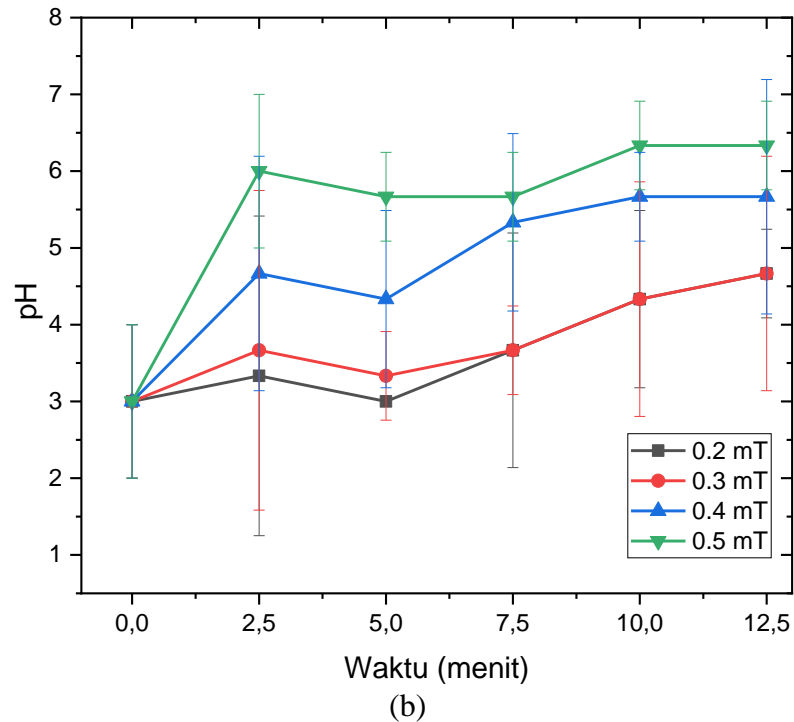
Tabel 4.7 menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet dan lama paparan berpengaruh terhadap pH susu kambing. pH kontrol adalah 3 ± 1 . Setelah diberi perlakuan kerapatan 0,2 mT selama 2,5-5 menit menunjukkan

pH $3,33 \pm 2,08$ turun menjadi 3 ± 0 . Pada lama paparan 7,5-12,5 menit naik dari $3,66 \pm 1,52$ menjadi $5,33 \pm 0,57$. pH terus naik seiring lama paparan yang diberikan. Hal ini terjadi pada kerapatan fluks magnet $0,3 \text{ mT} - 0,5 \text{ mT}$.

Analisis data yang diperoleh menunjukkan hubungan antara kerapatan fluks magnet dan lama paparan terhadap pH susu kambing. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.3.



(a)



Gambar 4.3 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap pH pada susu kambing (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap pH pada susu kambing

Berdasarkan grafik pada gambar 4.3 (a) diperoleh bahwa pH pada kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT menghasilkan kenaikan pH yang kurang signifikan. Sedangkan, lama paparan 2,5-5 menit dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT menunjukkan grafik yang signifikan, yaitu 3,3-6,3. Dimana pH paling minimum berada pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT adalah 3. Gambar 4.3 (b) menunjukkan bahwa lama paparan 0-2,5 menit grafik meningkat kurang signifikan. Pada lama paparan 5 menit grafik menurun signifikan. Sedangkan, pada lama paparan 7,5-12,5 menit grafik meningkat kurang signifikan, yaitu 3,6-6,3.

Berdasarkan data pH pada tabel 4.3 dan grafik 4.3 dilakukan uji faktorial untuk membandingkan rata-rata pengaruh kerapatan fluks magnet dan lama paparan terhadap pH agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. 8 Hasil Analisis Faktorial pada pH Susu Kambing

	Sum of Squarces	df	Mean Square	F	Sig
MedanMagnet	49.117	3	16.372	11.694	0.00
Lama Paparan	13.100	4	3.275	2.339	0.072
Medan Magnet* Lama Paparan	1.967	12	0.164	117	1.000
Total	1455.000	60			

Berdasarkan analisis data statistik menggunakan SPSS dengan uji faktorial menunjukkan bahwa faktor kerapatan fluks magnet memiliki pengaruh nyata terhadap pH susu kambing dengan nilai signifikansi 0,00 kurang dari α (0,05). Sedangkan, nilai faktor lama paparan sebesar 0.072 dan nilai interaksi keduanya sebesar 1.000 dimana nilai kedua faktor tersebut lebih dari α (0,05) dimana faktor lama paparan dan interaksi keduanya tidak memiliki pengaruh nyata terhadap pH susu kambing maka tidak diperlukan uji lanjut. Selanjutnya dilakukan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut merupakan hasil uji DMRT untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet yang paling berpengaruh.

Tabel 4.9 Hasil Uji DMRT Medan Magnet ELF Terhadap pH Susu Kambing

Medan magnet (mT)	pH	Notasi huruf
0,2	3.80	a
0,3	3.93	a
0,4	5.20	b
0,5	6.0	b

Keterangan: Kerapatan fluks magnet yang memiliki notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Berdasarkan tabel 4.9 menunjukkan bahwa perlakuan kerapatan fluks magnet 0,2 mT dan 0,3 mT tidak berbeda nyata terhadap pH sehingga dinotasikan huruf a. Adapun perlakuan medan magnet 0,4 mT dan 0,5 mT

menunjukkan tidak berbeda nyata sehingga dinotasikan dengan huruf b. Semakin besar notasi maka pH akan semakin meningkat. Pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT memiliki pH terendah, hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah bakteri asam laktat maka produksi asam laktat akan semakin banyak. H^+ yang dilepaskan selama proses pembentukan asam laktat tersebut juga semakin banyak. Dengan begitu, susu fermentasi akan semakin asam dan pH susu akan semakin menurun (Khotimah & Kusnadi, 2014).






















4.1.4. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Sifat Organoleptik (Warna, Rasa dan Aroma) Susu Kambing

Uji organoleptik meliputi warna, rasa dan aroma susu kambing yang telah diberi bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*) dan di ujikan kepada 12 orang panelis untuk memberikan nilai skala rasa dengan indera perasa dan skala aroma menggunakan indera penciuman. Sedangkan, data uji warna diperoleh menggunakan kamera *handphone*.

a. Warna

Data organoleptik warna susu kambing yang telah diberi paparan medan magnet ELF diperoleh dari pengambilan gambar menggunakan kamera *handphone* yang telah di berikan pemaparan medan magnet ELF dengan variasi kerapatan fluks magnet dan lama paparan, sehingga diperoleh data pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Data Warna Susu Kambing Setelah Dipapari Medan Magnet ELF

Perlakuan	Warna (menit)				
	2,5	5	7,5	10	12,5
Kontrol					
0,2					
0,3					
0,4					
0,5					

b. Rasa

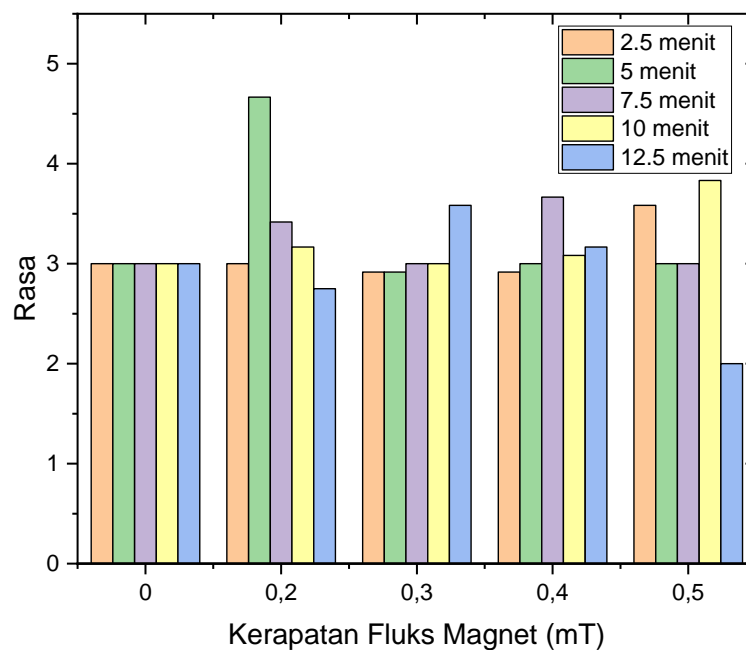
Data organoleptik rasa susu kambing diperoleh dari penilaian berskala yang dilakukan oleh 12 panelis menggunakan indera perasa (mulut). Hasil data berdasarkan nilai skala yang diberikan panelis menunjukkan yang berbeda berdasarkan selera panelis. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Data Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Rasa Susu Kambing

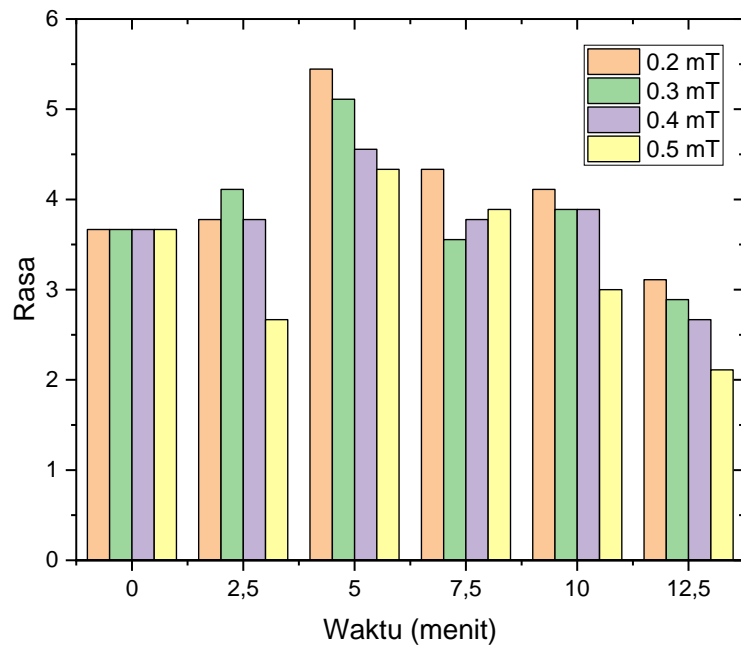
Perlakuan	Rasa (menit)				
	2,5	5	7,5	10	12,5
Kerapatan Fluks Magnet (mT)					
0 (kontrol)	3	3	3	3	3

Perlakuan	Rasa (menit)				
Kerapatan Fluks Magnet (mT)	2,5	5	7,5	10	12,5
0,2	3	4,67	3,41	3,16	2,75
0,3	2,91	2,91	3	3	3,58
0,4	2,91	3	3,66	3,08	3,16
0,5	3,58	3	3	3,83	2

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa rasa pada susu kambing setelah di beri pemaparan medan magnet ELF dengan variasi kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT dengan lama pemaparan 0-12,5 menit mengalami perubahan yang signifikan. Rasa susu kambing sebelum dipapari medan magnet ELF adalah 3. Sedangkan, rasa susu kambing yang paling tinggi berada pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT dengan lama paparan 5 menit, yaitu 4,67. Dari hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara kerapatan fluks magnet dan lama paparan terhadap rasa susu kambing. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap rasa susu kambing, (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap rasa susu kambing

Gambar 4.4 (a) menunjukkan bahwa pada paparan kerapatan fluks magnet 0,2 mT menghasilkan skala kesukaan panelis terbanyak terhadap rasa susu kambing. Pada kerapatan fluks magnet 0,3-0,5 mT menunjukkan grafik menurun kurang signifikan. Gambar 4.4 (b) menunjukkan bahwa lama paparan 2,5 menit ke 5 menit mengalami kenaikan skala kesukaan panelis terhadap rasa susu kambing. Lama paparan 5 menit menghasilkan skala kesukaan panelis terbanyak terhadap rasa susu kambing. Pada lama paparan 7,5-10 menit dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT menunjukkan grafik menurun kurang signifikan. Sedangkan, pada lama paparan 12,5 menit dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT mengalami penurunan yang signifikan.

Berdasarkan data hasil penelitian dan grafik diatas maka dilakukan analisis *Kurskall Wallis* untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks magnet

dan lama paparan terhadap rasa pada susu kambing. Data analisis *Kurskall Wallis* ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4.12 Hasil Analisis *Kurskall Wallis* pada Rasa Susu Kambing

	Rasa
Chi-square	35,470
df	4
Asymp.Sig	0,000

Analisis *Kurskall wallis* dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara pengaruh kerapatan fluks magnet dan lama paparan terhadap rasa pada susu kambing. Berdasarkan hasil analisis *Kurskall wallis* didapatkan hasil signifikan sebesar 0,000 atau lebih kecil dari alfa ($\alpha = 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet dan lama paparan memberikan pengaruh nyata terhadap rasa pada susu kambing.

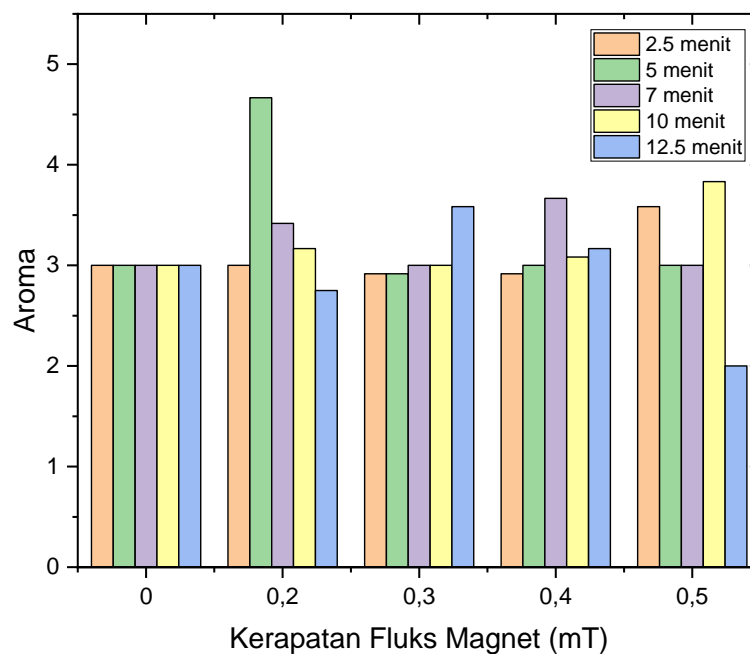
c. Aroma

Data organoleptik aroma susu kambing diperoleh dari penilaian berskala yang dilakukan oleh 12 panelis menggunakan indera penciuman (hidung). Hasil data berdasarkan nilai skala yang diberikan panelis menunjukkan yang berbeda berdasarkan selera panelis. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.13.

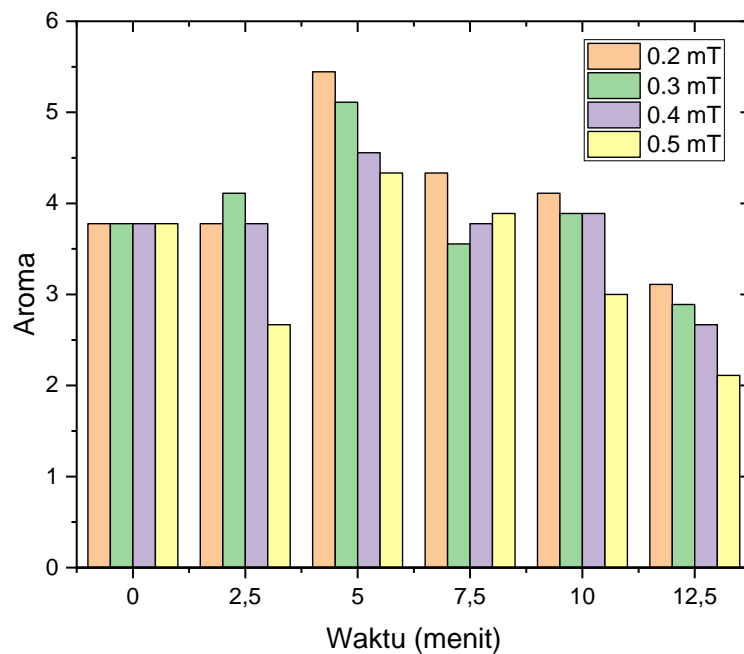
Tabel 4.13 Data Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap Aroma Susu Kambing

Perlakuan	Aroma (menit)				
	2,5	5	7,5	10	12,5
0 (kontrol)	3	3	3	3	3
0,2	3,08	5,08	3,16	3,58	2,91
0,3	2,91	2,91	3	3	3,58
0,4	2,91	3	3,66	3,08	3,16
0,5	3,58	3	2,83	3,83	2

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet dan lama paparan berpengaruh terhadap aroma susu kambing. Aroma susu kambing sebelum diberi paparan medan magnet ELF adalah 3. Pada kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT dengan lama paparan 0-12,5 menit menghasilkan skala kesukaan panelis paling tinggi terhadap aroma susu kambing adalah ketika kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit. Dari hasil penelitian yang telah diperoleh menunjukkan pengaruh antara medan magnet dan lama paparan medan magnet ELF dengan aroma susu kambing. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



(a)



(b)

Gambar 4. 5 (a) Grafik pengaruh kerapatan fluks magnet terhadap aroma susu kambing, (b) Grafik pengaruh lama paparan terhadap aroma susu kambing

Gambar 4.5 (a) menunjukkan bahwa pada kerapatan fluks magnet ELF 0,2 mT skala kesukaan panelis terhadap aroma susu kambing paling tinggi pada lama paparan 5 menit. Pada kerapatan fluks magnet 0,3-0,5 mT grafik menurun kurang signifikan, yaitu 2,91-2. Gambar 4.5 (b) menunjukkan bahwa lama paparan 5 menit menghasilkan skala kesukaan panelis tertinggi terhadap aroma susu kambing. Pada lama paparan 7,5-10 menit dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT menunjukkan grafik menurun kurang signifikan. Sedangkan, pada lama paparan 12,5 menit dengan kerapatan fluks magnet 0,2-0,5 mT mengalami penurunan yang signifikan.

Berdasarkan hasil data penelitian dan grafik diatas maka dilakukan analisis *Kurskall Wallis* untuk mengetahui pengaruh kerapatan fluks

magnet dan lama paparan terhadap aroma susu kambing. Data analisis *Kruskal Wallis* ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 4. 14 Hasil Analisis *Kruskal Wallis* pada Aroma Susu Kambing

	Aroma
Chi-square	37,728
df	4
Asymp.Sig	0,000

Analisis *Kruskal Wallis* dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara pengaruh kerapatan fluks magnet dan lama paparan medan magnet terhadap aroma pada susu kambing. Berdasarkan hasil analisis *Kruskal Wallis* didapatkan hasil signifikan sebesar 0,000 atau lebih kecil dari alfa ($\alpha = 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet dan lama paparan memberikan pengaruh nyata terhadap aroma pada susu kambing.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Koloni Bakteri

Analisis data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kerapatan fluks magnet dan lama paparan medan magnet ELF yang menyebabkan perubahan pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Tingkat pertumbuhan bakteri berbeda-beda untuk setiap kerapatan fluks magnet dan lama paparan yang diberikan. Berdasarkan hasil grafik 4.1 menunjukkan bahwa jumlah koloni bakteri terbanyak berada pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT dengan lama paparan 5 menit.

Hal ini disebabkan oleh paparan medan magnet ELF pada bakteri susu fermentasi menyebabkan adanya perpindahan ion bermuatan. Ion-ion yang berperan aktif di dalam sel bakteri adalah K^+ , Na^+ dan Ca^{2+} . Ion tersebut berada pada proses metabolisme dan pembelahan sel. Ketiga ion tersebut yang berpengaruh terhadap medan magnet adalah ion K^+ karena ion K^+ termasuk bahan paramagnetik. Sifat dari suatu bahan paramagne adalah dapat terpengaruh medan magnet (termagnetisasi). Bentuk pengaruh medan magnet terhadap bahan tersebut adalah spin electron yang terdapat pada bahan tersebut yang mulanya acak menjadi terarah oleh medan magnet (Sutrisno dan Gie, 1979) Ion bermuatan yang melingkar secara berulang-ulang akan mengakibatkan terjadinya interaksi yang tinggi dan kepadatan tinggi. Pergerakan padat ini menyebabkan perpindahan ion dari intraseluler dan ekstraseluler maupun sebaliknya akan mengalami akselerasi sehingga menyebabkan sel mengalami percepatan dalam metabolismenya (Grubner, 2011).

Paparan medan magnet juga menyebabkan perubahan yang cepat dalam potensial membran. Potensial membran terjadi karena ion K^+ menembus keluar membran sel dan ion Na^+ berdifusi ke dalam sel mengikuti perbedaan konsentrasinya tapi jauh lebih lambat dari ion K^+ . Efek daerah magnet memungkinkan adanya pengaturan aliran masuk kation melalui saluran membran dan dengan adanya paparan medan magnet, perubahan konsentrasi ion yang terjadi juga menciptakan perubahan gerakan ion pada ekstraseluler yang melintasi membran plasma sehingga dapat dihipotesa bahwa paparan medan magnet dapat meningkatkan percepatan gerakan ion-

ion melalui daerah fluks magnetik. Bidang yang terpapar medan magnet akan menghasilkan kekuatan pada ion-ion untuk bergerak dan secara aktif terikat pada saluran protein dan mempengaruhi kondisi permukaan gerbang saluran. Gerakan ion-ion K^+ , Na^+ ke medium dari sitosol intraseluler dapat dicapai melalui permukaan berbagai variasi saluran permeable K^+ dan Na^+ sehingga akan meningkatkan konsentrasi ion ekstraseluler (Grubner, 2011). Peningkatan konsentrasi ion ekstraseluler sesuai dengan kebutuhan sel bakteri akan mengaktifkan protein-protein dan enzim-enzim yang dibutuhkan dalam proses pembelahan sel sehingga energi medan magnet yang terpapar akan mempercepat pertumbuhan bakteri (Poli, 2009).

Studi sebelumnya telah melaporkan bahwa paparan medan magnet ELF 10 mT dan frekuensi 50 Hz selama 24 menit memiliki efek berbeda pada pertumbuhan bakteri karena dapat mempercepat atau menghambatnya (Strašák et al., 2005). Seperti hasil penelitian yang dilakukan oleh M. Tirono (2022) menunjukkan bahwa paparan medan magnet mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Lactobacillus acidophilus* dimana efek pertumbuhan bakteri bergantung pada kerapatan fluks magnet dan lama paparan yang diberikan. Pertumbuhan bakteri yang paling optimal terjadi pada paparan medan magnet 0,2 mT selama 5 menit (Tirono, 2022). Hasil penelitian paparan medan magnet ELF terhadap susu kambing fermentasi ini juga menunjukkan hasil pertumbuhan bakteri paling optimal pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit. Setelah mencapai titik optimal kemudian bakteri mengalami penurunan jumlah. Hal ini disebabkan karena kerapatan fluks magnet yang tinggi mengakibatkan sel bakteri mati.

Sebagaimana Lindstrom (1993) menyatakan apabila intensitas medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) yang digunakan tinggi, maka akan mengakibatkan sel-sel bakteri tersebut lemah dan tidak dapat berkembang sehingga pertumbuhan bakteri dapat terhambat. Selain itu, medan magnet juga dapat mempengaruhi kandungan protein dan lipid karena unsur tersebut merupakan komponen dari membran sel. Efek yang dihasilkan medan magnet akan merusak protein dalam sel. Protein yang biasa digunakan sebagai nutrisi sel atau sebagai zat gizi organik yang berperan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme sel menjadi rusak dengan adanya pemberian medan magnet. Kerusakan protein berdampak pada terhambatnya proses metabolisme sel sehingga aktivitas sel terganggu.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet lebih berpengaruh dibandingkan dengan lama paparan. Lama paparan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Hasil uji faktorial juga menunjukkan bahwa faktor medan magnet berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dengan nilai $p=0,00 < \alpha (0,05)$. Sedangkan pada lama paparan menunjukkan nilai $p=0,09 > \alpha (0,05)$. Hal ini disebabkan karena rentang waktu yang relatif kecil sehingga perpindahan ion K^+ , Na^+ dan Ca^{2+} dari intraseluler ke ekstraseluler maupun sebaliknya mengalami akselerasi yang dapat menyebabkan sel mengalami percepatan dalam metabolismenya. Namun, karena waktu yang relatif kecil menyebabkan hasil rata-rata jumlah koloni bakteri kurang signifikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet mampu memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dimana jumlah bakteri *Lactobacillus bulgaricus* sebelum diberi paparan medan magnet ELF jumlah koloni sebesar 325×10^7 CFU/ml dan setelah dipapari medan magnet ELF 0,2 mT dengan lama paparan 5 menit menghasilkan jumlah koloni sebanyak 459×10^7 CFU/ml.

4.2.2. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kadar Asam Laktat

Total asam tertitrasi adalah jumlah asam laktat yang terbentuk selama proses fermentasi yang merupakan hasil pemecahan laktosa oleh bakteri asam laktat. Adanya asam di dalam susu terutama disebabkan oleh aktivitas bakteri-bakteri pembentuk asam. Bakteri tersebut dapat merubah laktosa menjadi asam laktat dan timbulnya asam laktat dapat menurunkan pH susu. Menurut Rahayu (1989) melalui Paramitha (2006), bahwa kadar asam fermentasi susu dipengaruhi oleh aktivitas bakteri yang merubah gula (laktosa) menjadi asam laktat, walaupun laktosa susu yang diubah menjadi asam laktat hanya sekitar 30% sedangkan sisanya (70%) masih dalam bentuk laktosa. Buckles et al, (1987) juga menyatakan bahwa suasana asam diakibatkan oleh proses fermentasi susu, yaitu perubahan laktosa menjadi asam laktat oleh aktivitas enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat serta senyawa-senyawa yang terkandung dalam susu seperti albumin, kasein sitrat, dan fosfat (Afriani, 2010).

Data hasil penelitian pengaruh intensitas kerapatan fluks magnet dan lama paparan medan magnet ELF dapat mempengaruhi kadar asam laktat

pada susu kambing. Kadar asam laktat yang dihasilkan berbeda-beda untuk setiap kerapatan fluks magnet dan lama paparan yang diberikan. Berdasarkan hasil grafik 4.2 menunjukkan bahwa kadar asam laktat terbanyak berada pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT dengan lama paparan 5 menit. Hal ini disebabkan karena pada prinsipnya, fermentasi adalah menumbuhkan pertumbuhan mikroba pembentuk alkohol dan asam, dan menekan pertumbuhan mikroba proteolitik dan lipolitik (Surono, 1995).

Data kadar asam laktat tertinggi sesuai dengan jumlah koloni bakteri pembentuk asam laktat terbanyak yang terdapat pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT dengan lama paparan 5 menit. Hal ini dikarenakan kecepatan terbentuknya asam laktat dan tinggi rendahnya kadar asam laktat tergantung pada jumlah, macam starter dan kemampuan starter yang digunakan dalam membentuk asam laktat (Afriani, 2010). Hasil analisis data menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet ELF lebih berpengaruh dibandingkan dengan lama pemaparan. Lama paparan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar asam laktat pada susu kambing. Hasil uji faktorial juga menunjukkan bahwa faktor kerapatan fluks magnet berpengaruh terhadap kadar asam laktat pada susu kambing dengan nilai $p=0,00 < \alpha (0,05)$. Sedangkan pada lama paparan menunjukkan nilai $p=0,06 > \alpha (0,05)$. Hal ini disebabkan karena rentang waktu yang relatif kecil sehingga hasil yang didapatkan kurang signifikan. Hasil jumlah koloni bakteri mempengaruhi kadar asam laktat dimana jumlah bakteri sebanding dengan kadar asam laktat yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan kerapatan fluks magnet mampu memberikan pengaruh terhadap kadar asam laktat pada susu

kambing dimana sebelum diberi paparan medan magnet kadar asam laktat sebesar 0,058 % dan setelah diberi paparan medan magnet kadar asam laktat meningkat menjadi 0,083%.

4.2.3. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH

Apabila pH semakin rendah maka akan semakin besar konsentrasi ion hidrogennya (Fried, G. H., dan Hademenos, 2006). Peningkatan asam laktat menyebabkan penurunan nilai pH, dimana metabolisme bakteri asam laktat menghasilkan akumulasi asam laktat yang dapat menurunkan nilai pH medium. Nilai pH merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri, sehingga nilai pH termasuk dalam salah satu parameter daya awet suatu produk pangan (Trenggono, 2004). Mikroba atau bakteri dapat tumbuh pada 70 rentang nilai pH tertentu, proses metabolisme dapat menyebabkan perbedaan nilai pH yang terjadi didalam sel yang terakumulasi produk metabolisme yang asam maupun basa (Afrianti et al., 2013).

Berdasarkan gambar 4.3 pH susu kambing yang sudah diberi fermentasi selama 20 jam menunjukkan hasil yang optimal pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit. Hal ini sesuai dengan hubungan peningkatan jumlah koloni bakteri dan kadar asam laktat yang dapat menyebabkan penurunan pH. Nilai pH sangat berkaitan dengan kadar asam yang dihasilkan. Adesokan dkk. (2011) melaporkan bahwa peningkatan kadar asam dan penurunan pH pada fermentasi susu dengan kultur bakteri asam laktat sudah terlihat selama 24 jam. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa nilai pH susu fermentasi dapat dihubungkan dengan

jumlah bakteri *L.casei* dan jumlah produksi asam oleh bakteri tersebut selama proses perubahan glukosa menjadi asam laktat. Jadi, semakin banyak jumlah bakteri *L.casei* maka produksi asam laktat akan semakin banyak. H^+ yang dilepaskan selama proses pembentukan asam laktat tersebut juga semakin banyak. Dengan begitu, susu fermentasi akan semakin asam dan pH susu akan semakin menurun (Ridawati et al., 2017). Hasil analisis data menunjukkan bahwa kerapatan fluks magnet ELF lebih berpengaruh dibandingkan dengan lama paparan. Lama paparan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pH pada susu kambing. Hasil uji faktorial juga menunjukkan bahwa faktor medan magnet berpengaruh terhadap pH pada susu kambing dengan nilai $p=0,00 < \alpha (0,05)$. Sedangkan pada lama paparan menunjukkan nilai $p=0,05 > \alpha (0,05)$. Hal ini disebabkan karena rentang waktu yang relative kecil sehingga hasil yang didapatkan kurang signifikan. pH dipengaruhi oleh kadar asam yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat dimana semakin banyak jumlah bakteri maka semakin tinggi pH yang dihasilkan, sedangkan semakin sedikit jumlah bakteri maka semakin rendah pH.

4.2.4. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Sifat Organoleptik (Warna, Rasa dan Aroma) Susu Kambing

Uji organoleptik adalah cara mengukur, menilai atau menguji mutu komoditas dengan menggunakan kepekaan alat indera manusia, yaitu mata, hidung, mulut dan jari tangan. Uji organoleptik juga disebut uji subyektif karena didasarkan pada respon subyektif manusia sebagai alat ukur.

Kadang-kadang juga disebut sifat sensorik karena penilaiannya berdasarkan pada rangsangan sensorik pada organ lain (Soekarto, 1990).

Pada penelitian ini dilakukan uji organoleptik yang meliputi warna, rasa dan aroma ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap susu kambing setelah dilakukan perlakuan medan magnet ELF. Komponen untuk menentukan kualitas suatu bahan makanan atau minuman adalah warna karena warna pada suatu makanan atau minuman dapat menjadi daya tarik tersendiri bagi konsumen. Dalam penelitian ini terdapat 12 panelis untuk menilai pengujian organoleptik warna. Menurut pengamatan panelis warna hasil dari sampel yang telah diberi perlakuan tidak menghasilkan perubahan yang signifikan. Dimana warna susu kambing pada sampel kontrol dan eksperimen tidak berubah artinya masih warna putih. Hal ini disebabkan oleh paparan medan magnet ELF yang menghasilkan efek non termal pada target biologis yang diaplikasikan, artinya tidak menyebabkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi system sehingga tidak menyebabkan perubahan warna pada susu.

Rasa merupakan salah satu penentu kualitas produk makanan atau minuman. Penilaian rasa menggunakan indera perasa (lidah) panelis. Panelis menunjukkan skor kesukaan tertinggi pada kerapatan fluks magnet 0,2 mT selama 5 menit. Menurut panelis, rasa susu kambing yang telah diberi paparan medan magnet ELF menghasilkan rasa yang asam dibandingkan kontrol. Hal ini disebabkan aktivitas pertumbuhan bakteri asam laktat yang digunakan pada sampel. Semakin banyak jumlah bakteri

L.casei maka produksi asam laktat akan semakin banyak. H^+ yang dilepaskan selama proses pembentukan asam laktat tersebut juga semakin banyak. Dengan begitu, susu fermentasi akan semakin asam dan pH susu akan semakin menurun (Khotimah & Kusnadi, 2014).

Komponen penentu kualitas suatu produk makanan atau minuman adalah aroma. Berdasarkan hasil skor kesukaan terhadap aroma susu kambing yang diberi paparan menunjukkan hasil tertinggi pada paparan 0,2 mT selama 5 menit. Menurut panelis aroma yang hasilkan sampel setelah diberi perlakuan menunjukkan aroma khas seperti yogurt pada umumnya. Hal ini disebabkan oleh rasa asam yang dihasilkan akibat pH yang menurun sehingga menyebabkan rasa asam yang lebih pekat. Aroma prengus dapat dikurangi dengan proses fermentasi karena dapat menghasilkan flavor khas yang berasal dari asam laktat, asset aldehyd, diasetil, asam asetat dan bahan-bahan mudah menguap lainnya yang dihasilkan oleh fermentasi mikroorganisme (Balía et al., 2011).

4.2.5. Hubungan Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* Terhadap Kadar Asam Laktat pada Susu Kambing

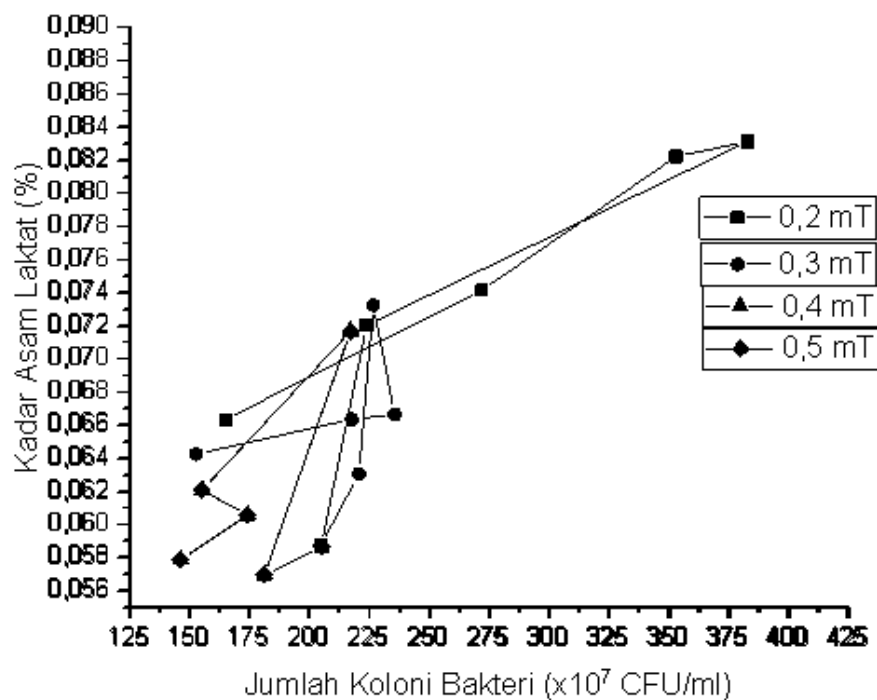
Bakteri Asam Laktat (BAL) dikenal sebagai bakteri yang non-patogen, bahkan di bidang pangan peranannya justru lebih banyak yang menguntungkan dibanding yang merugikan. Bakteri asam laktat pada proses fermentasi makanan, tidak hanya memberikan flavor dan rasa yang spesifik tetapi juga dapat memberikan keawetan dan keamanan (*food safety*) pada produk akhir yang berasal dari asam laktat maupun asam organik lainnya sebagai hasil metabolisme selama proses fermentasi berlangsung. Asam

yang dihasilkan ini dapat menurunkan pH dan membuat lingkungan menjadi tidak cocok bagi pertumbuhan bakteri pembusuk dan patogen. Di samping asam organik, beberapa bakteri asam laktat mampu menghasilkan berbagai komponen dengan sifat antagonistik terhadap bakteri lain, di antaranya bakteriosin, hidrogen peroksida, dan diasetil (Andrianieny et al., 2015).

BAL merupakan mikroorganisme yang berpotensi untuk dilakukan rekayasa metabolismenya agar menghasilkan produk yang diinginkan dengan lebih efisien. Salah satu cara yang telah dikembangkan untuk mengembangkan jalur metabolisme BAL adalah dengan mengubah jalur metabolisme asam piruvat sehingga dihasilkan produk akhir seperti pemanis buatan, citarasa (flavor), senyawa aroma, dan melalui jalur biosintesis yang lebih kompleks dapat dihasilkan eksopolisakarida dan vitamin melalui proses fermentasi. Bakteri Asam Laktat memproduksi ATP atau energi melalui fermentasi karbohidrat disertai dengan fosforilasi di tingkat substrat. Terdapat 2 jalur utama metabolisme untuk heksosa (gula dengan 6 karbon) adalah glikolisis (Embden-Meyerhof pathway) dan fosfoketolase. Jalur glikolisis memiliki produk akhir utama berupa asam laktat (homofermentatif). Sedangkan, jalur fosfoketolase memiliki produk akhir berupa asam asetat, asam propionat, CO₂, etanol, dan beberapa senyawa lain selain asam laktat (heterofermentatif) (Rahayu et al., 2020).

Target utama dari rekayasa metabolisme adalah untuk meningkatkan produksi asam laktat, khususnya dalam hal penggunaan gula, jalur glikolisis, aliran asam laktat. Salah satu enzim yang berperan penting dalam mengatur laju glikolisis yaitu enzim fosfofruktokinase (PFK), karena jika

didapati penurunan aktivitas enzim fosfofruktokinase akan diikuti dengan penurunan laju glikolisis. Selain daripada itu, laju glikolisis sebagian besar dipengaruhi oleh proses diluar glikolisis itu sendiri, seperti transpor gula, konsumsi ATP, serta sifat alosterik yang dimiliki oleh enzim fosfruktokinase memiliki andil yang signifikan dalam pengaturan laju glikolisis (Andrianieny et al., 2015).



Gambar 4. 6 Grafik hubungan jumlah koloni bakteri dengan kadar asam laktat

Akumulasi asam laktat menghambat pertumbuhan BAL karena perubahan pH menjadi kondisi asam. Pengasaman sitoplasma dan kegagalan kekuatan motif proton adalah alasan penghambatan produk akhir dalam fermentasi BAL. Ketika konsentrasi laktat meningkat atau pH medium menurun, konsentrasi asam laktat yang tidak terdisosiasi dalam medium juga meningkat (Othman et al., 2017). Menurut Afriani, kecepatan terbentuknya asam laktat dan tinggi rendahnya kadar asam laktat tergantung

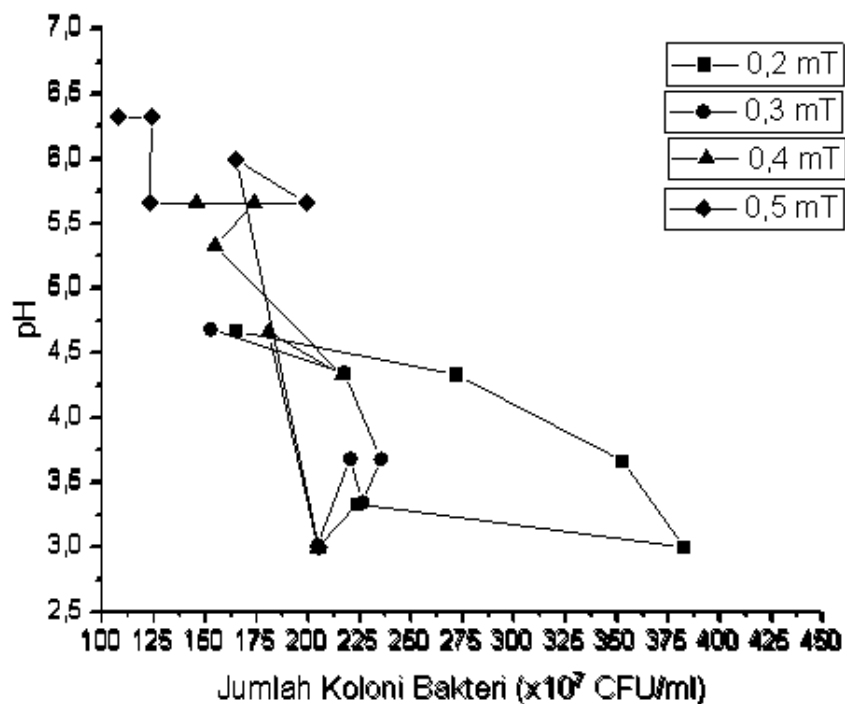
pada jumlah, macam starter dan kemampuan starter yang digunakan dalam membentuk asam laktat (Afriani, 2010). Berdasarkan pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan jumlah bakteri asam laktat dengan kadar asam laktat yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah bakteri maka semakin banyak kadar asam laktat yang dihasilkan dan sebaliknya.

4.2.6. Hubungan Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* Terhadap pH pada Susu Kambing

Berdasarkan data yang diperoleh juga dapat menunjukkan hubungan antara jumlah bakteri dengan pH. Jumlah koloni bakteri merupakan indikator adanya bakteri pembentuk asam laktat, sebagaimana diketahui bahwa keasaman susu fermentasi disebabkan oleh aktivitas bakteri pembentuk asam. Peran bakteri tersebut yaitu mengandung protein yang merupakan salah satu nutrisi sel atau sebagai zat gizi organik yang berperan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme sel. Protein tersebut akan digunakan oleh bakteri pembentuk asam untuk menghasilkan senyawa asam. Apabila jumlah mikroba yang tumbuh banyak, maka jumlah bakteri pembentuk asam akan banyak dan dapat menurunkan pH susu.

Meningkatnya aktivitas bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dalam membentuk selulosa sehingga penghasilan asam asetat akan semakin meningkat. Selaput selulosa dalam proses metabolismenya terbentuk oleh aktivitas bakteri asam laktat terhadap glukosa. Karbohidrat pada medium di pecah menjadi glukosa yang kemudian berikatan dengan asam lemak membentuk prekursor penciri selulosa oleh enzim selulosa sintetase.

Prekursor penciri selulosa kemudian dikeluarkan ke lingkungan membentuk jalinan selulosa pada permukaan medium. Proses glikolisi selama metabolisme karbohidrat oleh bakteri *Lactobacillus bulgaricus* kemudian diakhiri dengan terbentuknya asam piruvat. Glukosa 6-P yang terbentuk pada proses glikolisis inilah yang digunakan oleh *Lactobacillus bulgaricus* untuk menghasilkan selulosa. Selain metabolit sekunder, *Lactobacillus bulgaricus* juga menghasilkan metabolit berupa asam asetat dengan senyawa ilmiah (CH_3COOH) yang dapat dipecah mejadi CH_3COO^- dan H^+ .



Gambar 4. 7 Grafik hubungan jumlah koloni bakteri terhadap pH

Bakteri asam laktat pada dasarnya dapat mendegradasi glukosa asam asetat dan menambah ion H^+ pada susu. Bertambahnya ion H^+ pada susu akan mengakibatkan pH menurun sehingga susu menjadi semakin asam. Dapat disimpulkan bahwa pada medan magnet dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri asam laktat yang dapat menyebabkan pH susu menjadi asam. Pada paparan medan magnet 0,2 mT selama dari 2,5 menit ke 5 menit

mengalami penurunan pH. Sedangkan pH mengalami kenaikan sampai lama paparan 12,5 menit. Hal ini disebabkan karena aktivitas bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada susu menurun. Bakteri asam laktat pada dasarnya dapat mendegradasi glukosa menjadi asam asetat dan menambah ion H⁻ pada susu. Berkurangnya ion H⁺ mengakibatkan kenaikan pH. Menurut Sudarti paparan medan magnet ELF sebesar 0,3 mT-0,6 mT menunjukkan hasil peningkatan pH. Kenaikan tersebut diperkirakan karena bakteri secara aktif menghidrolisis protein dan melakukan deaminasi asam-asam amino (Sudarti, 2016).

4.3. Integrasi dengan Al-Quran

Perintah untuk mengonsumsi makanan halal telah jelas terdapat di kedua sumber rujukan bagi umat Islam, yaitu Al-Qur'an dan Hadis. Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Maaidah ayat 88:

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا ۗ وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ مُؤْمِنُونَ

Artinya: “*dan makanlah yang halal lagi baik dari apa yang Allah telah rezekikan kepadamu, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya.*” [QS. Al-Maidah: 88]

Ayat diatas jelas-jelas telah menyuruh kita hanya memakan makanan yang halal dan baik saja, suatu kesatuan yang tidak bisa dipisahkan yang dapat diartikan halal dari segi syariah dan baik dari segi kesehatan, gizi, estetika dan lain sebagainya (Zulaekah & Kusumawati, 2005). Menurut Imam At-Thabari dalam menjelaskan ayat diatas menyebutkan bahwa ayat tersebut adalah perintah Allah untuk orang-orang beriman agar memakan makanan-makanan yang halal lagi baik. Perintah tersebut menggunakan huruf fiil ‘amar “كُلُوا” sebagai bentuk kewajiban. Jika manusia tidak menjalankan perintah yang ada pada ayat tersebut,

dikhawatirkan akan diturunkan penyakit dan siksaan Allah SWT. Dalam sebuah hadist juga dianjurkan untuk memakan makanan yang halal, seperti sebuah hadist dari Abu Hurairah ra.

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ : قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَا أَيُّهَا النَّاسُ إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ لَا يَقْبَلُ إِلَّا الطَّيِّبَ إِنَّ اللَّهَ أَمَرَ الْمُؤْمِنِينَ بِمَا أَمَرَ بِهِ الْمُرْسَلِينَ , { قَالَ } يَا أَيُّهَا الرَّسُولُ كُلُوا مِنَ الطَّيِّبَاتِ وَاعْمَلُوا صَالِحًا إِنِّي بِمَا تَعْمَلُونَ عَلِيمٌ , { وَقَالَ } يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا كُلُوا مِنْ طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ , قَالَ ثُمَّ ذَكَرَ الرَّجُلَ يُطِيلُ السَّفَرَ أَشْعَثَ أَغْبَرَ يَمُدُّ يَدَيْهِ إِلَى السَّمَاءِ , يَا رَبِّ يَا رَبِّ وَمَطْعَمُهُ حَرَامٌ وَمَلْبَسُهُ حَرَامٌ وَمَشْرَبُهُ حَرَامٌ وَغَدْيِي بِالْحَرَامِ فَأَنْ يُسْتَجَابَ لِنَدَائِكَ

Artinya: *Dari Abu Hurairah ia berkata; Rasulullah Saw bersabda: "Wahai sekalian manusia, sesungguhnya Allah Maha Baik dan hanya menerima yang baik, sesungguhnya Allah memerintahkan kaum mukminin seperti yang diperintahkan kepada para rasul," Dia berfirman: "Wahai para rasul, Makanlah dari yang baik-baik dan berbuatlah kebaikan, sesungguhnya Aku mengetahui yang kalian lakukan." Dia juga berfirman: "Hai orang-orang yang beriman, makanlah yang baik-baik dari rezeki yang Ku berikan padamu." Lalu beliau menyebutkan tentang orang yang memperlama perjalanannya, rambutnya acak-acakan dan berdebu, ia membentangkan tangannya ke langit sambil berdo'a; "Ya Rabb, ya Rabbi," sementara makanannya haram, minumannya haram, pakaiannya haram dan diliputi dengan yang haram, lalu bagaimana akan dikabulkan do'anya?" (HR. ad-Darimi).*

Hadits tersebut menjelaskan bahwa salah satu kriteria sesuatu dikategorikan halal adalah sesuatu tersebut baik. Mengonsumsi dan menggunakan barang-barang yang baik dan halal adalah penyebab dikabulkannya keinginan-keinginan kita dan diangkatnya amalan-amalan kita, sebab Allah Swt selamanya tidak akan menyatukan yang baik dan yang jelek, walaupun kebanyakan manusia lebih cenderung kepada yang jelek-jelek.

Makanan yang halal adalah makanan yang diperbolehkan karena bermanfaat bagi akal dan badan. Salah satu makanan yang memiliki halal atas kehendak Allah SWT adalah susu. Manfaat mengonsumsi susu dari hewan ternak, salah satunya adalah susu kambing. Susu kambing memiliki kandungan gizi yang lebih unggul, selain itu lemak dan protein pada susu kambing lebih mudah dicerna dan kandungan

vitamin B1 nya lebih tinggi dibandingkan susu sapi (Helmi Effendi et al., 2009). Seperti halnya susu sebagai sumber energi, susu kambing juga mengandung laktosa dan lemak, susu kambing dapat menjadi sumber zat pembangun karena mengandung protein dan mineral serta sebagai bahan-bahan pembantu proses metabolisme seperti mineral dan vitamin. Secara kimiawi susu normal mempunyai susunan kimia sebagai berikut: air 87,20%, lemak 3,70%, protein 3,50%, laktosa 4,90% dan mineral 0,07% (Sumudhita, 1989).

Saat ini, olahan susu sudah berkembang dengan berbagai variasi. Salah satunya susu kambing yang diolah menjadi susu fermentasi, seperti dalam penelitian ini susu kambing diberi bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang merubah laktosa menjadi asam laktat dan timbulnya asam laktat dapat menurunkan pH susu sehingga menyebabkan susu menjadi asam. Susu tersebut diberi paparan medan magnet ELF dengan kerapatan fluks magnet serta waktu paparan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dalam susu kambing. Adapun ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang bakteri yaitu terdapat pada QS. Al-Baqarah ayat 26:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةٌ فَمَا فَوْقَهَا ؕ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ؕ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۖ بُولُغٌ بِهِ كَثِيرٌ وَيُهْدَىٰ بِهِ كَثِيرٌ ؕ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

Artinya: “Sesungguhnya Allah tidak segan membuat perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil daripada itu. Adapun orang-orang yang beriman mengetahui bahwa itu kebenaran dari Tuhannya. Akan tetapi, orang-orang kafir berkata, “Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?” Dengan (perumpamaan) itu banyak orang yang disesatkan-Nya. Dengan itu pula banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Namun, tidak ada yang Dia sesatkan dengan (perumpamaan) itu, selain orang-orang fasik,” [QS. Al-Baqarah:26]

Lafadz *famaa fauqohaa* ('atau yang lebih rendah dari itu') pada ayat diatas maksudnya yaitu sesuatu yang lebih rendah dari nyamuk dalam hal makna dan fisik mengingat nyamuk adalah makhluk kecil yang tidak berarti. Adapun ukuran hewan

yang lebih kecil antara lain yaitu bakteri. Kita sebagai orang Mukmin mengetahui hikmah Allah dalam membuat perumpamaan dengan sesuatu yang kecil maupun besar dari makhluk-Nya, sedangkan orang-orang kafir bertanya-tanya dengan nada sinis tentang alasan Allah membuat perumpamaan berupa makhluk remeh-temeh. Sebagaimana Allah menciptakan bakteri yang berukuran kecil tetapi keberadaannya memiliki manfaat bagi kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. Adapun hikmah dari diciptakannya bakteri ini yaitu agar kita senantiasa mengagumi kekuasaan Allah SWT yang sangat luar biasa, mensyukuri atas segala nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT serta dapat mempelajari dan menambah ilmu pengetahuan kita mengenai morfologi maupun struktur sel bakteri.

BAB V

PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, kadar asam laktat, pH dan organoleptik susu kambing, hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Medan magnet ELF dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada susu kambing. Pertumbuhan bakteri bergantung pada kerapatan fluks magnet dan lama pemaparan yang diberikan sehingga diperoleh hasil pertumbuhan bakteri yang paling optimal pada pemaparan 0,2 mT selama 5 menit.
2. Medan magnet ELF dapat mempengaruhi kadar asam laktat pada susu kambing. Kadar asam laktat yang paling optimal terdapat pada perlakuan 0,2 mT selama 5 menit. Hal ini sesuai dengan pertumbuhan bakteri yang dapat mempengaruhi kandungan asam laktat. Semakin tinggi jumlah bakteri maka semakin tinggi kandungan asam laktat yang dihasilkan.
3. Medan magnet dapat mempengaruhi pH pada susu kambing. Nilai pH paling optimal pada perlakuan 0,2 mT selama 5 menit. Semakin tinggi jumlah bakteri maka semakin tinggi kandungan asam laktat dan semakin rendah pH yang dihasilkan.
4. Medan magnet ELF dapat mempengaruhi kualitas organoleptik pada susu kambing dengan menghasilkan warna, rasa dan aroma susu kambing yang berbeda tergantung pada lama paparan yang diberikan. Hasil dari skor

kesukaan panelis menunjukkan nilai tertinggi pada perlakuan 0,2 mT selama 5 menit.

4.2.Saran

Berdasarkan kesimpulan yang sudah dinyatakan maka diberikan saran-saran untuk dilakukan perbaikan di masa mendatang, yaitu:

1. Pada saat penelitian, diupayakan untuk mensterilisasikan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan terlebih dahulu agar tidak terjadi kontaminasi.
2. Diperlukan paparan medan magnet ELF lebih lama agar dapat memberikan pengaruh yang signifikan pada sampel yang diuji.
3. Untuk selanjutnya diharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat memperpanjang umur simpan susu fermentasi akibat paparan medan magnet ELF.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani. (2010). Effect of Lactic Acid Bacteria Starter Use of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus fermentum* terhadap Total Bacteria Lactic acid, acid content and pH value of curd Milk Cow. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan Mei*, XIII(6), 279–285.
- Airlangga, F. D. (2015). Analisis Dampak Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Intensitas 500 mT Terhadap Jumlah Limfosit Mencit Balb-C sebagai Karya Ilmiah Populer. *Skripsi*.
- Albert, et al. (2004). *Essential Cell Biology (2nd Edition)*. Garland Science, Taylor & Francis Group.
- Alberts, A., B., Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. R. dan P. W. (2002). *Biologi Molekuler Sel*. PT. Gramedia Pustaka.
- Aliaga, I.L., M.J.M. Alferes., M.Barrionuevo., T. Nestares., M. R. S. S. and, & Campos, M. S. (2003). Study of Nutritive Utilization of Protein and Magnesium in Rats With Resection FF The Distal Small Intestine. *J. Dairy Science, Beneficial Effect of Goat Milk*, 86: 2968-2966.
- Andrianieny, R. I. A., Yuniwati, D., & Rahayu, Y. S. R. I. (2015). Pemanfaatan Limbah Susu Cair Dan Daun Paitan (*Tithonia Diversifolia*) Menjadi Pupuk Organik cair Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kailan. *Primodia*, 11(2), 1–17.
- Astutik, N. M., & Sudarti, S. (2021). Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) 500 μ T Terhadap pH, Massa Jenis, dan Kualitas Fisik Tahu Sutera. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v2i2.5687>
- Bachrudin, Z., A. dan Y. S. D. (2000). Isolasi dan Seleksi Mikroba Penghasil Laktat dan Aplikasinya pada Fermentasi Industri Limbah Tahu. *Mikrobiologi Enzim dan Bioteknologi*.
- Balia, R. L., Chairunnisa, H., Rachmawan, O., & Wulandari, E. (2011). Derajat Keasaman dan Karakteristik Organoleptik Produk Fermentasi Susu Kambing dengan Penambahan Sari Kurmayang Diinokulasikan Berbagai Kombinasi Starter Bakteri Asam Laktat. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 11(1), 49–52. <http://jurnal.unpad.ac.id/jurnalilmuternak/article/view/411>
- Cholissodin, I., Sutrisno, S., Soebroto, A. A., Hanum, L., & Caesar, C. A. (2017). Optimasi Kandungan Gizi Susu Kambing Peranakan Etawa (PE) Menggunakan ELM-PSO Di UPT Pembibitan Ternak Dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(1), 31. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201741223>
- Dr. ChristJan Gerthsen, Dr. R.O. Kneser, D. H. V. (1996). *Listrik Magnet dan*

Optik. Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa. <https://core.ac.uk/download/pdf/227146408.pdf>

- 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*. 27.
- Ferawati., S. Melia. E. Purwanti., I. Zulkarnain., H. P. (2019). Kualitas mikrobiologis susu kambing fermentasi menggunakan starter. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 3(1), 1–6.
- Fried, G. H., dan Hademenos, G. J. (2006). *Biologi Edisi Kedua*. Erlangga.
- Gaafar, E. A., Hanafy, M. S., Tohamy, E. Y., & Ibrahim, M. H. (2006). Stimulation and control of E. coli by usingv an extremely low frequency magnetic field. *Romanian J. Biophys.*, Bucharest, 16(4)(4), 283296.
- Gayatri, I. A. P. I., Rupiasih, N. N., & Sumadiyasa, M. (2019). The Design of a Homogeneous Magnetic Field Generator for Applications in Membrane Making. *Buletin Fisika*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.24843/bf.2019.20.i01.p01>
- Goodman, B. M. (2002). Insights into electroagnetic interaction mechanism. *Journal of Cellular Physiology*, 192(1):19-.
- Goodman, S. R. (1988). *Medical Cell Biology*. Philadelphia.
- Grubner, S. J. (2011). Peningkatan Proliferasi Kultur sel Punca Masenkim Asal Darah Tepi melalui Pemaparan Medan Magnet Disk Permanen 200 mT Selama Dua dan Empat Jam per Hari. In *Tesis*. UI.
- Hademenos, G. J. (1999). *Schaum's Outline Biologi Edisi Kedua* (2nd ed.). Erlangga.
- Helmi Effendi, M., Hartini, S., & Lusiastuti, dan A. (2009). Peningkatan Kualitas Yoghurt Dari Susu Kambing Dengan Penambahan Bubuk Susu Skim Dan Pengaturan Suhu Pemeraman Increasing Yoghurt Quality From Goats Milk By Adding Skim Milk Powder and Managing Incubation Temperature. *J. Penelit. Med. Eksakta*, 8(3), 185–192.
- Ishaq, M. (2007). *Fisika Dasar Elektivitas dan Magnetisme*. Graha Ilmu.
- Kanza, N. R. F., Sudarti, S., & Maryani, M. (2020). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) Terhadap pH Dan Daya Hantar Listrik Pada Proses Fermentasi Basah Kopi Liberika (Coffea Liberica) Dengan Penambahan A-Amilase. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 315. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i2.3294>
- Khotimah, K., & Kusnadi, J. (2014). Antibacterial Activity of Probiotic Date Fruit (Phoenix dactilyfera L.) Beverages Using Lactobacillus plantarum and Lactobacillus casei. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(3), 110–120.

- Kristinawati, A. (2015). Pengaruh Penambahan Lama Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis Cream Cheese. In *Skripsi*.
- Muchtarrudin, M. (1998). *Dampak Medan Magnet Elektromagnetik terhadap Kesehatan* (Vol. 48). Majalah Indonesia.
- Muharromah, N. N. A., Sudarti, & Subiki. (2018). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Sifat Organoleptik dan pH Susu Sapi Segar. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018, 28 November 2018*, 3(2), 13–18.
- Othman, M., Ariff, A. B., Rios-Solis, L., & Halim, M. (2017). Extractive fermentation of lactic acid in lactic acid bacteria cultivation: A review. *Frontiers in Microbiology*, 8(NOV), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02285>
- Pazur, A. dan R. (2009). Transient effect of weak electromagnetic fields on calcium ion concentration arabidopsis thaliana. *BMC Plant Biology*, 9(1):47-55.
- Poli, P. S. (2009). *Komunikasi Sel dalam Biologi Molekular*. Kedokteran EGC.
- Purnavita, S., Sriyana, H., & Hartini, S. (2014). Rekayasa Proses Produksi Asam Laktat Dari Limbah Ampas Pati Aren Sebagai Bahan Baku Poli Asam Laktat. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 10(1), 114929.
- Rahayu, E. S., Jawab, P., Mutmainah, N., Oliver, A. N., Aziezah, E. A., Jessica, M., Lie, K. K., Tandela, I. F., Tanya, J., H, C. R. O., Yudhanti, G. T., Celestine, A., A, B. K. F., Kennedy, M. F., W, O. C. E. D., Khoirunnisa, I., & Chandra, M. (2020). Strain Improvement. *Citric Acid Biotechnology*, 65–78. <https://doi.org/10.1201/9781482272826-6>
- Ratnasari, I., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2021). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Derajat Keasaman (pH) Susu Sapi Segar. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(2), 276. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i2.2478>
- Ridawati, S., Sudarti, & Yushardi. (2017). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap pH Susu Fermentasi. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2017, 24 SEPTEMBER 2017*, 2(September), 1–5.
- Soekarto, S. T. (1990). Dasar-dasar pengawasan dan standarisasi mutu pangan. In *Bogor: PAU Pangan dan Gizi, IPB*. Institut Pertanian Bogor Press.
- Strašák, L., Vetterl, V., & Fojt, L. (2005). Effects of 50 Hz magnetic fields on the viability of different bacterial strains. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 24(3), 293–300. <https://doi.org/10.1080/15368370500379715>
- Sudarti. (2016). Utilization of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field is as Alternative Sterilization of Salmonella Typhimurium In Gado-Gado.

Agriculture and Agricultural Science Procedia, 9, 317–322.
<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.140>

Sumardi, S., Agustrina, R., Irawan, B., & Selfiana, I. (2018). Pengaruh Paparan Medan Magnet 0,2 mT pada Ion Logam Fe dan Zn dalam media pertumbuhan terhadap produksi Protease *Bacillus* sp. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 173. <https://doi.org/10.14710/jil.16.2.173-177>

Supardi, I. dan S. (2005). *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Erlangga.

Susanto, D. dan N. S. B. (2005). *Susu Kambing*. Penebar Swadaya.

Sutrisno dan Gie, T. I. (1979). *Fisika Dasar : Listrik Magnet dan Termofisika*. ITB.

Thai Agricultural Standar. (2008). Raw Goat Milk. *In The Royal Gazette*, 1–15.

Thew, R., Calarco, T., Roorda, P. D., Ca, O., Jones, K. P., Ca, K., Friesen, P., *Metrologia*, 53(5), 1–116.
http://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=en&SID=5BQIj3a2MLaWUV4OizE%0Ahttp://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_

Tipler, P. A. (2001). *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. Erlangga.

Tirono, M. (2022). *Magnetic Fields To Accelerate the Growth of Lactobacillus Acidophilus L . Bacteria*.

Wijayanto. (2008). *Elektromagnetika*. Graha Ilmu.

Yousef, A. E. dan C. C. (2003). *Food Microbiology (A Laboratory Manual)*. Ohio State University.

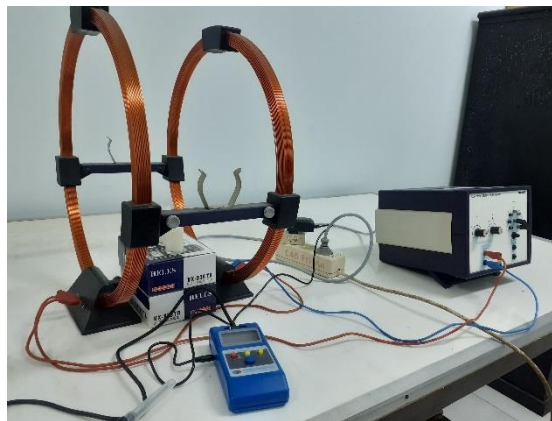
Zulaekah, S., & Kusumawati, Y. (2005). Halal dan Haram Makanan dalam Islam [Halal and Haram Food in Islam]. *Suhuf*, XVII, 25–35.

LAMPIRAN

Lampiran 1
Gambar Penelitian



Sterilisasi alat dan bahan



Proses pemaparan medan magnet ELF



Sampel saat di inkubasi



Proses suspensi sampel



Proses perhitungan bakteri



Proses titrasi asam laktat

Lampiran 2

Data Hasil Penelitian

a) Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri (CFU/ml)		
Medan Magnet (mT)	Waktu (menit)	1	2	3
Kontrol		192.10 ⁷	212.10 ⁷	212.10 ⁷
0,2	2,5	44.10 ⁷	232.10 ⁷	397.10 ⁷
	5	304.10 ⁷	512.10 ⁷	333.10 ⁷
	7,5	560.10 ⁷	167.10 ⁷	332.10 ⁷
	10	308.10 ⁷	336.10 ⁷	173.10 ⁷
	12,5	212.10 ⁷	195.10 ⁷	89.10 ⁷
0,3	2,5	189.10 ⁷	223.10 ⁷	252.10 ⁷
	5	177.10 ⁷	384.10 ⁷	120.10 ⁷
	7,5	184.10 ⁷	248.10 ⁷	277.10 ⁷
	10	245.10 ⁷	216.10 ⁷	192.10 ⁷
	12,5	97.10 ⁷	301.10 ⁷	60.10 ⁷
0,4	2,5	288.10 ⁷	120.10 ⁷	136.10 ⁷
	5	172.10 ⁷	297.10 ⁷	183.10 ⁷
	7,5	76.10 ⁷	248.10 ⁷	140.10 ⁷
	10	144.10 ⁷	156.10 ⁷	221.10 ⁷
	12,5	150.10 ⁷	167.10 ⁷	120.10 ⁷
0,5	2,5	252.10 ⁷	20.10 ⁷	224.10 ⁷
	5	76.10 ⁷	264.10 ⁷	256.10 ⁷
	7,5	32.10 ⁷	160.10 ⁷	176.10 ⁷
	10	152.10 ⁷	201.10 ⁷	20.10 ⁷
	12,5	120.10 ⁷	111.10 ⁷	92.10 ⁷

$$\sum \text{Total bakteri} = \sum \text{bakteri} \times \frac{1}{FP}$$

1. Kontrol

- $192 \times \frac{1}{10^{-7}} = 192 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $212 \times \frac{1}{10^{-7}} = 212 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $212 \times \frac{1}{10^{-7}} = 212 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

2. B = 0,2 mT

a. 2,5 menit

- $44 \times \frac{1}{10^{-7}} = 44 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $232 \times \frac{1}{10^{-7}} = 232 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- $397 \times \frac{1}{10^{-7}} = 397 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

b. 5 menit

- $304 \times \frac{1}{10^{-7}} = 304 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $512 \times \frac{1}{10^{-7}} = 512 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $333 \times \frac{1}{10^{-7}} = 333 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- c. 7,5 menit
- $560 \times \frac{1}{10^{-7}} = 560 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $167 \times \frac{1}{10^{-7}} = 167 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $332 \times \frac{1}{10^{-7}} = 332 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- d. 10 menit
- $308 \times \frac{1}{10^{-7}} = 308 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $336 \times \frac{1}{10^{-7}} = 336 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $173 \times \frac{1}{10^{-7}} = 173 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- e. 12,5 menit
- $212 \times \frac{1}{10^{-7}} = 212 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $195 \times \frac{1}{10^{-7}} = 195 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $89 \times \frac{1}{10^{-7}} = 89 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
3. $B = 0,3 \text{ mT}$
- a. 2,5 menit
- $189 \times \frac{1}{10^{-7}} = 189 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $223 \times \frac{1}{10^{-7}} = 223 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $252 \times \frac{1}{10^{-7}} = 252 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- b. 5 menit
- $177 \times \frac{1}{10^{-7}} = 177 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $399 \times \frac{1}{10^{-7}} = 399 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $157 \times \frac{1}{10^{-7}} = 157 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- c. 7,5 menit
- $184 \times \frac{1}{10^{-7}} = 184 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $248 \times \frac{1}{10^{-7}} = 248 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $277 \times \frac{1}{10^{-7}} = 277 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- d. 10 menit
- $245 \times \frac{1}{10^{-7}} = 245 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $216 \times \frac{1}{10^{-7}} = 216 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $192 \times \frac{1}{10^{-7}} = 192 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- e. 12,5 menit
- $97 \times \frac{1}{10^{-7}} = 97 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $301 \times \frac{1}{10^{-7}} = 301 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $60 \times \frac{1}{10^{-7}} = 60 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

4. $B = 0,4 \text{ mT}$
- a. 2,5 menit
- $288 \times \frac{1}{10^{-7}} = 288 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $120 \times \frac{1}{10^{-7}} = 120 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $136 \times \frac{1}{10^{-7}} = 136 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- b. 5 menit
- $172 \times \frac{1}{10^{-7}} = 172 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $297 \times \frac{1}{10^{-7}} = 297 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $183 \times \frac{1}{10^{-7}} = 183 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- c. 7,5 menit
- $76 \times \frac{1}{10^{-7}} = 76 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $248 \times \frac{1}{10^{-7}} = 248 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $140 \times \frac{1}{10^{-7}} = 140 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- d. 10 menit
- $144 \times \frac{1}{10^{-7}} = 144 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $156 \times \frac{1}{10^{-7}} = 156 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $221 \times \frac{1}{10^{-7}} = 221 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- e. 12,5 menit
- $150 \times \frac{1}{10^{-7}} = 150 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $167 \times \frac{1}{10^{-7}} = 167 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $120 \times \frac{1}{10^{-7}} = 120 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
5. $B = 0,5 \text{ mT}$
- a. 2,5 menit
- $252 \times \frac{1}{10^{-7}} = 252 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $20 \times \frac{1}{10^{-7}} = 20 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $224 \times \frac{1}{10^{-7}} = 224 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- b. 5 menit
- $76 \times \frac{1}{10^{-7}} = 76 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $264 \times \frac{1}{10^{-7}} = 264 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $256 \times \frac{1}{10^{-7}} = 256 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- c. 7,5 menit
- $32 \times \frac{1}{10^{-7}} = 32 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $160 \times \frac{1}{10^{-7}} = 160 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $176 \times \frac{1}{10^{-7}} = 176 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- d. 10 menit
- $152 \times \frac{1}{10^{-7}} = 152 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

- $201 \times \frac{1}{10^{-7}} = 201 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $20 \times \frac{1}{10^{-7}} = 20 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
- e. 12,5 menit
- $120 \times \frac{1}{10^{-7}} = 120 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $111 \times \frac{1}{10^{-7}} = 111 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$
 - $92 \times \frac{1}{10^{-7}} = 92 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$

b) Perhitungan Kadar Asam Laktat

Perlakuan		Kadar Asam Laktat (%)		
Medan Magnet (mT)	Waktu (menit)	1	2	3
Kontrol		0,0637	0,0556	0,0567
0,2	2,5	0,072	0,0738	0,0702
	5	0,0855	0,0693	0,0945
	7,5	0,0855	0,0927	0,01248
	10	0,0846	0,0693	0,0684
	12,5	0,0738	0,0657	0,0594
0,3	2,5	0,063	0,0765	0,0495
	5	0,0873	0,0828	0,0495
	7,5	0,0657	0,0774	0,0567
	10	0,0792	0,0675	0,0522
	12,5	0,0657	0,0657	0,0612
0,4	2,5	0,063	0,054	0,054
	5	0,0738	0,0621	0,0792
	7,5	0,0675	0,0495	0,0693
	10	0,0648	0,0675	0,0495
	12,5	0,0459	0,063	0,0648
0,5	2,5	0,0432	0,0657	0,0425
	5	0,0639	0,0666	0,0495
	7,5	0,0711	0,0486	0,0531
	10	0,063	0,0558	0,0531
	12,5	0,0558	0,0414	0,0576

$$\text{Kadar asam laktat\%} = \frac{V \times N \times B \times fp \times 100\%}{\text{Volume sampel} \times 1000}$$

1. B = 0,2 mT

a. 2,5 menit

- $\frac{4,8 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0432\%$
- $\frac{7,3 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0657\%$
- $\frac{4,72 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0424\%$

- b. 5 menit
- $\frac{7,1 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0639\%$
 - $\frac{7,4 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0666\%$
 - $\frac{5,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0495\%$
- c. 7,5 menit
- $\frac{7,9 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0711\%$
 - $\frac{5,4 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0486\%$
 - $\frac{5,9 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0531\%$
- d. 10 menit
- $\frac{7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,063\%$
 - $\frac{6,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0558\%$
 - $\frac{5,9 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0531\%$
- e. 12,5 menit
- $\frac{6,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0558\%$
 - $\frac{4,6 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0414\%$
 - $\frac{6,4 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0576\%$
2. B = 0,3 mT
- a. 2,5 menit
- $\frac{7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,063\%$
 - $\frac{8,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0765\%$
 - $\frac{5,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0495\%$
- b. 5 menit
- $\frac{8,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0738\%$
 - $\frac{6,9 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0621\%$
 - $\frac{8,8 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0792\%$
- c. 7,5 menit
- $\frac{7,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0648\%$
 - $\frac{7,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0675\%$
 - $\frac{5,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0495\%$
- d. 10 menit
- $\frac{7,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0675\%$
 - $\frac{5,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0495\%$
 - $\frac{7,7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0693\%$
- e. 12,5 menit
- $\frac{5,1 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0459\%$

$$- \frac{7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,063\%$$

$$- \frac{7,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0648\%$$

3. $B = 0,4 \text{ mT}$

a. 2,5 menit

$$- \frac{7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,063\%$$

$$- \frac{6 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,054\%$$

$$- \frac{6 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,054\%$$

b. 5 menit

$$- \frac{9,7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0873\%$$

$$- \frac{9,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0828\%$$

$$- \frac{5,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0495\%$$

c. 7,5 menit

$$- \frac{8,8 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0675\%$$

$$- \frac{7,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0774\%$$

$$- \frac{5,8 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0567\%$$

d. 10 menit

$$- \frac{7,3 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0795\%$$

$$- \frac{8,6 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0675\%$$

$$- \frac{6,3 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0522\%$$

e. 12,5 menit

$$- \frac{7,3 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0657\%$$

$$- \frac{7,3 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0657\%$$

$$- \frac{6,8 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0612\%$$

4. $B = 0,5 \text{ mT}$

a. 2,5 menit

$$- \frac{8 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,072\%$$

$$- \frac{8,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0738\%$$

$$- \frac{7,8 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0702\%$$

b. 5 menit

$$- \frac{9,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0855\%$$

$$- \frac{7,7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0693\%$$

$$- \frac{10,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0945\%$$

c. 7,5 menit

$$- \frac{9,5 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0855\%$$

$$- \frac{10,3 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0927\%$$

$$\begin{aligned} & - \frac{7,6 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0684\% \\ \text{d. } & 10 \text{ menit} \\ & - \frac{9,4 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0846\% \\ & - \frac{7,7 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0693\% \\ & - \frac{7,6 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0684\% \\ \text{e. } & 12,5 \text{ menit} \\ & - \frac{8,2 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0738\% \\ & - \frac{7,3 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0657\% \\ & - \frac{6,6 \times 0,1 \times 90 \times 10 \times 100\%}{10 \times 1000} = 0,0594\% \end{aligned}$$

c) Tabel Hasil Uji Organoleptik Rasa

Perlakuan		Rasa											
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama paparan (menit)	Lenny	Winda	Isna	Aza	Afida	Laila	Gita	Bella	Lidya	Rita	Zuyyin	Dila
Kontrol		3	2	4	3	2	3	4	3	3	2	4	3
0,2	2,5	3	2	4	3	2	3	4	3	3	2	4	3
	5	4	5	5	6	3	5	4	6	4	6	4	4
	7,5	5	4	3	2	3	4	2	5	3	4	3	3
	10	3	4	2	3	4	3	2	4	3	3	4	3
	12,5	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3
0,3	2,5	3	2	3	2	4	4	2	3	2	4	3	3
	5	3	3	4	2	4	2	2	2	3	3	4	3
	7,5	2	3	4	2	3	4	2	3	3	4	3	3
	10	3	2	5	2	3	3	2	3	3	3	3	4
	12,5	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3
0,4	2,5	3	4	3	1	4	4	1	3	1	4	3	4
	5	3	3	3	2	4	3	2	3	3	3	4	3
	7,5	4	3	4	3	4	4	3	3	3	4	5	4
	10	3	2	5	2	3	3	2	3	3	3	4	4
	12,5	3	4	3	2	3	3	2	3	4	3	5	3
0,5	2,5	4	6	5	1	5	4	1	3	2	5	3	4
	5	3	4	3	2	4	3	2	3	2	3	5	2
	7,5	3	2	3	2	4	3	2	3	2	3	4	5
	10	4	3	4	3	4	5	3	3	3	4	5	5
	12,5	1	2	2	1	3	2	1	2	1	3	3	3

1-3 = Tidak Suka 4-6 = Suka 7-9 = Sangat Suka

d) Tabel Hasil Uji Organoleptik Aroma

Perlakuan		Aroma											
Kerapatan fluks magnet (mT)	Lama paparan (menit)	Lenny	Winda	Isna	Aza	Afida	Laila	Gita	Bella	Lidya	Rita	Zuyyin	Dila
Kontrol		3	2	4	3	2	3	4	3	3	2	4	3
0,2	2,5	3	4	4	2	3	3	2	4	3	2	4	3
	5	5	6	6	4	6	4	3	6	4	6	5	6
	7,5	5	3	3	2	3	4	2	3	3	4	3	3
	10	3	5	2	3	4	3	2	5	3	3	4	6
	12,5	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	4	4
0,3	2,5	2	3	3	2	4	3	2	4	2	4	3	3
	5	4	4	3	2	4	3	2	2	3	3	3	2
	7,5	4	2	3	2	3	4	2	3	4	3	3	3
	10	3	2	4	2	3	3	2	4	3	3	3	4
	12,5	4	5	3	2	4	3	2	4	4	3	4	5
0,4	2,5	3	4	4	1	3	4	1	3	2	3	3	4
	5	3	4	3	2	4	3	2	3	2	3	4	3
	7,5	3	4	4	2	4	4	3	4	4	4	4	4
	10	3	3	4	2	3	3	2	3	3	3	4	4
	12,5	4	4	4	2	3	3	2	3	4	3	3	3
0,5	2,5	4	5	5	1	5	5	1	3	2	5	3	4
	5	3	4	3	2	4	3	2	3	2	3	5	2
	7,5	3	2	4	1	4	3	1	4	1	3	4	4
	10	4	3	4	3	4	5	3	3	3	4	5	5
	12,5	1	2	2	1	3	2	1	2	1	3	3	3

1-3 = Tidak Suka 4-6 = Suka 7-9 = Sangat Suka

Lampiran 3

Hasil Analisis Uji Faktorial

a) Koloni bakteri

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Data					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2768005.00 ^a	20	138400.250	13.876	.000
Medan_magnet	154828.583	3	51609.528	5.174	.004
Lama_Pemaparan	86539.667	4	21634.917	2.169	.090
Medan_magnet * Lama_Pemaparan	52066.333	12	4338.861	.435	.939
Error	398964.000	40	9974.100		
Total	3166969.000	60			

a. R Squared = .874 (Adjusted R Squared = .811)

b) Kadar asam laktat

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Data					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	.257 ^a	20	.013	110.286	.000
Medan_Magnet	.003	3	.001	9.097	.000
Lama_Pemaparan	.001	4	.000	2.401	.066
Medan_Magnet * Lama_Pemaparan	.000	12	1.796E-5	.154	.999
Error	.005	40	.000		
Total	.261	60			

a. R Squared = .982 (Adjusted R Squared = .973)

c) pH

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Data					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1399.000 ^a	20	69.950	49.964	.000
Medan_Magnet	49.117	3	16.372	11.694	.000
Lama_Pemaparan	13.100	4	3.275	2.339	.072
Medan_Magnet * Lama_Pemaparan	1.967	12	.164	.117	1.000
Error	56.000	40	1.400		
Total	1455.000	60			

a. R Squared = .962 (Adjusted R Squared = .942)

Lampiran 4

Hasil Uji Lanjutan DMRT

a) Koloni bakteri

Data

Tukey HSD^{a,b}

Medan_magnet	N	Subset	
		1	2
4	15	143.73	
3	15	176.93	
2	15	242.20	242.20
1	15		313.53
Sig.		.071	.274

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 11369,550.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

b) Kadar asam laktat

Data

Tukey HSD^{a,b}

Medan_Magnet	N	Subset		
		1	2	3
4	15	.055273		
3	15	.062100	.062100	
2	15		.066660	.066660
1	15			.075300
Sig.		.321	.657	.143

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

c) pH

Data

Tukey HSD^{a,b}

Medan_Magnet	N	Subset	
		1	2
1	15	3.80	
2	15	3.93	
3	15		5.13
4	15		6.00
Sig.		.990	.203

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,400.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15,000.

b. Alpha = 0,05.

Lampiran 5

Hasil Uji *Kruskal Wallis*

a) Organoleptik Rasa

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Rasa	60	3.73	.880	1	6
Perlakuan	60	3.00	1.426	1	5

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	Perlakuan	N	Mean Rank
Rasa	F1_2.5	12	29.63
	F2_5	12	49.54
	F3_7.5	12	30.63
	F4_10	12	32.21
	F5_12.5	12	10.50
Total		60	

Test Statistics^{a,b}

	Rasa
Chi-Square	35.470
df	4
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Perlakuan

b) Organoleptik Aroma

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Aroma	60	3.73	.861	1	6
Perlakuan	60	3.00	1.426	1	5

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	Perlakuan	N	Mean Rank
Aroma	F1_2.5	12	29.54
	F2_5	12	49.83
	F3_7.5	12	32.50
	F4_10	12	30.50
	F5_12.5	12	10.13
Total		60	

Test Statistics^{a,b}

	Aroma
Chi-Square	37.728
df	4
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
Perlakuan