



**ANALISIS INTENSITAS MEDAN MAGNET ELF TERHADAP JUMLAH  
BAKTERI, pH, DAN KAPASITANSI DALAM PROSES PENGAWETAN  
IKAN BANDENG (*Chanos chanos*)**

**SKRIPSI**

Oleh

**NURHASANAH  
NIM 140210102089**

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

**2018**



**ANALISIS INTENSITAS MEDAN MAGNET ELF TERHADAP JUMLAH  
BAKTERI, pH, DAN KAPASITANSI DALAM PROSES PENGAWETAN  
IKAN BANDENG (*Chanos chanos*)**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**NURHASANAH**  
**NIM 140210102089**

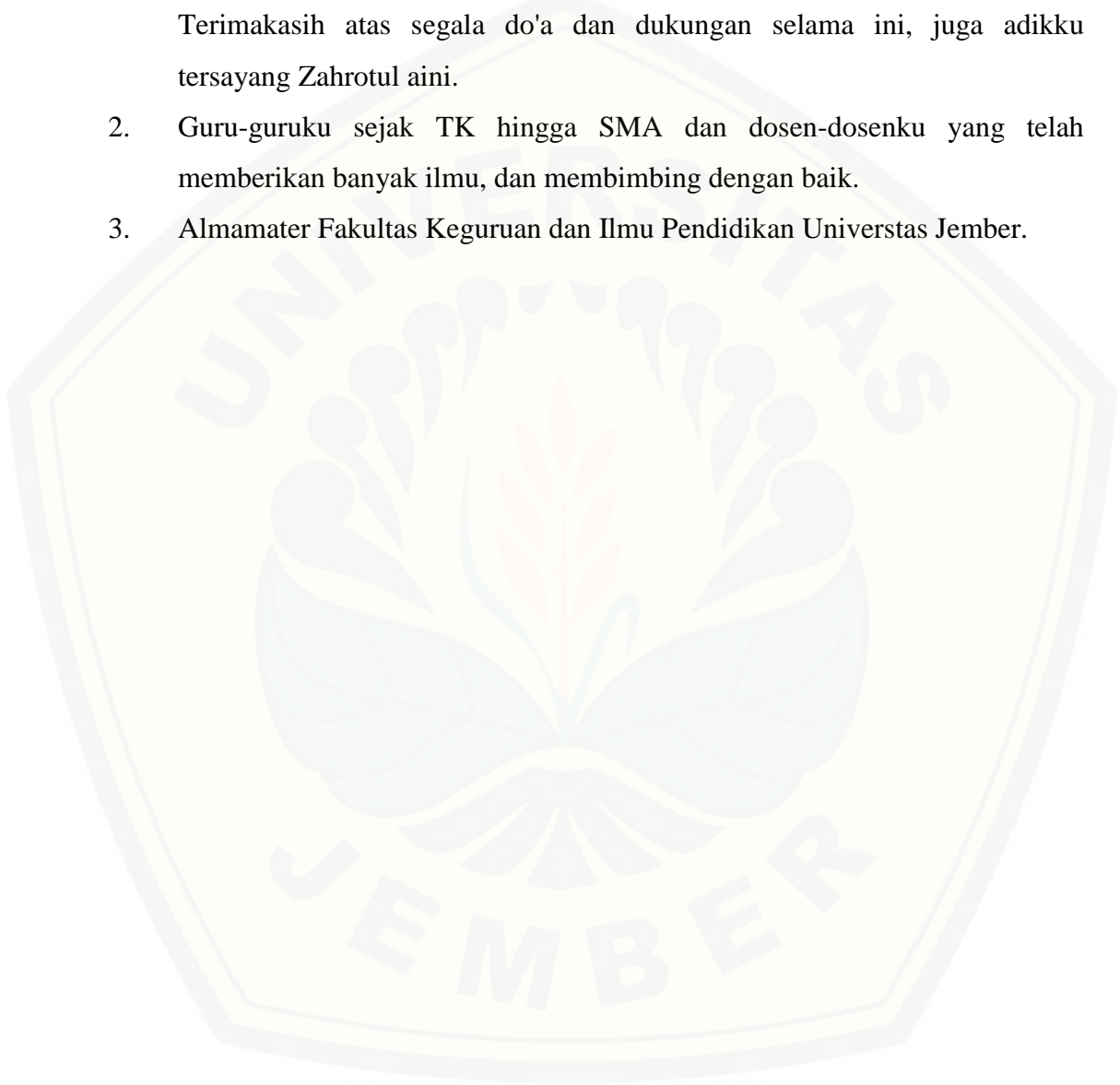
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA**  
**JURUSAN PENDIDIKAN MIPA**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
**UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orangtuaku, Ibunda Sahriya dan Ayahanda Abdul Gani tercinta. Terimakasih atas segala do'a dan dukungan selama ini, juga adikku tersayang Zahrotul aini.
2. Guru-guruku sejak TK hingga SMA dan dosen-dosenku yang telah memberikan banyak ilmu, dan membimbing dengan baik.
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universtas Jember.



**MOTTO**

*"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)"*  
*(Terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 5 – 7)\**



---

\* Departemen Agama Republik Indonesia. 2007. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: PT Sigma Examedia Arkanleema

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Nurhasanah

NIM : 140210102089

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: "Analisis Intensitas Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri, pH, dan Kapasitansi dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 8 Juni 2018

Yang menyatakan,

Nurhasanah

NIM 140210102089

**SKRIPSI**

**ANALISIS INTENSITAS MEDAN MAGNET ELF TERHADAP JUMLAH  
BAKTERI, pH, DAN KAPASITANSI DALAM PROSES PENGAWETAN  
IKAN BANDENG (*Chanos chanos*)**

Oleh

**Nurhasanah**

**NIM 140210102089**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes

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

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Analisis Intensitas Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri, pH, dan Kapasitansi dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*)” karya Nurhasanah telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jum'at, 8 Juni 2018

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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,

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si  
NIP 196204011 98702 1 001

Drs. Alex Harijanto, M.Si  
NIP 19641117 199103 1 001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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



## RINGKASAN

**ANALISIS INTENSITAS MEDAN MAGNET ELF TERHADAP JUMLAH BAKTERI, pH, DAN KAPASITANSI DALAM PROSES PENGAWETAN IKAN BANDENG (*Chanos chanos*);** Nurhasanah, 140210102089; 88 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Manusia dan sistem biologi lainnya secara terus menerus terpapar medan elektromagnetik alami. Ada banyak laporan yang menunjukkan perubahan dalam sistem biologi disebabkan oleh medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*). Medan magnet ELF banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pangan hal ini dikarenakan medan magnet ELF dapat menjadi suatu alat yang berguna dalam menghambat suatu mikroorganisme. Pada bahan pangan, kehadiran bakteri patogen merupakan salah satu hal yang dapat menjadikan pangan tersebut mengalami kerusakan secara cepat.

Pangan secara umum bersifat mudah rusak (*perishable*), disebabkan kandungan kadar air di dalamnya sebagai aktivitas metabolisme maupun masuknya mikroba perusak. Medan magnet ELF dapat digunakan dalam proses pengawetan makanan, yang mana kelebihanannya dibandingkan metode pengawetan makanan lainnya yakni efek yang ditimbulkan oleh pengawetan metode ini sangat kecil dan menghindari atau mengurangi perubahan yang merugikan pada sifat sensorik dan fisik makanan.

Oleh karena itu, berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang dampak intensitas medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri, pH dan kapasitansi ikan dalam proses pengawetan ikan bandeng (*Chanos chanos*). Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen laboratorium. Tempat pemaparan medan magnet ELF berada di laboratorium Fisika Lanjut FKIP Universitas Jember, dan tempat pengukuran bakteri, pH, dan kapasitansi berada di Laboratorium Mikrobiologi FKIP Universitas Jember.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa medan magnet ELF berpengaruh terhadap jumlah bakteri, pH, dan kapasitansi ikan bandeng. Paparan medan magnet ELF dalam rentang 700 – 900  $\mu\text{T}$  selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit



mampu menurunkan dan menghambat laju jumlah bakteri. Hal ini dapat ditunjukkan oleh sampel kelas eksperimen yang memiliki jumlah bakteri yang lebih sedikit dibanding kelas kontrol. Selain itu, Paparan medan magnet ELF mampu mempertahankan kenaikan nilai pH yang cukup kecil dan juga mampu menurunkan atau memperlambat kenaikan nilai kapasitansi ikan bandeng.

Medan magnet beresilasi mempengaruhi strain bakteri yang berbeda dalam fase lag pertumbuhannya, hal ini mengakibatkan perubahan biologis pada pertumbuhan sel, sifat permukaan sel, dan jumlah transkripsi RNA serta protein. Medan magnet bertindak pada membran plasma melalui media interaksi yang mempengaruhi aktivitas enzim dan jalur sinyal transduksi. Aliran ion yang melalui saluran protein dipengaruhi oleh potensial listrik dan kimia pada membran sel yang mana akan terpengaruh apabila ditempatkan dalam lingkungan dengan daerah kelistrikan. Pengaruh medan magnet ELF menyebabkan inaktivasi bakteri sehingga bakteri kelas eksperimen cenderung lebih sedikit jumlahnya dibanding bakteri kelas kontrol.

Kesimpulan penelitian ini adalah 1) Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap jumlah bakteri ikan bandeng. Dosis efektif dalam menghambat laju pertumbuhan bakteri adalah paparan medan magnet ELF sebesar 730,56  $\mu\text{T}$  selama 2 x 30 menit. 2) Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH ikan bandeng. Dosis efektif dalam menurunkan nilai pH ikan bandeng adalah paparan medan magnet ELF sebesar 730,56  $\mu\text{T}$  selama 2 x 30 menit. 3) Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap nilai kapasitansi ikan bandeng. Dosis efektif dalam menghambat laju kenaikan nilai kapasitansi adalah paparan medan magnet ELF sebesar 730,56  $\mu\text{T}$  selama 2 x 45 menit.

## PRAKATA

Alhamdulillah segala puji syukur atas berkah dan rahmat, serta hidayah yang diberikan Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Intensitas Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri, pH, dan Kapasitansi dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata 1 (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember; Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Kepala Jurusan Pendidikan MIPA; Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Kepala Program Studi Pendidikan Fisika;
2. Ibu Sri wahyuni, S.Pd., M.Pd. dan bapak Drs. Subiki, M.Kes selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing selama perkuliahan;
3. Dr. Sudarti, M.Kes selaku dosen pembimbing utama dan Drs. Bambang Supriadi, M.Sc selaku dosen pembimbing anggota yang dengan sabar meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan ilmu dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si, selaku Dosen Penguji Utama, dan Bapak Drs. Alex Harijanto, M.Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat baik selama penulisan skripsi ini;
5. Bapak dan Ibu dosen pendidikan fisika yang telah memberikan banyak ilmu selama menempuh dan menyelesaikan studi di Pendidikan Fisika;
6. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu membantu dalam segala hal;
7. Teman-teman yang turut berperan dalam melakukan penelitian maupun dalam banyak hal lainnya. Terimakasih telah meluangkan waktu untuk membantu, memberi doa serta semangat yang tulus;
8. Teman-teman angkatan 2014 terimakasih atas bantuan dan kebersamaan serta berbagai pengalaman selama perkuliahan;

9. Serta seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung terselesaikannya skripsi ini.

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

Jember, Juni 2018

Penulis

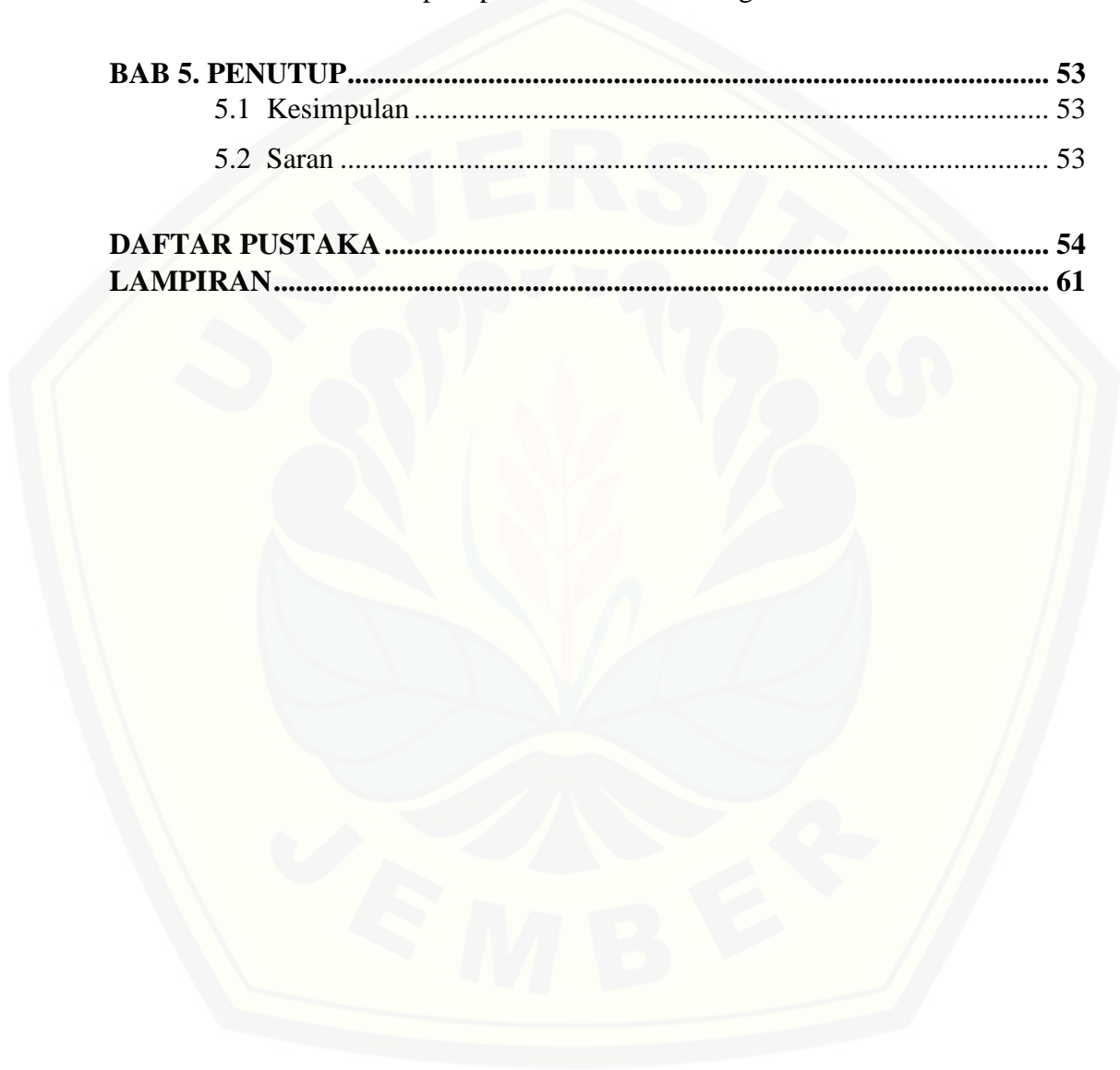


**DAFTAR ISI**

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Gelombang Elektromagnetik .....	6
2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik.....	6
2.1.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik Berdasarkan Frekuensinya .....	6
2.1.3 Medan Listrik dan Medan Magnet .....	8
2.1.4 Persamaan Maxwell tentang Gelombang Elektromagnetik ...	10
2.1.5 Persamaan Gelombang .....	12
2.1.6 Energi pada Gelombang Elektromagnetik .....	13
2.2 Gelombang Elektromagnetik ELF .....	13
2.2.1 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF.....	14
2.2.2 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF .....	14
2.3 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan .....	16
2.4 Ikan Bandeng .....	18

2.5 Bakteri pada Ikan Bandeng.....	18
2.6 pH pada Ikan Bandeng.....	19
2.7 Kapasitansi pada Ikan Bandeng.....	19
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Jenis dan Desain Penelitian.....	23
3.2.1 Jenis Penelitian .....	23
3.2.2 Desain Penelitian .....	23
3.3 Variabel Penelitian.....	25
3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian .....	25
3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian .....	25
3.4 Alat dan Bahan.....	26
3.4.1 Alat-alat .....	26
3.4.2 Bahan .....	29
3.5 Prosedur Penelitian .....	29
3.5.1 Persiapan.....	29
3.5.2 Penentuan Sampel .....	29
3.5.3 Perlakuan .....	30
3.5.4 Pengukuran.....	32
3.5.5 Bagan Prosedur Penelitian.....	35
3.6 Metode Analisis Data.....	37
3.6.1 Tabel Hasil Pengukuran.....	37
3.6.2 Teknik Analisis Data .....	38
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>39</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	39
4.1.1 Sampel Penelitian .....	39
4.1.2 Pemaparan Medan Magnet ELF.....	39
4.1.3 Hasil Pengukuran Jumlah Bakteri Ikan Bandeng.....	40
4.1.4 Hasil Pengukuran pH Ikan Bandeng .....	41
4.1.5 Hasil Pengukuran Kapasitansi Ikan Bandeng .....	43
4.2 Pembahasan .....	44

4.2.1 Pembahasan Pengaruh Pemaparan Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri ikan Bandeng.....	44
4.2.2 Pembahasan Pengaruh Pemaparan Medan Magnet ELF terhadap pH ikan Bandeng .....	47
4.2.3 Pembahasan Pengaruh Pemaparan Medan Magnet ELF terhadap Kapasitansi ikan Bandeng .....	49
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>61</b>





**DAFTAR TABEL**

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Karakteristik Medan Listrik dan Medan Magnet.....	10
Tabel 2.2 Hasil pengukuran medan listrik di dekat peralatan rumah tangga.....	16
Tabel 2.3 Hasil pengukuran medan magnet di dekat peralatan rumah tangga.....	16
Tabel 2.4 Penelitian tentang pemanfaatan medan magnet ELF bidang pangan ..	17
Tabel 2.5 Konstansta dielektrik suatu bahan.....	22
Tabel 3. 1 Data hasil pengukuran jumlah bakteri, pH, dan Kapasitansi pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen .....	37

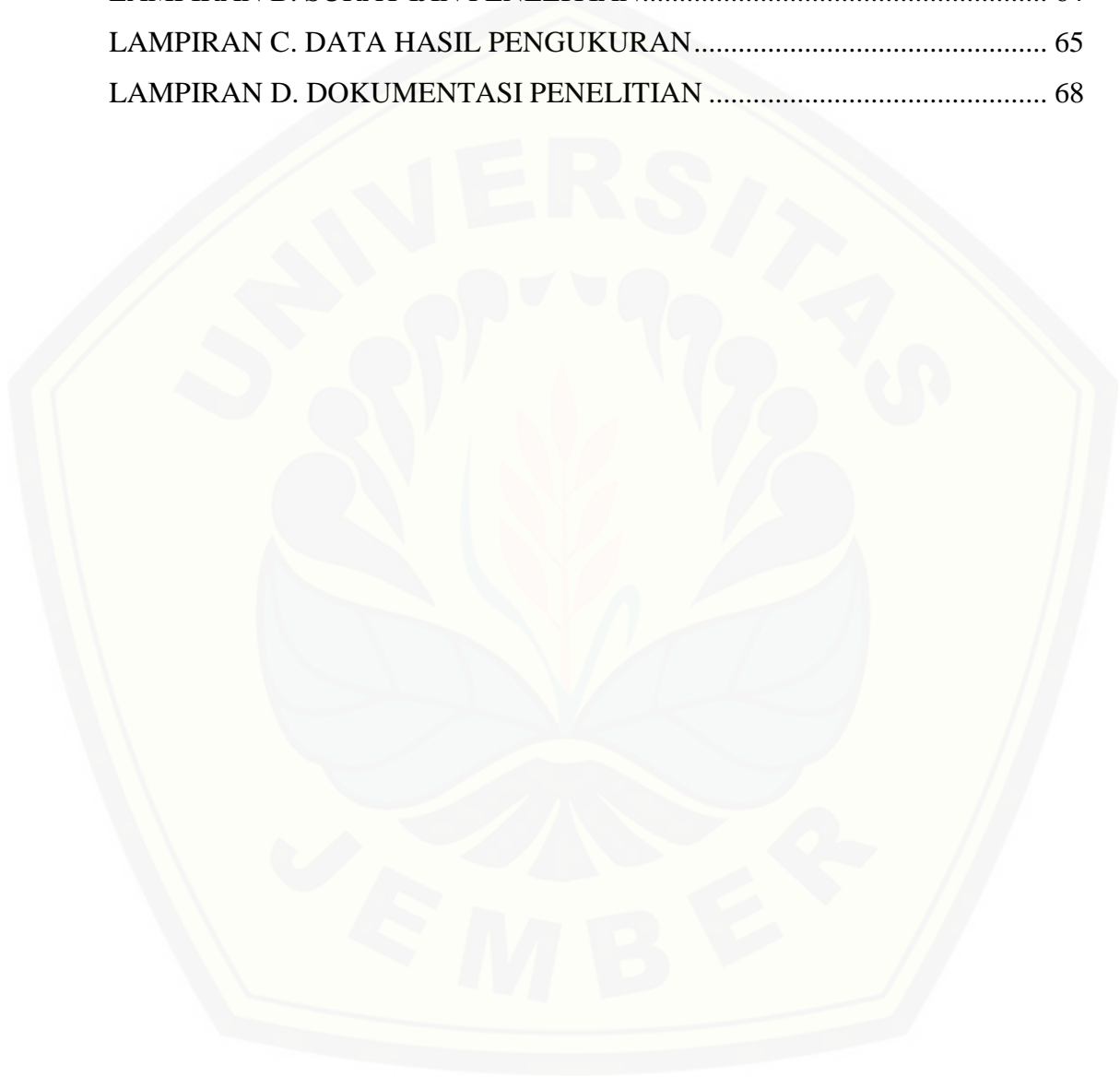


**DAFTAR GAMBAR**

	<b>Halaman</b>
Gambar 2. 1 Arah perambatan gelombang elektromagnetik.....	6
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	24
Gambar 3.2 ELF <i>Electromagnetic Field Sources</i> .....	30
Gambar 3.3 EMF-827 .....	31
Gambar 3.4 Skema penanaman bakteri.....	33
Gambar 3.5 Pengukuran pH menggunakan pH meter .....	34
Gambar 3.6 Skema alat pengukur kapasitansi .....	34
Gambar 3.7 Bagan Prosedur Penelitian .....	36
Gambar 4. 1 Grafik jumlah bakteri sampel kontrol dan eksperimen .....	40
Gambar 4. 2 Grafik pH ikan bandeng sampel kontrol dan sampel eksperimen....	42
Gambar 4. 3 nilai kapasitansi ikan bandeng sampel kontrol dan eksperimen .....	43

**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN.....	62
LAMPIRAN B. SURAT IJIN PENELITIAN.....	64
LAMPIRAN C. DATA HASIL PENGUKURAN.....	65
LAMPIRAN D. DOKUMENTASI PENELITIAN .....	68



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manusia dan sistem biologi lainnya secara terus menerus terpapar medan elektromagnetik alami. Ada banyak laporan yang menunjukkan perubahan dalam sistem biologi disebabkan oleh medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*). Medan magnet ELF memiliki efek biologis yang mengakibatkan tingkat pertumbuhan sel yang berubah (Dong *et al.*, 2005). Teori utama tentang efek biologis terhadap medan magnet didasarkan pada kemungkinan adanya efek permeabilitas pada saluran ion yang terdapat di membran. Hal ini memberikan dampak terhadap pertumbuhan sel yang menyebabkan adanya perubahan biologis pada organisme (Grubner, 2011:115).

Enam strain bakteri, tiga Gram-negatif dan tiga Gram positif dikenai 50 Hz, 0,5 mT ELF-EMF (*Extremely Low Frequency-ElectroMagnetic Field*) selama 6 jam. Hasilnya terjadi penurunan tingkat pertumbuhan dibandingkan dengan sampel kontrol diamati untuk semua strain selama aplikasi ELF-EMF (Inhan-Garip, 2011). Penelitian Ahmed *et al.* (2013) menunjukkan, bahwa Medan magnet ELF dengan paparan 0.5 mT-2.5 mT selama 90 menit menurunkan unit pembentuk koloni pada bakteri *Staphylococcus Aureus*. Penerapan medan magnet ELF dengan 1 mT, 50 Hz selama 48 jam mereduksi biofilm *P. aeruginosa*, dan *S. epidermidis* sekitar 50% dibandingkan dengan kondisi normal (Karaguler *et al.*, 2017). Pemaparan medan magnet ELF dengan intensitas 10 mT, 50 Hz selama kurang dari 30 menit menurunkan unit pembentuk koloni pada *Escherichia coli*, *Leclercia adecarboxylata* and *Staphylococcus aureus* (Fojt *et al.*, 2004).

Medan magnet ELF banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pangan. Berdasarkan penelitian Sari *et al.* (2012), teknologi medan magnet dapat diaplikasikan untuk menginaktivasi mikroorganisme patogen yakni penurunan mikroba sebanyak 99,45% dalam proses pengawetan sari buah apel (*Mallus sylvestris Mill*). Selain itu medan magnet ELF dengan intensitas 646.7  $\mu$ T dengan lama paparan 30 menit dapat menurunkan populasi

*Salmonella Typhimurium* pada makanan Gado-Gado. Dengan presentase penurunan populasi sebesar 56% pada bumbu Gado-gado, dan 17% pada sayurannya (Sudarti, 2016) dan penelitian Ridawati (2017) menunjukkan bahwa medan magnet ELF dengan intensitas 300  $\mu$ T Meningkatkan nilai pH susu fermentasi sehingga memperpanjang masa kadaluarsa susu fermentasi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, medan magnet ELF dapat menjadi suatu alat yang berguna untuk menghambat suatu mikroorganisme. Pada bahan pangan, kehadiran bakteri patogen merupakan salah satu hal yang dapat menjadikan pangan tersebut mengalami kerusakan secara cepat. Pangan secara umum bersifat mudah rusak (*perishable*), disebabkan kandungan kadar air didalamnya sebagai aktivitas metabolisme maupun masuknya mikroba perusak. Idealnya pangan tersebut harus bebas polusi pada setiap tahap produksi dan penanganan makanan, bebas dari perubahan kimia dan fisik, maupun bebas mikroba dan parasit yang dapat menyebabkan penyakit dan pembusukan (Winarno, 1993).

Ikan merupakan bahan pangan dan salah satu sumber protein hewani. Ikan memegang peranan penting dalam pemenuhan sumber gizi dan keamanan hidup bagi manusia pada negara berkembang (Gandotra *et al.*, 2012). Menurut Hidayati (2012), secara umum ikan segar mempunyai kandungan air sebanyak 76 gram per 100 gram bahan ikan segar. Kandungan air pada ikan yang cukup tinggi menjadi media bagi bakteri atau mikroorganisme tumbuh dengan baik, sehingga ikan dengan cepat mengalami pembusukan. Salah satu ikan yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia untuk dijadikan santapan yakni ikan bandeng. Pamijati (2009) menyatakan, ikan bandeng banyak digemari oleh masyarakat Indonesia karena kandungan gizi yang tinggi dan adanya protein lengkap yang penting bagi tubuh.

Ikan bandeng merupakan salah satu ikan yang mengandung rendah lemak dan protein yang tinggi sehingga menjadi tempat yang baik untuk pertumbuhan bakteri. Berdasarkan penelitian Rofik dan Rita (2012), ikan bandeng akan mengalami kerusakan apabila dibiarkan selama 12 jam pada suhu ruang. Kesegaran ikan tidak dapat ditingkatkan tetapi hanya dapat dipertahankan (Junianto, 2003). Mudahnya kerusakan ikan bandeng menjadi kendala bagi

masyarakat maupun para penjual ikan di pasaran, perlu adanya upaya untuk mengawetkan ikan sehingga dapat mempertahankan kesegarannya secara lebih lama. Banyak metode atau teknik pengawetan yang dilakukan untuk memperpanjang daya simpan ikan bandeng, Mulai dari pemindangan (Kristianto *et al.*, 2017), perendaman (Florensia *et al.*, 2012), pengasapan (Rasydta, 2015) sampai menggunakan bahan berbahaya seperti formalin. Metode-metode pengawetan tersebut termasuk dalam metode thermal dimana metode pengawetan thermal dapat menurunkan kualitas dari makanan.

Salah satu metode pengawetan yang masih jarang digunakan yakni metode medan listrik (*Pulsed Electric Field/PEF*). *Pulsed Electric Fields* (PEF) merupakan metode non-termal dari pengawetan makanan yang menggunakan semburan listrik pendek untuk inaktivasi mikroba dan menyebabkan efek yang sangat kecil pada kualitas sifat makanan. Teknologi PEF dianggap lebih unggul dibandingkan metode pengolahan termal tradisional karena metode ini sangat menghindari atau mengurangi perubahan merugikan pada sifat sensorik dan fisik makanan (Quass, 1997).

Salah satu faktor pada pangan yang dapat menjadi acuan terkait dengan pertumbuhan mikroba adalah pH (*potensial Hidrogen*). pH merupakan suatu nilai yang menunjukkan keasaman atau kebasaan suatu material. Kebanyakan mikroba tumbuh baik pada pH sekitar netral, dan pH 4,6 – 7,0 merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri. Ikan merupakan salah satu pangan berasam rendah, dimana pangan ini mempunyai nilai pH 4,6 atau lebih. Pangan semacam ini harus mendapatkan perlakuan pengawetan secara hati-hati karena mudah mengalami kerusakan oleh bakteri, termasuk bakteri patogen yang berbahaya.

Selain dapat dilihat menggunakan faktor pH. Kesegaran ikan dapat diukur dengan menempatkan seekor ikan di antara pelat-pelat sebuah kapasitor dan mengukur kapasitansinya (Young dan Freedman, 2003: 214). Pengetahuan tentang karakteristik biolistrik (kapasitansi, konduktivitas, dan konstanta dielektrik) suatu bahan organik berguna untuk analisis kandungan ionik dan komposisi kimia yang umumnya digunakan untuk menentukan kualitas mutu suatu bahan organik secara cepat, non destruktif, dan lebih efisien. Perubahan sifat



listrik, seperti konduktansi, kapasitansi atau impedansi merupakan salah satu indikator penting penurunan kualitas makanan akibat pertumbuhan mikroba. Pertumbuhan mikroba pada substrat diketahui menyebabkan perubahan komposisi kimia media pertumbuhan dan akibatnya dapat menyebabkan perubahan sifat listrik (kapasitansi, impedansi dan konduktansi) (Adams dan Moss, 2008).

Berdasarkan penelitian Riyanto *et al.* (2011), tingkat kesegaran flet ikan nila selama waktu pengamatan 16 jam terjadi peningkatan konstanta dielektrik dan konduktivitas listrik dengan kisaran 178.208-2.812.764 dan 0,065-0,487 S/m. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesegaran flet ikan nila dapat dideteksi menggunakan sifat-sifat listrik. Selain itu, daging sapi yang disimpan dalam waktu yang berbeda mempengaruhi nilai kapasitansi dan konstanta dielektriknya. Semakin lama penyimpanan daging sapi secara umum mengakibatkan nilai kapasitansi meningkat (Fauzah *et al.*, 2014).

Oleh karena itu, berdasarkan uraian di atas peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Analisis Intensitas Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri, pH dan Kapasitansi dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat permasalahan sebagai berikut:

- a. Apakah paparan Intensitas Medan Magnet ELF sekitar 700  $\mu$ T dan 900  $\mu$ T selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit berpengaruh terhadap jumlah bakteri ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng?
- b. Apakah paparan Intensitas Medan Magnet ELF sekitar 700  $\mu$ T dan 900  $\mu$ T selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit berpengaruh terhadap pH ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng?
- c. Apakah paparan Intensitas Medan Magnet ELF sekitar 700  $\mu$ T dan 900  $\mu$ T selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit berpengaruh terhadap kapasitansi ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah pada penelitian yang diteliti, maka diberi batasan masalah sebagai berikut:

- a. Sumber paparan menggunakan alat penghasil medan magnet ELF (*Electromagnetic Field Sources*).
- b. Intensitas medan magnet yang digunakan adalah sekitar 700  $\mu\text{T}$  - 900  $\mu\text{T}$  selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengkaji pengaruh paparan Intensitas Medan Magnet ELF sekitar 700  $\mu\text{T}$  dan 900  $\mu\text{T}$  selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit terhadap jumlah bakteri ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng.
- b. Untuk mengkaji pengaruh paparan Intensitas Medan Magnet ELF sekitar 700  $\mu\text{T}$  dan 900  $\mu\text{T}$  selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit terhadap pH ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng.
- c. Untuk mengkaji pengaruh paparan Intensitas Medan Magnet ELF sekitar 700  $\mu\text{T}$  dan 900  $\mu\text{T}$  selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit terhadap kapasitasansi ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng.

### 1.5 Manfaat Penelitian

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

- a. Sebagai informasi ilmiah tentang pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri, pH dan kapasitasansi dalam proses pengawetan ikan
- b. Sebagai pembentukan konsep belajar dari hasil belajar penemuan (*Discovery Learning*) tentang pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap jumlah bakteri, pH, dan kapasitasansi dalam proses pengawetan ikan bandeng
- c. Dapat dijadikan sumber materi contoh aplikasi gelombang elektromagnetik dalam pembelajaran fisika di sekolah

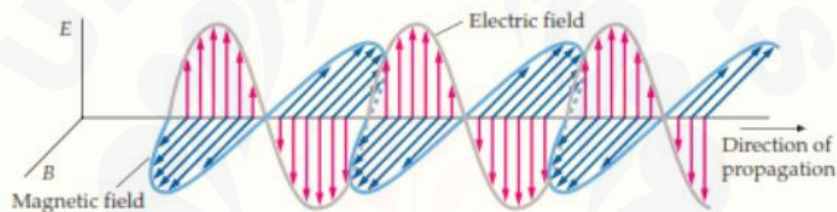


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gelombang Elektromagnetik

#### 2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet dimana dalam perambatannya tidak memerlukan suatu medium perantara (Young, 2012:762). Gelombang elektromagnetik terdiri atas medan listrik yang tegak lurus dengan medan magnet dan keduanya tegak lurus dengan rambatannya (Mousa, 2011). Perambatan gelombang elektromagnetik dapat diilustrasikan oleh gambar berikut.



Gambar 2. 1 Arah perambatan gelombang elektromagnetik (Sumber: Tipler, 2001)

Kuat medan listrik dan medan magnet pada gelombang elektromagnetik.  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{B}$  saling tegak lurus. Seluruh pola bergerak pada arah tegak lurus terhadap  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{B}$ . Gelombang elektromagnetik merambat di luar angkasa dengan kecepatan cahaya, identifikasi dari jenis gelombang elektromagnetik yang memiliki perbedaan frekuensi dan panjang gelombang namun memiliki kecepatan propagasi yang sama di ruang hampa sekitar  $3 \times 10^8$  m/s (Sarwate, 1993:414).

#### 2.1.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik Berdasarkan Frekuensinya

Klasifikasi untuk spektrum gelombang elektromagnetik mempunyai tujuh kategori yang khas, klasifikasi ini tidak mempunyai batas yang tegas karena sumber yang berbeda mungkin menghasilkan gelombang dalam jangkauan frekuensi yang tumpang tindih. Klasifikasinya sebagai berikut:

- a. Gelombang ELF (*Extremely Low Frequency*) mempunyai frekuensi 1 Hz - 300 Hz. Panjang gelombang ini lebih dari 100 km. Pada kehidupan sehari-hari frekuensi yang paling sering ditemui yakni 50-60 Hz yang berasal dari kabel listrik.
- b. Gelombang frekuensi radio. Gelombang ini mempunyai jangkauan panjang gelombang dari beberapa kilometer turun hingga 0,3 m. Jangkauan frekuensinya dari beberapa Hz hingga  $10^9$  Hz. Energi foton berkisar antara hampir nol hingga  $10^{-5}$  eV. Gelombang ini digunakan dalam siaran TV dan radio, dan dihasilkan oleh alat-alat elektronika.
- c. Gelombang mikro. Gelombang ini memiliki panjang gelombang antara 0,3 m turun hingga  $10^{-3}$  m dengan jangkauan frekuensi dari  $10^9$  hingga  $3 \times 10^{11}$  Hz. Energi foton berkisar antara  $10^{-5}$  eV sampai  $10^{-3}$  eV. Gelombang ini digunakan dalam radar dan analisis struktur atom dan molekul dan juga dihasilkan oleh alat-alat elektronika.
- d. Spektrum inframerah. Daerah ini meliputi panjang gelombang dari  $10^{-3}$  m turun hingga  $7,8 \times 10^{-7}$  m. Jangkauan frekuensinya dari  $3 \times 10^{11}$  Hz hingga  $4 \times 10^{14}$  Hz dan energi foton berkisar antara  $10^{-3}$  eV hingga 1,6 eV. Gelombang ini dihasilkan oleh molekul dan benda-benda panas dan memiliki banyak penggunaan dalam industri, obat-obatan, astronomi, dan lain lain
- e. Cahaya atau spektrum yang tampak. Spektrum yang tampak adalah suatu pita sempit yang dibentuk oleh panjang gelombang terhadap retina manusia. Pita ini memiliki panjang gelombang  $7,8 \times 10^{-7}$  m turun hingga  $3,8 \times 10^{-7}$  m. Jangkauan frekuensinya dari  $4 \times 10^{14}$  Hz hingga  $8 \times 10^{14}$  Hz. Energi foton berkisar dari 1,6 eV hingga 3,2 eV. Cahaya tampak ini terdiri dari 6 warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, dan ungu.
- f. Sinar ultra ungu (ultraviolet). Sinar ultra ungu memiliki panjang gelombang mencakup dari  $3,8 \times 10^{-7}$  m turun hingga kira-kira  $6 \times 10^{-10}$  m dengan frekuensi antara  $8 \times 10^{14}$  Hz hingga  $3 \times 10^{17}$  Hz. Energi foton berkisar 3 eV hingga  $2 \times 10^3$  eV.

- g. Sinar-X. Bagian spectrum ini memiliki panjang gelombang kira-kira  $10^{-9}$  m turun hingga kira-kira  $6 \times 10^{-12}$  dan frekuensi antara  $3 \times 10^{17}$  Hz hingga  $5 \times 10^{19}$  Hz. Energi foton berkisar antara  $2 \times 10^3$  eV hingga  $2,4 \times 10^5$  eV.
- h. Sinar *gamma*. Gelombang elektromagnetik ini berasal dari inti, panjang gelombangnya bergerak dari  $10^{-12}$  m turun hingga dibawah  $10^{-14}$  m, dengan frekuensi dari  $3 \times 10^{19}$  Hz hingga lebih dari  $3 \times 10^{22}$  Hz. Energi foton berkisar antara  $10^4$  eV hingga kira-kira  $10^7$  eV.

(Alonso dan Finn, 1992: 319-321)

### 2.1.3 Medan Listrik dan Medan Magnet

#### a. Medan Listrik

Medan listrik merupakan gaya yang ditimbulkan oleh muatan-muatan listrik (Swerdlow, 2006:11). Medan listrik  $\mathbf{E}$  di setiap titik pada ruang dapat didefinisikan sebagai gaya  $\mathbf{F}$  yang diberikan pada muatan test positif yang kecil pada titik tersebut dibagi dengan besar muatan tes  $q$ . Secara matematis dirumuskan:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q} \quad (2.1)$$

$\mathbf{E}$  merupakan medan listrik,  $\mathbf{F}$  merupakan gaya dan  $q$  adalah muatan. Sehingga medan listrik pada semua titik dalam ruang merupakan vektor yang arahnya merupakan arah muatan di titik tersebut, dan besarnya yakni gaya persatuan muatan. dengan demikian  $\mathbf{E}$  diukur dalam satuan newton per coulomb (N/C) (Giancoli, 1998:13). Secara teknis, medan listrik berhubungan dengan tegangan bukan dengan arus atau sumber (WHO, 2007:21). Intensitas medan listrik dapat diartikan sebagai gaya vektor yang bertumpu pada suatu satuan muatan uji. Persamaan yang mendefinisikan intensitas medan listrik secara umum adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{E} = k \frac{q}{|R|^2} \mathbf{a}_R \quad (2.2)$$

dengan  $\mathbf{R}$  adalah segmen garis yang arahnya dari tempat kedudukan  $Q$  ke tempat intensitas medan listrik ( $\mathbf{E}$ ), dan  $\mathbf{a}_R$  adalah vektor satuan dalam arah  $\mathbf{R}$ . Satuan intensitas medan listrik adalah Volt per meter (V/m) (Sailah dan Cekdin,

2014:12). Michael Faraday menyatakan bahwa medan listrik dibentuk oleh garis-garis gaya. Garis-garis gaya listrik tersebut merupakan suatu cara yang mempermudah untuk memandang pola-pola medan listrik. Garis gaya medan listrik bersifat imajiner yang menyatakan arah medan listrik sebagai fungsi ruang yaitu polanya menyatakan distribusi arah medan listrik. Hubungan antara garis-garis gaya (imajiner) dan vektor medan magnet adalah

- 1) Garis singgung kepada sebuah garis gaya pada setiap titik memberikan arah pada titik tersebut;
- 2) Garis-garis gaya digambarkan sehingga banyaknya garis persatuan luas penampang sebanding dengan besarnya (Halliday, 2010: 25).

#### b. Medan Magnet

Medan magnet merupakan suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan adanya gaya di muatan listrik yang bergerak. Interaksi magnetik dasar merupakan gaya magnetik satu muatan yang bergerak yang dikerahkan pada muatan bergerak lainnya. Gaya magnetik tersebut dipindahkan oleh medan magnetik. Muatan yang bergerak menghasilkan medan magnetik dan medan ini selanjutnya mengerakan suatu gaya pada muatan bergerak lainnya. Adanya medan magnet di dalam ruang dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan. Apabila suatu muatan  $q$  bergerak dengan kecepatan  $\mathbf{v}$  dalam pengaruh medan magnetic  $\mathbf{B}$ , maka gaya magnetik  $\mathbf{F}$  pada muatan adalah:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (2.3)$$

(Tipler, 2001: 211).

Medan magnet dihasilkan oleh gerakan muatan listrik, dan sebenarnya di dalam bahan magnet secara mikroskopis dalam skala atom terjadi arus-arus kecil yang karena elektron beredar mengelilingi inti atom ataupun elektron berputar terhadap sumbunya (Loeksmanto, 1993:122). Paparan medan magnet yang ditimbulkan oleh sumber pada suatu medium diberikan oleh besaran kuat medan magnet ( $\mathbf{H}$ ). Besaran  $\mathbf{B}$  berkaitan dengan hal ini merupakan besar induksi magnet pada medium dengan nilai:

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} \quad (2.4)$$

Dimana  $\mu_0$  adalah permeabilitas bahan. Medan magnet dipengaruhi oleh gerak dari perpindahan muatan. Kekuatannya diukur dalam satuan ampere per meter (A/m) atau dalam istilah induksi magnetic yang diukur dalam satuan Tesla (T) , mili Tesla (mT), dan mikro Tesla ( $\mu\text{T}$ ) (Sutrisno dan Gie, 1979:115).

Tabel 2.1 Karakteristik Medan Listrik dan Medan Magnet

Medan Listrik	Medan Magnet
1. Medan listrik berasal dari tegangan listrik	1. Medan magnet berasal dari arus listrik.
2. Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per meter.	2. Kekuatannya diukur berdasarkan satuan ampere per meter. Namun juga umunya dipakai satuan densitas <i>flux</i> yaitu mikrotlesla ( $\mu\text{T}$ ) atau militesla (mT).
3. Medan listrik tetap dapat dihasilkan walau tidak ada arus mengalir. Sehingga medan listrik tetap ada walaupun alat listrik dalam keadaan mati.	3. Medan magnet terjadi segera setelah medan listrik dinyalakan.
4. Kekuatan medan listrik semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya.	4. Kekuatan medan magnet semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya.
5. Kebanyakan material bangunan merupakan pelindung medan listrik	5. Medan magnet tidak diperkuat oleh kebanyakan material.

(Sumber: Baafai, 2004).

#### 2.1.4 Persamaan Maxwell tentang Gelombang Elektromagnetik

Persamaan Maxwell merupakan himpunan empat persamaan diferensial parsial yang mendeskripsikan sifat-sifat medan listrik dan medan magnet serta hubungannya dengan sumber-sumbernya, muatan listrik dan arus listrik menurut teori elektrodinamika klasik. Maxwell menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik merupakan konsekuensi alami dari hukum dasar yang dinyatakan dalam empat persamaan berikut:

##### a. Persamaan I Maxwell

Persamaan I Maxwell (Hukum Gauss tentang medan listrik) menyatakan bahwa fluks medan listrik yang melalui sembarang permukaan tertutup sama



dengan  $\frac{1}{\epsilon_0}$  dikalikan dengan muatan total di dalam permukaan tersebut. Hukum ini menerangkan bagaimana muatan listrik dapat menciptakan dan mengubah medan listrik. Muatan listrik cenderung bergerak dari muatan positif ke muatan negatif. Muatan-muatan tersebut menciptakan medan listrik yang ditanggapi oleh muatan lain melalui gaya listrik. Hukum Gauss pada medan listrik dapat dinyatakan:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (2.5)$$

dimana  $\rho$  adalah nilai kerapatan dan  $\mathbf{D}$  perpindahan elektrik (Guenther, 1990: 27).

b. Persamaan II Maxwell (Hukum Gauss pada medan magnet)

Persamaan ini menggambarkan tentang medan magnetik. Hukum ini menyatakan bahwa perpindahan muatan merupakan arus  $i$  atau rapat arus  $\mathbf{J}$ , menghasilkan medan magnet  $\mathbf{B}$ . Seperti pada medan listrik kita menganggap medan magnet sebagai garis flux yang disebut garis induksi dan kita asumsikan bahwa rapat arusnya konstan sehingga  $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$  Persamaan ini menjelaskan bahwa garis-garis medan magnetik tidak memancar dari titik manapun dalam ruang atau mengumpul ke sembarang titik (Tipler, 2001:402). Secara matematis Persamaan II Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.6)$$

Nilai nol berarti pada kenyataannya magnetic setara dengan muatan tunggal yang tidak dapat diamati (Guenther, 2015:17).

c. Persamaan III Maxwell (Hukum Faraday)

Hukum faraday menjelaskan bagaimana garis-garis medan listrik mengelilingi setiap area di mana fluks magnetik berubah, dan hukum ini menghubungkan vektor medan listrik  $\mathbf{E}$  dengan laju perubahan vektor medan magnetik  $\mathbf{B}$  (Tipler, 2001: 402). Secara matematis persamaan III Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0 \quad (2.7)$$

Persamaan ini menggambarkan medan magnet yang berubah terhadap waktu. Dalam konsep fluks menyatakan bahwa medan listrik disekitar rangkaian setara dengan perubahan fluks magnetik yang ada dalam rangkaian tersebut (Guenther, 2015:17).

## d. Persamaan IV Maxwell

Hukum ini menjelaskan bagaimana garis-garis medan magnetik mengelilingi suatu luasan yang dilewati suatu atau luasan dimana fluks listrik sedang berubah (Tipler, 2001: 402). Hukum Ampere merupakan hubungan yang digunakan untuk menghitung arus dalam konduktor karena medan magnet yang terdapat di lingkaran sekitar konduktor (Guenther, 2015:17). Secara matematis persamaan IV Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$\mathbf{D}$  = pergeseran medan listrik

$\mathbf{B}$  = induksi medan magnetik ( $\text{Wb}/\text{m}^2 = \text{T}$ )

$\mathbf{E}$  = kuat medan listrik ( $\text{N}/\text{C}$ )

$\mathbf{H}$  = kuat medan magnet ( $\text{Wb}/\text{A}$ )

(Guenther, 2015:18)

## 2.1.5 Persamaan Gelombang

Perambatan gelombang elektromagnetik pada ruang bebas, persamaan Maxwell mengatur kembali untuk dijelaskan secara eksplisit bergantung waktu dan koordinat.

$$\frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{B} = \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (2.9)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla \times \left( -\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{B}) = -\frac{\partial}{\partial t} (\mu \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}) \quad (2.10)$$

Asumsikan bahwa  $\mu$  dan  $\epsilon$  berdiri sendiri dari waktu untuk memenuhi persamaan untuk ditulis kembali

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -(\mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}) \quad (2.11)$$

Menggunakan identitas vektor, dapat ditulis,

$$\nabla (\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} = -\mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.12)$$

Karena ruang bebas merupakan bebas muatan  $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$  diberikan,

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.13)$$



Persamaan (2.13) merupakan persamaan gelombang pada medan listrik. Gunakan prosedur yang sama untuk memperoleh,

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \mu\epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) merupakan persamaan gelombang pada medan magnet, dimana  $\epsilon$  adalah permitivitas vakum (Guenther, 1990: 29-30).

### 2.1.6 Energi pada Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik membawa energi dari satu tempat di dalam ruang ke tempat lain. Energi ini berhubungan dengan medan magnet dan medan listrik yang bergerak. Kerapatan energi ( $\text{J/m}^3$ ) yang tersimpan dalam medan listrik  $\mathbf{E}$  adalah  $u = \frac{1}{2} \epsilon_0 \mathbf{E}^2$ , dimana  $u$  adalah energi persatuan volume. Energi yang tersimpan dalam medan magnet  $\mathbf{B}$  sebesar  $u = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{B}^2}{\mu_0}$ . jadi energi total yang tersimpan disuatu tempat dalam ruang dimana terdapat gelombang elektromagnetik adalah

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 \mathbf{E}^2 + \frac{1}{2} \frac{\mathbf{B}^2}{\mu_0} \quad (2.15)$$

(Giancoli, 2001: 230).

## 2.2 Gelombang Elektromagnetik ELF

Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) memiliki frekuensi sebesar (0-300 Hz). Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui listrik tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik. Frekuensi gelombang ini ketika dihasilkan oleh piranti elektronik sekitar 50-60 Hz (Valentine, 2009). Berdasarkan teori medan magnet, bahwa disekitar kawat konduktor yang dialiri arus akan timbul medan magnet, jika arus yang mengalir adalah arus bolak-balik (AC atau *Alternating Current*) maka menurut Maxwell disekitar kawat konduktor tersebut akan timbul rambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari komponen medan listrik dan medan magnet (Simanjuntak, 1985).

### 2.2.1 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF

Radiasi gelombang elektromagnetik non-ionisasi merupakan radiasi yang tidak menyebabkan ionisasi pada molekul (Muchtaruddin, 1998). Radiasi non pengion dapat didefinisikan sebagai penyebaran atau emisi energi yang bila melalui suatu media dan terjadi proses penyerapan, berkas energi radiasi tersebut tidak akan mampu menginduksi terjadinya proses ionisasi dalam media tersebut (Alatas, 2003). Pada frekuensi antara 0 hingga 300 Hz adalah panjang gelombang udara yang sangat panjang (6000 km pada frekuensi 50 Hz dan 185.000 km pada frekuensi 60 Hz) dan dalam situasi praktis, medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur. sehingga dapat disimpulkan bahwa medan magnet ELF memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik
- b. Memiliki frekuensi antara 0 hingga 300 Hz
- c. Termasuk dalam radiasi non-pengion (non ionizing radiation)
- d. medan listrik dan medan magnet bertindak independen satu sama lain sehingga dapat diukur secara terpisah
- e. Medan magnet tidak bisa dihalangi oleh material biasa seperti dinding bangunan
- f. sumber paparan medan magnet mudah untuk didapat yaitu dari piranti elektronika yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari

(World Health Organization, 2007)

### 2.2.2 Sumber Paparan Gelombang Elektromagnetik ELF

Sumber paparan medan listrik dan medan magnet ELF secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu sumber alami dan sumber buatan manusia.

#### a. Sumber alami

Paparan medan listrik dan medan magnet ELF alami dihasilkan dari proses alami tanpa peran manusia. Menurut Swerdlow (2006:12) medan listrik dihasilkan dari proses di atmosfer dan magnetosfer yang menghasilkan sinyal dengan frekuensi mencapai beberapa megahertz ( $1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$ ) variasi *Extremely Low Frequency* muncul akibat aktivitas matahari di ionosfer dan efek atmosfer seperti

pelepasan muatan oleh petir yang menyebabkan resonansi osilasi dalam ionosfer bumi yang disebut dengan resonansi Schauman, sedangkan medan magnet dihasilkan dari medan magnet bumi yang secara berkelanjutan berubah-ubah dengan rentang dari beberapa milisekon hingga 10<sup>12</sup> tahun, resonansi Schauman menghasilkan medan magnet sekitar  $10^{-5}$   $\mu$ T pada frekuensi 6-60 Hz. selain proses di atmosfer bumi medan magnet juga dihasilkan oleh Matahari. Medan magnet matahari membentang jauh melewati matahari itu sendiri. Medan di atas dan di bawah khatulistiwa matahari memiliki polaritas yang berbeda yang mengarah menuju matahari dan menjauhi matahari, terdapat suatu lembaran arus tipis dibidang khatulistiwa matahari yang disebut dengan lembar arus heliosfer. Pada jarak yang lebih jauh, rotasi matahari memutar medan magnet dan lembar arus menjadi struktur mirip spiral archimedes yang disebut spiral parker. Medan magnet antar planet lebih kuat daripada komponen dipole medan magnet matahari. Medan magnet dipol matahari sebesar 50-400  $\mu$ T (di fotosfer) berkurang seiring bertambahnya jarak menjadi sekitar 0,1 nT pada jarak bumi, menurut pengamatan wahana antariksa, bidang antar planet di lokasi bumi sekitar 5 nT, kurang lebih seratus kali lebih besar.

Medan magnet pada permukaan bumi mempunyai struktur serupa dengan batang magnet cenderung  $11^\circ$  dari sumbu rotasi bumi. Kenyataannya, struktur dari sumber medan magnet di dalam bumi lebih rumit dan mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Model magnetik dunia yang dikembangkan berdasarkan survey geologi US dan UK dan diperbarui setiap lima tahun sekali. Besarannya medan magnet bumi berkisar antara 25 sampai 60  $\mu$ T (Swerdlow, 2008:9).

a. Sumber buatan manusia

Sumber paparan medan magnet yang terdapat di lingkungan masyarakat sebagian besar berasal dari peralatan elektronika. Setiap peralatan elektronika akan mempunyai medan magnet yang sebanding dengan arus yang mengalir dari sumber menuju peralatan yang terhubung. Medan magnet terbesar terletak dengan peralatan yang akan berkurang sesuai dengan jarak (Nugroho, 2009). Hasil pengukuran medan listrik dan medan magnet pada peralatan elektronik dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Hasil pengukuran medan listrik di dekat peralatan rumah tangga jarak 30 cm

Peralatan Listrik	Medan Listrik (V/m)
Penerima stereo	180
Setrika Listrik	120
Pendingin	120
Mixer	100
Pemanggang roti	80
Pengering rambut	80
Televisi warna	60
Mesin kopi	60
Penghisap debu	50
Oven listrik	8
Bola lampu	5
<b>Petunjuk harga batas</b>	<b>5000</b>

Tabel 2.3 Hasil pengukuran medan magnet di dekat peralatan rumah tangga jarak 30 cm

Peralatan	Medan Magnet ( $\mu\text{T}$ ) pada jarak r		
	R= 3 cm	R=30 cm	R=100cm
Pengering rambut	<b>6-2000</b>	0.001-7	0.01-0.03
Pencukur elektrik	<b>15-1500</b>	0.08-9	0.01-0.03
Penghisap debu	200-800	<b>2-20</b>	0.13-2
Lampu tabung	40-400	<b>0.5-2</b>	0.02-0.25
Microwave oven	73-200	<b>4-8</b>	0.25-0.6
Radio portable	16-56	<b>1</b>	<0.01
Oven listrik	1-50	<b>0.15-0.5</b>	0.01-0.04
Mesin cuci	0.8-50	<b>0.15-3</b>	0.01-0.15
Setrika	18-30	<b>0.12-0.3</b>	0.01-0.03
Pencuci piring	3.5-20	<b>0.6-3</b>	0.07-0.3
Komputer	05-30	<b>&lt;0.01</b>	-
Lemari pendingin	0.5-1.7	<b>0.01-0.25</b>	<0.01
Televisi warna	2.5-50	0.04-2	<b>0.01-0.15</b>

Kebanyakan peralatan rumah tangga dengan jarak 30 cm, kuat medan magnetnya dibawah batas yang diijinkan untuk umum adalah  $\mu\text{T}$ . Angka yang dihitamkan merupakan jarak kerja normal

(sumber: Baafi,2004)

### 2.3 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan

Medan magnet banyak dimanfaatkan dalam bidang pangan, hal ini bertujuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang merugikan yang terdapat pada makanan dan juga beberapa manfaat lainnya. Dibawah ini merupakan beberapa penelitian tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan.

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan

Penelitian	<i>B</i>	Lama Paparan	Dampak
Utilization of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field is as Alternative Sterilization of <i>Salmonella typhimurium</i> In Gado-Gado (Sudarti, 2016)	646.7 $\mu$ T	30 menit	Menghambat prevalensi bakteri <i>Salmonella typhimurium</i> sebesar 36,37%
Analysis of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Effect to Oyster Mushroom Productivity (Sudarti <i>et al.</i> , 2017)	500 $\mu$ T	50 menit	Berpengaruh terhadap peningkatan jumlah pin heads jamur tiram dengan rata-rata 20,2 dan Jumlah berat basah jamur tiram 212,2 gram
Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarsa (Ridawati, 2017)	300 $\mu$ T	5 menit	Meningkatkan nilai pH susu fermentasi sehingga memperpanjang masa kadaluarsa.
Aplikasi Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 100 $\mu$ T terhadap Jumlah Bakteri <i>Lactobacillus casei</i> dan pH pada Proses Pembuatan Susu Fermentasi (Putri, 2015)	100 $\mu$ T	15 menit	Berpengaruh terhadap peningkatan jumlah bakteri dan menurunkan pH pada pembuatan susu fermentasi
Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF ( <i>Extremely Low Frequency</i> ) 300 $\mu$ T dan 500 $\mu$ T terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan (Kristinan, 2015)	500 $\mu$ T	30 menit pada saat 72 jam setelah peragian	Terjadi penurunan jumlah mikroba sebesar 0,50 x10 <sup>13</sup> sel/mL
The Influence of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Exposure on The Process of Making Cream Cheese (Kristinawati dan Sudarti, 2015)	100 $\mu$ T	5 menit	Terjadi penurunan pH dan kadar air pada keju cream
Pengaruh paparan medan magnet ELF ( <i>Extremely Low Frequency</i> ) terhadap perubahan kadar vitamin C dan derajat keasaman (pH) pada buah tomat (Ma'rufiyanti <i>et al.</i> , 2014)	500 $\mu$ T	90 menit	Mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat
	300 $\mu$ T dan 500 $\mu$ T	10 menit 30 menit 90 menit	Mempertahankan derajat keasaman (pH) pada buah tomat,



Proses pengawetan sari buah apel ( <i>Mallus sylvestris mill</i> ) secara non-termal berbasis teknologi oscillating magneting field (Sari <i>et al.</i> , 2012)	6,7 T	25 menit	penurunan mikroba sebanyak 99,45% dalam proses pengawetan sari buah apel ( <i>Mallus sylvestris Mill</i> )
---	-------	----------	--

#### 2.4 Ikan Bandeng

Ikan Bandeng yang bernama latin *Chanos chanos* dan dalam bahasa inggris *milkfish* merupakan ikan pangan populer di Asia Tenggara. Ikan ini merupakan satu-satunya spesies yang masih ada dalam familia *Chanidae*. 100 gram daging bandeng mengandung 129 kkal energi, 20 g protein, 4,8 g lemak, 150 mg fosfor, 20 mg kalsium, 2 mg zat besi, 150 SI, vitamin A, dan 0,05 mg vitamin B1 (Saparinto, 2006). Ikan bandeng adalah salah satu sumber protein hewani yang mudah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh bakteri, khamir maupun jamur (Widiastuti 2005). Ikan bandeng merupakan produk perikanan yang mempunyai nilai nutrisi tinggi dan dibutuhkan oleh tubuh seperti protein (20,53g/100g) dan asam amino essensial dominan yaitu lisin (1,886g/100 g) (United States Department of Agriculture, 2014 dalam Prasetyo *et al.*, 2015).

#### 2.5 Bakteri pada Ikan Bandeng

Penelitian Wiluyandari (2013) tentang identifikasi bakteri pada ikan bandeng busuk yang telah diawetkan dengan pengasapan setelah diidentifikasi diperoleh 8 genus yaitu *Salmonella*, *Plesiomonas*, *Pseudomonas*, *Edwardsiella*, *Yersinia*, *Proteus*, dan *Megamonas* yang termasuk dalam bakteri Gram negatif dan *Listeria* yang termasuk bakteri Gram positif. Penelitian Raharjo (2015) menghasilkan bahwa total jumlah bakteri pada ikan bandeng selama 24 jam tanpa perlakuan apapun sejumlah  $1,33 \times 10^7$  cc (gram) Sedangkan Pada hasil pemeriksaan rata-rata total mikroba ikan bandeng adalah  $287,7 \times 10^3$  kuman/mL (Octovrisna, 2013).

## 2.6 pH pada Ikan Bandeng

Laju aktivitas enzim dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Setiap jenis enzim mempunyai pH optimum untuk aktivitasnya. Temperatur penyimpanan merupakan faktor yang harus dijaga. Temperatur mempengaruhi waktu regenerasi bakteri dan fase pertumbuhan. Temperatur yang rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri dan reaksi-reaksi biokimia sedangkan temperatur yang tinggi akan mempercepat aktivitas tersebut (Daulay, 1990: 206-207). Gandjar dan Rohman (2012: 61-61) menyatakan suatu molekul memiliki sifat fisika kimia, diantaranya sifat asam dan basa suatu larutan. Sifat asam larutan adalah suatu senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion hydrogen ( $H^+$ ) dan anion, sedangkan basa adalah senyawa yang jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan ion hidroksida ( $OH^-$ ) dan kation.

pH dari *skeletal muscle* hidup biasanya di atas 7. Hal ini bisa turun setelah pemotongan yakni bernilai 5,4 – 5,7 pada daging normal (Kerry *et al.*, 2000:199). Penelitian Raharjo (2015), menyatakan bahwa pH ikan bandeng penyimpanan selama 24 jam tanpa perlakuan apapun bernilai 6,7. Setelah 24 jam nilai pH ikan mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan kadar glikogen dan ATP yang terdapat dalam tubuh ikan mengalami penurunan sehingga hidrolisis ATP yang tersisa tidak mampu untuk menurunkan pH. Hal ini disebabkan oleh asam laktat yang terbentuk dari proses hidrolisa ATP relatif sedikit (Afrianto dan Evi, 2005; dalam Widyasari, 2006).

## 2.7 Kapasitansi pada Ikan Bandeng

Setiap bahan mempunyai sifat listrik yang khas dan besarnya ditentukan oleh kondisi internal bahan tersebut, seperti momen dipol listrik, komposisi bahan kimia, kandungan air, keasamaan dan sifat internal lainnya (Hermawan, 2005). Bahan biologis bertindak sebagai *Lossy Insulator*, dalam hal kemampuan mereka untuk menyimpan dan membuang energi listrik dari medan elektromagnetik yang diterapkan melalui transfer radiasi. Sifat ini diakibatkan oleh pengisian listrik dan kehilangan arus yang umumnya terkait dengan kapasitansi dan resistansi (Rao dan Rizvi, 1994: 394).



Pengetahuan terkait nilai konstanta dielektrik suatu bahan, utamanya bahan biologis berguna untuk mengetahui sifat fisis suatu bahan biologis tersebut. Sifat fisis bahan tersebut adalah kadar air, kandungan ionik, dan komposisi kimia dari bahan (Suyanto dalam Komisah 2001). Sifat-sifat dielektrik produk pangan mempunyai korelasi kuat dengan kadar air, yang mana merupakan parameter kritis kadaluwarsa produk kering. Nilai sifat dielektrik berbanding lurus dengan nilai kadar air suatu bahan. Pada kadar air yang tinggi, nilai tetapan dielektrik dan faktor kehilangan dielektrik juga tinggi, demikian juga pada kadar air rendah, nilai tetapan dielektrik dan faktor kehilangan dielektrik juga rendah (Harmen, 2001). Diantara sifat dielektrik yang berhubungan dengan kadar air adalah kapasitansi.

Teknik dielektrik dapat digunakan secara mudah, cepat, dan merupakan metode akurat untuk penilaian kesegaran daging (Ghatass et al, 2008). Kesegaran ikan dapat diukur dengan menempatkan seekor ikan di antara pelat-pelat sebuah kapasitor dan mengukur kapasitansinya (Young dan Freedman, 2003: 214). Kapasitansi adalah kemampuan sebuah kapasitor untuk menyimpan energi listrik. Selain dipengaruhi oleh luas penampang dan jarak pemisah antar plat, kapasitansi juga dipengaruhi oleh sifat dan kondisi fisik bahan dielektrik yang terdapat di antara plat.

Kapasitor merupakan sebuah perangkat yang dapat menyimpan energi listrik. Muatan  $q$  dan beda potensial  $V$  untuk kapasitor adalah proporsional satu sama lain, artinya

$$q = CV \quad (2. 16)$$

Konstanta  $C$  disebut sebagai kapasitansi dari kapasitor. Nilainya hanya bergantung pada geometri pelat, bukan pada muatan atau beda potensialnya. Kapasitansi adalah ukuran dari berapa banyak muatan yang harus diadakan pada pelat-pelat untuk menghasilkan beda potensial tertentu diantara keduanya. Semakin besar kapasitansi semakin banyak muatan yang diperlukan (Halliday, 2010:112). Satuan kapasitansi dinamakan satu Farad (F). Satu farad sama dengan 1 coulomb per Volt (Young dan Freeman, 2013:193).

$$C = \epsilon_o \frac{A}{d} \quad (2. 17)$$

Kapasitansi berbanding lurus dengan luas  $A$  dari pelat dan berbanding terbalik dengan jarak pisah kedua pelat itu,  $d$  dan  $\epsilon_0$  adalah sebuah konstanta universal. Bila ada materi diantara pelat-pelat itu, maka sifat-sifat materi itu mempengaruhi kapasitansi tersebut (Young dan Freeman, 2013:194). Sebagian besar kapasitor memiliki lembar isolator yang disebut dielektrikum yang diletakkan di antara pelat-pelatnya. Hal ini dilakukan dengan tujuan. Pertama, karena tegangan yang lebih tinggi dapat diberikan tanpa adanya muatan yang melewati ruang antar pelat, walaupun tidak secepat udara, dielektrikum terputus (muatan tiba-tiba mulai mengalir melaluinya ketika tegangan cukup tinggi). Disamping itu dielektrikum memungkinkan pelat diletakkan lebih dekat satu sama lain tanpa bersentuhan, sehingga memungkinkan naiknya kapasitansi karena  $d$  lebih kecil. Secara eksperimental ditemukan bahwa jika dielektrikum memenuhi ruang antara kedua konduktor tersebut, kapasitansi akan naik sebesar faktor  $K$  yang dikenal sebagai **konstanta dielektrikum**. Maka persamaan untuk kapasitor pelat sejajar yakni,

$$C = K \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.18)$$

Persamaan ini juga dapat dituliskan

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.19)$$

dimana

$$\epsilon = K \epsilon_0 \quad (2.20)$$

merupakan *permitivitas bahan* tersebut.

(Giancoli, 2001: 46-47).

Tabel 2.5 Konstansta dielektrik suatu bahan

Bahan	Konstanta Dielektrik
Hampa udara	1,0000
Udara	1,0006
Parafin	2,2
Karet, Padatan	2,8
Vinyl (plastik)	2,8 – 4,5
Kertas	3-7
Kuarsa	4,3
Kaca	4-7
Porselin	6-8
Mika	7
Ethyl alkohol	24
Air	80

(Giancoli, 2001: 47).

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2018 di beberapa tempat dengan pertimbangan sebagai berikut.

- a. Laboratorium Fisika Lanjut yang terletak di Gedung Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Gedung III Universitas Jember, sebagai tempat tersedianya alat penghasil medan magnet ELF (*ELF Magnetic Field Source*).
- b. Laboratorium Mikrobiologi Gedung Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember, sebagai tempat pengukuran nilai pH, jumlah bakteri, dan nilai kapasitansi ikan bandeng.

### 3.2 Jenis dan Desain Penelitian

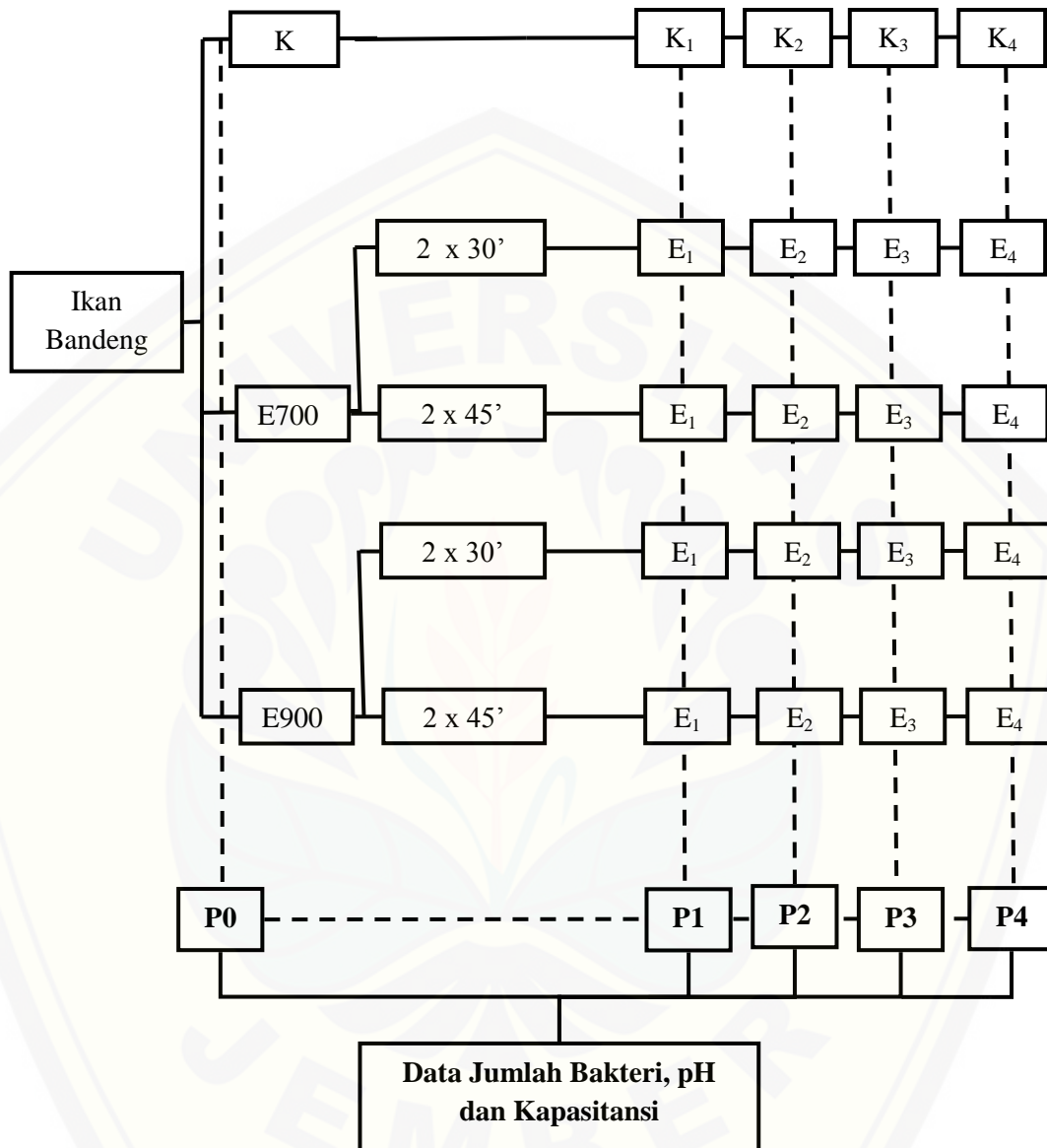
#### 3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas hasil kerja/produk yang dieksperimenkan dibanding dengan hasil kerja/produk lain yang sudah ada (Mulyatiningsih, 2014: 52). Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan 2 kelompok, yakni kelompok kontrol (kelompok tanpa perlakuan apapun artinya kelompok yang hanya terpapar oleh medan magnet alamiah bumi) dan kelompok eksperimen (kelompok yang diberi perlakuan berupa pemaparan medan magnet ELF dari alat penghasil medan magnet ELF).

#### 3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini Rancang Acak Lengkap (RAL). Rancang acak lengkap ini digunakan terkait pengaruh beberapa perlakuan dengan sejumlah ulangan untuk beberapa percobaan. Dalam penelitian ini terdapat kelompok eksperimen yang mana dipapar dengan medan magnet ELF

berintensitas sekitar 700 dan 900  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 2 x 30 dan 2 x 45 menit. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Keterangan,

K : Sampel control terdiri dari 5 ekor ikan bandeng tanpa dipapar medan magnet ELF dari alat penghasil medan magnet

E700 : Sampel eksperimen sejumlah 8 ekor ikan bandeng dengan paparan medan magnet ELF intensitas 700  $\mu\text{T}$

E900 : Sampel eksperimen sejumlah 8 ekor ikan bandeng dengan paparan medan magnet ELF intensitas 900  $\mu\text{T}$

K<sub>0.4</sub> : kelompok kontrol

E<sub>0.4</sub> : kelompok eksperimen

P0 : Pengukuran jumlah bakteri, pH, dan Kapasitansi kelompok kontrol, tanpa paparan medan magnet ELF pada jam 06.00

P1 : Pengukuran jumlah bakteri, pH, dan Kapasitansi kelompok kontrol dan eksperimen setelah pemaparan medan magnet ELF pada jam 11.00

P2 : Pengukuran jumlah bakteri, pH, dan Kapasitansi kelompok kontrol dan eksperimen pada jam 14.00

P3 : Pengukuran jumlah bakteri, pH, dan Kapasitansi kelompok kontrol dan eksperimen pada jam 17.00

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

##### a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variable yang akan dilihat pengaruhnya terhadap variable terikat. Variabel bebas penelitian ini adalah intensitas medan magnet ELF yakni sekitar 700  $\mu\text{T}$  dan 900  $\mu\text{T}$  dan waktu yang digunakan dalam pemaparan, yakni selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit.

##### b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variable yang diukur sebagai indikator dari pengaruh variable bebas. Variable terikat penelitian ini adalah jumlah bakteri, nilai pH, dan kapasitansi ikan bandeng.

#### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Secara operasional variable dalam penelitian ini sebagai berikut.

##### a. Medan magnet ELF

- 1) Medan magnet ELF (*Electromagnetic Low Frequency*) adalah spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi kurang dari 300 Hz. Pada penelitian ini menggunakan alat penghasil medan magnet ELF dengan



frekuensi 50 Hz dimana lebih ditekankan pada efek dari medan magnet ELF yang digunakan.

- 2) Intensitas medan magnet ELF yang digunakan yaitu sekitar 700  $\mu\text{T}$  dan 900  $\mu\text{T}$ . Penggunaan intensitas ini didasarkan pada beberapa penelitian-penelitian yang telah dilakukan (dapat dilihat pada bab 2).
  - 3) Lama paparan yang digunakan yaitu 2 x 30, dan 2 x 45 menit. Hal ini juga didasarkan pada beberapa penelitian-penelitian sebelumnya (dapat dilihat pada bab 2).
- b. Ikan Bandeng adalah salah satu ikan yang digemari di Indonesia termasuk juga Asia Tenggara, ikan ini merupakan produk perikanan yang mempunyai nilai nutrisi tinggi.
  - c. Jumlah bakteri  
Kehadiran bakteri patogen merupakan salah satu hal yang dapat menjadikan pangan tersebut mengalami kerusakan secara cepat.
  - d. Nilai pH  
pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan keasaman dari suatu larutan atau bahan makanan. Nilai pH diukur pada skala 0-14.
  - e. Kapasitansi merupakan kemampuan sebuah kapasitor untuk menyimpan energi listrik. Selain dipengaruhi oleh luas penampang dan jarak pemisah antar plat, kapasitansi juga dipengaruhi oleh sifat dan kondisi fisik bahan dielektrik yang terdapat di antara plat.

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Alat-alat

##### a. *Current Transformator*

*Current Transformator* digunakan untuk memapar sampel ikan bandeng. Alat ini menghasilkan medan magnet ELF, dengan sumber arus AC pada frekuensi 50 Hz dari PLN. Komponen alat ini adalah sebagai berikut.

1. Transformer tegangan.
2. 3 buah transformator arus (*current transformer*) masing-masing 100/5 A, 300/5 A, dan 600/5 A.
3. Pengatur tegangan (*Voltage Regulator*).
4. Amperemeter
5. Batang konduktor dari tembaga dengan diameter masing-masing 3 cm.

Cara kerja alat ini sebagai berikut

1. Tegangan satu fasa dari PLN 220 Volt dengan frekuensi masukan 50 Hz masuk ke pengatur tegangan (*Voltage Regulator*).
2. Sumber tegangan keluar dari *voltage regulator* masuk transformator tegangan sisi primer
3. Sumber keluaran dari transformator sisi sekunder menghasilkan tegangan lebih rendah, namun arus listrik lebih tinggi
4. Konduktor tembaga dihubungkan dengan output transformator, sehingga menghasilkan paparan medan magnet yang lebih dominan daripada medan listrik.

b. EMF Tester

EMF Tester adalah alat yang digunakan untuk mengukur besar medan magnet yang dipancarkan *Current Transformer* dan digunakan sebagai kalibrasi besarnya medan magnet yang akan digunakan dalam penelitian.

c. Seperangkat alat untuk mengukur pH ikan Bandeng

1. pH Meter  
merupakan alat digital yang digunakan untuk mengukur nilai derajat keasaman (pH) ikan bandeng.
2. Neraca  
digunakan untuk mengukur massa sampel ikan bandeng yang akan disuspensi dengan aquades.
3. Pengaduk  
digunakan untuk mengaduk hasil dari suspensi sampel ikan bandeng dan aquades.

#### 4. Beaker Glass

Digunakan sebagai wadah suspensi sampel ikan bandeng dengan aquades

#### d. Seperangkat alat untuk mengukur jumlah bakteri ikan Bandeng

##### 1. Autoklaf

Alat yang hampir mirip panci digunakan untuk sterilisasi alat dan bahan yang digunakan.

##### 2. Enkast

Alat yang berfungsi sebagai tempat penanaman mikroba dan melakukan kegiatan mikrobiologi.

##### 3. Magnetic stirer

Digunakan untuk menghomogenkan suatu larutan dan sampel dengan pengadukan

##### 4. Timbangan analitic

Alat yang digunakan untuk menimbang massa bahan yang digunakan dengan ketelitian yang tinggi.

##### 5. Vortex

Alat yang digunakan untuk menghomogenkan suspensi sampel

##### 6. Bunsen

Alat yang berfungsi untuk sterilisasi dengan pemanasan

##### 7. Mikropipet

Digunakan untuk memindahkan cairan dengan volume cukup kecil

##### 8. Tip

Tempat untuk cairan dalam ukuran 1  $\mu\text{L}$  sampai 20  $\mu\text{L}$

##### 9. Cawan petri

Alat yang berfungsi untuk meletakkan media tanam mikroba

##### 10. Tabung reaksi

Alat yang digunakan untuk meletakkan sampel atau larutan

##### 11. Beaker glass

Untuk meletakkan sampel dengan larutan

##### 12. Rak tabung reaksi

Alat yang digunakan untuk meletakkan tabung reaksi

e. Seperangkat alat kapasitor

1. 2 pelat PCB yang memiliki luas  $23,75 \text{ cm}^2$ , dan berjarak 2 cm.

Berfungsi sebagai kapasitor.

2. Wadah plastik

digunakan sebagai bahan isolator penghubung antar pelat dan media untuk meletakkan ikan.

3. Kabel

digunakan untuk penghubung dengan kapasitansi meter

f. Kapasitansi Meter

Alat elektronik yang digunakan untuk mengukur nilai kapasitansi (C).

g. Label sticker

Sticker label untuk kode setiap sampel

### 3.4.2 Bahan

- a. Ikan bandeng sebanyak 21 ekor
- b. Larutan Asam pH 4
- c. Larutan netral pH 7 (Aquades steril sebanyak 1000 mL)
- d. Tisu kering
- e. Alkohol 70%
- f. Plastik wrap
- g. Medium MCA (*Mac Conkey Agar*)
- h. Spirtus

## 3.5 Prosedur Penelitian

### 3.5.1 Persiapan

Pada tahap ini, dilakukan persiapan seperti menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Mengkalibrasi alat-alat seperti *Current Transformator*, *EMF-tester*, Kapasitansi meter, pH meter, dan alat-alat lainnya yang akan digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang dibutuhkan juga dipersiapkan.

### 3.5.2 Penentuan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 21 ekor Ikan Bandeng yang mana 5 ekor untuk kelompok kontrol dan 16 ekor untuk kelompok

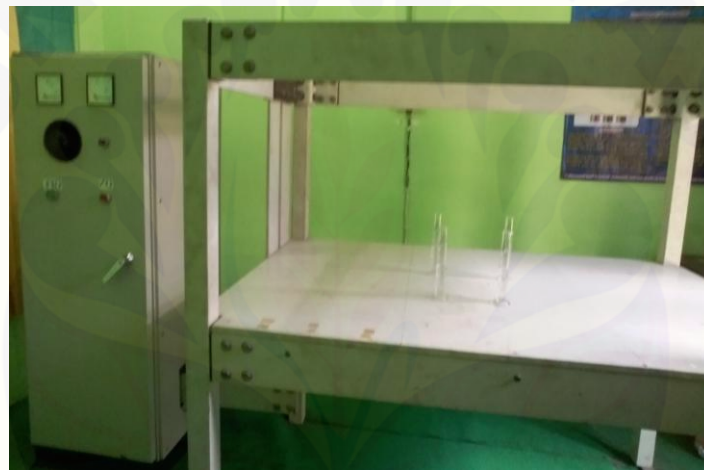
eksperimen. Setiap kelompok Ikan Bandeng diberi tanda masing-masing untuk membedakan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan waktu pemaparan yang berbeda.

### 3.5.3 Perlakuan

Perlakuan pada kelompok eksperimen dengan cara memberi paparan medan magnet sebagai berikut.

- Input sumber tegangan PLN 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz.
- Intensitas (I) paparan medan magnet ELF yang digunakan sebesar 700-900  $\mu\text{T}$ .
- Lama paparan medan magnet ELF dalam penelitian ini 2 x 30 menit dan 2x 45.

Adapun alat sumber Medan Magnet ELF seperti gambar 3.2



Gambar. 3.2 ELF *Electromagnetic Field Sources*

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

- Menghidupkan dan memastikan ELF *Electromagnetic Fields Sources* telah terhubung dengan listrik. Apabila telah terhubung dengan sumber tegangan, *pilot lamp* akan menyala.
- Memastikan *output* tegangan *slite voltage regulator* adalah nol, dengan cara memutar *knob* berlawanan arah jarum jam (ke kiri) hingga *knob* tak dapat diputar lagi.



- c. Menekan *push button* (warna merah) untuk menyalakan regulator arus. Apabila *knob* pada no.b belum posisi nol maka kontaktor tidak akan menyala dan peralatan belum dapat digunakan.
- d. Memutar *knob* putar searah jarum jam (ke kanan) sampai didapatkan besaran atau intensitas medan magnet yang diinginkan dibantu dengan alat EMF Tester.
- e. Menekan *push button* (warna hijau) untuk mematikan regulator arus.

Pada penelitian ini juga digunakan alat *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) untuk memastikan besar medan magnet ELF yang digunakan. Berikut ini adalah langkah penggunaan *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) dengan merek Lutron EMF-827.



Gambar 3.3 EMF-827 (Sumber: Rian, Tanpa Tahun)

Prosedur pengoprasian ELM-827, sebagai berikut.

- a. Memosisikan '*off/range switch*' ke range yang sesuai. Memulai dari range tertinggi dan tunggu hingga nilai terukur stabil lalu gantilah ke range yang diinginkan. Karena EM merupakan interferensi dari lingkungan, maka layar akan menunjukkan nilai terkecil sebelum pengukuran misalnya hingga mencapai  $0.05 \mu\text{T}$ . Hal ini bukanlah malfungsi alat.
- b. Memegang *probe* sensor, lalu mendekatkan kepala sensor ke objek yang akan diukur sehingga tersentuh secara fisis. Memperhatikan bagaimana intensitas medan bertambah ketika probe didekatkan ke arah objek.
- c. Memosisikan kepala sensor di sudut yang berbeda terhadap objek yang akan diukur dan lihat bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengukuran.



- d. Mencatat hasil pengukuran yang tertera pada layar. Jika objek yang diukur mati selama pengukuran, seharusnya hasil pengukuran mendekati nol, jika tidak artinya ada sumber EM lain yang terdeteksi.
- e. Alat ukur didesain untuk membaca pada satuan  $\mu\text{T}$  tetapi dapat pula mengukur dalam satuan mG dengan cara mengalikan hasil pengukuran dengan angka 10.

#### 3.5.4 Pengukuran

Pengukuran pada penelitian ini meliputi,

1. Jumlah Bakteri

- a. Penyiapan Medium

Menimbang semua jenis bahan atau medium jadi yang akan digunakan dalam penelitian. Medium yang telah ditimbang di masukkan ke dalam beaker glass yang telah diisi dengan akuades lalu dilarutkan di atas hot plate sambil diaduk hingga homogen. Selanjutnya, disterilkan dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer.

- b. Sterilisasi Alat dan Medium

Semua alat yang akan digunakan dalam penelitian terlebih dahulu dibersihkan. Selanjutnya, disterilkan, sedangkan medium untuk pertumbuhan mikroba disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  tekanan 2 atmosfer selama 15 menit.

- c. Pengambilan Sampel

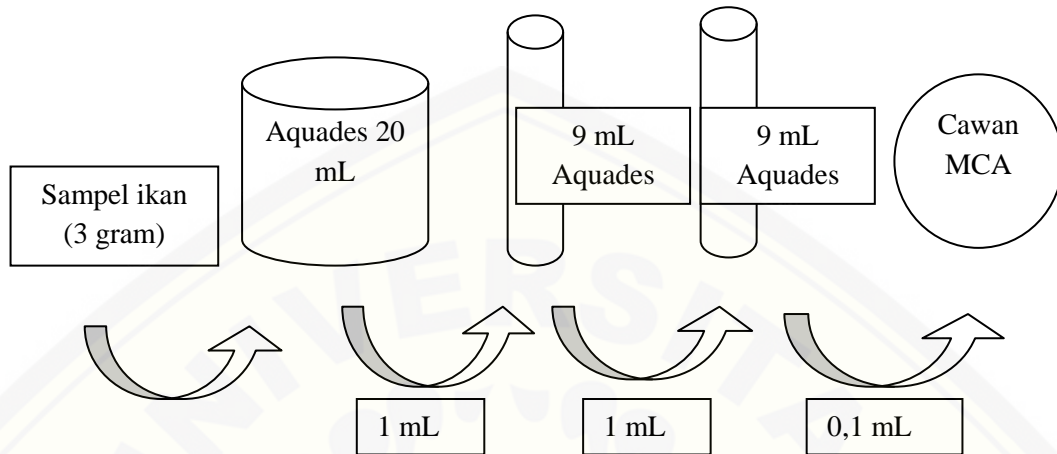
Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil 3 gram daging ikan bandeng, selanjutnya dilakukan suspensi sampel dengan aquades 20 mL.

- d. Pengenceran Sampel

Menyiapkan dua tabung reaksi yang telah berisi 9 mL akuades. Menghomogenkan campuran sampel dan pengencer menggunakan alat vortex, hasil homogenisasi merupakan pengenceran  $10^{-1}$ . Selanjutnya, dibuat pengenceran  $10^{-2}$ . hasil homogenisasi yang merupakan pengenceran  $10^{-1}$  di atas, dipipet 1 mL ke dalam tabung pertama, dikocok hingga homogen dan diperoleh pengenceran  $10^{-2}$ .

e. Uji Angka Lempeng Total (ALT)

dari pengenceran terakhir dipipet 0,1 mL ke dalam cawan petri yang telah berisi medium.



Gambar 3.4 Skema penanaman bakteri

f. Nilai pH

Karena ikan (daging) bukan suatu larutan yang lebih mudah diketahui pHnya, maka proses pengukuran nilai pH menggunakan pH meter. Langkah pengukuran nilai pH Ikan Bandeng adalah sebagai berikut.

- 1) Tekan tombol ON pada alat pH meter, tunggu beberapa saat sampai pada layar display pH meter siap untuk digunakan
- 2) Sebelum pH meter digunakan, pH meter harus dikalibrasi dahulu dengan larutan asam pH 4 kemudian dinetralkan dengan larutan netral ber pH 7.
- 3) Celupkan ujung pH meter (elektroda) pada larutan buffer pH 4, tunggu beberapa saat sampai terdengar bunyi pada alat yang menunjukkan bahwa prosedur kalibrasi pada larutan buffer pH 4 selesai dilakukan.
- 4) Celupkan ujung pH meter (elektroda) pada larutan buffer pH 7, tunggu beberapa saat sampai terdengar bunyi pada alat yang menunjukkan bahwa prosedur kalibrasi pada larutan buffer pH 7 selesai dilakukan.
- 5) Celupkan ujung pH meter pada larutan suspensi ikan bandeng, baca dan catat nilai pH yang tertera pada layar display alat pH meter.
- 6) Lakukan 3 kali pengukuran untuk memperoleh hasil nilai pH yang akurat



Gambar 3.5 Pengukuran pH menggunakan pH meter

g. Nilai Kapasitansi

Pengukuran nilai kapasitansi menggunakan metode dielektrik. Pengukuran dielektrik merupakan metode yang dilakukan dengan menggunakan dua plat kapasitor. Diantara plat kapasitor tersebut disisipkan bahan dielektrik yang akan diuji karakteristik biolistriknnya (kapasitansinya). Langkah pengukuran nilai kapasitansi ikan bandeng adalah sebagai berikut. Pengukuran dilakukan menggunakan Kapasitansi meter. Kondisi pengukuran disajikan dengan cara penjepitan sampel ikan bandeng yang akan digunakan pada plat kapasitor yang terbuat dari PCB dan telah terhubung pada Kapasitansi meter.



Gambar 3.6 Skema alat pengukur kapasitansi

Keterangan dari masing-masing bagian pada gambar 3.5 adalah sebagai berikut

1. Kapasitansimeter KILTER 357\* sebagai alat ukur kapasitansi
2. Pelat PCB (*Printed Circuit Board*) yang berfungsi sebagai keping konduktor. Luas permukaan dari keping konduktor  $23,75 \text{ cm}^2$  dengan jarak antar keping sebesar 2 cm.

3. Wadah sampel yang terbuat dari plastik.

Pada saat pengukuran, daging ikan bandeng yang digunakan sebagai bahan dielektrik harus dipastikan memenuhi wadah sehingga tidak ada ruang untuk udara pada wadah. Langkah pengukuran nilai kapasitansi sebagai berikut.

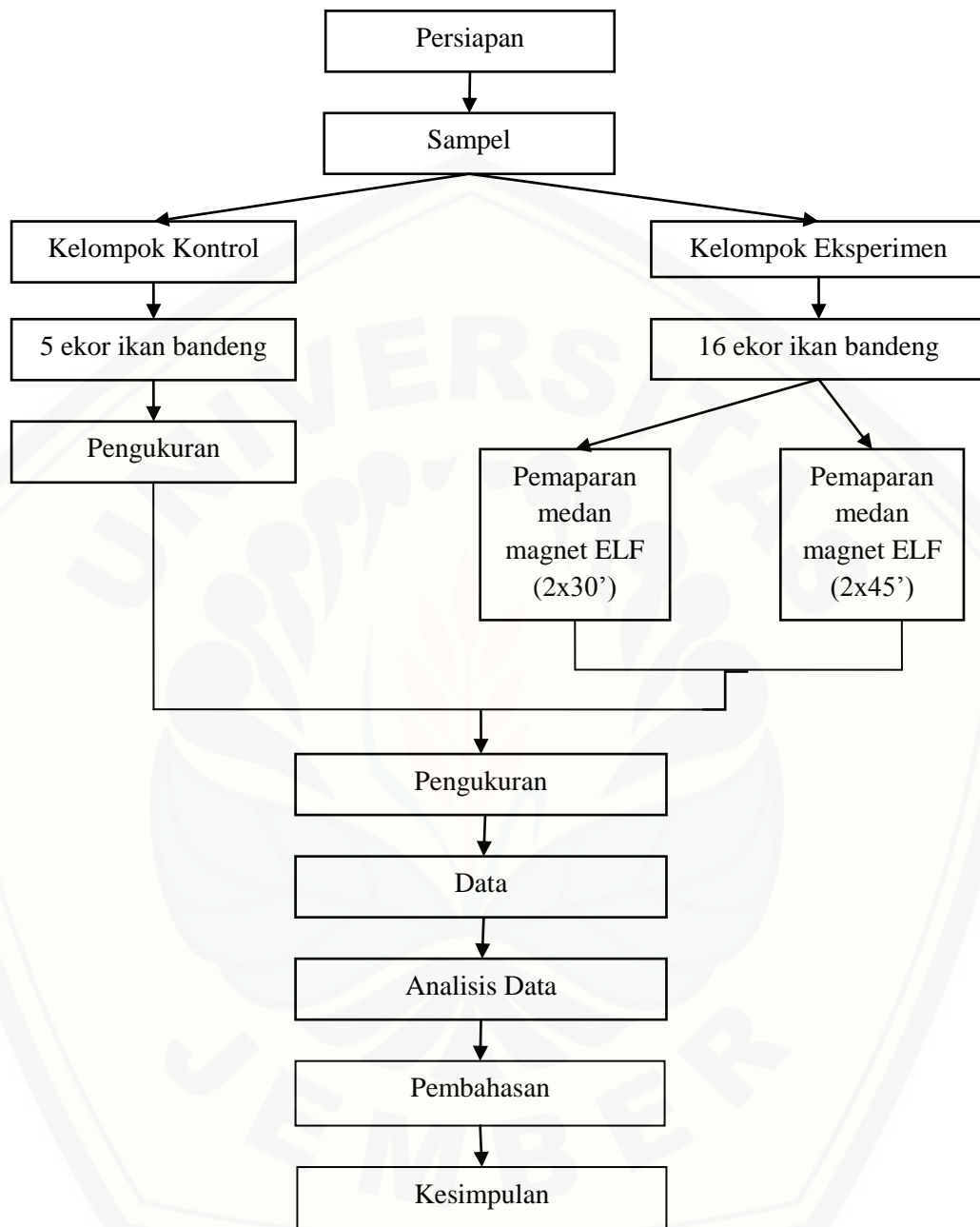
1. Siapkan alat dan bahan seperti pada gambar skema 3.6
2. Ukur kapasitansi kapasitor dengan dielektrik udara menggunakan kapasitansi meter
3. Masukkan ikan bandeng ke dalam wadah diantara pelat kapasitor
4. Ukur kapasitansi menggunakan kapasitansi meter
5. Catat nilai yang tertera pada kapasitansi meter pada tabel data

### 3.5.5 Bagan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut.

- a. Menyiapkan ikan bandeng sebanyak 21 sampel
- b. Ikan bandeng dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok kontrol sebanyak 5 sampel dan kelompok eksperimen sebanyak 16 sampel
- c. Melakukan pengukuran kepada kelompok kontrol
- d. Memberikan perlakuan, yaitu pada kelompok eksperimen dengan dipapar medan magnet ELF sebesar 700 - 900  $\mu\text{T}$
- e. Memberikan paparan pada kelompok eksperimen selama 2 x 30 menit dan 2 x 45 menit.
- f. Melakukan pengukuran jam 06.00 (Pengambilan data jumlah bakteri, nilai pH, dan kapasitansi ikan bandeng).
- g. Melakukan pengukuran jam 11.00 (Pengambilan data jumlah bakteri, nilai pH, dan kapasitansi ikan bandeng).
- h. Melakukan pengukuran jam 14.00 (Pengambilan data jumlah bakteri, nilai pH, dan kapasitansi ikan bandeng).
- i. Melakukan pengukuran jam 17.00 (Pengambilan data jumlah bakteri, nilai pH, dan kapasitansi ikan bandeng)
- j. Melakukan analisa data
- k. Membahas hasil analisa data

1. Menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan



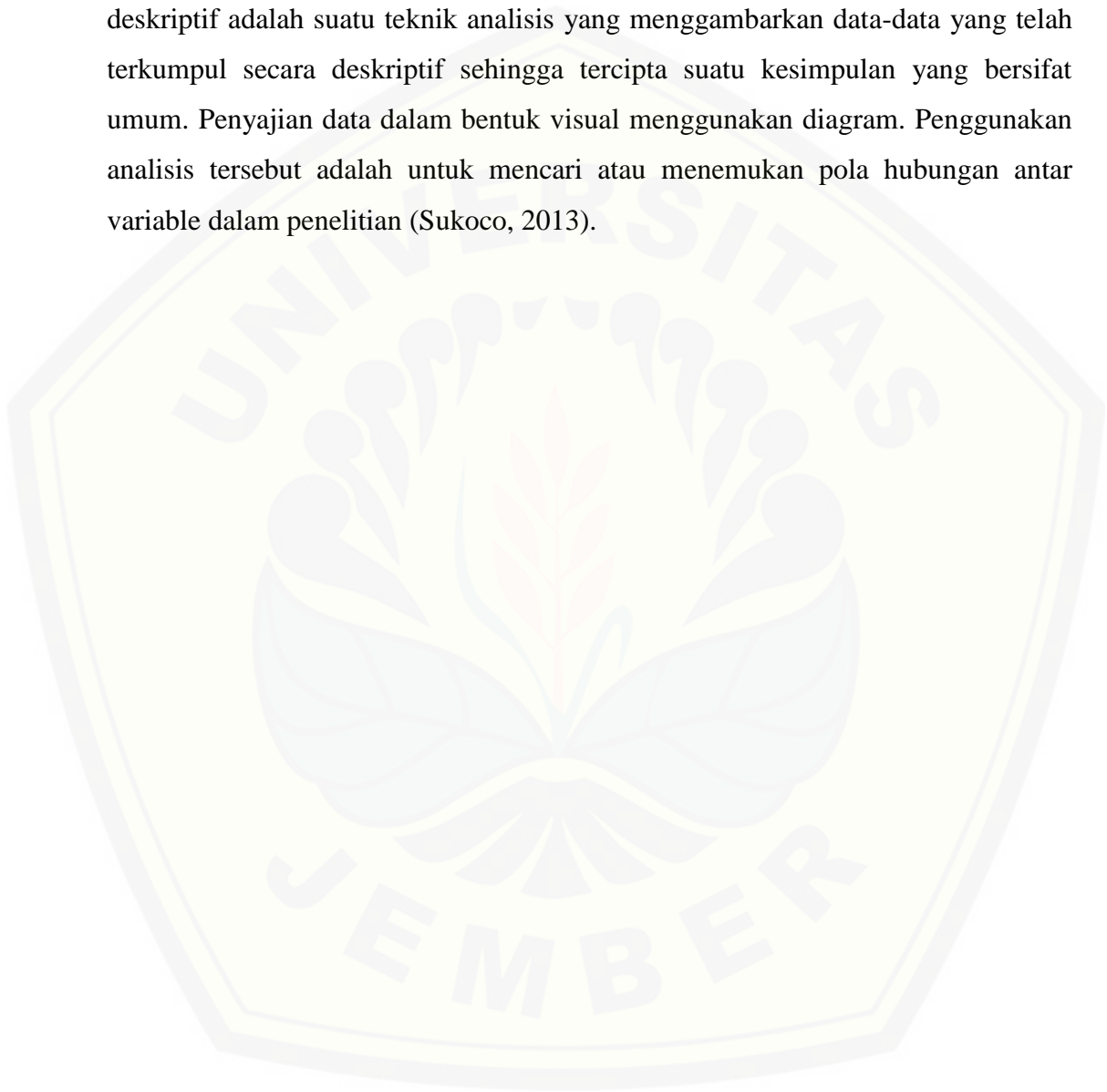
Gambar 3.7 Bagan Prosedur Penelitian





### 3.6.2 Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah analisis data deskriptif. Analisis deskriptif merupakan salah satu cara untuk menganalisis data hasil penelitian dengan membandingkan data hasil penelitian dengan teori yang relevan. Analisis deskriptif adalah suatu teknik analisis yang menggambarkan data-data yang telah terkumpul secara deskriptif sehingga tercipta suatu kesimpulan yang bersifat umum. Penyajian data dalam bentuk visual menggunakan diagram. Penggunaan analisis tersebut adalah untuk mencari atau menemukan pola hubungan antar variable dalam penelitian (Sukoco, 2013).



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- a. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap jumlah bakteri ikan bandeng. Dosis efektif dalam menghambat laju pertumbuhan bakteri adalah paparan medan magnet ELF sebesar 730,56  $\mu$ T selama 2 x 30 menit.
- b. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap pH ikan bandeng. Dosis efektif dalam menurunkan nilai pH ikan bandeng adalah paparan medan magnet ELF sebesar 730,56  $\mu$ T selama 2 x 30 menit.
- c. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap nilai kapasitansi ikan bandeng. Dosis efektif dalam menghambat laju kenaikan nilai kapasitansi adalah paparan medan magnet ELF sebesar 730,56  $\mu$ T selama 2 x 45 menit.

### 5.2 Saran

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

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang efek paparan medan magnet ELF terhadap beberapa indikator lain tentang sifat kelistrikan suatu bahan
- b. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait dengan efek paparan medan magnet ELF terhadap makanan lain, mengingat paparan medan magnet ELF dapat dimanfaatkan dalam pengawetan makanan
- c. Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh nilai intensitas dan durasi paparan medan magnet ELF yang efektif dalam proses pengawetan khususnya makanan daging atau ikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M. dan Moss O. 2008. *Food Microbiology*. Cambridge, U K: The Royal Society of Chemistry.
- Alatas, Z., dan Y. Lusiyanti. 2001. Efek Kesehatan Radiasi Non Pengion pada Manusia. *Prosiding Seminar Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan I*. 23-24 Oktober 2001.
- Ahmed, I., Istivan T., dan Pirogova E. 2013. The Effect of Extremely Low Frequency (ELF) Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) on Bacteria *Staphylococcus Aureus*. *EPJ Nonlinear Biomedical Physics*. 1-17
- Alonso, M., dan E. J. Finn. 1992. *Dasar-dasar Fisika Universitas (Jilid 2) Medan dan Gelombang*. Terjemahan Lea Prasetyo dan Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Baafai, U. S. 2004. Sistem tenaga Listrik: Polusi dan pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat. *Makalah Orasi Ilmiah*. Medan: Penguahan Jabatan Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Bayir, Ece, Bilgi E., Sendemir-Urkmez A., Hames-Kocabas E. 2013. The effects of different intensities, frequencies and exposure times of extremely low-frequency electromagnetic fields on the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 1-5
- Berg H . 1993 . Electrostimulation of cell metabolism by low frequency electric and electromagnetic fields . *Bioelectrochem Bioenerget*. 31: 1–2.5
- Blank, M. & Soo, L. 2001. Optimal Frequencies in Magnetic Field Acceleration of Cytochrome Oxidase and Na, K-ATPase Reactions. *Bioelectrochemistry*, 53 (3) :171-174.
- Church N. 1998. MAP fish and crustaceansensory enhancement. *Food Science and Technology Today*. 12(2): 73-83.
- Daulay, D. 1990. *Fermentasi Keju*. Bogor: Pust antar Universitas Pangan dan Gii Institut Pertanian Bogor
- Dong, L., Chen, Y., dan Huang, L. 2005. Effects of Extremely Low Frequency Magnetic Field on Growth, Metabolism and Differentiation of Human Mesenchymal Stem Cells. *8th Annual Tissue Engineering Society*

*International (TESI) Conference & Exposition*. Shanghai, P.R. China TESI: 588.

Fahrurozi. 2011. Kajian Sifat Fisikokimia Daging Sapi terhadap Lama Penyimpanan. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Fauzah, M., Widodo, C.S., Saroja, G. 2014. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Nilai Kapasitansi Dan Konstanta Dielektrik Daging Sapi Dengan Metode Dielektrik Pada Frekuensi Rendah. *Brawijaya Physics Student Journal*.

Florensia, S., Dewi, P., dan Utami, N. R. 2012. Pengaruh Ekstrak Lengkuas pada Perendaman Ikan Bandeng terhadap Jumlah Bakteri. *Unnes Journal of Life Science*. 1(2).

Fojt, L., Strasaka L., Veterll V., dan Smarda J. 2004. Comparison of The Low-Frequency Magnetic Field Effects on Bacteria *Escherichia Coli*, *Leclercia Adecarboxylata*, And *Staphylococcus Aureus*. *Bioelectrochemistry*. 63: 337–341.

Gandjar, I. G., dan Rohman, A. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Giancoli, D.C. 1998. *Physics Fifth Edition*. Prentice-Hall, Inc. Terjemahan oleh Yuhilza Hanum dan Irwan Arifin. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ghatass, Z.F., Soliman M.M., dan Mohamed M.M. 2008. Dielectric Technique for Quality Control of Beef Meat in the Range 10 kHz - 1 MHz. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 3 (1): 62-69.

Gobba, F. & Malagoli, D. 2003. Effects of 50 Hz Magnetic Fields on fMLP Induced Shape Changes in Invertebrate Immunocytes: The Role of Calcium Ion Channels. *Bioelectromagnetics*. 24 (1): 347-354.

Grubner, S. J. 2011. Peningkatan Proliferasi Kultur Sel Punca Mesenkim Asal Darah Tepi melalui Pemaparan Medan Magnet Disk Permanen 200 mT selama dua dan Empat Jam per Hari. *Thesis*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Guenther, B. D. 2015. *Modern Optics: Second Edition*. United States of America: Oxford University Press.

Halliday, D., Resnick R., dan Walker J. 2005. *Physics*. Seventh Extended Edition. USA: John Wiley & Sons, Inc. Terjemahan oleh Tim Pengajar ITB. 2010. *Fisika Dasar. Edisi Ketujuh Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Harmen. 2001. Rancang Bangun Alat dan Pengukuran Nilai Dielektrik pada Kisaran Frekuensi Radio. *Tesis*. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hermawan, B. 2005. Monitoring Kadar Air Tanah melalui Pengukuran Sifat Dielektrik pada Lahan Jagung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 7:15-22.
- Hidayat, M. R. 2013. Kajian Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (*Clarias batrachus*) dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah. *Skripsi*.
- Young, H.D. dan Freedman, R.A. 2003. *Fisika Universitas Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Ikediala JN, Tang J, Drake SR, Neven LG. 2000. Dielectric properties of apple cultivars and codling moth larvae. *Transactions of the ASAE*. 43(5):1175-1184.
- Inhan-Garip, A., Aksu B., Akan Z., Akakin D., Ozaydin A.N., dan San T. 2011. Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Growth Rate and Morphology of Bacteria. *Int. J. Radiat. Biol.* 1-8.
- Isnawati dan Trimulyono G. 2018. Temperature range and degree of acidity growth of isolate of indigenous bacteria on fermented feed "fermege". *The 2nd International Joint Conference on Science and Technology (IJCST) 2017*. 012209
- Jay, J.M. 1978. *Modern Food Microbiology second Ed*. Newyork: Wayne State University, D. Van Nastrand Co.
- Junianto. 2003. *Tehnik Penanganan Ikan*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Karaguler, T., Karahman, H., dan Tuter, M. 2017. Analyzing Effects of ELF Electromagnetic Fields on Removing Bacterial Biofilm. *Biocybernetics and biomedicalengineering*. 1-5.
- Kerry J., Ledward D. 2000. *Meat Processing Improving Quality*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Komisah, Siti. 2001. Pembuatan Alat Uji Teknis Sifat Dielektrik Bahan Cair. *Skripsi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Kristianto. 2017. Kajian Awal Pengawetan Ikan Pindang Bandeng Dan Mojang Dengan Pengemasan Vakum di Desa Cukanggenteng. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 23(2).



- Kristinan, R.S., Sudarti., Gani, A.A. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300  $\mu$ T dan 500  $\mu$ T terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada Proses Fermentasi Tape Ketan. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 4 (1): 1-8.
- Kristinawati, A., dan Sudarti. 2015. The Influence of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Exposure on The Process of Making Cream Cheese. *Proceeding The 1st IBSC: Towards The Extended Use Of Basic Science For Enhancing Health, Environment, Energy And Biotechnology*.
- Loeksmanto, W. 1993. *Medan Elektromagnetik*. Bandung: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Ma'rufiyanti, P., Sudarti, Gani, A.A. 2014. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300  $\mu$ T dan 500  $\mu$ T terhadap Perubahan Kadar Vitamin C dan Derajat Keasaman (pH) pada Buah Tomat. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 3(3): 278-284.
- Miklavcic, D., N. Pavselj and F. X. Hart. 2006. Electric properties of tissues. *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*. vol. 6, M. Akay, John Wiley & Sons Inc.
- Mousa, A. 2011. Electromagnetic Radiation Measurements and Safety Issues of some Cellular Base Stations in Nablus. *Journal of Engineering Science and Technology Review*. 4(1): 35-42.
- Muchtaruddin, M. 1998. *Dampak Medan Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Majalah Kedokteran Indonesia*. 48:7-264.
- Nugroho, A. 2009. Pengaruh Perubahan Konfigurasi Saluran Jaringan SUTET 500 kV terhadap Medan Magnet. *Ijurnal*. 2(1): 9-17.
- Neumann E . 2000 . Digression on Chemical Electromagnetic Feld Effects in Membrane Signal Transduction – Cooperativity Paradigm of The Acetylcholine Receptor . *Bioelectrochemistry*. 52: 43 – 49.
- Octovrisna, R.J., Astuti, R., Wardani, R.S., 2013. Pengaruh Berbagai Konsentrasi Larutan Jahe dan Lama Waktu Perendaman terhadap Jumlah Total Mikroba Pada Ikan Bandeng. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 8(1): 26-35.
- Pamijiati. 2009. Pengaruh Ekstrak Daun Selasih (*ocimum basilicum linn*) Terhadap Mutu Kesegaran Ikan Bandeng Selama Penyimpanan Dingin (Chanos chanos forsk). *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Peterson, K., Chan W., Ki R., Cho E.A., Mow M., 2012. The Effect of pH on *Escherichia coli* Bacterial Count in the Ala Wai Canal. *AP Biology Ala Wai Estuary Project*.

- Prasetyo, et al. 2015. Efek Perbedaan Suhu dan Lama Pengasapan terhadap Kualitas Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) Cabut Duri Asap. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 4(3): 94-98.
- Putri, W. 2015. Aplikasi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 100 $\mu$ T terhadap Jumlah Bakteri *Lactobacillus Casei* dan pH pada Proses Pembuatan Susu Fermentasi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Quass, D. W. 1997. Pulsed Electric Field Processing in The Food Industry A status report on pulsed electric field. *Electric Power Research Institute*. p.23-35.
- Rabih, A.A.S et al, 2014. Dielectric Properties of Properly Slaughtered and Non-properly Slaughtered Chicken. *Journal of Medical Research and Development*. 3(1): 107-120.
- Raharjo, D. 2015. Daya Tahan Ikan Bandeng Segar yang Diawetkan menggunakan Pengawet Alami Kombinasi Daun Jambu Mete (*Anacardium occidentale*) dan Garam. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rao, M.A., dan Rizvi S.S.H., 1994. *Engineering Properties of Foods*. New York: Cornell University.
- Rasyda, H.P., Sunardto. 2015. Penggunaan Asap Cair Tempurung Kelapa Dalam Pengawetan Ikan Bandeng. *Unnes Journal of Life Science*. 4(1).
- Re, Del.B, Garoia F., Mesirca P., Agostini C., Bersani F., Giorgi G. 2003. Extremely low frequency magnetic fields affect transposition activity in *Escherichia coli*. *Radiation Environment Biophysics*. 42:113-118.
- Rian. Tanpa Tahun. *LUTRON EMF 827 Electromagnetic Teste* [Online]. <http://mitralaser.indonetwork.co.id/3368048>. [23 Januari 2018]
- Ridawati, S. 2017. Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi sebagai Indikator Kadaluarsa. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Riyanto, B., Maddu, A., dan Supriyanto. 2012. Pendeteksian Tingkat Kesegaran Filet Ikan Nila Menggunakan Pengukuran Sifat Biolistrik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 15(1).
- Rofik, S., dan Rita, D.W. 2012. Ekstrak Daun Api-Api (*Avecennia marina*) untuk Pembuatan Bioformalin sebagai Antibakteri Ikan Segar. *Prosiding SNST ke-3 Tahun 2012*. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.

- Reese, R.L. 2000. *University Physics*. USA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Sailah, S., dan Cekdin, C. 2014. *Medan Elektromagnetik (Teori dan Contoh Soal)*. Palembang: Penerbit ANDI.
- Saparinto, C., Purnomowati, I., dan Hidayati, D. 2006. *Bandeng Duri Lunak*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sari, E.K.N, Susilo B., Sumardi H.M. 2012. Proses Pengawetan Sari Buah Apel (*Mallus Sylvestris* Mill) Secara Non-Termal Berbasis Teknologi Oscillating Magnetizing Field (OMF). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(2): 78-87.
- Sarwate, V.V. 1993. *Electromagnetic Fields And Waves*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Saleh, E.R.M., Noor E., Djatna T., dan Irzaman. 2013. Seleksi Parameter Dielektrik Penentuan Masa Kadaluarsa Biskuit (Wafer) dengan Pendekatan Regresi Linier, Feature Selection (Relieff) dan Artificial Neural Network. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23 (2): 164-173.
- Simanjuntak, Rosnawyta. 2010. Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat untuk Menghasilkan Pangan. *Buletin Kebutuhan Pangan*. 3 (2): 43-49.
- Stange, B. & Rowland, R. 2002. ELF Magnetic Fields Increase Amino Acid Uptake Into *Vicia faba* L. Roots and Alter Ion Movement Across the Plasma Membrane. *Bioelectromagnetics*. 23 (3): 277-28.
- Sudarti. 2016. Utilization of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field is as Alternative Sterilization of *Salmonella typhimurium* In Gado-Gado. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. (9): 317 – 322.
- Sudarti. 2017. Analysis of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Effect to Oyster Mushroom Productivity. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*. 4: 1-8.
- Sudarti, dan Helianti, D. 2005. The Effect Of Alteration Il-10 To The Immuno Modulation Response On Bul/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20  $\mu$ T. *Saintifika*. 6 (1): 36-44.
- Supriatin, Yati. 2008. Kajian Produksi Biogas Skala Laboratorium dengan Inokulum Konsorsium Alami Metanogen dalam Substrat Bungkil Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L). *Tesis Bioteknologi ITB*.
- Sutrisno dan T. I. Gie. 1979. *Fisika Dasar I: Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- Swerdlow, A. J. 2008. *Static Magnetic Field*. London: The Health Protection Agency.
- Teklemariam A.D., Tessema, F., dan Abayneh, T. 2015. Review on Evaluation of Safety of Fish and Fish Products. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 3(2): 111-117.
- Tipler, P.A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik (edisi ketiga)*. Jakarta: PT Erlangga.
- Wahdiniati, L., Pantiwati Y., Latifa R. 2016. Pemeriksaan Kandungan Bakteri Salmonella Sp. dan Bakteri Escherichia Coli pada Petis Ikan di Pasar Klampis Bangkalan Madura sebagai Sumber Belajar Biologi The Examinaton Of Salmonella Sp. and Escherichia Coli Content on Fish- Paste in Klampis Market of Bangkalan Madura as Biology Learning Resource. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2(2): 198-205.
- Wang Y, Tang J, Rasco B, Kong F, Wang S. 2008. Dielectric Properties Of Salmon Fillets As A Function Of Temperature And Composition. *Journal of Food Engineering*. 87(2): 236-246.
- Widyasari, R.A.H.E. 2006. Pengaruh Pengawetan Menggunakan Biji Picung (*Pangium edule* Reinw) Terhadap Kesegaran dan Keamanan Ikan Kembung Segar (*Rastrelliger brachysoma*). *Thesis*. Bogor: Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Wiluyandari, Neira. 2013. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri pada Ikan Bandeng (Chanos chanos) Asap yang Telah Mengalami Pembusukan*. SKRIPSI. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Winarno, F.G.I. 1993. *Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumsi*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- World Health Organizaion (WHO). 2007. *Enviromental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press.
- Young, H. G. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Fransisco: Person Education, Inc.



## LAMPIRAN A. MATRIK PENELITIAN

## MATRIK PENELITIAN

NAMA : NURHASANAH

NIM : 140210102089

RG : 2 (Electromagnetics and Dynamics Learning)

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	JENIS PENELITIAN	SUMBER DATA	TEKNIK PENGAMBILAN DATA	ANALISIS DATA	ALUR PENELITIAN
Analisis Intensitas Medan Magnet ELF terhadap Jumlah Bakteri, pH dan Kapasitansi Ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> )	d. Untuk mengkaji pengaruh paparan Intensitas Medan Magnet ELF 700 dan 900 $\mu$ T selama 2x30 menit dan 2x45 menit terhadap jumlah bakteri ikan dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng.	Penelitian Eksperimen	1. Sumber data diperoleh dari hasil pengamatan dan uji laboratorium 2. Bahan rujukan diperoleh dengan mengkaji data dan informasi dari buku, artikel, dan sumber-sumber lain yang berkaitan	1. Metode Pengumpulan data: Observasi lapang 2. Teknik pengumpulan data: - Observasi - Penentuan Sampel - Penentuan titik pengukuran - Pengambilan data	Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif.	1. Tahap persiapan 2. Tahap penentuan sampel 3. Tahap perlakuan 4. Tahap pengukuran 5. Tahap analisis data 6. Tahap pembahasan 7. Kesimpulan
	e. Untuk mengkaji pengaruh paparan					




---

Intensitas  
Medan Magnet  
ELF 700 dan  
900  $\mu$ T selama  
2x30 menit  
dan 2x45  
menit terhadap  
pH ikan dalam  
Proses  
Pengawetan  
Ikan Bandeng.

- f. Untuk  
mengkaji  
pengaruh  
paparan  
Intensitas  
Medan Magnet  
ELF 700 dan  
900  $\mu$ T selama  
2x30 menit  
dan 2x45  
menit terhadap  
kapasitansi  
ikan dalam  
Proses  
Pengawetan  
Ikan Bandeng
-

## LAMPIRAN B. SURAT IJIN PENELITIAN


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

---

Nomor : **140**/UN25.1.5/LT/2018 **26 FEB 2018**  
 Lampiran : -  
 Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Ketua Laboratorium Mikrobiologi  
 FKIP Universitas Jember  
 di  
 Jember


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



Nama : Nurhasanah  
 NIM : 140210102089  
 Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
 Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Analisis Intensitas Medan Magnet ELF 750  $\mu$ T terhadap pH dan Kapasitansi dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)" di laboratorium yang saudara pimpin.

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

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

a.n. Dekan  
 Wakil Dekan I,  
  
 Dr. Suratno, M. Si.  
 NIP. 19670625 199203 1 003

  
 Lis NA  
 27/18  


**LAMPIRAN C. DATA HASIL PENGUKURAN**

## Kelas Kontrol

Kelas	Jam	pH	Kapasitansi (uF)	Total bakteri
K0 a		6,6		112
K0 b	09.00	6,5	52,25	184
K0 c		6,5		109
K1 a		6,7		107
K1 b	11.00	6,7	146,7	149
K1 c		6,8		79
K2 a		6,9		79
K2 b	14.00	6,9	79,2	160
K2 c		6,9		83
K3 a		7,2		102
K3 b	17.00	7,2	85,6	148
K3 c		7,2		211

Kelas Eksperimen 730,56  $\mu$ T 2 x 30'

Kelas	Jam	pH	Kapasitansi (uF)	total bakteri
E30' 1 a		6,6		40
E30' 1 b	11.00	6,5	103,6	235
E30' 1 c		6,7		189
E30' 2 a		6,9		136
E30' 2 b	14.00	6,9	65,5	128
E30' 2 c		6,9		181
E30' 3 a		7,2		222
E30' 3 b	17.00	7,1	90,1	96
E30' 3 c		7,2		111

Kelas Eksperimen 730,56  $\mu$ T 2 x 45'

Kelas	Jam	pH	Kapasitansi (uF)	total bakteri
E45' 1 a	11.00	6,7	46,5	252
E45' 1 b		6,7		105
E45' 1 c		6,7		102
E45' 2 a	14.00	6,9	56,6	131
E45' 2 b		6,9		45
E45' 2 c		6,9		147
E45' 3 a	17.00	7,1	67,5	191
E45' 3 b		7,1		135
E45' 3 c		7,1		239

Kelas Eksperimen 877,37  $\mu$ T 2 x 30'

Kelas	Jam	pH	Kapasitansi (uF)	Total Bakteri
E30' 1 a	11.00	6,7	77,8	48
E30' 1 b		6,7		52
E30' 1 c		6,8		56
E30' 2 a	14.00	6,8	81,4	127
E30' 2 b		6,8		145
E30' 2 c		6,8		91
E30' 3 a	17.00	7,1	100,1	513
E30' 3 b		7		243
E30' 3 c		7,1		163

Kelas Eksperimen 877,37  $\mu\text{T}$  2 x 45'

Kelas	Jam	pH	Kapasitansi (uF)	total bakteri
E45' 1 a	11.00	6,7	26,7	192
E45' 1 b		6,7		152
E45' 1 c		6,7		144
E45' 2 a	14.00	6,8	95,3	135
E45' 2 b		6,8		139
E45' 2 c		6,8		144
E45' 3 a	17.00	7	106,7	207
E45' 3 b		7		245
E45' 3 c		7		288



**LAMPIRAN D. DOKUMENTASI PENELITIAN**

1. Pemaparan Medan Magnet ELF



Gambar E. 1 Sampel Ikan Bandeng Eksperimen



Gambar E. 2 Proses Pemaparan Sampel Ikan Bandeng Eksperimen Menggunakan Alat Penghasil Medan Magnet ELF



Gambar E. 3 Pengaturan Besar Intensitas Medan Magnet ELF Menggunakan Alat EMF Tester

2. Pengukuran pH, Jumlah Bakteri, dan Kapasitansi



Gambar E. 4 Suspensi Sampel Ikan Bandeng dengan Aquades



Gambar E. 5 Pengukuran pH Ikan Bandeng



Gambar E. 6 Pengenceran Bakteri Ikan Bandeng

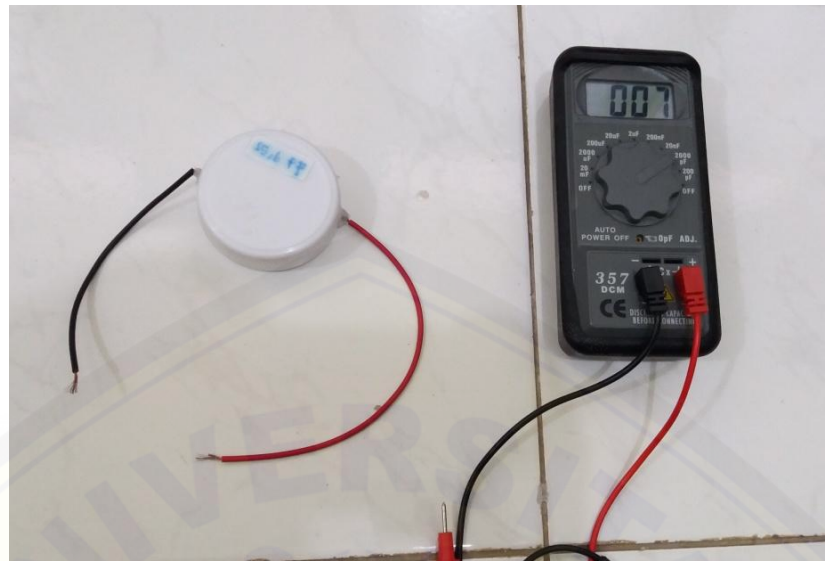




Gambar E. 7 Mixer Bakteri



Gambar E. 8 Penanaman Bakteri dalam Medium

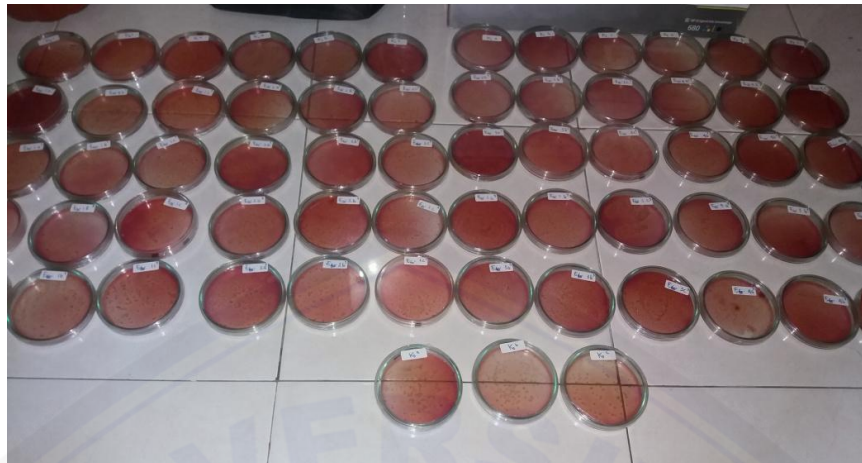


Gambar E. 9 Alat Kapasitansimeter

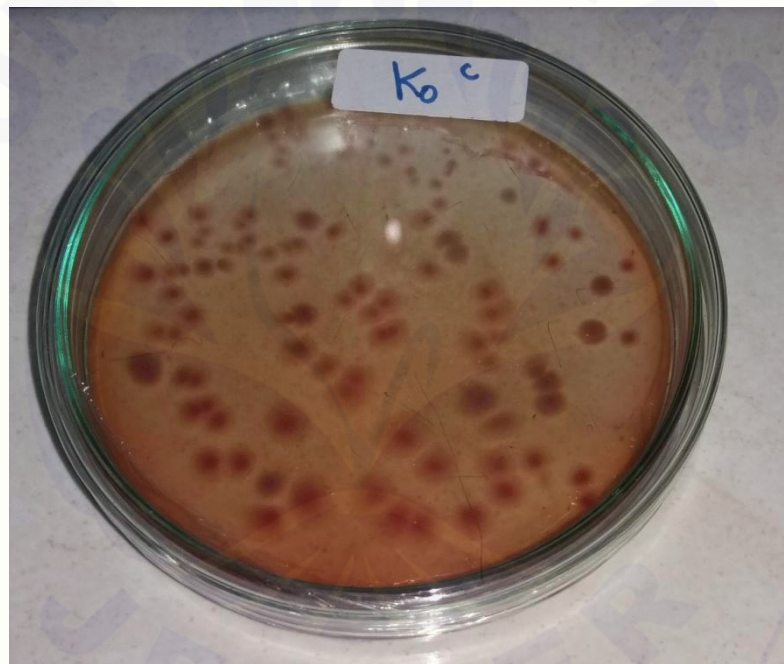


Gambar E. 10 Pengukuran nilai kapasitansi





Gambar E. 11 Bakteri kelas kontrol dan eksperimen



Gambar E. 12 Bakteri ikan bandeng sampel kontrol pengukuran jam 06.00