



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*EXTREMELY LOW
FREQUENCY*) PADA BIJI KAKAO TERHADAP
JUMLAH CEMARAN FUNGI**

SKRIPSI

Oleh:

**Hesty Nur Lailatul Khoiroh
NIM 110210102008**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*EXTREMELY LOW FREQUENCY*) PADA BIJI KAKAO TERHADAP JUMLAH CEMARAN FUNGI

SKRIPSI

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

Oleh:

Hesty Nur Lailatul Khoiroh
NIM 110210102008

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi ALLAH yang memberikan kesempatan saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Dengan penuh cinta, ketulusan, dan keikhlasan saya persembahkan untuk:

1. Kobar Septyanus Sumarsono aka Abdullah Kobar atas cinta dan kesabarannya sebagai seorang suami yang senantiasa mendukung dan memberikan semangat tentang makna dan tujuan hidup. Si kecil Aisyah yang telah menemani perjalanan penyusunan skripsi dan penelitian bahkan semenjak dalam rahim.
2. Ibunda tercinta Binti Isnani dan ayahanda (alm.) Nur Haimin yang senantiasa mengiringkan doa dan memberikan ruang bagi anaknya untuk dapat berkarya sesuai dengan keinginan. Adik yang selalu ku rindukan, M. Nur Naufal Akbar, yang selalu menyambut gembira kedatanganku.
3. Guru-guruku sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi.
4. Peneliti di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia terutama Bapak Noor Ariefandie Febrianto atas bimbingan dan ilmunya.

MOTTO

Dan mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan shalat.

Dan (shalat) itu sungguh berat kecuali bagi orang-orang yang khusyuk.

(terjemahan Q.S. Al-Baqarah [2]: 45) *



*) Cordoba. 2012. *Al-Qur'an Cordoba Special for Muslimah*. Bandung: PT Cordoba Internasional Indonesia.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hesty Nur Lailatul Khoiroh

NIM : 110210102008

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemarkan Fungi” merupakan benar-benar hasil karya sendiri, kecuali rujukan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun maupun untuk kegiatan apapun, dan bukan karya plagiat. Saya bertanggungjawab atas keabsahan, keaslian, dan kebenaran isisnya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari ditemukan ketidakbenaran dari pernyataan ini.

Jember, 24 November 2017

Yang menyatakan,

Hesty Nur Lailatul Khoiroh

NIM 110210102008

**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*EXTREMELY LOW
FREQUENCY*) PADA BIJI KAKAO TERHADAP
JUMLAH CEMARAN FUNGI**

Oleh:

Hesty Nur Lailatul Khoiroh
NIM 110210102008

Dr.Sudarti, M.Kes. (Pembimbing Utama)

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. (Pembimbing Anggota)

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemarkan Fungi” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Jum’at

Tanggal : 24 November 2017

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Sudarti, M.Kes.

NIP. 19620123 198802 2 001

Anggota I,

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc.

NIP. 19680710 199302 1 001

Anggota II,

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

NIP. 19650420 199512 1 001

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.

NIP. 19620401 198702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., P.hD.

NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemarkan Fungi; Hesty Nur Lailatul Khoiroh, 110210102008; 2017: 67 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penelitian terkait paparan medan magnet ELF menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF memberikan pengaruh positif dalam bidang pangan dengan cara menghambat poliferasi dan inaktivasi bakteri maupun dalam upaya mempertahankan kandungan vitamin dan pH pada bahan pangan. Potensi medan magnet ELF dalam menjaga daya simpan dan kualitas produk pangan inilah yang perlu diteliti lebih lanjut guna menyelesaikan permasalahan cemarkan fungi pada biji kakao Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF pada biji kakao varietas kakao lindak (*bulk cocoa*) yang berasal dari perkebunan rakyat Sulawesi dengan menggunakan intensitas 500 μT dan 800 μT dengan variasi lama paparan 10 menit, 20 menit, dan 30 menit terhadap jumlah cemarkan fungi sebagai upaya sterilisasi biji kakao. Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF berpengaruh positif yakni mampu menekan jumlah cemarkan fungi pada biji kakao dimana jumlah cemarkan fungi pada kelompok eksperimen lebih rendah dibanding kelompok kontrol. Perbedaan jumlah cemarkan signifikan terjadi pada biji kakao yang dipapar medan magnet 800 μT selama 30 menit saat pemeriksaan pertama yaitu sebesar 5,82% dari kelompok kontrol. Selain itu, terjadi pula penurunan jumlah cemarkan pada setiap kali pemeriksaan bahkan terjadi penurunan signifikan pada pemeriksaan ketiga hingga 97,5 % yaitu pada biji kakao yang dipapar medan magnet ELF 500 μT selama 30 menit dibandingkan dengan pemeriksaan sebelumnya.

PRAKATA

Segala puji bagi ALLAH yang memberikan kecukupan nikmat dan rezeki serta membukakan pikiran peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemar Fungi”. Selain sebagai pememenuh syarat untuk menyelesaikan pendidikan jenjang strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember dan mendapatkan gelar sarjana, semoga ALLAH menjadikan karya ini sebagai salah satu ladang amal yang tidak akan terputus pahalanya oleh sebab kebermanfaatan ilmu yang penulis coba bagikan kepada rekan-rekan sekalian.

Terima kasih disampaikan kepada segenap pihak yang turut mendukung penyelesaian penyusunan skripsi ini.

1. Kobar Septyanus Sumarsono aka Abdullah Kobar atas cinta dan kesabarannya sebagai seorang suami yang senantiasa mendukung dan memberikan semangat tentang makna dan tujuan hidup. Si kecil Aisyah yang telah menemani perjalanan penyusunan skripsi dan penelitian bahkan semenjak dalam rahim.
2. Ibunda tercinta Binti Isnani dan ayahanda (alm.) Nur Haimin yang senantiasa mengiringkan doa dan memberikan ruang bagi anaknya untuk dapat berkarya.
3. Dr. Sudarti, M.Kes selaku dosen pembimbing utama, Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku dosen pembimbing anggota.
4. Bapak/Ibu dosen program studi pendidikan fisika FKIP Universitas Jember.
5. Peneliti di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia terutama Bapak Noor Ariefandie Febrianto atas bimbingan dan ilmunya.
6. Semua pihak yang terlibat namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga kebermanfaatan dapat dirasakan oleh seluruh pihak yang terkait dan pembaca. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan dan penyempurnaan penulisan karya serupa.

Jember, 23 November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	7
2.2 Medan Magnet ELF sebagai Spesifikasi Gelombang Elektromagnetik.....	10
2.3 Energi pada GEM dan Vektor Poynting	17
2.4 Biji Kakao (<i>Cocoa Beans</i>).....	18
2.5 Fungi dan Mikotoksin.....	20
2.6 Kerangka Konseptual.....	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31

3.2 Jenis dan Desain Penelitian (Model Penelitian)	31
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	33
3.4 Variabel Penelitian.....	33
3.5 Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.6 Prosedur Penelitian.....	36
3.7 Metode Analisis Data	42
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Penelitian.....	43
4.2 Pembahasan.....	46
BAB 5. PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

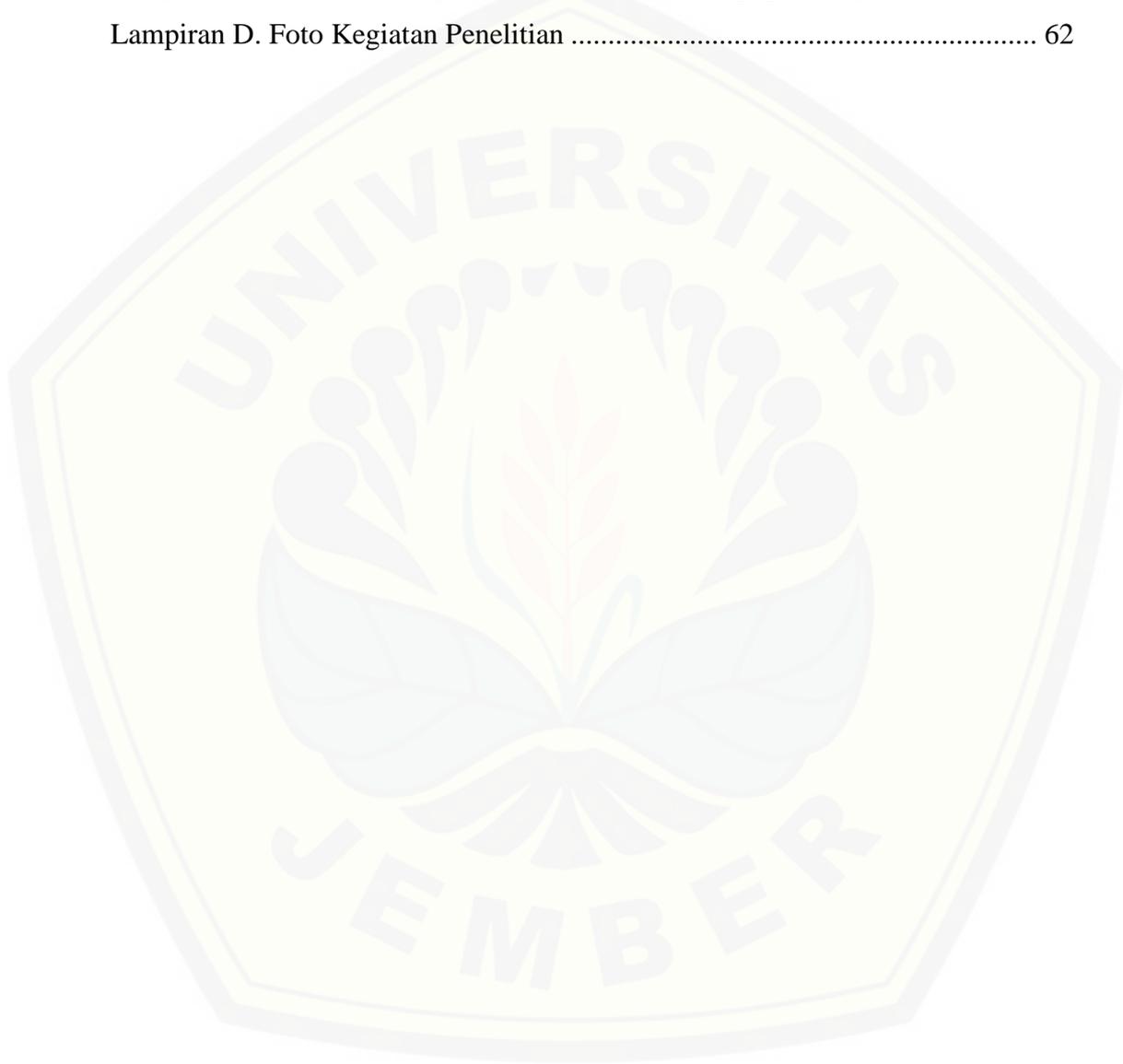
Tabel 2.1 Karakteristik medan listrik dan medan magnet	10
Tabel 2.2 Intensitas medan magnet dari peralatan rumah tangga berdasarkan jarak tertentu	11
Tabel 2.3 Paparan maksimum	15
Tabel 2.4 Penelitian paparan medan magnet ELF dalam bidang pangan	15
Tabel 2.5 Persyaratan mutu biji kakao	20
Tabel 2.6 Hasil TPC fungi pada uji pendahuluan	26
Tabel 2.7 Suseptibilitas magnetik (pada suhu kamar)	27
Tabel 3.1 Jumlah cemaran fungi	41
Tabel 4.1 Data pengamatan jumlah cemaran fungi pada biji kakao	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang elektromagnetik	7
Gambar 2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik	8
Gambar 2.3 <i>ELF electromagnetic source</i>	12
Gambar 2.4 Beberapa fungi tropik yang umum ditemukan.....	23
Gambar 2.5 Fase hidup fungi.....	25
Gambar 2.6 Kerangka konseptual kematian mikroba akibat Transfer energi	29
Gambar 2.7 Jumlah bakteri terhadap frekuensi	30
Gambar 2.8 Jerangka konseptual kematian mikroba akibat interferensi.....	30
Gambar 3.1 Desain penelitian.....	32
Gambar 3.2 <i>EMF tester-827</i>	38
Gambar 3.3 diagram alur penelitian.....	41
Gambar 4.1 Grafik jumlah cemaran fungi pada biji kakao (cfu/g) pada pemeriksaan ke-1, ke-2, dan ke-3.....	48
Gambar 4.2 Grafik data jumlah cemaran fungi pada biji kakao (cfu/g) pada pemeriksaan ke-1	51
Gambar 4.3 Grafik data jumlah cemaran fungi pada biji kakao (cfu/g) pada pemeriksaan ke-2	52
Gambar 4.4 Grafik data jumlah cemaran fungi pada biji kakao (cfu/g) pada pemeriksaan ke-3	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Matriks Penelitian.....	59
Lampiran B. Data Hasil Uji Pendahuluan.....	60
Lampiran C. Data Perhitungan Jumlah Cemarkan Fungi pada Biji Kakao	61
Lampiran D. Foto Kegiatan Penelitian	62



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring besarnya kebutuhan manusia akan teknologi yang diharapkan mampu mempermudah aktivitas manusia, maka pemanfaatan gelombang elektromagnetik ELF (*Extremely Low Frequency*) dalam berbagai bidang kian dibutuhkan sebagai salah satu alternatif teknologi yang efisien dan efektif terutama dalam bidang pertanian. Sumber paparan gelombang elektromagnetik ELF terdiri dari rambatan medan magnet dan medan listrik yang membentuk sudut sinusoidal. Medan magnet ELF bersifat tidak terhalangi sedangkan medan listrik ELF bersifat terhalangi (WHO, 2007). Hal ini menyebabkan paparan medan magnet merupakan paparan dominan yang dihasilkan gelombang elektromagnetik. Dampak yang ditimbulkan oleh paparan medan magnet ELF sebenarnya bersifat nonlinier tergantung pada subjek yang terpapar medan magnet dan perlakuan yang diberikan sehingga paparan medan magnet ELF dapat berpengaruh positif (bermanfaat) atau negatif (merugikan). Pada umumnya medan magnet ELF mempengaruhi arah migrasi, pertumbuhan, dan reproduksi organisme (Barbosa & Cannovas, 1998:5).

Peranan penting medan magnet ELF dalam mendukung kegiatan pertanian berkelanjutan telah ditunjukkan oleh beberapa hasil penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Ma'rufiyanti (2014), menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF sebesar 500 μT selama 30 menit dapat mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat dan paparan 300 μT dan 500 μT selama 10 menit, 30 menit, dan 50 menit dapat mempertahankan pH pada buah tomat. Sari (2015) melalui penelitiannya menemukan dosis efektif untuk mempercepat laju pertumbuhan tanaman tomat ranti yaitu paparan medan magnet ELF 300 μT dengan lama paparan 20 menit. Tak hanya itu, penelitian yang dilakukan Ervina (2015) menemukan dosis efektif peningkatan bakteri *A. xylinum* pada starter *nata de coco* yaitu paparan medan magnet ELF 100 μT selama 30 menit untuk medium

dengan penambahan ZA dan paparan medan magnet ELF 100 μ T selama 45 menit untuk medium tanpa penambahan ZA.

Penelitian yang dilakukan Sari (2012) pada proses pengawetan sari buah apel (*Mallus sylvestris mill*) secara non termal berbasis teknologi *oscillating magnetic field*, paparan sebesar 6,7 T selama 20 menit menyebabkan penurunan total mikroba 99,45 % dan 99,96 % dalam waktu 25 menit. Penelitian tentang potensi paparan medan magnet ELF dalam menghambat prevalensi bakteri *Salmonella typhimurium* telah dilakukan oleh Sudarti & Prihandono (2014) dengan menggunakan paparan medan magnet ELF 646,7 T selama 10 menit yang mampu menghambat prevalensi sebesar 36,37%. Grotel (dalam Sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik ELF merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi 0 – 300 Hz dan tergolong ke dalam *non-ionizing radiation*. Energi medan elektromagnetik ELF sangat kecil sehingga efek yang ditimbulkan adalah efek *non termal* dimana gelombang elektromagnetik ELF tidak mengasilkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi materi, sehingga medan magnet ELF berpotensi sebagai teknologi sterilisasi efektif tanpa merusak kualitas produk yang dipapar.

Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa paparan medan magnet ELF memberikan pengaruh positif dalam bidang pangan dengan cara menghambat poliferasi dan inaktivasi bakteri maupun dalam upaya mempertahankan kandungan vitamin dan pH pada bahan pangan. Potensi medan magnet ELF dalam menjaga daya simpan dan kualitas produk pangan inilah yang perlu diteliti lebih lanjut guna menyelesaikan berbagai permasalahan dalam bidang pangan terutama pada komoditas unggulan Indonesia, salah satunya Kakao (*Theobroma cacao L.*). Sebagai produsen kakao terbesar ketiga di dunia dengan kemampuan ekspor biji kakao mencapai 188 ribu ton pada tahun 2013 (Anonim. 2015), kakao Indonesia yang sebagian besar dikelola oleh perkebunan rakyat dihargai paling rendah di pasar Internasional dikarenakan rendahnya kualitas biji kakao yang diekspor. Kualitas rendah tersebut diakibatkan oleh biji yang tidak terfermentasi, kadar kotoran tinggi, banyak terkontaminasi serangga, jamur, dan

mikotoksin, serta cita rasa yang lemah sehingga pada akhirnya menyebabkan harga biji kakao Indonesia mendapat diskon. Pada tahun 2005, diskon yang diberlakukan pemerintah Amerika Serikat terhadap kakao Indonesia mencapai US\$ 250 per ton (Askindo, 2005). Kontaminasi jamur (fungi) pada bahan pangan semakin menjadi perhatian dunia dikarenakan dampak terhadap kesehatan manusia dan hewan. Apabila tidak ditangani dengan tepat, selain dapat mengakibatkan kerugian besar bagi para petani kakao yang diakibatkan penurunan kualitas atau bahkan ketidaklayakan produk untuk dijual, kontaminasi fungi dan mikotoksin pada biji kakao menjadi ancaman berbahaya bagi konsumen.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmadi & Fleet (2008) terhadap mutu biji kakao asal Kalimantan Timur membuktikan tingkat cemaran fungi pada biji kakao sangat tinggi yaitu mencapai angka 20 ribu – 7,2 juta koloni dalam setiap gram sampel. Fungi dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti pemudaran warna, penurunan berat, perubahan kimia dan nutrisi, serta kontaminasi mikotoksin (Dharmaputra, 2014:1). Mikotoksin diklasifikasikan oleh IARC (*International Agency for Research on Cancer*) sebagai toksin atau racun yang mampu memicu kanker atau karsinogenik.

Upaya sterilisasi fungi penghasil mikotoksin telah dilakukan dengan memanfaatkan suhu (termal). Sterilisasi dengan penggunaan suhu tinggi mampu menurunkan jumlah mikroba, namun beberapa jenis mikroba tertentu resistan terhadap suhu tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Firmanto (2014) menunjukkan terjadinya penurunan cemaran mikroorganisme pada biji kakao setelah dilakukan pengukusan pada suhu 100 °C, akan tetapi fungi jenis *Penicillium sp* hanya mengalami penurunan sebesar 0,058%. Tidak hanya itu, pengukusan juga mengakibatkan terjadinya penurunan kadar karbohidrat dari 17,5% menjadi 15,9% dan kadar protein menurun dari 12,6% menjadi 11,7%. Hal ini terjadi karena perlakuan pengolahan bahan pangan termasuk pengukusan dapat menurunkan nilai nutrisi dan sifat bahan pangan, sehingga proses pengolahan yang baik dipersyaratkan untuk tidak merubah kandungan nutrisi yang terlalu besar (Muchtadi & Sugiyono 2013). Oleh karena itu, diperlukan teknologi

sterilisasi yang mampu menekan poliferasi serta mematikan fungsi secara efektif dan efisien tanpa merubah struktur sehingga mampu memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia) 2323:2008/Amd1:2010 tentang Biji Kakao. Meskipun penelitian yang telah ada sebelumnya membuktikan bahwa paparan medan magnet ELF berhasil menghambat prevalensi bakteri, namun penelitian lebih lanjut terkait potensi paparan medan magnet ELF terhadap mikroba non bakteri seperti fungi (kapang dan khamir) yang menghasilkan mikotoksin sebagai metabolit sekunder perlu dilakukan guna menjaga mutu biji kakao Indonesia dan mengantisipasi berbagai macam penyakit kronis yang diakibatkan oleh mikotoksin tersebut.

Dari permasalahan tersebut dilakukan uji pendahuluan paparan medan magnet ELF 300 μT dan 500 μT selama 10 menit pada biji kakao rakyat Sulawesi terhadap jumlah cemaran fungi dan didapatkan hasil yaitu jumlah cemaran fungi pada biji kakao yang dipapar medan magnet ELF lebih kecil dibandingkan biji kakao yang tidak dipapar dimana paparan medan magnet ELF sebesar 500 μT selama 10 menit lebih efektif untuk menekan jumlah cemaran fungi.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti ingin melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji manfaat paparan medan magnet ELF pada biji kakao varietas kakao lindak (*bulk cocoa*) yang berasal dari perkebunan rakyat Sulawesi dengan menggunakan intensitas 500 μT dengan variasi lama paparan 10 menit, 20 menit, dan 30 menit terhadap pertumbuhan dan jumlah cemaran fungi dalam upaya sterilisasi biji kakao. Adapun judul penelitian yang akan dilakukan adalah **“Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemaran Fungi”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Apakah intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 7 hari?

2. Apakah intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 14 hari?
3. Apakah intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 21 hari?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ditetapkan sebagai acuan agar penelitian yang dilakukan terarah pada permasalahan yang diteliti dan tidak meluas pada faktor lain yang tidak berkaitan dengan penelitian. Berikut batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini.

1. Sumber paparan medan magnet ELF yang digunakan dalam penelitian berasal dari ELF EMS (*Extremely Low Frequency Electromagnetic Source*) dengan spesifikasi frekuensi 50 Hz dan input tegangan 220 volt.
2. Paparan medan magnet yang digunakan yaitu 500 μT dan 800 μT dengan lama paparan untuk setiap variasi waktu adalah 10 menit, 20 menit, 30 menit.
3. Biji kakao yang digunakan merupakan biji kakao varietas kakao lindak yang berasal dari perkebunan rakyat Sulawesi yang diolah tanpa melalui tahap fermentasi yang dikondisikan agar pertumbuhan fungi sebelum dipapar medan magnet ELF berada pada fase lag.
4. Data penelitian yang diperoleh berupa jumlah cemaran fungi setelah biji kakao diinkubasi selama ± 7 hari, ± 14 hari, dan ± 21 hari dimana pemeriksaan dilakukan terhadap isolat yang sudah diinkubasi ± 3 hari.
5. Fungi yang diukur jumlahnya merupakan fungi dengan ukuran mikroskopis yang berdasarkan struktur hifanya terdiri dari kapang (*mold*) dan khamir (*yeast*) tanpa dilakukan identifikasi lebih lanjut mengenai spesies dari fungi tersebut maupun jumlah mikotoksin yang dihasilkan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

- a. Untuk mengkaji pengaruh intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 7 hari.

- b. Untuk mengkaji pengaruh intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 14 hari.
- c. Untuk mengkaji pengaruh intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 21 hari.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini pemaparan tentang manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini.

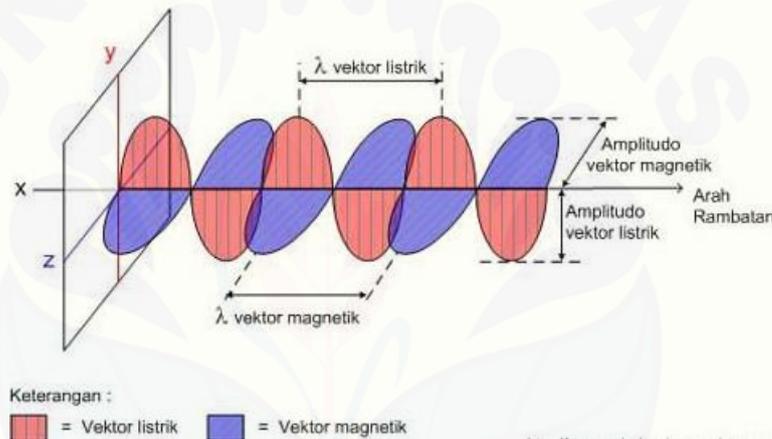
- 1.4.1 Peneliti, sebagai sarana dalam mengaplikasikan dan mengamalkan ilmu yang diperoleh selama masa perkuliahan untuk turut menyelesaikan permasalahan di lingkungan sekitar terutama dalam bidang pangan yang dapat diatasi dengan aplikasi fisika.
- 1.4.2 Peneliti lain khususnya peneliti di ICCRI, sebagai salah satu referensi teknologi sterilisasi produk pangan khususnya produk olahan kakao sehingga mampu meningkatkan daya simpan produk tanpa merusak kualitas produk itu sendiri yang kemudian dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dalam upaya pengembangan teknologi ELF yang lebih efisien dengan biaya terjangkau.
- 1.4.3 Petani kakao, teknologi sterilisasi produk olahan kakao yang memanfaatkan potensi paparan medan magnet ELF dalam menghambat prevalensi mikroba baik itu bakteri maupun fungi akan membantu petani untuk menjaga daya simpan produk yang lebih lama tanpa terjadinya kecacatan kualitas sehingga dapat meminimalisir terjadinya kerugian (penurunan pendapatan) akibat produk yang tidak layak jual (tidak memenuhi batasan aman untuk cemaran fungi pada produk olahan kakao).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri dari osilasi medan magnet dan medan listrik yang dalam perambatannya tidak memerlukan medium perantara dimana arah medan magnet dan medan listrik saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambatannya (Young, 2012:762).



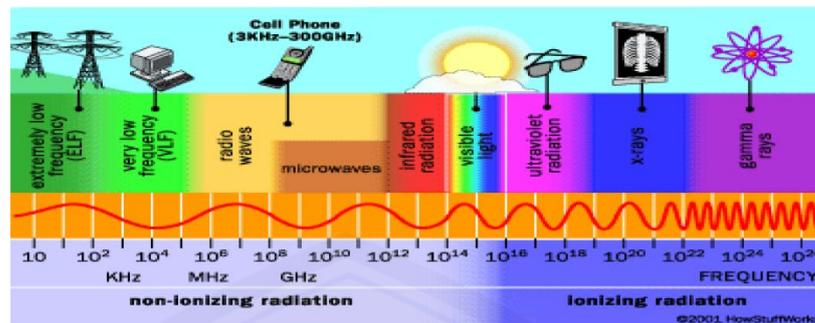
Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik
 Sumber: Mayasari, 2012

2.1.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

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:

$$f = \frac{c}{\lambda} \dots\dots\dots (2.1)$$

(Tipler, 2001:413-414)



Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Sumber: Hoong, 2011:6)

2.1.3 Persamaan Maxwell

Persamaan yang paling penting dalam gelombang elektromagnetik adalah persamaan Maxwell yang terdiri dari:

a. Persamaan I Maxwell (*Gauss's Law for Electricity*)

Persamaan I Maxwell merupakan hukum Gauss pada medan listrik yang menyatakan bahwa untuk mengetahui besar suatu muatan dapat dilakukan dengan melingkupi muatan tersebut dengan permukaan imajiner dan menjumlahkan seluruh besar fluks yang menembus keluar permukaan (Ishaq, 2007:172). Secara matematis dapat dituliskan:

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

E = medan listrik (N/C)

A = luas permukaan bidang Gauss (m^2)

q_{in} = total muatan (C)

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

b. Persamaan II Maxwell (*Gauss's Law for Magnetism*)

Persamaan II Maxwell merupakan hukum Gauss pada medan magnet (Gauss magnetik). Magnet tidak memiliki sumber tunggal. Kutub utara dan selatan suatu magnet selalu berpasangan, sehingga dalam medan magnet tidak memiliki sumber monopol. Jika hukum Gauss diterapkan pada suatu medan magnet, maka jumlah fluks magnetik yang masuk menembus permukaan Gauss sama dengan jumlah

fluks magnet yang keluar, sehingga total fluks magnet sama dengan nol (Ishaq, 2007:173). Secara matematis, persamaan II Maxwell dinyatakan:

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

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

A = luas permukaan bidang Gauss (m^2)

c. Persamaan III Maxwell (*Faraday's Law*)

Persamaan III Maxwell dikenal dengan hukum Faraday. Hukum ini menyatakan bahwa integral medan listrik yang mengelilingi sembarang kurva tertutup C (yang merupakan ggl) sama dengan laju (negatif) perubahan fluks magnetik melalui sembarang permukaan S yang dibatasi oleh kurva tersebut (Tipler, 2001:402). Secara matematis dapat dinyatakan dengan:

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

d. Persamaan IV Maxwell (*Ampere-Maxwell Law*)

Persamaan IV Maxwell merupakan hukum Ampere dengan modifikasi arus perpindahan Maxwell. Persamaan ini menyatakan bahwa integral medan magnetik B yang mengelilingi sembarang kurva tertutup C sama dengan μ_0 dikalikan dengan arus yang melalui sembarang permukaan yang dibatasi oleh kurva tersebut dijumlahkan dengan $\mu_0 \epsilon_0$ dikalikan dengan laju perubahan fluks listrik yang melalui permukaan tersebut (Tipler, 2001:402). Secara matematis dapat dinyatakan dengan:

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan Maxwell memainkan peran dalam elektromagnetisme klasik, dimana pada prinsipnya semua masalah dalam listrik dan magnetisme klasik dapat diselesaikan menggunakan keempat persamaan tersebut (Tipler, 2001: 398).

2.1.4 Karakteristik Medan Listrik dan Medan Magnet

Medan listrik dan medan magnet sebagai komponen gelombang elektromagnetik dapat dibedakan berdasarkan karakteristik yang dimiliki sebagaimana tercantum pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik medan listrik dan medan magnet

Medan Listrik	Medan Magnet
1. Medan listrik berasal dari tegangan listrik. Medan listrik tetap dapat dihasilkan walau tidak ada arus yang mengalir, sehingga medan listrik tetap ada walaupun alat listrik dalam kondisi <i>off</i> .	1. Medan magnet berasal dari arus listrik. Medan magnet terjadi segera setelah suatu alat listrik dinyalakan.
2. Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per meter.	2. Kekuatannya diukur berdasarkan satuan ampere per meter. Akan tetapi, juga digunakan satuan densitas fluks yaitu mikrotlesla atau militesla.
3. Kekuatan medan listrik semakin lemah apabila semakin jauh dari sumbernya.	3. Kekuatan medan magnet semakin lemah apabila semakin jauh dari sumbernya.
4. Kebanyakan material bangunan dapat menahan medan listrik dalam kekuatan tertentu.	4. Kebanyakan material tidak memperlemah medan magnet

Sumber: *World Health Organization*

2.2 Medan Magnet ELF sebagai Spesifikasi Gelombang Elektromagnetik

2.2.1 Karakteristik

Medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) termasuk ke dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki rentang frekuensi kurang dari 300 Hz (Tarigan, 2012). Grotel (dalam Sudarti dan Helianti, 2005:36) menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik ELF tergolong ke dalam *non-ionizing radiation*, artinya radiasi gelombang yang dihasilkan bersifat non-ionisasi yaitu tidak memiliki kemampuan untuk mengionisasi molekul. Energi medan elektromagnetik ELF sangat kecil sehingga efek yang ditimbulkan adalah efek *non termal* dimana gelombang elektromagnetik ELF tidak menghasilkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi materi. WHO (2007) memaparkan jika medan magnet ELF bersifat tidak terhalangi sedangkan medan listrik ELF bersifat terhalangi. Sumber paparan didapatkan ketika ada arus listrik yang mengalir

melalui suatu konduktor. Medan magnet ELF dapat diukur secara terpisah dengan medan listrik dikarenakan bertindak independen.

2.2.2 Sumber Paparan

Sumber paparan medan magnet terdiri dari alamiah dan buatan. Sumber paparan alamiah dapat berasal dari kalor matahari maupun medan magnet bumi. Sedangkan sumber paparan buatan berasal dari aliran arus listrik pada suatu konduktor seperti pada peralatan elektronika. Berikut ini hasil pengukuran medan magnet di sekitar peralatan rumah tangga.

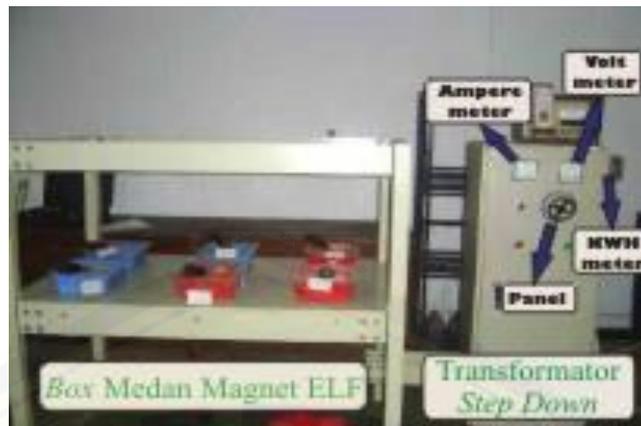
Tabel 2.2 Intensitas medan magnet dari peralatan rumah tangga berdasarkan jarak tertentu

Peralatan Elektronik	Intensitas Medan Magnet (μT)		
	Jarak 3 cm	Jarak 30 cm	Jarak 100 cm
Pengering rambut	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03
Alat cukur listrik	15 – 1500	0.08 – 9	0.01 – 0.03
Penghisap 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	8 – 30	0.12 – 0.3	0.01 – 0.03
Pencuci piring	3.5 – 20	0.6 – 3	0.07 – 0.3
Komputer	0.5 – 30	< 0.01	
Lemari pendingin	0.5 – 1.7	0.01 – 0.25	< 0.01
TV warna	2.5 – 50	0.04 – 2	0.01 – 0.15

Sumber: *Federal Office for Radiation Safety, Germany 1999 dalam Baafai (2004).*

2.2.3 ELF Electromagnetic Sources sebagai Sumber Medan Magnet ELF

ELF Electromagnetic Sources merupakan seperangkat alat yang menghasilkan paparan medan magnet ELF yang terdiri dari seperangkat *transformer* dan *box* medan magnet ELF serta telah dikondisikan agar lebih dominan menghasilkan paparan medan magnet ELF dibandingkan medan listrik ELF.



Gambar 2.3 *ELF Electromagnetic Source*
(Sumber : Ma'rufiyanti, 2014 dengan *editing* dari Penulis)

Mekanisme pengaturan kerja ELF EMS (*ELF Electromagnetic Source*) yaitu menggunakan input sumber tegangan yang berasal dari PLN sebesar 220 V, kuat arus 5 A, dan frekuensi 50 Hz. Perangkat transformator *step-down* akan menghasilkan medan listrik minimal dengan cara menurunkan tegangan dari tegangan input 220 V menjadi tegangan 7 V dan CT (*current transformer*) berfungsi untuk menaikkan kuat arus listrik sehingga akan diperoleh medan magnet optimal. Kemudian dialirkan pada lempengan tembaga *box* medan magnet ELF sehingga akan timbul paparan medan magnet dan medan listrik di sekitar lempengan tembaga dengan arah medan magnet ELF melingkar terhadap lempengan tembaga dan medan listrik yang memancar secara divergen dari lempengan tembaga.

2.2.4 Dampak Gelombang Elektromagnetik ELF dalam Kehidupan

Kelompok kerja gabungan antara WHO (*World Health Organization*) dan IRPA (*International Radiation Protection Association*) melakukan kajian dan evaluasi tentang resiko kesehatan akibat paparan medan elektromagnetik frekuensi rendah. Hasil kajian dimuat dalam dokumen *Environmental Health Criteria* '(EHC)-35' untuk medan listrik dan 'EHC-69' untuk medan magnet.

Penelitian yang dilakukan mengenai medan listrik ELF ada tiga macam, yaitu: 1) *in vitro*; 2) percobaan pada binatang; dan 3) pengaruh terhadap manusia.

Penelitian *in vitro* dilakukan untuk mendapat kejelasan mekanisme interaksi dari medan listrik ELF dengan bahan biologis yang meliputi pengujian interaksi

dengan jaringan yang terpotong dan dibuat kultur, biokimia sel, neurofisiologi, dan pertumbuhan jaringan tulang. Penelitian ELF pada binatang meliputi sistem syaraf pusat termasuk perubahan fisiologis, ultrastruktural dan biokimiawi, perubahan dalam susunan darah, perilaku, reproduksi, dan pertumbuhan. Hasil penelitian pada binatang kecil yang terpapar medan listrik sampai 100 kV/m menunjukkan adanya pengaruh pada komponen sistem syaraf pusat dan susunan darah perifer. Dan penelitian terhadap manusia dilakukan kepada pekerja stasiun tegangan tinggi dan petugas pemeliharaan saluran tegangan tinggi yang memberikan hasil berupa keluhan subjektif akibat pengaruh perubahan pada sistem syaraf dan pergeseran dalam biokimia darah. Penelitian juga dilakukan ada sukarelawan yang terpapar pada medan listrik sampai 20 kV/m dalam jangka pendek (Soesanto, 1996:7-8).

Sedangkan penelitian mengenai dampak medan magnet ELF dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Pengaruh biologis

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh WHO mengenai respon organisme terhadap medan magnet statis dan ELF disimpulkan mengenai tiga pengaruh biologis utama, yaitu:

- a) induksi potensi listrik dalam sistem peredaran,
 - b) induksi *magnetophosphene* oleh medan magnet ELF dengan kecepatan waktu melebihi 1,3 T/s atau medan sinusoidal 15-60 Hz dengan kekuatan medan berkisar antara 2-10 mT (tergantung frekuensi),
 - c) induksi medan berubah-ubah.
2. Pengaruh terhadap manusia

- a) Medan statis

Penelitian mengenai data kesehatan 320 orang pekerja di pabrik yang menggunakan sel elektrostatis besar untuk proses pemisahan kimia dengan tingkat medan statis rata-rata di lingkungan kerja sebesar 7,6 mT dan medan maksimum sebesar 14,6 mT menunjukkan perubahan kecil dalam sel darah putih namun masih berada pada kisaran normal. Dapat disimpulkan berdasarkan pengetahuan, informasi, dan hasil penelitian bahwa tidak ada pengaruh negatif pada kesehatan

manusia yang terpapar medan magnet statis sampai 2 T. Akan tetapi, paparan medan statis jangka pendek di atas 5 T dapat menimbulkan pengaruh nyata yang merusak kesehatan.

b) Medan yang berubah terhadap waktu

Pengaruh biologis akibat pemaparan pada seluruh tubuh tergantung pada densitas fluks magnetik, yaitu:

- 1) 1-10 mA/m² (terinduksi oleh medan magnet di atas 0,5 mT - 5 mT pada 50/60 Hz atau 10 – 100 mT pada 3 Hz) memberikan pengaruh biologis ringan.
- 2) 10 -100 mA/m² (di atas 5 sampai 50 mT pada 50/60 Hz atau 100 – 1000 mT pada 3 Hz) memberikan pengaruh nyata tidak hanya pada penglihatan dan sistem syaraf, tetapi juga mampu menyambung kembali keretakan tulang.
- 3) 100 -1000 mA/m² (di atas 50 sampai 500 mT pada 50/60 Hz atau 1 – 10 T pada 3 Hz) memberikan stimulasi kepada jaringan yang terpapar dan memungkinkan timbulnya bahaya kesehatan.
- 4) 10 -100 mA/m² (di atas 5 sampai 50 mT pada 50/60 Hz atau 100 – 1000 mT pada 3 Hz) dapat menyebabkan terjadinya bahaya kesehatan akut berupa ekstra systole dan ventricular fibrillation.

Berdasarkan seluruh data penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa efek akibat pemaparan medan magnet ELF bersifat non linier (paparan medan magnet dapat memberikan efek negatif ataupun positif) tergantung pada subjek penelitian dan perlakuan yang diberikan.

2.2.5 Ambang Batas Paparan

Semakin meningkatnya penggunaan peralatan elektronika dalam kehidupan mengakibatkan semakin seringnya manusia terkena radiasi sehingga dibutuhkan peraturan tentang ambang batas aman untuk meminimalkan dampak negatif radiasi bagi kesehatan manusia. WHO menetapkan ambang batas paparan sebagai berikut.

Tabel 2.3 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 computer	10	0,7

Batas paparan yang dianjurkan oleh IRPA yang disajikan dalam *Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields* yaitu:

- tingkat paparan medan magnet terus-menerus yang diperbolehkan bagi masyarakat umum sebesar 10^3 milligauss atau 10^4 milligauss (paparan hingga dua jam per hari).
- 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 (Soesanto, 1996: 11).

2.2.6 Penelitian Potensi Paparan Medan Magnet ELF

Potensi medan magnet ELF dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang termasuk pangan sehingga penelitian tentang medan magnet ELF terus dilakukan terutama dalam rangka menjaga ketahanan pangan.

Tabel 2.4 Penelitian paparan medan magnet ELF dalam bidang pangan

Penelitian Sebelumnya	Medan Magnet	Lama Paparan	Dampak
Proses pengawetan sari buah apel (<i>Mallus sylvestris</i> Mill) secara non-termal berbasis teknologi <i>oscillating magneting field</i> (OMF) (Sari <i>et al</i> , 2012)	6.7 T	20 menit	Penurunan mikroba total mencapai 99,45%
		25 menit	Penurunan mikroba total mencapai 99,96%
Potensi genotoksik medan magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) terhadap prevalensi <i>Salmonella</i> dalam bahan pangan untuk meningkatkan keamanan pangan bagi masyarakat (Sudarti dan Prihandono, 2014)	646,7 T	10 menit	Menghambat prevalensi <i>Salmonella typhimurium</i> sebesar 36,37% dalam bumbu gado-gado

Penelitian Sebelumnya	Medan Magnet	Lama Paparan	Dampak
Pengaruh medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase pada kecambah kacang merah dan kacang buncis hitam (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) (Rohma <i>et al</i> , 2013)	0,1 mT	15 menit 36 detik	Aktivitas enzim α -amilase tertinggi pada kotiledon kacang buncis hitam yaitu sebesar 28,12 U/mL Aktivitas enzim α -amilase hipokotil kecambah kacang merah pada saat tinggi hipokotil mencapai 7 cm sebesar 24,26 U/mL
Anatomi batang dan stomata tomat (<i>Lycopersicon esculentum</i>) yang dikembangakan di bawah pengaruh medan magnet 0,2 mT (Kusuma <i>et al</i> , 2013)	0,2 mT	7 menit 48 detik, 11 menit 42 detik, 15 menit 36 detik, 31 menit 12 detik	Mempertahankan ukuran lebar xylem, diameter sel parenkim, panjang dan lebar stomata,
Respon <i>Salmonella typhimurium</i> pada bumbu gado-gado terhadap paparan <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) <i>magnetic field</i> (Hersa <i>et al</i> , 2013)	646,7 T	10 menit	Mengakibatkan kematian <i>Salmonella typhimurium</i> rata-rata sebesar 32,57% dalam bumbu gado-gado
Pengaruh paparan medan magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 300 μ T dan 500 μ T terhadap perubahan kadar vitamin C dan derajat keasaman (pH) pada buah tomat (Ma'rufiyanti <i>et al</i> , 2014)	500 μ T 300 μ T dan 500 μ T	30 menit 10 menit, 50 menit, dan 30 menit	Mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat Mempertahankan nilai derajat keasaman (pH) pada buah tomat
Aplikasi Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 100 μ T dan 300 μ T pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti (Sari <i>et al</i> , 2015)	300 μ T	20 menit	Dosis efektif untuk mempercepat laju pertumbuhan tanaman tomat ranti
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 <i>et al</i> , 2015)	500 μ T 500 μ T	10 menit 10 menit	Penurunan jumlah mikroba tertinggi pada proses fermentasi yaitu sebesar $0,50 \times 10^{13}$ sel/mL Peningkatan nilai pH tape ketan tertinggi yaitu sebesar 1,00

2.3 Energi pada GEM dan Vektor Poynting

Dari perpindahan energi oleh gelombang, dapat diketahui bahwa intensitas gelombang (energi rata-rata per satuan waktu per satuan luas) sama dengan perkalian densitas rata-rata (energi per satuan volume) dan kecepatan gelombang. Energi radiasi medan magnet ELF akan berdampak terhadap serapan radiasi yang diterima oleh suatu sampel yang ditempatkan dalam medan magnet (Ackerman *et al*, 2010:268). Densitas energi yang disimpan dalam medan listrik sama dengan persamaan:

$$\eta_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

dan densitas energi yang disimpan dalam medan magnet sama dengan persamaan:

$$\eta_m = \frac{B^2}{2\mu_0} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan menggunakan $E = cB$ dan $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$, maka kerapatan energi magnetik dalam besaran medan listrik dapat dinyatakan:

$$\eta_m = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{(E/c)^2}{2\mu_0} = \frac{E^2}{2\mu_0 c^2} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Kerapatan energi total η dalam gelombang elektromagnetik merupakan penjumlahan kerapatan energi listrik dan magnetik.

$$\eta = \eta_e + \eta_m = \varepsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0 c} \dots\dots\dots (2.9)$$

Intensitas sesaat adalah daya sesaat yang mengalir per satuan luas. Ini sama dengan perkalian kerapatan energi sesaat dengan kecepatan cahaya. Untuk gelombang elektromagnetik dalam ruang bebas, intensitas sesaat menjadi:

$$I_{\text{semaat}} = \eta c = c \varepsilon_0 E^2 = c \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0} \dots\dots\dots (2.10)$$

Persamaan (2.10) dapat diperluas dalam pernyataan vektor sebagai berikut.

$$S = \frac{1}{\mu_0} E \times B \dots\dots\dots (2.11)$$

Besaran S disebut sebagai vektor poynting. Besar vektor poynting S adalah energi yang dibawa setiap satuan waktu persatuan luas daerah yang tegak lurus pada arah rambat gelombang elektromagnetik. Karena E dan B tegak lurus dalam gelombang elektromagnetik, besaran S merupakan intensitas sesaat gelombang dan

arah S berada dalam arah perambatan gelombangnya (Tipler, 2001:409-410). Intensitas juga dapat dituliskan dengan persamaan :

$$I = \frac{E}{At} \dots \dots \dots (2.12)$$

Berdasarkan persamaan (2.12) diketahui bahwa besarnya E (energi) sebanding dengan pertambahan waktu (Young, 2012).

2.4 Biji Kakao (*Cocoa Beans*)

Kakao (*Theobroma cacao* L) merupakan tumbuhan tahunan (*perennial*) berbentuk pohon. Secara umum, kakao melakukan penyerbukan silang dan memiliki sistem inkompatibilitas sendiri. Namun, beberapa varietas kakao mampu melakukan penyerbukan sendiri dan menghasilkan jenis komoditi dengan nilai jual yang lebih tinggi. Buah tumbuh dari bunga yang diserbuki dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan bunganya, berbentuk bulat hingga memanjang yang terdiri dari lima daun buah. Biji terangkai pada plasenta yang tumbuh dari pangkal buah dan dilindungi oleh salut biji (aril) lunak berwarna putih atau yang sering disebut sebagai pulp (ICCRI, 2015).

2.3.1 Pengolahan Biji Kakao

Biji kakao merupakan produk yang dihasilkan dari pengolahan primer buah kakao. Berikut ini prosedur pengolahan primer buah kakao berdasarkan panduan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (ICCRI).

1) Panen Tepat Matang

Buah kakao matang ditandai oleh perubahan warna kulit buah kakao yang semula hijau menjadi kuning.

2) Sortasi Buah Sehat

Buah sehat adalah buah matang yang tidak terkena serangan hama dan penyakit, ditandai oleh tampilan kulit buah yang mulus dan segar.

3) Pembelahan Buah

Buah dibelah dengan alat mekanis untuk memisahkan biji kakao dengan kulit buah dan plasenta. Biji kakao diolah lanjut sebagai bahan makanan,

sedangkan kulit buah merupakan limbah yang dapat digunakan sebagai bahan baku kompos, pakan ternak, dan biogas.

4) Pemerasan Pulpa (Lendir) Biji Kakao

Biji kakao dilapisi oleh pulpa berwarna putih. Lapisan pulpa dikurangi secara mekanik antara 30 – 40 % dari berat pulpa awal agar fermentasi berjalan lebih sempurna dan mencegah timbulnya cacat rasa asam. Pulpa hasil perasan adalah limbah yang dapat diolah menjadi nata de kakao dan jus kakao.

5) Fermentasi Biji Kakao

Fermentasi ditujukan untuk menumbuhkan senyawa pembentuk cita rasa dan aroma khas cokelat dengan bantuan mikroba alami. Biji kakao dimasukkan ke dalam peti kayu tingkat atas selama 2 hari dan kemudian dipindahkan ke peti tingkat bawah. Fermentasi dilanjutkan lagi di peti bawah selama 2 hari berikutnya.

6) Pengeringan Mekanis

Biji kakao hasil fermentasi dikeringkan secara mekanis pada suhu 50-55° C. Kadar air biji kakao yang semula 55 % turun menjadi 7 % selama 40 jam. Sumber energi pengeringan adalah kolektor surya dan kayu yang diperoleh dari hasil pangkasan pohon pelindung tanaman kakao. Kipas udara pengering digerakkan oleh motor listrik atau motor disel dengan bahan bakar bio-disel.

7) Sortasi Biji Kakao Kering

Biji kakao hasil pengeringan disortasi secara mekanik untuk memisahkan biji ukuran besar (jumlah biji 85 – 90/100 g sample), ukuran medium (jumlah biji 95 – 110/100 g sampel) dan ukuran kecil (jumlah biji > 110/100 g sampel).

8) Pengemasan dan Penggudangan

Biji kakao atas dasar ukurannya dikemas dalam karung goni (@ 60 kg) berlabel produksi dan disimpan dalam gudang yang bersih dan berventilasi cukup (ICCRI, 2003).

2.3.2 SNI Biji Kakao

SNI (Standar Nasional Indonesia) merupakan rujukan bagi produsen dan instansi lain dalam mengelola makanan dan minuman yang bertujuan untuk menjamin keamanan produk dan kesehatan konsumen. Salah satunya yaitu SNI

2323:2008/Amd1:2010 tentang Biji Kakao (amandemen 1 dari SNI 2323-2008 Biji Kakao) terkait persentase jumlah maksimal cemaran pada biji kakao sebagaimana yang tertera pada tabel 2.5. Persentase diberlakukan tanpa membedakan ukuran setiap biji pada populasi biji kakao.

Tabel 2.5 Persyaratan mutu biji kakao

Jenis Mutu		Persyaratan				
Kakao Mulia	Kakao Lindak	Kadar Biji Berjamur	Kadar Biji Slaty	Kadar Biji Berserangga	Kadar Kotoran	Kadar Biji Berkecambah
I – F (AA sampai dengan S)	I – B (AA sampai dengan S)	Maks. 2 %	Maks. 3 %	Maks. 1 %	Maks. 1,5 %	Maks. 2 %
II – F (AA sampai dengan S)	II – B (AA sampai dengan S)	Maks. 4 %	Maks. 8 %	Maks. 2 %	Maks. 2,0 %	Maks. 3 %
III – F (AA sampai dengan S)	III – B (AA sampai dengan S)	Maks. 4 %	Maks. 20 %	Maks. 2 %	Maks. 3,0 %	Maks. 3 %

(Sumber: SNI 2323:2008/Amd1:2010, 2010: 2)

2.5 Fungi dan Mikotoksin

2.5.1 Fungi

Fungi merupakan organisme heterotrof (tidak memiliki klorofil sehingga tidak dapat membuat makanan sendiri). Beberapa jenis fungi bersifat saprofit dan yang lainnya bersifat parasit. Fungi terdiri dari dinding sel, nucleus, dan bereproduksi dengan spora. Pada umumnya, fungi terdiri dari filamen-filamen (Alexopoulos *et al*, 1996). Pada umumnya, pertumbuhan fungi dipengaruhi oleh faktor substrat, cahaya, kelembaban, suhu, derajat keasaman (pH), dan bahan kimia (Gandjar, Sjamsuridzal, & Oetari, 2006:44-45).

Pada umumnya fungi tingkat rendah memerlukan kelembaban nisbi 90 %. Fungi dari jenis hyphomycetes dapat hidup pada kelembaban 80 %. Fungi xerolitik seperti *Wallenia sedi*, *Aspergillus*, dan *Glaucus* dapat hidup pada kelembaban 70 % (Santoso *et al*, 1999). Menurut Deacon dalam Tampubolon

(2010), pertumbuhan fungi dapat berlangsung dengan kelembapan minimal 70 % bahkan beberapa fungi tertentu dapat tumbuh dengan sangat lambat pada kelembapan 65 % dan sebagian besar fungi bersifat mesofilik yaitu tumbuh pada suhu sedang pada rentang $10^{\circ} - 40^{\circ} \text{ C}$ dengan suhu optimal $25^{\circ} - 35^{\circ} \text{ C}$. Sedangkan rentang pH yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fungi yaitu 4,5 – 8,0 dengan pH optimal berkisar 5,5 – 7,5.

Berdasarkan morfologi, fungi dapat berupa filamen (*filamentous fungi*) atau sel tunggal (*unicellular fungi*). *Filamentous fungi* terbagi atas kapang (*mold*) dan cendawan (*mushroom*), sedangkan fungi yang berupa sel tunggal yaitu khamir (*yeast*) (Kavanagh, 2005:2). Keberadaan fungi dapat menguntungkan dikarenakan berfungsi dalam menghasilkan berbagai jenis enzim, vitamin, hormon tumbuh, asam organik, dan antibiotik. Sementara itu dari segi merugikan, kehadiran fungi dapat menimbulkan berbagai jenis penyakit yang membahayakan organisme lain terutama manusia (Noverita, 2009: 13). Berikut karakteristik dari kapang dan khamir.

a. Kapang (*mold*)

Berdasarkan SNI 7388: 2009, kapang didefinisikan sebagai mikroba yang terdiri dari lebih dari satu sel berupa benang-benang halus yang disebut hifa dan berkembang biak dengan spora. Struktur umumnya berupa hifa (filamen) yang berbentuk tabung, dinding sel rigid (kaku), dan terlihat ada pergerakan protoplasma di dalamnya. Panjang hifa tidak terbatas tetapi diameternya konstan pada kisaran 1-2 μm atau 5-10 μm dan ada yang mencapai 30 μm (Rakhmawati, 2010:5). Berikut ini sifat fisiologis kapang.

- 1) Kapang membutuhkan air lebih sedikit dibandingkan dengan bakteri.
- 2) Tidak lebih tahan panas dibandingkan bakteri.
- 3) Bersifat aerobik yaitu membutuhkan oksigen untuk pertumbuhan dan mampu hidup pada rentang pH sekitar 2,0 – 8,5.
- 4) Secara umum kapang dapat mempergunakan jenis makanan mulai dari yang sederhana sampai dalam bentuk kompleks.
- 5) Zat penghambat terhadap pertumbuhan kapang diantaranya asam sorbet, asam propionate, asam asetat, dan zat lain yang bersifat fungisida (Sari, 2010: 3-4).

b. Khamir (*yeast*)

Khamir disebut juga ragi atau *yeast* merupakan mikroba bersel tunggal berbentuk bulat lonjong dan memperbanyak diri melalui pembentukan tunas atau askospora, tetapi tidak membentuk miselium (BSN, 2009: 2). Sel khamir mempunyai ukuran sel lebih besar daripada bakteri yaitu berkisar antara 5-10 μm (Rakhmawati, 2010:4). Khamir termasuk sel eukariotik dan berkembang biak secara seksual maupun aseksual. Reproduksi seksual yang umum dilakukan yaitu peleburan (fusi) dari dua sel khamir menjadi sel tunggal berbentuk kantong yang disebut askus. Di dalam askus terbentuk satu sampai delapan spora yang disebut askospora. Jika berada dalam kondisi cocok, askus akan pecah dan askospora akan tumbuh membentuk sel khamir baru. Sedangkan reproduksi aseksual yaitu melalui proses pertunasan (blastospora). (Purnomo, 2005: 7). Sifat fisiologis khamir, diantaranya:

- 1) Kebutuhan air lebih sedikit dibandingkan dengan bakteri dan beberapa jenis khamir tertentu membutuhkan air lebih banyak daripada kapang.
- 2) Suhu optimal pertumbuhan khamir antara 25-30,5° C.
- 3) Tidak dapat tumbuh baik pada media yang bersifat alkalis.
- 4) Tumbuh baik pada suasana aerob.

Sumber energi yang paling baik yaitu gula dan untuk jenis khamir oksidatif dapat menggunakan asam organik dan alkohol (Sari, 2010: 11-12).

2.5.2 Mikotoksin

Mikotoksin merupakan metabolit sekunder dari fungi yang memberikan efek racun pada manusia dan hewan. Efek racun dari mikotoksin pada manusia dan hewan disebut mikotoksikosis dengan tingkat keparahan tergantung pada kadar racun dari mikotoksin, lama paparan, umur, kadar nutrisi dari pihak terjangkit serta efek sinergi dari bahan kimia lain dalam tubuh terhadap racun mikotoksin (Pereica, 1999). Mikotoksin merupakan senyawa organik bermassa molekul relatif rendah yang dihasilkan pada suhu dan kelembapan tertentu dan dapat berkembang pada berbagai makanan. Mikotoksin tidak memiliki pengaruh biokimia yang signifikan pada pertumbuhan dan perkembangan fungi (Dinis *et al*, 2007:553).



Gambar 2.4 Beberapa Fungi Tropik yang Umum Ditemukan
(Sumber : Gandjar, Sjamsuridzal, & Oetari, 2006:8-9)

2.5.3 Fase Hidup Fungi

Kurva pertumbuhan pada fungi diperoleh dari menghitung massa sel pada kapang atau kekeruhan media pada khamir dalam waktu tertentu. Kurva pertumbuhan terdiri dari beberapa fase, antara lain:

1) Fase lag

Ketika kondisi fungi siap untuk melakukan adaptasi pada lingkungan baru, maka fungi memerlukan sistem transpor baru pula sehingga pertumbuhan fungi menjadi lambat dan membutuhkan rentang waktu untuk biosintesis kembali. Waktu yang dibutuhkan untuk beradaptasi inilah yang disebut fase lag.

2) Fase Akselerasi

Fase dimulainya sel-sel membelah.

3) Fase eksponensial (log)

Pada fase eksponensial, fungi mengalami pembelahan paling tinggi dan konstan dalam waktu yang singkat serta aktivitas sel sangat meningkat. Pertumbuhan sel menjadi dua kali lipat.

4) Fase Deselerasi

Waktu sel-sel mulai kurang aktif membelah.

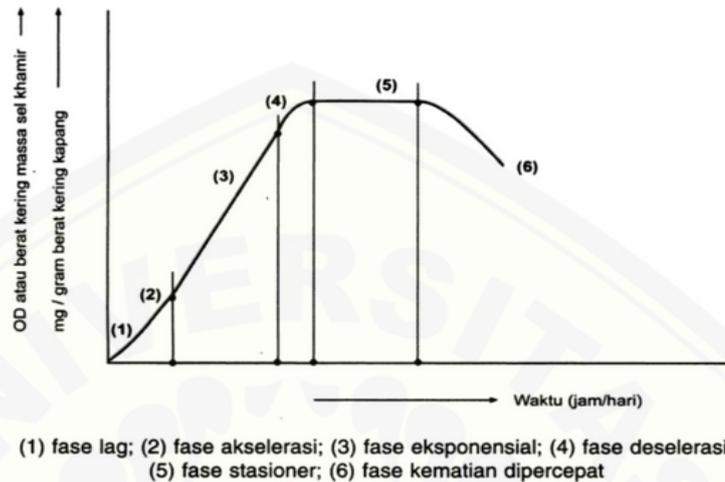
5) Fase stasioner

Pada fase stasioner, pembelahan sel terjadi secara lambat dan relatif konstan. Jumlah sel yang bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang. Pertumbuhan hifa berhenti dan pada beberapa jenis kapang terjadi diferensiasi sel yang menghasilkan pembentukan spora. Pada proses ini, nutrisi dialihkan dari miselium vegetatif menuju spora yang terbentuk. Selama fase stasioner, metabolisme energi dan proses biosintesis tetap terjadi. Dikarenakan terbatasnya nutrisi esensial maka banyak menghasilkan metabolit sekunder.

6) Fase kematian

Pada fase kematian, terjadi kematian miselium yang diikuti dengan proses pencernaan miselium oleh fungi itu sendiri. Beberapa jenis fungi, membentuk spora dari fragmentasi hifa. Jumlah sel-sel yang mati atau tidak aktif lebih banyak daripada sel-sel yang masih hidup (Anonim. 2008. Gandjar, Sjamsuridzal, & Oetari, 2006:39). Untuk menghindari terjadinya kematian fungi di luar fase

kematian, maka fungi yang tumbuh pada substrat dikondisikan berada pada lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan fungi dengan memperhatikan faktor pendukung seperti suhu, pH, dan kelembapan.



Gambar 2.5 Fase Hidup Fungi

(Sumber: Gandjar, Sjamsuridzal, & Oetari, 2006:40)

2.5.4 Fungi dan Mikotoksin pada Biji Kakao

Penelitian yang dilakukan oleh Dharmaputra *et al* (1998) menunjukkan bahwa pada biji kakao yang diperoleh dari petani selama musim panas di Sulawesi Selatan terdapat 12 jenis fungi yaitu *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. restrictus*, *A. tamari*, *A. wentii*, *Botryodiplodia theobromae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Eurotium amstelodami*, *Mucor piriformis*, *Nigrospora oryzae*, dan *Penicillium citrinum* dengan jumlah terbanyak cemaran fungi yaitu *A. flavus* dan *A. niger* dengan rata-rata jumlah infeksi 10,4 % untuk setiap jenis. Sedangkan jumlah cemaran fungi terbanyak pada biji kakao selama musim hujan yaitu *A. flavus* sebesar 8,4 % dan *A. niger* sebanyak 6,2 %.

Beberapa fungi, terutama dari genus *Aspergillus* dan *Penicillium* memproduksi mikotoksin yang dapat menyebabkan keracunan kronis dan dampak buruk bagi manusia dan hewan (Moss, 1996:514). Di antara mikotoksin, aflatoksin (AFs) dan okratoksin A (OTA) merupakan jenis mikotoksin yang paling banyak ditemukan dengan kadar toksin tinggi (*Commission of the European Communities*, 2001). AFs diproduksi oleh *A. flavus* dan *A. parasiticus*.

Sedangkan OTA diproduksi oleh *A. carbonarius*, *A. niger*, dan *A. ochraceus* (Magnoli *et al*, 2006:2370).

2.5.5 Dampak Mikotoksin bagi Manusia dan Hewan

Mikotoksin terdiri dari empat jenis tingkat keracunan yaitu akut, kronis, mutagenik, dan teratogenik. Aflatoksin termasuk racun akut dan kronis bagi hewan dan manusia, menyebabkan kerusakan hati, tumor, efek teratogenik, serta dapat mempengaruhi metabolisme protein, jumlah hemoglobin, dan efektivitas dari vaksin. Ochratoxin A merupakan neprotoksin akut yang bersifat immunosupresif dan karsinogenik (Pitt, J. I., 2000: 185-188). Aflatoksin ditemukan pada jaringan anak-anak yang menderita kwashiorkor dan sindrom reye serta diasumsikan bahwa aflatoksin merupakan salah satu penyebab penyakit tersebut. Sindrom reye menyebabkan pembesaran hati dan ginjal serta kerusakan otak (Blunden *et al*, 1991 dalam Zain 2010: 133).

2.6 Kerangka Konseptual

Penelitian ini menggunakan intensitas medan magnet ELF 500 μT dengan lama paparan untuk setiap variasi intensitas yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit yang dipertimbangkan berdasarkan hasil uji pendahuluan.

Tabel 2.6 Hasil TPC fungi pada uji pendahuluan

Kelompok	Perlakuan	TPC Fungi (cfu/g)
Kontrol	Tidak dipapar medan magnet ELF	$1,65 \times 10^5$
Eksperimen	300 μT selama 10 menit	$1,37 \times 10^5$
	500 μT selama 10 menit	$1,235 \times 10^5$
	500 μT selama 20 menit	$0,79 \times 10^5$
	500 μT selama 30 menit	$1,39 \times 10^5$
	500 μT selama 40 menit	$1,59 \times 10^5$
	500 μT selama 50 menit	$1,737 \times 10^5$

Variasi intensitas dan lama paparan medan magnet berpengaruh terhadap energi yang diterima oleh sampel. Berdasarkan perumusan fisika terkait laju energi per satuan luas, yaitu $S = c \frac{B^2}{\mu_0}$ dengan $B = \frac{d\phi_m}{dt}$ atau $\oint B dt = \oint d\phi_m$, dapat diperoleh suatu hubungan bahwa berjalannya fungsi waktu atau semakin besar waktu yang digunakan maka semakin besar fluks magnetik yang menembus suatu

luasan. Semakin besar rapat fluks magnetik maka semakin besar pula energi yang diterima oleh sampel. Energi inilah yang akan mempengaruhi pertumbuhan sel.

2.6.1 Interaksi Medan Magnet ELF dengan Ion

Medan magnet akan mempengaruhi ion-ion yang berperan aktif dalam proses metabolisme dan pembelahan sel, diantaranya ion K^+ , Na^+ , dan Ca^{2+} . Ion-ion yang diletakkan dalam medan magnet luar B akan terpolarisasi atau termagnetisasi, yaitu proses pensejajaran dipol magnet. Spin akan mengalami torsi akibat pengaruh medan magnet luar sehingga momen dipolnya cenderung berorientasi searah medan magnet luar (Wiyanto, 2008: 101).

Pada banyak bahan, magnetisasi M sebanding dengan intensitas magnetik H . Dapat dituliskan sebagai:

$$M = \chi_m H \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana χ_m merupakan tetapan suseptilitas magnetik. Medan magnet yang mempengaruhi suatu bahan berasal dari medan magnet yang dipaparkan dan medan magnet akibat magnetisasi sehingga persamaan (2.13) dapat dituliskan sebagai:

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M \dots\dots\dots (2.14)$$

$$B = \mu_0 H + \mu_0 \chi_m H \dots\dots\dots (2.15)$$

$$B = \mu_0 (1 + \chi_m) H \dots\dots\dots (2.16)$$

(Sutrisno & Gie, 1979:108)

Kemampuan unsur maupun ion dapat dilihat dari nilai suseptibilitas magnetiknya. Berikut daftar nilai suseptibilitas beberapa bahan.

Tabel 2.7 Suseptibilitas magnetik (pada suhu kamar)

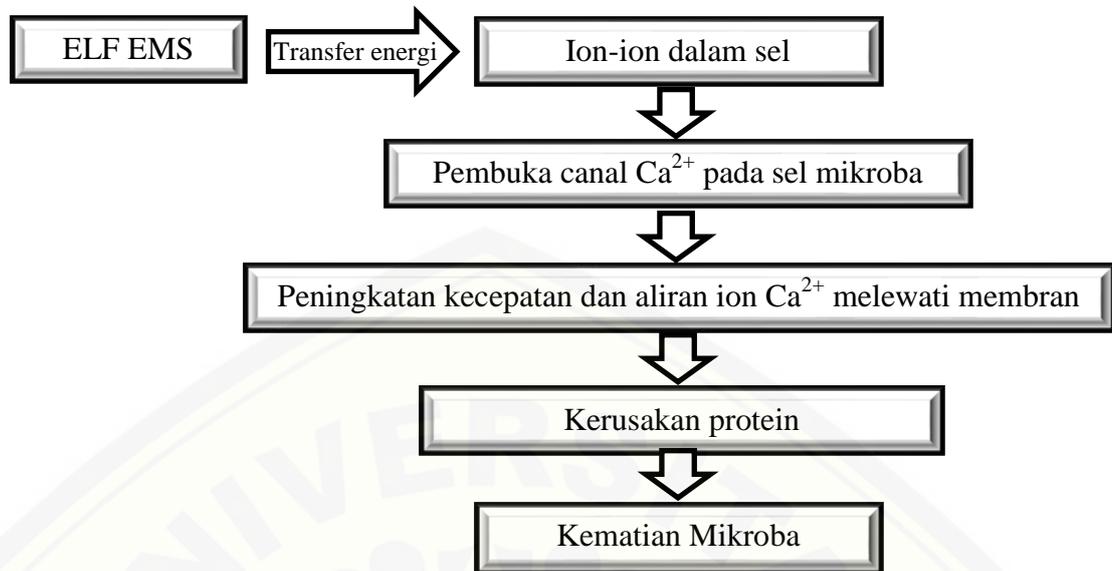
Bahan Paramagnetik	$\chi_m \times 10^{-6}$ mks	Bahan Diamagnetik	$\chi_m \times 10^{-6}$ mks
Aluminium	+ 0,82	Bismut	- 0,7
Kalsium	+ 1,4	Kadmium (Cd)	- 0,23
Oksida Besi (Fe_2O_3)	+ 25,0	Natrium	- 2,4
Magnesium	+ 0,69	Hidrogen	- 0,0099
Oksigen	+ 2,090	Nitrogen	- 0,0005
		Karbondioksida	- 0,0023

Sumber: Tipler, 2001: 327

Berdasarkan persamaan (2.15), nilai suseptibilitas akan berpengaruh terhadap medan magnet yang mempengaruhi bahan. Ion Na (natrium) merupakan bahan diamagnetik yang memiliki nilai suseptibilitas negatif dan sangat kecil yaitu $- 2,4 \times 10^{-6}$ sehingga pengaruh medan magnet terhadap ion akan lebih kecil

dan cenderung tidak berpengaruh. Pada umumnya, pengaruh medan magnet dari luar terhadap bahan diamagnetik seperti natrium akan menginduksi momen magnet dan saling meniadakan sehingga medan magnet tidak berpengaruh besar pada ion natrium. Sedangkan pada bahan paramagnetik, pengaruh medan magnet akan lebih besar.

Banyak ion yang berperan penting terhadap hubungan konidia dan substratum. Ion Ca^{2+} merupakan satu-satunya ion yang tidak menghambat proses germinasi spora. Ca^{2+} dibutuhkan pada 25 – 60 menit pertama pada proses germinasi (Howard & Gow, 2007:225). Ion Ca^{2+} (kalsium) tergolong bahan paramagnetik yang memiliki nilai susceptibilitas positif sebesar $+ 1,4 \times 10^{-6}$. Ketika berada pada medan magnet maka momen magnetik ion Ca^{2+} yang pada mulanya masih acak akan disearahkan. Hal ini akan memicu pergerakan ion Ca^{2+} . Perpindahan energi dari medan magnet ke ion mengakibatkan peningkatan kecepatan dan aliran ion Ca^{2+} yang melewati membran (Sari, 2012: 86). Selain dapat mempengaruhi aktivitas ion Ca^{2+} yang terpapar medan magnet, energi paparan medan magnet yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensial membran yaitu dengan menambah energi untuk mengaktifkan kanal kalsium untuk membuka dan ion kalsium yang berada sel akan masuk (Poli, 2009: 85-88). Ion Ca^{2+} yang masuk ke dalam sel dalam jumlah berlebih dan cepat justru akan merusak protein dalam sel dan mengganggu proses metabolisme sel. Rusaknya protein dalam sel mengakibatkan terhambatnya proses metabolisme sehingga menyebabkan kematian mikroba.



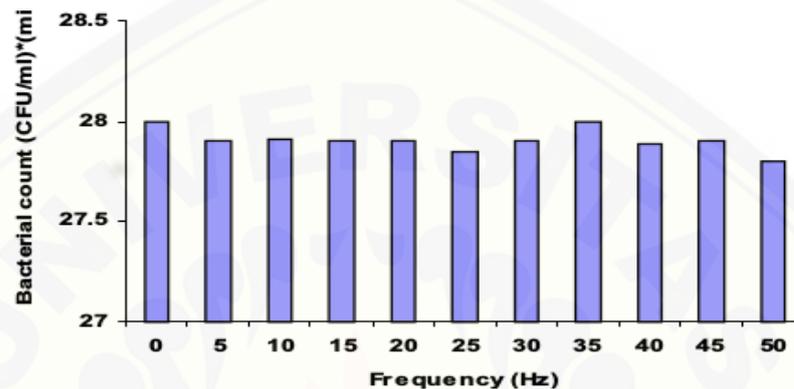
Gambar 2.6 Kerangka Konseptual Kematian Mikroba akibat Transfer Energi

2.6.2 Interaksi Medan Magnet ELF dengan Sel Mikroba

Paparan ELF pada makhluk hidup mendapat perhatian dan telah dipelajari dalam beberapa penelitian. Penelitian tersebut mempelajari bagaimana ELF berpengaruh terhadap proliferasi dan diferensiasi sel, modulasi fungsi reseptor membran, DNA, apoptosis, perkembangan radikal bebas, dan perubahan ion homeostasis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ali *et al* pada tahun 2011 dengan subjek penelitian tikus putih dapat disimpulkan bahwa peran utama medan magnet 50 Hz pada membran adalah mempengaruhi fungsi fisiologis sel dan komunikasi antar sel. Setelah mengalami paparan medan magnet sebesar 50 Hz, 02 mT selama 1 bulan ditemukan bahwa terjadi perubahan elastisitas membran eritrosit dan permeabilitas serta perubahan struktur molekuler hemoglobin.

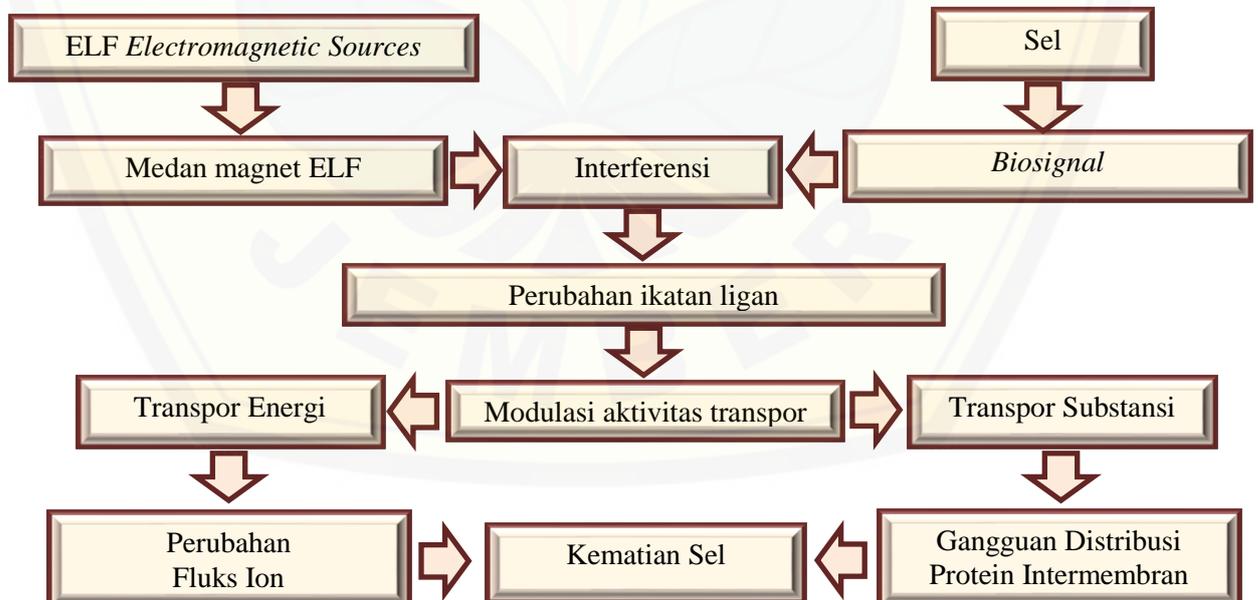
Paparan ELF pada bakteri mengakibatkan terjadinya interferensi gelombang antara ELF yang dihasilkan peralatan dengan gelombang yang dimiliki bakteri. Interferensi yang terjadi mengakibatkan gangguan pada fungsi transport energi pada membran bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada membran dan dinding sel. Hasil penelitian lebih lanjut yang dilakukan Segatore *et al* pada tahun 2012 menunjukkan bahwa ELF memiliki peran penting pada modulasi aktifitas pada transportasi substansi melintasi membran. ELF juga dapat mempengaruhi fungsi membran tidak hanya pada fluks ion serta ikatan molekul sinyal

ekstraseluler (ligan) namun juga dengan merubah distribusi dan/atau pengumpulan protein intermembran. Berdasarkan penelitian Ali *et al* pada tahun 2013 tentang pengaruh paparan ELF EMF terhadap perkembangan *Staphylococcus aureus* diperoleh hasil yaitu setelah bakteri terpapar medan ELF EMF dengan frekuensi 0 Hz hingga 50 Hz terjadi penurunan jumlah bakteri secara signifikan pada frekuensi 50 Hz.



Gambar 2.7 Jumlah Bakteri terhadap Frekuensi

Tak hanya itu, getaran-getaran magnet sebagai salah satu efek yang ditimbulkan oleh medan magnet akan merusak fungsi dari bagian-bagian sel yang kemudian menyebabkan kematian sel (Sari, 2012: 86).



Gambar 2.8 Kerangka Konseptual Kematian Mikroba akibat Interferensi

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di tiga tempat pada bulan April-Mei 2016, yaitu:

- a. Pemaparan medan magnet ELF dilakukan di laboratorium fisika lanjut gedung III FKIP (Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan) Universitas Jember karena terdapat seperangkat ELF EMS (*Extremely Low Frequency Electromagnetic Sources*) sebagai sumber paparan medan magnet ELF dan EMF *tester*.
- b. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dikarenakan ketersediaan bahan uji yaitu biji kakao dan praktisi yang memberikan pendampingan lapangan terkait perlakuan dan pemilihan sampel sesuai SNI.
- c. Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Jember karena terdapat seperangkat alat uji mikrobiologi.

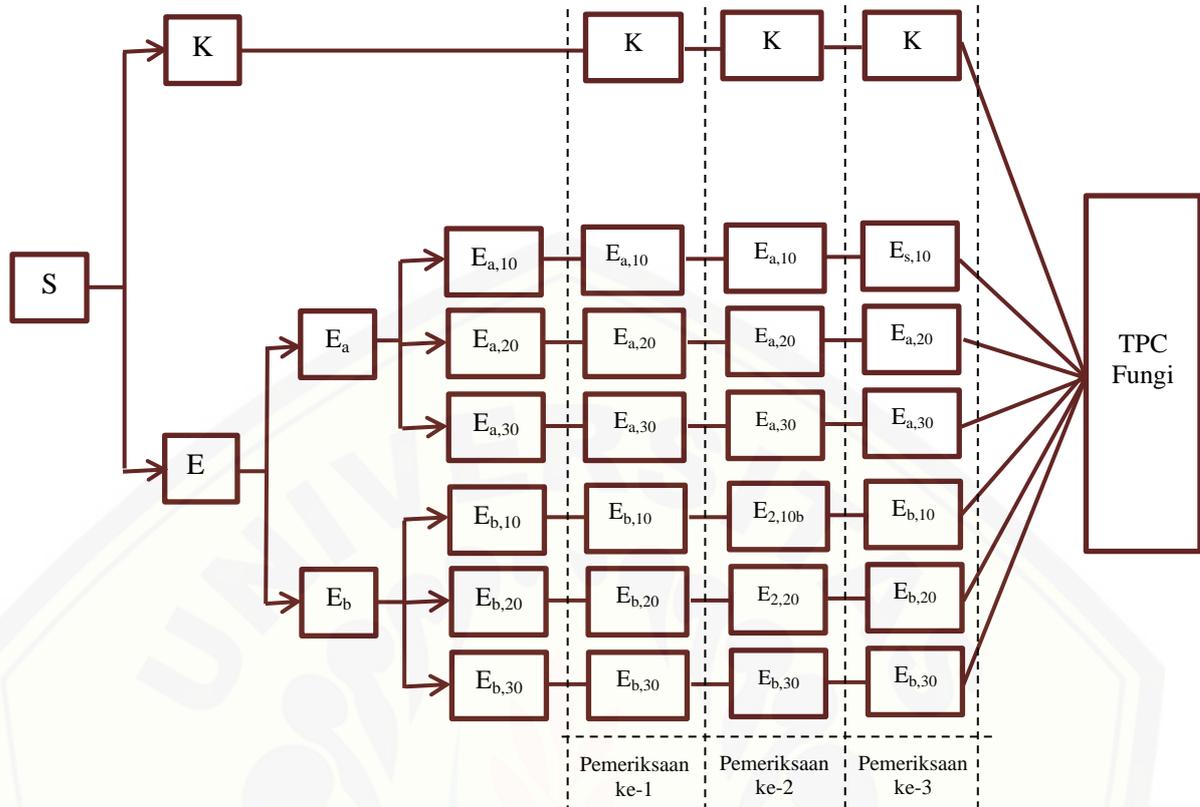
3.2 Jenis dan Desain Penelitian (Model Penelitian)

3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah penelitian eksperimen yaitu penelitian yang bertujuan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap suatu subjek dalam kondisi terkedali (Sugiyono, 2011:72) dan menyelidiki kemungkinan hubungan sebab akibat yang dilakukan dengan cara memberikan perlakuan pada kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan kelompok kontrol yang tidak diberikan perlakuan (Suryabrata, 2011:88).

3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah *randomized subject post test only control group design* (Sukardi, 2003:185). Dua kelompok subjek penelitian yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dibagi secara acak dengan pola desain seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan:

S merupakan sampel biji kakao varietas kakao lindak dari perkebunan rakyat Sulawesi yang dikondisikan agar fungi berada pada fase lag sebelum diberikan perlakuan

K merupakan kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF

E_a merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $500 \mu T$

$E_{a,10}$ merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $500 \mu T$ selama 10 menit

$E_{a,20}$ merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $500 \mu T$ selama 20 menit

$E_{a,30}$ merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $500 \mu T$ selama 30 menit

E_b merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $800 \mu T$

$E_{b,10}$ merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $800 \mu T$ selama 10 menit

$E_{b,20}$ merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $800 \mu T$ selama 20 menit

$E_{c,30}$ merupakan kelompok eksperimen yang dipapar medan magnet ELF $800 \mu T$ selama 30 menit.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi yang digunakan dalam penelitian adalah biji kakao varietas kakao lindak dari perkebunan rakyat Sulawesi yang diolah tanpa melalui tahap fermentasi dengan pertimbangan bahwa sebagian besar produksi kakao berasal dari Sulawesi. Sedangkan sampel penelitian berupa biji kakao yang dikondisikan agar pertumbuhan fungi sebelum diberikan perlakuan berada pada fase lag. Jenis perlakuan yang diberikan yaitu pemberian paparan medan magnet ELF sebesar $500 \mu T$ selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan tiga kali perulangan (triplo) untuk setiap sampel.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian dibagi atas tiga macam, yaitu:

- Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian adalah intensitas medan magnet ELF dengan variasi $500 \mu T$ dan $800 \mu T$ serta lama paparan medan magnet ELF dengan variasi waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit.
- Variabel terikat yaitu jumlah cemar fungi pada biji kakao setelah masa inkubasi ± 7 hari, ± 14 hari, dan ± 21 hari.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah biji kakao varietas kakao lindak asal perkebunan rakyat Sulawesi yang tidak terfermentasi.

3.4.2 Parameter Tetap

Parameter tetap digunakan sebagai acuan perlakuan yang diberikan pada biji kakao di luar perlakuan utama (paparan medan magnet ELF) yang bertujuan untuk menciptakan kondisi yang sesuai dengan pertumbuhan fungi. Berikut ini parameter yang digunakan.

- a. Suhu inkubasi yaitu 26° C
- b. Lama inkubasi biji kakao yaitu ± 7 hari, ± 14 hari, dan ± 21 hari sedangkan lama inkubasi isolate pada medium yaitu ± 3 hari.
- c. Kelembapan 90 %.
- d. pH 5,5.

3.4.3 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Berikut ini definisi operasional variabel yang digunakan dalam penelitian sehingga dapat menghindari terjadinya kesalahpahaman dalam mendefinisikan variabel dalam penelitian.

- a. Medan magnet ELF merupakan spesifikasi gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi 50 Hz. Pada penelitian ini sumber tegangan yang digunakan berasal dari PLN dengan tegangan input sebesar 220 volt dan sumber paparan medan magnet ELF berasal dari *ELF EMS*.
- b. Intensitas medan magnet yaitu kuat medan yang digunakan dengan variasi 500 μ T dan 800 μ T.
- c. Lama paparan medan magnet ELF merupakan jangka waktu pemaparan subjek penelitian yaitu selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit.
- d. Biji kakao merupakan produk olahan primer dari buah kakao yang berasal dari perkebunan rakyat Sulawesi dengan varietas yang digunakan adalah kakao lindak yang diolah tanpa melalui proses fermentasi dan dikondisikan agar kontaminan fungi masih berada di awal masa pertumbuhan (fase lag).
- e. Cemaran fungi merupakan jumlah keseluruhan fungi yang terdapat pada satu gram biji kakao tanpa ada identifikasi maupun penggolongan ke dalam spesies tertentu dimana perhitungan jumlah cemaran fungi dilakukan kepada biji kakao yang telah diinkubasi selama ± 7 hari, ± 14 hari, dan ± 21 hari sejak perlakuan diberikan pada biji kakao. Jumlah cemaran fungi dinyatakan dalam satuan cfu/g (*coloni form unit/gram*), artinya banyaknya unit pembentuk koloni dalam setiap satu gram sampel biji kakao.
- f. TPC (*total plate count*) merupakan metode menghitung jumlah cemaran fungi pada biji kakao dengan cara membuat isolat fungi menggunakan medium PDA

dan ditambahkan antibiotik kemudian menghitung jumlah total fungi yang muncul pada medium setelah diinkubasi selama ± 3 hari.

- g. Triplo merupakan teknik perulangan yang dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk setiap sampel sehingga hasil akhir yang diperoleh lebih akurat dan merupakan hasil rata-rata.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari:

- a. ELF EMS yang digunakan sebagai sumber medan magnet ELF yang terdiri dari seperangkat transformator (*transformator step-down* dan *current transformer*) dan satu unit *box* medan magnet ELF dengan sumber arus AC berasal dari PLN dimana tegangan *input* sebesar 220 volt dan frekuensi sebesar 50 Hz. Cara kerja ELF EMS sebagai berikut.
- 1) Tegangan satu frasa dari PLN sebesar 220 volt dengan frekuensi sebesar 50 Hz masuk ke pengatur tegangan (*voltage regulator*).
 - 2) *Output* dari *voltage regulator* masuk ke sisi primer transformator *step-down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan.
 - 3) *Output* dari sisi sekunder akan menghasilkan tegangan yang lebih rendah.
 - 4) Sementara itu, arus yang dihasilkan oleh *current transformer* menjadi lebih tinggi.
 - 5) Melalui konduktor tembaga yang dihubungkan dengan *output* transformator akan menghasilkan paparan medan magnet ELF. Tegangan minimal dengan arus maksimal mengkondisikan hasil paparan medan magnet ELF yang maksimal dan medan listrik yang minimal (mendekati medan listrik alamiah).
- b. EMF *tester* digunakan untuk mengukur kuat medan magnet yang dihasilkan oleh ELF EMS dan memastikan ketepatan medan magnet yang digunakan dalam penelitian.
- c. *Stopwatch* untuk mengukur lama waktu paparan.

d. Alat yang digunakan untuk mengukur jumlah fungi, yaitu:

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 1) Tabung reaksi ukuran 10 ml | 9) Inkubator |
| 2) <i>Micropipette</i> | 10) Autoclave |
| 3) Tip Biru | 11) Kapas |
| 4) Cawan petri | 12) Karet Gelang |
| 5) <i>Vortex mixer</i> | 13) Laminar |
| 6) Alumunium foil | 14) Korek api |
| 7) Neraca | 15) Bunsen |

3.5.2 Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian yaitu biji kakao varietas campuran yang berasal dari perkebunan rakyat Sulawesi, sedangkan bahan pendukung yaitu PDA (*Potato Dextrose Agar*), garfis, antibiotik, alkohol, dan spirtus.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan

a. Penentuan Sampel

Sampel biji kakao yang digunakan merupakan hasil pengolahan primer buah kakao dari perkebunan rakyat Sulawesi yang diolah tanpa melalui proses fermentasi dan terbagi atas sampel biji kakao yang telah dipastikan secara fisik kontaminasi fungi dan sampel biji kakao yang dikondisikan agar pertumbuhan fungi sebelum diberikan perlakuan berada pada fase lag. Dari setiap 1 gram sampel biji kakao untuk diuji jumlah cemaran dan pertumbuhan fungi menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Pengambilan sampel disesuaikan dengan standar SNI 19-0428-1998 mengenai petunjuk pengambilan contoh padatan. Populasi dicampur sehingga merata dan kemudian dibagi empat dan dua bagian diambil secara diagonal. Cara ini dilakukan beberapa kali samapai mencapai sampel bermassa 1 gram. Sampel kemudian dibungkus dengan alumunium foil.

b. Pembuatan PDA (*Potato Dextrose Agar*)

PDA merupakan media yang digunakan sebagai sumber nutrisi bagi fungi yang terdiri dari campuran *potato*, *dextrose*, dan *agar*. Adapun langkah pembuatan PDA sebagai berikut.

- 1) Mengupas kulit kentang hingga bersih kemudian memotong kentang menjadi bagian-bagian kecil dan merebus kentang di dalam air mendidih dengan perbandingan 120 gram kentang : 60 ml air mendidih.
- 2) Menyaring kentang yang telah direbus hingga diperoleh sarinya.
- 3) Mencampur sari kentang dengan dextrose 1% dan agar 1,5% di dalam tabung erlenmeyer.
- 4) Mensterilkan PDA menggunakan autoclave.

c. Persiapan Alat

Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik selama proses penelitian. Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ELF EMS yang berfungsi sebagai penghasil medan magnet ELF dan EMF *tester* yang berfungsi untuk mengukur besar medan magnet ELF.

Prosedur pengoperasian alat *transformer* ELF EMS, sebagai berikut.

- 1) Mengon-kan MCB 2P 50 A. Apabila tegangan telah terhubung, *pilot lamp* akan menyala.
- 2) Memastikan *output* tegangan *slide voltage regulator* adalah nol dengan cara memutar knob putar berlawanan arah jarum jam hingga knob tidak dapat diputar lagi.
- 3) Menekan *push button* (warna merah) untuk meyalakan regulator arus. Bila knob putar pada langkah sebelumnya belum berada pada posisi nol, maka kontaktor tidak akan menyala (*on*) dan peralatan belum dapat digunakan.
- 4) Memutar knob putar searah jarum jam hingga didapatkan besaran kuat medan magnet yang diinginkan dengan menggunakan bantuan alat ukur EMF *tester*.
- 5) Menekan *push button* (warna hijau) untuk mematikan regulator arus.

Pada penelitian ini juga digunakan EMF *tester* untuk memastikan intensitas medan magnet ELF yang digunakan. Adapun prosedur penggunaan EMF *tester*, yaitu:

- 1) Memosisikan *range switch* ke *range* yang sesuai.
- 2) Memegang probe sensor kemudian mendekatkan kepala sensor ke subjek yang akan diukur hingga tersentuh secara fisik. Membaca kuat medan magnet pada layar dan mencatat hasilnya.
- 3) Memosisikan kepala sensor terhadap subjek dengan sudut yang berbeda. Membaca kuat medan magnet pada layar dan mencatat hasilnya.
- 4) Apabila perbedaan hasil pengukuran subjek dengan sudut yang berbeda mendekati nol, maka tidak ada sumber elektromagnetik lain yang terdeteksi. Akan tetapi, bila perbedaan hasil pengukuran ada yang tidak mendekati nol, maka hasil pengukuran dipengaruhi oleh sumber elektromagnetik lain yang terdeteksi oleh EMF *tester*.

d. Sterilisasi Alat

Alat yang digunakan selama proses inkubasi dan isolasi harus dipastikan steril untuk menghindari terjadinya kontaminasi dari mikroorganisme lain yang dapat mempengaruhi keakuratan hasil penelitian. Proses sterilisasi menggunakan *autoclave* yang beroperasi dengan memanfaatkan tekanan dalam upaya inaktivasi mikroorganisme. Berikut proses sterilisasi alat yang akan digunakan.

- 1) Memilih dan memilah alat sesuai dengan bentuk dan kegunaan.
- 2) Menutup mulut tabung reaksi dan erlenmeyer menggunakan kapas dan membungkus peralatan selain tabung reaksi dan erlenmeyer dengan aluminium foil.
- 3) Memasukkan alat yang akan digunakan ke dalam autoclave.
- 4) Mengoperasikan autoclave.
- 5) Memindahkan alat yang telah steril ke dalam inkubator dengan suhu $\geq 45^{\circ} \text{C}$.

3.6.2 Tahap Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan di laboratorium fisika lanjut FKIP Universitas Jember pada hari Sabtu, 2 April 2016 dengan memberikan perlakuan berupa

pemaparan medan magnet ELF pada biji kakao. Selanjutnya dilakukan pembuatan isolat fungi dari biji kakao pada hari Senin, 18 April 2016 dan penghitungan jumlah cemaran fungi pada hari Kamis, 21 April 2016 di laboratorium mikrobiologi FMIPA Universitas Jember.

Uji pendahuluan dilakukan untuk memastikan jika paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap objek yang diteliti dan mendapatkan data sementara yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan intensitas dan lama paparan pada penelitian utama. Uji pendahuluan pertama menggunakan intensitas 300 μT dan 500 μT dengan lama paparan 10 menit. Hasil yang diperoleh digunakan sebagai acuan untuk menentukan intensitas yang digunakan pada penelitian utama. Uji pendahuluan kedua menggunakan intensitas 500 μT dengan variasi lama paparan 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit. Hasil yang diperoleh digunakan sebagai acuan untuk menentukan variasi lama paparan yang digunakan pada penelitian utama.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, diketahui bahwa paparan medan magnet ELF 500 μT selama 10 menit lebih efektif dalam menekan jumlah cemaran fungi pada biji kakao dibandingkan intensitas medan magnet 300 μT sehingga intensitas yang digunakan pada penelitian utama dipilih 500 μT . Sedangkan lama paparan yang digunakan pada penelitian utama yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan pertimbangan bahwa berdasarkan hasil uji pendahuluan diketahui jika jumlah cemaran fungi pada lama paparan 40 menit mendekati jumlah cemaran fungi pada kelas kontrol sehingga dapat diasumsikan jika lama paparan 40 menit kurang efektif untuk digunakan.

3.6.3 Tahap Penelitian Utama

Penelitian utama bertujuan untuk mendapatkan data dan mengkaji pengaruh variasi intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao terhadap jumlah cemaran fungi sehingga akan diperoleh intensitas dan lama paparan efektif untuk menekan jumlah cemaran fungi pada biji kakao.

Biji kakao dibagi ke dalam 63 sampel dan dibungkus dengan aluminium foil untuk mencegah interaksi dengan lingkungan. 9 sampel dibiarkan tanpa paparan

(kelas kontrol) dan 54 sampel dipapar medan magnet ELF. 27 sampel pertama diletakkan dalam *box* medan magnet ELF dan dipapar dengan medan magnet ELF 500 μ T. Untuk setiap 10 menit pemaparan, diambil 9 buah sampel. Setelah itu, 27 sampel kedua diletakkan di dalam *box* medan magnet ELF dan dipapar dengan medan magnet ELF 700 μ T. Untuk setiap 10 menit pemaparan, diambil 9 buah sampel. Setelah itu, keseluruhan sampel dimasukkan ke dalam kotak kemudian disimpan dalam inkubator pada $\pm 26^{\circ}$ C.

3.6.4 Tahap Perhitungan

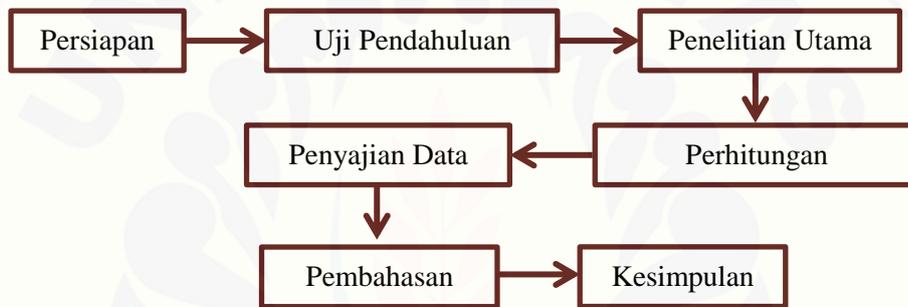
Uji jumlah cemaran fungi merupakan kegiatan untuk mengetahui jumlah cemaran fungi pada biji kakao menggunakan metode TPC dengan teknik *pour plate*. Uji jumlah fungi dilakukan pada kelompok kontrol dan eksperimen. Adapun prosedur yang dilakukan sebagai berikut.

- a. Menumbuk biji kakao yang telah dimasukkan ke dalam plastik kemudian menimbang sebanyak 1 gram biji kakao dan membungkusnya dengan alumunium foil.
- b. Menyediakan 3 tabung reaksi ukuran 10 mL yang berisi 9 mL garfis.
- c. Mengambil 1 gram biji kakao dan memasukkan ke dalam 9 mL garfis pada tabung reaksi pertama. Tahap ini disebut tahap pengenceran pertama atau 10^{-1}
- d. Tabung reaksi yang berisi campuran antara biji kakao dan garfis dicampur rata menggunakan *vortex mixer*.
- e. Mengambil 1 mL larutan biji kakao menggunakan *micropipette* pada tahap pengenceran pertama dan menuangkannya pada 9 mL garfis pada tabung reaksi kedua. Tahap ini disebut tahap pengenceran ke-2 atau 10^{-2} .
- f. Melakukan langkah pengenceran sampai pengenceran ke-3 atau 10^{-3} .
- g. Mengambil 1 mL larutan biji kakao yang telah diencerkan pada tahap ke-3 dan meletakkannya pada cawan petri.
- h. Mencampur rata PDA dan antibiotik dengan perbandingan 10 ml : 0,04 ml menggunakan *vortex mixer* kemudian menuangkannya ke dalam cawan petri.

- i. Mencampur 1 ml larutan biji kakao dengan 10 ml larutan PDA dan 0,04 ml antibiotik dengan cara menggerakkan cawan petri membentuk pola angka delapan sebanyak 20 kali.
- j. Mendinginkan agar hingga memadat lalu membungkus cawan petri dengan kertas jagung.
- k. Menginkubasi isolat selama tiga hari.
- l. Menghitung jumlah fungi menggunakan persamaan :

$$\text{Nilai (cfu/g)} = \text{Jumlah koloni yang terlihat pada medium} \times \frac{1}{\text{tingkat pengenceran}}$$

Penelitian yang dilakukan mengikuti rancangan sebagai berikut.



Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian

3.6.5 Tahap Penyajian Data

Tabel 3.1 Jumlah cemaran fungi

Kode (Pemeriksaan ke-1)	TPC Fungi (cfu/g)	TPC Fungi (cfu/g)	Kode (Pemeriksaan ke-2)	TPC Fungi (cfu/g)	TPC Fungi (cfu/g)	Kode (Pemeriksaan ke-3)	TPC Fungi (cfu/g)	TPC Fungi (cfu/g)
K	_____	_____	K	_____	_____	K	_____	_____
E _{a,10}	_____	_____	E _{a,10}	_____	_____	E _{a,10}	_____	_____
E _{a,20}	_____	_____	E _{a,20}	_____	_____	E _{a,20}	_____	_____
E _{a,30}	_____	_____	E _{a,30}	_____	_____	E _{a,30}	_____	_____

Kode (Pemeriksaan ke-1)	TPC Fungi (cfu/g)	TPC (cfu/g)	Kode (Pemeriksaan ke-2)	TPC Fungi (cfu/g)	TPC (cfu/g)	Kode (Pemeriksaan ke-3)	TPC Fungi (cfu/g)	TPC (cfu/g)
E _{b,10}	_____	_____	E _{b,10}	_____	_____	E _{b,10}	_____	_____
E _{b,20}	_____	_____	E _{b,20}	_____	_____	E _{b,20}	_____	_____
E _{b,30}	_____	_____	E _{b,30}	_____	_____	E _{b,30}	_____	_____

3.7 Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan yaitu analisis statistik deskriptif. Analisis statistik deskriptif digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku umum atau generalisasi. Analisis ini hanya berupa akumulasi data dasar dalam bentuk deskripsi tanpa ada tujuan untuk mencari atau menerangkan saling hubungan, menguji hipotesis, membuat ramalan, atau penarikan kesimpulan (Muhson, Tanpa Tahun:1-2). Dengan kata lain, statistik deskriptif hanya berfungsi menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan. Penarikan kesimpulan pada statistik deskriptif (jika ada) hanya ditunjukkan pada kumpulan data yang ada (Hasan, 2010:2).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- a. Intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga ± 7 hari. Intensitas efektif yaitu $800 \mu\text{T}$ selama 30 menit dengan jumlah cemaran hanya sebesar $2 \times 10^3 \text{ cfu/g}$.
- b. Intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga ± 14 hari. Intensitas efektif yaitu $800 \mu\text{T}$ selama 20 menit dengan jumlah cemaran akhir sebesar $1,67 \times 10^3 \text{ cfu/g}$.
- c. Intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga ± 21 hari. Intensitas efektif yaitu $500 \mu\text{T}$ selama 30 menit dengan jumlah cemaran akhir sebesar $1 \times 10^2 \text{ cfu/g}$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang diberikan sebagai berikut.

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan intensitas dan lama paparan yang lebih beragam dengan interval yang lebih kecil sehingga akan didapatkan intensitas dan lama paparan efektif yang lebih akurat.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap kandungan gizi pada biji kakao sehingga akan diperoleh informasi mengenai sejauh mana keefektifan penggunaan paparan medan magnet ELF sebagai teknologi sterilisasi tanpa mempengaruhi kandungan gizi yang terdapat pada biji kakao.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, W., Mins C., & M. Blackwell. 1996. *Introductory Mycology, 4th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Ali, Fadel Mohammad, *et al.* 2011. *Effects of Exposures to a Mix of Fast Neutrons and 50Hz, 0.05mT Magnetic Field on Rat Testes (In Vivo Study)*. *Journal of International Dental and Medical Research ISSN 1309-110X Volume 4 No.2*: 94-99.
- Ali, Fadel Mohammad, *et al.* 2013. *Control of Staphylococcus Aureus Growth by Electromagnetic Therapy*. *UDC 579.0(537.868)*: 169-178.
- Anonim. 2008. *Mold* [online]. <http://www.moldbacteria.com/mold> [5 Maret 2016].
- Anonim. 2015. *Permentan Bertujuan Meningkatkan Mutu Kakao Indonesia* [online]. http://www.mediaperkebunan.net/index.php?option=com_content&view=article&id=828:permentan-bertujuan-meningkatkan-mutu-kakao-indonesia&catid=2:komoditi&Itemid=26 [10 Desember 2015].
- Asosiasi Kakao Indonesia. 2005. "Prospek Agroindustri Kakao Indonesia di Pasaran Dunia sampai dengan 2010". Tidak Diterbitkan. Temu Teknis Agroindustri Kakao, Jember, 27 September 2015.
- Baafai, U. S. 2004. Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat. *Jurnal Teknik Simetrika Vol. 2, No.2*, Agustus 2003.
- Barbosa dan Canovas. 1998. *Oscillating magnetic Fields for food Processing*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Commission of the European Communities. 2001. EC Regulation 466/01. *Official Journal of the European Union L 77/1* (16.03.2001).
- Dharmaputra, Okky Setyawati. 2014. *Fungi, Mycotoxins, and their Control in Indonesian Food and Feedstuff*. Bogor: SEAMEO BIOTROP.
- Dinis, A. M. P., Lino, C.M., & Pena, A.S. 2007. Ochratoxin A in Nephropathic Patients from Two Cities of Central Zone in Portugal. *J. Pharmaccut. Biomed. Anal (44)*: 553-557.
- Ervina, Vinda, Sudarti, & Wahyuni, Dwi. 2015. "Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) terhadap Jumlah Bakteri Acetobacter Xylinum dan pH pada Proses Pembuatan Starter Nata De Coco". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Universitas Jember: Jember.

- Firmanto, Hendy. 2014. Penurunan Cemaran Mikroorganisme pada Proses Pengukusan Biji Kakao Menggunakan Kolom Pengukus. *Pelita Perkebunan Vol. 30, No.1*: 55-64.
- Gandjar, Indrawati, Sjamsuridzal, Wellyzar, & Oetari, Ariyanti. 2006. *Mikologi: Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia
- Hasan, I. 2010. *Analisis Data Penelitian dengan Statistik*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Hersa, Vonni Triana, Sudarti 2013. “Respon Salmonella Typhimurium pada Bumbu Gado-Gado terhadap Paparan *Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field*”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Hoong, Ng Kwan. 2011. “Pengenalan kepada Medan Elektromagnetik dan Kesehatan”. Tidak Diterbitkan. Materi Seminar Kesadaran Awam Berkaitan Medan Elektromagnetik (EMF). Putrajaya: University of Malaya.
- ICCRI. 2003. *Pengolahan Kakao* [online]. <http://iccri.net/pengolahan-kakao/> [1 Desember 2015].
- _____. 2015. *Kakao (Theobroma cacao)* [online]. <http://iccri.net/kakao/> [1 Desember 2015].
- Ishaq, M. 2007. *Fisika Dasar Elektrisitas dan Magnetisme*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kung'u, Jackson. 2016. *MBL: Mold & Bacteria Consulting Laboratories- The Phases of Fungal Growth in Indoor Environment* [online]. <https://www.moldbacteria.com/mold/the-phases-of-fungal-growth-in-indoor-environment.html>. [1 Juli 2017]
- Kusuma, Dinastuti Anggraeni, Rochmah Agustina, & Tundjung. 2013. *Anatomi Batang dan Stomata Tomat (Lycopersicum esculentum) yang Dikecambahkan di Bawah Pengaruh Medan Magnet 0,2MT*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi V. Lampung: Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Magnoli, C., Astoreca, A., Ponsone, L., Fernandez-Juri, M.G., Chiacchiera, S., & Dalcerro, A. 2006. Ochratoxin A and the Occurrence of Ochratoxin a-Producing Black Aspergilli in Stored Seeds from Cordoba, Argentina. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 2369–2373.
- Ma'rufiyanti, Putri, Sudarti, & Agus Abdul 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”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

- Mayasari, Emilia. 2012. *Gelombang Elektromagnetik* [online]. <http://funwithphysics.xtreemhost.com/> [8 Januari 2015].
- Moss, M. O., 1996. Mycotoxins. Centenary Review. *Mycological Research* (100): 513-523.
- Muchtadi, R. Tien & Sugiyono. 2013. *Prinsip Proses dan Teknologi Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Muhson, Ali. Tanpa Tahun. "Teknik Analisis Kuantitatif". Tidak Diterbitkan. Makalah Kuliah. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Pitt, J. I. 2000. Toxigenic Fungi and Mycotoxins. *British Medical Bulletin* 56 (1): 184-192.
- Poli, Paul S. 2009. *Komunikasi Sel dalam Biologi Molekular*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Putri, Kiki Widya. 2015. "Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Jumlah Bakteri *Lactobacillus casei* dan Aktivitas Antioksidan pada Proses Pembuatan Susu Fermentasi". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Rahmadi, A. & Fleet G. 2008. *The Occurrence of Mycotoxigenic Fungi in Cocoa Beans from Indonesia, Solomon Islands and Queensland, Australia*. Australia: The University of New South Wales.
- Rakhmawati, Anna. 2010. "Keanekaragaman Hayati". Tidak Diterbitkan. Makalah. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rohma, Aulia, Sumardi, Eti Ernawati, & Rochmah Agustrina. 2013. *Pengaruh Medan Magnet terhadap Aktivitas Enzim A-Amilase pada Kecambah Kacang Merah dan Kacang Buncis Hitam (Phaseolus vulgaris L.)*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi V. Lampung: Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Sadidah, Kristian Rohmatul, Sudarti, & Gani, Agus Abdul. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300 dan 500 terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan. *Jurnal Pendidikan Fisika Vol. 4 No.1* [Juni 2015]: 1-8.
- Sari, Elok Kurnia Novita. 2012. Proses Pengawetan Sari Buah Apel (*Mallus Sylvestris Mill*) secara Non-Termal Berbasis Teknologi Oscillating Magnetizing Field (OMF). *Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 13 No. 2* [Agustus 2012]: 78-87.
- Sari, Reza Emelia Yuni Wulan, Prihandono, Trapsilo, & Sudarti. 2015. Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 dan 300 pada

- Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti. *Jurnal Pendidikan Fisika Vol. 4 No.2* [September 2015]: 164-170.
- Segatore, B, *et al.* 2012. Evaluations of the Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Growth and Antibiotic Susceptibility of Escherichia Coli and Pseudomonas Aeruginosa (Research Article). *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Microbiology Volume 2012: 1-7.*
- Soesanto, Sri Soewasti. 1996. Medan Elektromagnetik (Artikel). *Media Litbangkes Vol. VI No. 03.*
- Sudarti & Heliatin. 2005. The Effect Of Alteration 11-10 To The Immuno Modulation Response On Bulb/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20 MT. *Jurnal saintifika, 6(1): 36-44.*
- Sudarti & Prihandono, Trapsilo. 2014. *Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) terhadap Prevalensi Salmonella dalam Bahan Pangan untuk Meningkatkan Keamanan Pangan bagi Masyarakat.* Jember: Universitas Jember.
- Sukardi. 2003. *Metodologi Penelitian Pendidikan Kompetensi dan Praktiknya.* Jakarta: Bumi Aksara.
- Sutrisno & Gie, T. I. 1979. *Fisika Dasar: Listrik Magnet dan Termofisika.* Bandung: ITB.
- Tarigan, T. R. P. 2012. *Jurnal Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik yang Ditimbulkan oleh Telepon Seluler.*
- Tessaro, Lucas W.E., Nirusha J. Murugan, Michael A. Persinger. 2015. Bacterial Growth Rates are Influenced by Cellular Characteristic of Individual Species when Immersed in Electromagnetic Fields. *Microbiological Research, Volume 172 Maret 2015: 26-33.*
- Tipler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2. Alih Bahasa Dr. Bambang Soegijono.* Jakarta: Erlangga.
- World Health Organization. 2007. *Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Fields.* Geneva: WHO Press.
- Young, H. G. 2012. *College Physics 9th Edition.* San Fransisco: Pearson Education, Inc.
- Zain, Mohamed E. 2010. Impact of Mycotoxins on Humans and Animals. *Journal of Saudi Chemical Society (2011) 15: 129-144.*

Lampiran A. Matriks Penelitian

MATRIKS PENELITIAN

JUDUL	PERMASALAHAN	VARIABEL	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN
Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemaran Fungi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apakah intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 7 hari? 2. Apakah intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 14 hari? 3. Apakah intensitas dan lama paparan medan magnet ELF pada biji kakao berpengaruh terhadap jumlah cemaran fungi hingga jangka waktu ± 21 hari? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bebas Intensitas medan magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) dan lama paparan. 2. Kontrol Biji kakao varietas kakao lindak asal perkebunan rakyat Sulawesi yang diolah tanpa melalui tahap fermentasi. 3. Terikat Jumlah cemaran fungi pada biji kakao 	Hasil eksperimen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis Penelitian : Eksperimen. 2. Tempat Penelitian : Laboratorium fisika lanjut gedung III FKIP (Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan) Universitas Jember, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (ICCRI), dan Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Jember. 3. Data yang diambil : <ol style="list-style-type: none"> a) Jumlah cemaran fungi pada biji kakao tanpa paparan medan magnet ELF pada pemeriksaan ke-1, ke-2, dan ke-3. b) Jumlah cemaran fungi pada biji kakao yang dipapar medan magnet ELF pada setiap variasi intensitas dan lama paparan pada pemeriksaan ke-1, ke-2, dan ke-3. 4. Analisis Data : Analisis statistik deskriptif

Lampiran B. Data Hasil Uji Pendahuluan

1. Hasil pengukuran TPC fungi pada kelas kontrol

Kontrol	TPC Fungi (cfu/g)	TPC Fungi (cfu/g)
	$1,57 \times 10^5$	$1,65 \times 10^5$
	$1,73 \times 10^5$	

2. Hasil pengukuran TPC fungi pada biji kakao yang dipapar medan magnet ELF selama 10 menit

Medan Magnet	TPC Fungi (cfu/g)	TPC Fungi (cfu/g)
300 μ T	$1,36 \times 10^5$	$1,37 \times 10^5$
	$1,38 \times 10^5$	
500 μ T	$1,29 \times 10^5$	$1,235 \times 10^5$
	$1,18 \times 10^5$	

3. Hasil pengukuran TPC fungi pada biji kakao yang dipapar medan magnet ELF 500 μ T

Lama Paparan	TPC Fungi (cfu/g)	TPC Fungi (cfu/g)
10 menit	$1,29 \times 10^5$	$1,235 \times 10^5$
	$1,18 \times 10^5$	
20 menit	$0,98 \times 10^5$	$0,79 \times 10^5$
	$0,60 \times 10^5$	
30 menit	$1,38 \times 10^5$	$1,39 \times 10^5$
	$1,40 \times 10^5$	
40 menit	$1,42 \times 10^5$	$1,59 \times 10^5$
	$1,76 \times 10^5$	
50 menit	$1,93 \times 10^5$	$1,737 \times 10^5$
	$1,80 \times 10^5$	

Lampiran C. Data Perhitungan Jumlah Cemarannya Fungi Pada Biji Kakao

Kode (Pemeriksaan ke-1)	TPC Fungi (cfu/g)	(cfu/g)	Kode (Pemeriksaan ke-2)	TPC Fungi (cfu/g)	(cfu/g)	Kode (Pemeriksaan ke-3)	TPC Fungi (cfu/g)	(cfu/g)
K	11×10^3	$34,33 \times 10^3$	K	7×10^3	$6,67 \times 10^3$	K	2×10^2	$1,67 \times 10^2$
	84×10^3			1×10^3			-	
	12×10^3			12×10^3			3×10^2	
E _{a,10}	37×10^3	25×10^3	E _{a,10}	3×10^3	$3,67 \times 10^3$	E _{a,10}	1×10^2	$1,33 \times 10^2$
	5×10^3			2×10^3			3×10^2	
	33×10^3			6×10^3			-	
E _{a,20}	6×10^3	$8,33 \times 10^3$	E _{a,20}	2×10^3	$3,33 \times 10^3$	E _{a,20}	1×10^2	6×10^2
	7×10^3			5×10^3			3×10^2	
	12×10^3			3×10^3			14×10^2	
E _{a,30}	5×10^3	$11,67 \times 10^3$	E _{a,30}	2×10^3	4×10^3	E _{a,30}	3×10^2	1×10^2
	15×10^3			4×10^3			-	
	15×10^3			6×10^3			-	
E _{b,10}	8×10^3	11×10^3	E _{b,10}	8×10^3	6×10^3	E _{b,10}	3×10^2	$35,67 \times 10^2$
	8×10^3			3×10^3			2×10^2	
	17×10^3			7×10^3			102×10^2	
E _{b,20}	13×10^3	14×10^3	E _{b,20}	1×10^3	$1,67 \times 10^3$	E _{b,20}	1×10^2	$1,33 \times 10^2$
	16×10^3			2×10^3			2×10^2	
	13×10^3			2×10^3			1×10^2	
E _{b,30}	5×10^3	2×10^3	E _{b,30}	5×10^3	4×10^3	E _{b,30}	3×10^2	$5,67 \times 10^2$
	-			3×10^3			6×10^2	
	1×10^3			4×10^3			8×10^2	

Lampiran D. Foto Kegiatan Penelitian



Gambar 1. Pengukuran Intensitas Paparan Medan Magnet ELF di Dalam *Box*



Gambar 2. Peletakkan Biji Kakao Pada *Box* Medan Magnet ELF



Gambar 3. Pengukuran Intensitas Medan Magnet pada Biji Kakao



Gambar 4. Penghitungan Lama Paparan

LAMPIRAN E. SURAT IZIN MELAKUKAN PENELITIAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121

Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-334988

Laman: www.fkip.unej.ac.id

Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Ketua Laboratorium Program Studi Pendidikan Fisika
FKIP Universitas Jember
Jember

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

Nama : Hesty Nur Lailatul Khoiroh
NIM : 110210102008
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemar Fungi” di Laboratorium yang Saudara pimpin pada bulan April – Mei 2016.

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 terima kasih.

Dosen Pembimbing I

Dr. Sudarti, M.Kes

NIP. 196201231988022001

Mahasiswa yang Bersangkutan

Hesty Nur Lailatul Khoiroh

NIM. 110210102008



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: 0331-334988

Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor **2433** /UN25.1.5/LT/2016
Lampiran :
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

04 APR 2016

Yth. Kepala Laboratorium Mikrobiologi FMIPA
Universitas Jember
Jember

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

Nama : Hesty Nur Lailatul Khoiroh
NIM : 110210102008
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemarannya Fungi” di Laboratorium yang Saudara pimpin pada bulan April – Mei 2016.

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 terima kasih.

a.n. Dekan
Pembantu Dekan 1,

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

Tembusan:

1. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember
2. Arsip



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: 0331-334988

Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor : 2493/UN25.1.5/LT/2016
Lampiran : 1 Bendel Proposal Skripsi
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

06 APR 2016

Yth. Dekan FMIPA
Universitas Jember
Jember

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

Nama : Hesty Nur Lailatul Khoiroh
NIM : 110210102008
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang “Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemar Fungi” di Laboratorium yang Saudara pimpin pada bulan April – Mei 2016.

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 terima kasih.



a.n. Dekan
Pembantu Dekan 1,

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

Tembusan:

1. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember
2. Kepala Laboratorium Mikrobiologi FMIPA
3. Arsip



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Bumi Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Telepon 0331-334293, Faximile 0331-330225

Laman : www.unej.ac.id

Nomor : 974 /UN25.1.9/DN/2016
Lampiran : -
Perihal : **Ijin Penelitian**

11 April 2016

Yth. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember
Jember

Menindaklanjuti surat Saudara Nomor : 2493/UN25.1.5/LT/2016, tanggal 6 April 2016 perihal Permohonan Ijin Penelitian maka pada prinsipnya kami memberikan ijin kepada mahasiswa :

Nama : Hesty Nur Lailatul Khoiroh
NIM : 110210102008
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Studi : Pendidikan Fisika
Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemarannya Fungi.

untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya kami menyampaikan terima kasih.



Tembusan :

1. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember;
2. Kepala Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Jember.

Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) pada Biji Kakao terhadap Jumlah Cemarannya
Effects of ELF (Extremely Low Frequency) Magnetic Field Exposure to Contamination Rates of Fungus in Cocoa Beans

Hesty Nur Lailatul Khoiroh, Sudarti, Bambang Supriadi
Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Jember (UNEJ)
Jln. Kalimantan 36, Jember 68121
E-mail: htv182@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF pada biji kakao varietas kakao lindak (*bulk cocoa*) yang berasal dari perkebunan rakyat Sulawesi dengan menggunakan intensitas 500 μT dan 800 μT dengan variasi lama paparan 10 menit, 20 menit, dan 30 menit terhadap jumlah cemaran fungi sebagai upaya sterilisasi biji kakao. Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF berpengaruh positif yakni mampu menekan jumlah cemaran fungi pada biji kakao dimana jumlah cemaran fungi pada kelompok eksperimen lebih rendah dibanding kelompok kontrol. Perbedaan jumlah cemaran signifikan terjadi pada biji kakao yang dipapar medan magnet 800 μT selama 30 menit saat pemeriksaan pertama yaitu sebesar 5,82% dari kelompok kontrol. Selain itu, terjadi pula penurunan jumlah cemaran pada setiap kali pemeriksaan bahkan terjadi penurunan signifikan pada pemeriksaan ketiga hingga 97,5 % yaitu pada biji kakao yang dipapar medan magnet ELF 500 μT selama 30 menit dibandingkan dengan pemeriksaan sebelumnya.

Kata kunci: ELF, biji kakao, jumlah cemaran fungi.

Abstract

This research aims to study effects of ELF magnetic field exposure in cocoa beans of bulk cocoa from Sulawesi's smallholdings by expose it on intensity of 500 μT and 800 μT in 10 minutes, 20 minutes and 30 minutes as an act of sterilization. Result of first, second and third examination shows that ELF magnetic field exposure do positive affection towards sample which it reduce contamination rates on cocoa beans. It shows significant difference between experiment and control class. Exposure of 800 μT inn 30 minutes at first examination shows 5,82% reduction from control class. Moreover, third exposure shows better result which it reduce contamination rate in every examination up to 97,5% reduction which is ELF exposure on 500 μT in 30 minutes.

Keywords: ELF, cocoa beans, fungus contamination rates