



PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP DERAJAT KEASAMAN DAN DAYA HANTAR LISTRIK PADA PROSES DEKOMPOSISI IKAN TONGKOL (*Euthynnus affinis* C.)

SKRIPSI

Oleh

**Karina Laksmiari
NIM 160210102038**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP DERAJAT KEASAMAN DAN DAYA HANTAR LISTRIK PADA PROSES DEKOMPOSISI IKAN TONGKOL (*Euthynnus affinis* C.)

SKRIPSI

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

Oleh

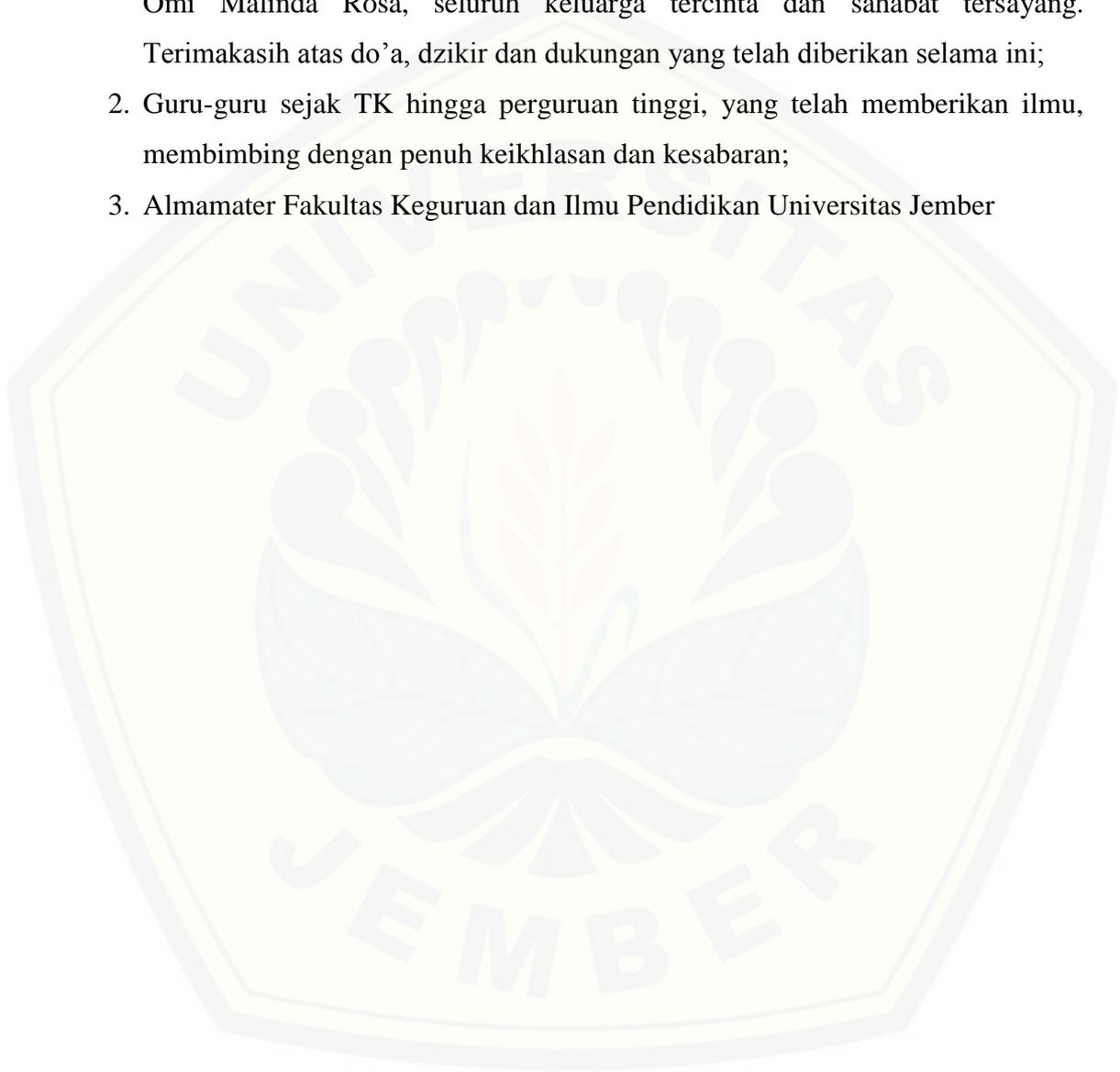
Karina Laksmiari
NIM 160210102038

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Afa Diana Sari dan Ayahanda Rosjid Ridha, Adikku Neny Ismiyanti dan Omi Malinda Rosa, seluruh keluarga tercinta dan sahabat tersayang. Terimakasih atas do'a, dzikir dan dukungan yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guru sejak TK hingga perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu, membimbing dengan penuh keikhlasan dan kesabaran;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember



MOTTO

*“ALLAH akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”
(terjemahan QS. Al-Mujadalah ayat 11)*



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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Karina Laksmiari

NIM : 160210102038

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Derajat Keasaman (pH) dan Daya Hantar Listrik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis C.*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 11 Februari 2020

Yang menyatakan,

Karina Laksmiari

NIM 160210102038

SKRIPSI

PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP DERAJAT KEASAMAN DAN DAYA HANTAR LISTRIK PADA PROSES DEKOMPOSISI IKAN TONGKOL (*Euthynnus affinis* C.)

Oleh

Karina Laksmiari
NIM 160210102038

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sudarti, M.Kes.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Maryani, M.Pd.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Derajat Keasaman (pH) dan Daya Hantar Listrik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis C.*)” karya Karina Laksmiari telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 11 Februari 2020

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Sudarti M.Kes.

NIP. 19620123 198802 2 001

Drs. Maryani, M.Pd.

NIP. 19640707 198902 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Supeno, S.Pd., M.Si.

NIP. 19741207 199903 1 002

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.

NIP 19620401 198702 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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

NIP 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Derajat Keasaman (pH) dan Daya Hantar Listrik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis* C.); Karina Laksmiari; 160210102038; 114 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri dari dua medan yaitu medan listrik dan medan magnet. Sifat medan magnet ELF yang tidak terhalangi dapat membawa efek bagi sekitarnya. Hal ini mendorong peneliti untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap proses dekomposisi pada bahan pangan yang mudah busuk seperti ikan tongkol. Penelitian ini menggunakan intensitas tinggi yaitu 700 μT dan 1000 μT selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Kemampuan medan magnet ELF dalam mempertahankan kualitas produk makanan dapat dijadikan sebagai salah satu metode pengawetan, sehingga bahan pangan tersebut memiliki masa simpan yang lebih lama. Penelitian ini bertempat di Laboratorium ELF program studi pendidikan fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Jenis penelitian ini yaitu penelitian eksperimen dengan desain *randomizes subjects post test only control group desain*, yang dipilih secara acak kemudian terbagi menjadi dua subjek penelitian yaitu subjek pertama tidak mendapatkan perlakuan disebut sebagai kelompok kontrol dan subjek kedua mendapatkan perlakuan berupa paparan medan magnet ELF (eksperimen dengan intensitas 700 μT dan 1000 μT) dipapar selama 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Pengukuran nilai pH menggunakan alat pH meter digital dan pengukuran daya hantar listrik menggunakan alat *conductivity* meter (TDS meter). Pengambilan data dilakukan sebelum pemaparan (jam ke-0) dan pada jam ke-5, jam ke-10, jam ke-15 setelah pemaparan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa medan magnet ELF berpengaruh terhadap nilai pH, daya hantar listrik dan kualitas fisika pada proses dekomposisi ikan tongkol. Paparan medan magnet ELF dengan intensitas 700 μT dan 1000 μT dipapar selama 15 menit, 30 menit, dan 45 menit mampu menghambat kenaikan pH

dan daya hantar listrik yang relatif kecil serta menghambat penurunan kualitas fisik ikan tongkol. Hal ini dibuktikan pada kelompok kontrol mengalami penurunan kualitas fisik lebih cepat jika dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Kemunduran kualitas ikan tongkol diamati berdasarkan parameter warna sayatan daging, aroma dan tekstur. Semakin lama penyimpanan ikan tongkol maka semakin cepat terjadinya penurunan kualitas fisik dan semakin naik nilai pH dan daya hantar listriknya. Kenaikan nilai pH dan daya hantar listrik disebabkan semakin meningkatnya konsentrasi ion metabolisme terlarut selama proses kemunduran mutu ikan, peningkatan tersebut sangat dipengaruhi oleh makin besar kandungan ion Ca^{2+} . Medan magnet ELF menyebabkan pergerakan dan peningkatan laju ion kalsium yang mengakibatkan perubahan transportasi pada membran sel sehingga kadar ion kalsium meningkat, penggunaan intensitas tinggi dapat memutus ikatan hidrogen pada protein. Pemutusan tersebut dapat mempengaruhi aktivitas biologisnya sehingga pembelahan sel terhambat. 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. Perubahan aliran ion kalsium akan mempengaruhi proses dekomposisi (pembusukan) pada tubuh ikan tongkol yang berjalan lebih lambat.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan medan magnet ELF berpengaruh terhadap nilai pH, daya hantar listrik dan kualitas fisik ikan tongkol. 1) Paparan medan magnet ELF dengan intensitas 1000 μT selama 15 menit dapat mempertahankan kenaikan pH ikan tongkol, 2) paparan medan magnet ELF dengan intensitas 1000 μT selama 15 menit dapat mempertahankan kenaikan DHL ikan tongkol, 3) paparan medan magnet ELF dengan intensitas 1000 μT selama 15 menit

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Derajat Keasaman (pH) dan Daya Hantar Listrik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis* C.)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

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

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Drs. Maryani, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Dr. Sudarti, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Maryani, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang dengan sabar meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan ilmu dalam penulisan skripsi ini;
6. Dr. Supeno, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
7. Bapak dan ibu Dosen Pendidikan Fisika FKIP yang telah memberikan ilmu selama menjadi mahasiswa;
8. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu membantu dalam segala hal;

9. Penyemangat sekaligus sahabatku dari SMP Ludfiatul Hasanah dan Elma Sirikit serta teman-temanku Lita Apsari Taurina, Shofiyatul Masruro, Nuri Ade, M. Adibu, Nafilah Husnaul yang turut berperan dalam melakukan penelitian;
10. Teman-teman mahasiswa angkatan 2016 Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember yang telah telah memberikan dorongan dan semangat;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, 11 Februari 2020

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
SKRIPSI.....	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sifat Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i>.....	6
2.2 Pengaruh Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> terhadap Bahan Biologis	8
2.3 Ikan Tongkol	9
2.4 Proses Dekomposisi pada Ikan Tongkol.....	11
2.4.1 Perubahan pH pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol	11
2.4.2 Perubahan Daya Hantar Listrik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol.....	12
2.4.3 Perubahan Kondisi Fisik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol	15
2.5 Pemanfaatan Medan Magnet ELF terhadap Pengawetan Makanan	15
2.6 Kerangka Konseptual.....	18
2.7 Hipotesis Penelitian.....	18
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Jenis dan Desain Penelitian.....	19
3.2.1 Jenis Penelitian.....	19
3.2.2 Desain Penelitian.....	19
3.3 Variabel Penelitian	21
3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian.....	21
3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	21

3.4	Alat dan Bahan.....	22
3.4.1	Alat-Alat.....	22
3.4.2	Bahan-Bahan.....	25
3.5	Populasi dan Sampel Penelitian.....	26
3.5.1	Populasi Penelitian.....	26
3.5.2	Sampel Penelitian.....	26
3.6	Prosedur Penelitian.....	26
3.6.1	Tahap Persiapan.....	26
3.6.2	Tahap Perlakuan.....	27
3.6.3	Tahap Pengukuran pH dan Daya Hantar Listrik Ikan Tongkol.....	28
3.6.4	Tahap Pengukuran Kualitas Fisik Ikan Tongkol.....	29
3.7	Bagan Prosedur Penelitian.....	29
3.8	Metode Analisa Data.....	32
3.8.1	Tabel Hasil Pengukuran.....	32
3.8.2	Teknik Analisa Data.....	35
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1	Hasil Penelitian.....	36
4.1.1	Deskripsi Data Pengukuran pH Ikan Tongkol.....	36
4.1.2	Deskripsi Data Pengukuran DHL Ikan Tongkol.....	40
4.1.3	Deskripsi Data Pengukuran Kualitas Fisik Ikan Tongkol.....	44
4.2	Hasil Analisa Data.....	50
4.2.1	Uji Statistik Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap pH.....	50
4.2.2	Uji Statistik Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap DHL.....	51
4.2.3	Hasil Analisa Data Pengaruh Medan Magnet ELF Terhadap Kualitas Fisik.....	54
4.3	Pembahasan.....	57
4.3.1	Pengaruh Paparan Magnet ELF terhadap Kualitas Fisik Ikan Tongkol.....	57
4.3.2	Pengaruh Paparan Magnet ELF terhadap pH Ikan Tongkol.....	60
4.3.3	Pengaruh Paparan Magnet ELF terhadap Daya Hantar Listrik Ikan Tongkol.....	62
BAB 5.	PENUTUP.....	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
	DAFTAR PUSTAKA.....	66
	LAMPIRAN.....	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kandungan kimia ikan tongkol	10
2.2 Hasil penelitian tentang pemanfaatan medan magnet ELF terhadap pengawetan makanan	16
3.1 Data hasil pengukuran derajat keasaman pada ikan tongkol	32
3.2 Data hasil pengukuran daya hantar listrik pada ikan tongkol	33
3.3 Data hasil pengukuran kondisi fisik pada ikan tongkol	35
4.1 Data rata-rata pH ikan tongkol	37
4.2 Data rata-rata DHL ikan tongkol	41
4.3 Data rata-rata nilai warna daging ikan tongkol	45
4.4 Data rata-rata nilai aroma ikan tongkol	47
4.5 Data rata-rata nilai tekstur ikan tongkol	48
4.6 Hasil uji <i>OneWay Anova</i> pada pH	50
4.7 Hasil uji <i>OneWay Anova</i> pada DHL	52
4.8 Hasil uji regresi linier hasil pH terhadap DHL ikan tongkol	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik	6
2.2 Ikan tongkol	9
2.3 Kerangka konseptual.....	18
3.1 Desain penelitian.....	20
3.2 <i>Current transformer</i>	23
3.3 <i>EMF tester</i>	23
3.4 <i>Conductivity meter</i>	24
3.5 pH meter.....	24
3.6 Bagan prosedur penelitian.....	31
4.1 Diagram nilai rata-rata pH setiap pengukuran	37
4.2 Diagram rata-rata nilai pH ikan tongkol setelah 5 jam	38
4.3 Diagram rata-rata nilai pH ikan tongkol setelah 10 jam	39
4.4 Diagram rata-rata nilai pH ikan tongkol setelah 15 jam	40
4.5 Diagram nilai rata-rata DHL setiap pengukuran.....	41
4.6 Diagram rata-rata nilai DHL ikan tongkol setelah 5 jam.....	42
4.7 Diagram rata-rata nilai DHL ikan tongkol setelah 10 jam.....	43
4.8 Diagram rata-rata nilai DHL ikan tongkol setelah 15 jam.....	44
4.9 Diagram rata-rata nilai indikator warna ikan tongkol.....	46
4.10 Diagram rata-rata nilai indikator aroma ikan tongkol.....	47
4.11 Diagram rata-rata nilai indikator tekstur ikan tongkol.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN.....	72
LAMPIRAN B. DOKUMENTASI PENELITAIN.....	74
LAMPIRAN C. LEMBAR PENELITIAN KUALITAS FISIK	76
LAMPIRAN D. DATA HASIL PENELITAIN.....	77
LAMPIRAN E. HASIL UJI STATISTIK <i>POST HOC</i> LSD	87



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri dari dua medan yaitu medan listrik dan medan magnet. Arus listrik AC yang mengalir pada peralatan elektronik dapat membangkitkan medan magnet. Hal ini sesuai dengan teori Oersted pada tahun 1820, setiap perpindahan arus listrik akan menimbulkan medan magnet (Halliday dan Resnick, 1997). Berdasarkan frekuensinya, spektrum gelombang elektromagnetik terbagi menjadi beberapa daerah yakni daerah dengan frekuensi sangat tinggi hingga frekuensi sangat rendah yaitu *Extremely Low Frequency* (ELF). Medan magnet *Extremely Low Frequency* tergolong dalam spectrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi tidak lebih dari 300 Hz dan termasuk ke dalam radiasi non pengion. Radiasi non pengion merupakan pancaran energi yang tidak menyebabkan ionisasi pada molekul (Muchtarruddin, 1998). Pancaran energi yang dihasilkan oleh medan magnet ELF sangat kecil sehingga penerimaan energi pada sistem biologis tidak menyebabkan terjadinya perubahan suhu.

Sifat medan magnet ELF yang tidak terhalangi dapat membawa efek bagi sekitarnya. Efek yang dihasilkan dapat berupa efek positif atau negatif bergantung pada besar kecilnya intensitas yang diberikan. Paparan medan magnet yang berintensitas tinggi dapat membawa efek buruk pada kesehatan manusia. Oleh karena itu, *World Health Organization* (WHO) menetapkan ambang batas paparan medan elektromagnetik yaitu 0,1 mT untuk medan magnet dan 5 kV/m untuk medan listrik. Hulbert *et al.*, (1998) menyatakan bahwa jika melebihi ambang batas paparan medan magnet maka akan terjadi peningkatan proliferasi sel yang tidak terkendali pada manusia, tetapi efek tersebut berbeda pada bakteri. Sebagian orang telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan radiasi medan magnet ELF pada bidang kesehatan, industri, pertanian hingga bidang pangan.

Medan magnet ELF dimanfaatkan dalam bidang pangan untuk keperluan pengawetan dan proses fermentasi. Adapun hasil penelitian sebelumnya yang memanfaatkan medan magnet ELF, antara lain Sudarti *et al* (2017) menyimpulkan

bahwa paparan medan magnet ELF 500 μT selama 50 menit dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan berat jarum tiram. Sadidah *et al.*, (2015) pada intensitas 500 mT selama 30 menit terjadi penurunan jumlah mikroba yang sangat tinggi yaitu sebesar $0,50 \times 10^{13}$ sel/mL. Penelitian lebih lanjut membuktikan bahwa paparan medan magnet ELF pada intensitas 646,7 μT dengan lama paparan 30 menit mampu menghambat bakteri *Salmonella typhimurium* sebesar 36,37 % (Sudarti *et al.*, 2016). Sedangkan penelitian yang dilakukan Nurhasanah (2018), menunjukkan dosis efektif untuk menghambat kenaikan nilai derajat keasaman (pH) dan menghambat laju pertumbuhan bakteri ikan bandeng yaitu intensitas sebesar 730,56 μT selama 2 x 30 menit. Nelly (2018) menyimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF dengan intensitas 800 μT selama 45 menit berpengaruh terhadap pH dan daya hantar listrik pada susu sapi segar. Kristian (2015) menyimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF 500 μT selama 30 menit pada saat 72 jam setelah peragian mengalami penurunan jumlah mikroba sebesar $0,50 \times 10^{11}$ sel/ mL, sedangkan 30 menit pada saat 24 jam setelah peragian mengalami peningkatan nilai pH sebesar 1,00. Kemampuan paparan medan magnet ELF dalam mempertahankan kualitas produk makanan dan daya simpan, mendorong peneliti untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap proses dekomposisi pada bahan pangan yang mudah busuk seperti ikan.

Salah satu jenis ikan yang sering diminati oleh masyarakat yaitu ikan tongkol (*Euthynnus affinis C.*) karena memiliki kandungan protein yang hampir sama dengan ikan tuna. Kandungan protein yang dimiliki ikan tongkol sangat tinggi yaitu sebesar 21,6 – 26,3 g/100 g (Milo *et al.*, 2011). Selain itu, ikan tongkol juga mengandung lemak sebesar 1,30 – 2,10%, air sebesar 71 – 76,76%, mineral sebesar 1,20 – 1,50% dan abu sebesar 1,45 – 3,40% (Suzuki, 1981). Jika diperhatikan kandungan air dalam tubuh ikan tongkol cukup tinggi, hal ini mengakibatkan bakteri pathogen dapat berkembangbiak dengan baik. Sebab, air merupakan media paling optimum untuk perkembangbiakan bakteri. Faktor penentu lainnya dalam perkembangbiakan bakteri yaitu nilai pH. Bakteri akan berkembangbiak dengan baik pada pH sekitar netral. Umumnya, nilai pH pada daging ikan pada saat kondisi hidup memiliki pH mendekati netral dan setelah mati terjadi penurunan sekitar 5,3

– 5,5 (Eskin, 1990). Nilai pH merupakan salah satu indikator yang dapat menentukan tingkat kesegaran ikan. Proses kemunduran (dekomposisi) ikan diikuti dengan kenaikan nilai pH hingga memiliki pH basa. Ikan yang memiliki pH lebih dari 7 sudah dikategorikan sebagai ikan yang tidak layak konsumsi sebab mengandung banyak bakteri.

Sanger (2010) menjelaskan proses dekomposisi yang terjadi setelah ikan mati secara garis besar yaitu terjadinya pre-rigormortis, rigormortis, post-rigormortis kemudian autolisis dan terakhir pembusukan yang menyebabkan selaput sel rusak. Pada fase post-rigormortis terjadi degradasi protein dan derivatnya akan membentuk basa volatil yang mudah menguap yaitu amoniak, histamine dan H₂S dan menimbulkan bau busuk (Karungi *et al*, 2003). Riyanto (2012) menyatakan bahwa nilai konduktivitas memiliki hubungan yang linier dengan lama penyimpanan, semakin lama penyimpanannya terlihat semakin meningkat konduktivitas listriknya. Moore *et al* (2008) Kenaikan nilai konduktivitas listrik ikan disebabkan oleh semakin besar konsentrasi ion Ca²⁺. Ion kalsium (Ca²⁺) yang terionisasi akan berkontribusi dalam pengukuran konduktivitas listrik atau dikenal dengan Daya Hantar Listrik. Oleh karena itu, pengukuran derajat keasaman (pH) dan konduktivitas listrik atau daya hantar listrik dapat dijadikan sebagai parameter penentu tingkat kesegaran ikan. Nilai konduktivitas listrik ikan akan meningkat dengan bertambahnya masa simpan ikan tongkol.

Ikan hasil tangkapan nelayan tidak mampu bertahan lebih dari 6 – 7 jam dalam suhu ruang (Effendi, 2012). Tingkat kesegaran ikan tongkol tidak dapat ditingkatkan melainkan proses perubahannya dapat ditunda sehingga ikan tongkol dapat bertahan lebih lama. Oleh karena itu, ikan tongkol yang baru saja ditangkap harus segera diolah. Jika ikan tidak segera diolah dan dibiarkan dalam suhu terbuka maka akan mempercepat proses dekomposisi (pembusukan) yang disebabkan oleh aktivitas bakteri. Raden *et al.*, (2007), menyatakan bahwa jenis bakteri yang dapat mengkontaminasi ikan tongkol adalah *Salmonella sp.* dan *E. Coli*. Ikan yang mengandung banyak bakteri tidak layak untuk dikonsumsi karena dapat menyebabkan berbagai macam penyakit.

Diperlukan metode yang tepat untuk mempertahankan kondisi fisik ikan tongkol. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu dengan memanfaatkan medan magnet. Metode tersebut mampu mengurangi perubahan yang dapat merugikan pada sifat sensori dan fisik makanan (Quass, 1997). Perlindungan hukum tentang teknik radiasi diberikan oleh Departemen Kesehatan, melalui Departemen Jendral Pengawasan Obat-obatan dan pangan. Pemberian paparan medan magnet mampu mempengaruhi arah migrasi serta mengubah pertumbuhan sel. Perubahan tersebut didasari oleh kemungkinan adanya efek yang bersifat permeabel pada saluran ion yang terdapat di membran sel. Hal ini yang memberikan dampak terhadap pertumbuhan sel yang menyebabkan adanya perubahan biologis pada organisme (Grubner, 2011).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perkembangan teknologi yang memanfaatkan medan magnet ELF untuk mengawetkan ikan tongkol. Dengan menggunakan intensitas sebesar 700 μT dan 1000 μT selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit, adapun judul penelitian yang ada dilakukan yaitu **“Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Derajat Keasaman Dan Daya Hantar Listrik Pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis C.*)”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap derajat keasaman pada proses dekomposisi ikan tongkol ?
2. Apakah medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap daya hantar listrik pada proses dekomposisi ikan tongkol ?
3. Apakah medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap kualitas fisik pada proses dekomposisi ikan tongkol ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ikan tongkol segar yang baru ditangkap oleh nelayan di Puger, Kabupaten Jember.
2. Ikan tongkol yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bagian dagingnya saja.
3. Menggunakan intensitas medan magnet ELF 700 μT dan 1000 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap derajat keasaman pada proses dekomposisi ikan tongkol.
2. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap daya hantar listrik pada proses dekomposisi ikan tongkol.
3. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* terhadap kualitas fisik pada proses dekomposisi ikan tongkol.

1.5 Manfaat Penelitian

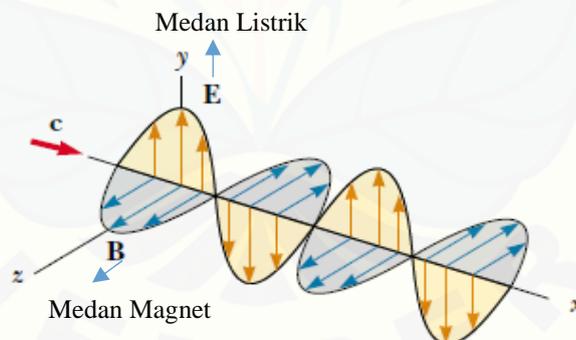
Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan teknologi medan magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* dalam bidang pangan yaitu sebagai salah satu metode pengawetan ikan.
2. Sebagai media pembelajaran tentang gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency (ELF)*.
3. Sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan penelitian selanjutnya

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat Medan Magnet *Extremely Low Frequency*

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan oleh perubahan antara medan magnet dan medan listrik. Kedua medan tersebut memiliki arah rambatan yang saling tegak lurus dengan arah getarannya, seperti gelombang transversal (Rahmatullah, 2009). Berbeda dengan gelombang bunyi dalam fluida dan dawai, perambatan gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium perantara (Young, 2003). Medan magnet dapat diartikan sebagai medan yang ditimbulkan oleh gerakan muatan (arus) listrik yang mengalir. Sedangkan medan listrik dapat diartikan sebagai gaya yang dihasilkan oleh muatan-muatan listrik (Swerdlow, 2006). Secara teknis, medan listrik berhubungan dengan tegangan bukan dengan arus (WHO, 2007). Intensitas medan magnet alamiah yang dihasilkan bumi yaitu 10^{-6} μT sedangkan medan listrik alamiah adalah 10^{-4} V/m. WHO (1984) menyatakan pada cuaca normal medan listrik memiliki intensitas sebesar 0,1 kV/m – 1,5 kV/m dan besar medan magnet pada kutub bumi 67 μT .



Gambar 2.1 Perambatan gelombang elektromagnetik
(Sumber: Serway Jewett, 2008)

Perambatan gelombang elektromagnetik pada Gambar 2.1 menunjukkan posisi medan listrik E berarah vertical pada sumbu y, sedangkan posisi medan magnet B berarah horizontal pada sumbu z. Sedangkan sumbu x menunjukkan arah rambat gelombang elektromagnetik. Ditinjau dari sumbernya, gelombang elektromagnetik terbagi menjadi dua macam, yaitu sumber alami dan buatan. Gelombang elektromagnetik secara alami berasal dari sinar matahari yang

dipancarkan dalam bentuk gelombang inframerah, gelombang radio, cahaya tampak, mikro, sinar x, sinar ultraviolet, dan sinar gamma. Sedangkan gelombang elektromagnetik buatan berasal dari barang-barang elektronik. Berdasarkan frekuensi (f) dan panjang gelombang (λ), spektrum gelombang elektromagnetik terbagi menjadi beberapa daerah.

Medan magnet *Extremely Low Frequency* tergolong dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi tidak lebih dari 300 Hz dan termasuk ke dalam radiasi non pengion (Tarigan, 2013). Radiasi non pengion merupakan pancaran energi yang tidak menyebabkan terjadinya ionisasi pada molekul (Muchtaruddin, 1998). Pancaran energi yang dihasilkan oleh medan magnet ELF tidak mengakibatkan terjadinya perubahan suhu saat berinteraksi dengan materi (*non termal*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa medan elektromagnetik dapat memberikan efek terhadap sistem biologis yang dapat mempengaruhi proliferasi sel. Pemanfaatan medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* dalam bidang medis yaitu digunakan sebagai stimulasi perbaikan fraktur pada tulang (Valentina, 2009). Medan magnet berperilaku independen dengan medan listrik, sehingga dapat diukur secara terpisah satu dengan lainnya.

Medan magnet memiliki sifat yang berbeda dengan medan listrik, WHO (2007) menyatakan bahwa medan magnet *Extremely Low Frequency* bersifat tidak terhalangi dan medan listrik *Extremely Low Frequency* memiliki sifat terhalangi. WHO (1987) menyatakan medan magnet mampu menembus benda penghalang seperti tembok bangunan, genting, pepohonan, maupun tubuh manusia dan akan mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari sumber paparan (Grotel, 1992 dalam Sudarti, 2010). Berikut sifat yang dimiliki medan magnet *Extremely Low Frequency*:

- a. Tergolong dalam spektrum gelombang elektromagnetik.
- b. Memiliki rentang frekuensi sekitar 0 – 300 Hz.
- c. Tergolong dalam radiasi *non ionizing*.
- d. Medan magnet berperilaku independen dengan medan listrik, sehingga dapat diukur secara terpisah satu dengan lainnya.
- e. Tidak terhalangi oleh material disekitarnya.

- f. Sumber paparan medan magnet mudah didapatkan yaitu berasal dari peralatan elektronik.

2.2 Pengaruh Medan Magnet ELF terhadap Bahan Biologis

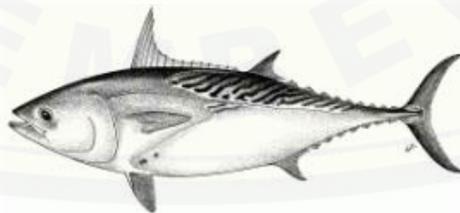
Interaksi medan magnet terhadap bahan biologis seperti ikan tongkol dapat berupa induksi medan dan arus listrik pada jaringan. Kekuatan tersebut dipengaruhi oleh beberapa indikator seperti besar intensitas, kondisi pemaparan, frekuensi, serta sifat kelistrikan jaringan biologis. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anton (2015) menyatakan bahwa paparan medan elektromagnetik berpengaruh terhadap material genetik, ketersediaan elektrolit, proses biokimia, pensinyalan molekul, struktur sel, dan reproduksi sel. Hal ini disebabkan oleh medan magnet yang bersifat tidak terhalangi dan tidak tampak sehingga dapat menembus membran sel. Keberadaan membran sel dapat menahan proses biokimia, sehingga tidak semua ion dapat keluar masuk (*semipermeable*). Medan magnet dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion dan polarisasi dipole-dipol di dalam sel (Pazur dan Rassadina, 2009). Paparan medan magnet memberikan efek langsung terhadap proses metabolisme sel. Gaya yang diinduksi oleh medan magnet dapat mengendalikan dan mengubah laju pergerakan electron-elektron di dalam sel secara signifikan sehingga mempengaruhi berbagai jenis metabolisme sel (Goodman dan Blank, 2002). Proses pemberian medan magnet diduga menyebabkan pemindahan energi dari medan magnet, seperti Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang terikat pada dinding sel (Alberts *et al*, 2002).

Ion kalsium (Ca^{2+}) merupakan ion yang mendapat pengaruh dari medan magnet ELF, sebab ion tersebut memiliki sifat paramagnetic. Bentuk pengaruh medan magnet terhadap bahan paramagnetic adalah perubahan arah spin electron yang awalnya acak menjadi terarah (Sutrisno dan Gie, 1979). Pemindahan energi dari medan magnet ELF menuju membrane sel dapat mempengaruhi proses metabolisme dan pembelahan sel seperti ion Ca^{2+} . Selain itu, pemberian medan magnet dapat menyebabkan perubahan pergerakan dan peningkatan ion kalsium sehingga terjadi perubahan transportasi pada membran sel. Paparan medan magnet ELF yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensi membran sel,

dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal dan membuka gerbang saluran menuju inti sel. Lindstrom *et al* (1993) menyatakan medan magnet dapat meningkatkan kandungan ion kalsium (Ca^{2+}) dalam sel. Meningkatnya kandungan Ca^{2+} dalam sel akan berdampak pada laju pertumbuhan bakteri. Apabila intensitas medan magnet ELF yang digunakan tinggi, maka akan mengakibatkan sel-sel bakteri tersebut lemah dan tidak dapat berkembang sehingga pertumbuhan bakteri dapat terhambat. Selain itu, medan magnet juga dapat mempengaruhi kandungan protein dan lipid karena unsur tersebut merupakan komponen dari membran sel. Efek yang dihasilkan medan magnet akan merusak protein dalam sel. Protein yang biasa digunakan sebagai nutrisi sel atau sebagai zat gizi organik yang berperan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme sel menjadi rusak dengan adanya pemberian medan magnet. Kerusakan protein akan berdampak pada terhambatnya proses metabolisme sel, sehingga aktifitas sel terganggu.

2.3 Ikan Tongkol

Ikan tongkol atau *Euthynnus affinis* merupakan ikan yang mudah dijumpai pada daerah pesisir pantai atau laut di Indonesia. Ikan tongkol termasuk ke dalam family *Scombridae* dengan genus *Euthynnus* berwarna biru kehitaman pada bagian atas dan putih keperakan bagian bawah dengan panjang sekitar 50 – 60 cm atau 200 – 500 gram/ekor. Umumnya *Euthynnus affinis* menggantungkan hidupnya di permukaan pantai dan lepas pantai dengan kadar garam yang tidak terlalu tinggi, bersuhu 26-28°C.



Gambar 2.2 Ikan tongkol
(Sumber: Anonim, 2010)

Menurut Saanin (1984), klasifikasi ikan tongkol adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Phylum	: Chordata
Sub Phylum	: Vertebrata
Kelas	: Pisces
Sub Kelas	: Teleostei
Ordo	: Percomorphi
Famili	: Schombridae
Genus	: Euthynnus
Spesies	: Euthynnus affinis

Ikan tongkol memiliki nilai gizi yang cukup tinggi, dalam 100 gram ikan tongkol mengandung 26,2 mg protein sangat cocok untuk masa pertumbuhan anak-anak dan banyak mengandung omega-3. Selain itu, mengandung kadar air 71,00 - 76,76%, protein 21,60 – 26,30%, lemak 1,30 – 2,1%, mineral 1,20 – 1,50% dan abu 1,45 – 3,40% (Suzuki,1981). Kandungan kimia yang ada dalam tubuh ikan, antara lain air, protein, lemak bekisar yaitu 98% dari massa daging. Kandungan karbohidat, vitamin, dan mineral bekisar 2% yang berperan pada proses biokimia di dalam jaringan ikan mati (Sikorski dan Pan, 1994).

Hadiwiyoto, (1993) memaparkan kandungan kimia ikan tongkol dalam Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Kandungan kimia ikan tongkol

No	Kandungan	Presentase
1	Protein	25,9 %
2	Lemak	1,7 %
3	Karbohidrat	3,0 %
4	Abu	3,3 %
5	Vitamin A	65.000 IU/g
6	Vitamin D	215.000 IU/g
7	Kolesterol	17 mg/g
8	Air	71,0 %

(Sumber : Hadiwiyoto, 1993)

2.4 Proses Dekomposisi pada Ikan Tongkol

Ikan merupakan salah satu bahan pangan yang sangat rentang mengalami kerusakan dan akhirnya terjadi pembusukan atau dekomposisi. Clucas dan Ward (1996) menyatakan bahwa proses dekomposisi mulai terjadi pada saat ikan ditangkap yang disebabkan oleh bakteri dan enzim. Bakteri pathogen yang mempengaruhi proses dekomposisi ikan tongkol yaitu *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Enterobacteriaceae*. Perubahan kualitas kesegaran ikan dapat terjadi secara biokimia dan bakteriologi. Pada proses dekomposisi yang berlangsung secara biokimia terjadi berberapa tahap. Pertama, ikan yang telah mati akan mengalami fase pre-rigormortis yang ditandai dengan hilangnya keelastisisitasan tubuh ikan. Pada tahap ini terjadi penurunan ATP, keratin fosfat dan proses glikolisis, dimana pada proses tersebut terjadi perombakan glikogen menjadi asam laktat (Afrianto dan Liviawaty, 2010). Fase ini berlangsung selama 2 hingga 4 jam. Selanjutnya memasuki tahap rigormortis, dimana tubuh ikan menjadi kaku dan berlangsung sekitar 5 jam. Murniyati dan Sunarman (2000) menyatakan pada tahap rigormortis diawali dengan mengejangnya tubuh ikan, tetapi masih masuk dalam kriteria segar. Kemudian tahap post-rigormortis, terjadi proses perombakan substansi tubuh ikan oleh enzim yang terdapat di dalam tubuh ikan atau biasa disebut sebagai proses autolisis. Pada akhir tahap ini bakteri pembusuk mulai berkerja, sehingga pH tubuh ikan meningkat (Junianto, 2003). Awal fase post rigor berlangsung 8 – 12 jam setelah ikan mati.

2.4.1 Perubahan pH pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol

Derajat keasaman merupakan suatu ukuran yang menyatakan tingkat kebasaaan atau keasaman larutan. Nilai pH merupakan salah satu indikator yang dapat menentukan tingkat kesegaran ikan. Pada tahap rigormortis terjadi penurunan nilai derajat keasaman yang disebabkan oleh akumulasi asam laktat yang terbentuk dan terjadi penurunan ATP pada tubuh ikan. Pada proses ini diupayakan selama mungkin agar penurunan kualitas tidak berlangsung cepat (Junianto,2003). Umumnya, nilai pH pada daging ikan pada saat kondisi hidup memiliki pH

mendekati netral dan setelah mati terjadi penurunan sekitar 5,3 – 5,5 (Eskin, 1990). Besar kecilnya nilai pH awal ikan tergantung pada jumlah glikogen yang terkandung pada tubuh ikan dan kekuatan penyangga yang disebabkan oleh asam laktat, protein dan asam fosfat. Menurunnya nilai pH mengakibatkan enzim dalam jaringan ikan yang aktivitasnya berlangsung pada pH rendah menjadi aktif (Irianto dan Giyatmi, 2009).

Sedangkan pada tahap post-rigormortis terjadi kenaikan nilai pH yang disebabkan oleh proses autolisis pada tubuh ikan, dimana terjadi perombakan protein oleh enzim sehingga menjadi senyawa sederhana dan komponen basa volatile. Penelitian Kaiang (2016) menyatakan bahwa nilai pH ikan tongkol yang disimpan selama 0 hari dalam suhu ruang tanpa vakum sebesar 5,83 sedangkan ikan yang disimpan selama 2 hari mengalami peningkatan pH sebesar 6,31. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Rustamaji (2009) menyatakan bahwa nilai pH daging ikan bandeng pada fase rigor mortis bekisar antara 5,76 – 5,86, nilai tersebut terus mengalami kenaikan pada fase post rigor dan busuk karena terjadinya akumulasi basa votal yaitu sekitar 6,79 – 6,82. Paparan medan magnet ELF menyebabkan terjadinya transfer energi pada bahan biologis sehingga mempengaruhi proses metabolisme dan terjadi perubahan proses biokimia. Pada proses dekomposisi dapat berlangsung secara biokimia yang disebabkan adanya enzim yang merombak lemak dan protein. Pemberian medan magnet ELF dapat memutus ikatan kimia (hidrogen) pada protein. Pemutusan ikatan kimia tersebut dapat mempengaruhi aktivitas biologisnya sehingga pembelahan (proliferasi) sel terhambat seperti peningkatan ion Ca^{2+} . Pada saat berlangsungnya proliferasi sel terhambat, perombakan protein menjadi senyawa sederhana dan komponen basa volatile pada proses autolisis juga terhambat. Sehingga pH basa ikan tongkol dapat dihambat.

2.4.2 Perubahan Daya Hantar Listrik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol

Daya hantar listrik (DHL) merupakan ukuran kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan listrik. DHL mempunyai satuan mS/cm. Siemens disingkat (S) yang merupakan SI unit turunan dari konduktansi listrik atau setara dengan kebalikan

$\text{ohm}\Omega^{-1}$. Daya hantar listrik merupakan kebalikan dari hambatan listrik (R) dan kebalikan dari resistivitas (ρ), dimana :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

ρ : resistivitas (Ωcm dalam SI Ωm)

l : panjang (cm)

A : luas penampang (cm^2)

Maka persamaan daya hantar listrik menjadi :

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &= \frac{1}{\rho \frac{l}{A}} \\ \frac{1}{R} &= \frac{1}{\rho} \cdot \frac{A}{l} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Karena daya hantar listrik atau konduktivitas (k) merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ), maka:

$$\frac{1}{R} = k \cdot \frac{A}{l} \quad (2.3)$$

Sehingga :

$$k = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{A} \quad (2.4)$$

Nilai daya hantar listrik atau konduktivitas dapat dipengaruhi oleh ion-ion anorganik, valensi, konsentrasi, dan suhu. Semakin besar jumlah ion yang terkandung dalam larutan maka semakin meningkat nilai konduktivitas larutan tersebut. Nilai konduktivitas dalam larutan elektrolit merupakan besaran yang diukur bukan tahanan (Bird, 1993). Konsentrasi elektrolit sangat menentukan besarnya konduktivitas, sedang konduktivitas sendiri tidak dapat digunakan untuk ukuran suatu larutan. Besaran yang lebih spesifik yaitu konduktivitas molar

(Δm) digunakan untuk mengukur konduktivitas suatu larutan apabila konsentrasi larutan sebesar satu molar. yang dirumuskan sebagai:

$$\Delta m = \frac{k}{C}$$
$$K = \Delta m \cdot C \quad (2.5)$$

(Ahmad, 2007)

Dimana:

k : Konduktivitas spesifik (Scm^{-1})

C : Konsentrasi larutan (mol/L)

Δm : Hantaran molar ($\text{Scm}^2\text{mol}^{-1}$)

Daya hantar listrik dipengaruhi oleh jenis larutan dan konsentrasi larutannya yang terdiri dari ion H^+ dan OH^- (Supriyana, 2004). Apabila ditinjau dari sifat daya hantar listriknya, terdapat dua jenis larutan yaitu larutan elektrolit dan larutan non elektrolit. Larutan elektrolit merupakan suatu senyawa berbentuk larutan yang mampu menghantarkan arus listrik karena telah terionisasi yang menyebabkan ion-ion bermuatan arus listrik. Larutan elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik yaitu dikelompokkan ke dalam elektrolit kuat, sedangkan larutan elektrolit yang sifat penghantaran listriknya kurang baik dikelompokkan ke dalam elektrolit lemah (Bird, 1993).

Riyanto (2012) menyatakan bahwa nilai konduktivitas memiliki hubungan yang linier dengan lama penyimpanan, semakin lama penyimpanannya terlihat semakin meningkat konduktivitas listriknya. Hal tersebut diduga diakibatkan oleh semakin meningkatnya konsentrasi ion metabolit terlarut selama proses kemunduran ikan. Moore *et al.* (2008) menyatakan bahwa peningkatan tersebut disebabkan oleh semakin besar konsentrasi ion Ca^{2+} . Ion kalsium (Ca^{2+}) yang terionisasi akan berkontribusi dalam pengukuran konduktivitas listrik. Paparan medan magnet ELF yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensi membran sel, dimana akan menambah energi untuk mengaktifkan kanal dan membuka gerbang saluran menuju inti sel. Gerbang saluran yang terbuka dapat mengakibatkan perubahan konsentrasi ion dan menimbulkan beda potensial. Secara

bersamaan, muatan-muatan yang terdapat di sekitar membran juga bergerak dan berpindah hingga menimbulkan arus listrik.

2.4.3 Perubahan Kondisi Fisik pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol

Ikan hasil tangkapan nelayan tidak mampu bertahan lebih dari 6 - 7 jam dalam suhu ruang (Effendi, 2012). Selain itu, kondisi lingkungan juga mempengaruhi proses penurunan kualitas kesegaran ikan tongkol. SNI 01-2729.1 menyatakan bahwa proses dekomposisi ikan tongkol dapat dilihat melalui parameter sebagai berikut : 1) warna kulit tidak cerah, 2) insang berwarna kusan dan berlendir, 3) bola mata cekung dan keruh, 4) sayatan daging kusam, tulang belakang berwarna merah jelas, 5) aroma busuk dan asam, 6) memiliki banyak lendir (BSN, 2006). Penelitian yang dilakukan Pianusa (2015) tekstur ikan tongkol yang tidak diberi perlakuan selama penyimpanan dingin bernilai 7,03. Perubahan tersebut disebabkan oleh pertumbuhan bakteri yang menyebabkan daging ikan tongkol tidak kompak lagi. Penelitian yang dilakukan Pandit (2007) menyatakan bahwa ikan tongkol tanpa perlakuan terjadi perubahan bau yang sangat tajam pada suhu penyimpanan 30°C dan terjadi proses pembusukan yang berlangsung sangat cepat, dimana bakteri dan enzim mengurai komponen makro pada ikan terutama protein menjadi senyawa sederhana yang menyebabkan pH akhir ikan mengalami peningkatan menjadi basa dan mengandung senyawa-senyawa yang menimbulkan bau busuk. Penurunan aroma ikan disebabkan oleh proses degradasi protein oleh bakteri pembusuk (Widiastuti, 2008). Degradasi protein dan derivatnya akan membentuk basa volatil yang mudah menguap yaitu amoniak, histamine dan H₂S, indol, skatol dan menimbulkan bau busuk (Karungi *et al*, 2003).

2.5 Pemanfaatan Medan Magnet ELF terhadap Pengawetan Makanan

Seiring perkembangan teknologi, semakin banyak pemanfaatan medan magnet ELF dalam berbagai bidang. Misalnya saja pada bidang pangan salah satu metode pengawetan makanan dan minuman. Berikut ini beberapa penelitian yang memanfaatkan medan magnet ELF dalam bidang pangan:

Tabel 2.2 Hasil penelitian tentang pemanfaatan medan magnet ELF terhadap pengawetan makanan

Penelitian Sebelumnya	Intensitas	Lama Paparan	Dampak
Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) 500 μT dan 700 μT Terhadap Derajat Keasaman Daging Ayam (Sari <i>et al</i> , 2018).	700 μT	30 menit 45 menit 60 menit	Tidak terjadi penurunan pH yang signifikan pada daging ayam.
Analisis Medan Magnet ELF Terhadap Nilai pH Ikan Dalam Proses Pengawetan Ikan Bandeng. (Nurhasanah <i>et al</i> , 2018).	700 μT sampai 900 μT	30 menit dan 45 menit	Intensitas 730,56 μT dengan lama paparan 30 menit mampu menghambat kenaikan nilai derajat keasaman (pH) dan menghambat laju pertumbuhan bakteri pada ikan bandeng.
Pengaruh Paparan Medan Magnet <i>Extremelly Low Frquence</i> (ELF) Terhadap Sifat Organoleptik dan pH Susu Sapi Segar (Nelly, 2018).	800 μT	45 menit	Dapat mempertahankan nilai pH susu sapi segar dan mempertahankan organoleptik (tidak terjadi perubahan aroma).
Pengaruh Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap Kapasitansi Buah Anggur Merah (Mina, 2018).	700 μT dan 900 μT	2x15, 2x30, dan 2x45 menit.	Intensitas 700 μT selama 2x45 menit dan 900 μT selama 2x45 menit dapat mempertahankan kapasitansi buah anggur.
Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>) terhadap Prevalensi <i>Salmonella</i> dalam Bahan Pangan (Sudarti, 2016).	646,7 μT	30 menit	Menghambat prevalensi <i>Salmonella typhimurium</i> dengan efektivitas penghambat rata-rata sebesar 32,54%.

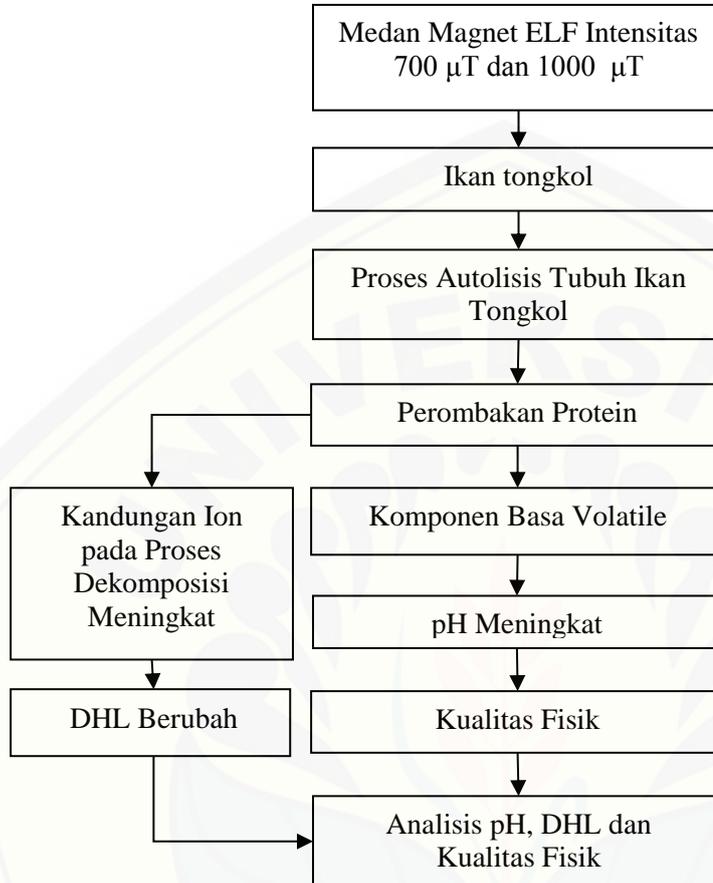
Berdasarkan tabel 2.2 dapat diketahui bahwa paparan medan magnet ELF diatas intensitas 600 μT cenderung mempertahankan nilai derajat keasaman suatu bahan pangan sehingga terjadi penurunan atau kenaikan cukup rendah. Selain itu, mampu menghambat laju perkembangbiakan bakteri. Mikroorganisme yang hidup pada bahan pangan seperti bakteri merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan terjadinya proses dekomposisi atau pembusukan. Laju perkembangbiakan bakteri

pada intensitas lebih dari 600 μT mengalami penurunan sehingga hal tersebut dapat menghambat proses dekomposisi atau pembusukan bahan pangan. Paparan medan magnet memberikan efek langsung terhadap proses metabolisme sel, dimana medan magnet akan menghambat pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme. Hal tersebut diperkuat oleh Aslanimehr (2013) bahwa radiasi medan magnet ELF pada intensitas tinggi mampu menghambat proliferasi sel, namun pada intensitas rendah mampu meningkatkan proliferasi sel.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, mendorong peneliti untuk memanfaatkan medan magnet ELF pada ikan tongkol dengan menggunakan intensitas tinggi ($>600 \mu\text{T}$) yaitu 700 μT dan 1000 μT dengan variasi lama paparan 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Penggunaan medan magnet ELF dengan intensitas 1000 μT yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap proses dekomposisi ikan tongkol, sedangkan intensitas 700 μT digunakan sebagai perbandingan dengan intensitas sebelumnya. Alasan menggunakan lama paparan 15 menit, 30 menit dan 45 menit yaitu untuk mengetahui dosis keefektifitasnya. Penggunaan intensitas dan lama paparan tersebut diharapkan lebih efektif dalam menghambat proses dekomposisi ikan tongkol.

2.6 Kerangka Konseptual

Berikut merupakan kerangka konsep yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.3 Kerangka konseptual

2.7 Hipotesis Penelitian

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

1. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap derajat keasaman pada proses dekomposisi ikan tongkol.
2. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap daya hantar listrik pada proses dekomposisi ikan tongkol.
3. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap kualitas fisik pada proses dekomposisi ikan tongkol.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November tahun 2019 yang bertempat di Laboratorium ELF program studi pendidikan fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Kegiatan penelitian yang dilakukan meliputi pemaparan medan magnet ELF, pengukuran nilai derajat keasaman (pH), daya hantar listrik serta kualitas fisik ikan tongkol.

3.2 Jenis dan Desain Penelitian

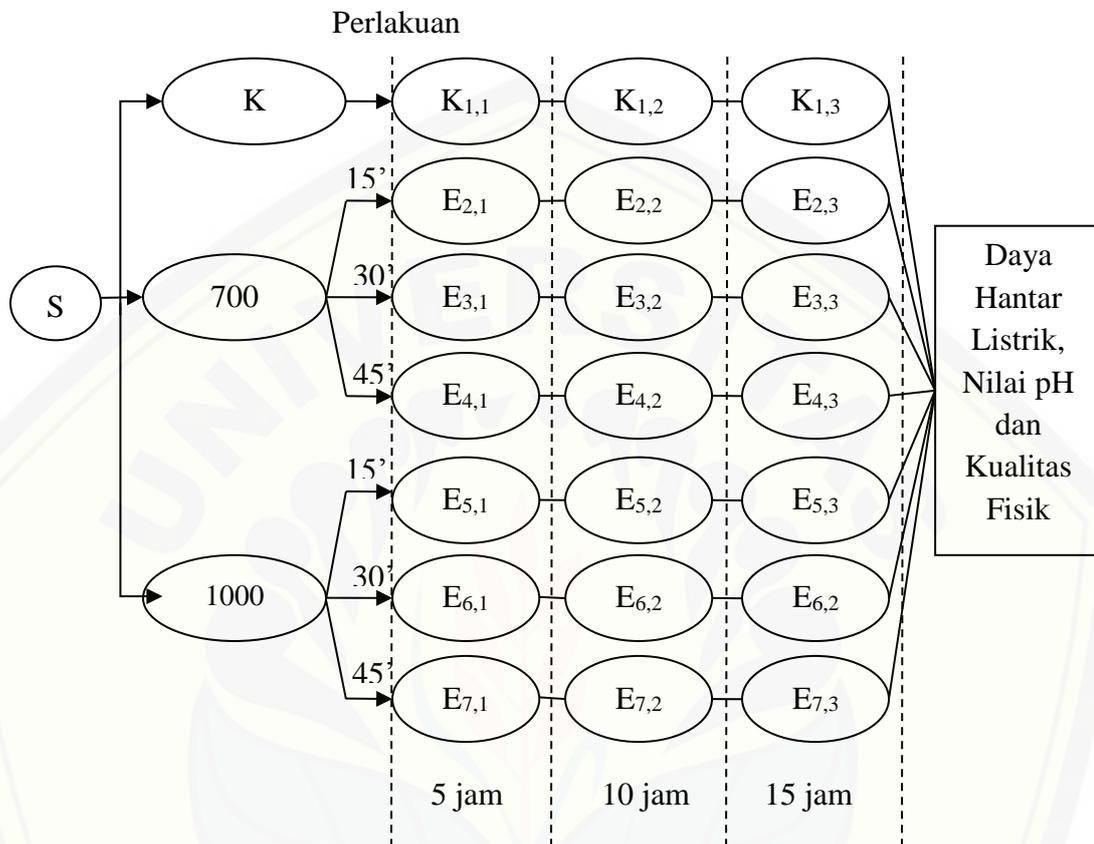
3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu penelitian eksperimen. Tujuan dari penelitian eksperimen yaitu untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap suatu subjek dalam kondisi terkendali, sebab variabel-variabelnya dapat dipilih dan variabel lainnya yang mempengaruhi proses eksperimen dapat dikontrol secara ketat (Sugiyono, 2017). Pelaksanaannya dilakukan dengan membandingkan kelompok kontrol yang tidak mendapatkan perlakuan paparan medan magnet ELF dengan kelompok eksperimen yang mendapatkan perlakuan berupa paparan medan magnet ELF. Kelompok kontrol dipaparkan secara alamiah di tempat terbuka tanpa sinar matahari.

3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah *randomizes subjects post test only control group desain*, yang dipilih secara acak kemudian terbagi menjadi dua subjek penelitian yaitu subjek pertama tidak mendapatkan perlakuan disebut sebagai kelompok control dan subjek kedua mendapatkan perlakuan berupa paparan medan magnet ELF disebut sebagai kelompok eksperimen. Besar intensitas paparan medan magnet ELF dalam penelitian ini yaitu 700 μT dan 1000 μT dengan lama paparan 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Penggunaan intensitas dan lama paparan tersebut didasari oleh penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (lihat Bab 2

Pemanfaatan Medan Magnet ELF terhadap Pengawetan Makanan). Pola atau desain penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Desain penelitian

Keterangan:

K_{1,1}- K_{1,1}: 9 bungkus ikan tongkol tidak diberi paparan medan magnet ELF setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam penangkapan.

E_{2,1} - E_{2,3}: 9 bungkus ikan tongkol dipapar medan magnet ELF 700 μT selama 15 menit setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam.

E_{3,1}- E_{3,3}: 9 bungkus ikan tongkol dipapar medan magnet ELF 700 μT selama 30 menit setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam.

E_{4,1}- E_{4,3}: 9 bungkus ikan tongkol dipapar medan magnet ELF 700 μT selama 45 menit setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam.

E_{5,1}- E_{5,3}: 9 bungkus ikan tongkol dipapar medan magnet ELF 1000 μT selama 15 menit setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam.

E_{6,1}- E_{6,3}: 9 bungkus ikan tongkol dipapar medan magnet ELF 1000 μT selama 30 menit setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam.

E_{7,1}- E_{7,3}: 9 bungkus ikan tongkol dipapar medan magnet ELF 1000 μT selama 45 menit setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu intensitas medan magnet ELF sebesar 700 μT dan 1000 μT dan lama paparan medan magnet ELF selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

b. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu nilai derajat keasaman (pH), daya hantar listrik dan kualitas fisik pada ikan tongkol.

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, tidak dapat dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu luas dan ketebalan daging ikan tongkol serta suhu penyimpanan ikan tongkol.

3.3.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

a. Medan Magnet ELF merupakan bagian dari spectrum gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi tidak lebih dari 300 Hz. Sumber tegangan dihasilkan dari PLN sebesar 220 V mengalir pada alat penghasil medan magnet ELF yang memiliki frekuensi sebesar 50 Hz. Penelitian ini ditekankan pada efek yang disebabkan oleh medan magnet ELF. Besar kuat

medan atau intensitas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 700 μT dan 1000 μT .

- b. Lama paparan merupakan jangka waktu yang digunakan untuk memaparkan medan magnet ELF pada subjek penelitian. Ikan tongkol akan dipapar selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Alasan penggunaan waktu tersebut didasari oleh beberapa penelitian sebelumnya.
- c. Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran yang menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Karena ikan tongkol tidak berwujud larutan maka harus disuspensi terlebih dahulu dengan akuades. pH ikan tongkol dapat di ukur dengan menggunakan pH meter digital supaya mendapatkan nilai yang lebih akurat.
- d. Daya hantar listrik merupakan besaran yang menyatakan kemampuan suatu benda (ikan tongkol) untuk menghantarkan arus listrik. Besarnya nilai yang terukur tergantung pada lama penyimpanan ikan tongkol.
- e. Kualitas fisik ikan tongkol merupakan faktor penentu tingkat kesegaran ikan. Pengukuran kualitas fisik ikan tongkol dalam penelitian ini meliputi tekstur, aroma dan warna.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat-Alat

a. *Current Transformer*

Current Transformer (CT) merupakan alat penghasil medan magnet ELF sehingga dapat digunakan untuk memapar ikan tongkol. Alat tersebut menggunakan sumber tegangan input PLN sebesar 220 V dengan arus AC 5 A pada frekuensi 50 Hz. *Current Transformer* mampu mengkondisikan medan listrik yang dihasilkan sangat rendah mendekati medan listrik alamiah. Sedangkan medan magnet ELF yang dihasilkan lebih dominan. Prinsip kerja alat *Current Transformer* sebagai berikut:

1. Tegangan satu fasa dari PLN 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz masuk ke pengatur tegangan (*voltage regulator*).
2. Hasil keluaran tersebut masuk ke transformator sisi primer.

3. Keluaran dari transformator sisi sekunder menyebabkan tegangan yang dihasilkan lebih rendah sedangkan arus listrik yang dihasilkan menjadi lebih tinggi.
4. Menghubungkan antara konduktor tembaga dengan keluaran transformator, supaya menghasilkan paparan medan magnet lebih dominan daripada medan listrik di medium sekitarnya.



Gambar 3.2 *Current transformer*
(Sumber: dokumentasi pribadi)

b. *Electromagnetic Field Tester (EMF Tester)*

EMF *Tester* memiliki dua fungsi, yaitu untuk mengukur besar medan magnet yang dihasilkan alat *Current Transformer* dan untuk mengkalibrasi besarnya medan magnet.



Gambar 3.3 *EMF tester*
(Sumber: dokumentasi pribadi)

c. Conductivity meter

Conductivity meter (TDS & EC) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur daya hantar listrik pada ikan tongkol. Caranya dengan memasukkan elektroda ke dalam larutan suspensi ikan tongkol.



Gambar 3.4 *Conductivity* meter
(Sumber: dokumentasi pribadi)

d. pH Meter

pH Meter digunakan untuk mengukur derajat keasaman suatu bahan atau larutan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu ikan tongkol. Cara mengoperasikan alat ini yaitu dengan memasukkan elektroda (bagian ujung) ke dalam larutan suspensi ikan tongkol.



Gambar 3.5 pH meter
(Sumber: dokumentasi pribadi)

- e. Beker Gelas
Beker Gelas digunakan untuk sebagai wadah suspensi ikan tongkol dengan akuades dan wadah penyimpanan larutan yang akan digunakan sebagai kalibrasi pH meter dan *conductivity meter*.
- f. Neraca Digital
Neraca digital digunakan untuk menimbang massa ikan tongkol masing-masing sampel dan saat dilakukan suspensi dengan akuades.
- g. Pengaduk
Pengaduk digunakan untuk mengaduk ikan tongkol dengan akuades yang akan disuspensi.
- h. Label Sticker
Label sticker digunakan untuk menandai masing-masing sampel ikan tongkol berdasarkan kelompoknya.
- i. Pisau
Pisau digunakan untuk memotong ikan tongkol menjadi beberapa bagian.
- j. Plastik Wrap
Plastik wrap digunakan untuk membungkus ikan tongkol supaya tidak terkontaminasi bakteri dari luar.
- k. Tisu
Tisu digunakan untuk membersihkan pH meter dan *conductivity meter* setelah digunakan.

3.4.2 Bahan-Bahan

Berikut bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian, antara lain :

1. Ikan tongkol segar sebanyak 3,300 kg dengan setiap sampelnya berisi 50 gram
2. Akuades steril sebanyak 4 L
3. Buffer pH 4

3.5 Populasi dan Sampel Penelitian

3.5.1 Populasi Penelitian

Populasi penelitian merupakan keseluruhan sampel yang digunakan sebagai subjek penelitian. Populasi dalam penelitian ini yaitu ikan tongkol segar yang baru ditangkap oleh nelayan di Puger, Kabupaten Jember.

3.5.2 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini yaitu ikan tongkol segar. Sampel ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Penelitian ini membutuhkan ikan tongkol segar sebanyak 3,300 kg kemudian ikan dipotong sama besar dengan massa 50 gram tiap bungkus. Ikan tongkol dipotong-potong menjadi 66 bungkus lalu dibagi menjadi kelompok control yang berisi 12 bungkus tanpa paparan medan magnet ELF dan kelompok eksperimen yang berisi 54 bungkus terpapar medan magnet ELF dengan intensitas 700 μT (27 bungkus) dan 1000 μT (27 bungkus) selama 15, 30 dan 45 menit. Untuk membedakan kedua kelompok tersebut maka tiap sampelnya diberi tanda keterangan.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan

- a. Memilih ikan tongkol yang memiliki kondisi segar
- b. Memasukkan ikan tongkol ke dalam kotak styrofoam yang berisi es batu dengan perbandingan 1 : 1 untuk menjaga kesegaran ikan.
- c. Potong ikan tongkol menjadi 66 sampel dengan massa 50 gram setiap sampelnya. Kemudian di cuci pada air yang mengalir.
- d. Kelompokkan ikan tongkol menjadi kelompok kontrol dan kelompok eksperimen sesuai dengan pembagian sampel. Kelompok kontrol yang berjumlah 12 sampel diamati setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam setelah dipapar. Kelompok eksperimen I yang berjumlah 27 sampel diberi paparan dengan intensitas 700 μT selama 15 menit, 30 menit dan 40 menit. Kelompok eksperimen II yang berjumlah 27 sampel diberi paparan dengan intensitas 1000 μT selama 15 menit, 30 menit dan 40 menit.

- e. Kemudian ikan tongkol dibungkus dengan plastic klip dan plastik wrap gunanya untuk mensterilkan sampel dan mencegah penyebaran bakteri dari luar. Beri tanda keterangan pada setiap sampel.
- f. Membiarkan ikan tongkol selama 4 jam di suhu ruang sebelum mendapat pelakuan.
- g. Sebelum dipapar medan magnet ELF, ukur nilai pH, daya hantar listrik, dan kualitas fisik ikan tongkol.

3.6.2 Tahap Perlakuan

Kelompok eksperimen yang terdiri dari 54 bungkus sampel diberi paparan medan magnet ELF dengan intensitas sebesar 700 μT dan 1000 μT selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Sedangkan kelompok kontrol tidak diberi paparan medan magnet ELF tetapi dipaparkan secara alamiah dengan cara membiarkannya di tempat terbuka tanpa terkena sinar matahari. Berikut cara mengoperasikan alat *Magnetic Field Sources*.

- a. Menghidupkan MCB 2P 50 A yang terdapat dalam panel. Apabila tegangan telah terhubung, maka pilot lampu akan menyala.
- b. Memastikan jarum keluaran tegangan *slite voltage regulator* menunjukkan angka nol. Jika tidak berada di angka nol, maka putar *knob* berlawanan arah jarum jam hingga tidak bisa diputar lagi.
- c. Menekan *push botton* (berwarna merah) supaya regularor arus menyala. Apabila *knob* pada no. b belum menunjukkan angka nol maka kontraktor tidak akan menyala dan alat belum siap digunakan.
- d. Memutar *knob* searah jarum jam sampai menunjukkan intensitas 700 μT dan 1000 μT dibantu dengan alat EMF Tester.
- e. Menekan *push botton* (tombol berwarna hijau) untuk mematikan regulator arus.

Untuk memastikan besar intensitas medan magnet yang dihasilkan oleh alat *Magnetic Field Sources* maka diperlukan alat EMF Tester supaya lebih akurat. Berikut cara kerja alat EMF-827:

- a. Mengatur range yang akan digunakan. Pertama mengatur range tertinggi lalu mengganti ke range yang akan digunakan.
- b. Mengambil probe sensor, lalu menempelkan bagian ujung kepala sensor dengan ikan tongkol. Memperhatikan intensitas medan magnet saat probe sensor didekatkan dengan objek.
- c. Meletakkan posisi probe sensor pada sudut yang berbeda terhadap ikan tongkol. Lalu memperhatikan intensitas medan magnet yang terukur.
- d. Mencatat hasil yang diperoleh. Apabila objek yang diukur mati sepanjang pengukuran, seharusnya hasil pengukuran mendekati nol, jika tidak berarti terdapat sumber medan magnet lain yang terdeteksi.

3.6.3 Tahap Pengukuran pH dan Daya Hantar Listrik Ikan Tongkol

Setelah kelompok eksperimen dipapar medan magnet ELF, kemudian dilakukan pengukuran nilai derajat keasaman dan daya hantar listrik. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai pH yaitu pH meter digital, sedangkan alat untuk mengukur daya hantar listrik yaitu *conductivity meter*. Berikut prosedur pengukuran pH dan daya hantar listrik pada ikan tongkol :

- a. Mengkalibrasi alat pH meter dan *conductivity meter*, pH meter dikalibrasi dengan larutan buffer pH 4. Setelah dikalibrasi, menetralkan alat dengan larutan ber pH 7. Kemudian hidupkan kedua alat.
- b. Menimbang ikan tongkol sebesar 10 gram, kemudian masukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi akuades sebanyak 20 mL.
- c. Aduklah secara merata hingga larutan suspensi berubah menjadi keruh.
- d. Masukkan bagian bawah pH meter atau elektroda pada larutan suspensi ikan tongkol. Diamkan beberapa saat hingga dipeoleh nilai yang stabil. Lalu catat hasil pengukuran pH pada tabel pengamatan.
- e. Menetralkan pH meter dengan larutan akuades. Lakukan tiga kali pengukuran untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.
- f. Lakukan pengukuran daya hantar listrik dengan memasukkan bagian bawah *conductivity meter* pada larutan suspense ikan tongkol.

- g. Baca dan catat hasil pengukuran daya hantar listrik pada layar display *conductivity meter*.
- h. Mengulangi untuk semua sampel pada masing-masing kelompok.

3.6.4 Tahap Pengukuran Kualitas Fisik Ikan Tongkol

Pengukuran kualitas fisik pada ikan tongkol meliputi indikator tekstur, aroma dan warna daging ikan. Pengukuran dilakukan setelah 5 jam, 10 jam dan 15 jam setelah pemaparan medan magnet ELF. Berikut prosedur pengukuran kualitas fisik.

- a. Mengeluarkan ikan tongkol dari plastik wrap yang telah di papar medan magnet ELF setelah 5 jam pasca pemaparan, kemudian mengamati perubahan warna sayatan daging ikan tongkol menggunakan indra penglihatan.
- b. Selanjutnya melakukan pengamatan perubahan tekstur ikan tongkol dengan cara menekan daging ikan tongkol menggunakan jari.
- c. Terakhir pemeriksaan aroma ikan tongkol dengan cara mencium perubahan aromanya.
- d. Beri nilai perubahan warna sayatan daging, aroma dan tekstur ikan tongkol dengan melihat lembar penilaian kualitas fisik (Lampiran C). Kelompokkan ikan tongkol berdasarkan tingkat kesegarannya, berikut kriteria tingkat kesegaran ikan menurut SNI 01-2346-2006: 1) Ikan dalam kriteria segara memiliki nilai 9-7. 2) Ikan dalam kriteria agak segara memiliki nilai 6-5. 3) Ikan dalam kriteria tidak segara memiliki nilai 3-1.
- e. Ulangi langkah di atas pada jam ke-10 dan jam ke-15 jam setelah pemaparan.

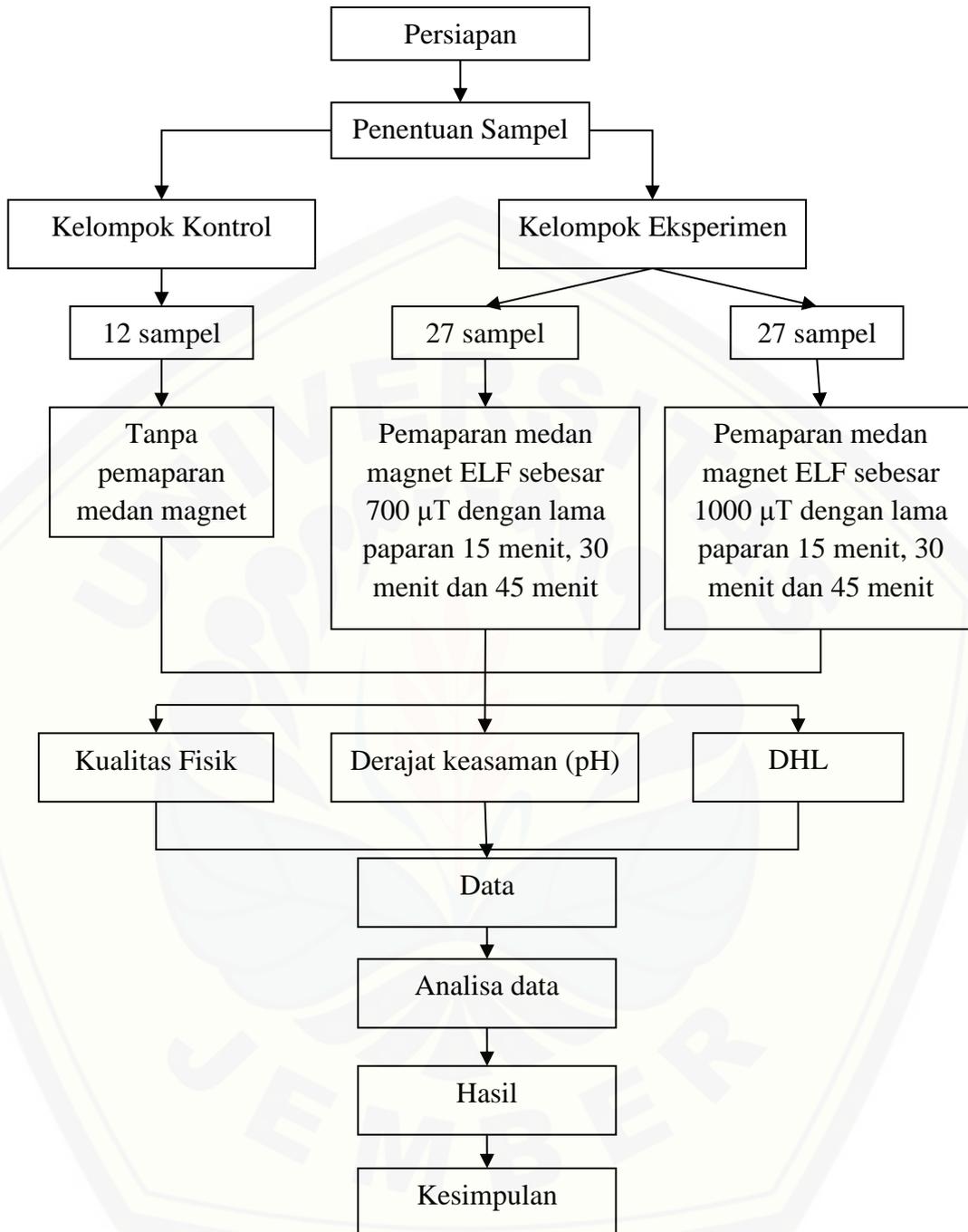
3.7 Bagan Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Menyiapkan 66 bungkus sampel ikan tongkol segar dengan masing-masing bungkus bermassa 50 gram.
- b. Menentukan kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Banyak sampel yang dibutuhkan pada kelompok kontrol yaitu 12 bungkus sampel dan 54 bungkus ikan tongkol untuk kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen I

yang berjumlah 27 di paparan dengan intensitas 700 μT , sedangkan kelompok eksperimen II yang berjumlah 27 di paparan dengan intensitas 1000 μT .

- c. Mengukur pH dan daya hantar listrik pada kelompok kontrol. Letakkan pada ruang terbuka tanpa terkena sinar matahari.
- d. Memberi perlakuan pada kelompok eksperimen dengan intensitas 700 μT dan 1000 μT selama 15, 30 dan 45 menit.
- e. Mengambil data pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pengukuran nilai pH, daya hantar listrik dan kualitas fisik pada ikan tongkol setelah 5 jam.
- f. Mengambil data pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pengukuran nilai pH, daya hantar listrik dan kualitas fisik pada ikan tongkol setelah 10 jam.
- g. Mengambil data pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pengukuran nilai pH, daya hantar listrik dan kualitas fisik pada ikan tongkol setelah 15 jam.
- h. Melakukan analisa data.
- i. Membahas hasil analisa data.
- j. Menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 3.6 Bagan prosedur penelitian

3.8 Metode Analisa Data

3.8.1 Tabel Hasil Pengukuran

Berikut tabel hasil pengukuran nilai derajat keasaman, daya hantar listrik dan kualitas yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.1 Data hasil pengukuran derajat keasaman (pH) pada ikan tongkol.

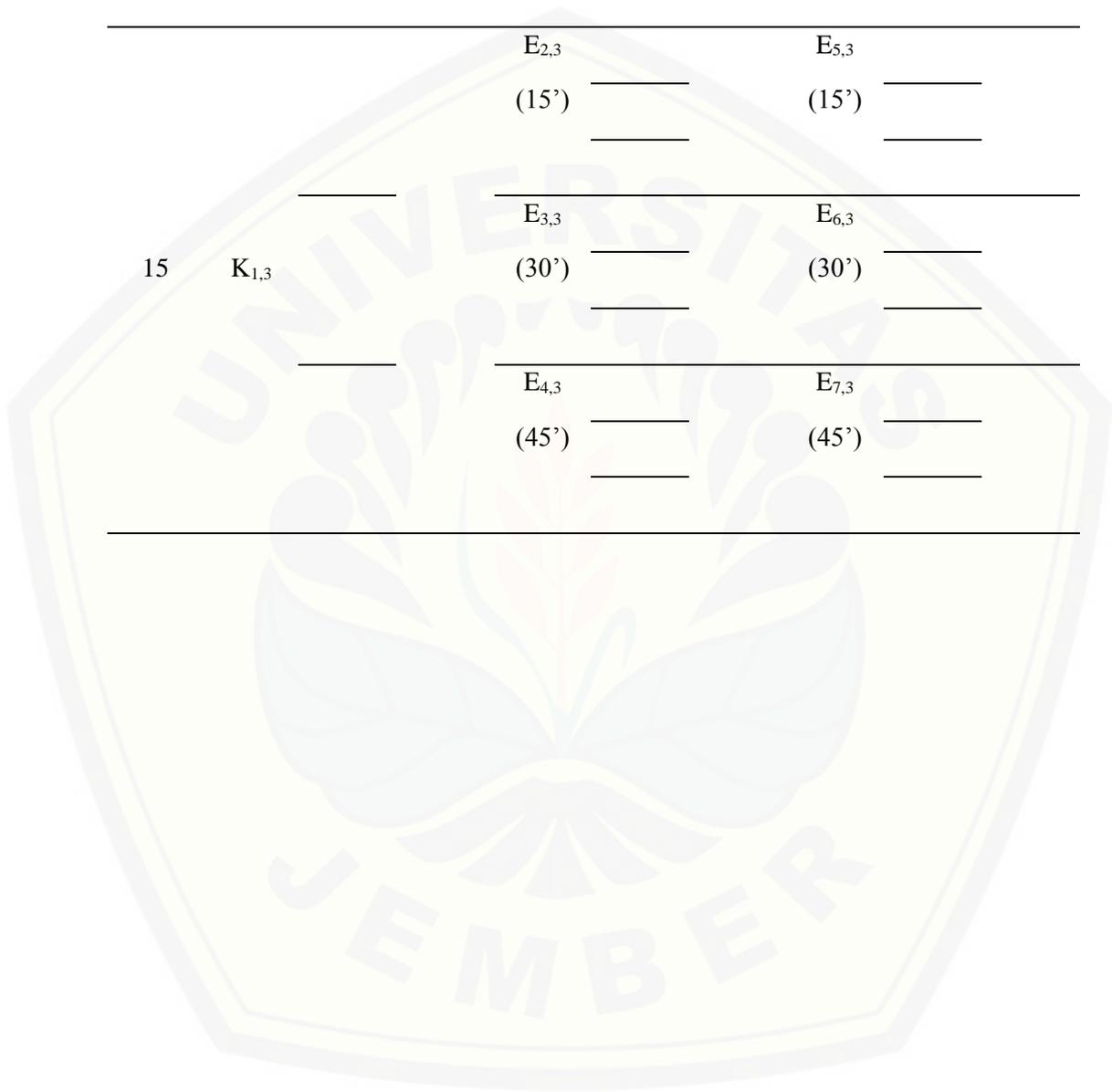
Jam Ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
	Kel	pH	Rata-Rata	Paparan 700 μ T			Paparan 1000 μ T		
				Kel	pH	Rata-Rata	Kel	pH	Rata-Rata
5	K _{1,1}	_____	_____	E _{2,1}	_____	_____	E _{5,1}	_____	_____
				(15')	_____	_____	(15')	_____	_____
				E _{3,1}	_____	_____	E _{6,1}	_____	_____
				(30')	_____	_____	(30')	_____	_____
				E _{4,1}	_____	_____	E _{7,1}	_____	_____
				(45')	_____	_____	(45')	_____	_____
10	K _{1,2}	_____	_____	E _{2,2}	_____	_____	E _{5,2}	_____	_____
				(15')	_____	_____	(15')	_____	_____
				E _{3,2}	_____	_____	E _{6,2}	_____	_____
				(30')	_____	_____	(30')	_____	_____
				E _{4,2}	_____	_____	E _{7,2}	_____	_____
				(45')	_____	_____	(45')	_____	_____
15	K _{1,3}	_____	_____	E _{2,3}	_____	_____	E _{5,3}	_____	_____

		(15')		(15')
		E _{3,3}		E _{6,3}
		(30')		(30')
		E _{4,3}		E _{7,3}
		(45')		(45')

Tabel 3.2 Data hasil pengukuran daya hantar listrik pada ikan tongkol.

Jam Ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen						
	Kel	DHL	Rata-Rata	Paparan 700 μ T			Paparan 1000 μ T			
				Kel	DHL	Rata-Rata	Kel	DHL	Rata-Rata	
5	K _{1,1}			E _{2,1}			E _{5,1}			
				(15')			(15')			
					E _{3,1}			E _{6,1}		
				(30')			(30')			
					E _{4,1}			E _{7,1}		
				(45')			(45')			
10	K _{1,2}			E _{2,2}			E _{5,2}			
				(15')			(15')			
					E _{3,2}			E _{6,2}		
				(30')			(30')			

		$E_{4,2}$	$E_{7,2}$
		(45°)	(45°)
		$E_{2,3}$	$E_{5,3}$
		(15°)	(15°)
15	$K_{1,3}$	$E_{3,3}$	$E_{6,3}$
		(30°)	(30°)
		$E_{4,3}$	$E_{7,3}$
		(45°)	(45°)



Tabel 3.3 Data hasil pengukuran kondisi fisik ikan tongkol

Jam ke-	Kelompok Kontrol				Kelompok Eksperim								
	Kel	Tekstur	Aroma	Warna	Paparan 700 μ T				Paparan 1000 μ T				
					Kel	Tekstur	Aroma	Warna	Kel	Tekstur	Aroma	Warna	
5	K _{1,1}				E ₁₅					E ₁₅			
					E ₃₀					E ₃₀			
					E ₄₅					E ₄₅			
10	K _{1,2}				E _{1.(15')}					E _{16.(15')}			
					E _{6.(30')}					E _{21.(30')}			
					E _{11.(45')}					E _{26.(45')}			
15	K _{1,3}				E _{2.(15')}					E _{17.(15')}			
					E _{7.(30')}					E _{22.(30')}			
					E _{12.(45')}					E _{27.(45')}			

3.8.2 Teknik Analisa Data

Teknik analisa data dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan bantuan Microsoft Excel dan SPSS-23. Pertama dilakukan uji *One Way Anova* kemudian dilanjutkan uji *LSD (Least Significance Different)*. Software Microsoft Excel digunakan untuk menyajikan data hasil penelitian dalam bentuk visual berupa tabel, grafik dan diagram. Sedangkan software *SPSS 23* digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan antar kelompok perlakuan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disajikan, dapat diperoleh kesimpulan:

- a. Medan magnet ELF berpengaruh terhadap derajat keasaman ikan tongkol. Paparan medan magnet ELF paling efektif pada intensitas 1000 μT selama 15 menit.
- b. Medan magnet ELF berpengaruh terhadap nilai daya hantar listrik ikan tongkol. Paparan medan magnet ELF paling efektif pada intensitas 1000 μT selama 15 menit.
- c. Medan magnet ELF berpengaruh terhadap kualitas fisik warna, aroma dan tekstur ikan tongkol. Intensitas paling efektif untuk menghambat penurunan kualitas fisik pada indikator warna sayatan ikan tongkol yaitu 1000 μT selama 15 menit, sedangkan intensitas yang paling efektif untuk menghambat penurunan kualitas fisik dengan indikator aroma yaitu E 700 μT selama 15 menit dan 30 menit serta pada intensitas 1000 μT selama 15 menit. Intensitas yang paling efektif untuk menghambat penurunan kualitas fisik dengan indikator tekstur yaitu E 700 μT selama 30 menit dan 45 menit serta pada intensitas 1000 μT selama 15 menit.

5.2 Saran

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

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak medan magnet ELF terhadap bahan pangan lain dengan memberikan variasi pada intensitas medan magnet.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengukuran parameter fisika lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, H. 2007. *Pengaruh Konsentrasi terhadap Daya Hantar Listrik*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Afrianto, E. dan Liviawaty. 2010. *Pembuatan Tambak Udang*. Jakarta: Kanisius.
- Albert, B., A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, dan P. Walker. 2002. *Biologi Molekuler Sel*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka.
- Anonimous. 2010. Studi Pengembangan Dan Penerapan Teknik Pengasapn Ikan Tongkol Di Kabupaten Natuna. *Laporan Akhir BPP-PSPL UNRI*.
- Anton, S. 2015. *Bioelektromagnetics For Improved Crop Productivity*. Swedia: Swedish University of Agricultural Science.
- Aslanimehr. 2013. Effect of extremely low frequency electromagnetic fields on growth and viability of bacteria. *International Journal of Research in Medical and Health Sciences*. 1(2):8-15.
- Bird, T. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. *Standar Nasional Indonesia 01-2346. 2006. Uji Organoleptik Ikan Segar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Budiharto dan J. Diastini. 1986. *Mikrobiologi Makanan Asal Hewan*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada.
- Clucas, I. J. dan A. R. Ward. 1996. *Fisheries Development : A Guide to Handling Preservation, Processing and Quality*. United Kingdom: Natural Resources Institute.
- Destrosier, N. W. 1987. *Teknologi Pengawetan Pangan. Penerjemah Muhji Muljoharjo*. Jakarta: UI-Press.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Pernebit Kanisius.
- Effendi, Supli. 2012. *Teknologi Pengolahan Dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Eskin, N.A.M. 1990. *Biochemistry of Food Second Edition*. San Diego: Academic Press, Inc.

- Goodman, R. dan B. Martin. 2002. Insights into elektromagnetic interaction mechanisms. *Journal of Cellular Physiology*. 192 (1): 16-22.
- 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.
- Hadiwiyoto, S. 1993. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan Jilid I*. Yogyakarta : Liberty.
- Halliday dan Resnick. 1997. *Fisika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Hulbert, A. L., J. C. Metcalf, dan R. Hesketh. 1998. Biological responses to electromagnetic fields. *FASEB J*. 12 (6): 395-420.
- Irianto, H. E., dan S. Giyatmi. 2009. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*. Jakarta: Penerbit Universitas Terbuka.
- Isnawati dan G. Trimulyono. 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*. 953(1): 012209.
- Junianto. 2003. *Teknik Penangkapan Ikan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kaiang, D. B., L. A. D.Y. Montolalu. dan R. I. Montolalu. 2016. Kajian mutu ikan tongkol (*euthynnus affinis*) asap utuh yang dikemas vakum dan non vakum selama 2 hari penyimpanan pada suhu kamar. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. Vol. 4 (2): 75-84.
- Karungi, C., Y. B. Byaruhanga dan J. H. Muyonga. 2003. Effect of pre-icing duration on quality deterioration of iced Nile perch (*Lates niloticus*). *Journal of Food Chemistry*. 85 (6): 13-17.
- Kasmadharja, H. 2008. Kajian Penyimpanan Sosis, Nugget Ayam dan Daging Ayam Berbumbu dalam Kemasan Polipropilen Rigid. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Kristinawati, A. 2015. Pengaruh Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) Terhadap pH dan Kadar Air Pada Proses Pembuatan Keju Jenis *Cream Cheese*. Tidak diterbitkan: *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Lindstrom, E., P. Lindstrom, A. Berglund, K. H. Mild dan E. Lundgren. 1993. Intracellular calcium oscillation induced in a t-cell line by weak 50 Hz magnetic field. *J Cell Physiol*. 156(2): 395-398.

- Milo, M. S., L. M. E. Purwijantiningsih, dan F. S. Pranata. 2011. Mutu Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis* C.) di Kabupaten Gunungkidul dan Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Mina, N. M., Sudarti, dan Yushardi. 2018. Pengaruh Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Kapasitansi Buah Anggur Merah. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018*, Jember: 25 November 2018. Hal. 217-220.
- Moore, R. D., G. Richards, dan A. Story. 2008. Electrical conductivity as an indicator of water chemistry and hydrologic process. *Streamline Watershed Management Bulletin*. 11(2):25-29.
- Muchtaruddin, M. 1998. *Dampak Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Majalah Kedokteran Indonesia*. 48: 7- 264.
- Murniyati, A. S. dan Sunarman. 2000. *Pendinginan, Pembekuan, dan Pengawetan Ikan*. Jakarta : PT. Kanisius.
- Nelly, N. A. 2018. Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency (ELF) terhadap sifat organoleptik dan pH susu sapi segar. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 3(2): 13-17.
- Niu, J., dan J. Y. Lee. 2000. A new approach for the determination of fish freshness by electrochemical impedance spectroscopy. *Journal of Food Science*. 65(5):780-785.
- Nurhasanah, Sudarti dan B. Supriadi. 2018. Analisis intensitas medan magnet ELF terhadap nilai pH ikan dalam proses pengawetan ikan bandeng. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 7(2): 116-122.
- Pandit, I. G. S., N. T. Suryadhi., I. B. Arka. dan N. Adiputra. 2007. Pengaruh penyilangan dan suhu penyimpanan terhadap mutu kimiawi, mikrobiologis dan organoleptik ikan tongkol (*Auxis thazard*, Lac). *Journal of Biomedical Sciences*. 1(3): 1-12.
- Pazur, A. dan V. Rassadina. 2009. Transient effect of weak elektromagnetic fields on calcium ion concentration in arabidopsis thaliana. *BMC Plant Biology*. 9(1): 47-55.
- Pianusa, A. F., G. Sanger. dan D. Wonggo. 2015. Kajian perubahan mutu kesegaran ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang direndam dalam ekstrak rumput laut (*Eucaema spinosum*) dan ekstrak buah bakau (*Sonneratia alba*). *Jurnal Media Hasil Perikanan*. Vol 3(2): 66-74.

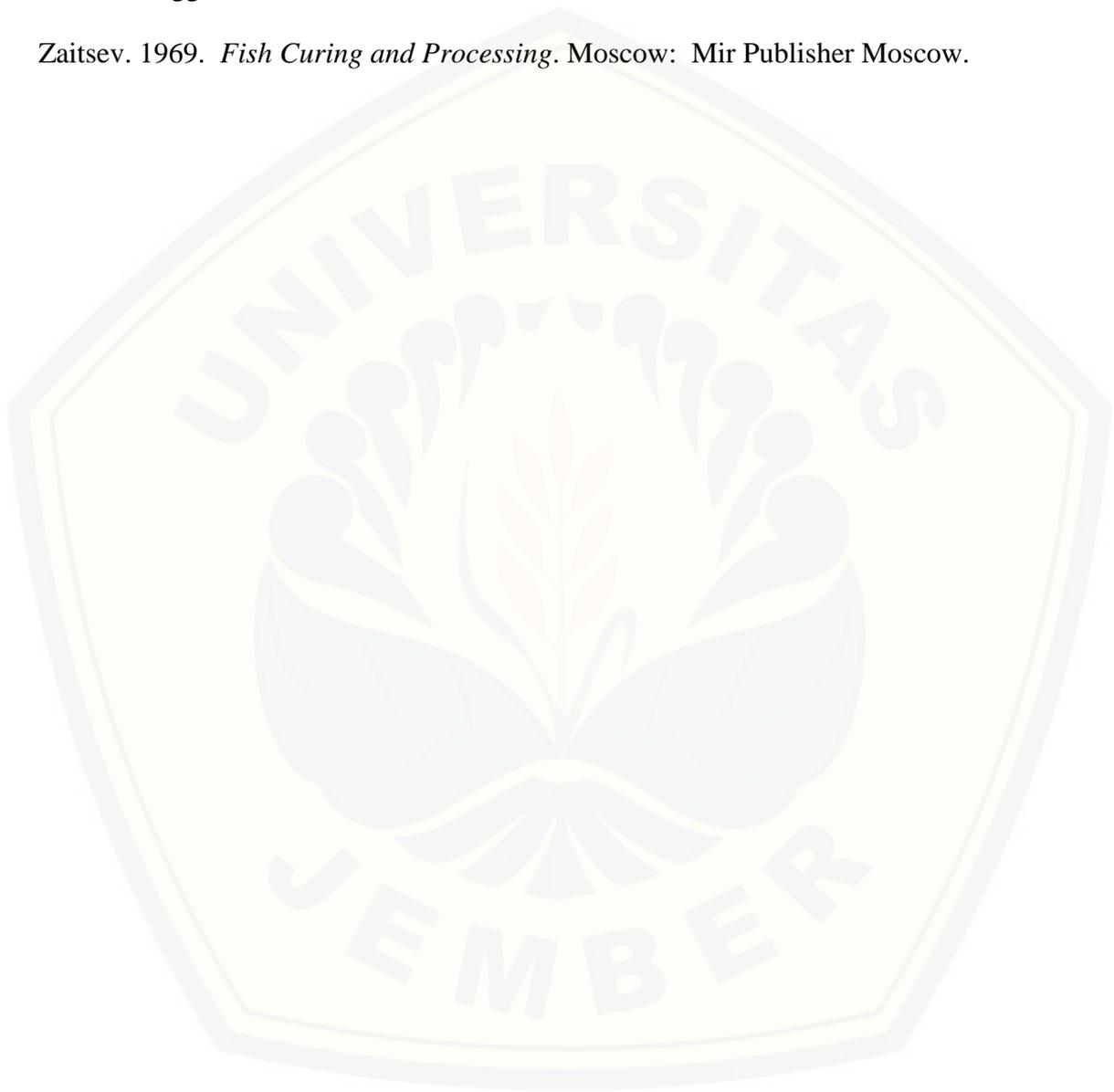
- Quass, D. W. 1997. Pulsed electric field processing in the food industry a status report on pulsed electric field. *Advances in Microbiology*. 2(3): 23-35.
- Raden, F., Hafiluddin dan M. Anshari. 2007. Analisis jumlah bakteri dan keberadaan eschericia coli pada pengelolaan ikan teri nasi di PT. kelola mina laut unit sumenep. *EMBRYO*. 4(2) : 94-106.
- Rahmatullah, H. 2009. Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Frekuensi Ekstrim Rendah terhadap Kadar Trigliserida Tikus Putih. *Skripsi*. Solo: Universitas Sebelas Maret.
- Ridwansyah. 2002. *Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Lama Perendaman Terhadap Mutu Ikan Kembung yang di Pindang*. USU Library : Universitas Sumatra Utara
- Riyanto, B., A. Maddu dan Supriyanto. 2012. Pendeteksi tingkat kesegaran filet ikan nila menggunakan pengukuran sifat biolistrik. *JPHPI*. 15(1):27-34.
- Rustamaji. 2009. Aktivitas Enzim Katepsin dan Kolagenase dari Daging Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forskall*) Selama Periode Kemunduran Mutu Ikan. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sadidah, K. R., Sudarti, dan A. A. Gani. 2015. Pengaruh paparan medan magnet ELF (*extremely low frequency*) 300 μ T dan 500 μ T terhadap perubahan jumlah mikroba dan pH pada proses fermentasi tape ketan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 4(1):1-8.
- Sanger, G. 2010. Oksidasi lemak ikan tongkol (*AuxisThazard*) asap yang direndam dalam larutan ekstrak daun sirih. *Jurnal Jurusan Pengolahan Hasil Perikanan*. 2(5): 870-873.
- Saanin, H. 1984. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan*. Jakarta: Bina Cipta: 245.
- Sari, L. D., T. Prihandono, dan Sudarti. 2018. Pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 500 μ T dan 700 μ T terhadap derajat keasaman (pH) daging ayam. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018*, Jember: 11 Maret 2018. Hal. 197-199.
- Serway, R. A., dan J. W. Jewett. 2008. *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*. USA: Thomson Learning, Inc.
- Sikorski, Z. E. dan B. S. Pan. 1994. Preservation of Seafood Quality. In: *Seafood Chemistry, processing technology and quality*. F. Shahidi and J.R. Botta (Eds). Chapman and Hall. *Springer*. :168-195.

- Sudarti. 2010. Mekanisme Infertilitas Oleh Peningkatan Kalsium Sitoplasma dan Apoptosis Sel Germinal pada Mencit Balb/C yang Dipapar Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100-150 μ T. Jember: Universitas Jember.
- Sudarti. 2016. Utilization of *extremely low frequency* (ELF) magnetic field effect 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. *Internasional Jurnal of Advanced Engineering Research and Science*. 4(10): 1-8.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Supriyana. 2004. *Kimia untuk Universitas jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Sutrisno dan Gie, T.I. 1979. *Fisika Dasar I: Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung: ITB.
- Suzuki, T. 1981. *Fish Krill Protein Processing Technology*. London : Applied Science Publisher.
- Swerdlow, A.J. 2006. *Power Frequency Electromagnetic Fields, Melatonin, And The Risk of Breast Cancer (Report Of an Independent Advisory Group on Non Ionizing Radiation)*. Series B: Radiation, Chemical and Environmental Hazards. United Kingdom: Health Protection Agency.
- Tarigan, T.R.P. 2013. Studi tingkat radiasi medan elektromagnetik yang ditimbulkan oleh telepon selular. *Jurnal Teknik Elektro*. 1(1):1-7.
- Valentina, C. 2009. Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Terhadap Infertilitas Mencit BULB/C. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- WHO. 2007. Dr. Emilie van Deventer, Acting Coordinator. Radiation and Environmental Health. *Environment Health Criteria. Geneva. Spokesperson*. 21-27.
- Widiastuti, I. 2008. Analisis mutu ikan tuna selama lepas tangkap pada perbedaan preparasi dan waktu penyimpanan. *Tesis*. Bogor: Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Widyasari, R.A.H.E. 2006. Pengaruh Pengawetan Menggunakan Biji Picung (*Pangium edule Reinw*) Terhadap Kesehatan dan Keamanan Ikan Kembung Segar (*Rastrelliger brachysoma*). *Thesis*. Bogor: Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Yalcin, S. dan Erdem, G. 2012. Biological effect of elektromagnetic fields. *African Journal of Biotechnology*. 11(17) :3933-3941.

Young, H. D., dan Freedman, R. A. 2003. *Fisika Universitas Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Zaitsev. 1969. *Fish Curing and Processing*. Moscow: Mir Publisher Moscow.



LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN MATRIKS

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	VARIABEL	DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	METODE PENELITIAN
Pengaruh Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) Terhadap Derajat Keasaman dan Daya Hantar Listrik Pada Proses Dekomposisi Ikan Tongkol (<i>Euthynnus affinis C.</i>)	<p>1. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap derajat keasaman pada proses dekomposisi ikan tongkol.</p> <p>2. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap daya hantar listrik pada proses dekomposisi ikan tongkol.</p> <p>3. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) terhadap kualitas fisik pada proses dekomposisi ikan tongkol.</p>	<p>Variable Bebas :</p> <p>Intensitas paparan medan magnet ELF sebesar 700 μT dan 1000 μT. Lama paparan 15 menit, 30 menit dan 45 menit.</p> <p>Variable Terikat :</p> <p>Derajat keasaman (pH), daya hantar listrik dan kualitas fisik ikan tongkol.</p>	<p>Data :</p> <p>Data diperoleh dari pengamatan langsung dan hasil pengukuran.</p> <p>a. Nilai pH diperoleh dari alat pH meter.</p> <p>b. Daya hantar listrik diperoleh dari alat conductivity meter.</p> <p>c. Pengujian kualitas fisik meliputi tekstur, aroma dan warna ikan tongkol menggunakan panca indra manusia</p> <p>Teknik Pengambilan Data :</p> <p>Menggunakan Teknik eksperimen laboratorium. Data di ambil pada jam ke-0, jam ke-5, jam ke-10, dan jam ke-15 setelah pemaparan</p> <p>Teknik Analisa Data :</p>	<p>Jenis Penelitian: Penelitian Eksperimen.</p> <p>Desain Penelitian: Randomizes subjects post test only control group desain.</p> <p>Sampel yang digunakan : Ikan tongkol segar yang berasal dari TPI Puger, Kabupaten Jember.</p> <p>Tempat Penelitian: Laboratorium ELF Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember.</p>

			Menggunakan bantuan software Microsoft Excel dan menggunakan SPSS 23 untuk dilakukan uji <i>one way</i> ANOVA serta uji LSD.	
--	--	--	--	--

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama

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

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Anggota

Drs. Maryani, M.Pd
NIP.19640707 198962 1 002

LAMPIRAN B. DOKUMENTASI PENELITIAN

- a. Proses pemotongan ikan tongkol dari kepala dan tulang



- b. Proses pemaparan medan magnet ELF terhadap ikan tongkol



c. Proses pengukuran nilai pH, daya hantar listrik dan kualitas fisik ikan tongkol



LAMPIRAN C. LEMBAR PENILAIAN KUALITAS FISIK

Spesifikasi Menurut SNI 01-2346-2006	Nilai
Dalam keadaan segar	
Daging (Warna dan kenampakan)	
• Sayatan daging sangat cermelang, spesifik jenis, tidak ada pemerah sepanjang tulang belakang, dinding perut daging utuh.	9
• Sayatan daging cermelang, spesifik jenis, tidak ada pemerah sepanjang tulang belakang, dinding perut utuh	8
• Sayatan daging sedikit kurang cermelang, spesifik jenis, tidak ada pemerah sepanjang tulang belakang, dinding perut utuh	7
• Sayatan daging mulai pudar, dan warna kecoklatan agak jelas, banyak pemerah sepanjang tulang belakang, banyak pemerahan sepanjang, dinding perut lunak	5
• Sayatan daging kusam, berwarna kecoklatan, warna merah jelas sekali sepanjang tulang belakang, dinding perut lunak	3
• Sayatan daging kusam sekali berwarna kecoklatan, warna merah jelas sekali sepanjang tulang belakang, dinding perut sangat lunak	1
Bau	
• Bau sangat segar, spesifik jenis	9
• Bau segar, spesifik jenis	8
• Bau netral	7
• Bau amoniak mulai tercium, sedikit bau asam	5
• Bau amoniak kuat, ada bau H ₂ S, bau asam jelas	3
• Bau busuk jelas	1
Tekstur	
• Padat, kompak, elastis, sulit menyobek daging dari tulang belakang	9
• Agak padat, kompak, elastis, sulit menyobek daging dari tulang belakang	8
• Agak padat, kurang kompak, agak elastis, sulit menyobek daging dari tulang belakang	7
• Agak lunak, kurang elastis, agak mudah menyobek daging dari tulang belakang	5
• Lunak, bekas jari terlihat bila ditekan, mudah menyobek daging dari tulang belakang	3
• Sangat lunak, bekas jari tidak hilang bila ditekan, mudah sekali menyobek dari tulang belakang	1

LAMPIRAN D. DATA HASIL PENELITIAN

1. Data Hasil Pengukuran pH Ikan Tongkol

Jam Ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen						
	Kel	pH	Rata-Rata	Paparasi 700 μ T			Paparasi 1000 μ T			
				Kel	pH	Rata-Rata	Kel	pH	Rata-Rata	
0	K ₀	5.8	5.83		5.8	5.83		5.8	5.83	
		5.7			5.7			5.7		
		5.8			5.8			5.8		
		5.9			5.9			5.9		
		5.9			5.9			5.9		
		5.8			5.8			5.8		
		5.9			5.9			5.9		
		5.9			5.9			5.9		
		5.8			5.8			5.8		
		5			K _{1,1}			6.2		6.11
	5.8		6							
	5.9		6							
6.2	6		5.9							
	6		5.9							
6.1	5.9		5.9							
	5.9		5.9							
	5.8		5.9							
6.1	E _{3,1} (30')		6	E _{6,1} (30')		6.1	6.01			
6.1	5.9		5.9	5.9						
	5.9	6	6							
6.1	6	5.96	6.2							
	5.9	6.1	6.1							
	6	6	5.7							
	5.9	5.9	5.8							
6.1	E _{4,1} (45')	5.9	E _{7,1} (45')	6	6.00					
	5.9	5.97	6							
		5.9		5.9						

				6.2		6
		6.1		6.2		5.9
				6.2		5.9
		6.1		5.8		6.1
				5.8		6.1
				5.8		6.1
		6.2	E _{2,2} (15')	6.1	E _{5,2} (15')	6.1
				6.1		6.1
				6		6.1
		6.3		6.2		5.9
				6	6.04	5.9
				6		5.9
		6.1		6		6.1
				6.1		6
				5.9		6
		6	E _{3,2} (30')	6.1	E _{6,2} (30')	6.1
				6.1		6.1
				6.1		6.2
		6.2		6.1		6.2
10	K _{1,2}	6.2	6.19	6.1	6.09	6.2
				6.2		6.1
				6		6
		6.2		6.1		6
				6		6
		6.1	E _{4,2} (45')	6	E _{7,2} (45')	6
				6		6
				6		6.1
		6.3		6.1		6.1
				6.3	6.09	6.1
				6.2		6.1
				6.1		6
		6.3		6.1		6.2
				6		6.1
		6.4	E _{2,3} (15')	6.2	E _{5,3} (15')	6.3
				6.3		6.3
15	K _{1,3}	6.36		6.2	6.12	6.3
				6.1		6
		6.3		6.1		6
				6.1		6

		6.1		5.9	
		6		6.1	
6.4		6.1		6	
		6		6	
	E _{3,3}	6.2		E _{6,3}	6.3
6.4	(30')	6.2		(30')	6.4
		6		6.4	
		6.3		6.3	
6.5		6.4	6.17	6.2	6.21
		6.2		6.3	
		6.1		6	
6.5		6.1		6	
		6		6	
	E _{4,3}	6.2		E _{7,3}	6.1
6.2	(45')	6.2		(45')	6.1
		6.2		6.1	
		6.3		6.2	
6.3		6.3	6.20	6	6.21
		6.3		6.1	
		6		6.4	
6.2		6.2		6.5	
		6.1		6.4	

2. Data Hasil Pengukuran Daya Hantar Listrik Ikan Tongkol

Jam Ke-	Kelompok Kontrol			Kelompok Eksperimen					
	Kel	DHL		Paparasi 700 μ T			Paparasi 1000 μ T		
		μ S/cm	Rata-Rata	Kel	DHL μ S/cm	Rata-Rata	Kel	DHL μ S/cm	Rata-Rata
0	K ₀	3788	3239.00	3788	3239.00	3788	3788	3239.00	
		3788		3788		3788			
		3574		3574		3574			
		3106		3106		3106			
		3106		3106		3106			
		3218		3218		3218			
		3025		3025		3025			
		2844		2844		2844			
		2702		2702		2702			

				E _{2,1}	3198		E _{5,1}	3435	
		3346		(15')	3412		(15')	3435	
					3372			3556	
					3373			3317	
		3412			3397	3400.67		3417	3419.33
					3297			3588	
					3617			3206	
		3391			3470			3406	
					3470			3414	
				E _{3,1}	3474		E _{6,1}	3437	
		3735		(30')	3422		(30')	3336	
					3595			3437	
					3191			3135	
5	K _{1,1}	3635	3565.33		3165	3342.11		3329	3356.44
					3245			3148	
					3182			3506	
		3535			3237			3506	
					3568			3374	
				E _{4,1}	3394		E _{7,1}	3443	
		3851		(45')	3305		(45')	3343	
					3465			3224	
					3072			3592	
		3651			3472	3331.11		3522	3424.89
					3041			3522	
					3346			3469	
		3532			3439			3275	
					3446			3434	
				E _{2,2}	3487		E _{5,2}	3370	
		4242		(15')	3415		(15')	3370	
					3515			3538	
					3647			3915	
		4178			3547	3634.67		3729	3568.33
10	K _{1,2}		3838.89		3772			3729	
					3874			3518	
		4089			3774			3518	
					3681			3428	
		3815		E _{3,2}	3737	3596.89	E _{6,2}	3601	3538.44

		(30')	3738		(30')	3512	
			3972			3515	
			3537			3409	
	3828		3337			3288	
			3606			3417	
	3946		3388			3756	
			3617			3739	
			3440			3609	
		E _{4,2}	3719		E _{7,2}	3789	
	3672	(45')	3628		(45')	3789	
			3528			3887	
			3415			3636	
	3408		3589	3567.89		3479	3630.67
			3415			3387	
			3603			3487	
	3372		3503			3537	
			3711			3685	
		E _{2,3}	3516		E _{5,3}	3572	
	3815	(15')	3805		(15')	3419	
			3709			3670	
			3747			3778	
	3906		3712	3760.56		3947	3678.22
			3678			3773	
			4010			3535	
	3841		3852			3705	
			3816			3705	
		E _{3,3}	3619		E _{6,3}	3730	
15	K _{1,3}	(30')	3722		(30')	3619	
	4212		3895			3730	
			3569			3448	
	4167		3545	3678.56		3693	3709.11
			3645			3593	
			3582			3902	
	4019		3665			3902	
			3865			3765	
		E _{4,3}	3716		E _{7,3}	3718	
	3948	(45')	3797	3705.44	(45')	3682	3796.78
			3865			3582	

	3430	3940
4173	3672	3940
	3440	3940
	3716	3874
4093	3848	3617
	3865	3878

3. Data Hasil Pengukuran Kualitas Fisik Ikan Tongkol

Kelompok Kontrol				Kelompok Eksperimen							
Kel	Warna	Aroma	Tekstur	Paparan 700 μ T			Paparan 1000 μ T				
				Kel	Warna	Aroma	Tekstur	Kel	Warna	Aroma	Tekstur
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
K	9	9	9	E	9	9	9	E	9	9	9
	9	9	9		9	9	9		9	9	9
	9	9	9		9	9	9		9	9	9
	9	9	9		9	9	9		9	9	9
	9	9	9		9	9	9		9	9	9
K _{1,1}				E _{2,1}	7	7	7	E _{2,1}	8	8	7
5 jam	7	7	7	15'	8	8	8	15'	8	7	8
					7	7	7		7	7	8

				7	7	7		8	8	7
8	8	7		8	8	8		8	7	8
				7	7	7		7	7	8
				7	7	7		8	8	7
7	5	5		8	8	8		8	7	8
				7	7	7		7	7	8
			$E_{3,1}$	8	8	8	$E_{3,1}$	7	8	8
7	7	7	$30'$	7	7	7	$30'$	8	7	7
				7	7	8		7	7	7
				8	8	8		7	8	8
8	7	7		7	7	7		8	7	7
				7	7	8		7	7	7
				8	8	8		7	8	8
7	5	5		7	7	7		8	7	7
				7	7	8		7	7	7
			$E_{4,1}$	7	8	8	$E_{4,1}$	7	8	8
7	7	7	$45'$	7	5	7	$45'$	7	7	7
				8	7	8		8	7	8
				7	8	8		7	8	8
8	7	7		7	7	7		7	7	7
				8	7	8		8	7	8

					7	8	8		7	8	8
	7	5	5		7	5	7		7	7	7
					8	7	8		8	7	8
K _{1,2}				E _{2,2}	5	3	3	E _{2,2}	7	5	5
10 jam	5	1	5	15'	7	7	7	15'	7	7	5
					7	5	5		5	5	7
					5	3	3		7	5	5
	5	3	5		7	7	7		7	7	5
					7	5	5		5	5	7
					5	3	3		7	5	5
	5	3	3		7	7	7		7	7	5
					7	5	5		5	5	7
				E _{3,2}	7	5	5	E _{3,2}	5	7	5
	5	1	5	30'	7	5	5	30'	5	3	5
					5	5	5		7	5	5
					7	5	5		5	7	5
	5	3	5		7	5	5		5	3	5
					5	5	5		7	5	5
					7	5	5		5	7	5
	5	3	3		7	5	5		5	3	5
					5	5	5		7	5	5

				$E_{4,2}$	7	5	7	$E_{4,2}$	5	5	7
5	1	5	45'	7	3	5	45'	5	3	5	
				5	3	5		5	5	3	
				7	5	7		5	5	7	
5	3	5		7	3	5		5	3	5	
				5	3	5		5	5	3	
				7	5	7		5	5	7	
5	3	3		7	3	5		5	3	5	
				5	3	5		5	5	3	
$K_{1,3}$				$E_{2,3}$	3	1	1	$E_{2,3}$	5	5	3
15 jam	1	1	1	15'	3	3	3	15'	3	1	3
				5	3	3		5	3	3	
				3	1	1		5	5	3	
3	1	3		3	3	3		3	1	3	
				5	3	3		5	3	3	
				3	1	1		5	5	3	
3	1	1		3	3	3		3	1	3	
				5	3	3		5	3	3	
				$E_{3,3}$	5	5	3	$E_{3,3}$	1	1	3
1	1	1	30'	3	1	1	30'	3	1	3	
				3	1	3		3	3	3	

				5	5	3		1	1	3	
3	1	3		3	1	1		3	1	3	
				3	1	3		3	3	3	
				5	5	3		1	1	3	
3	1	1		3	1	1		3	1	3	
				3	1	3		3	3	3	
				$E_{4,3}$	3	3	3	$E_{4,3}$	3	1	3
1	1	1	45°	5	1	3	45°	3	1	1	
				3	1	1		3	3	1	
				3	3	3		3	1	3	
3	1	3		5	1	3		3	1	1	
				3	1	1		3	3	1	
				3	3	3		3	1	3	
3	1	1		5	1	3		3	1	1	
				3	1	1		3	3	1	

LAMPIRAN E. HASIL UJI STATISTIK *POST HOC* LSD

a. Hasil uji statistic *post hoc* LSD pada pH

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Kelompok	(J) Kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
pH_jam_ke5	Kontrol	700 μ T 15 menit	.20000*	0.05228	0	0.0953	0.3047
		700 μ T 30 menit	.15556*	0.05228	0.004	0.0508	0.2603
		700 μ T 45 menit	.14444*	0.05228	0.008	0.0397	0.2492
		1000 μ T 15 menit	.17778*	0.05228	0.001	0.073	0.2825
		1000 μ T 30 menit	0.1	0.05228	0.061	-0.0047	0.2047
		1000 μ T 45 menit	.11111*	0.05228	0.038	0.0064	0.2158
		Kontrol	-.20000*	0.05228	0	-0.3047	-0.095
	700 μ T 15 menit	700 μ T 30 menit	-0.04444	0.05228	0.399	-0.1492	0.0603
		700 μ T 45 menit	-0.05556	0.05228	0.293	-0.1603	0.0492
		1000 μ T 15 menit	-0.02222	0.05228	0.672	-0.127	0.0825
		1000 μ T 30 menit	-0.1	0.05228	0.061	-0.2047	0.0047
		1000 μ T 45 menit	-0.08889	0.05228	0.095	-0.1936	0.0158
		Kontrol	-.15556*	0.05228	0.004	-0.2603	-0.051
	700 μ T 30 menit	700 μ T 15 menit	0.04444	0.05228	0.399	-0.0603	0.1492
		700 μ T 45 menit	-0.01111	0.05228	0.832	-0.1158	0.0936
		1000 μ T 15 menit	0.02222	0.05228	0.672	-0.0825	0.127
		1000 μ T 30 menit	-0.05556	0.05228	0.293	-0.1603	0.0492

	1000 μ T 45 menit	-0.04444	0.05228	0.399	-0.1492	0.0603
	Kontrol	-.14444*	0.05228	0.008	-0.2492	-0.04
700 μ T 45 menit	700 μ T 15 menit	0.05556	0.05228	0.293	-0.0492	0.1603
	700 μ T 30 menit	0.01111	0.05228	0.832	-0.0936	0.1158
	1000 μ T 15 menit	0.03333	0.05228	0.526	-0.0714	0.1381
	1000 μ T 30 menit	-0.04444	0.05228	0.399	-0.1492	0.0603
	1000 μ T 45 menit	-0.03333	0.05228	0.526	-0.1381	0.0714
	Kontrol	-.17778*	0.05228	0.001	-0.2825	-0.073
1000 μ T 15 menit	700 μ T 15 menit	0.02222	0.05228	0.672	-0.0825	0.127
	700 μ T 30 menit	-0.02222	0.05228	0.672	-0.127	0.0825
	700 μ T 45 menit	-0.03333	0.05228	0.526	-0.1381	0.0714
	1000 μ T 30 menit	-0.07778	0.05228	0.142	-0.1825	0.027
	1000 μ T 45 menit	-0.06667	0.05228	0.208	-0.1714	0.0381
	Kontrol	-0.1	0.05228	0.061	-0.2047	0.0047
1000 μ T 30 menit	700 μ T 15 menit	0.1	0.05228	0.061	-0.0047	0.2047
	700 μ T 30 menit	0.05556	0.05228	0.293	-0.0492	0.1603
	700 μ T 45 menit	0.04444	0.05228	0.399	-0.0603	0.1492
	1000 μ T 15 menit	0.07778	0.05228	0.142	-0.027	0.1825
	1000 μ T 45 menit	0.01111	0.05228	0.832	-0.0936	0.1158
	Kontrol	-.11111*	0.05228	0.038	-0.2158	-0.006
1000 μ T 45 menit	700 μ T 15 menit	0.08889	0.05228	0.095	-0.0158	0.1936
	700 μ T 30 menit	0.04444	0.05228	0.399	-0.0603	0.1492

	700 μ T 45 menit	0.03333	0.05228	0.526	-0.0714	0.1381
	1000 μ T 15 menit	0.06667	0.05228	0.208	-0.0381	0.1714
	1000 μ T 30 menit	-0.01111	0.05228	0.832	-0.1158	0.0936
pH_jam_ke10	Kontrol	.14444*	0.04147	0.001	0.0614	0.2275
	700 μ T 15 menit	.10000*	0.04147	0.019	0.0169	0.1831
	700 μ T 30 menit	.10000*	0.04147	0.019	0.0169	0.1831
	700 μ T 45 menit	.17778*	0.04147	0	0.0947	0.2608
	1000 μ T 15 menit	.08889*	0.04147	0.036	0.0058	0.172
	1000 μ T 30 menit	.11111*	0.04147	0.01	0.028	0.1942
	1000 μ T 45 menit					
	Kontrol	-.14444*	0.04147	0.001	-0.2275	-0.061
	700 μ T 30 menit	-0.04444	0.04147	0.288	-0.1275	0.0386
	700 μ T 15 menit	-0.04444	0.04147	0.288	-0.1275	0.0386
	700 μ T 45 menit	0.03333	0.04147	0.425	-0.0497	0.1164
	1000 μ T 15 menit	-0.05556	0.04147	0.186	-0.1386	0.0275
	1000 μ T 30 menit	-0.03333	0.04147	0.425	-0.1164	0.0497
	1000 μ T 45 menit					
	Kontrol	-.10000*	0.04147	0.019	-0.1831	-0.017
	700 μ T 15 menit	0.04444	0.04147	0.288	-0.0386	0.1275
	700 μ T 30 menit	0	0.04147	1	-0.0831	0.0831
	700 μ T 45 menit	0.07778	0.04147	0.066	-0.0053	0.1608
	1000 μ T 15 menit	-0.01111	0.04147	0.79	-0.0942	0.072
	1000 μ T 30 menit	0.01111	0.04147	0.79	-0.072	0.0942
	1000 μ T 45 menit					
700 μ T 45 menit	Kontrol	-.10000*	0.04147	0.019	-0.1831	-0.017
700 μ T 15 menit	700 μ T 15 menit	0.04444	0.04147	0.288	-0.0386	0.1275

	700 μ T 30 menit	0	0.04147	1	-0.0831	0.0831
	1000 μ T 15 menit	0.07778	0.04147	0.066	-0.0053	0.1608
	1000 μ T 30 menit	-0.01111	0.04147	0.79	-0.0942	0.072
	1000 μ T 45 menit	0.01111	0.04147	0.79	-0.072	0.0942
	Kontrol	-.17778*	0.04147	0	-0.2608	-0.095
1000 μ T 15 menit	700 μ T 15 menit	-0.03333	0.04147	0.425	-0.1164	0.0497
	700 μ T 30 menit	-0.07778	0.04147	0.066	-0.1608	0.0053
	700 μ T 45 menit	-0.07778	0.04147	0.066	-0.1608	0.0053
	1000 μ T 30 menit	-.08889*	0.04147	0.036	-0.172	-0.006
	1000 μ T 45 menit	-0.06667	0.04147	0.114	-0.1497	0.0164
	Kontrol	-.08889*	0.04147	0.036	-0.172	-0.006
1000 μ T 30 menit	700 μ T 15 menit	0.05556	0.04147	0.186	-0.0275	0.1386
	700 μ T 30 menit	0.01111	0.04147	0.79	-0.072	0.0942
	700 μ T 45 menit	0.01111	0.04147	0.79	-0.072	0.0942
	1000 μ T 15 menit	.08889*	0.04147	0.036	0.0058	0.172
	1000 μ T 45 menit	0.02222	0.04147	0.594	-0.0608	0.1053
	Kontrol	-.11111*	0.04147	0.01	-0.1942	-0.028
1000 μ T 45 menit	700 μ T 15 menit	0.03333	0.04147	0.425	-0.0497	0.1164
	700 μ T 30 menit	-0.01111	0.04147	0.79	-0.0942	0.072
	700 μ T 45 menit	-0.01111	0.04147	0.79	-0.0942	0.072
	1000 μ T 15 menit	0.06667	0.04147	0.114	-0.0164	0.1497
	1000 μ T 30 menit	-0.02222	0.04147	0.594	-0.1053	0.0608
	Kontrol	.23333*	0.06533	0.001	0.1025	0.3642
pH_jam_ke15	700 μ T 15 menit					

	700 μ T 30 menit	.18889*	0.06533	0.005	0.058	0.3198
	700 μ T 45 menit	.15556*	0.06533	0.021	0.0247	0.2864
	1000 μ T 15 menit	.25556*	0.06533	0	0.1247	0.3864
	1000 μ T 30 menit	.14444*	0.06533	0.031	0.0136	0.2753
	1000 μ T 45 menit	.14444*	0.06533	0.031	0.0136	0.2753
	Kontrol	-.23333*	0.06533	0.001	-0.3642	-0.103
700 μ T 15 menit	700 μ T 30 menit	-0.04444	0.06533	0.499	-0.1753	0.0864
	700 μ T 45 menit	-0.07778	0.06533	0.239	-0.2087	0.0531
	1000 μ T 15 menit	0.02222	0.06533	0.735	-0.1087	0.1531
	1000 μ T 30 menit	-0.08889	0.06533	0.179	-0.2198	0.042
	1000 μ T 45 menit	-0.08889	0.06533	0.179	-0.2198	0.042
	Kontrol	-.18889*	0.06533	0.005	-0.3198	-0.058
	700 μ T 15 menit	0.04444	0.06533	0.499	-0.0864	0.1753
700 μ T 30 menit	700 μ T 45 menit	-0.03333	0.06533	0.612	-0.1642	0.0975
	1000 μ T 15 menit	0.06667	0.06533	0.312	-0.0642	0.1975
	1000 μ T 30 menit	-0.04444	0.06533	0.499	-0.1753	0.0864
	1000 μ T 45 menit	-0.04444	0.06533	0.499	-0.1753	0.0864
	Kontrol	-.15556*	0.06533	0.021	-0.2864	-0.025
700 μ T 45 menit	700 μ T 15 menit	0.07778	0.06533	0.239	-0.0531	0.2087
	700 μ T 30 menit	0.03333	0.06533	0.612	-0.0975	0.1642
	1000 μ T 15 menit	0.1	0.06533	0.131	-0.0309	0.2309
	1000 μ T 30 menit	-0.01111	0.06533	0.866	-0.142	0.1198
	1000 μ T 45 menit	-0.01111	0.06533	0.866	-0.142	0.1198
	Kontrol	-.15556*	0.06533	0.021	-0.2864	-0.025

1000 μ T 15 menit	Kontrol	-0.25556*	0.06533	0	-0.3864	-0.125
	700 μ T 15 menit	-0.02222	0.06533	0.735	-0.1531	0.1087
	700 μ T 30 menit	-0.06667	0.06533	0.312	-0.1975	0.0642
	700 μ T 45 menit	-0.1	0.06533	0.131	-0.2309	0.0309
	1000 μ T 30 menit	-0.11111	0.06533	0.095	-0.242	0.0198
	1000 μ T 45 menit	-0.11111	0.06533	0.095	-0.242	0.0198
	1000 μ T 30 menit	Kontrol	-0.14444*	0.06533	0.031	-0.2753
700 μ T 15 menit		0.08889	0.06533	0.179	-0.042	0.2198
700 μ T 30 menit		0.04444	0.06533	0.499	-0.0864	0.1753
700 μ T 45 menit		0.01111	0.06533	0.866	-0.1198	0.142
1000 μ T 15 menit		0.11111	0.06533	0.095	-0.0198	0.242
1000 μ T 45 menit		0	0.06533	1	-0.1309	0.1309
1000 μ T 45 menit		Kontrol	-0.14444*	0.06533	0.031	-0.2753
	700 μ T 15 menit	0.08889	0.06533	0.179	-0.042	0.2198
	700 μ T 30 menit	0.04444	0.06533	0.499	-0.0864	0.1753
	700 μ T 45 menit	0.01111	0.06533	0.866	-0.1198	0.142
	1000 μ T 15 menit	0.11111	0.06533	0.095	-0.0198	0.242
	1000 μ T 30 menit	0	0.06533	1	-0.1309	0.1309

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

b. Hasil uji statistic *post hoc* LSD pada DHL

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Kelompok	(J) Kelompok	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
--------------------	--------------	--------------	------------	------	-------------------------

		Mean Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	700 μ T 15 Menit	164.66667*	68.09782	0.019	28.2503	301.083
	700 μ T 30 Menit	223.22222*	68.09782	0.002	86.8059	359.6385
	700 μ T 45 Menit	234.22222*	68.09782	0.001	97.8059	370.6385
	1000 μ T 15 Menit	146.00000*	68.09782	0.036	9.5837	282.4163
	1000 μ T 30 Menit	208.88889*	68.09782	0.003	72.4726	345.3052
	1000 μ T 45 Menit	140.44444*	68.09782	0.044	4.0281	276.8608
	<hr/>					
DHL_jam_ke5	Kontrol	164.66667*	68.09782	0.019	-301.083	-28.2503
	700 μ T 30 Menit	58.55556	68.09782	0.394	-77.8608	194.9719
	700 μ T 45 Menit	69.55556	68.09782	0.311	-66.8608	205.9719
	1000 μ T 15 Menit	-18.6667	68.09782	0.785	-155.083	117.7497
	1000 μ T 30 Menit	44.22222	68.09782	0.519	-92.1941	180.6385
	1000 μ T 45 Menit	-24.2222	68.09782	0.723	-160.639	112.1941
	<hr/>					
700 μ T 15 Menit	Kontrol	223.22222*	68.09782	0.002	-359.639	-86.8059
	700 μ T 15 Menit	-58.5556	68.09782	0.394	-194.972	77.8608
	700 μ T 45 Menit	11	68.09782	0.872	-125.416	147.4163
	1000 μ T 15 Menit	-77.2222	68.09782	0.262	-213.639	59.1941
	1000 μ T 30 Menit	-14.3333	68.09782	0.834	-150.75	122.083
	1000 μ T 45 Menit	-82.7778	68.09782	0.229	-219.194	53.6385
	<hr/>					
700 μ T 45 Menit	Kontrol	234.22222*	68.09782	0.001	-370.639	-97.8059
	700 μ T 15 Menit	-69.5556	68.09782	0.311	-205.972	66.8608
	700 μ T 30 Menit	-11	68.09782	0.872	-147.416	125.4163

	1000 μ T 15 Menit	-88.2222	68.09782	0.2	-224.639	48.1941
	1000 μ T 30 Menit	-25.3333	68.09782	0.711	-161.75	111.083
	1000 μ T 45 Menit	-93.7778	68.09782	0.174	-230.194	42.6385
	Kontrol	146.00000*	68.09782	0.036	-282.416	-9.5837
1000 μ T 15 Menit	700 μ T 15 Menit	18.66667	68.09782	0.785	-117.75	155.083
	700 μ T 30 Menit	77.22222	68.09782	0.262	-59.1941	213.6385
	700 μ T 45 Menit	88.22222	68.09782	0.2	-48.1941	224.6385
	1000 μ T 30 Menit	62.88889	68.09782	0.36	-73.5274	199.3052
	1000 μ T 45 Menit	-5.55556	68.09782	0.935	-141.972	130.8608
	Kontrol	208.88889*	68.09782	0.003	-345.305	-72.4726
1000 μ T 30 Menit	700 μ T 15 Menit	-44.2222	68.09782	0.519	-180.639	92.1941
	700 μ T 30 Menit	14.33333	68.09782	0.834	-122.083	150.7497
	700 μ T 45 Menit	25.33333	68.09782	0.711	-111.083	161.7497
	1000 μ T 15 Menit	-62.8889	68.09782	0.36	-199.305	73.5274
	1000 μ T 45 Menit	-68.4444	68.09782	0.319	-204.861	67.9719
	Kontrol	140.44444*	68.09782	0.044	-276.861	-4.0281
1000 μ T 45 Menit	700 μ T 15 Menit	24.22222	68.09782	0.723	-112.194	160.6385
	700 μ T 30 Menit	82.77778	68.09782	0.229	-53.6385	219.1941
	700 μ T 45 Menit	93.77778	68.09782	0.174	-42.6385	230.1941
	1000 μ T 15 Menit	5.55556	68.09782	0.935	-130.861	141.9719
	1000 μ T 30 Menit	68.44444	68.09782	0.319	-67.9719	204.8608
	Kontrol	204.22222*	91.14795	0.029	21.6309	386.8135
DHL_jam_ke10	700 μ T 30 Menit	242.00000*	91.14795	0.01	59.4087	424.5913

	700 μ T 45 Menit	271.00000*	91.14795	0.004	88.4087	453.5913
	1000 μ T 15 Menit	270.55556*	91.14795	0.004	87.9643	453.1468
	1000 μ T 30 Menit	300.44444*	91.14795	0.002	117.8532	483.0357
	1000 μ T 45 Menit	208.22222*	91.14795	0.026	25.6309	390.8135
	Kontrol	204.22222*	91.14795	0.029	-386.814	-21.6309
700 μ T 15 Menit	700 μ T 30 Menit	37.77778	91.14795	0.68	-144.814	220.3691
	700 μ T 45 Menit	66.77778	91.14795	0.467	-115.814	249.3691
	1000 μ T 15 Menit	66.33333	91.14795	0.47	-116.258	248.9246
	1000 μ T 30 Menit	96.22222	91.14795	0.296	-86.3691	278.8135
	1000 μ T 45 Menit	4	91.14795	0.965	-178.591	186.5913
	Kontrol	242.00000*	91.14795	0.01	-424.591	-59.4087
700 μ T 30 Menit	700 μ T 15 Menit	-37.7778	91.14795	0.68	-220.369	144.8135
	700 μ T 45 Menit	29	91.14795	0.752	-153.591	211.5913
	1000 μ T 15 Menit	28.55556	91.14795	0.755	-154.036	211.1468
	1000 μ T 30 Menit	58.44444	91.14795	0.524	-124.147	241.0357
	1000 μ T 45 Menit	-33.7778	91.14795	0.712	-216.369	148.8135
	Kontrol	271.00000*	91.14795	0.004	-453.591	-88.4087
700 μ T 45 Menit	700 μ T 15 Menit	-66.7778	91.14795	0.467	-249.369	115.8135
	700 μ T 30 Menit	-29	91.14795	0.752	-211.591	153.5913
	1000 μ T 15 Menit	-0.44444	91.14795	0.996	-183.036	182.1468
	1000 μ T 30 Menit	29.44444	91.14795	0.748	-153.147	212.0357
	1000 μ T 45 Menit	-62.7778	91.14795	0.494	-245.369	119.8135
	Kontrol	271.00000*	91.14795	0.004	-453.591	-88.4087

1000 μ T 15 Menit	Kontrol	270.55556*	91.14795	0.004	-453.147	-87.9643
	700 μ T 15 Menit	-66.3333	91.14795	0.47	-248.925	116.2579
	700 μ T 30 Menit	-28.5556	91.14795	0.755	-211.147	154.0357
	700 μ T 45 Menit	0.44444	91.14795	0.996	-182.147	183.0357
	1000 μ T 30 Menit	29.88889	91.14795	0.744	-152.702	212.4802
	1000 μ T 45 Menit	-62.3333	91.14795	0.497	-244.925	120.2579
	1000 μ T 30 Menit	Kontrol	300.44444*	91.14795	0.002	-483.036
700 μ T 15 Menit		-96.2222	91.14795	0.296	-278.814	86.3691
700 μ T 30 Menit		-58.4444	91.14795	0.524	-241.036	124.1468
700 μ T 45 Menit		-29.4444	91.14795	0.748	-212.036	153.1468
1000 μ T 15 Menit		-29.8889	91.14795	0.744	-212.48	152.7024
1000 μ T 45 Menit		-92.2222	91.14795	0.316	-274.814	90.3691
1000 μ T 45 Menit		Kontrol	208.22222*	91.14795	0.026	-390.814
	700 μ T 15 Menit	-4	91.14795	0.965	-186.591	178.5913
	700 μ T 30 Menit	33.77778	91.14795	0.712	-148.814	216.3691
	700 μ T 45 Menit	62.77778	91.14795	0.494	-119.814	245.3691
	1000 μ T 15 Menit	62.33333	91.14795	0.497	-120.258	244.9246
	1000 μ T 30 Menit	92.22222	91.14795	0.316	-90.3691	274.8135
	DHL_jam_ke15 Kontrol	700 μ T 15 Menit	258.77778*	69.40131	0	119.7502
700 μ T 30 Menit		340.77778*	69.40131	0	201.7502	479.8053
700 μ T 45 Menit		313.88889*	69.40131	0	174.8614	452.9164
1000 μ T 15 Menit		341.11111*	69.40131	0	202.0836	480.1386

	1000 μ T 30 Menit	310.22222*	69.40131	0	171.1947	449.2498
	1000 μ T 45 Menit	222.55556*	69.40131	0.002	83.528	361.5831
	Kontrol	258.77778*	69.40131	0	-397.805	-119.75
700 μ T 15 Menit	700 μ T 30 Menit	82	69.40131	0.242	-57.0275	221.0275
	700 μ T 45 Menit	55.11111	69.40131	0.43	-83.9164	194.1386
	1000 μ T 15 Menit	82.33333	69.40131	0.24	-56.6942	221.3609
	1000 μ T 30 Menit	51.44444	69.40131	0.462	-87.5831	190.472
	1000 μ T 45 Menit	-36.2222	69.40131	0.604	-175.25	102.8053
	Kontrol	340.77778*	69.40131	0	-479.805	-201.75
700 μ T 30 Menit	700 μ T 15 Menit	-82	69.40131	0.242	-221.028	57.0275
	700 μ T 45 Menit	-26.8889	69.40131	0.7	-165.916	112.1386
	1000 μ T 15 Menit	0.33333	69.40131	0.996	-138.694	139.3609
	1000 μ T 30 Menit	-30.5556	69.40131	0.661	-169.583	108.472
	1000 μ T 45 Menit	-118.222	69.40131	0.094	-257.25	20.8053
	Kontrol	313.88889*	69.40131	0	-452.916	-174.861
700 μ T 45 Menit	700 μ T 15 Menit	-55.1111	69.40131	0.43	-194.139	83.9164
	700 μ T 30 Menit	26.88889	69.40131	0.7	-112.139	165.9164
	1000 μ T 15 Menit	27.22222	69.40131	0.696	-111.805	166.2498
	1000 μ T 30 Menit	-3.66667	69.40131	0.958	-142.694	135.3609
	1000 μ T 45 Menit	-91.3333	69.40131	0.194	-230.361	47.6942
	Kontrol	341.11111*	69.40131	0	-480.139	-202.084
1000 μ T 15 Menit	700 μ T 15 Menit	-82.3333	69.40131	0.24	-221.361	56.6942

	700 μ T 30 Menit	-0.33333	69.40131	0.996	-139.361	138.6942
	700 μ T 45 Menit	-27.2222	69.40131	0.696	-166.25	111.8053
	1000 μ T 30 Menit	-30.8889	69.40131	0.658	-169.916	108.1386
	1000 μ T 45 Menit	-118.556	69.40131	0.093	-257.583	20.472
	Kontrol	310.22222*	69.40131	0	-449.25	-171.195
1000 μ T 30 Menit	700 μ T 15 Menit	-51.4444	69.40131	0.462	-190.472	87.5831
	700 μ T 30 Menit	30.55556	69.40131	0.661	-108.472	169.5831
	700 μ T 45 Menit	3.66667	69.40131	0.958	-135.361	142.6942
	1000 μ T 15 Menit	30.88889	69.40131	0.658	-108.139	169.9164
	1000 μ T 45 Menit	-87.6667	69.40131	0.212	-226.694	51.3609
	Kontrol	222.55556*	69.40131	0.002	-361.583	-83.528
1000 μ T 45 Menit	700 μ T 15 Menit	36.22222	69.40131	0.604	-102.805	175.2498
	700 μ T 30 Menit	118.2222	69.40131	0.094	-20.8053	257.2498
	700 μ T 45 Menit	91.33333	69.40131	0.194	-47.6942	230.3609
	1000 μ T 15 Menit	118.5556	69.40131	0.093	-20.472	257.5831
	1000 μ T 30 Menit	87.66667	69.40131	0.212	-51.3609	226.6942
	Kontrol	222.55556*	69.40131	0.002	-361.583	-83.528

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