



APLIKASI PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF)* TERHADAP ORGANOLEPTIK DAN KADAR AIR TAPE SINGKONG

SKRIPSI

Oleh:

**Isnaini Kurnia Sari
NIM 150210102072**

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



APLIKASI PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF)* TERHADAP ORGANOLEPTIK DAN KADAR AIR TAPE SINGKONG

SKRIPSI

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

Oleh:

Isnaini Kurnia Sari
NIM 150210102072

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Almarhum Ayahanda Mistam, Ibunda Munawaroh, Ayahanda Sukanto, Ibunda Musyarofah, kakak, adik serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan motivasi dan do'a dalam setiap perjuanganku serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak sampai Perguruan Tinggi yang selalu memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

MOTTO

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.
(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-8)*)*



*) Departemen agaman Republik Indonesia. 2008. *Al-Qur'an dan terjemahnya*. Bandung: PT CV Penerbit Diponegoro

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Isnaini Kurnia Sari

NIM : 150210102072

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Aplikasi Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Organoleptik dan Kadar Air Tape Singkong” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 12 Februari 2019

Yang menyatakan,

Isnaini Kurnia Sari

NIM 150210102072

SKRIPSI

**APLIKASI PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW*
FREQUENCY (ELF) TERHADAP ORGANOLEPTIK DAN
KADAR AIR TAPE SINGKONG**

Oleh:

Isnaini Kurnia Sari

NIM 150210102072

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Sri Handono Budi P., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Aplikasi Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Organoleptik dan Kadar Air Tape Singkong” karya Isnaini Kurnia Sari telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua

Sekretaris

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

Drs. Sri Handono B.P., M.Si
NIP. 19580318 198503 1 004

Anggota I

Anggota II

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP. 19620401 198702 1 001

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc
NIP. 19680710 199302 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D
NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Aplikasi Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Organoleptik dan Kadar Air Tape Singkong; Isnaini Kurnia Sari; 150210102072; 2019; 77 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, jumlah penggunaan peralatan elektronik (listrik) dalam kehidupan sehari-hari juga terus meningkat, akibatnya kebutuhan energi listrik pun semakin besar. Secara tidak langsung hal tersebut berdampak pada peningkatan intensitas radiasi berbagai frekuensi gelombang elektromagnetik di lingkungan, salah satunya *Extremely Low Frequency* (ELF) yang banyak dihasilkan dari penggunaan arus bolak-balik (AC) pada peralatan listrik dalam kehidupan sehari-hari dengan frekuensi gelombang 0-300 Hz. Oleh karena itu, mulai muncul berbagai penelitian yang mengkaji efek paparan medan magnet ELF terhadap manusia, hewan, tumbuhan. Bahkan, peneliti juga mulai mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap peningkatan teknologi pengawetan dan pengolahan makanan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pengolahan makanan melalui proses fermentasi.

Salah satu produk hasil fermentasi yang digemari oleh masyarakat yaitu tape singkong. Kualitas tape singkong dapat diamati dari kenampakan organoleptiknya seperti rasa, tekstur, dan aroma. Kondisi organoleptik tersebut sangat dipengaruhi oleh pH dan kadar air dari tape tersebut. Semakin lama tape disimpan massanya akan semakin berkurang dan hal tersebut meningkatkan kadar air dalam bahan sehingga tekstur tape mengalami perubahan. Kadar air yang tinggi menyebabkan terjadinya perubahan struktur material dan bentuk dari bahan. Selain itu juga mengakibatkan kondisi pH yang terus menurun sehingga mikroorganisme pembentuk asam dan alkohol akan tumbuh lebih optimal dibandingkan mikroorganisme penghasil glukosa, sehingga kualitas organoleptik tape akan terus menurun. Dengan adanya teknologi penghasil medan magnet ELF komposisi antara mikroorganisme penghasil glukosa, alkohol, dan asam asetat dapat seimbang, sehingga kualitas organoleptik tape singkong yang baik dapat

terjaga lebih lama beberapa hari dibandingkan umur simpan tape pada umumnya, karena medan magnet ELF memindahkan energi dari medan magnet ke ion-ion Ca^{2+} dalam sel sehingga kandungan Ca^{2+} meningkat dan metabolisme sel dapat berjalan optimal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan: (1) mengkaji pengaruh aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap organoleptik rasa, aroma, dan tekstur tape singkong, (2) mengkaji pengaruh aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap nilai kadar air tape singkong. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized subjects post test only control group design*, yang terdiri dari kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen terbagi menjadi dua bagian, yaitu 300 μT dan 500 μT yang masing-masing dipapar selama 30 menit dan 45 menit. Dari hasil penelitian diketahui bahwa nilai kadar air tape singkong mengalami perubahan seiring dengan berubahnya suhu penyimpanan dan tingkat keasamaan bahan, serta seiring dengan berjalannya lama waktu penyimpanan. Semakin besar intensitas dan lama paparan medan magnet ELF yang diberikan pada tape singkong maka suhu penyimpanan akan semakin meningkat akibat gesekan antar molekul air dalam bahan, sehingga kadar air yang dihasilkan juga semakin besar. Sedangkan hasil uji organoleptiknya menunjukkan bahwa sampai penyimpanan jam ke-120 setelah peragian, kualitas organoleptik yang masih bisa diterima atau disukai oleh panelis terdapat pada kelompok eksperimen II dengan intensitas paparan 500 μT selama 30'. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan diberi perlakuan tersebut komposisi mikroorganisme kapang, khamir, dan *Acetobacter* mengalami tumpang tindih yang tidak begitu signifikan satu sama lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar intensitas dan lama paparan medan magnet ELF yang diberikan pada tape singkong maka akan mempercepat penurunan kualitas organoleptiknya.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Organoleptik dan Kadar Air Tape Singkong”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

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

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes, selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember yang telah meluangkan waktu demi kelancaran penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa
4. Dr. Sudarti, M.Kes selaku Dosen Pembimbing utama, dan Drs. Sri Handono Budi P., M.Si, selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Semua dosen FKIP Pendidikan Fisika, atas semua ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Pendidikan Fisika;
6. Pimpinan rumah produksi tape singkong “Sumber Madu” Jember yang telah mengizinkan penulis untuk menggunakan tape singkong olahannya sebagai bahan utama dalam penelitian ini;
7. Almarhum Ayahanda Mistam, Ibunda Munawaroh, Ayahanda Sukamto, Ibunda Musyarofah, kakak, dan adik serta seluruh keluarga besar yang selalu

memberikan do'a dan motivasi dalam setiap perjuangan penulis serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gelombang Elektromagnetik (GEM).....	7
2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik (GEM).....	7
2.1.2 Komponen Gelombang Elektromagnetik	9
2.1.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	10
2.1.4 Persamaan Maxwell tentang GEM	11
2.2 Gelombang Elektromagnetik ELF	17
2.2.1 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF	17
2.2.2 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF.....	17
2.2.3 Nilai Ambang Batas Paparan.....	19
2.3 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan	20

2.4	Interaksi Medan Magnet ELF dengan Mikroba pada Fermentasi Tape Singkong	22
2.5	Hubungan antara Medan Magnet Gelombang Elektromagnetik ELF dengan Organoleptik dan Nilai Kadar Air	24
2.5.1	Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Organoleptik Rasa, Tekstur dan Aroma Tape Singkong.....	24
2.5.2	Pengaruh Medan Magnet Gelombang Elektromagnetik ELF terhadap Nilai Kadar Air Tape Singkong.....	26
2.6	Fermentasi Tape Singkong	27
2.6.1	Singkong	27
2.6.2	Tape Singkong	29
2.6.3	Ragi Tape	30
2.6.4	Proses Fermentasi	31
2.7	Kerangka Konsep.....	32
2.8	Hipotesis Penelitian	32
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1	Jenis dan Desain Penelitian.....	34
3.1.1	Jenis Penelitian	34
3.1.2	Desain Penelitian	34
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
3.3	Variabel Penelitian.....	39
3.3.1	Klasifikasi Variabel Penelitian	39
3.3.2	Definisi Operasional Variabel	39
3.4	Alat dan Bahan.....	41
3.4.1	Alat.....	41
3.4.2	Bahan	42
3.5	Prosedur Penelitian	42
3.5.1	Prosedur Pembuatan Tape Singkong	42
3.5.2	Prosedur Pemaparan Gelombang Elektromagnetik ELF ..	43
3.5.3	Prosedur Pengukuran Nilai Kadar Air Tape Singkong.....	44
3.5.4	Prosedur Pengujian Organoleptik Tape Singkong.....	44

3.5.5 Bagan Prosedur Penelitian	45
3.6 Metode Analisa Data.....	47
3.6.1 Tabel hasil Pengukuran.....	47
3.6.2 Teknik Analisa Data	48
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Hasil Penelitian	49
4.1.1 Hasil Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Organoleptik Tekstur, Rasa, dan Aroma	49
4.1.2 Hasil Pengukuran Nilai Kapasitansi dan Nilai Kadar Air .	55
4.2 Pembahasan.....	67
4.2.1 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Organoleptik Tekstur, Rasa, dan Aroma	67
4.2.2 Pembahasan Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Nilai Kadar Air	70
BAB 5. PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

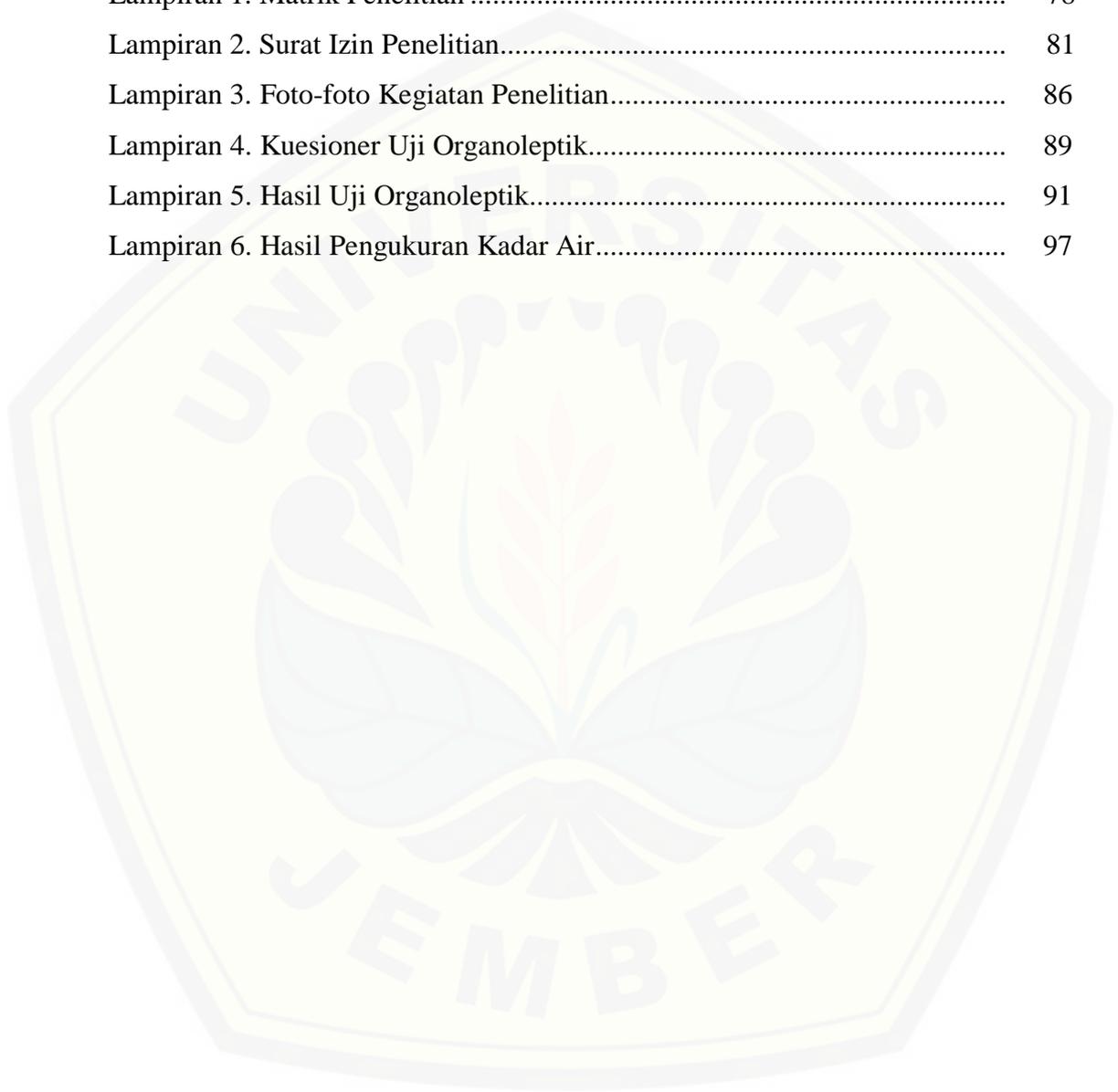
	Halaman
2.1 Karakteristik medan listrik dan medan magnet.....	9
2.2 Intensitas medan magnet dari peralatan rumah tangga berdasarkan jarak.....	18
2.3 Batas paparan medan listrik dan medan magnet 50/60 Hz	20
2.4 Paparan maksimum	20
2.5 Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan medan magnet ELF Dalam bidang pangan.....	21
2.6 Komposisi kandungan kimia dari singkong (per 100 gram)	28
2.7 Kandungan gizi ragi setiap 100 gram.....	30
3.1 Data hasil pengukuran nilai kadar air tape singkong	47
3.2 Data hasil uji organoleptik rasa, tekstur, dan aroma tape singkong.....	47
4.1 Hasil uji normalitas menggunakan <i>Nonparametric test One Sample K-S</i>	57
4.2 Hasil uji <i>One Way Anova</i>	57
4.3 Hasil uji <i>Anova Multiple Comparisons Post Hoc</i>	59
4.4 Hasil regresi linier waktu penyimpanan terhadap nilai kadar air kelompok kontrol	61
4.5 Hasil regresi linier waktu penyimpanan terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen I 30'	62
4.6 Hasil regresi linier waktu penyimpanan terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen I 45'	63
4.7 Hasil regresi linier waktu penyimpanan terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen II 30'	65
4.8 Hasil regresi linier waktu penyimpanan terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen II 45'	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri atas medan magnet (\vec{B}) dan medan listrik (\vec{E})	7
2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik dan Aplikasinya	11
2.3 Koloni <i>Saccaromyces sp</i>	23
2.4 Bakteri <i>Acetobakter sp</i>	23
2.5 Kerangka konseptual	33
3.1 Desain penelitian	35
3.2 Alat sumber paparan medan magnet ELF	42
3.3 Bagan prosedur penelitian	46
4.1 Diagram pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap tekstur tape ...	50
4.2 Diagram pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap rasa	52
4.3 Diagram pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap aroma	54
4.4 Diagram pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap kadar air	56
4.5 Grafik pengaruh waktu terhadap nilai kadar air kelompok kontrol.....	62
4.6 Grafik pengaruh waktu terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen I lama paparan 30'	63
4.7 Grafik pengaruh waktu terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen I lama paparan 45'	64
4.8 Grafik pengaruh waktu terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen II lama paparan 30'	65
4.9 Grafik pengaruh waktu terhadap nilai kadar air kelompok eksperimen II lama paparan 45'	66

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Matrik Penelitian	78
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian.....	81
Lampiran 3. Foto-foto Kegiatan Penelitian.....	86
Lampiran 4. Kuesioner Uji Organoleptik.....	89
Lampiran 5. Hasil Uji Organoleptik.....	91
Lampiran 6. Hasil Pengukuran Kadar Air.....	97



BAB 1. PENDAHULUAN

Bab pendahuluan memuat uraian tentang 1) latar belakang, 2) rumusan masalah, 3) tujuan penelitian, 4) manfaat penelitian yang masing-masing tertuang secara eksplisit dalam subbab tersendiri.

1.1 Latar Belakang

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terbentuk karena adanya medan magnet dan medan listrik di bumi. Secara alamiah, paparan gelombang elektromagnetik dihasilkan oleh radiasi sinar matahari dalam bentuk berbagai macam spektrum gelombang, seperti gelombang radio, gelombang mikro, infra merah, cahaya tampak, sinar ultraviolet, sinar X, dan sinar gamma. Sedangkan secara buatan, paparan gelombang elektromagnetik dihasilkan dari osilasi listrik pada peralatan elektronik rumah tangga ketika sistem kabel sedang dialiri listrik. Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, jumlah penggunaan peralatan elektronik (listrik) dalam kehidupan sehari-hari terus meningkat, akibatnya kebutuhan energi listrik pun semakin besar. Secara tidak langsung hal tersebut berdampak pada peningkatan intensitas paparan berbagai frekuensi gelombang elektromagnetik di lingkungan (Sadidah dkk., 2015).

Radiasi gelombang elektromagnetik memiliki spektrum gelombang yang sangat luas dan frekuensi yang beragam, mulai dari frekuensi sangat tinggi hingga frekuensi sangat rendah atau yang biasa disebut dengan *Extremely Low Frequency* (ELF). Gelombang elektromagnetik ELF banyak dihasilkan dari penggunaan arus bolak-balik (AC) pada peralatan listrik dalam kehidupan sehari-hari, dengan frekuensi gelombang 0-300 Hz dan memiliki karakteristik *non-ionizing radiation*, non-termal, serta tak terhalangi. Pada peralatan listrik yang bersumber dari PLN, pancaran gelombang elektromagnetik ELF yang ditimbulkan memiliki frekuensi rata-rata sebesar 50 Hz (Ma'rufiyanti dkk., 2014). Meningkatnya intensitas paparan gelombang elektromagnetik yang diterima lingkungan tersebut mulai

meresahkan masyarakat. Anggapan bahwa tingginya paparan gelombang elektromagnetik ELF memberikan dampak negatif bagi kesehatan makhluk hidup terutama kesehatan fisik manusia mulai diperbincangkan. Menurut WHO, ambang batas paparan medan magnet yang bisa diterima makhluk hidup sebesar $<0,1$ mT. Sedangkan menurut *International Radiation Protection Association* (IRPA), ambang batas paparan medan magnet yang dapat diterima makhluk hidup sebesar 0.5 mT, atau berada pada frekuensi antara $50 - 60$ Hz. Sejauh ini, pemerintah telah menyatakan bahwa besarnya paparan gelombang elektromagnetik ELF di Indonesia masih berada pada zona aman, yaitu $<0,5$ mT atau dibawah nilai ambang batas yang telah ditetapkan (Sadidah dkk., 2015). Menepis anggapan negatif tersebut, para peneliti mulai melakukan penelitian untuk memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik ELF di berbagai bidang, seperti penggunaan *Magnetic Resonance Imagine* (MRI) dalam bidang kesehatan, mempercepat pertumbuhan tanaman bidang pertanian serta pemanfaatan dalam bidang industri dan pangan.

Beberapa penelitian terkait hal tersebut antara lain milik Sari dkk (2012) yang menyatakan, bahwa medan magnet ELF dapat digunakan dalam proses pasteurisasi buah apel untuk menginaktivasi bakteri pathogen tanpa merusak warna, aroma, dan rasa serta mampu meningkatkan lama waktu simpan buah. Pemanfaatan radiasi gelombang elektromagnetik ELF juga mampu menurunkan nilai kadar air bahan pangan yang ditunjukkan oleh penelitian milik Kristinawati (2015), yang menyatakan bahwa dengan intensitas paparan 100 μ T dan lama paparan 5 menit terjadi penurunan nilai kadar air dan pH keju jenis *cream cheese*. Berdasarkan beberapa penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan gelombang elektromagnetik ELF pada bahan pangan memiliki tujuan utama, yaitu untuk membunuh bakteri pathogen pada makanan sehingga dapat meningkatkan kualitas dari makanan tersebut tanpa merusak struktur alami makanan.

Penelitian pemanfaatan gelombang elektromagnetik ELF pada bidang pangan kini mulai merambah pada pengolahan dan pengawetan makanan berfermentasi, salah satu contohnya yaitu olahan produk tape. Tape merupakan makanan tradisional yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, baik

untuk dijadikan sebagai kudapan di rumah maupun oleh-oleh khas dari suatu daerah. Meskipun begitu, tape yang beredar di pasaran juga masih memiliki kekurangan, diantaranya rasa yang terlalu masam, tekstur yang lengket dan berair, dan bau alkohol yang sangat menyengat. Penurunan kualitas tape dipasaran utamanya disebabkan oleh kurang optimalnya proses fermentasi bahan. Pengoptimalan proses fermentasi yang dimaksud, yaitu dimulai dari pemilihan bahan dasar yang baik, ragi yang digunakan memiliki mutu yang tinggi, menggunakan ragi dengan takaran yang tepat, dan tahapan proses pembuatan tape harus benar serta selalu mengutamakan kesterilan dan kebersihan disetiap prosesnya. Tujuannya untuk menjaga teksur, rasa, aroma, dan nutrisi dari tape agar tetap utuh dan tidak tercemar oleh bakteri lain yang dapat menghambat jalannya proses fermentasi. Selain itu hal penting yang harus diperhatikan yaitu lama proses fermentasi singkong, dimana ketika memasuki hari kelima kadar alkohol hasil fermentasi akan mencapai tingkat maksimal dan jika dikonsumsi akan mengganggu kesehatan konsumen (Hasanah dkk., 2012).

Lama fermentasi tape mempengaruhi besarnya kadar glukosa, kadar alkohol, tekstur, dan citarasa. Waktu terbaik yang dibutuhkan untuk proses fermentasi adalah 1-3 hari, karena pada saat itu proses pemecahan karbohidrat menjadi glukosa dan alkohol pada tape mencapai titik optimal. Rasa manis dihasilkan dari perombakan karbohidrat menjadi bentuk yang lebih sederhana berupa glukosa, sedangkan rasa asam terbentuk karena adanya kandungan asam laktat akibat aktivitas mikroba dan penurunan pH, sehingga semakin lama proses fermentasi yang terjadi maka akan meningkatkan kadar alkohol dan total asam di dalamnya (Fahmi dan Nurrahman, 2011). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Putri (2007) kerusakan atau kadaluarsa pada tape terjadi setelah hari ke-3 pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan memasuki minggu ke-4 pada suhu dingin. Indikator kadaluarsa tape ditandai dengan timbulnya busa pada permukaan tape, aroma asam yang sangat menyengat, dan dihasilkannya cairan tape yang cukup banyak. Aroma asam yang menyengat tersebut disebabkan oleh munculnya bakteri *Acetobacter acetii* yang menguraikan alkohol menjadi asam laktat, sehingga pH akan terus turun hingga mencapai angka < 5 . Pada saat tersebut tekstur tape akan

menjadi sangat lembek dan memiliki kadar air yang cukup tinggi sehingga menyebabkan terjadinya perubahan struktur material dan bentuk dari tape. Menurut Saleh (2013) tinggi rendahnya kadar air pada suatu bahan pangan akan sangat menentukan masa kadaluarsa dari bahan tersebut.

Menurut Asnawi dkk (2013), tape memiliki manfaat yang besar bagi tubuh manusia, diantaranya; mengandung vitamin B1 dengan kadar tiga kali lipat dari bahan pangan lainnya yang berguna untuk memperlancar fungsi kerja sistem saraf, sel otot, dan sistem pencernaan, merupakan sumber probiotik bagi tubuh serta mengandung vitamin B12. Melihat banyaknya manfaat yang diperoleh dari mengkonsumsi tape tersebut, maka dirasa sangat penting dan perlu bagi para produsen untuk kembali meningkatkan kualitas produk tapenya. Jika perbaikan kualitas tersebut tidak segera dilakukan, maka akan banyak sekali dampak negatif yang dirasakan, salah satunya pendapatan produsen tape akan terus menurun bahkan hingga akhirnya gulung tikar.

Setelah mengetahui besarnya manfaat tape bagi kesehatan seperti dijelaskan di atas, maka perlu adanya langkah yang tepat guna memperbaiki kualitas tape di pasaran. Salah satu alternatif solusinya, yaitu dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik ELF dalam pengolahan dan pengawetan tape fermentasi. Besar intensitas medan magnet ELF yang akan diberikan pada tape yaitu sebesar 300 μT dan 500 μT . Hal tersebut didasarkan pada hasil penelitian milik Sari dkk (2012), Ma'rufiyanti dkk (2014) dan Sadidah (2015) yang menyatakan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) pada intensitas 300 μT mampu memaksimalkan laju pertumbuhan mikroba, mempertahankan kadar vitamin dalam bahan, dan hanya terjadi penurunan nilai pH yang rendah. Sedangkan pada intensitas 500 μT mampu mempengaruhi peningkatan nilai pH secara maksimal selama proses fermentasi berlangsung. Melalui pengontrolan nilai pH dan laju perkembangan mikroba, maka dapat diperoleh kualitas rasa, aroma, dan tekstur yang baik bagi tape. Selain itu, juga dapat mengurangi lamanya waktu proses fermentasi tape sehingga kadar air tape juga akan terkontrol. Kadar air tersebut merupakan salah satu indikator yang mempengaruhi perubahan sifat fisis bahan, yang mana sifat biasa digunakan untuk

mengidentifikasi kematangan bahan bilogis serta kualitasnya. Adapun yang akan digunakan sebagai objek penelitian adalah tape berbahan dasar singkong kuning atau biasa disebut dengan singkong mentega yang difermentasi menggunakan jenis ragi padat merek komersial. Hal tersebut karena tape dari jenis ini banyak diminati oleh masyarakat khususnya yang berada di wilayah Jawa Timur. Selain itu, karena singkong varietas mentega tersebut mudah untuk didapatkan di wilayah sekitar tempat penelitian Universitas Jember.

Berdasarkan uraian hasil penelitian terdahulu tersebut, peneliti mencoba mengkaji lebih lanjut tentang pemanfaatan medan magnet dalam bidang pangan khususnya tape singkong dengan menggunakan intensitas paparan sebesar 300 μT dan 500 μT dan lama paparan 30 dan 45 menit. Adapun judul penelitian yang akan dilakukan yaitu “**Aplikasi Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Organoleptik dan Kadar Air Tape Singkong**”.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimanakah pengaruh aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap organoleptik rasa, aroma, dan tekstur tape singkong?
- b. Bagaimanakah pengaruh aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap kadar air tape singkong?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengkaji pengaruh aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap organoleptik rasa, aroma, dan tekstur tape singkong
- b. Mengkaji pengaruh aplikasi paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap kadar air tape singkong

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Bagi masyarakat, memberikan informasi tentang pemanfaatan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) sebagai teknologi alternatif dalam proses fermentasi tape singkong.
- b. Bagi peneliti lain dalam bidang yang sama, dapat digunakan sebagai bahan acuan dan pertimbangan untuk melakukan penelitian selanjutnya.



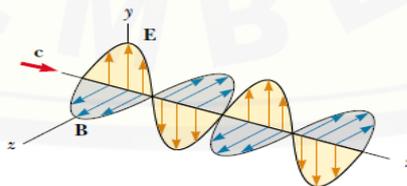
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka akan diuraikan tentang 1) gelombang elektromagnetik, 2) gelombang elektromagnetik ELF, 3) pemanfaatan medan magnet ELF dalam teknologi pangan, 4) interaksi medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan mikroba pada fermentasi tape singkong, 5) hubungan antara medan magnet gelombang elektromagnetik ELF dengan derajat keasaman (pH), rasa, aroma, kapasitas, dan tekstur tape singkong 6) fermentasi tape singkong, 7) kerangka konsep, dan 8) hipotesis penelitian.

2.1 Gelombang Elektromagnetik (GEM)

2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik (GEM)

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terdiri dari komponen osilasi berupa medan magnet dan medan listrik yang dalam perambatannya tidak memerlukan medium perantara dan keduanya memiliki arah saling tegak lurus satu sama lain, serta memiliki arah yang tegak lurus terhadap arah rambatannya (Young, 2012: 762). Gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium perantara, karena gelombang ini dapat melintas dan merambat melalui udara dan dapat pula merambat melalui ruang angkasa yang hampa udara (Alonso dan Finn, 1983). Perambatan medan listrik dan medan magnet dalam gelombang elektromagnetik seperti terlihat dalam gambar di bawah ini:



Gambar 2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri atas medan magnet (\vec{B}) dan medan listrik (\vec{E})
(Sumber: Serway dan Jewett, 2008)

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa medan listrik (\vec{E}) berada pada sumbu y dan medan magnet (\vec{B}) berada pada sumbu z. Kedua medan vektor tersebut dibatasi secara sejajar oleh sepasang garis tegak lurus yang disebut garis polarisasi gelombang (Serway dan Jewett, 2008: 957).

Medan listrik dan medan magnet dalam gelombang elektromagnetik dapat dijelaskan melalui gelombang sinusoidal dengan karakteristiknya, yaitu memiliki amplitudo (A), frekuensi (f), dan panjang gelombang (λ). Frekuensi (f) adalah jumlah gelombang yang melewati satu titik tertentu dalam setiap detiknya. Sedangkan panjang gelombang (λ) yang dimaksud adalah panjang gelombang tunggal radiasi, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang bersebelahan dan dihubungkan dengan frekuensi oleh suatu kecepatan perambatan (v). Keterkaitan antara ketiganya dirumuskan dalam persamaan berikut:

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

Besarnya frekuensi gelombang radiasi yang dihasilkan bergantung pada sumber radiasi dan tetapan konstan. Akan tetapi kecepatan perambatannya bergantung pada komposisi medium tempat lewatnya radiasi tersebut (Sinko, 2012:115-116).

Karakteristik gelombang elektromagnetik adalah sebagai berikut:

- a. Arah medan listrik (\vec{E}) dan medan magnet (\vec{B}) saling tegak lurus dan keduanya saling tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.
- b. Terdapat perbandingan pasti antara besarnya \vec{E} dan \vec{B} , dimana karena perubahan keduanya terjadi pada saat yang bersamaan
- c. Gelombang elektromagnetik tidak mengharuskan adanya medium. Apa “yang bergerak” pada gelombang elektromagnetik merupakan medan listrik dan medan magnet (Young, 2012: 763)
- d. Gelombang merambat dengan kecepatan yang nilainya ditentukan oleh permitivitas listrik dan permeabilitas magnetik. Pada ruang hampa dan udara nilai kecepatan gelombang elektromagnetik akan mendekati 3×10^8 m/s.
- e. Gelombang elektromagnetik termasuk dalam gelombang transversal.
- f. Mengalami peristiwa pemantulan, pembiasan, difraksi, interferensi, dan polarisasi.

2.1.2 Komponen Gelombang Elektromagnetik

a. Medan Listrik

Medan listrik ditimbulkan oleh adanya perbedaan tegangan, dimana semakin tinggi tegangan maka medan listrik yang dihasilkan juga akan semakin kuat. Medan listrik sifatnya terhalangi, artinya intensitas medan listrik akan mengalami penurunan jika terhalang suatu benda. Menurut WHO (1987 dalam sudarti, 2010) intensitas medan listrik mengalami penurunan secara kuadrat terhadap jarak dari sumber paparan. Contohnya, intensitas medan listrik akan mengalami penurunan hingga 10-100 kali lebih rendah jika terhalang oleh atap rumah penduduk yang berada di bawah jaringan transmisi tegangan tinggi, namun hal tersebut juga bergantung pada jenis dan struktur penghalang.

b. Medan Magnet

Medan magnet ditimbulkan oleh adanya gerakan muatan listrik (arus listrik) yang mengalir, dimana semakin besar arus listrik yang mengalir maka medan magnet yang dihasilkan juga semakin besar. Medan magnet dinyatakan dalam besaran tesla (T) atau lebih umum dalam militesla (mT) dan microtesla (μ T). Medan magnet sifatnya tidak mudah terhalangi, artinya intensitas medan magnet tidak mudah mengalami penurunan jika terhalang suatu benda. Menurut WHO (2016) baik medan listrik maupun medan magnet semakin kuat intensitasnya apabila dekat dengan sumber dan akan berkurang intensitasnya jika semakin jauh dari sumber. Selain itu, medan magnet juga mampu menembus dengan mudah. WHO (1987 dalam sudarti, 2010) mengemukakan bahwa medan magnet dapat menembus benda penghalang seperti genting, tembok bangunan, pepohonan, maupun tubuh manusia dan akan mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari sumber paparan.

Secara umum, perbedaan medan listrik dan medan magnet dapat dilihat dari karakteristik masing-masing komponen sebagaimana terdapat dalam tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Karakteristik medan listrik dan medan magnet

No	Medan listrik	Medan magnet
1	Berasal dari tegangan listrik	Berasal dari arus listrik
2	Kekuatan medan listrik diukur	Kekuatan medan magnet diukur

No	Medan listrik	Medan magnet
	berdasarkan satuan volt per meter	berdasarkan satuan ampere per meter. Akan tetapi, juga dinyatakan dalam satuan densitas fluks, yaitu microtesla (μT) atau militesla (mT)
4	Semakin jauh dari sumber, kekuatan medan listrik akan semakin lemah	Semakin jauh dari sumber, kekuatan medan magnet akan semakin lemah
5	Kebanyakan material bangunan dapat menahan medan listrik dalam kekuatan tertentu	Kebanyakan material bangunan tidak dapat memperlemah medan magnet

(Sumber: WHO, 1987 dalam Khoiroh, 2017).

Secara kuantitas, medan magnet dibedakan menjadi kerapatan fluks magnetik (**B**) dan kuat medan magnet (**H**). Selanjutnya dalam penelitian ini yang dimaksud dengan intensitas medan magnet adalah kerapatan fluks magnetik (**B**). **B** mempunyai satuan tesla (T), sedangkan **H** mempunyai satuan ampere/meter (A/m). Hubungan antara **B** dan **H** dinyatakan dengan rumus:

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

Berdasarkan rumus di atas, maka ada beberapa satuan yang dapat digunakan untuk intensitas medan magnet, antara lain:

- Tesla (T), mili tesla (mT), atau mikrotesla (μT)
- Gauss (G), miligauss (mG), atau mikrogauss (μG)

Kesetaraan antara satuan tersebut adalah $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ (Ariangga, 2015)

2.1.3 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

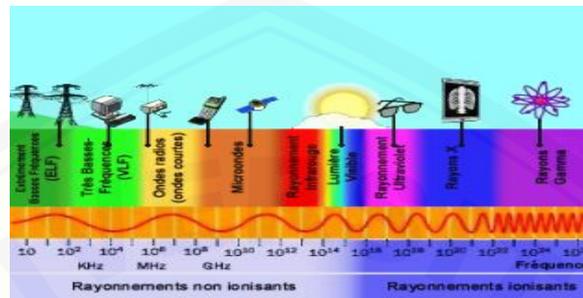
Gelombang elektromagnetik diklasifikasikan dalam beberapa kategori. Gelombang elektromagnetik meliputi cahaya, gelombang radio, sinar-x, sinar gamma, dan lain-lain yang umumnya dibedakan berdasarkan panjang gelombang (λ) dan frekuensi (f) yang memiliki hubungan:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (2.3)$$

Gelombang elektromagnetik memiliki frekuensi dan panjang gelombang berjalan dengan kecepatan cahaya (c). Semua gelombang elektromagnetik merambat di

ruang hampa dengan kecepatan yang sama, yaitu sebesar “kecepatan cahaya” $c = 3,0 \times 10^8$ m/s (Tipler, 2001: 413-414).

Spektrum gelombang elektromagnetik, panjang gelombang dan aplikasinya dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik dan aplikasinya (Sumber: Hoong, 2011: 6)

Tarigan (2013) secara ringkas menjelaskan radiasi gelombang elektromagnetik non-pengion berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Extremely Low Frequency (ELF)* EMF memiliki rentang frekuensi 0-300 Hz. Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui kabel listrik, tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik.
- Intermediate frequency* EMF memiliki rentang frekuensi 300 Hz – 100 kHz. Sumbernya antara lain detector metal dan *hands free*.
- Radio frequency* EMF memiliki rentang frekuensi 100 kHz – 300 GHz. Sumbernya antara lain gelombang TV, radio, ponsel, dan *microwave oven*.

2.1.4 Persamaan Maxwell tentang Gelombang Elektromagnetik

Maxwell meletakkan dasar dari teori elektromagnetik dengan membuat persamaan Maxwell. Sesuai penelitian milik Oersted yang menyatakan bahwa arus listrik dapat menimbulkan gaya terhadap magnet, dengan demikian membuktikan bahwa arus listrik menimbulkan medan magnetik (Alonso dan Finn, 1994:128). Sehingga persamaan Maxwell tersebut menghubungkan vektor medan listrik \vec{E} dan medan magnet \vec{B} dengan sumbernya yang berupa muatan listrik,

arus, dan medan yang berubah. Persamaan Maxwell tersebut melandasi semua fenomena elektromagnetik yang didasarkan pada hukum-hukum Faraday, Gauss (Coulomb), dan Ampere (Sudaryanto, 2009:91). Terdapat empat persamaan Maxwell, antara lain:

a. Persamaan I Maxwell (Hukum Gauss pada Medan Listrik)

Ishaq (2007:172) mengemukakan bahwa inti dari hukum Gauss adalah bahwa untuk mengetahui besar suatu muatan dapat dilakukan dengan melingkupi muatan tersebut dengan sebuah permukaan imajiner (yang disebut permukaan Gauss dimana permukaan tersebut berbentuk bola), kemudian menghitung berapa fluks listrik yang menembus keluar dari permukaan tersebut. Hukum ini juga menyatakan bahwa fluks medan listrik yang melalui sembarang permukaan tertutup sama dengan $1/\epsilon_0$ dikalikan dengan muatan total di dalam permukaan tersebut. Secara matematis persamaan I Maxwell ini dapat dinyatakan dengan

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0} \quad (2.4)$$

Keterangan:

E : medan listrik (N/C)

A : luas permukaan bidang Gauss (m^2)

Q_{enc} : total muatan (Coulomb)

ϵ_0 : permitivitas ruang hampa ($8,85418 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$) (Tipler, 2001:402).

Persamaan I Maxwell di atas dieproleh dari persamaan fluks listrik pada bidang datar dan bidang tidak datar. Dimana pada bidang datar nilai fluks, yaitu:

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

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

$$\phi \sim Q_{enc} \quad (2.6)$$

agar tanda (\sim) menjadi ($=$) maka harus dikali dengan konstanta medium ruang hampa,

$$\phi = \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} \quad (2.7)$$

maka persamaan (2.5) tersebut menjadi

$$\frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (2.8)$$

Setelah itu, persamaan tersebut kita selesaikan menggunakan teorema Gauss, dimana

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int (\nabla \cdot \vec{E}) dV \quad (2.9)$$

Sehingga persamaan (2.8) tersebut menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} &= \int (\nabla \cdot \vec{E}) dV \\ \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} &= (\nabla \cdot \vec{E}) \int dV \\ \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} &= (\nabla \cdot \vec{E}) V \\ \frac{Q_{\text{enc}}}{V} \times \frac{1}{\epsilon_0} &= \nabla \cdot \vec{E} \end{aligned} \quad (2.10)$$

nilai muatan dalam permukaan tersebut dapat dinyatakan sebagai perkalian antara rapat muatan dengan volumenya, yaitu

$$Q_{\text{enc}} = \rho \int dV = \rho \cdot V \quad (2.11)$$

maka persamaan (2.10) di atas apabila diteruskan menjadi

$$\begin{aligned} \frac{Q_{\text{enc}}}{V} \times \frac{1}{\epsilon_0} &= \nabla \cdot \vec{E} \\ \frac{\rho \cdot V}{V} \times \frac{1}{\epsilon_0} &= \nabla \cdot \vec{E} \\ \nabla \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \end{aligned} \quad (2.12)$$

b. Persamaan II Maxwell (Hukum Gauss pada Medan Magnet)

Persamaan kedua ini serupa dengan dengan hukum Gauss pada medan listrik namun dalam hal ini diterapkan dalam medan magnet, sehingga sering disebut sebagai hukum Gauss magnetik. Magnet tidak memiliki sumber tunggal (monopol) karena kutub utara (U) dan selatan (S) dalam magnet selalu berpasangan, , maka *netto* garis gaya yang melalui suatu permukaan tertutup selalu sama dengan nol

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.13)$$

Keterangan:

B : medan magnet (Wb/m^2 atau Tesla)

A : luas permukaan bidang Gauss (m^2)

Persamaan II Maxwell di atas jika diterapkan menggunakan teorema divergensi Gauss maka:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int (\nabla \cdot \vec{B}) dV \quad (2.14)$$

persamaan (2.14) di atas dapat dijabarkan lagi dengan mensubstitusikan persamaan (2.13), sehingga menjadi

$$\begin{aligned} \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} &= \int (\nabla \cdot \vec{B}) dV \\ 0 &= \int (\nabla \cdot \vec{B}) dV \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \end{aligned} \quad (2.15)$$

Persamaan (2.15) tersebut menunjukkan bahwa fluks magnetik mempunyai divergensi sama dengan nol, yang berarti bahwa jumlah garis-garis fluks yang masuk ke dalam suatu volume sama dengan yang keluar dari volume tersebut dan persamaan tersebut berlaku untuk sembarang volume.

c. Persamaan III Maxwell (Hukum Faraday)

Dalam buku karya Tipler (2001:402) ditunjukkan bahwa Hukum Faraday dapat menjelaskan bagaimana garis-garis medan listrik mengelilingi sembarang luasan yang melalui fluks magnetik yang sedang berubah, dan hukum ini menghubungkan vektor medan listrik (\vec{E}) dengan laju perubahan vektor medan magnetik (\vec{B}). Persamaan ini menggambarkan perubahan fluks magnetik terhadap waktu akan menimbulkan arus listrik. Secara matematis persamaan III Maxwell tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0 \quad (2.16)$$

dengan besar medan listrik yang mengelilingi luasan, yaitu

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (2.17)$$

bentuk integral tersebut dapat dirubah menggunakan teorema Stokes menjadi,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int (\nabla \times \vec{E}) dA \quad (2.18)$$

Sehingga persamaan 2.17 dapat dijabarkan lagi seperti berikut ini

$$\begin{aligned} -\frac{d\Phi}{dt} &= \int (\nabla \times \vec{E}) dA \\ -\frac{d\Phi}{dt} &= (\nabla \times \vec{E}) \int dA \\ -\frac{d\Phi}{dt} &= (\nabla \times \vec{E}) A \\ -\frac{d\Phi}{dt} \times \frac{1}{A} &= \nabla \times \vec{E} \end{aligned} \quad (2.19)$$

karena fluks magnetik Φ adalah perkalian medan magnet dengan permukaan, maka

$$\Phi = B \cdot A \quad (2.20)$$

sehingga

$$-\frac{d\Phi}{dt} \times \frac{1}{A} = \nabla \times \vec{E}$$

$$\begin{aligned}
 -\frac{d(\vec{B} \cdot \vec{A})}{dt} \times \frac{1}{A} &= \nabla \times \vec{E} \\
 -\frac{d\vec{B}}{dt} &= \nabla \times \vec{E} \\
 -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} &= \nabla \times \vec{E}
 \end{aligned} \tag{2.21}$$

d. Persamaan IV Maxwell (Modifikasi Hukum Ampere)

Persamaan keempat milik Maxwell merupakan hukum Ampere yang dimodifikasi dengan arus perpindahan Maxwell. Menurut Tipler (2001:402) hukum ini menjelaskan bagaimana garis-garis medan magnet mengelilingi suatu luasan dimana fluks listrik berubah. Sedangkan hukum Ampere menjelaskan tentang hubungan yang digunakan untuk menjumlahkan arus dalam konduktor akibat medan magnet yang terdapat di lingkaran sekitar konduktor. Secara matematis persamaannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I_{enc} \tag{2.22}$$

Keterangan:

B = induksi medan magnet ($W_b/m^2 = T$)

I_{enc} = total arus pada permukaan tertutup (A)

μ_0 = permeabilitas bahan (N/A^2)

Berdasarkan teorema Stokes nilai dari $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int (\nabla \times \vec{B}) \cdot d\vec{A}$, maka persamaan (2.21) di atas dapat dijabarkan kembali menjadi,

$$\begin{aligned}
 \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \mu_0 \cdot I_{enc} \\
 \int (\nabla \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} &= \mu_0 \cdot I_{enc} \\
 (\nabla \times \vec{B}) \int d\vec{A} &= \mu_0 \cdot I_{enc} \\
 \nabla \times \vec{B} &= \mu_0 \cdot \frac{I_{enc}}{A}
 \end{aligned} \tag{2.23}$$

Nilai dari arus per satuan luas didefinisikan sebagai nilai rapat arus (**J**), sehingga diperoleh persamaan akhir, yaitu

$$\nabla \times \bar{B} = \mu_0 \cdot J_{enc} \quad (2.23)$$

2.2 Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF)

2.2.1 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF

Grotel (1992, dalam Sudarti, 2010) menjelaskan bahwa gelombang Elektromagnetik ELF merupakan salah satu dari spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi sangat rendah, yaitu kurang dari 300 Hz dan merupakan sub-kelas dari gelombang elektromagnetik EMF. Gelombang elektromagnetik ELF umumnya dihasilkan dari radiasi muatan yang bergerak osilasi seperti arus AC pada konduktor yang bersumber dari PLN. Grotel dan WHO (dalam Sudarti dan Helianti, 2005) juga menjelaskan bahwa karakteristik gelombang tersebut antara lain; radiasi gelombang yang dihasilkan bersifat *non-ionizing* yaitu tidak memiliki kemampuan untuk mengionisasi molekul, efek radiasi gelombang yang ditimbulkan bersifat *non termal* yaitu tidak menghasilkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi materi, medan magnet ELF bersifat tidak terhalangi sedangkan medan listrik ELF bersifat terhalangi, dan pada dosis tertentu gelombang elektromagnetik ELF dapat membunuh sel atau bakteri. WHO (dalam Ervina, 2015) menjelaskan bahwa pada frekuensi 0 – 300 Hz panjang gelombang di udara adalah sangat panjang (6000 km pada 50 Hz dan 5000 km pada 60 Hz) dan dalam perambatannya medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur secara terpisah. Secara lebih jelas, berikut karakteristik gelombang elektromagnetik ELF:

2.2.2 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF

Sumber paparan gelombang ELF terbagi menjadi dua, yaitu :

a. Sumber Alamiah

Matahari dan medan magnet bumi merupakan beberapa contoh sumber paparan gelombang elektromagnetik ELF alamiah dalam kehidupan sehari-hari.

WHO (1984, dalam Rosyidah, 2017) mengemukakan bahwa intensitas paparan gelombang elektromagnetik ELF alamiah di permukaan bumi menghasilkan medan listrik rata-rata sebesar 10^{-4} V/m dan medan magnet sebesar 10^{-9} mT, hal ini menyatakan bahwa nilai medan magnet lebih besar dari nilai medan listrik dan medan listrik dapat diabaikan. Kekuatan medan magnet bergantung pada luas garis lintang geografis, dimana paling rendah berada di kutub dan ekuator sedangkan paling tinggi berada di dekat garis lintang (IARC, 2002: 51).

b. Sumber Buatan

Sumber buatan paparan gelombang elektromagnetik ELF didominasi oleh peralatan elektronika yang menggunakan energi listrik pada frekuensi tertentu. Menurut IARC (2002: 52-53) terdapat tiga sumber utama gelombang elektromagnetik di rumah, antara lain; peralatan listrik, peralatan rumah tangga, dan kabel termasuk kabel penyalur arus listrik ke setiap rumah warga. Medan magnet terbesar terletak dekat dengan peralatan dan akan berkurang sesuai jarak (Nugroho, 2009). Berikut ini hasil pengukuran medan magnet di sekitar peralatan rumah tangga.

Tabel 2.2 Intensitas medan magnet dari peralatan rumah tangga berdasarkan jarak

Peralatan	Medan magnet (μ T) jarak r		
	r = 3 cm	r = 30 cm	r = 100 cm
Pengering rambut	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Pencukur elektrik	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Pengisap debu	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Lampu tabung	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Microwave oven	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Radio portable	16 – 56	1	< 0,01
Oven listrik	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Mesin cuci	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Setrika	18 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,03
Pencuci piring	3,5 – 20	0,6 – 0,3	0,07 – 0,3
Komputer	0,5 – 30	< 0,01	-
Lemari pendingin	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	< 0,01
Televisi	2,5 – 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15

Kebanyakan peralatan rumah tangga kuat medan magnetiknya yang jarak 30 cm adalah di bawah batas yang diijinkan untuk umum adalah μ T. Angka yang dihitamkan merupakan jarak kerja normal.

(Sumber: *Federal Office for Radiation Safety, Germany 999*, dalam Baafai 2004).

Sumber paparan gelombang elektromagnetik ELF yang akan digunakan dalam penelitian ini telah dirancang oleh Tim peneliti dan merupakan alat hasil buatan Tim Teknisi Jurusan Teknik Elektro ITS pada tahun 2004. Alat ini terdiri dari dua unit komponen utama, yaitu transformator step-down dan sangkar (box) medan elektromagnet ELF. Alat ini juga didesain khusus agar lebih dominan untuk menghasilkan paparan medan magnet daripada medan listrik ELF, karena seperti diketahui bahwa pada setiap paparan medan magnet ELF pasti diiringi dengan adanya paparan medan listrik ELF.

Alat tersebut dapat mulai bekerja setelah diberi input sumber tegangan PLN 220 volt, dengan kuat arus mencapai 5 A dan frekuensinya 50 Hz. Untuk memperoleh medan magnet ELF yang optimal, maka digunakan transformator step-down dan current transformator dalam alat. Transformator step-down akan menyebabkan penurunan tegangan pada alat yaitu dari besar tegangan input 220 volt menjadi tegangan 7 volt, sedangkan current transformator akan menaikkan kuat arus listrik yaitu dari arus 5 A menjadi arus sebesar 125 – 2500 A untuk kemudian dialirkan pada lempengan tembaga sangkar medan magnet ELF. Kondisi dimana tegangan yang terpakai kecil namun arus yang digunakan maksimal dapat menghasilkan paparan medan listrik ELF yang minimal mendekati medan listrik alamiah, sehingga paparan medan magnet yang diharapkan dapat mencapai titik maksimal.

2.2.3 Nilai Ambang Batas Paparan

Meningkatnya jumlah penggunaan peralatan elektronika dalam kehidupan sehari-hari mengakibatkan semakin seringnya manusia terpapar oleh radiasi dari peralatan tersebut, sehingga untuk meminimalisir dampak negatif dari radiasi yang mungkin saja terjadi dibutuhkan sebuah peraturan yang tegas tentang ambang batas paparan medan elektromagnetik ELF. Badan kesehatan dunia WHO (2007, dalam Ari, 2008: 12) menyebutkan bahwa nilai ambang batas paparan medan elektromagnetik ELF terhadap kesehatan telah ditetapkan sebesar 100 μT . Sedangkan batas paparan yang dianjurkan oleh IRPA sebagaimana disajikan

dalam *Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields*, yaitu:

- a. tingkat paparan medan magnet secara terus-menerus yang diperbolehkan bagi masyarakat umum sebesar $10^3 - 10^4$ milligauss dengan lama paparan hingga dua jam per hari
- b. tingkat paparan medan magnet yang diperbolehkan di tempat kerja sebesar 5×10^3 milligauss untuk satu hari kerja atau 5×10^4 milligauss untuk paparan hingga dua jam per hari.

Adapun tabel batas paparan medan elektromagnetik sebagai berikut:

Tabel 2.3 Batas paparan medan listrik dan medan magnet 50/60 Hz

No	Paparan untuk	Intensitas medan listrik (kV/m)	Intensitas medan Magnet (μ T)
1	Kelompok petugas:		
	a. Sepanjang hari kerja	10	500
	b. Jangka pendek	30	5000
2	Kelompok Umum:		
	a. Sampai 24 jam/hari	5	100
	b. Beberapa jam/hari	10	1000

Sumber: WHO (1998, dalam Ari, 2008: 12).

Tabel 2.4 Paparan maksimum

Sumber	Paparan Maksimum	
	Medan Listrik (V/m)	Medan Magnet (μ T)
Medan alamiah	200	70 (medan magnet bumi)
Rumah yang berada jauh dari SUTET	100	0,2
Di bawah SUTET	10000	20
Kereta api listrik dan trem	300	50
TV dan layar komputer	10	0,7

Sumber: WHO (2007, dalam Khoiroh, 2017).

2.3 Pemanfaatan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dalam Teknologi Pangan

Dalam bidang pangan medan magnet ELF banyak dimanfaatkan sebagai solusi alternatif untuk membunuh bakteri patogen tanpa merusak struktur, rasa, warna, dan nutrisi di dalamnya. Seperti yang kita ketahui bahwa bakteri terdiri dari dua jenis, yaitu bakteri baik dan bakteri buruk (patogen). Bakteri patogen

tersebut harus segera dihancurkan guna menjaga ketahanan dan kualitas pangan. Adapun pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan dapat diamati pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.5 Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan

No	Penelitian sebelumnya	Intensitas	Lama paparan	Dampak
1	Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 300 μ T dan 500 μ T Terhadap Perubahan Kadar Vitamin C dan Derajat Keasaman (pH) pada Buah Tomat (Ma'rufiyanti dkk., 2014)	300 μ T dan 500 μ T	10 menit 50 menit 90 menit	a. Mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat b. Mempertahankan nilai derajat keasaman (pH) pada buah tomat
		500 μ T	90 menit	c. Kadar vitamin C mengalami penurunan
2	Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 300 μ T dan 500 μ T terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan (Sadidah dkk., 2015)	300 μ T	30 menit	a. Terjadi penurunan jumlah mikroba tertinggi yaitu sebesar 0,50 x10 ¹³ sel/mL
		500 μ T	30 menit	b. Terjadi peningkatan nilai pH tertinggi yaitu sebesar 1,00
3	Pengaruh Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap pH Susu Fermentasi (Ridawati dkk., 2017)	100 μ T	5 menit 15 menit 25 menit	a. Terjadi kenaikan nilai pH tertinggi pada paparan selama 5 menit
		300 μ T	5 menit 15 menit 25 menit	b. Terjadi penurunan nilai pH dan terendah pada saat menit ke 15
4	Respon <i>Salmonella typhimurium</i> pada Bumbu Gado-gado terhadap paparan <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) <i>Magnetic Field</i> (Hersa dkk., 2013)	646,7 μ T	30 menit	a. Mengakibatkan kematian <i>Salmonella typhimurium</i> rata-rata sebesar 32,57% dalam bumbu gado-gado b. Terjadi pengecilan ukuran sel dengan panjang dan diameter sebesar 4,341 μ m dan 1,148 μ m

No	Penelitian sebelumnya	Intensitas	Lama paparan	Dampak
5	Potensi genotoksik medan magnet ELF (Extremely Low Frequency) terhadap prevalensi <i>Salmonella</i> dalam bahan pangan untuk meningkatkan keamanan pangan bagi masyarakat (Sudarti dan Prihandono, 2014)	646,7 μ T	30 menit	a. Menghambat prevalensi <i>Salmonella typhimurium</i> sebesar 36,37 %
6	Aplikasi Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 100 μ T dan 300 μ T pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti (Sari dkk., 2015)	300 μ T	20 menit	a. Dosis efektif untuk mempercepat laju pertumbuhan tanaman tomat ranti.
7	Proses Pengawetan Sari Buah Apel (<i>Mallus sylvestris</i> Mill) secara Non-termal berbasis Teknologi <i>Oscillating Magnetizing Field</i> (OMF) (Sari dkk., 2012)	6,7 T	20 menit 25 menit	a. Terjadi penurunan total mikroba mencapai 99,45% b. Penurunan total mikroba mencapai 99,96%

2.4 Interaksi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan Mikroba pada Fermentasi Tape Singkong

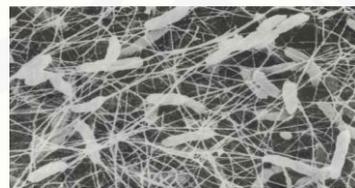
Pada proses fermentasi terdapat beberapa mikroba yang saling bekerja sama, yaitu mikroba dari genus kapang, khamir, dan bakteri. Mikroorganisme tersebut antara lain *Aspergillus* (berasal dari golongan kapang) berfungsi untuk mengubah tepung menjadi glukosa dan memproduksi enzim *glukominase*, *Saccharomyces* (berasal dari golongan khamir) berfungsi untuk menguraikan gula menjadi alkohol dan berbagai macam zat organik, dan *Acetobacter* (berasal dari golongan bakteri) berfungsi untuk merombak alkohol menjadi asam. Meskipun begitu mikroba yang dapat tumbuh dengan baik saat kondisi lingkungan pertumbuhan berada pada tingkat optimal hanya dari jenis khamir dan bakteri saja karena pertumbuhan kapang yang berjalan sangat lambat sehingga kalah dalam kompetensi dengan khamir dan bakteri (Dwidjoseputro, 2005:154).

Mikroba jenis khamir menyukai pH 4-5, namun akan tumbuh optimal bila berada pada pH 2,5-8,5, sedangkan mikroba jenis kapang mempunyai pH

optimum 5-7 dan dapat tumbuh pada kisaran pH 3-8,5. Dua jenis mikroba yang dominan dalam pembuatan tape singkong adalah *Saccaromyces sp* dan *Acetobacter sp*. Dewi dkk (2014) menjelaskan bahwa mikroba jenis *Saccharomyces sp* memiliki ciri-ciri yaitu koloni berbentuk bulat dengan warna kekuning-kuningan, tekstur lunak, permukaan berkilau, licin, dan memiliki sel bulat dengan akspora 1-8 buah. Sedangkan Iryandi dkk (2014) mengemukakan bahwa mikroba jenis *Acetobacter sp* memiliki ciri-ciri berbentuk batang pendek, membentuk rantai pendek dengan satuan 6-8 sel, serta dapat hidup pada media asam dengan pH 3-5, namun lebih optimum pada pH 4,3.



Gambar 2.3 Koloni *Saccaromyces sp*



Gambar 2.4 Bakteri *Acetobacter sp*
(Sumber: Iguchi dkk., 2000)

Tinjauan kali ini lebih mengarah pada pengaruh pemberian paparan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF pada interaksi sel-sel didalam tape singkong. Pemberian medan magnet tersebut ditujukan untuk menyeimbangkan komposisi dari ketiga jenis mikroba tersebut, yaitu dari golongan kapang, khamir, dan bakteri *Acetobacter* sehingga dapat dihasilkan kualitas tape yang lebih baik dengan tingkat keasaman bahan yang stabil, rasa yang manis serta aroma alkohol yang khas dari fermentasi juga dapat muncul. Alberts dkk (2002) menyatakan bahwa pemberian paparan ELF tersebut akan memindahkan energi dari medan magnet ke ion-ion yang berperan aktif dalam proses metabolisme dan pembelahan sel yang kemudian menyebabkan terjadinya ionisasi beberapa garam-garam seperti Ca^{2+} yang terikat pada dinding sel bahan. Paparan medan magnet ELF yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensial membran dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal kalsium untuk membuka dan ion kalsium yang berada di luar sel akan masuk. Jika suatu bahan mengalami kekurangan ion kalsium (Ca^{2+}) maka akan menyebabkan terhambatnya fungsi-fungsi dalam sel dan pada akhirnya menyebabkan kerusakan sel (Poli, 2009:85-

88). Dalam penelitiannya Handoko (2017) juga menjelaskan, bahwa ion kalsium (Ca^{2+}) merupakan salah satu bahan paramagnetik, sehingga dapat terpengaruh oleh adanya medan magnet. Medan magnet akan mempengaruhi pergerakan ion kalsium (Ca^{2+}) pada ekstraseluler yang melintasi membran sel, sedangkan arus induksi yang dihasilkan akan menambah laju pergerakan ion kalsium (Ca^{2+}) melalui daerah fluks magnetik. Bidang yang terpapar medan magnet akan menghasilkan kekuatan pada ion kalsium (Ca^{2+}) untuk bergerak dan mempengaruhi kondisi pembukaan gerbang saluran. Perubahan konsentrasi dan pergerakan ion mengakibatkan perubahan transportasi pada membran sel, sehingga mempengaruhi aktivitas metabolisme sel yang akan berdampak pada keoptimalan proses pertumbuhan sel. Melalui pengoptimalan laju pertumbuhan tersebut diharapkan mampu mempengaruhi kestabilan komposisi dari ketiga mikroba dalam tape, yaitu kapang, khamir, dan *Acetobacter*. Sehingga keseimbangan komposisi antara ketiga mikroba dapat lebih stabil dan apabila terjadi dominansi diantara ketiganya, perubahannya tidak begitu drastis.

2.5 Hubungan antara Medan Magnet Gelombang Elektromagnetik ELF dengan Organoleptik dan Kadar Air Tape Singkong

2.5.1 Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Organoleptik Rasa, Aroma, dan Tekstur Tape Singkong

Menurut Barbosa dan Canovas (1998), bahwa pemberian medan magnet umumnya juga akan mempengaruhi arah migrasi mikroorganisme dan mengubah pertumbuhan serta reproduksi mikroorganisme pembentuk asam. Energi akan dipindahkan dari medan magnet menuju ion-ion yang berperan aktif dalam pembelahan sel seperti ion Ca^{2+} , selain itu energi juga akan meningkatkan potensial membran sehingga membuat membran membuka gerbang saluran menuju inti sel dan ion Ca^{2+} yang berada di luar sel dapat bergerak menuju inti sel. Kandungan ion Ca^{2+} dalam sel akan meningkat dan berdampak pada laju proses pertumbuhan sel mikroorganisme. Mikroorganisme akan mengalami pertumbuhan dan saling menyeimbangkan satu sama lain, di mana melalui komposisi ini dapat

diketahui mikroorganisme jenis apa yang paling responsif pada masing-masing perlakuan intensitas paparan medan magnet ELF yang diberikan. Pertumbuhan mikroorganismenya tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi pH lingkungan tempatnya berada, karena setiap mikroorganisme memiliki rentang pH untuk pertumbuhan yang berbeda. Fermentasi pada tape menghasilkan senyawa asam asetat (CH_3COOH) yang disebabkan oleh aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* yang mengoksidasi etanol dan karbohidrat. Semakin tinggi konsentrasi asam asetat maka dapat menyebabkan penurunan nilai pH dari kondisi sebelum fermentasi dan menimbulkan kondisi yang lebih asam. Pada kondisi tersebut kemungkinan ketiga mikroorganisme memiliki komposisi yang seimbang sangatlah kecil, karena tidak semua mikroorganisme mampu tumbuh maksimal pada kondisi asam.

Kondisi yang digambarkan di atas akan berdampak pada keadaan organoleptik rasa, aroma, dan tekstur tape singkong karena perubahan rasa pada tape tersebut dipengaruhi oleh aktivitas bakteri asam laktat yang memproduksi asam laktat dari perombakan alkohol hasil reduksi glukosa yang nantinya diperlukan dalam pembentukan rasa. Sedangkan kualitas tekstur tape singkong dipengaruhi oleh jumlah kadar air yang ada di dalamnya. Winarno (1997) menjelaskan, bahwa bakteri khamir dan *Acetobacter* banyak ditemukan pada bahan dengan kadar air yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin asamnya kondisi suatu bahan akan beriringan dengan kenaikan nilai kadar airnya. Semakin banyak kadar air dalam bahan maka apabila ditekan akan memiliki tekstur yang tidak padat akibat peningkatan air dalam rongga bahan.

Herawati (dalam Solihin dkk., 2015) menjelaskan bahwa adanya faktor seperti massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan, dan bahan kimia toksik atau *off flavor* dapat mengakibatkan terjadinya penurunan mutu pangan lebih lanjut, seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, perubahan unsur organoleptik, dan kemungkinan terbentuknya racun. Kondisi tersebut yang nantinya berpengaruh pada perubahan aroma tape singkong. Perubahan kondisi

organoleptik rasa, aroma, dan tekstur tape singkong secara rinci dapat dilihat pada *Lampiran 5(Hasil Uji Organoleptik)*.

2.5.2 Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Kadar Air Tape Singkong

Tape singkong yang dipapar medan magnet ELF akan menyerap gelombang elektromagnetik yang diberikan. Medan listrik dari paparan tersebut akan membuat molekul-molekul air alami yang terdapat dalam tape berputar dan bergetar sehingga menimbulkan gesekan antar molekul dan menghasilkan panas tambahan (Yuwono dkk., 2017). Kondisi yang semakin panas tersebut mendukung terjadinya proses absorpsi uap air dari udara ke dalam bahan yang mengakibatkan peningkatan kadar air. Hal tersebut diperkuat dengan penjelasan Herawati (dalam Solihin dkk., 2015) bahwa perubahan kadar air tersebut dapat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban ruangan selama penyimpanan karena pada saat tersebut bahan menyerap air dari lingkungan. Pendapat tersebut juga didukung dengan pernyataan Retnani dkk (dalam Solihin dkk., 2015) yang menyatakan bahwa kelembaban udara ruang penyimpanan yang tinggi dapat menyebabkan terjadi proses absorpsi uap air dari udara ke dalam bahan yang mengakibatkan peningkatan kadar air.

Kemampuan daya serap air yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya pengembangan tebal yang tinggi pula, karena semakin banyak volume air hasil penyerapan yang tersimpan dalam bahan akan diikuti dengan peningkatan perubahan muai bahan. Selain itu, kenaikan temperatur dalam bahan dapat mengakibatkan penurunan tingkat keasaman bahan yang menyebabkan bahan mempunyai struktur yang terbuka dan jarak antar molekul menjadi merenggang karena adanya air dan molekul lain dalam pori-pori bahan sehingga kondisi fisik bahan akan mengalami perubahan. Semakin tinggi kadar air maka jarak antar partikelnya semakin merenggang karena terisi oleh air, volume bahan meningkat, konduktivitas bahannya akan semakin besar dan kondisi fisik bahan akan mengalami perubahan. Keberadaan air dan molekul lain pada pori-pori bahan akan memberikan kontribusi muatan atau dipol di permukaan pori (Hermawan, 2004)

2.6 Fermentasi Tape Singkong

2.6.1 Singkong

Singkong merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat dengan mudah tumbuh di tanah kering dan miskin nutrisi serta tahan terhadap serangan penyakit maupun gulma. Keunggulan tersebut yang membuat singkong disebut sebagai tanaman rakyat yang murah serta multiguna karena dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, makanan ternak, dan sebagai bahan baku berbagai macam industri. Tidak heran jika singkong dikategorikan sebagai tanaman Adapun taksonomi dari singkong, yaitu:

Kingdom	: Plantae
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Euphorbiales
Famili	: <u>Euphorbiaceae</u>
Genus	: <u>Manihot</u>
Spesies	: <i>Manihot utilissima</i> Phohl (Kurnia dan Marwatoen, 2014)

Singkong juga termasuk dalam tumbuhan *Dicotyledoane* yang baik di dalam daun maupun umbinya mengandung zat *glikosiacyanogenik*, yaitu zat yang dapat menghasilkan asam sianida (HCN) atau senyawa asam berwarna biru yang sangat beracun. Kandungan HCN dalam kulit singkong dapat dikurangi melalui beberapa perlakuan antara lain perendaman, perebusan, dan fermentasi. Proses fermentasi dapat menurunkan kandungan HCN dan meningkatkan kandungan energi, protein, serat kasar, serta meningkatkan daya cerna bahan makanan berkualitas rendah. Adapun komposisi kandungan nutrisi dan senyawa kimia yang terdapat dalam singkong dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.6 Komposisi kandungan kimia dari singkong (per 100 gram)

Kandungan Kimia	Jumlah
Kalori	146,00 kal
Protein	1,20 gram
Air	62,50 gram
Phospor	40,00 mg
Karbohidrat	38,00 gram
Lemak	0,30 gram
Hidrat arang	34,7 gram
Kalsium	33,00 mg
Zat besi	0,7 mg
Vitamin B1	0,06 mg

(Sumber: Hasanah dkk., 2012)

Singkong yang terbentuk merupakan akar yang berubah bentuk dan fungsinya sebagai tempat penyimpanan makanan cadangan. Bentuk singkong biasanya bulat memanjang, daging singkong mengandung zat pati dan tiap tanaman dapat menghasilkan 5-10 singkong. Berdasarkan warna dagingnya, terdapat dua jenis singkong yaitu singkong yang berdaging putih dan singkong yang berdaging kuning. Singkong yang berdaging kuning lebih halus tanpa terdapat serat dibandingkan dengan singkong yang berdaging putih. Sedangkan berdasarkan pada kadar HCN yang ada di dalamnya, singkong atau ubi kayu terbagi dalam dua golongan, yakni:

1. Singkong manis (kadar HCN-nya rendah), biasa digunakan sebagai bahan dasar olahan pangan
2. Singkong pahit (kadar HCN-nya sedang dan tinggi), biasa digunakan sebagai bahan dasar industri (Utami, 2015).

Keragaman varietas singkong di Indonesia cukup tinggi. Pada kelompok varietas unggulan terdapat varietas Valenca, Mangi, Betawi, Basiorao, Bogor, SPP, Muara, Mentega, dan Gading. Pada kelompok persilangan terdapat varietas Adira 1, Adira 2, Malang 1, Malang 2 dan Adira 4. Persilangan antara varietas Mentega dan Mangi menghasilkan varietas Adira 1 dan Adira 2, persilangan antara varietas CM 1015-19 dengan CM 849-1 menghasilkan varietas Malang 1, dan persilangan antara varietas CM 922-2 dengan CM 507-37 menghasilkan varietas Malang 2 (Diane dan Wargiono, 1986).

2.6.2 Tape Singkong

Tape adalah produk yang dihasilkan dari proses fermentasi, di mana terjadi suatu perombakan bahan-bahan menjadi bentuk yang lebih sederhana. Zat pati yang ada dalam bahan makanan diubah menjadi bentuk yang sederhana yaitu gula, dengan bantuan suatu mikroorganisme yang disebut ragi atau khamir. Tape memiliki tekstur yang lunak dan berair, rasanya manis dan sedikit mengandung alkohol, serta memiliki aroma yang menyenangkan. Tape merupakan olahan pangan yang harus segera dikonsumsi karena sifatnya yang cepat rusak akibat adanya fermentasi lanjutan setelah kondisi optimum fermentasi tercapai (Hidayat dkk., 2006: 111).

Pada umumnya di masyarakat dikenal dua jenis tape, yaitu tape singkong dan tape ketan. Namun, pada penelitian kali ini kita akan membahas tentang tape singkong. Tape singkong dibuat dalam beberapa tahapan, yaitu: 1) mengupas kulit singkong hingga bersih kemudian disortasi, 2) singkong yang sudah bersih ditanak selama ± 30 menit hingga matang agar enzim mikroba pada ragi bekerja dengan baik dan membunuh bakteri kontaminan, 3) setelah matang, singkong diangkat dan didinginkan pada suhu ruangan selama ± 1 jam supaya singkong tidak terlalu lembab dan tidak cepat busuk, 4) singkong yang sudah dingin dicampur dengan ragi komersial, 5) singkong yang sudah ditaburi ragi dimasukkan dalam wadah yang dilapisi daun pisang, 6) singkong disimpan selama 1-3 hari (24-72 jam) pada suhu kamar (Hasanah dkk., 2012).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Utami (2015), tape yang berbahan dasar singkong berdaging kuning memiliki rasa yang lebih enak daripada yang berdaging putih, karena singkong berdaging kuning mempunyai daging lebih halus tanpa serat-serat kasar. Tape singkong berwarna kuning berbentuk agak panjang sekitar 5-6 cm dan dikenal dengan rasa manis serta lebih banyak mengandung Vitamin A daripada yang berwarna putih. Untuk membuat tape singkong kuning ini bahan dasar yang sering digunakan adalah dari varietas mentega dan singkong yang bagus untuk dibuat tape adalah yang berumur 6 bulan hingga 1 tahun. Penggunaan varietas mentega dalam pembuatan tape singkong tersebut juga didukung oleh hasil penelitian Sriyanti (2003), yang menyatakan

bahwa dari tiga varietes singkong unggulan yakni varietes randu, mantega dan menthik ternyata kadar gula tertinggi terdapat pada varietas mantega yakni sebesar 11,8% mg/dl.

2.6.3 Ragi Tape

Ragi tape merupakan starter/inokulum tradisional Indonesia untuk membuat berbagai macam makanan fermentasi seperti pembuatan tape baik krtan maupun singkong, brem cair ataupun padat dll. Mikroba yang terkandung dalam ragi tape merupakan populasi campuran yang terdiri dari spesies-spesies genus *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenulla*, dan bakteri *Acetobacter*. Genus tersebut hidup bersama-sama secara sinergis. *Aspergillus* menyederhanakan tepung menjadi glukosa serta memproduksi enzim *glukoamilase* yang akan memecah pati dengan mengeluarkan unit-unit glukosa, sedangkan *Saccharomyces*, *Candida* dan *Hansenulla* dapat menguraikan gula menjadi alkohol dan bermacam-macam zat organik lain sementara itu *Acetobacter* dapat merombak alkohol menjadi asam.

Tabel 2.7 Kandungan gizi ragi setiap 100 gram

Kandungan gizi	Kandungan dalam 100 gram
Kalori	136 kal
Protein	43,0 g
Lemak	2,4 g
Karbohidrat	3,0 g
Kalsium	140 mg
Fosfor	1900 mg
Besi	20,0 mg
Vitamin A	0
Vitamin B	16000 mg
Air	10 g

Sumber: Direktorat Depkes RI (1992).

Ragi terbagi menjadi 3 jenis, berikut ini adalah jenis ragi yang ada di pasaran:

1. ragi basah atau padat (*Compressed Yeast*), ragi ini memiliki tekstur halus, padat, berbentuk balok atau kubus kecil, dan memiliki aroma yang sangat tajam dengan aroma alkohol yang sangat khas. Di antara jenis yang lain, ragi padat mudah sekali mati, karena hanya bisa bertahan dalam suhu ruang selama 2-3 hari. Ragi padat biasa digunakan dalam pembuatan tape singkong dan ketan, sehingga banyak orang menyebutnya dengan ragi tape. Beberapa

merek ragi padat yang berada di pasaran seperti: NKL, Super, Pasar Anyar, Cap Gedang, Cap Singkong, dan lain-lain

2. ragi kering aktif atau koral (*Active Dry Yeast*), ragi ini berbentuk butiran kasar dan seperti namanya ragi kering aktif perlu “dihidupkan” sebelum dicampurkan dalam adonan. Cara menghidupkannya yaitu memakai larutan air dan gula. Ragi kering aktif memiliki ketahanan yang lama, yaitu bisa mencapai satu tahun dalam suhu ruang
3. ragi instan (*Instant Yeast*), ragi ini berbentuk butiran yang lebih kecil dari ragi kering aktif. Namun sifatnya lebih cepat mati dari ragi kering aktif, sehingga perlu dipindah ke wadah kedap udara setelah dibuka kemasannya. Ragi ini biasa digunakan dalam pembuatan berbagai macam kue dan *cake*. Beberapa merek ragi instan yang berada di pasaran seperti: Fermipan, Mauri-pan, Saf-instan, GS (khusus donat), dan Haan (Sumber: media neliti.com)

2.6.4 Proses Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses perubahan senyawa organik menjadi senyawa sederhana yang berlangsung karena adanya katalisator enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu yang dapat berlangsung baik secara aerobik maupun secara anaerobik (Pagarra, 2010). Pada umumnya proses pembuatan tape menggunakan proses fermentasi anaerob, yaitu setelah bahan diberi ragi dan dimasukkan kedalam cawan kemudian disimpan ditempat tertutup selama \pm 1-3 hari pada temperatur 26-30 $^{\circ}$ C. Pada saat 0-2 jam setelah peragian belum tampak adanya aktivitas mikroba karena sel masih beradaptasi dan hanya berubah ukuran serta massanya saja (fase lag), saat memasuki 3-18 jam setelah peragian mikroba melalui fase eksponensial (fase log) dimana pertumbuhan dan pembelahan sel meningkat serta sel bekerja secara optimal karena mulai aktifnya hormon *Nerve Growth Factor* (NGF), yaitu hormon yang berperan untuk mempertahankan keseimbangan pertumbuhan, kesintasan, dan kematian sel. Pada saat 18-24 jam setelah peragian mikroba akan memasuki fase stasioner, dimana jumlah sel yang bertahan sama dengan jumlah sel yang mati. Memasuki penyimpanan hari ke-2 dan ke-3 mikroba akan mengalami fase kematian, yaitu

fase dimana aktivitas mikroba mulai menurun karena jumlah substrat pati yang akan dihidrolisis habis sehingga reduksi glukosa juga akan berkurang.

Secara singkat proses fermentasi tape sebagai berikut: Mula-mula pati dalam singkong akan diubah oleh enzim *amilase* yang dikeluarkan oleh mikroba tersebut menjadi maltosa. Maltosa dapat dirombak menjadi glukosa oleh enzim *maltase*, kemudian glukosa oleh enzim *zimase* dirombak menjadi alkohol. Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* akan mengubah 70 % glukosa di dalam substrat menjadi karbondioksida dan alkohol, sedangkan sisanya tanpa ada nitrogen diubah menjadi produk penyimpanan cadangan. Pada fermentasi tape yang lebih lanjut alkohol oleh enzim *alkoholase* dapat diubah menjadi asam asetat, asam piruvat dan asam laktat. Terbentuknya asam asetat, asam piruvat dan asam laktat karena adanya bakteri *Acetobacter* yang sering terdapat dalam ragi yang bersifat oksidatif (Fardiaz, 1992).

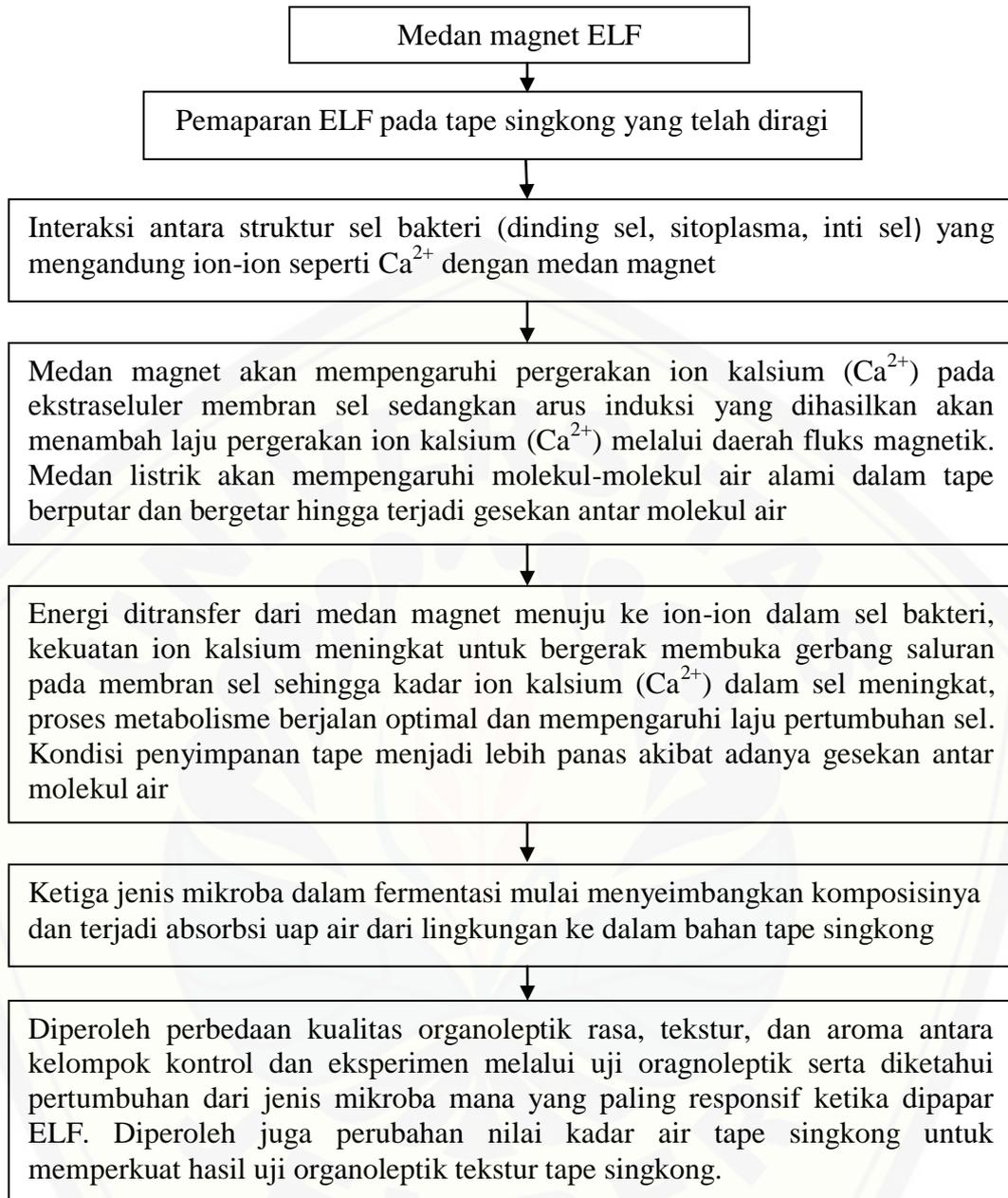
2.7 Kerangka Konsep

Adapun konsep dan alur dalam penelitian ini ditunjukkan dalam gambar 2.5 tentang kerangka konseptual.

2.8 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian di atas maka hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap percepatan dan perlambatan penurunan kondisi organoleptik rasa, aroma, dan tekstur tape singkong.
- b. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap perubahan nilai kadar air tape singkong.



Gambar 2.5 Kerangka konseptual

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian memuat uraian tentang 1) jenis dan desain penelitian, 2) tempat dan waktu penelitian, 3) variabel penelitian, 4) alat dan bahan, 5) prosedur penelitian, dan 6) metode analisa data.

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Tujuan dari jenis penelitian ini yaitu untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap suatu subjek dalam kondisi terkendali, karena variabel-variabel dapat dipilih dan variabel-variabel lain yang dapat mempengaruhi proses eksperimen itu dapat dikontrol secara ketat (Sugiyono, 2017: 107). Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol.

3.1.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized subjects post test only control group design*, yaitu terdapat dua kelompok yang dipilih secara random kemudian kelompok pertama diberi perlakuan sedangkan kelompok yang lain tidak. Dalam penelitian ini yang menjadi kelompok kontrol adalah tape singkong yang tidak diberi paparan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF, dan yang menjadi kelompok eksperimen adalah tape singkong yang diberi paparan medan magnet gelombang elektromagnetik ELF dengan intensitas 300 μT dan 500 μT selama 30 menit dan 45 menit. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini:

Keterangan:

- K₁ : sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF pada saat 44 jam setelah peragian
- K₂ : sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF pada saat 60 jam setelah peragian
- K₃ : sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF pada saat 84 jam setelah peragian
- K₄ : sampel kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF pada saat 120 jam setelah peragian
- E_{1.1} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 44 jam setelah peragian
- E_{1.2} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 60 jam setelah peragian
- E_{1.3} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 84 jam setelah peragian
- E_{1.4} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 120 jam setelah peragian
- E_{1.5} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 44 jam setelah peragian
- E_{1.6} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 60 jam setelah peragian
- E_{1.7} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 84 jam setelah peragian

- E_{1.8} : sampel kelompok eksperimen 1 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 300 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 120 jam setelah peragian
- E_{2.1} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 44 jam setelah peragian
- E_{2.2} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 60 jam setelah peragian
- E_{2.3} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 84 jam setelah peragian
- E_{2.4} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 30' pada saat 120 jam setelah peragian
- E_{2.5} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 44 jam setelah peragian
- E_{2.6} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 60 jam setelah peragian
- E_{2.7} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 84 jam setelah peragian
- E_{2.8} : sampel kelompok eksperimen 2 dengan paparan medan magnet ELF instensitas 500 μ T dengan lama paparan 45' pada saat 120 jam setelah peragian

Pada 44 jam setelah peragian : kelompok kontrol perlakuan 1 diambil 3 cawan tape singkong untuk diukur kadar airnya dan uji organoleptik terhadap 3 cawan dari masing-

masing tape singkong perlakuan 1 kelompok eksperimen 300 μ T lama paparan 30' dan 45', serta 3 cawan dari masing-masing tape singkong perlakuan 1 kelompok eksperimen 500 μ T lama paparan 30' dan 45' (K₁, E_{1.1}, E_{1.5}, E_{2.1}, E_{2.5})

Pada 60 jam setelah peragian : kelompok kontrol perlakuan 2 diambil 3 cawan tape singkong untuk diukur kadar airnya dan uji organoleptik terhadap 3 cawan dari masing-masing tape singkong perlakuan 2 kelompok eksperimen 300 μ T lama paparan 30' dan 45', serta 3 cawan dari masing-masing tape singkong perlakuan 2 kelompok eksperimen 500 μ T lama paparan 30' dan 45' (K₂, E_{1.2}, E_{1.6}, E_{2.2}, E_{2.6})

Pada 84 jam setelah peragian : kelompok kontrol perlakuan 3 diambil 3 cawan tape singkong untuk diukur kadar airnya dan uji organoleptik terhadap 3 cawan dari masing-masing tape singkong perlakuan 3 kelompok eksperimen 300 μ T lama paparan 30' dan 45', serta 3 cawan dari masing-masing tape singkong perlakuan 3 kelompok eksperimen 500 μ T lama paparan 30' dan 45' (K₃, E_{1.3}, E_{1.7}, E_{2.3}, E_{2.7})

Pada 120 jam setelah peragian : kelompok kontrol perlakuan 4 diambil 3 cawan tape singkong untuk diukur kadar air dan uji organoleptik terhadap 3 cawan dari masing-masing tape singkong perlakuan 4 kelompok eksperimen 300 μ T lama paparan 30' dan 45', serta 3 cawan dari masing-masing tape singkong perlakuan 4 kelompok eksperimen 500 μ T lama paparan 30' dan 45' (K₄, E_{1.4}, E_{1.8}, E_{2.4}, E_{2.8})

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Sedangkan pada tahap paparan medan magnet ELF akan dilaksanakan di ruang penyimpanan alat ELF yaitu di gedung Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember. Adapun waktu penelitian akan dilaksanakan pada semester gasal tahun ajaran 2018/2019.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:
 - 1) Intensitas paparan medan magnet ELF yang digunakan untuk kelompok eksperimen sebesar 300 μ T dan 500 μ T.
 - 2) Lama paparan medan magnet ELF, yaitu 30 menit dan 45 menit (30' dan 45').
 - 3) Waktu pengambilan data, yaitu 44 jam, 60 jam, 84 jam, dan 120 jam setelah peragian.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar air dan organoleptik tape singkong (rasa, tekstur, aroma)

3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Definisi operasional merupakan uraian yang membatasi setiap istilah atau frasa kunci yang digunakan dalam penelitian dengan makna tunggal dan terukur. Fungsinya, yaitu untuk menghindari terjadinya kesalahan penafsiran beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian. Secara operasional variabel penelitian ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. Medan Magnet Gelombang Elektromagnetik ELF

Gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency (ELF)* adalah spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi kurang dari 300 Hz. Penelitian ini menggunakan alat penghasil medan magnet ELF yang mempunyai frekuensi 50 Hz. Alat ini terdiri dari dua unit komponen utama, yaitu transformator step-down dan sangkar (box) medan elektromagnet ELF.

Alat tersebut dapat mulai bekerja setelah diberi input sumber tegangan PLN 220 volt, dengan kuat arus mencapai 5 A dan frekuensinya 50 Hz. Untuk memperoleh medan magnet ELF yang optimal, maka digunakan transformator step-down dan current transformator dalam alat. Transformator step-down akan menyebabkan penurunan tegangan pada alat yaitu dari besar tegangan input 220 volt menjadi tegangan 7 volt, sedangkan current transformator akan menaikkan kuat arus listrik yaitu dari arus 5 A menjadi arus sebesar 125 – 2500 A untuk kemudian dialirkan pada lempengan tembaga sangkar medan magnet ELF. Kondisi dimana tegangan yang terpakai kecil namun arus yang digunakan maksimal dapat menghasilkan paparan medan listrik ELF yang minimal mendekati medan listrik alamiah, sehingga paparan medan magnet yang diharapkan dapat mencapai titik maksimal.

Intensitas paparan medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian ini adalah 300 μT dan 500 μT serta medan listrik ELF yang intensitasnya tidak berbeda dengan medan listrik alamiah. Kondisi tersebut dapat tercapai optimal oleh alat dengan menggunakan tegangan terpakai 7 volt dan kuat arus sekitar 125 A sampai 700 A pada lempengan sangkar medan magnet ELF. Hal tersebut sesuai dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Lama paparan medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian ini yaitu selama 30 menit dan 45 menit (30' dan 45'). Alasan peneliti memilih waktu tersebut karena berdasarkan pada beberapa penelitian terkait yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya.

b. Fermentasi tape singkong

Merupakan tahapan terjadinya hidrolisis terhadap pati dalam daging tanaman singkong menjadigula sederhana melalui reaksi enzimatik serta diiringi dengan perubahan gula menjadi alkohol. Lama penyimpanan atau proses fermentasi yang digunakan yaitu 44 jam, 60 jam, 84 jam, dan 120 jam setelah peragian. Hal tersebut karena seperti diketahui bahwa proses fermentasi tape umumnya berlangsung optimal selama 2 – 3 hari dan kondisi fisiknya akan semakin menurun mulai hari ke-4 hingga satu minggu setelah peragian.

c. Rasa, tekstur, dan aroma tape singkong

Merupakan beberapa indikator untuk menentukan tingkat kematangan tape singkong. Untuk mengetahui rasa dan tekstur tersebut dapat dilakukan melalui uji organoleptik / uji indera / uji sensorik, yaitu cara pengujian dengan menggunakan indera manusia sebagai alat utama untuk pengukuran daya penerimaan terhadap mutu produk. Uji organoleptik tersebut dilakukan dengan cara mencium aroma tape saat bungkus daun pisang mulai dibuka lalu menekan potongan tape menggunakan jari dan kemudian dikunyah.

d. Kadar air tape singkong

Merupakan salah satu sifat fisis yang dimiliki oleh suatu bahan dan biasa digunakan sebagai salah satu indikator untuk menentukan kematangan bahan. Untuk mengetahui kadar air tape dilakukan pengukuran massa tape ketika setelah diragi hingga saat pengambilan data, kemudian hasilnya dikonversikan ke dalam persamaan berikut:

$$KA = \frac{m_o - m_t}{m_o} \times 100 \%$$

Keterangan:

KA = kadar air (%)

m_o = massa awal sampel (gr)

m_t = massa akhir sampel (gr)

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. *Current Transformer* (CT), berfungsi menghasilkan medan magnet ELF dengan sumber arus AC pada frekuensi 50 Hz.



Gambar 3.2 Alat sumber paparan medan magnet ELF
(Sumber: Sadidah, 2015)

- b. EMF meter, berfungsi sebagai media atau alat bantu untuk memancarkan medan magnet ELF
- c. Neraca digital, berfungsi untuk menimbang massa singkong pada masing-masing wadah pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.
- d. Mika plastik yang didalamnya telah dialasi daun singkong sebagai tempat menyimpan singkong saat proses fermentasi fermentasi.

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Singkong varietas mentega sebanyak 6 kilogram (masing-masing cawan sampel terdiri dari 100 gram singkong)
- b. Ragi tape komersial sebanyak 60 gram (takaran yang baik 10 gram / 1 kg singkong)
- c. Daun pisang, sebagai alas pembungkus tape singkong

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Prosedur Pembuatan Tape Singkong

Proses pembuatan tape singkong dimulai dengan terlebih dahulu mengupas kulit singkong hingga bersih kemudian dilakukan penyortiran untuk memisahkan antara singkong yang layak digunakan dan yang tidak layak. Setelah disortir singkong lalu dipotong pada bagian bonggol hingga tengahnya dengan ukuran kemudian dicuci dibawah air mengalir sampai benar-benar bersih, setelah itu singkong di tanak selama ± 15 menit hingga matang menggunakan api sedang. Setelah matang, singkong diangkat dan didinginkan pada suhu ruangan selama ± 1

jam tujuannya supaya mikroba-mikroba yang ada pada ragi dapat bekerja secara optimal. Singkong yang sudah dingin kemudian ditaburi ragi dan ditimbang dengan berat 100 gram sebanyak 60 kali/sampel menggunakan neraca. Singkong yang sudah ditaburi ragi dibungkus dengan daun pisang dan dimasukkan dalam cawan berupa mika plastik.

3.5.2 Prosedur Pemaparan Gelombang Elektromagnetik ELF

Penelitian ini terdiri dari dua kelompok, yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak diberi perlakuan khusus, sehingga kelompok ini mendapat perlakuan secara alamiah di tempat terbuka tanpa sinar matahari. Sedangkan kelompok eksperimen merupakan kelompok yang mendapat paparan gelombang elektromagnetik ELF menggunakan alat *ELF Electromagnetic Fields Sources* dengan perlakuan sebagai berikut:

- a. Input sumber tegangan PLN 220 volt, kuat arus 5A, dan frekuensi 50 Hz dengan tegangan terpakai 7 volt dan kuat arus 125 dan 700 A.
- b. Kelompok eksperimen 1 mendapat paparan medan magnet ELF sebesar 300 μT dengan lama paparan 30 menit dan 45 menit.
- c. Kelompok eksperimen 2 mendapat paparan medan magnet ELF sebesar 500 μT dengan lama paparan 30 menit dan 45 menit.

Adapun prosedur pengoperasian alat *ELF Electromagnetic Fields Sources* sebagai berikut:

- 1) On-kan MCB 2P 50 A (terdapat dalam panel). Bila tegangan telah terhubung maka *pilot lamp* akan menyala.
- 2) Pastikan output tegangan *slite voltage* regulator adalah nol, dengan memutar knob putar berlawanan arah jarum jam (ke kiri) hingga knob putar tidak dapat diputar lagi.
- 3) Tekan *push botton* (warna merah) untuk menyalakan regulator arus. Bila knob putar pada langkah no 2 belum diputar sampai posisi nol maka kontraktor tidak akan On (menyala) dan peralatan belum dapat digunakan.

- 4) Putar knob searah jarum jam (ke kanan) sampai didapatkan besaran arus yang diinginkan yaitu sebesar 125 A dan 700 A. Terdapat display arus untuk mengetahui berapa arus yang mengalir dalam peralatan regulator arus.
- 5) Tekan *push botton* (warna hijau) untuk mematikan regulator arus.

3.5.3 Prosedur Pengujian Kadar Air Tape Singkong

- 1) Setelah tape yang baru saja diragi dikemas dalam mika plastik, ukurlah massanya dengan cara menimbanginya menggunakan neraca digital dan jadikan datanya sebagai massa awal tape singkong
- 2) Pada saat jam pengambilan data, sebelum membuka mika tape ukurlah massanya dengan cara menimbang massa tape untuk dijadikan sebagai massa akhir
- 3) Masukkan data massa awal dan akhir tape singkong dalam rumus berikut:

$$KA = \frac{m_o - m_t}{m_o} \times 100 \%$$

Keterangan:

KA = kadar air (%)

m_o = massa awal sampel (gr)

m_t = massa akhir sampel (gr)

3.5.4 Prosedur Pengujian Organoleptik Rasa, Tekstur, dan Aroma Tape Singkong

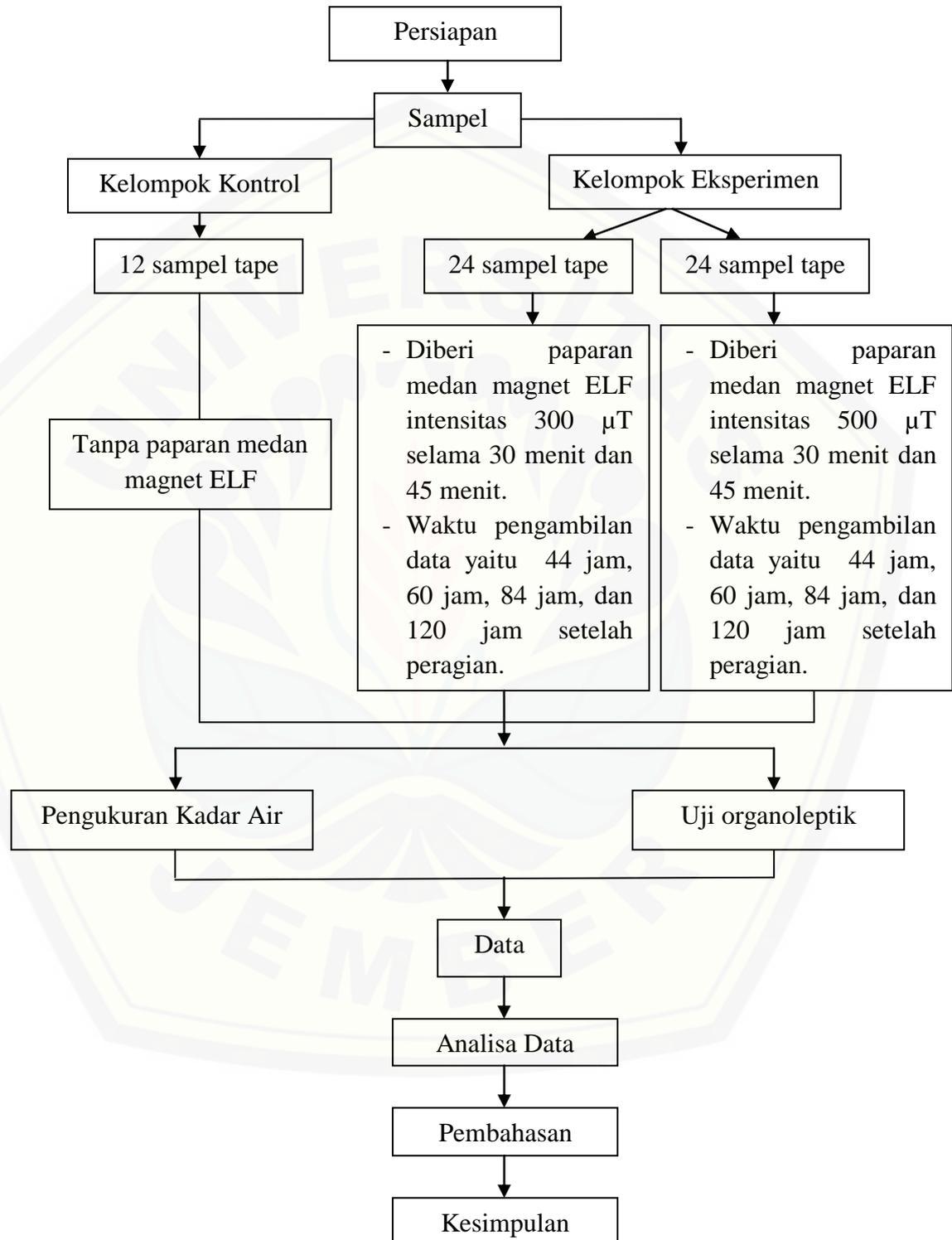
- 1) Buka pembungkus tape singkong untuk dapat mencium aroma dari tape singkong.
- 2) Tekan tape singkong menggunakan jari tangan untuk mengetahui kondisi teksturnya.
- 3) Ambil sedikit potongan tape untuk dikunyah agar mengetahui perubahan rasa yang terjadi

3.5.5 Bagan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Siapkan sampel berupa singkong yang telah ditaburi ragi tape untuk memenuhi 60 cawan dengan masing-masing cawan berisi 100 gram tape singkong
- 2) Bagilah 60 cawan sampel singkong yang telah ditaburi ragi tersebut ke dalam dua kelompok, yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen terdiri dari dua perlakuan yaitu dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 300 μT dan 500 μT . Sehingga pembagian kelompok kontrol dengan jumlah 12 cawan dan kelompok eksperimen 48 cawan dengan intensitas 300 μT dan 500 μT masing-masing 27 cawan.
- 3) Berikan perlakuan pada kelompok eksperimen, yaitu dipapari medan magnet ELF intensitas 300 μT dan 500 μT selama 30 menit dan 45 menit pada saat jam ke-8 setelah peragian, karena pada saat tersebut bakteri mulai memasuki fase log (pertumbuhan eksponensial).
- 4) Letakkan cawan/sampel dari kelompok kontrol pada ruang terbuka tanpa pengaruh sinar matahari
- 5) Ambil data tentang rasa, tekstur, aroma, dan kadar air tape singkong pada 3 cawan/sampel setelah 44 jam peragian untuk masing-masing kelompok kontrol (K_1) dan kelompok eksperimen ($E_{1.1}$, $E_{1.5}$, $E_{2.1}$, $E_{2.5}$)
- 6) Ambil data tentang rasa, tekstur, aroma, dan kadar air tape singkong pada 3 cawan/sampel setelah 60 jam peragian untuk masing-masing kelompok kontrol (K_2) dan kelompok eksperimen ($E_{1.2}$, $E_{1.6}$, $E_{2.2}$, $E_{2.6}$)
- 7) Ambil data tentang rasa, tekstur, aroma, dan kadar air tape singkong pada 3 cawan/sampel setelah 84 jam peragian untuk masing-masing kelompok kontrol (K_3) dan kelompok eksperimen ($E_{1.3}$, $E_{1.7}$, $E_{2.3}$, $E_{2.7}$)
- 8) Ambil data tentang rasa, tekstur, aroma, dan kadar air tape singkong pada 3 cawan/sampel setelah 120 jam peragian untuk masing-masing kelompok kontrol (K_4) dan kelompok eksperimen ($E_{1.4}$, $E_{1.8}$, $E_{2.4}$, $E_{2.8}$)
- 9) Buatlah hasil analisis data
- 10) Buatlah kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

Langkah-langkah penelitian di atas secara ringkas dapat dijelaskan dalam bentuk bagan prosedur penelitian seperti disajikan pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.3 Bagan prosedur penelitian

3.6 Metode Analisa Data

3.6.1 Tabel Hasil Pengukuran

Tabel 3.1 Data hasil perhitungan nilai kadar air tape singkong

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
	Kel	Kadar Air (%)	Rata-rata	Paparan 300 μ T			Paparan 500 μ T		
				Kel	Kadar Air (%)	Rata-rata	Kel	Kadar Air (%)	Rata-rata
44	K ₁	_____	_____	E _{1.1} (30')	_____	_____	E _{2.1} (30')	_____	_____
		_____		E _{1.5} (45')	_____		E _{2.5} (45')	_____	
60	K ₂	_____	_____	E _{1.2} (30')	_____	_____	E _{2.2} (30')	_____	_____
		_____		E _{1.6} (45')	_____		E _{2.6} (45')	_____	
84	K ₃	_____	_____	E _{1.3} (30')	_____	_____	E _{2.3} (30')	_____	_____
		_____		E _{1.7} (45')	_____		E _{2.7} (45')	_____	
120	K ₄	_____	_____	E _{1.4} (30')	_____	_____	E _{2.4} (30')	_____	_____
		_____		E _{1.8} (45')	_____		E _{2.8} (45')	_____	

Tabel 3.2 Data hasil uji organoleptik rasa, tekstur, dan aroma tape singkong

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen								
	Kel	Ra-sa	Tekstur	Aroma	Paparan 300 μ T				Paparan 500 μ T			
					Kel	Ra-sa	Tekstur	Aroma	Kel	Ra-sa	Tekstur	Aroma
44	K ₁	_____	_____	_____	E _{1.1} (30')	_____	_____	_____	E _{2.1} (30')	_____	_____	_____
		_____			E _{1.5} (45')	_____			E _{2.5} (45')	_____		
60	K ₂	_____	_____	_____	E _{1.2}	_____	_____	_____	E _{2.2}	_____	_____	_____

Jam ke-	Kelompok Kontrol				Kelompok Eksperimen								
	Kel	Ra-sa	Tekstur	Aroma	Paparan 300 μ T				Paparan 500 μ T				
					Kel	Ra-sa	Tekstur	Aroma	Kel	Ra-sa	Tekstur	Aroma	
					(30')					(30')			
					E _{1,6}					E _{2,6}			
					(45')					(45')			
84	K ₃				E _{1,3}					E _{2,3}			
					(30')					(30')			
					E _{1,7}					E _{2,7}			
					(45')					(45')			
120	K ₄				E _{1,4}					E _{2,4}			
					(30')					(30')			
					E _{1,8}					E _{2,8}			
					(45')					(45')			

3.6.2 Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif menggunakan bantuan software Microsoft Office Exel, regresi linier, dan uji *One Way* Anova dengan metode menggunakan SPSS 23 dengan penyajian data dalam bentuk tabel. Analisis data dalam penelitian ini Microsoft Office Exel digunakan untuk mengolah data mentah hasil penelitian dan membuat grafik pengaruh paparan medan magnet ELF antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen. Uji regresi linier digunakan untuk mengetahui korelasi dari beberapa variabel dalam penelitian. Sedangkan Uji *One Way* Anova dengan metode *Post Hoc Bonferroni and Games-Howell* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan (rata-rata paparan medan magnet ELF antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- a. Semakin besar intensitas dan lama paparan medan magnet ELF yang diberikan berpengaruh dalam mempercepat penurunan kualitas organoleptik rasa, tekstur, dan aroma tape singkong. Paparan medan magnet ELF yang diberikan berpengaruh dalam meningkatkan kadar ion Ca^{2+} dalam sel sehingga proses metabolisme berjalan optimal dan meningkatkan laju pertumbuhan sel. Melalui pemberian variasi intensitas paparan dan lama paparan yang tepat akan didapatkan dosis yang efektif untuk mengoptimalkan laju pertumbuhan sel, sehingga mikroorganisme dalam tape akan memiliki komposisi yang seimbang satu sama lain dan diperoleh kualitas organoleptik yang baik.
- b. Semakin besar intensitas dan lama paparan medan magnet ELF yang diberikan, maka berpengaruh dalam meningkatkan kadar air tape singkong. Paparan gelombang elektromagnetik ELF yang diberikan mengakibatkan berputar dan bergetarnya molekul air sehingga terjadi gesekan antar molekul dalam tape singkong dan menimbulkan panas. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya proses absorpsi uap air dari lingkungan ke dalam bahan dan meningkatkan kadar air dalam setiap rongga pori-pori, sehingga struktur bahan menjadi renggang dan tekstur tape berubah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui perubahan nilai pH tape singkong dengan intensitas dan lama paparan yang sama.
- b. Peneliti sebaiknya mempelajari terlebih dahulu tata cara penyimpanan dan perlakuan saat fermentasi berlangsung kepada pihak yang sudah ahli dibidangnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, dan P. Walker. 2002. *Biologi Molekuler Sel*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Alonso, M., dan E. J. Finn. 1983. *Fundamental University Physics*. Canada: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Alonso, M., dan E. J. Finn. 1994. *Dasar-dasar Fisika Universitas (Jilid 2) medan dan Gelombang*. Terjemahan Lea Prasetyo dan Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Ariangga, F. D. 2015. Analisis Dampak Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Intensitas 500 μ T terhadap Jumlah Limfosit Mencit BALB-C sebagai Karya Ilmiah Populer. *Skripsi*. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Ari, M. B. S. 2008. Pengaruh Paparan Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF). Terhadap Daya Hantar Listrik Minimum Isotonik. *Skripsi*. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Asnawi, M., S. H Sumarlan, dan M. B. Hermanto. 2013. Karakteristik Tape Ubi Kayu (*Manihot utilissima*) melalui Proses Pematangan dengan Penggunaan Pengontrol Suhu. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 1(2): 56-66.
- Baafai, U. S. 2004. *Sistem Tenaga Listrik: Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat* [online]. <http://respository.usu.ac.id/handle/123456789/1364>. [7 Desember 2014].
- Barbosa dan Canovas. 1998. *Oscillating Magnetic Fields for Food Processing dalam Non Termal Preservation of Foods*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Dewi, A. K., C. S. Utama, dan S. Mukodiningsih. 2014. Kandungan Total Fungi serta Kapang dan Khamir pada Limbah Pabrik Pakan yang Difermentasi dengan Berbagai Aras Starter Starfung. *Agripet*. 14(2):102-106.
- Diane, M. B., dan J. Wargiono. 1986. *Budi Daya Ubi Kayu*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Dirayati, A. A. Gani, dan Erlidawati. 2017. Pengaruh Jenis Singkong dan Ragi terhadap Kadar Etanol Tape Singkong. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA (JIPI)*. 1(1): 26-33.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1992. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Bhartara Karya Aksara.

- Dwidjoseputro, D. 2005. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan.
- Ervina, V. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Jumlah Bakteri *Acetobacter xylinum* dan pH pada Proses Pembuatan Starter *Nata de coco*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Fahmi, N., dan Nurrahman. 2011. Kadar Glukosa, Alkohol dan Citarasa Tape Onggok Berdasarkan Lama Fermentasi. *Jurnal Pangan dan Gizi*. 2(3): 25-42.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Handoko, Sudarti, dan R. D. Handayani. 2017. Analisis Dampak Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) pada Biji Cabai Merah Besar (*Capsicum annum.L*) terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah Besar (*Capsicum annum.L*). *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5(4): 370-377.
- Hasanah, H., A. Jannah, dan G. Fasya. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap kadar Alkohol Tape Singkong (*Manihot utilissima Pohl*). *ALCHEMY*. 2(1): 68-79.
- Hersa, V. T. 2014. Respon *Salmonella typhimurium* pada Bumbu Gado-gado terhadap Paparan *Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field*. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Hidayat, N. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta: Andi.
- Hoong, N. K. 2011. Pengenalan Kepada Medan Elektromagnetik dan Kesehatan. Materi Seminar Kesadaran Awam Berkaitan Medan Elektromagnetik (EMF). Putrajaya: University of Malaya.
- <https://media.neliti.com/media/publication/68209-ID-none>.
- IARC. 2002. *IARC Monographs on The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 80 Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*. France: IARC Press.
- Iguchi, M., S. Yamanaka, dan A. Budhiono. 2000. Review Bacterial Cellulose-A Masterpiece of Nature's Arts. *Journal of Materials Science*. 35. 261-270.
- Iryandi, A. F., Y. Hendrawan, dan N. Komar. 2014. Pengaruh Penambahan Air Jeruk Nipis (*Nitrus aurantifolia*) dan Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Nata de Soya. *Jurnal Bioproses Komoditas Tape*. 1(1): 8-15.
- Ishaq, M. 2007. *Fisika Dasar Elektisitas dan Manetisme*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Khoiroh, H. N. L. 2017. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemaran Fungi. *Skripsi*. Jember: Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Komisah, S. 2001. Pembuatan Alat Uji Teknis Sifat Dielektrik Bahan Cair. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kristinawati, A. 2015. Pengaruh Lama Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Kadar Air pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Kurnia, N., dan F. Marwatoen. 2014. Penentuan Kadar Sianida Daun Singkong dengan Variasi Umumr Daun dan Waktu Pemetikan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia*. 1(2): 117-121.
- Ma'rufiyanti, P., Sudarti, dan A. A. Gani. 2014. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300 μ T dan 500 μ T terhadap Perubahan Kadar Vitamin C dan Derajat Keasaman (pH) pada Buah Tomat. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 3(3): 278-284.
- Nugroho. 2009. Pengaruh Perubahan Konfigurasi Saluran Jaringan SUTET 500 kV terhadap Medan Magnet. *Media Elektronika*. 2(1): 9-17.
- Pagarra, H. 2010. Pengaruh Lama Fermentasi dengan Ragi Tape terhadap Glukosa pada Umbi Gadung (*Disocorea hispida* DENNST). *Bionature*. 1(1): 7-13.
- Poli, P. S. 2009. *Komunikasi Sel dalam Biologi Molekuler*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Putri, Y. N. 2007. Mempelajari Pengaruh Penyimpanan Tape Ketan (*Oryza sativa glutinosa*) terhadap Daya Terima Konsumen. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rosyidah, A. 2017. Pengaruh Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Proses Pertumbuhan Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*). *Skripsi*. Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Saleh, E. R. M., E. Noor, T. Djatna, dan Irzaman. 2013. Prediksi Masa Kadaluwarsa Wafer dengan Artificial Neural Network (ANN) Berdasarkan parameter Nilai Kapasitansi. *AGRITECH*. 33(4): 450-457.
- Sari, E. K. N., S. Bambang, dan Sumarlan. 2012. Proses Pengawetan Sari Buah Apel (*Mallus sylvestris* Mill) secara Non-Termal Berbasis Teknologi *Oscillating Magneting Field* (OMF). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(2): 78-87.

- Sadidah, K. R., Sudarti, dan A. A. Gani. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300 μT dan 500 μT terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 4(1): 1-8.
- Serway, R. A., dan J. W. Jewett. 2008. *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*. USA: Thomson Learning, Inc.
- Sinko, P. J. 2012. *Martin Farmasi Fisika dan Ilmu Farmasetika*. Terjemahan oleh Joshinta Djajadisastra dan Amalia H. Hadinata. Jakarta: EGC.
- Sriyanti. 2003. Studi Komparatif Kadar Gula dan Alkohol Tape Singkong dari Varietas yang Berbeda. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Solihin, Muhtarudin, dan R. Sutrisna. 2015. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Kadar Air Kualitas Fisik dan Sebaran Jamur Wafer Limbah Sayuran dan Umbi-umbian. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*. 3(2): 48-54.
- Sudarti. 2010. Mekanisme Peningkatan Kalsium Sel Germinal pada Mencit Bulb/C yang Dipapar Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 100-150 μT . Jember: Universitas Jember.
- Sudarti, dan Helianti. 2005. The Effect of Alteration 11-10 to The Immuno Modulation Response on Bul/C Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20 μT . Jember: Universitas Jember.
- Sudarti, dan T. Prihandono. 2014. Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap Prevalensi *Salmonella* dalam Bahan Pangan untuk Meningkatkan Keamanan Pangan bagi Masyarakat. Jember: Universitas Jember.
- Sudaryanto. 2009. *Medan Elektromagnetik*. Jember: Jember University Press.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syukri, S. 1999. *Kimia dasar Jilid 2*. Bandung: ITB.
- Tarigan, T. R. P., U. A. Gani, dan Managam Rajagukguk. 2013. Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik yang Ditimbulkan Oleh Telepon Selular. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1(1): 1-8.
- Tipler, P. A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknin Edisi ketiga Jilid 2*. Alih Bahasa Dr. Bambang Soegiono. Jakarta: Erlangga.

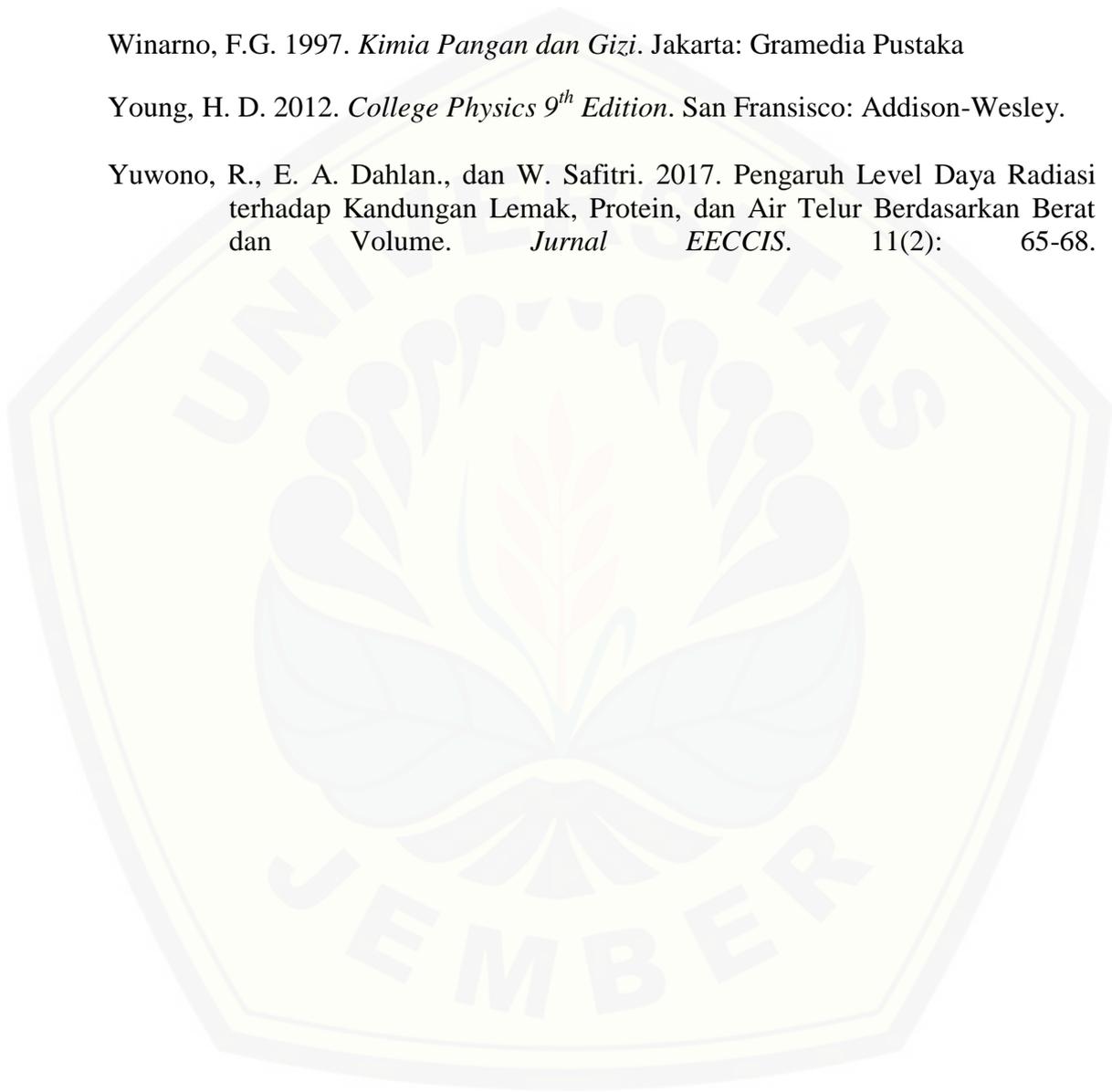
Utami, A. M. T. 2015. Analisis Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*) Tape di Kabupaten Jember. *Skripsi*. Jember: Fakultas Pertanian Universitas Jember.

WHO. 2016. *Electromagnetic Fields and Public Health*. <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/en/> [Diakses pada 5 Mei 2018].

Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka

Young, H. D. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Fransisco: Addison-Wesley.

Yuwono, R., E. A. Dahlan., dan W. Safitri. 2017. Pengaruh Level Daya Radiasi terhadap Kandungan Lemak, Protein, dan Air Telur Berdasarkan Berat dan Volume. *Jurnal EECCIS*. 11(2): 65-68.



LAMPIRAN 1. Matrik Penelitian

NAMA : Isnaini Kurnia Sari

NIM : 150210102072

RG : 2 (Dua)

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	VARIABEL	DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	METODE PENELITIAN
<p>Aplikasi Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> terhadap Organoleptik dan Kadar Air Tape Singkong.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mengkaji aplikasi paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> terhadap organoleptik rasa, tekstur, dan aroma tape singkong Mengkaji aplikasi paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> terhadap kadar air tape singkong 	<p>Variabel Terikat:</p> <ul style="list-style-type: none"> Organoleptik rasa, aroma, dan tekstur tape singkong Kadar air tape singkong <p>Variabel Kontrol:</p> <ul style="list-style-type: none"> Jenis singkong Massa singkong pada setiap wadah Jenis ragi tape Kadar ragi tape yang digunakan <p>Variabel Bebas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Intensitas paparan medan magnet ELF yang digunakan untuk 	<p>Data :</p> <ul style="list-style-type: none"> Data diperoleh dari hasil uji organoleptik secara langsung untuk melihat perubahan rasa, tekstur, dan aroma serta dari hasil pengukuran massa tape singkong untuk mendapatkan nilai kadar air Bahan rujukan: buku pustaka dan jurnal yang relevan. <p>Teknik Pengambilan Data :</p> <ul style="list-style-type: none"> Penentuan Sampel Sampel yang digunakan dalam penelitian ini 	<p>Jenis Penelitian: Penelitian eksperimen</p> <p>Desain Penelitian: <i>Randomized subjects post test only control group design</i>, di mana pembagian dua kelompok subjek penelitian dilakukan secara acak.</p> <p>Tempat Penelitian</p> <ul style="list-style-type: none"> Laboratorium Fisika FKIP Universitas Jember Kediaman peneliti <p>Teknik Pengumpulan</p>

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	VARIABEL	DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	METODE PENELITIAN
		<p>kelompok eksperimen yaitu 300 μT dan 500 μT, sedangkan untuk kelompok kontrol tidak diberi paparan ELF.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lama paparan medan magnet ELF yaitu selama 30 menit dan 45 menit - Lama penyimpanan tape singkong yaitu 44 jam, 60 jam, 84 jam, dan 120 jam setelah peragian. 	<p>adalah tape yang berbahan dasar singkong dengan jumlah 60 sampel dengan massa 100 gr/sampel. Kelompok kontrol terdiri dari 12 sampel dan kelompok eksperimen masing-masing terdiri atas 24 sampel. Pada proses pengambilan data akan diambil 3 sampel dari masing-masing kelompok. Adapun penentuan sampel untuk masing-masing kelompok dilakukan secara acak.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perlakuan Perlakuan yang diberikan pada kelompok eksperimen, yaitu dengan memberi paparan medan magnet ELF 300 μT dan 500 	<p>Data: Data diperoleh dari hasil pengamatan langsung dan pengukuran di laboratorium.</p> <p>Teknik Analisis Data:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengetahui perubahan rasa, tekstur, dan aroma pada tape dilakukan uji organoleptik atau uji indera secara langsung. Agar data lebih valid maka pihak yang berhak melakukannya adalah dosen pembimbing beserta dengan peneliti. - Untuk mengetahui nilai kadar air tape singkong yaitu melalui pengukuran massa awal dan akhir tape kemudian

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	VARIABEL	DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	METODE PENELITIAN
			<p>μT dengan lama paparan yang sama yaitu 30 menit dan 45 menit. Sedangkan pada kelompok kontrol tidak diberi paparan medan magnet ELF, sehingga menggunakan fermentasi alamiah pada umumnya.</p> <p>- Pengambilan Data Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu pada 44 jam, 60 jam, 84 jam dan 120 jam setelah peragian.</p>	<p>dikonversika ke dalam persamaan berikut:</p> $KA = \frac{m_o - m_t}{m_o} \times 100 \%$

LAMPIRAN 2. SURAT IZIN PENELITIAN**NAMA : ISNAINI KURNIA SARI****NIM : 150210102072****2.1 Surat Izin Penelitian di Laboratorium Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember**

 KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jl. Kalimantan 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember Kotak Pos 159 Jember 68121
Telp. 0331- 334988, 330738 Fax: 0331-334988
Laman: www.fkip.unej.ac.id

17 JAN 2019

No : **0496** /UN25.1.5/LT/2019
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Kepala Laboratorium Pendidikan Fisika
FKIP Universitas Jember
di Jember

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

Nama : Isnaini Kurnia Sari
NIM : 150210102072
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Aplikasi Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Nilai Kapasitansi dan Organoleptik Tape Singkong" di Laboratorium Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember pada bulan Desember 2018- Januari 2019.

Demikian permohonan ini, atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terimakasih.


Prof. Dr. Suratno, M.Si
NIP. 196706251992031003

2.2 Surat Izin Penelitian di Rumah Produksi Tape Singkong Kuning “Sumber Madu” Jember



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

Nomor **79:14** /UN25.1.5/LT/2018
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

05 NOV 2018

Yth. Kepala Sumber Madu Sae
Jember

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

Nama : Isnaini Kurnia Sari
NIM : 150210102072
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang “Aplikasi Paparan Medan Megnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap Nilai Kapasitansi dan pH Tape Singkong” di usaha pembuatan tape singkong yang Saudara pimpin.

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

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terimakasih.

a.n Dekan
Wakil Dekan I,

Prof. Dr. Suratno, M. Si.
NIP.19670625 199203 1 003



2.3 Surat Izin Peminjaman Alat Pendukung Penelitian di Laboratorium Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember

 **KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL**
UNIVERSITAS JEMBER
LABORATORIUM PENDIDIKAN FISIKA
Jalan. Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: 0331-334988, 330738 Fax: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Jember, 02 November 2018

Nomor : 316/LPF/XI/2018
Lampiran : 1
Perihal : Permohonan Peminjaman Alat

Kepada Yth. : Kepala Laboratorium Pend. Fisika
Di Jember

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

Nama : Isnaini Kurnia Sari
NIM : 150210102072
Jurusan/Program : Pendidikan MIPA/Pendidikan Fisika
Alat : pH meter, Kapasitansi meter, Neraca Digital
Judul Skripsi : Aplikasi Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Nilai Kapasitansi dan pH Tape Singkong

Waktu penggunaannya pada tanggal 02-09 November 2018

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

Dosen Pembimbing Utama Peminjam


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


Isnaini Kurnia Sari
NIM. 150210102072

1. Mahasiswa
2. Arsip Lab (dikumpulkan)

DAFTAR ALAT

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Neraca digital	1 buah
2	Kapasitansi Meter	1 buah
3	pH meter	1 buah
4	EMF meter	1 buah

1. Mahasiswa
2. Arsip Lab (dikumpulkan)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
LABORATORIUM PENDIDIKAN FISIKA

FORM MEMO KALAB. P. FISIKA

*Plu meter Darguy dan buah
untuk penelitian*

Paraf KaLab



Paraf Laboran



1. Mahasiswa
2. Arsip Lab (dikumpulkan)

LAMPIRAN 3. FOTO-FOTO KEGIATAN PENELITIAN

Gambar A. Peneliti melakukan survey sekaligus wawancara dengan pemilik rumah produksi tape singkong kuning “Sumber Madu SAE” Jember.



Gambar B. Proses produksi tape singkong kuning.



Gambar C. Proses pemaparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*)



LAMPIRAN 4. KUESIONER UJI ORGANOLEPTIK

Tanggal :
 Jam ke- : setelah peragian
 Nama Panelis :
 Sifat yang diuji : Rasa

Tanggal :
 Jam ke- : setelah peragian
 Nama Panelis :
 Sifat yang diuji : Tekstur

Dihadapan saudara tersedia 15 sampel tape singkong. Saudara diminta untuk memberi penilaian atas sampel tersebut berdasarkan apa yang Saudara rasakan dengan memberi tanda *check list* (✓) pada kolom nilai berskala 1-7 untuk masing-masing sampel dan parameter (rasa).

Dihadapan saudara tersedia 15 sampel tape singkong. Saudara diminta untuk memberi penilaian atas sampel tersebut berdasarkan apa yang Saudara rasakan dengan memberi tanda *check list* (✓) pada kolom nilai berskala 1-7 untuk masing-masing sampel dan parameter (tekstur).

Kode Sampel	Nilai							Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	
K _{1 a}								1 : sangat masam 2 : masam 3 : agak masam 4 : asam agak pahit (sengak) 5 : agak manis 6 : manis 7 : sangat manis
K _{1 b}								
K _{1 c}								
E _{1.1 a}								
E _{1.1 b}								
E _{1.1 c}								
E _{1.5 a}								
E _{1.5 b}								
E _{1.5 c}								
E _{2.1 a}								
E _{2.1 b}								
E _{2.1 c}								
E _{2.5 a}								
E _{2.5 b}								
E _{2.5 c}								

Kode Sampel	Nilai						Keterangan
	1	2	3	4	5	6	
K _{1 a}							1 : sangat lembek berair 2 : lembek sedikit air 3 : agak lembek tidak berair 4 : keras 5 : agak keras 6 : lembut
K _{1 b}							
K _{1 c}							
E _{1.1 a}							
E _{1.1 b}							
E _{1.1 c}							
E _{1.5 a}							
E _{1.5 b}							
E _{1.5 c}							
E _{2.1 a}							
E _{2.1 b}							
E _{2.1 c}							
E _{2.5 a}							
E _{2.5 b}							
E _{2.5 c}							

Tanggal :
 Jam ke- : setelah peragian
 Nama Panelis :
 Sifat yang diuji : Aroma

Dihadapan saudara tersedia 15 sampel tape singkong. Saudara diminta untuk memberi penilaian atas sampel tersebut berdasarkan apa yang Saudara cium/bau dengan memberi tanda *check list* (√) pada kolom nilai berskala 1-7 untuk masing-masing sampel dan parameter (aroma).

Kode Sampel	Nilai					Keterangan
	1	2	3	4	5	
K _{1 a}						1 : aroma alkohol menyengat 2 : sedikit aroma alkohol 3 : harum tape tidak begitu kuat 4 : harum tape kuat 5 : harum tape dan daun pisang sama kuat
K _{1 b}						
K _{1 c}						
E _{1.1 a}						
E _{1.1 b}						
E _{1.1 c}						
E _{1.5 a}						
E _{1.5 b}						
E _{1.5 c}						
E _{2.1 a}						
E _{2.1 b}						
E _{2.1 c}						
E _{2.5 a}						
E _{2.5 b}						
E _{2.5 c}						

LAMPIRAN 5. HASIL UJI ORGANOLEPTIK

3.1 Hasil Uji Organoleptik Rasa

1. Jam ke-44 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{1a}	3	3	3	3	3	15	3
K _{1b}	3	3	3	3	3	15	3
K _{1c}	3	3	3	3	3	15	3
E _{1.1 a}	6	3	6	5	5	25	5
E _{1.1 b}	6	5	6	5	6	28	5,6
E _{1.1 c}	6	3	6	5	6	26	5,2
E _{1.5 a}	6	3	6	5	5	25	5
E _{1.5 b}	6	3	6	5	5	25	5
E _{1.5 c}	6	3	6	5	5	25	5
E _{2.1 a}	6	5	6	5	5	27	5,4
E _{2.1 b}	6	5	6	5	5	27	5,4
E _{2.1 c}	6	5	6	5	5	27	5,4
E _{2.5 a}	6	3	6	5	5	25	5
E _{2.5 b}	6	5	6	5	6	28	5,6
E _{2.5 c}	6	5	6	6	5	28	5,6

2. Jam ke-60 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{2a}	6	5	3	3	6	23	4,6
K _{2b}	6	6	3	3	5	23	4,6
K _{2c}	6	6	3	3	5	23	4,6
E _{1.2 a}	7	7	7	7	7	35	7

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
E _{1.2 b}	7	7	7	7	7	35	7
E _{1.2 c}	7	7	7	7	7	35	7
E _{1.6 a}	3	6	6	6	6	27	5,4
E _{1.6 b}	3	6	5	5	6	25	5
E _{1.6 c}	3	6	6	5	6	26	5,2
E _{2.2 a}	7	7	7	7	7	35	7
E _{2.2 b}	7	7	7	7	7	35	7
E _{2.2 c}	7	7	7	7	7	35	7
E _{2.6 a}	6	6	7	5	5	29	5,8
E _{2.6 b}	6	6	7	5	6	30	6
E _{2.6 c}	6	6	7	5	6	30	6

3. Jam ke-84 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{3a}	2	2	3	2	2	11	2,2
K _{3b}	2	3	3	2	2	12	2,4
K _{3c}	2	2	3	2	2	11	2,2
E _{1.3 a}	6	7	7	7	7	34	6,8
E _{1.3 b}	6	7	7	7	7	34	6,8
E _{1.3 c}	6	7	6	7	7	33	6,6
E _{1.7 a}	6	6	6	6	6	30	6
E _{1.7 b}	6	5	6	5	6	28	5,6
E _{1.7 c}	6	5	5	6	6	28	5,6
E _{2.3 a}	7	6	7	7	7	34	6,8
E _{2.3 b}	7	6	7	7	7	34	6,8
E _{2.3 c}	7	6	7	7	7	34	6,8
E _{2.7 a}	6	3	6	6	3	24	4,8
E _{2.7 b}	6	3	5	6	3	23	4,6

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
E _{2.7 c}	6	3	5	6	3	23	4,6

4. Jam ke-120 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{4a}	1	1	1	1	1	5	1
K _{4b}	1	1	1	1	1	5	1
K _{4c}	1	1	1	1	1	5	1
E _{1.4 a}	3	3	3	3	3	15	3
E _{1.4 b}	3	2	3	3	3	15	3
E _{1.4 c}	3	2	2	3	3	13	2,6
E _{1.8 a}	3	2	2	3	2	12	2,4
E _{1.8 b}	3	2	2	3	2	12	2,4
E _{1.8 c}	3	2	3	3	3	14	2,8
E _{2.4 a}	3	3	3	3	3	15	3
E _{2.4 b}	3	3	3	3	3	15	3
E _{2.4 c}	3	3	3	3	3	15	3
E _{2.8 a}	2	2	2	3	2	11	2,2
E _{2.8 b}	2	2	3	3	2	12	2,4
E _{2.8 c}	2	2	3	3	2	12	2,4

Keterangan:

1 : sangat masam

2 : masam

3 : agak masam

4 : agak masam dan sengau/sengak

5 : agak manis

6 : manis

7 :sangat manis

Detail hasil organoleptik rasa

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
	Kel	Nilai	Rata-rata	Paparan 300 μ T			Paparan 500 μ T		
				Kel	Nilai	Rata-rata	Kel	Nilai	Rata-rata
44	K ₁	3	3	E _{1.1} (30')	5	5,3	E _{2.1} (30')	5,4	5,4
					5,6			5,4	
					5,2			5,4	
		3	3	E _{1.5} (45')	5	5	E _{2.5} (45')	5	5,2
					5			5,6	
					5			5,8	
60	K ₂	4,6	4,6	E _{1.2} (30')	7	7	E _{2.2} (30')	7	7
					7			7	
					7			7	
		4,6	4,6	E _{1.6} (45')	5,4	5,3	E _{2.6} (45')	5,8	5,9
					5,2			6	
					5,2			6	
84	K ₃	2,2	2,3	E _{1.3} (30')	6,8	6,7	E _{2.3} (30')	6,8	6,8
					6,8			6,8	
					6,6			6,8	
		2,4	2,3	E _{1.7} (45')	6	5,7	E _{2.7} (45')	4,8	4,7
					5,6			4,6	
					5,6			4,6	
120	K ₄	1	1	E _{1.4} (30')	3	2,9	E _{2.4} (30')	3	3
					3			3	
					2,6			3	
		1	1	E _{1.8} (45')	2,4	2,5	E _{2.8} (45')	2,2	2,3
					2,4			2,4	
					2,8			2,4	

3.6 Hasil Uji Organoleptik Tekstur

1. Jam ke-44 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{1a}	3	4	3	4	3	16	3,2
K _{1b}	3	3	3	3	3	15	3
K _{1c}	3	4	3	3	3	16	3,2
E _{1.1 a}	5	5	5	5	5	25	5
E _{1.1 b}	5	5	5	5	5	25	5
E _{1.1 c}	5	5	5	5	5	25	5
E _{1.5 a}	5	6	6	6	5	28	5,6
E _{1.5 b}	5	5	5	5	5	25	5
E _{1.5 c}	5	5	5	5	5	25	5
E _{2.1 a}	5	5	5	5	5	25	5
E _{2.1 b}	5	4	4	5	5	23	4,6
E _{2.1 c}	5	4	4	5	4	22	4,4
E _{2.5 a}	5	5	4	4	4	22	4,4
E _{2.5 b}	5	5	4	5	4	23	4,6
E _{2.5 c}	5	5	4	5	4	23	4,6

2. Jam ke-60 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{2a}	2	2	2	2	2	10	2
K _{2b}	2	2	2	2	2	10	2
K _{2c}	2	2	2	2	2	10	2
E _{1.2 a}	6	6	6	6	6	30	6
E _{1.2 b}	6	5	5	6	5	27	5,4
E _{1.2 c}	6	5	5	6	5	27	5,4

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
E _{1.6 a}	6	5	5	6	5	27	5,4
E _{1.6 b}	5	5	5	5	5	25	5
E _{1.6 c}	5	5	5	5	5	25	5
E _{2.2 a}	6	6	6	6	6	30	6
E _{2.2 b}	6	6	6	6	6	30	6
E _{2.2 c}	6	6	6	6	6	30	6
E _{2.6 a}	3	6	6	6	6	27	5,4
E _{2.6 b}	3	6	3	3	6	21	4,2
E _{2.6 c}	3	6	3	6	6	24	4,8

3. Jam ke-84 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{3a}	2	2	1	2	1	8	1,6
K _{3b}	2	2	2	2	2	10	2
K _{3c}	1	2	2	1	1	7	1,4
E _{1.3 a}	6	6	6	6	6	30	6
E _{1.3 b}	6	6	6	6	6	30	6
E _{1.3 c}	6	6	6	6	6	30	6
E _{1.7 a}	2	3	6	2	6	19	3,8
E _{1.7 b}	3	3	3	2	6	17	3,4
E _{1.7 c}	6	3	6	3	6	24	4,8
E _{2.3 a}	6	6	6	6	6	30	6
E _{2.3 b}	6	6	6	6	6	30	6
E _{2.3 c}	6	6	6	6	6	30	6
E _{2.7 a}	3	3	6	6	3	21	4,2
E _{2.7 b}	3	6	6	3	3	21	4,2
E _{2.7 c}	3	6	6	3	6	24	4,8

4. Jam ke-120 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{4a}	1	1	1	1	1	5	1
K _{4b}	1	1	1	1	1	5	1
K _{4c}	1	1	1	1	1	5	1
E _{1.4 a}	2	3	3	3	2	13	2,6
E _{1.4 b}	3	3	3	2	3	14	2,8
E _{1.4 c}	3	3	3	2	3	14	2,8
E _{1.8 a}	2	3	3	3	2	13	2,6
E _{1.8 b}	2	3	3	2	2	12	2,4
E _{1.8 c}	2	3	3	2	3	13	2,6
E _{2.4 a}	3	2	2	3	3	13	2,6
E _{2.4 b}	3	2	3	3	3	14	2,8
E _{2.4 c}	3	2	3	3	3	14	2,8
E _{2.8 a}	2	2	2	3	3	12	2,4
E _{2.8 b}	2	3	3	3	2	13	2,6
E _{2.8 c}	2	3	3	3	2	13	2,6

Keterangan:

- 1: sangat lembek berair
- 2: lembek sedikit air
- 3: agak lembek tidak berair
- 4: keras
- 5: agak keras
- 6: lembu

Detail hasil organoleptik tekstur

	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
	Kel	Nilai	Rata-rata	Paparan 300 μ T			Paparan 500 μ T		
				Kel	Nilai	Rata-rata	Kel	Nilai	Rata-rata
44	K ₁	3,2	3,1	E _{1.1} (30')	5	5	E _{2.1} (30')	5	4,7
					5			4,6	
					5			4,4	
		3	E _{1.5} (45')	5,6	5,2	E _{2.5} (45')	4,4	4,5	
				5			4,6		
				5			4,6		
60	K ₂	2	2	E _{1.2} (30')	6	5,6	E _{2.2} (30')	6	6
					5,4			6	
					5,4			6	
		2	E _{1.6} (45')	5,4	5,1	E _{2.6} (45')	5,4	4,8	
				5			4,2		
				5			4,8		
84	K ₃	1,6	1,7	E _{1.3} (30')	6	6	E _{2.3} (30')	6	6
					6			6	
					6			6	
		2	E _{1.7} (45')	3,8	4	E _{2.7} (45')	4,2	4,4	
				3,4			4,2		
				4,8			4,8		
120	K ₄	1	1	E _{1.4} (30')	2,6	2,7	E _{2.4} (30')	2,6	2,7
					2,8			2,8	
					2,8			2,8	
		1	E _{1.8} (45')	2,6	2,5	E _{2.8} (45')	2,4	2,5	
				2,4			2,6		
				2,6			2,6		

3.7 Hasil Uji Organoleptik Aroma

1. Jam ke-44 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{1a}	4	4	4	4	4	20	4
K _{1b}	4	4	4	4	4	20	4
K _{1c}	4	4	4	4	4	20	4
E _{1.1 a}	3	3	3	3	3	15	3
E _{1.1 b}	3	3	3	3	3	15	3
E _{1.1 c}	3	3	3	3	3	15	3
E _{1.5 a}	3	3	5	5	3	19	3,8
E _{1.5 b}	3	3	5	5	3	19	3,8
E _{1.5 c}	3	3	5	5	3	19	3,8
E _{2.1 a}	4	4	4	4	4	20	4
E _{2.1 b}	3	3	4	4	4	18	3,6
E _{2.1 c}	3	3	4	4	3	17	3,4
E _{2.5 a}	3	3	3	3	3	15	3
E _{2.5 b}	3	3	3	3	3	15	3
E _{2.5 c}	3	3	5	5	3	19	3,8

2. Jam ke-60 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{2a}	2	2	4	4	4	16	3,2
K _{2b}	2	2	4	2	4	14	2,8
K _{2c}	4	4	4	4	4	20	4
E _{1.2 a}	5	5	5	5	5	25	5
E _{1.2 b}	5	5	5	5	5	25	5
E _{1.2 c}	5	5	5	5	5	25	5

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
E _{1.6 a}	5	5	5	4	4	23	4,6
E _{1.6 b}	5	5	4	4	4	22	4,4
E _{1.6 c}	5	5	4	4	4	22	4,4
E _{2.2 a}	3	4	4	5	5	21	4,2
E _{2.2 b}	3	4	4	5	5	21	4,2
E _{2.2 c}	3	4	4	5	5	21	4,2
E _{2.6 a}	3	4	4	4	5	20	4
E _{2.6 b}	3	4	4	4	5	20	4
E _{2.6 c}	3	4	4	4	5	20	4

3. Jam ke-84 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{3a}	2	1	2	2	2	9	1,8
K _{3b}	2	1	2	2	2	9	1,8
K _{3c}	2	1	2	1	2	8	1,6
E _{1.3 a}	4	4	4	4	4	20	4
E _{1.3 b}	4	4	4	4	4	20	4
E _{1.3 c}	4	4	4	4	4	20	4
E _{1.7 a}	3	4	4	3	4	17	3,4
E _{1.7 b}	4	4	4	4	4	20	4
E _{1.7 c}	5	5	5	4	4	23	4,6
E _{2.3 a}	4	5	4	5	4	22	4,4
E _{2.3 b}	4	5	4	5	4	22	4,4
E _{2.3 c}	4	5	4	5	4	22	4,4
E _{2.7 a}	4	3	4	4	4	19	3,8
E _{2.7 b}	4	3	4	4	4	19	3,8
E _{2.7 c}	4	3	3	4	4	18	3,6

4. Jam ke-120 setelah peragian

Kode Sampel	Nilai Panelis					Total Skor	Rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
K _{4a}	1	1	1	1	1	5	1
K _{4b}	1	1	1	1	1	5	1
K _{4c}	1	1	1	1	1	5	1
E _{1.4 a}	2	2	2	2	4	12	2,4
E _{1.4 b}	2	2	2	4	4	14	2,8
E _{1.4 c}	2	2	2	4	4	14	2,8
E _{1.8 a}	2	2	2	2	2	10	2
E _{1.8 b}	2	2	2	2	2	10	2
E _{1.8 c}	2	2	2	2	2	10	2
E _{2.4 a}	2	5	2	5	4	18	3,6
E _{2.4 b}	4	4	2	2	4	16	3,2
E _{2.4 c}	4	4	2	2	2	14	2,8
E _{2.8 a}	2	2	2	2	2	10	2
E _{2.8 b}	2	2	2	2	2	10	2
E _{2.8 c}	2	2	2	2	2	10	2

Keterangan:

- 1 : aroma alkohol menyengat
- 2 : sedikit aroma alkohol
- 3 : harum tape tidak begitu kuat
- 4 : harum tape kuat
- 5 : harum tape dan daun pisang sama kuat

Detail hasil organoleptik aroma

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen						
	Kel	Nilai	Rata-rata	Paparan 300 μ T			Paparan 500 μ T			
				Kel	Nilai	Rata-rata	Kel	Nilai	Rata-rata	
44	K ₁	4	4	E _{1.1} (30')	3	3	E _{2.1} (30')	4	3,7	
					3					
					3					
		4	4	4	E _{1.5} (45')	3,8	3,8	E _{2.5} (45')	3	3,3
						3,8				
						3,8				
60	K ₂	3,2	3,3	E _{1.2} (30')	5	5	E _{2.2} (30')	4,2	4,2	
					5					
					5					
		2,8	4	4	E _{1.6} (45')	4,6	4,5	E _{2.6} (45')	4	4
						4,4				
						4,4				
84	K ₃	1,8	1,7	E _{1.3} (30')	4	4	E _{2.3} (30')	4,4	4,4	
					4					
					4					
		1,8	1,6	1,6	E _{1.7} (45')	3,4	4	E _{2.7} (45')	3,8	3,7
						4				
						4,6				
120	K ₄	1	1	E _{1.4} (30')	2,4	2,7	E _{2.4} (30')	3,6	3,2	
					2,8					
					2,8					
		1	1	1	E _{1.8} (45')	2	2	E _{2.8} (45')	2	2
						2				
						2				

LAMPIRAN 6. HASIL PENGUKURAN KADAR AIR

Jam ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
	Kel	Nilai	Rata-rata	Paparan 300 μ T			Paparan 500 μ T		
				Kel	Nilai	Rata-rata	Kel	Nilai	Rata-rata
44	K ₁	5 %	5,7 % (6%)	E _{1.1} (30')	4 %	3,3 % (3 %)	E _{2.1} (30')	3 %	3 %
		6 %		3 %	3 %				
		6 %		E _{1.5} (45')	5 %		4,3 %	E _{2.5} (45')	
				4 %	(4%)		5 %	(5%)	
60	K ₂	7 %	7 %	E _{1.2} (30')	5 %	4,3 % (4%)	E _{2.2} (30')	4 %	4 %
		7 %		4 %	4 %				
		7 %		E _{1.6} (45')	6 %		5,3 %	E _{2.6} (45')	
				5 %	(5%)		6 %	(6%)	
84	K ₃	8 %	8 %	E _{1.3} (30')	6 %	5,3 % (5%)	E _{2.3} (30')	5 %	5 %
		8 %		5 %	5 %				
		8 %		E _{1.7} (45')	7 %		6,3 %	E _{2.7} (45')	
				6 %	(6%)		7 %	(7%)	
120	K ₄	11 %	10,3 % (10%)	E _{1.4} (30')	7 %	6,3 % (6%)	E _{2.4} (30')	6 %	6 %
		10 %		6 %	6 %				
		10 %		E _{1.8} (45')	8 %		7,3 %	E _{2.8} (45')	
				7 %	(7%)		9 %	(9%)	
					7 %			8 %	