



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH, MASSA JENIS, DAN KUALITAS FISIK IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp.*)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Wiji Rahayu**

**NIM 190210102117**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2023**



**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF)* TERHADAP pH, MASSA JENIS, DAN KUALITAS FISIK IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp.*)**

**SKRIPSI**

Diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh:

**Wiji Rahayu**

**NIM 190210102117**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2023**

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan ridho-NYA atas terselesaikannya tugas akhir ini. Tak lupa sholawat serta salam selalu terhaturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Semoga bekal ilmu yang penulis dapatkan bisa bermanfaat bagi yang membaca kelak. Dengan mengucapkan basmalah dan segala kerendahan hati serta rasa terima kasih atas dukungannya, maka skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya yaitu Ibunda Sutiami, Ayahanda Romli, Kakakku Amalia Hasanah dan Kurniawan serta Adikku Meilani Avisia Rahma dan tak lupa seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, kesabaran dan pengorbanannya serta kasih sayang yang tulus dan ikhlas dalam merawat saya selama ini.
2. Guru-guru saya baik guru sekolah maupun guru mengaji, mulai dari Taman Kanak-kanak (TK) hingga Perguruan Tinggi. Tidak lupa saya ucapkan beribu-ribu terima kasih kepada Bapak Kyai Ahmad Nafi' selaku pendiri Pondok Pesantren Raden Rahmat Sunan Ampel Antirogo karena berkat beliau saya menjadi pribadi yang lebih baik, lebih sabar, lebih mandiri, mengerti makna hidup yang sesungguhnya dan tentunya lebih dekat dengan Allah SWT.
3. Almamater Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

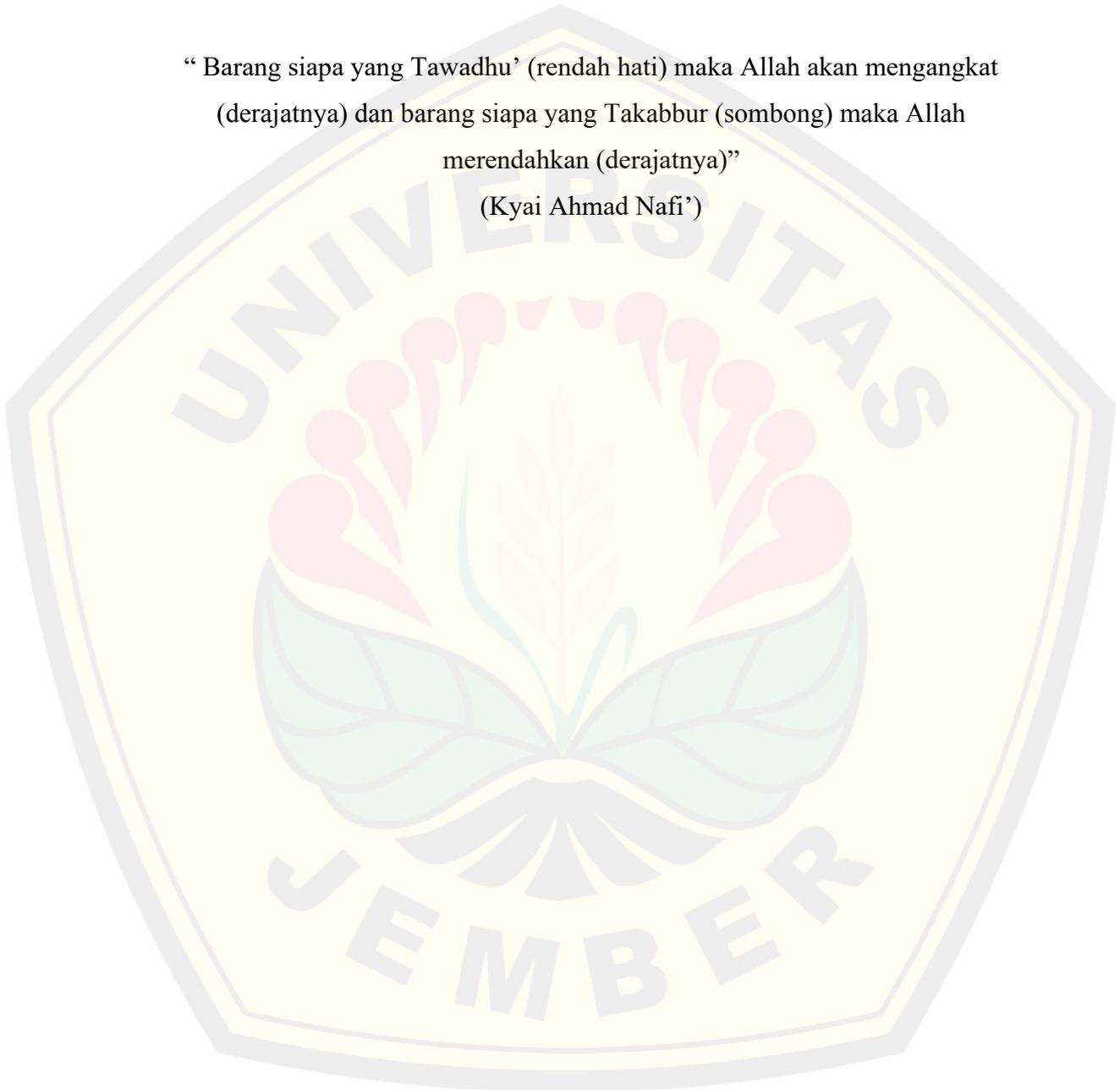
**MOTTO**

“ Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Al-Buruj: 11)

“ Barang siapa yang Tawadhu’ (rendah hati) maka Allah akan mengangkat (derajatnya) dan barang siapa yang Takabbur (sombong) maka Allah merendahkan (derajatnya)”

(Kyai Ahmad Nafi’)



\* Departemen Agama RI. 2010. Mushaf Aisyah Al-Qur'an dan Terjemahan untuk Wanita. Bandung: JABAL

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wiji Rahayu

NIM : 190210102117

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH, Massa Jenis, Dan Kualitas Fisik Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 19 Januari 2023

Yang menyatakan

Wiji Rahayu

190210102117

**SKRIPSI**

**PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP pH, MASSA JENIS, DAN KUALITAS FISIK IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp.*)**

Oleh:

**Wiji Rahayu**

**NIM 190210102117**

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH, Massa Jenis, Dan Kualitas Fisik Ikan Kembung (*Ratrelliger* sp.)” karya Wiji Rahayu telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 19 Januari 2023

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim penguji:

Ketua

Sekretaris

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

Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd.  
NIP 19610824 198601 1 001

Anggota I

Anggota II

Dr. Yushardi, S.Si., M.Si.  
NIP 19650420 199512 1 001

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

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Bambang Soepeno, M.Pd  
NIP 19600612 198702 1 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH, Massa Jenis, Dan Kualitas Fisik Ikan Kembung (*Rastrelliger Sp.*).** Wiji Rahayu; 190210102117; 2023; 127 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) merupakan ikan pelagis kecil yang tersebar hampir seluruh perairan laut Jawa yang banyak ditangkap oleh nelayan karena banyak diminati masyarakat untuk dikonsumsi guna pemenuhan gizi sehari-hari. Disamping kelebihannya ketahanan ikan kembung sangat terbatas sehingga menyebabkan ikan kembung cepat mengalami kerusakan dan kemunduran mutu dengan cepat. Berbagai metode pengawetan yang telah dilakukan untuk menjaga kualitas mutu ikan kembung, mulai dari pemindangan, perendaman, dan bahkan memakai bahan pengawet yang berbahaya seperti formalin. Namun, metode tersebut tergolong metode yang dapat mengawetkan bahan pangan dengan merubah tekstur dan kandungan gizi pada ikan itu sendiri. Oleh karena perlu adanya inovasi baru untuk mengawetkan ikan kembung seperti menggunakan paparan medan magnet ELF. Pengawetan bahan pangan dengan bantuan medan magnet dapat mengubah pertumbuhan dan membunuh bakteri pathogen yang menyebabkan pembusukan sehingga waktu simpan ikan kembung dapat diperpanjang. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH, massa jenis, dan kualitas fisik ikan kembung (*Rastrelliger sp.*).

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen laboratorium dengan menggunakan desain penelitian rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian ini membandingkan dua kelompok yang terdiri dari kelompok kontrol dimana kelompok ini tidak diberi paparan medan magnet ELF dengan kelompok eksperimen yang diberi paparan medan magnet ELF intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 60 menit dan 120 menit dan pengamatan dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah dipapar medan magnet ELF dan pengukurannya dilakukan 3 kali pengulangan. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ikan

kembung sebanyak 50 ikan. Terdapat tiga indikator yang dilakukan dalam penelitian yaitu pH, massa jenis dan kualitas ikan kembung. Teknis analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif, uji *One Way Anova* kemudian dilanjutkan uji LSD (*Least Significance Different*) menggunakan IBM SPSS Statistics 26.

Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa paparan medan magnet ELF erpengaruh terhadap pH, massa jenis dan kualitas fisik ikan kembung. Paparan medan magnet ELF mampu mempertahankan mutu ikan kembung dengan cara menekan pertumbuhan bakteri pathogen. Hal ini dibuktikan dengan kelompok eksperimen yang diberi paparan medan magnet ELF mengalami kenaikan nilai rata-rata pH ikan kembung secara stabil jika dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pada nilai massa jenis kelompok eksperimen juga memperoleh nilai yang cukup dalam mempertahankan massa jenisnya disbanding dengan kelompok kontrol. Selain itu, pada pengukuran kualitas fisik ikan kembung meliputi tekstur kenampakkan dan aroma ikan memiliki penurunan nilai rata-rata setiap waktu pengamatan. Hasil yang diperoleh adalah kelompok kontrol memperoleh nilai rata-rata yang rendah disbanding dengan kelompok eksperimen yang memperoleh dan mempertahankan nilai rata-rata yang baik sehingga mutu ikan dapat terjaga. Hal ini disebabkan kelompok eksperimen yang diberi paparan medan magnet ELF mampu menekan pertumbuhan bakteri pathogen.

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF dapat memepengaruhi nilai rata-rata pH, massa jenis, dan kualitas fisik ikan kembung. Intensitas yang paling memiliki potensi untuk mempertahankan nilai pH, massa jenis dan kualitas fisik ikan kembung yaitu intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit. Sedangkan Intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit dan 120 menit serta intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit belum berpotensi dalam memepertahankan kenaikan nilai rata-rata pH ikan kembung.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH, Massa Jenis, dan Kualitas Fisik Ikan Kembang (*Ratrelliger* sp.)”. 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 terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Bambang Soepeno, M.Pd. selaku dekan FKIP Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember;
4. Dr. Sudarti, M.Kes. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Dr. Sudarti, M.Kes. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd. selaku Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran demi terlaksanakannya penyusunan skripsi ini;
6. Dr. Yushardi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Trapsilo Prihandono, M.Si. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan demi terselesaikan skripsi ini;
7. Bapak dan ibu dosen Pendidikan fisika yang sudah memberikan ilmu selama menjadi mahasiswa;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu.

Jember, 19 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....   | i       |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                                   | ii      |
| <b>HALAMAN MOTTO</b> .....   | iii     |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                                    | iv      |
| <b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....                                    | v       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                    | vi      |
| <b>RINGKASAN</b> .....   | vii     |
| <b>PRAKATA</b> .....   | ix      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | x       |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | xiii    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....   | xiv     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                       | xv      |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....                                    | 1       |
| <b>1.1 Latar Belakang</b> .....                                    | 1       |
| <b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....                                   | 5       |
| <b>1.3 Batasan Masalah</b> .....                                   | 5       |
| <b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....                                 | 5       |
| <b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....                                | 6       |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                               | 7       |
| <b>2.1 Gelombang Elektromagnetik ELF</b> .....                     | 7       |
| 2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik ELF .....                 | 7       |
| 2.1.2 Medan Listrik dan Medan Magnet .....                         | 8       |
| 2.1.3 Persamaan Maxwell .....                                      | 10      |
| 2.1.4 Energi Elektromagnetik dan Vektor Poynting .....             | 12      |
| <b>2.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF</b> .....       | 14      |
| <b>2.3 Medan Magnet Pada Current Transformer</b> .....             | 16      |
| <b>2.4 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Biologis</b> ..  | 17      |
| <b>2.5 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Bakteri</b> .... | 19      |
| <b>2.6 Pemanfaatan Medan Magnet ELF Dalam Teknologi Pangan</b>     | 21      |
| <b>2.7 Ikan Kembung</b> .....                                      | 22      |
| <b>2.8 Indikator Pembusukan Ikan Kembung</b> .....                 | 27      |

|  |    |
|--|----|
| 2.8.1 Derajat Keasaman (pH) .....                      | 28 |
| 2.8.2 Massa Jenis / Densitas .....                     | 29 |
| 2.8.3 Kualitas Fisik.....                              | 30 |
| <b>2.9 Kerangka Konseptual</b> .....                   | 32 |
| <b>2.10 Hipotesis Penelitian</b> .....                 | 33 |
| <b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....              | 34 |
| <b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....           | 34 |
| <b>3.2 Jenis dan Desain Penelitian</b> .....           | 34 |
| 3.2.1 Jenis Penelitian .....                           | 34 |
| 3.2.2 Desain Penelitian .....                          | 34 |
| <b>3.3 Variabel Penelitian</b> .....                   | 37 |
| 3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian .....            | 37 |
| 3.3.2 Devinisi Operasional Variabel Penelitian .....   | 37 |
| <b>3.4 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....             | 39 |
| 3.4.1 Alat Penelitian .....                            | 39 |
| 3.4.2 Bahan Penelitian .....                           | 40 |
| <b>3.5 Populasi dan Sampel Penelitian</b> .....        | 40 |
| 3.5.1 Populasi Penelitian .....                        | 40 |
| 3.5.2 Sampel Penelitian .....                          | 40 |
| <b>3.6 Prosedur Penelitian</b> .....                   | 41 |
| 3.6.1 Tahap Persiapan.....                             | 41 |
| 3.6.2 Tahap Perlakuan .....                            | 41 |
| 3.6.3 Tahap Penyimpanan .....                          | 43 |
| 3.6.4 Tahap Pengukuran .....                           | 43 |
| 3.6.5 Alur Penelitian.....                             | 45 |
| <b>3.7 Metode Analisa Data</b> .....                   | 48 |
| 3.7.1 Tabel Hasil Pengukuran dan Pengamatan .....      | 48 |
| 3.7.2 Teknik Analisa Data .....                        | 51 |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....               | 52 |
| <b>4.1 Hasil Penelitian</b> .....                      | 52 |
| 4.1.1 Deskripsi Data Hasil Analisis Pengukuran pH..... | 52 |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.1.2 Deskripsi Data Hasil Analisis Pengukuran Massa Jenis .....  | 55        |
| 4.1.3 Deskripsi Data Hasil Analisis Pengukuran Kualitas Fisik ....  | 59        |
| <b>4.2 Hasil Analisis Data .....</b>  | <b>66</b> |
| 4.2.1 Hasil Analisis Data Pengaruh Paparan Medan Magnet<br>ELF terhadap pH ikan Kembung .....             | 66        |
| 4.2.2 Hasil Analisis Data Pengaruh Paparan Medan Magnet<br>ELF terhadap Massa Jenis ikan Kembung .....    | 69        |
| 4.2.3 Hasil Analisis Data Pengaruh Paparan Medan Magnet<br>ELF terhadap Kualitas Fisik ikan Kembung ..... | 72        |
| <b>4.3 Pembahasan .....</b>   | <b>77</b> |
| 4.3.1 Pengaruh Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF<br>terhadap pH ikan Kembung .....                        | 77        |
| 4.3.2 Pengaruh Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF<br>terhadap Massa Jenis ikan Kembung .....               | 80        |
| 4.3.3 Pengaruh Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF<br>terhadap Kualitas Fisik ikan Kembung .....            | 81        |
| <b>BAB 5. PENUTUP .....</b>   | <b>86</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 86        |
| 5.2 Saran .....   | 87        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>88</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>   | <b>98</b> |

**DAFTAR TABEL**

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Perbedaan Medan Listrik dan Medan Magnet .....                  | 10      |
| Tabel 2.2 Hasil penelitian Pemanfaatan Medan Magnet ELF Terhadap Pangan . | 21      |
| Tabel 2.3 Kandungan Gizi Ikan Kembung.....                                | 24      |
| Tabel 2.4 Ciri-ciri ikan segar dan ikan busuk secara organoleptik .....   | 32      |
| Tabel 3.1 Data Hasil pengamatan Ikan Kembung Sebelum Perlakuan .....      | 48      |
| Tabel 3.2 Data Hasil Pengukuran pH Ikan Kembung.....                      | 48      |
| Tabel 3.3 Data Hasil Pengukuran Massa Jenis Ikan Kembung .....            | 49      |
| Tabel 3.4 Data Hasil Pengamatan Kualitas Fisik Ikan Kembung.....          | 49      |
| Tabel 4.1 Data Nilai Rata-rata pH Ikan Kembung.....                       | 52      |
| Tabel 4.2 Data Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembung .....             | 56      |
| Tabel 4.3 Data Nilai Rata-rata Tekstur Ikan Kembung .....                 | 59      |
| Tabel 4.4 Data Nilai Rata-rata Kenampakkan Ikan Kembung .....             | 62      |
| Tabel 4.5 Data Hasil Pengukuran Aroma Ikan Kembung .....                  | 64      |
| Tabel 4.6 Uji Normalitas Data pH Ikan Kembung .....                       | 66      |
| Tabel 4.7 Uji One Way Anova Ikan Kembung.....                             | 67      |
| Tabel 4.8 Uji Anova Multiple Comparisons Post Hoc Data pH Ikan Kembung .. | 68      |
| Tabel 4.9 Uji Normalitas Data Massa Jenis Ikan Kembung .....              | 70      |
| Tabel 4.10 Uji Mann Whitney Data Massa Jenis Ikan Kembung.....            | 71      |
| Tabel 4.11 Uji <i>Kruskal-Wallis</i> Data Massa Jenis Ikan Kembung.....   | 72      |

**DAFTAR GAMBAR**

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Arah Perambatan Gelombang Elektromagnetik.....                   | 7       |
| Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....                          | 8       |
| Gambar 2.3 ELF Electromagnetic Source .....                                 | 16      |
| Gambar 2.4 Morfologi Ikan Kembung .....                                     | 23      |
| Gambar 2.5 Mekanisme Pembusukan Ikan Kembung.....                           | 26      |
| Gambar 2.6 Kerangka Konseptual.....   | 33      |
| Gambar 3.1 Desain Penelitian.....   | 36      |
| Gambar 3.2 Electromagnetic Field Tester .....                               | 43      |
| Gambar 3.3 pH meter.....  | 44      |
| Gambar 3.4 Alur Penelitian.....   | 47      |
| Gambar 4.1 Diagram Nilai Rata-rata pH Ikan Kembung .....                    | 53      |
| Gambar 4.2 Diagram Nilai Rata-rata Nilai pH Ikan Kembung Jam ke-8.....      | 54      |
| Gambar 4.3 Diagram Nilai Nilai pH Ikan Kembung Jam ke-20.....               | 54      |
| Gambar 4.4 Diagram Nilai Massa Jenis Ikan Kembung.....                      | 56      |
| Gambar 4.5 Diagram Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembung Jam ke-8.....   | 57      |
| Gambar 4.6 Diagram Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembung Jam ke-20.....  | 58      |
| Gambar 4.7 Diagram Nilai Rata-rata Pengamatan Tekstur Ikan Kembung.....     | 60      |
| Gambar 4.8 Diagram Nilai Rata-rata Pengamatan Kenampakkan Ikan Kembung..... | 62      |
| Gambar 4.9 Diagram Nilai Rata-rata Pengamatan Aroma Ikan Kembung.....       | 64      |

**DAFTAR LAMPIRAN**

|   | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran A. Matriks Penelitian.....                                       | 98      |
| Lampiran B. Lembar Penilaian Organoleptik Ikan Segar.....                 | 102     |
| Lampiran C. Surat Izin Pengamatan.....                                    | 104     |
| Lampiran D. Kegiatan Penelitian.....                                      | 105     |
| Lampiran E. Data Hasil Analisis Penelitian.....                           | 107     |
| Lampiran F. Data Hasil Penelitian.....                                    | 109     |
| Lampiran F.1 Tabel Pengukuran Nilai Rata-rata pH Ikan Kembung.....        | 109     |
| Lampiran F.2 Tabel Pengukuran Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembung... | 115     |
| Lampiran F.3 Tabel Pengukuran Nilai Rata-rata Kenampakkan Ikan Kembung    | 121     |
| Lampiran F.4 Tabel Pengukuran Nilai Rata-rata Aroma Ikan Kembung.....     | 124     |
| Lampiran F.5 Tabel Pengukuran Nilai Rata-rata Tekstur Ikan Kembung.....   | 126     |

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai spektrum rendah dengan frekuensi 0-300 Hz (Muharromah *et al.*, 2018). Gelombang elektromagnetik terdiri dari gabungan antara medan listrik dan medan magnet yang berasilasi dan membawa energi dari satu tempat ketempat lainnya tanpa menggunakan medium perantara (Young dan Freedman, 2015). Medan listrik mempunyai karakteristik yaitu terhalangi, artinya intensitas medan listrik mengalami penurunan apabila terhalangi suatu benda. Medan magnet memiliki karakteristik tidak mudah terhalangi dan mampu menembus benda dengan mudah (Nur *et al.*, 2022). Karakteristik medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) adalah mampu menembus hampir semua material, termasuk material biologis tanpa memecah ion-ion di dalamnya (Sudarti *et al.*, 2018). Radiasi medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) termasuk salah satu jenis radiasi *non ionizing* karena memiliki energi yang sangat kecil, sehingga dapat menimbulkan efek *non thermal* yang artinya tidak menyebabkan terjadi perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi suatu sistem (Agustina *et al.*, 2018).

Pemanfaatan medan magnet ELF telah dilakukan dalam berbagai bidang salah satunya bidang pangan. Pada bidang pangan sendiri pemanfaatannya berupa pengawetan. Penelitian terkait pemanfaatan paparan medan magnet ELF terhadap bahan pangan memberikan hasil yang baik, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Sudarti *et al.* (2020) menjelaskan bahwa paparan medan magnet ELF intensitas 730,56  $\mu\text{T}$  dan 880  $\mu\text{T}$  selama 60 menit secara berturut-turut terbukti dapat menurunkan pertumbuhan bakteri hingga 73% dan 62% pada ikan bandeng. Penelitian yang dilakukan Laksmiari (2020) menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF dengan intensitas 1000  $\mu\text{T}$  selama 15 menit dapat mempertahankan nilai pH dan kualitas fisik dengan indikator tekstur, aroma serta warna sayatan pada ikan tongkol dapat terjaga. Penelitian lainnya dilakukan oleh Elsavana *et al.* (2022) menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF intensitas 900  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 120 menit merupakan kelompok yang stabil dalam mempertahankan nilai

pH rata-rata ikan pindang layang. Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penerapan medan magnet ELF dapat bermanfaat mempertahankan kualitas bahan pangan. Hal ini karena medan magnet ELF mampu menghambat perkembangan bakteri pada bahan pangan. Namun, pemanfaatan paparan medan magnet ELF untuk meningkatkan ketahanan ikan kembung belum dijelaskan secara ilmiah sehingga hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat menjadi acuan bagi peneliti untuk mengkaji lebih dalam terkait pemanfaatan medan magnet ELF terhadap ketahanan ikan kembung.

Ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) merupakan ikan pelagis kecil yang banyak ditangkap oleh nelayan Indonesia dan banyak diminati masyarakat untuk dikonsumsi sehari-hari karena gizinya yang cukup tinggi dan harganya ekonomis (Fadhli *et al.*, 2020). Menurut Badan Ketahanan Pangan Provinsi DIY (2013), komposisi gizi ikan kembung yaitu setiap 100 gram daging ikan kembung mengandung air sebanyak 76 %, protein 22 g, lemak 1 g, kalsium 20 mg, pospor 200 mg, besi 1g, vitamin A 30 SI, dan vitamin B1 0,05 mg. Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan dalam Batubara *et al.* (2021), jumlah tangkapan ikan kembung di Indonesia mencapai 214.387-291.863 ton pada tahun 2001-2011. Tingginya volume produksi hasil tangkap perikanan mengharuskan nelayan maupun pedagang untuk menjaga mutu ikan.

Ikan tergolong organisme yang cepat mengalami pembusukan karena terdapat faktor-faktor intrinsik dan ekstrinsik yang mempengaruhinya. Faktor intrinsik pemicu pembusukan ikan adalah tingginya kadar air, rendahnya kadar kolagen, tingginya kadar lemak tak jenuh dan komposisi nitrogen terurai dalam tubuh ikan. Sedangkan faktor ekstrinsik yang memicu pembusukan ikan yaitu lokasi penangkapan, musim, dan metode penangkapan (Batubara *et al.*, 2021). Aksi enzimatik dan bakteri juga merupakan faktor dalam kemunduran mutu pada ikan. Kedua aksi tersebut menguraikan komponen penyusun jaringan tubuh pada ikan, sehingga menghasilkan perubahan fisik seperti daging ikan menjadi lunak dan perubahan kimia yang menghasilkan senyawa mudah menguap dan berbau busuk (Alianti *et al.*, 2018). Faktor lain dalam penentuan pembusukan ikan kembung yaitu potensial hydrogen (pH) (Purnawati *et al.*, 2021). pH adalah suatu nilai yang

menyatakan kebasaaan atau keasamaan suatu material. Mikroba akan tumbuh baik pada pH sekitar netral yaitu pada pH 4,6-7,0, dimana pH tersebut merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri (Nurhasanah, 2018). Ikan merupakan bahan pangan yang mempunyai nilai pH 4,6 atau lebih dari pH normal sehingga perlu mendapatkan perlakuan pengawetan secara hati-hati karena mudah mengalami kerusakan oleh bakteri (Purnawati *et al.*, 2021). Pada proses pembusukan ikan, perubahan pH daging sangat besar perannya karena berpengaruh terhadap proses autolisis dan penyerangan bakteri (Nurimala *et al.*, 2018). Perubahan yang terjadi didalam pH yaitu memodifikasi fungsi gugus dari asam amino serta mengganggu ikatan hidrogen, memperkenalkan denaturasi serta menghambat aktivitas bakteri (Isnawati dan Trimulyono, 2018).

Ikan kembung hasil tangkapan nelayan tidak bisa bertahan lebih dari 6 - 7 jam dalam suhu ruang (Efeendi, 2012). Kandungan air pada ikan kembung yang cukup tinggi mengakibatkan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi* berkembang biak dengan baik (Sartika *et al.*, 2019). Hal tersebut dapat mempercepat proses pembusukan pada ikan. Kesegaran ikan tidak dapat ditingkatkan tetapi bisa dipertahankan proses perubahannya (Tamuu, 2014). Oleh karena itu, ikan kembung yang baru saja ditangkap harus segera diolah. Jika ikan dibiarkan dalam suhu terbuka dan tidak segera diolah maka ikan akan mengalami proses pembusukan yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dengan cepat. Mudahnya kerusakan ikan kembung menjadi kendala masyarakat maupun penjual ikan yang ada di pasar, maka perlu adanya upaya untuk mengawetkan ikan kembung sehingga kesegarannya dapat dipertahankan lebih lama. Kemunduran mutu ikan dapat dikelompokkan menjadi tiga tahap, yaitu tahap *pre-rigormortis*, *rigormortis* dan *post-rigormortis* (Afrianto dan Liviawaty, 2010). Manurung *et al.* (2017) menjelaskan bahwa sudah banyak metode atau teknik pengawetan yang dilakukan untuk memperpanjang daya simpan ikan kembung mulai dari pemindangan (Kristanto *et al.*, 2017), perendaman (Florensia *et al.*, 2012), penambahan oven steam pada ikan kembung (Hidayat *et al.*, 2020), penambahan asap cair tempurung kelapa pada ikan kembung (Himawati *et al.*, 2018) dan bahkan memakai bahan yang berbahaya seperti formalin (Simanjuntak *et al.*, 2022).

Beberapa metode alternatif pengawetan ikan kembung diatas masih termasuk dalam metode thermal. Pengawetan secara termal merupakan pengawetan makanan yang dapat merubah tekstur, rasa dan kandungan gizi pada keadaan asli ikan (Listanti *et al.*, 2021). Maka dari itu diperlukan alternatif pengawetan secara non termal seperti penggunaan medan magnet ELF.

Pengawetan bahan pangan dengan bantuan medan magnet ELF dapat menghambat pertumbuhan bakteri pathogen dan bakteri pembusuk sehingga ikan akan lebih lama mengalami pembusukan. Bakteri pathogen merupakan bakteri yang dapat menyebabkan penyakit serta mempengaruhi aspek kualitas dan kemunduran mutu produk perikanan (Ihsan *et al.*, 2018). Kematian sel-sel mikroba pathogen akibat pemberian medan magnet dipengaruhi oleh kerusakan struktur sel (Sari *et al.*, 2018). Selain itu, medan magnet ELF mampu menyebabkan peningkatan suhu produk makanan dan mampu menghambat penurunan nilai pH tanpa merusak kualitas bahan pangan sehingga struktur, aroma, dan warna tetap terjaga (Ihsan, 2021). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi medan magnet pada intensitas rendah dapat meningkatkan poliferasi sel tetapi pada intensitas tinggi dapat menghambat pertumbuhan sel (Anton, 2015). Hal ini telah dibuktikan dengan penelitian Laksmiari *et al.* (2022) dimana warna daging ikan tuna yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 1000  $\mu$ T selama 15 menit dapat bertahan dengan waktu 5 sampai 7 jam atau dibutuhkan waktu 9 jam dari waktu yang didapat dari nelayan. Penelitian lainnya yaitu Wang *et al.* (2022) menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF-PEF dapat menghambat penurunan kualitas ikan nila selama proses penyimpanan sehingga daya simpanya dapat diperpanjang 1 sampai 2 hari.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka perlu adanya eksperimen atau penelitian untuk mengkaji dampak paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan intensitas 700  $\mu$ T dan 1200  $\mu$ T dengan lama paparan 60 menit dan 120 menit terhadap pengawetan ikan kembung. Judul penelitian yang akan dilakukan yaitu “ **Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH, Massa Jenis, Dan Kualitas Fisik Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*)** ”.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Apakah medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) intensitas 700  $\mu\text{T}$  1200  $\mu\text{T}$  berpengaruh terhadap nilai pH ikan kembung?
- b. Apakah medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) intensitas 700  $\mu\text{T}$  1200  $\mu\text{T}$  berpengaruh terhadap massa jenis ikan kembung?
- c. Apakah medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) intensitas 700  $\mu\text{T}$  1200  $\mu\text{T}$  berpengaruh terhadap kualitas fisik ikan kembung?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Intensitas medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) yang digunakan yaitu 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$ .
- b. Lama paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) yaitu selama 60 menit dan 120 menit.
- c. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ikan kembung segar yang baru ditangkap oleh nelayan di Puger, Kabupaten Jember.

## 1.4 Tujuan Penelitian

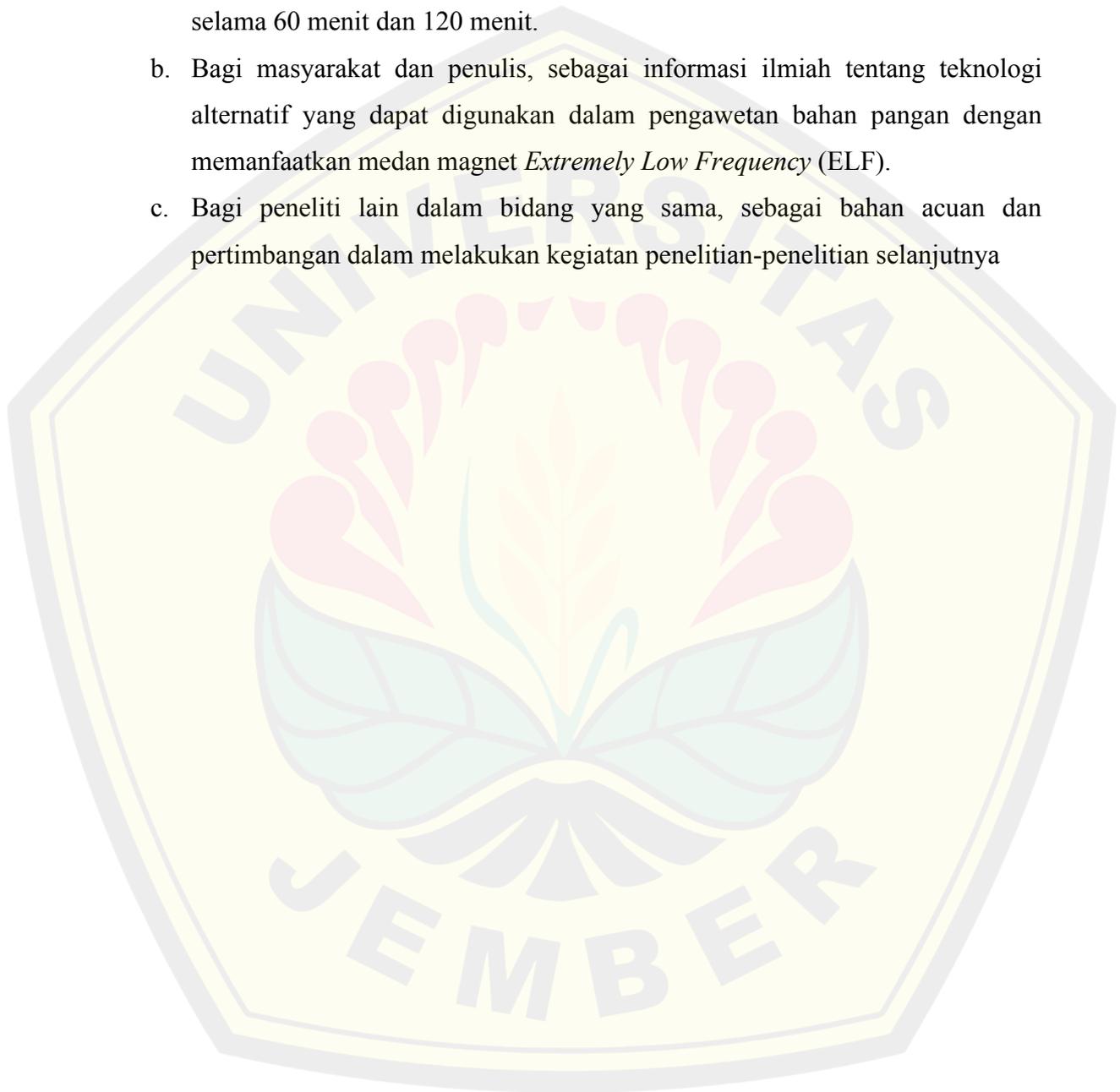
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  selama 60 menit dan 120 menit terhadap nilai pH ikan kembung.
- b. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  selama 60 menit dan 120 menit terhadap massa jenis ikan kembung.
- c. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  selama 60 menit dan 120 menit terhadap kualitas fisik ikan kembung.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Dalam bidang akademik, sebagai informasi ilmiah tentang medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  selama 60 menit dan 120 menit.
- b. Bagi masyarakat dan penulis, sebagai informasi ilmiah tentang teknologi alternatif yang dapat digunakan dalam pengawetan bahan pangan dengan memanfaatkan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF).
- c. Bagi peneliti lain dalam bidang yang sama, sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam melakukan kegiatan penelitian-penelitian selanjutnya

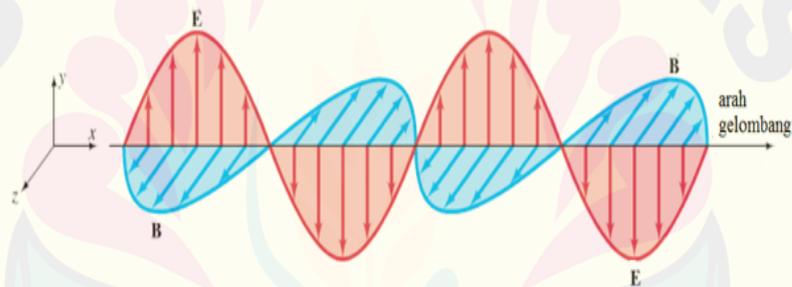


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gelombang Elektromagnetik ELF

#### 2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik ELF

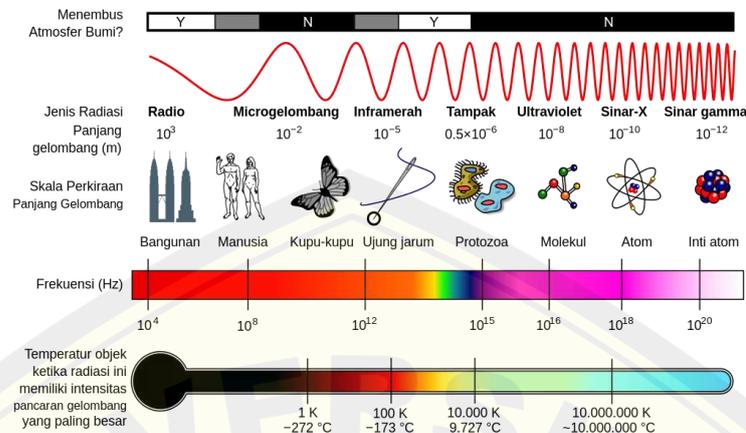
Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan suatu gelombang elektromagnetik yang mempunyai spektrum rendah dengan frekuensi 0-300 Hz (Muharromah *et al.*, 2018). Gelombang elektromagnetik terdiri dari kombinasi antara medan listrik dan medan magnet yang berosilasi dan membawa energi dari satu tempat ketempat lainnya tanpa memerlukan medium perantara. Gelombang elektromagnetik terdiri atas medan listrik yang tegak lurus dengan medan magnet dan keduanya tegak lurus dengan rambatannya (Young dan Freedman, 2015). Berikut contoh gambar dari medan listrik dan medan magnet pada gelombang elektromagnetik.



Gambar 2.1 Arah perambatan gelombang elektromagnetik  
(Sumber : Giancoli, 2014)

Gelombang elektromagnetik pada gambar 2.1 merupakan sifat sinusoidal gelombang yang menunjukkan kuat medan yang dipetakan sebagai fungsi posisi. Kuat medan listrik serta medan magnet dalam gelombang elektromagnetik **E** dan **B** saling tegak lurus (Ridawati, 2017). Bentuk tatanan seluruh gelombang elektromagnetik didasarkan frekuensi dan panjang gelombangnya yang disebut sebagai spektrum elektromagnetik. Sumber gelombang secara alami dihasilkan oleh matahari dan bumi yang dipancarkan melalui spektrum gelombang seperti gelombang radio, gelombang mikro, sinar ultraviolet, cahaya tampak, sinar X, dan sinar gamma. Sedangkan sumber gelombang secara buatan diperoleh dari peralatan listrik rumah tangga (Giancoli, 2014). Spektrum dapat muncul akibat dari

perbedaan panjang gelombang dan frekuensi namun dengan kecepatan yang sama (Ridawati, 2017). Berikut contoh gambar spektrum gelombang elektromagnetik.



Gambar 2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik  
(Sumber : Pramudito, 2020)

### 2.1.2 Medan Listrik dan Medan Magnet

#### a. Medan Listrik

Medan listrik ditimbulkan dari perbedaan voltase, semakin tinggi voltase maka semakin kuat medan yang dihasilkan. Medan listrik dapat ditimbulkan lebih dari satu muatan listrik. Suatu benda bermuatan listrik akan menimbulkan medan listrik disekitarnya (Nuriyah dan Juwono, 2017). Medan listrik sifatnya terhalangi, artinya suatu intensitas medan listrik akan mengalami penurunan jika terhalangi oleh suatu benda. Medan listrik merupakan besaran vektor yang memiliki nilai dan arah. Besarnya suatu medan di setiap titik merupakan gaya per satuan muatan (Hewitt, 2008). Medan listrik ditimbulkan oleh perbedaan tegangan. Semakin tinggi tegangan, semakin kuat medan listrik yang akan dihasilkan (WHO, 2007). Secara operasional medan listrik  $E$  diartikan sebagai pengukuran gaya  $F$  yang diberikan pada muatan uji positif yang kecil  $q_0$  pada titik di dalam ruang yang akan diselidiki. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (2.1)$$

(Nuriyah dan Juwono, 2017)

**E** dan **F** merupakan sebuah vektor, sedangkan  $q_0$  adalah sebuah skalar. Hal ini menunjukkan bahwa arah **E** adalah arah **F**, yang menyatakan arah sebuah muatan positif yang diam dan ditempatkan pada titik tersebut cenderung bergerak atau medan listrik pada semua titik dalam ruang merupakan vektor yang arahnya merupakan arah muatan di titik tersebut, dan besarnya yaitu gaya per satuan muatan (Halliday, 2013).

b. Medan Magnet

Medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak. Interaksi magnet dasar merupakan gaya magnetik satu muatan bergerak yang diarahkan pada muatan bergerak lainnya. Gaya magnetik dihasilkan dari arus listrik. Adanya medan magnet di dalam ruang dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan. Apabila suatu muatan  $q$  bergerak dengan memiliki kecepatan  $v$  dalam medan magnetik, maka akan ada gaya yang bergantung pada  $q$  sebesar arah dan kecepatannya. Dengan kata lain jika suatu muatan  $q$  bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam medan magnetik **B**, gaya magnetik **F** pada muatan adalah:

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

(Giancoli, 2014)

Persamaan diatas berfungsi sebagai definisi dari medan magnet **B**, menunjukkan besar dan arah keduanya. Paparan medan magnet yang ditimbulkan oleh suatu sumber terhadap medium diberikan oleh besaran kuat medan magnet **H**. Besar induksi magnet **B** pada sebuah medium secara sistematis adalah sebagai berikut:

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

Dimana  $\mu_0$  merupakan permeabilitas dari suatu bahan (Nuriyah dan Juwono, 2017).

Medan magnet dipengaruhi oleh gerak dari perpindahan muatan. Kekuatannya diukur dalam satuan ampere per meter (A/m) atau dalam istilah induksi magnetik yang diukur dalam satuan Tesla (T), mili Tesla (mT) atau mikro tesla ( $\mu$ T) (Nuriyah dan Juwono, 2017). Medan magnet bersifat tidak menghalangi dan mampu menembus benda penghalang seperti genting, tembok bangunan,

pepohonan, maupun tubuh manusia dan akan mengalami penurunan secara linier terhadap jarak dari sumber paparan (Sudarti, 2015). Menurut Nuriyah dan Juwono, (2017) perbedaan medan magnet dan medan listrik dapat dilihat pada tabel 2.1:

Table 2.1 Perbedaan Medan Listrik dan Medan Magnet

| Medan Magnet  | Medan Listrik  |
|---|--|
| Medan magnet berasal dari aliran arus listrik   | Medan listrik berasal dari tegangan listrik  |
| Kekuatan medan magnet memiliki satuan ampere per meter (A/m) dan kepadatan fluks dalam mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ) atau militesla (mT). | Kekuatan medan listrik memiliki satuan ampere per meter (A/m) dan kepadatan fluks dalam mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ) atau militesla (mT). |
| Medan magnet timbul setelah perangkat listrik dihidupkan  | Medan listrik dapat timbul bahkan pada saat perangkat listrik dalam keadaan mati   |
| Kekuatan medan magnet semakin lemah jika semakin jauh dari sumbernya  | Kekuatan medan listrik semakin lemah jika semakin jauh dari sumbernya  |
| Medan magnet tidak dilemahkan oleh material tertentu  | Sebagian bahan bangun dapat melemahkan medan listrik hingga batas tertentu   |

(Sumber: Nuriyah dan Juwono, 2017)

### 2.1.3 Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell merupakan persamaan dasar untuk elektromagnetisme. Maxwell menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik adalah konsekuensi alami dari hukum dasar yang dinyatakan dalam empat persamaan. Persamaan Maxwell dianggap sebagai suatu pencapaian besar bagi pemikiran manusia, hal ini karena seluruh karakteristik elektromagnetik tertampung dalam empat persamaan tersebut (Giancoli, 2014). Persamaan Maxwell meliputi Hukum Gauss pada medan listrik, Hukum Gauss pada medan magnetik, Hukum Faraday, dan Hukum Ampere (Sudaryanto, 2009). Keempat persamaan matematis Maxwell tersebut dalam Guenther (1990) sebagai berikut:

#### a. Persamaan I Maxwell

Persamaan I Maxwell disebut juga Hukum Gauss pada medan listrik yang menyatakan bahwa jumlah muatan yang terkandung dalam permukaan tertutup sama dengan jumlah garis fluks yang keluar melalui permukaan (Guenther, 1990). Hukum ini menerangkan bagaimana muatan listrik dapat menciptakan dan mengubah medan listrik. Muatan listrik cenderung bergerak dari muatan positif ke muatan negatif. Muatan-muatan tersebut menciptakan medan listrik yang dianggap

oleh muatan lain melalui gaya listrik. Hukum Gauss pada medan listrik dapat dinyatakan:

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (2.4)$$

Dimana  $\rho$  adalah nilai kerapatan dan  $D$  perpindahan elektrik (Guenther, 1990).

b. Persamaan II Maxwell

Persamaan II Maxwell (Hukum Gauss tentang magnetik), di dalam magnet tidak ada sumber tunggal, tidak seperti listrik yang memiliki muatan (+) saja atau negatif (-) saja, dalam magnet keduanya selalu berpasangan utara (U) dan selatan (S). jika hukum Gauss diterapkan pada suatu medan magnet, maka jumlah fluks magnetik yang masuk menembus permukaan Gauss akan sama dengan jumlah fluks magnet yang keluar, sehingga total fluks akan sama dengan nol (Ishaq, 2007). Persamaan ini menjelaskan bahwa garis-garis medan magnetik tidak memancar dari titik manapun dalam ruang atau mengumpul ke sembarang titik (Tipler, 2001). Secara matematis Persamaan II Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (2.5)$$

Dimana  $B$  merupakan medan magnet dan nilai nol berarti pada kenyataannya magnetic setara dengan muatan tunggal yang tidak diamati (Guenther, 1990).

c. Persamaan III Maxwell

Persamaan III Maxwell (Hukum Faraday tentang induksi magnetik) menjelaskan bagaimana garis-garis medan listrik mengelilingi setiap area di mana fluks magnetik berubah, dan hukum ini menghubungkan vektor medan listrik  $E$  dengan laju perubahan vektor medan magnetik  $B$  (Tipler, 2001). Persamaan ini menggambarkan medan magnet yang berubah terhadap waktu. Dalam konsep fluks menyatakan bahwa medan listrik disekitar rangkaian setara dengan perubahan fluks magnetik yang ada dalam rangkaian tersebut. Secara matematis persamaan III Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times E + \frac{\partial B}{\partial t} = 0 \quad (2.6)$$

(Guenther, 1990).

## d. Persamaan IV Maxwell

Persamaan IV Maxwell (Hukum Ampere) Hukum ini menjelaskan bagaimana garis-garis medan magnetik mengelilingi suatu luasan yang dilewati suatu atau luasan dimana fluks listrik sedang berubah (Tipler, 2001). Hukum Ampere adalah hubungan yang digunakan untuk menghitung arus dalam konduktor karena medan magnet yang terdapat di lingkaran sekitar konduktor (Guenther, 1990). Secara matematis persamaan IV Maxwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (2.7)$$

Keterangan :

D = perpindahan dielektrik

H = intensitas medan magnet

J = rapat arus

(Guenther, 1990).

## 2.1.4 Energi Elektromagnetik dan Vektor Poynting

Gelombang elektromagnetik membawa energi dari satu daerah ruang ke tempat yang lain. Energi ini berhubungan dengan medan magnet dan listrik yang bergerak (Giancoli, 2014). Kerapatan energi ( $J/m^3$ ) yang tersimpan dalam medan listrik  $E$  adalah:

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (2.8)$$

Dimana  $u$  adalah energi persatuan volume, sedangkan energi yang tersimpan dalam medan  $B$  adalah:

$$u = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} \quad (2.9)$$

Maka energi total yang tersimpan per satuan volume di suatu tempat dalam ruang dimana terdapat gelombang elektromagnetik adalah:

$$u = u_E + u_B \quad (2.10)$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} \quad (2.11)$$

$$u = \frac{1}{2} \left( \epsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{\mu_0} \right) \quad (2.12)$$

Karena  $c = \frac{E}{B}$  dan  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$  maka

$$u = \frac{1}{2} \left( \epsilon_0 E^2 + \frac{\epsilon_0 \mu_0 B^2}{\mu_0} \right) = \epsilon_0 E^2 \quad (2.13)$$

Kerapatan energi yang berhubungan dengan medan  $B$  mempunyai bentuk yang sama, sehingga setiap medan memberikan kontribusi setengah dari total energi. Maka kerapatan energi dalam bentuk  $B$  hanya sebagai berikut:

$$u = \epsilon_0 E^2 = \epsilon_0 c^2 B^2 = \frac{B^2}{\mu_0} \quad (2.14)$$

atau dapat ditulis dalam satu bentuk yang mengandung  $E$  dan  $B$ :

$$u = \epsilon_0 E^2 = \epsilon_0 E c B = \frac{\epsilon_0 E B}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.15)$$

atau

$$u = \frac{\epsilon_0}{\sqrt{\mu_0}} E B \quad (2.15)$$

Energi gelombang elektromagnetik merupakan energi yang disimpan dalam medan electromagnet. Artinya daya yang diberikan kepada muatan oleh pengaruh luar menyebabkan energi yang tersimpan di dalam medan  $\vec{E}$  dan medan  $\vec{B}$  akan berkurang disertai pengaliran sejumlah energi yang dibawa oleh gelombang elektromagnet. Perubahan kerapatan energi (energi tiap satuan luas penampang, setiap satuan waktu) yang dipindahkan dinyatakan dengan vektor pointing (Guenther, 2015). Intensitas gelombang elektromagnetik atau laju energi yang dipindahkan melalui gelombang elektromagnetik disebut pointing (S). Vektor Poynting, dengan besaran S atau P, didefinisikan sebagai produk vektor dari vektor medan listrik E dengan vektor medan magnetic H pada suatu gelombang elektromagnetik, yaitu:

$$S = E \times H \quad (2.16)$$

Vektor pointing termasuk besaaran vektor yang menggambarkan arah perambatan gelombang dan besarnya kerapatan energi gelombang per satuan waktu atau satuan dari vektor pointing yaitu  $J/(s \cdot m^2)$ , dari persamaan diatas maka dapat

di uraikan, yaitu:

$$H = \frac{B}{\mu} = \frac{\sqrt{\mu\epsilon}}{\mu k} k \times E \quad (2.17)$$

dimana

$$E = E_0 \cos(\omega t - k \cdot r + \Phi) \quad (2.18)$$

$$S = \frac{\sqrt{\mu\epsilon}}{\mu k} E_0 \times (k \times E_0) \cos^2 (\omega t - k \cdot r + \Phi) \quad (2.19)$$

$$= \frac{n}{\mu_0} |E_0|^2 \frac{k}{k} \cos^2 (\omega t - k \cdot r + \Phi) \quad (2.20)$$

dimana energi mengalir pada arah rambatan dinotasikan sebagai  $\frac{k}{k}$

Pada keadaan normal, S tidak dapat terdeteksi pada frekuensi sangat tinggi yang berhubungan dengan cahaya ( $\approx 10^5$ Hz) akan tetapi nilai S sementara dapat ditentukan dengan rata-rata waktu respon t dari detector yang digunakan. Waktu rata-rata S ini disebut dengan kerapatan flux yang memiliki satuan  $W/m^2$  atau bisa disebut dengan intensitas gelombang cahaya.

$$I = \langle S \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} A \cos^2 (\omega t - k \cdot r + \Phi) dt \quad (2.21)$$

(Guenther, 1990).

## 2.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik ELF

Berdasarkan teori medan elektromagnetik, bahwa disekitar kawat konduktor yang dialiri arus akan timbul medan magnet, jika arus yang mengalir adalah arus bolak-balik AC maka menurut Maxwell disekitar kawat konduktor tersebut akan timbul rambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari komponen medan listrik dan medan magnet (Handoko, 2017). Gelombang medan magnet ELF dihasilkan di sekitar aliran listrik seperti disepanjang kabel atau peralatan listrik. Radiasi gelombang elektromagnetik menjadi dua yaitu radiasi pengion (ionizing) dan radiasi bukan pengion (non-ionizing) (Kumar *et al.*, 2019). Radiasi gelombang elektromagnetik ELF termasuk radiasi non-pengion. Radiasi ini dihasilkan oleh osilasi atau gerakan suatu muatan seperti arus AC pada konduktor dari sumber PLN (Sudarti, 2015). Energi yang dihasilkan oleh radisi ELF sangat kecil sehingga

memberikan efek non-termal yang berarti medan magnet ELF tidak menghasilkan suhu tinggi pada saat menginduksi materi (Qumairoh *et al.*, 2021). Menurut World Health Organization (2014) menyatakan bahwa medan magnet ELF memiliki sifat yang tidak terhalangi atau medan magnet ELF dapat menembus benda ataupun suatu materi biologis. Radiasi medan magnet ELF dapat dikatakan bahwa medan magnet yang memiliki intensitas rendah, demikian juga energi yang menyertainya. Hal ini dikarenakan radiasi ELF merupakan radiasi non-pengion (Rosyidah *et al.*, 2017). Radiasi non-pengion yaitu radiasi yang tidak mengionisasi (memecah ion-ion) atom, radiasi ini memiliki energi yang hanya bisa mengubah struktur atom, tanpa mengionisasinya (Sudarti dan Bektiarso, 2020).

Radiasi pengion merupakan penyebaran atau emisi energi apabila melewati suatu media akan mengalami penyerapan, berkas energi radiasi tersebut tidak akan mampu untuk menginduksi proses terjadinya ionisasi dalam media tersebut (Kumar *et al.*, 2019). Menurut WHO (2014) menyatakan bahwa, panjang gelombang di udara dalam frekuensi 0 - 300 Hz sangat panjang. Medan listrik dan medan magnet bertindak sebagai independen sehingga dapat diukur secara terpisah antara satu sama lain. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa karakteristik gelombang magnet ELF adalah sebagai berikut :

- a. Termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik.
- b. Memiliki frekuensi dengan rentang 0 – 300 Hz.
- c. Termasuk radiasi non pengion
- d. Medan listrik dan medan magnet dapat diukur terpisah karena satu sama lain bertindak sebagai independen.
- e. Medan magnet tidak bisa dihalangi oleh material biasa misalnya pada dinding bangunan.
- f. Sumber paparan medan magnet mudah di dapat yaitu alat-alat elektronik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

### 2.3 Medan Magnet pada Current Transformer

Extremely low frequency (ELF) magnetic fields source merupakan seperangkat alat yang menghasilkan paparan medan magnet ELF yang terdiri dari dua unit yaitu unit transformator step down dan sangkar medan magnet ELF. Alat ini menggunakan sumber tegangan input dari PLN 220 V, kuat arus 5 A, dan frekuensi 50 Hz. Pada alat ini medan listrik dibuat dengan seminimal mungkin sehingga yang terdeteksi hanya medan magnet saja, ini dikarenakan paparan medan magnet ELF selalu diringi oleh medan listrik ELF (Ma'rufiyanti, 2014). Perangkat Transfomer step-down akan menghasilkan medan listrik minimal dengan cara menurunkan tegangan dari tegangan input 220 V menjadi tegangan 7 V dan CT (current transformer) berfungsi untuk menaikkan kuat arus listrik sehingga akan diperoleh medan magnet optimal. Kemudian dialirkan pada lempengan tembaga box medan magnet ELF sehingga akan timbul paparan medan magnet dan medan listrik di sekitar lempengan tembaga dengan arah medan magnet ELF melingkar terhadap lempengan tembaga dan medan listrik yang memancar secara divergen dari lempengan tembaga (Khoiroh, 2017). Berikut adalah gambar ELF Electromagnetic Source.



Gambar 2.3 ELF Electromagnetic Source  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

#### 2.4 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Biologis

Medan magnet elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) suatu medan yang mampu menembus hampir semua material, termasuk material biologis tanpa memecah ion-ion di dalamnya (Sudarti *et al.*, 2018). Interaksi medan magnet ELF tidak berpengaruh pada benda mati, namun berpengaruh pada materi biologis, karena medan magnet dapat mempolarisasi ion-ion didalam sel. Polarisasi merupakan suatu muatan ketika diberi medan listrik, medan itu akan memberi gaya pada muatan. Umiatin (2017) menyatakan bahwa apabila tidak terdapat medan listrik maka muatan negatif sebuah molekul terdistribusi secara simetris disekitar inti positif, hal ini dikatakan bahwa momen dipolnya nol. Berbeda apabila muatannya bergerak molekul memiliki momen dipol induksi dan bahan dikatakan mengalami polarisasi. Polarisasi sendiri dapat terjadi pada bahan konduktor dan isolator. Pada penelitian ini bahanya termasuk dalam bahan isolator sehingga, jika bahan tersebut diletakkan dalam medan listrik maka muatan negatif atau positifnya tidak akan terlepas dari ikatannya melainkan akan mengalami pergeseran dari kedudukan setimbangnya. Hal ini berarti medan magnet dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion dan polarisasi diepol-dipol di dalam sel (Pazur dan Rassadina, 2009).

Interaksi medan magnet terhadap bahan biologis seperti ikan kembung dapat berupa induksi medan dan arus listrik pada jaringan. Menurut Setyasih *et al.* (2013) menyatakan induksi medan magnet pada sel biologis dapat mengakibatkan konversi energi karena adanya interaksi *hyperfine* yaitu interaksi antara momen magnetik proton dan elektron. Pada penelitian Sudarti *et al.* (2018) menyatakan bahwa medan magnet mempengaruhi arah migrasi dan mengubah pertumbuhan, dan mengubah aliran ionik yang melalui membran sehingga mengakibatkan perubahan kecepatan reproduksi sel. Kekuatan tersebut dipengaruhi oleh beberapa indikator seperti besar intensitas, kondisi pemaparan, frekuensi, serta sifat kelistrikan jaringan biologis.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa medan magnet dapat mempengaruhi sistem biologi, khususnya sel yang mudah tereksitasi (Nawawi, 2018). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anton (2015) menyatakan

bahwa paparan medan elektromagnetik berpengaruh terhadap material genetik, ketersediaan elektrolit, proses biokimia, struktur sel, dan reproduksi sel. Paparan medan magnet mempercepat laju ion melalui fluks magnetik (Grubner, 2011). Fluks magnetik sendiri merupakan garis-garis medan magnet yang berasal dari kutub utara sumber magnet yang mampu menembus bidang datar secara tegak. Ion-ion  $Ca^{2+}$  dan  $Na^+$  pada bagian yang terpapar oleh medan magnet dalam pergerakannya akan terpengaruh dan lalu membuka gerbang saluran. Medan magnet yang bertindak terhadap membran plasma melalui media interaksi yang mempengaruhi aktivitas enzim dan jalur sinyal transduksi (Gobba dan Malagoli, 2003). Paparan medan magnet ELF mengakibatkan potensial membran dalam sel meningkat sehingga kanal kalsium yang paling berpengaruh tertutup, hal ini disebabkan membran sel bersifat *semipermeable* sehingga tidak semua unsur dapat masuk. Paparan medan magnet memberikan efek langsung terhadap proses metabolisme sel. Gaya yang diinduksi oleh medan magnet dapat mengendalikan dan mengubah laju pergerakan elektron-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  $Ca^{2+}$  dan  $Na^+$  yang terikat pada dinding sel (Albert *et al.*, 2002). Pemindahan energi dari medan magnet ELF menuju membran sel dapat mempengaruhi proses metabolisme sel seperti ion  $Ca^{2+}$ . Kandungan  $Ca^{2+}$  memiliki dampak besar terhadap pertumbuhan sel mikroorganisme karena termasuk ion yang memiliki sifat paramagnetik. Perubahan arah spin elektron dari yang acak hingga terarah merupakan akibat pengaruh dari medan magnet terhadap bahan paramagnetik.

Pemberian medan magnet ELF dapat menyebabkan suatu perubahan pergerakan dan peningkatan ion kalsium sehingga terjadi perubahan transportasi pada membrane sel. Paparan medan magnet ELF yang mengenai membran sel dapat mempengaruhi potensi membran sel, sehingga membran akan membuka gerbang saluran menuju ke inti sel. Meningkatnya kandungan ion  $Ca^{2+}$  dalam sel akan berdampak pada laju pertumbuhan bakteri. Bakteri saling menyeimbangkan satu sama lain (Barbosa, 1998). Apabila intensitas medan magnet ELF tinggi maka sel

bakteri akan lemah dan tidak dapat berkembang sehingga pertumbuhan bakteri dapat terhambat. Efek yang disebabkan oleh medan magnet yaitu akan merusak protein yang ada didalam sel. Protein yang biasa digunakan sebagai nutrisi sel atau sebagai zat 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.

### **2.5 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Bakteri**

Medan magnet dapat menghambat aktivitas metabolisme bakteri pembentuk asam dengan cara memindahkan energi dari medan magnet ke ion-ion dalam sel bakteri pembentuk asam. Pada resonansi siklotron energi di transfer secara khusus dari medan magnet ke ion-ion pada bakteri. Energi juga di transfer ke aktivitas metabolik yang melibatkan ion. Perpindahan energi ke ion menghasilkan peningkatan kecepatan serta aliran ion-ion seperti  $Ca^{2+}$  yang melewati membran sel. Daerah interaksi medan magnet adalah jaringan sel yang kebanyakan dipengaruhi oleh medan magnet. Ion-ion membawa efek medan magnet dari daerah interaksi ke jaringan dan organ lainnya. Kematian sel-sel bakteri pathogen akibat pemberian medan magnet dipengaruhi oleh kerusakan struktur sel (Sari *et al.*, 2018).

Hasil penelitian tentang paparan medan magnet ELF yang telah dikemukakan oleh peneliti menyatakan bahwa interaksi antara medan magnet dengan membran dapat menyebabkan kerusakan DNA bakteri dan penghambatan replikasinya (Gaafar, 2006). Hal ini karena paparan medan magnet ELF berinteraksi langsung dengan bakteri yang terdapat pada bahan pangan di dalam membran sel dengan cara induksi magnetik. Gaya magnet akan berinteraksi langsung dengan ion-ion penyusun membran sel. Hal ini karena ion yang ada di makhluk hidup selalu bergerak dan melakukan metabolisme. Ion dalam hal ini berperan sebagai muatan jika terkena medan magnet akan terjadi pengkutuban atau polarisasi sehingga proses biofisika dan biokimia terganggu. Efek dari medan magnet ini yaitu akan merusak protein dalam sel. Protein disini berperan 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 terhambatnya proses metabolisme sel, sehingga aktivitas bakteri terganggu. Ketika sistem biologis terkena medan magnet eksternal yang kekuatannya sangat besar akan terjadi gangguan dalam fungsi metabolismenya dapat menyebabkan kematian sel atau peningkatan pembelahan selnya (Dwiari dan Rini 2008).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Putri (2017), memiliki kesimpulan bahwa paparan medan magnet 0,2 mT dapat menurunkan aktivitas enzim protease sedangkan paparan medan magnet 0,1 mT, dengan lama paparannya 30 menit mampu meningkatkan aktivitas enzim. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kristinawati (2015) menunjukkan bahwa pengaruh lama paparan medan magnet ELF intensitas sebesar 100  $\mu$ T mampu merangsang pertumbuhan bakteri *Mesophilic* dan *Thermophilic* yang meningkat mengakibatkan penurunan nilai pH dan kadar air. Dalam penelitiannya Sudarti (2016) menyatakan bahwa medan magnet ELF dengan intensitas 646.7  $\mu$ T dengan lama paparan 30 menit efektif dalam meminimalisir populasi *Salmonella typhimurium* terhadap makanan gado-gado. Penelitian lainnya yaitu yang dilakukan oleh Sudarti (2018) menyatakan bahwa dosis efektif paparan medan magnet ELF 100  $\mu$ T selama 5 menit dapat mempengaruhi kecepatan proliferasi bakteri *S. thermophilus*, *L. lactis*, dan *L. acidophilus*. Selain itu ada juga hasil penelitian Inhan et al. (2011) menyatakan bahwa ELF-EMF dapat menginduksi penurunan laju pertumbuhan dan perubahan morfologi bakteri gram-negatif maupun gram-positif. Adapun, menurut penelitian Oncul et al. (2016) Efek medan elektromagnetik frekuensi sangat rendah (ELF-EMF) menyebabkan perubahan sifat fisikokimia dari bakteri gram-positif dan gram-negatif. Hiperpolarisasi terlihat pada *S. aureus* dan *E. coli* yang diobati dengan EDTA. Potensi permukaan menunjukkan pergeseran positif pada *S. aureus* berlawanan dengan pergeseran negatif yang terlihat pada *E. coli* yang tidak diobati dengan EDTA. Aktivitas pernapasan meningkat pada kedua bakteri, dan terjadi penurunan pertumbuhan. Berdasarkan penelitian yang telah diuraikan dapat diperoleh hasil bahwa radiasi medan magnet ELF tidak hanya mampu

meningkatkan proliferasi sel, namun juga mampu merusak proliferasi sel apabila medan magnet ELF dipapar dengan intensitas yang tinggi. Prolifera sel merupakan pertumbuhan yang disebabkan oleh pembelahan sel yang masih aktif dan bukan disebabkan karena penambahan ukuran sel.

## 2.6 Pemanfaatan Medan Magnet ELF dalam Teknologi Pangan

Penelitian medan magnet ELF mengenai manfaat dalam pengawetan bahan makanan sudah banyak dilakukan. Seiring dengan berkembangnya teknologi pemanfaatan medan magnet ELF digunakan dalam bahan pangan untuk proses pengawetan dan fermentasi. Penelitian medan magnet ELF untuk pengawetan bahan makanan bertujuan untuk menghambat laju pertumbuhan bakteri penyebab pembusukan pada bahan makanan tanpa mempengaruhi tekstur dan warna pada bahan pangan. Berikut ini beberapa penelitian mengenai pemanfaatan medan magnet ELF dalam bidang pangan dapat dilihat di tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Hasil penelitian pemanfaatan medan magnet ELF terhadap pangan

| Penelitian Sebelumnya  | Intensitas                     | Lama Paparan             | Dampak  |
|--|--------------------------------|--------------------------|---|
| Pengaruh Paparan Medan Magnet Elf Intensitas 600 $\mu$ T Dan 1000 $\mu$ T Terhadap Perubahan Nilai pH Pada Daging Ikan Lele ( <i>Clarias Sp.</i> ) (Fitria <i>et al.</i> ,2022). | 1000 $\mu$ T                   | 60 menit                 | Efektif dalam menghambat kenaikan pH pada daging ikan lele.   |
| Pengawetan Ikan Pindang Layang ( <i>Decapterus Ruselli</i> ) berbantuan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) (Elsavana <i>at al.</i> , 2022).                       | 600 $\mu$ T                    | 120 menit pada jam ke 18 | Menekan pertumbuhan bakteri sehingga dapat menjaga dan mempertahankan nilai pH rata-rata ikan pindang layang. |
| A potency of ELF magnetic field utilization to the process of milkfish preservation ( <i>chanos chanos</i> ) (Sudarti <i>et al.</i> , 2020).                                     | 730,56 $\mu$ T dan 880 $\mu$ T | 60 menit                 | Dapat menurunkan pertumbuhan bakteri hingga 73% dan 62% pada ikan bandeng.                                    |
| Utilization of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field is as Alternative Strelization of <i>Salmonella typhimurium</i> In Gado-Gado (Sudarti, 2016).                        | 646,7 $\mu$ T                  | 30 menit                 | Menghambat prevalensi <i>Salmonella typhimurium</i> dengan efektifitas penghambat rata-rata sebesar 36,37%.   |
| Pengaruh Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low</i>   | 300 $\mu$ T                    | 5 menit                  | Meningkatkan nilai pH susu fermentasi sehingga  |

|  |                             |           |  |
|--|-----------------------------|-----------|--|
| <i>Frequency</i> (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi sebagai Indikator Kadaluarsa (Ridawati, 2017).  |                             |           | memperpanjang masa kadaluarsa.   |
| Analisis Ketahanan Fisik Jamur Tiram Oleh Paparan Medan Magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) Intensitas 600 $\mu$ T dan 900 $\mu$ T (Yuniarta <i>et al.</i> , 2022)               | 600 $\mu$ T dan 900 $\mu$ T | 90 menit  | Dapat menjaga ketahanan fisik jamur tiram sebesar 98%.   |
| An analysis of soy milk physical resistance exposed to extremely low frequency (ELF) magnetic fields of 300 $\mu$ T and 500 $\mu$ T intensities (Sudarti, dan O.D. Widjayanti 2021).     | 500 $\mu$ T                 | 120 menit | Meningkatkan ketahanan fisik susu kedelai, yang meliputi aroma, gumpalan, dan tekstur sampai 10 jam setelah paparan. |
| Optimizing <i>Lactobacillus</i> Growth In The Fermentation Process Of Artificial Civet Coffe Using Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field (Sudarti <i>et al.</i> , 2020).          | 100 $\mu$ T                 | 45 menit  | Dapat mengoptimalkan perkembangbiakan <i>lactobacillus</i> secara drastis dalam fermentasi kopi luwak.               |
| Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF ( <i>Extremely Low Frequency</i> ) 700 $\mu$ T dan 900 $\mu$ T Terhadap Derajat Keasaman (pH) dan Massa Jenis Daging Ayam (Sari <i>et al.</i> , 2018). | 700 $\mu$ T dan 900 $\mu$ T | 60 menit  | Dapat menghambat penurunan pH pada daging ayam.  |
| Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF ( <i>Extremely Low Frequency</i> ) Terhadap Derajat Keasaman (pH) Udang Vaname (Qumairoh <i>et al.</i> , 2021)   | 300 $\mu$ T                 | 90 menit  | Efektif dalam menghambat kenaikan nilai pH udang vaname  |

## 2.7 Ikan Kembang

Ikan kembang (*Rastrelliger* sp.) secara umum merupakan ikan yang mempunyai tubuh yang lonjong dan pipih dengan sisik di permukaan tubuhnya berukuran kecil dan tidak mudah lepas. Pembeda dari ikan kembang dengan ikan lain lain yaitu ikan kembang mempunyai warna hijau kebiruan dengan garis-garis gelap atau bitnik-bintik gelap di sepanjang bagian atas tubuh serta memiliki dua sirip punggung (Ghazali *et al.*, 2012). Ikan kembang dapat ditemukan diperairan pantai hingga laut dalam. Ikan ini dikenal sebagai *mackarel fish* yang merupakan

ikan pelagis kecil di Laut Jawa yang banyak ditangkap oleh nelayan Indonesia. Ikan kembung yang sudah dewasa dapat ditemukan di teluk pelabuhan, danau dekat pantai yang umumnya memiliki kepadatan plankton yang tinggi karena ikan pelagis seperti ikan kembung umumnya pemakan organisme pelagis lain seperti fitoplankton, zooplankton, krustasea, larva dan ikan-ikan kecil (FAO, 2013). Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan dalam Batubara *et al.* (2021), jumlah tangkapan ikan kembung di Indonesia mencapai 214.387-291.863 ton pada tahun 2001-2011. Ikan kembung tergolong hewan omnivora dengan komposisi makanan yang beragam. Keberagaman jenis makanan ikan kembung tersebut disebabkan ikan kembung termasuk *filter fider* (Ghazali *et al.*, 2012). Morfologi ikan kembung dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Morfologi Ikan Kembung (Sumber: FAO, 2013)

Klasifikasi ikan kembung dalam World Register of Marine Species (2013) sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
Phylum : Chordata  
Class : Actinopterygii  
Ordo (bangsa) : Perciformes  
Famili (suku) : Scombridae  
Genus (marga) : *Rastrellinger*  
Spesies : *Rastrellinger* sp.

Ikan kembung biasa dikonsumsi sebagai lauk yang dimasak secara utuh seperti di peda, digoreng, dibakar, dipindang, dan lain sebagainya (Siswanti *et al.*,

2017). Hal ini karena ikan kembung memiliki rasa yang enak dan gurih serta kandungan gizi pada ikan kembung cukup tinggi, sehingga banyak digemari oleh masyarakat untuk dikonsumsi dalam pemenuhan gizi setiap hari (Fadhli *et al.*, 2020). Menurut Badan Ketahanan Pangan Provinsi DIY (2013), komposisi gizi ikan kembung cukup tinggi yaitu setiap 100 gram daging ikan kembung mengandung air sebanyak 76 %, protein 22%, lemak 1%, kalsium 20%, kadar karbohidrat 2,91%, vitamin A 30 SI, dan vitamin B1 0,05 mg dan kadar abu sebesar 1,48% . Selain itu ikan kembung mengandung omega 3 dan omega 6 yang baik bagi pencegahan penyakit, mampu memperbaiki kadar lemak dalam tubuh serta memberikan nutrisi pada otak (Nalendrya *et al.*, 2016). Kandungan gizi pada ikan kembung juga dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Kandungan Gizi Ikan Kembung

| No | Kandungan   | Presentase |
|----|-------------|------------|
| 1  | Protein     | 22%        |
| 2  | Lemak       | 1%         |
| 3  | Kalsium     | 20%        |
| 4  | Karbohidrat | 2,91%      |
| 5  | Kadar Abu   | 1,48%      |
| 6  | Vitamin A   | 30 SI      |
| 7  | Vitamin B1  | 0,05 mg    |
| 8  | Air         | 76%        |

(Sumber : Badan Ketahanan Pangan Provinsi DIY, 2013)

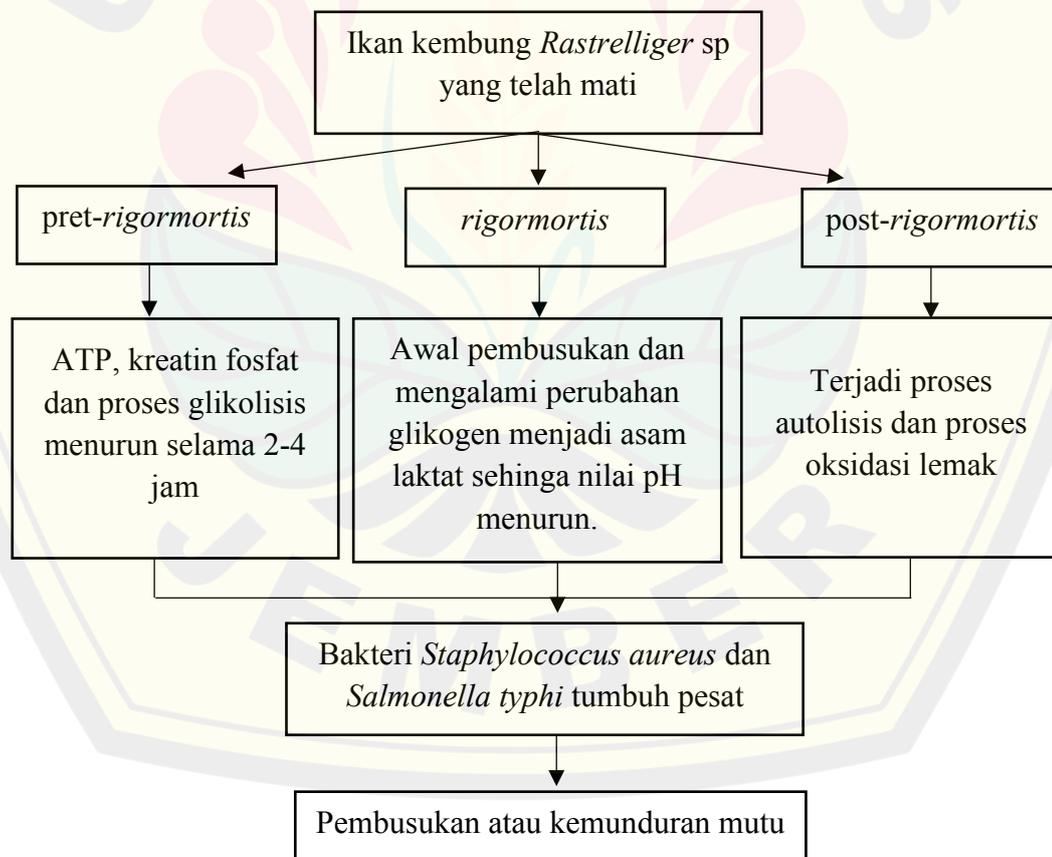
Ikan merupakan bahan pangan dan salah satu sumber protein hewani. Ikan memegang peran penting dalam pemenuhan sumber gizi dan keamanan hidup manusia pada negara berkembang (Ratnasari *et al.*, 2021). Kandungan air pada ikan kembung yang cukup tinggi mengakibatkan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi* berkembang biak dengan baik (Sartika *et al.*, 2019). Hal tersebut dapat mempercepat pembusukan pada ikan. Ikan kembung hasil tangkapan nelayan tidak bisa bertahan lebih dari 6-7 jam dalam suhu ruang (Efeendi, 2012). Kesegaran ikan tidak dapat ditingkatkan tetapi bisa dipertahankan proses perubahannya (Tamuu, 2014).

Pembusukan pada ikan diawali dengan tahap *pre-rigormortis* dimana tahap ini ditandai dengan lepasnya lendir dari kelenjar lendir di sekeliling tubuh ikan.

Lendir yang dikeluarkan ini sebagian besar terdiri dari glucoprotein mucin yang merupakan media ideal untuk pertumbuhan bakteri (Tamuu, 2014). Pada tahap ini ikan terjadi penurunan Adenosin Triphosphate (ATP), kreatin fosfat dan proses glikolisis dimana pada proses tersebut terjadi perombakan glikogen menjadi asam laktat dan tahap ini akan berlangsung selama 2 hingga 4 jam (Afrianto dan Liviawaty, 2010). Selanjutnya ikan memasuki tahap *rigormotis* sirkulasi darah berhenti dan suplai oksigen berkurang sehingga terjadi perubahan glikogen menjadi asam laktat. Perubahan ini menyebabkan pH tubuh ikan menurun, diikuti dengan penurunan jumlah adenosin trifosfat serta ketidakmampuan jaringan otot mempertahankan kekenyalan (Junianto, 2003). Fase ini ditandai dengan tubuh ikan yang kejang setelah ikan mati akibat proses biokimia yang kompleks di dalam jaringan tubuh yang menghasilkan kontraksi dan ketegangan. Pada tahap ini pH ikan menurun menjadi 6,2-6,6 dari pH awal 6,9-7,2. Tinggi rendahnya pH awal ikan sangat tergantung pada jumlah glikogen dan kekuatan penyangga (protein, asam laktat, dan asam fosfat) yang ada pada ikan. Proses ini diupayakan selama mungkin karena proses ini dapat menghambat proses penurunan mutu oleh aksi mikroba, semakin singkat proses *rigormortis* pada ikan maka semakin cepat ikan membusuk (Junianti, 2003). Kemudian dilanjutkan dengan tahap *post-rigormortis*. Tahap *post-rigormortis* terjadi perubahan yang berlangsung sudah mengarah ke pembusukan. Pada tahap ini mulai terbentuk warna, rasa, bau dan tekstur yang tidak diharapkan dan sering digunakan sebagai indikator tingkat kesegaran hasil perikanan. Penyebab proses perombakan pada tahap *post-rigormortis* adalah aktivitas enzim, mikroba pembusuk dan oksigen (Afrianto, 2010). Pendapat serupa juga disampaikan oleh Tamuu (2014) yang menjelaskan bahwa proses pembusukan pada ikan disebabkan oleh aktivitas enzim, mikroorganisme dan oksidasi yang terjadi di dalam tubuh ikan itu sendiri.

Afrianto dan Liviawaty (2010) menjelaskan bahwa setelah ikan mati, enzim yang ada di dalam tubuh ikan masih tetap aktif, namun hanya berperan dalam proses perombakan saja. Enzim mulai merombak jaringan daging ikan karena tidak ada makanan yang masuk. Peristiwa ini disebut autolisis dan menghasilkan amoniak sebagai hasil akhir (Junianto, 2003). Autolisis adalah proses penguraian protein dan

lemak oleh enzim protease dan lipase yang terdapat di dalam daging ikan (Efeendi, 2012). Perubahan pada daging ikan yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dimulai pada saat yang hampir bersamaan dengan proses autolisis dan kemudian berjalan sejajar. Penguraian oleh bakteri mulai berlangsung intensif setelah tahap *rigormortis* berlalu, yaitu setelah daging ikan mengendur dan celah-celah seratnya terisi cairan yang dilepas dari jaringan otot (Afrianto dan Liviawaty, 2010). Ikan mengalami berbagai perubahan akibat serangan bakteri, diantaranya lendir yang menjadi lebih pekat, bau amis, mata terbenam dan keruh, serta berubahnya warna insang dengan susunan tidak teratur dan bau menusuk (Junianto, 2003). Ikan mengandung lemak yang sebagian besar berupa lemak tidak jenuh yang memiliki ikatan rangkap dan bersifat tidak stabil serta mudah mengalami proses oksidasi. Proses oksidasi lemak pada ikan menyebabkan timbulnya aroma tengik yang tidak diinginkan dan perubahan rupa serta warna daging menjadi coklat kusam (Junianto, 2003). Proses pembusukan ikan kembung dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Mekanisme Pembusukan Ikan Kembung

Kerusakan ikan kembung menjadi kendala masyarakat maupun penjual ikan yang ada di pasar, maka perlu adanya upaya untuk mengawetkan ikan kembung sehingga kesegarannya dapat dipertahankan lebih lama. Banyak metode atau teknik pengawetan yang dilakukan untuk memperpanjang daya simpan ikan kembung mulai dari pemindangan (Kristanto *et al.*, 2017), perendaman (Florensia *et al.*, 2012), dan memakai bahan yang berbahaya seperti formalin (Salosa, 2013). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1168/Menkes/Per/X/1999 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 722/Menkes/Per/IX/1988 tanggal 22 September 1988 formalin merupakan salah satu bahan tambahan makanan yang dilarang penggunaannya pada bahan makanan (Wulandari 2022). Formalin mempunyai sifat karsinogenik yang dapat menyebabkan keracunan pada tubuh dan dapat menimbulkan kanker (Hastuti, 2010). Formalin yang ditambahkan pada saat proses pengolahan makanan dapat membahayakan kesehatan bagi tubuh. Pemakaian formalin pada makanan dapat menimbulkan efek jangka pendek dan panjang. Efek jangka pendek yaitu keracunan, sakit perut yang akan disertai muntah-muntah, sakit kepala, kejang; sedangkan efek jangka Panjang yaitu kerusakan pada sistem saraf pusat dan ginjal (Noorrela *et al.*, 2021). Berdasarkan penjelasan tersebut maka metode pengawetan pada ikan kembung perlu adanya inovasi. Hal ini untuk dapat menjaga mutu, gizi, serta kualitas dari bahan pangan. Oleh karena itu diharapkan medan magnet dapat menjadi solusi alternatif dalam menjaga kualitas ikan kembung. Pengawetan bahan pangan dengan bantuan medan magnet dapat mengubah pertumbuhan dan membunuh mikroorganisme pembentuk asam. Medan magnet ELF menyebabkan peningkatan suhu produk makanan dan mampu menghambat penurunan nilai pH, dan peningkatan tersebut masih dibawah suhu pengolahan thermal sehingga tidak terjadi penurunan kualitas suatu bahan atau produk

## 2.8 Indikator Pembusukan Ikan Kembung

Ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) yang telah mengalami pembusukan oleh beberapa faktor pembusuk dapat diketahui dengan meninjau beberapa indikator pembusukan. Umumnya masyarakat hanya menggunakan indikator sifat sensoris

untuk menentukan mutu suatu bahan pangan namun dikarenakan hanya menggunakan indra manusia sehingga dibutuhkan indikator lain untuk saling menguatkan antar masing-masing indikator. Untuk itu, pada penelitian ini indikator pembusuk terbagi atas tiga yaitu meliputi pH, massa jenis dan indikator sensori (meliputi warna, aroma dan tekstur) yang mana dapat mengetahui kelayakan konsumsi. Adapun indikatornya sebagai berikut.

### 2.8.1 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan suatu ukuran yang menyatakan tingkat kebasaaan atau keasaman suatu larutan. Nilai pH merupakan salah satu indikator yang dapat menentukan kesegaran dari ikan. Pada tahap rigormortis terjadi penurunan nilai derajat keasaman yang disebabkan oleh akumulasi asam laktat yang terbentuk dan terjadi penurunan ATP pada tubuh ikan. Pengukuran pH umumnya dilakukan dengan kertas pH atau dengan pH meter (Kordi dan Tacung, 2007). pH meter yaitu suatu alat digital untuk menentukan nilai pH suatu bahan, dengan memasukkan probe sensor kedalam bahan yang akan diperiksa dan nilai pH bahan dapat dibaca langsung pada alat. Nilai pH pada daging ikan pada kondisi hidup umumnya memiliki mendekati netral namun, setelah mati terjadi penurunan sekitar 5,3 – 5,5 (Damayanti *et al.*, 2021). Besar kecilnya nilai pH awal ikan tergantung pada jumlah glikogen yang tergantung pada tubuh ikan, dan kekuatan penyangga yang disebabkan oleh asam laktat, protein dan asam fosfat. Menurunnya nilai pH mengakibatkan enzim katepsin dalam ikan aktif (Suprayitno, 2020). Menurut Nurqaderianie (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa di dalam penyimpanan akan terjadi perubahan kelembapan dan suhu yang merupakan faktor penentu kecepatan perombakan enzim dan bakteri dalam bahan pangan yang dapat menyebabkan perubahan pH selama periode tertentu. Peningkatan pH pada ikan juga disebabkan karena proses pembusukan dimana kandungan protein asam amino dirubah menjadi senyawa ammonia yang bersifat basa. Pada tahap post-rigormortis terjadi kenaikan pH yang disebabkan oleh proses autolisis pada tubuh ikan sehingga terjadi perombakan protein oleh enzim, dan menjadi senyawa sederhana dan komponen basa volatile. pH tinggi disebabkan karena timbulnya senyawa-senyawa

yang bersifat basa seperti amoniak, trimetilamin, dan senyawa volatile lainnya, yang juga dapat menurunkan nilai organoleptik dari

Paparan medan magnet ELF menyebabkan terjadinya transfer energi pada bahan biologis yang dapat mempengaruhi proses metabolisme. Pemberian medan magnet ELF dapat mempengaruhi arah migrasi dan mengubah pertumbuhan serta reproduksi mikroorganisme suatu pembentuk asam. Hal ini disebabkan karena adanya penghambatan aktifitas bakteri pembentuk asam, sehingga keasaman dari suatu bahan pangan akan menurun secara lambat. Apabila jumlah mikroorganisme pembentuk asam menurun, maka penurunan pH ikan kembung juga akan terhambat sehingga pembusukan ikan kembung dapat terhambat.

### 2.8.2 Massa Jenis / Densitas

Massa jenis atau densitas merupakan massa suatu benda per satuan volumenya. Secara matematis persamaan massa jenis dapat ditulis seperti berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dengan  $\rho$  merupakan massa jenis ( $\frac{kg}{m^3}$ ),  $m$  merupakan massa dari benda (kg), dan  $V$  merupakan volume ( $m^3$ ). Menurut Young dan Freedman (2015) menyatakan bahwa densitas suatu bahan tidak sama pada setiap bagiannya. Seperti contohnya adalah atmosfer bumi (yang semakin tinggi akan semakin kecil densitasnya) dan lautan (yang semakin dalam akan semakin besar densitasnya). Densitas memiliki satuan SI yaitu kilogram per meter kubik ( $1 \text{ kg/m}^3$ ). Variabel yang ada pada densitas adalah volume. Sehingga, jika suatu benda dengan masa yang tetap mengalami perubahan volume, maka massa jenis benda tersebut akan turut berubah.

Pada ikan kembung volume akan berkaitan dengan jumlah kadar air yang terkandung di dalam ikan kembung tersebut. Kadar air pada bahan pangan mempengaruhi penampakan, tekstur dan cita rasa pada bahan pangan, karena kadar air dalam bahan pangan dapat menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut. Kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Supardi *et al.*, 1999). Semakin banyak kadar air pada makanan maka proses pembusukan

makanan akan semakin lebih mudah. Pada ikan kembung mengandung air sebanyak 76 % (Badan Ketahanan Pangan Provinsi DIY, 2013) ini menunjukkan kandungan air pada ikan tergolong besar sehingga akan dapat cepat meningkatkan massa jenis pada ikan kembung seiring dengan lamanya masa penyimpanan. Hal ini sesuai dengan (Tipler, 2001) dimana apabila massa semakin besar maka nilai dari volume bertambah kecil, begitupun sebaliknya. Semakin banyak kadar air dalam suatu makanan maka proses pembusukan pada makanan tersebut akan semakin cepat dan lebih mudah. Mikroba hidup dan membutuhkan air, sehingga jumlah air dalam bahan pangan menentukan jenis mikroba yang akan tumbuh (Supardi *et al.*, 1999). Untuk mencegah tumbuhnya bakteri pada ikan kembung maka salah satu caranya yaitu mengurangi kadar air di dalamnya dengan menggunakan paparan medan magnet ELF. Apabila kadar air berkurang maka volume dan massa jenis ikan kembung akan berubah. Turunya kadar air pada ikan kembung akan menghambat berkembangnya bakteri pembusuk, sehingga ikan kembung akan lebih bertahan dalam jangka waktu yang lama.

### 2.8.3 Kualitas Fisik

Uji sensoris merupakan cara penilaian kondisi mutu suatu produk makanan yang dilakukan oleh manusia dengan menggunakan panca-inderanya. Indera yang berperan dalam uji sensoris ini yaitu penglihatan (warna), penciuman (aroma), dan peraba (tekstur). Pengujian sensori merupakan pengembangan produk dengan meminimalkan risiko dalam pengambilan keputusan sehingga penulis dapat mendeskripsikan suatu produk (Badan Standardisasi Nasional 2013). Pada penelitian ini kualitas fisik yang diamati dapat dilihat dari kondisi fisik dimana kondisi fisik yang diamati adalah:

#### a. Tekstur

Menurut Kalista *et al.* (2018) menyatakan bahwa tekstur merupakan ciri suatu bahan dengan sifat fisik yang meliputi ukuran, bentuk, jumlah dan unsur-unsur pembentukan bahan yang dapat dirasakan oleh indera peraba dan perasa, termasuk indra mulat dan penglihatan. Tekstur makanan merupakan hasil dari respon indra peraba terhadap bentuk rangsangan fisik Ketika terjadi kontak langsung terhadap indra peraba dan makanan. Tekstur dari suatu produk makanan

mencakup kekentalan, kepadatan, elastisitas terhadap makanan. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2013) tekstur ikan kembung yang berkualitas tinggi adalah kompak, padat, elastis, dan tidak berarir/berlendir.

b. Kenampakkan

Menurut Abdullah (2020) kenampakkan dari produk pangan merupakan hal yang paling penting dalam sebuah produk, konsumen akan mempertimbangkan sebuah kenampakkan pada produk. Hal tersebut dikarenakan kenampakkan dari suatu produk yang baik cenderung akan dianggap memiliki rasa yang enak dan memiliki kualitas yang tinggi dan bagus. Kenampakkan pada ikan terdiri dari mata, insang dan daging. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2013) ikan kembung yang berkualitas adalah pada bola mata cembung, kornea dan pupil berwarna jernih, mengkilap, warna insang merah tua atau coklat kemerahan cemerlang, dan lapisan lender berwarna jernih, transparan, mengkilap cerah serta memiliki daging sayatan daging yang sangat cemerlang dan jaringan daging kuat.

c. Aroma

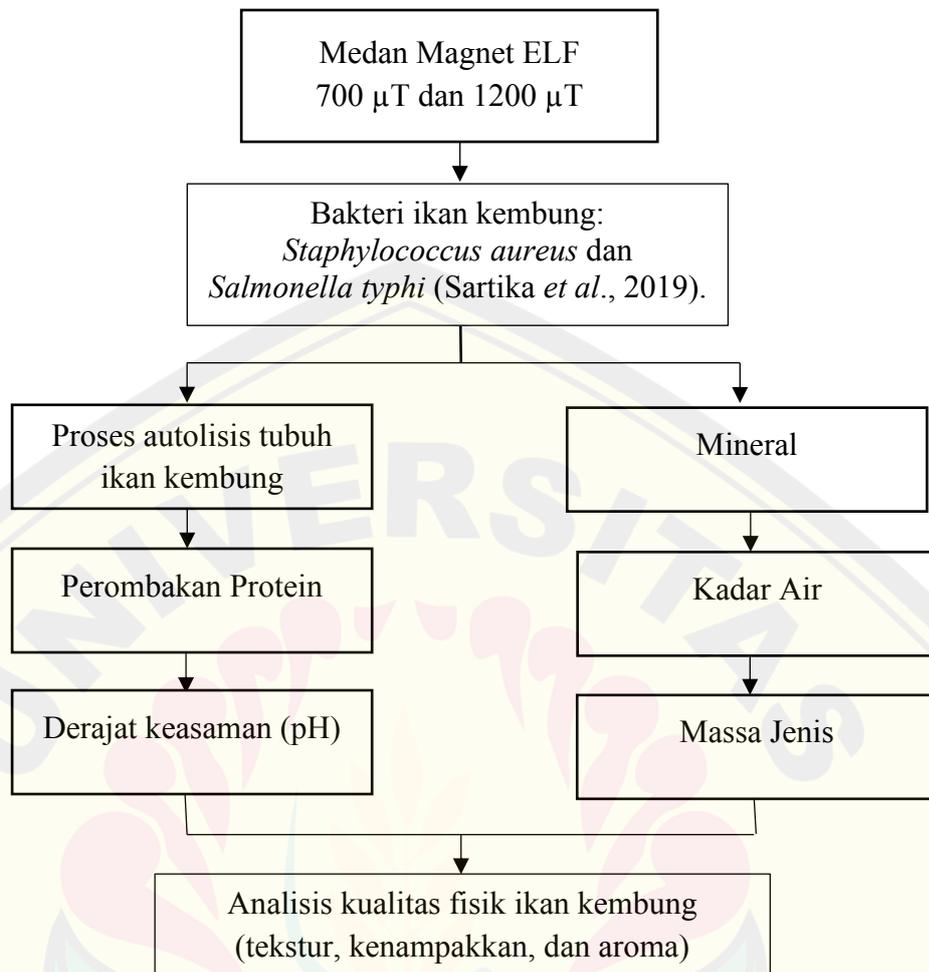
Aroma adalah suatu respon ketika ada sebuah aroma dari suatu makanan masuk ke rongga hidung, aroma masuk ke dalam hidung ketika manusia bernafas atau menghirupnya. Aroma berperan penting dalam produksi makanan sehingga meningkatkan daya tarik pada produk makanan (Abdullah, 2020). Menurut Badan Standardisasi Nasional (2013) aroma ikan kembung yang berkualitas adalah memiliki aroma sangat segar. Pembusukan ikan dapat dilihat melalui beberapa parameter diantaranya warna kulit tidak cerah, insang berwarna kusam dan berlendir, bola mata cekung dan keruh, sayatan daging kusam, tulang belakang berwarna merah jelas, aroma busuk dan asam, dan memiliki banyak lender (BSN, 2013). Sedangkan ciri ikan segar secara objektif (laboratorium) dapat merujuk pada standar yang telah ditetapkan pada SNI Ikan Segar No. 7229:2013. Menurut BSN (2013) ciri-ciri ikan segar dan ikan busuk secara organoleptik dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.4 Ciri-ciri ikan segar dan ikan busuk secara organoleptik

| No | Yang diamati  | Ikan segar  | Ikan busuk  |
|----|---------------|---|---|
| 1  | Mata          | Cerah bening, cembung, menonjol                       | Pudar, berkerut, cekung, tenggelam                |
| 2  | Insang        | Merah, berbau segar, tertutup lendir bening           | Coklat/kelabu, berbau asam, tertutup lendir keruh |
| 3  | Warna         | Terang lendir bening                                  | Pudar, lendir keruh                               |
| 4  | Bau           | Segar seperti bau air lau                             | Asam busuk  |
| 5  | Daging        | Kenyal, bila ditekan bekasnya segera kembali<br>Warna | Warna merah, terutama di sekitar tulang punggung  |
| 6  | Sisik         | Menempel kuat pada kulit                              | Mudah lepas                                       |
| 7  | Dinding Perut | Elastis   | Menggelembung/pecah/isi perut keluar              |
| 8  | Ikan Utuh     | Tenggelam dalam air                                   | Terapung  |

## 2.9 Kerangka Konseptual

Penangkapan ikan kembung oleh nelayan mendapat hambatan ketika ikan tiba di darat yaitu pembusukan. Ikan termasuk organisme yang mudah mengalami pembusukan karena kadar air yang tinggi dalam tubuhnya ( $\pm 70\%$ ) dan juga kandungan protein yang tinggi sehingga sangat cocok untuk pertumbuhan mikroba. Tingginya jumlah mikroba dalam tubuh ikan mati dapat memicu percepatan pembusukan. Penanganan ikan dilakukan untuk memperpanjang tahap rigormortis. Penanganan suhu rendah dengan es dan penggunaan zat anti bakterial paling banyak dilakukan pada ikan segar. Penggunaan es membutuhkan biaya yang tinggi, sedangkan zat anti bakterial yang umum digunakan nelayan serta pedagang merupakan bahan sintetik yang tidak aman bagi konsumen terutama bila melebihi ambang batas. Oleh karena itu diharapkan medan magnet dapat menjadi solusi alternatif dalam menjaga kualitas ikan kembung. Adapun kerangka konseptual dalam penelitian ini sebagai mekanisme penelitian paparan medan magnet ELF pada ikan kembung adalah sebagai berikut:



Gambar 2.6 Kerangka Konseptual

### 2.10 Hipotesis Penelitian

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

- a. Paparan medan magnet ELF dengan lama paparan 60 menit dan 120 menit, dengan intensitas paparan 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  berpengaruh terhadap derajat keasaman (pH) ikan kembang.
- b. Paparan medan magnet ELF dengan lama paparan 60 menit dan 120 menit, dengan intensitas paparan 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  berpengaruh terhadap massa jenis ikan kembang.

- c. Paparan medan magnet ELF dengan lama paparan 60 menit dan 120 menit, dengan intensitas paparan 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  berpengaruh terhadap kualitas fisik ikan kembung.



## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium ELF Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2023.

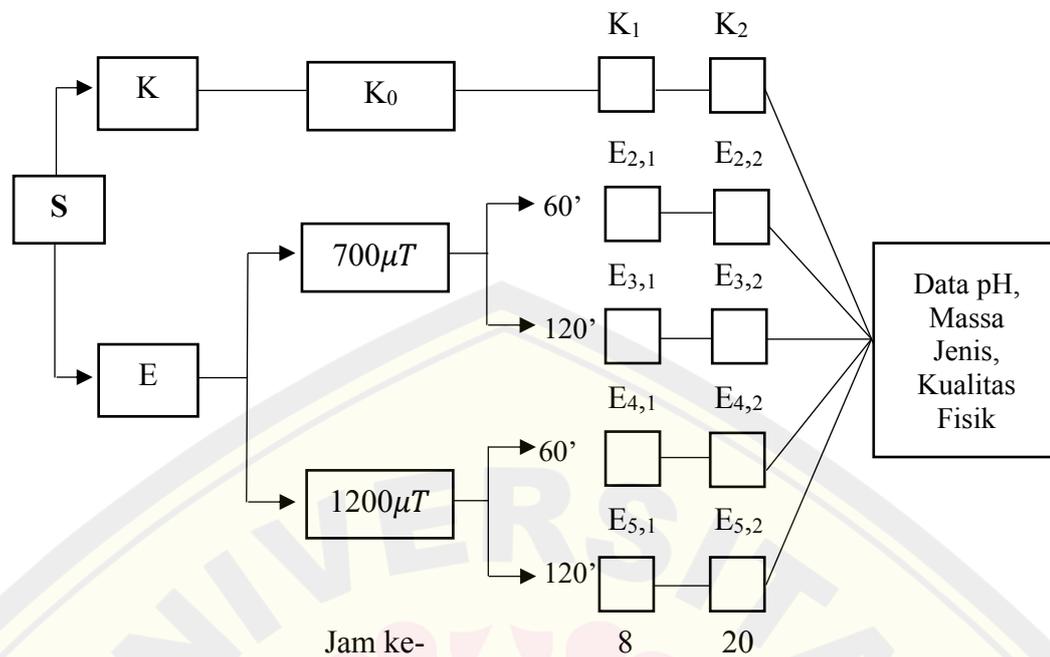
### 3.2 Jenis dan Desain Penelitian

#### 3.2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu penelitian eksperimen laboratorium. Dimana penelitian ini bertujuan untuk menguji suatu pengaruh yang timbul dari adanya suatu perlakuan tertentu. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan membandingkan dua kelompok antara kelompok kontrol (kelompok yang tidak diberi paparan medan magnet ELF) dengan kelompok eksperimen (kelompok yang diberi paparan medan magnet ELF). Perlakuan penelitian ini adalah paparan medan magnet ELF dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  dengan variasi waktu pemaparan yaitu selama 60 menit dan 120 menit.

#### 3.2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian ini yaitu menggunakan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) atau *randomized post test only control group design*. Desain ini dilakukan dengan cara memilih subjek secara acak kemudian dibagi menjadi dua subjek penelitian yaitu subjek pertama yang tidak mendapatkan perlakuan atau bisa disebut dengan kelompok kontrol dan subjek kedua yang mendapatkan perlakuan berupa paparan medan magnet ELF atau disebut dengan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol pada penelitian ini merupakan kelompok yang tidak diberi paparan medan magnet ELF. Sedangkan, kelompok eksperimen pada penelitian ini merupakan kelompok yang diberi paparan medan magnet ELF dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  dengan variasi waktu pemaparan yaitu selama 60 menit dan 120 menit. Adapun desain penelitian ini yaitu bagan berikut:



Gambar 3.1 Desain penelitian

Keterangan :

- S : semua sampel sebanyak 50 ekor ikan kembung
- K : Sampel kontrol yang tidak diberi paparan medan magnet ELF
- E : kelompok eksperimen
- K<sub>0</sub> : sampel kelompok kontrol yang belum diberi perlakuan
- K<sub>1-2</sub> : sampel kelompok kontrol tanpa paparan
- E<sub>2,1-2</sub> : sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet 700  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 60 menit pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan.
- E<sub>3,1-2</sub> : sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet 700  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 120 menit pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan.
- E<sub>4,1-2</sub> : sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet 1200  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 60 menit pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan.
- E<sub>5,1-2</sub> : sampel kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet 1200  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 120 menit pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

##### a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang keberadaannya dapat mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah :

- 1) Intensitas paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) yang digunakan kelompok eksperimen sebesar 700  $\mu$ T dan 1200  $\mu$ T.
- 2) Lama pemaparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) pada kelompok eksperimen yaitu dengan selang waktu 60 menit dan 120 menit.

##### b. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu:

Variabel terikat adalah variabel yang kebedaannya dipengaruhi oleh adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu:

- 1) Derajat keasaman (pH) dari ikan kembung.
- 2) Massa Jenis ikan kembung.
- 3) Kualitas fisik (tekstur, kenampakkan dan aroma) dari ikan kembung.

##### c. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu:

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat konstan atau tetap. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu:

- 1) Ikan kembung

#### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel diperlukan guna membatasi setiap kata kunci yang akan dipakai dalam penelitian tersebut. Definisi operasional variabel diperlukan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dalam mengartikan variabel serta guna menghasilkan gambaran dan pengertian yang jelas mengenai penelitian tersebut. Definisi operasional variabel dalam penelitian ini yaitu:

##### a. Medan Magnet ELF

Medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) adalah bagian dari gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi kurang dari 300 Hz. Penelitian ini menggunakan alat penghasil medan magnet ELF yang memiliki frekuensi 50 Hz dimana pada penelitian ini lebih menekankan pada efek yang disebabkan oleh medan magnet ELF. Pada penelitian ini menggunakan paparan medan magnet

Extremely Low Frequency (ELF) dengan intensitas  $700 \mu\text{T}$  dan  $1200 \mu\text{T}$  terhadap kelompok eksperimen dengan waktu paparan selama 60 menit dan 120 menit.

b. Ikan Kembang (*Rastrelliger* sp.)

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ikan kembang (*Rastrelliger* sp.) yang dikenal sebagai *mackarel fish* yang merupakan ikan pelagis kecil di laut Jawa yang banyak ditangkap oleh nelayan Indonesia. Ikan kembang yang digunakan dari nelayan yang ada di wilayah Kecamatan Puger Kabupaten Jember. Ikan kembang ini memiliki warna hijau kebiruan dan kekuningan dengan garis-garis gelap atau titik-bintik gelap di sepanjang bagian atas tubuh serta memiliki dua sirip punggung. Spesifikasi ikan dengan panjang antara 15-20 cm, lebar berkisar antara 4-5 cm, dan massa ikan berkisar 50-59 gram.

c. Derajat keasaman (pH)

Nilai pH secara umum menyatakan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu zat. Uji parameter pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter digital yang dilakukan di Laboratorium ELF Pendidikan Fisika Universitas Jember. Pengukuran pH dengan cara melarutkan daging ikan kembang karena ikan kembang bukan berupa larutan maka perlu disuspensi terlebih dahulu ke dalam aquades dengan perbandingan sebanyak 1:1. Ikan dikatakan mengalami kemunduran jika skala pH yang tertera pada pH meter mengalami peningkatan atau menjadi basa.

d. Massa jenis

Massa jenis atau densitas merupakan massa suatu benda per satuan volumenya. Cara mengukur massa sampel yaitu dengan menggunakan neraca digital dan untuk mengukur volumenya menggunakan gelas ukur yang sudah diberikan air, kemudian memasukkan sampel ke dalam gelas ukur tersebut lalu mengukurnya dengan mencari perubahan volume yang terjadi. Massa jenis diperoleh dari massa sampel dibagi dengan volume sampel.

e. Kualitas fisik

Kualitas ikan kembang dilakukan dengan mengamati perubahan kondisi fisik yang terjadi pada kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet ELF dan kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet ELF meliputi tekstur,

kenampakkan dan perubahan aroma pada ikan kembung. Pengamatan kualitas fisik ikan kembung dilakukan dengan menggunakan indera manusia dan acuan yang digunakan adalah SNI No.2729:2013.

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Alat Penelitian

Alat – alat yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah:

a. *Current Transformer* (CT)

*Current Transformer* (CT) merupakan alat untuk menghasilkan medan magnet ELF dengan menggunakan sumber arus AC. Sumber frekuensi alat ini berasal dari PLN dengan frekuensi sebesar 50 Hz. *Current Transformer* dapat mengkondisikan medan listrik yang dihasilkan sangat rendah mendekati medan listrik alamiah. Sehingga medan magnet ELF yang dihasilkan lebih dominan.

b. *Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester)

*Electromagnetic Field Tester* (EMF Tester) merupakan alat untuk mengukur besar medan magnet yang dihasilkan dari alat *Current Transformer* dan digunakan sebagai kalibrasi besarnya medan magnet yang akan digunakan dalam penelitian.

c. pH meter

pH meter digunakan untuk mengukur derajat keasaman dari ikan kembung, dengan cara memasukan probe sensor kedalam ikan kembung yang telah dilarutkan dengan aquades dan nilai pH akan muncul pada layar alat.

d. Neraca Digital

Neraca digital adalah alat yang digunakan menimbang massa untuk setiap sampel baik kelompok kontrol maupun eksperimen. Ketelitian neraca digital yang digunakan adalah 1 gram.

e. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk wadah larutan ikan kembung dan mengukur volume dari larutan yang akan digunakan.

f. Label Sticker

Label sticker sebagai penamaan atau tanda di masing masing sampel yang digunakan dalam penelitian.

g. Pengaduk

Pengaduk sebagai mengaduk ikan kembung dengan aquades yang akan disuspensi.

h. Stopwatch

Stopwatch digunakan sebagai pengukur waktu lamanya proses paparan ikan kembung dengan medan magnet ELF.

### 3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Ikan kembung (*Rastrelliger* sp.)
- b. Aquades
- c. Air
- d. Plastik untuk tempat sampel ikan kembung
- e. Nampan plastik
- f. Tissue

## 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 kembung segar yang baru ditangkap oleh nelayan di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember.

### 3.5.2 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini yaitu ikan kembung segar. Sampel ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Penelitian membutuhkan ikan kembung segar sebanyak 50 ekor ikan dengan ukuran yang sama. Ikan kembung dibagi menjadi kelompok kontrol yang berisi 10 bungkus tanpa paparan medan magnet ELF dan kelompok eksperimen yang berisi 40 bungkus terpapar medan magnet ELF dengan intensitas 700  $\mu$ T (20 bungkus) dan

1200  $\mu\text{T}$  (20 bungkus) selama 60 menit dan 120 menit. Untuk membedakan kelompok tersebut maka tiap sampelnya diberi tanda keterangan.

### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 3.6.1 Tahap Persiapan

- a. Mengkalibrasi alat yang akan digunakan seperti *EMF-tester*, *Current Transformer*, pH meter, neraca digital.
- b. Memilih ikan kembung yang memiliki kondisi segar.
- c. Memasukkan ikan kembung ke dalam kotak styrofoam yang berisi es batu dengan perbandingan 1:1 untuk menjaga kesegaran ikan.
- d. Memilih ikan kembung sebanyak 50 ekor sampel dengan ukuran yang sama. Kemudian dicuci dengan air yang mengalir.
- e. Kelompok ikan kembung menjadi kelompok kontrol dan kelompok eksperimen sesuai dengan pembagian sampel. Kelompok kontrol yang berjumlah 10 sampel, diamati pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan. Kelompok eksperimen I yang berjumlah 20 sampel diberi paparan dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  selama 60 menit dan 120 menit, diamati pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan. Kelompok eksperimen II yang berjumlah 20 sampel diberi paparan dengan intensitas 1200  $\mu\text{T}$  selama 60 menit dan 120 menit diamati pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan.
- f. Kemudian ikan kembung dibungkus plastik yang berfungsi untuk mensterilkan sampel dan mencegah penyebaran bakteri dari luar. Beri tanda keterangan pada setiap sampel.
- g. Sebelum dipapar medan magnet ELF, ukur nilai pH, massa jenis, dan kualitas fisik ikan kembung.

#### 3.6.2 Tahap Perlakuan

Tahap perlakuan pada penelitian ini yaitu tahap dimana suatu sampel akan diberi perlakuan dengan memberikan paparan medan magnet ELF menggunakan *Electromagnetik Field Source*. Sampel yang diberi perlakuan yaitu sampel eksperimen dengan intensitas paparan medan magnet ELF yang diberikan yaitu 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan yaitu selama 60 menit dan 120 menit.

Sedangkan kelompok kontrol tidak diberi paparan medan magnet ELF tetapi dipaparkan secara alami dengan cara membiarkan di tempat terbuka tanpa terkena sinar matahari. Berikut cara mengoperasikan *Electromagnetik Field Source*:

- a. Menyalakan MCB 2P 50 A (berada dalam panel). Jika tegangan telah terhubung, maka pilot lampu akan menyala.
- b. Memastikan jarum keluaran tegangan *slite voltage regulator* menunjukkan pada angka nol. Jika tidak berada di angka nol maka pitar knob secara berlawanan arah jarum jam hingga tidak bisa diputar lagi.
- c. Menekan *push botton* (warna merah) supaya regulator arus menyala. Apabila knob pada poin b belum menunjukkan angka nol maka kontraktor tidak akan menyala dan alat belum siap untuk digunakan.
- d. Memutar knob searah jarum jam sampai menunjukkan 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  dibantu dengan alat EMF Tester.
- e. Menekan *push botton* (tombol berwarna hijau) untuk mematikan regulator arus.

Untuk memastikan intensitas medan magnet yang dihasilkan lebih akurat, maka diperlukan alat EMF Tester. Berikut cara penggunaan EMF Tester:

- a. Mengatur range yang akan digunakan. Pertama mengatur range tertinggi terlebih dahulu, lalu mengganti ke range yang akan digunakan.
- b. Mengambil probe sensor, lalu menempelkan bagian ujung kepala sensor dengan ikan, dengan memperhatikan intensitas medan magnet saat probe sensor didekatkan dengan objek.
- c. Meletakkan posisi probe sensor pada sudut yang berbeda terhadap ikan. Lalu memperhatikan intensitas yang akan diukur.
- d. Mencatat hasil yang telah diperoleh. Jika objek yang diukur mati selama pengukuran mendekati nol, jika tidak maka ada EM lain yang terdeteksi.
- e. Alat ukur ini didesain untuk membaca satuan  $\mu\text{T}$ . Tetapi juga dapat mengukur satuan mG dengan cara mengalikan hasil pengukuran dengan angka 10.



Gambar 3.2 Electromagnetic Field Tester  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

### 3.6.3 Tahap Penyimpanan

Tahap penyimpanan pada penelitian ini yaitu sampel ikan kembung baik kontrol maupun eksperimen, ditempatkan pada tempat yang sama yang tidak lembab serta tidak terkena paparan sinar matahari secara langsung.

### 3.6.4 Tahap Pengukuran

Tahap pengukuran pada penelitian ini meliputi pengukuran pH, massa jenis, serta kualitas fisik dari ikan kembung. Adapun tahapan pengukurannya adalah sebagai berikut:

#### a. Tahap pengukuran pH:

Pengukuran pH pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu yaitu pH meter. Adapun Langkah untuk melakukan pengukuran pH yaitu:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk mengukur pH.
- 2) Mengkalibrasi alat pH meter dengan larutan buffer pH 4. Setelah dikalibrasi, lalu dinetralkan menggunakan alat dengan larutan ber pH 7. Kemudian hidupkan alat tersebut.
- 3) Ambil 5 gr daging ikan kembung pada kelompok kontrol atau eksperimen
- 4) Menghaluskan daging ikan kembung
- 5) Memasukkan ikan kembung ke dalam *beaker glass*.

- 6) Menambahkan cairan aquades sebanyak 5 ml ke dalam gelas ukur berisi ikan kembang yang telah dihaluskan.
- 7) Mengaduk bahan yang telah dicampur hingga tercampur rata.
- 8) Memasukkan alat pH meter pada larutan ikan kembang untuk mengukur nilai pH, lakukan dengan 2 kali pengukuran dengan 3 kali pengulangan.
- 9) Mencatat hasil nilai pH dari pengukuran tersebut dalam tabel pengamatan, kemudian dihitung nilai rata-rata.
- 10) Mengulangi pengukuran pH pada setiap sampel pada penelitian ini.



Gambar 3.3 pH meter  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

b. Tahap pengukuran massa jenis

Pengukuran massa jenis dilakukan dengan menggunakan alat bantu neraca digital serta gelas ukur. Adapun Langkah untuk mengukur massa jenis yaitu:

- 1) Menyiapkan sampel ikan kembang yang akan diukur dan alat-alat yang akan digunakan.
- 2) Mengukur massa dari sampel ikan kembang dengan neraca digital.
- 3) Mencatat hasil dari nilai massa ikan kembang.
- 4) Memasukkan sampel ikan kembang dalam gelas ukur yang berisi air sebanyak 200 ml.
- 5) Memasukkan sampel ikan kembang ke dalam gelas ukur yang sudah terisi air.

- 6) Melihat perubahan volume air dalam gelas ukur tersebut dan mencatat nilai volume yang diperoleh. Volume diperoleh dengan cara  $V$  akhir dikurangi dengan  $V$  awal.
  - 7) Melakukan penghitungan massa jenis dengan rumus yaitu membagi massa dengan volume.
  - 8) Mengulangi pengukuran massa jenis pada setiap sampel dalam penelitian ini.
- c. Tahap pengukuran kualitas fisik ikan kembung

Pengukuran kualitas fisik pada ikan kembung meliputi indikator tekstur, kenampakkan, dan aroma daging ikan. Pengukuran dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan medan magnet ELF. Berikut prosedur pengukuran kualitas fisik ikan kembung:

- 1) Mengeluarkan ikan kembung dari plastik yang telah di papar medan magnet ELF setelah 8 jam pasca pemaparan, kemudian mengamati perubahan warna sayatan daging ikan kembung menggunakan indra penglihatan.
- 2) Melakukan pengamatan perubahan tekstur ikan kembung dengan cara menekan daging ikan kembung menggunakan jari.
- 3) Memeriksa aroma ikan kembung dengan cara mencium perubahan aromanya.
- 4) Memberi nilai perubahan warna sayatan daging, aroma, dan tekstur ikan kembung dengan melihat lembar penilaian kualitas fisik. Kelompokkan ikan kembung berdasarkan tingkat kesegaran ikan menurut SNI No.2729:2013 dimana ikan dalam kriteria tingkat kesegarannya memiliki nilai 7-9, ikan dalam kriteria agak segar memiliki nilai 4-6, dan ikan dalam kriteria tidak segar memiliki nilai 1-3.
- 5) Ulangi Langkah di atas pada jam ke-20 setelah pemaparan.

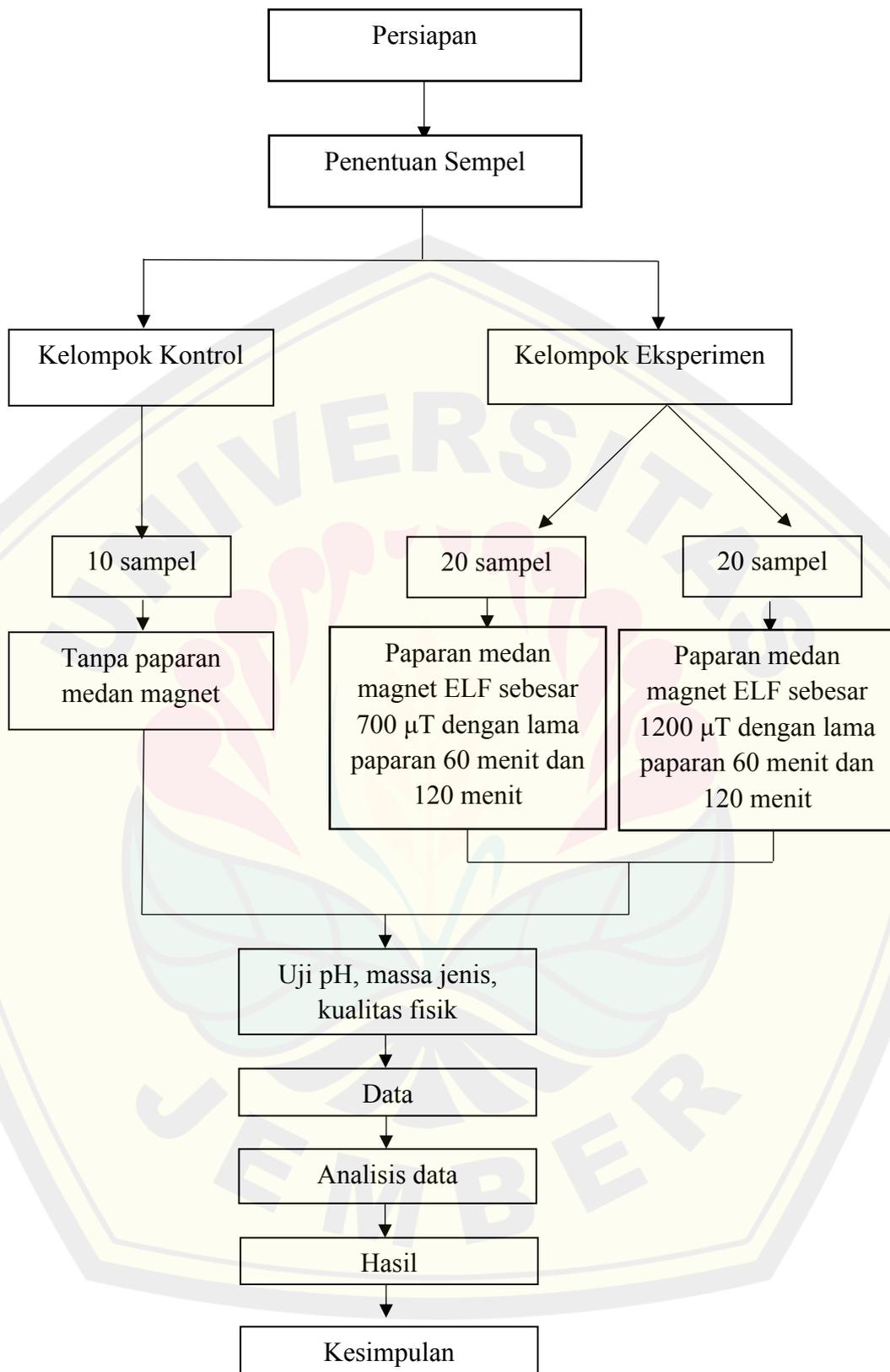
### 3.6.5 Alur Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Menyiapkan dan menentukan sampel yaitu ikan kembung yang segar dan berukuran sama.
- b. Menentukan kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Banyak sampel yang dibutuhkan pada kelompok kontrol yaitu 10 bungkus sampel dan 40 bungkus sampel ikan kembung untuk kelompok eksperimen. Kelompok

eksperimen I yang berjumlah 20 bungkus dipapar dengan intensitas 700  $\mu$ T, kelompok eksperimen II yang berjumlah 20 bungkus dipapar dengan intensitas dan 1200  $\mu$ T.

- c. Melabeli tiap kantong plastik sesuai dengan perlakuan yang akan diberikan.
- d. Mengukur pH dan massa jenis pada kelompok kontrol. Letakkan pada ruang terbuka tanpa terkena sinar matahari.
- e. Memberi perlakuan pada kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu$ T dan 1200  $\mu$ T selama 60 menit dan 120 menit.
- f. Mengambil data pada kelompok kontrol dan eksperimen pengukuran nilai pH, massa jenis dan kualitas fisik pada ikan kembung setelah 8 jam.
- g. Mengambil data pada kelompok kontrol dan eksperimen pengukuran nilai pH, massa jenis dan kualitas fisik pada ikan kembung setelah 20 jam.
- h. Melakukan analisa data.
- i. Membuat dan membahas hasil dari analisa data.
- j. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 3.4 Alur penelitian

**3.7 Metode Analisa Data**

3.7.1 Tabel Hasil Pengukuran dan Pengamatan

a. Data hasil pengamatan ikan kembung sebelum diberi perlakuan

Tabel 3.1 Data hasil pengamatan ikan kembung sebelum pemaparan

| Ph                   | Massa<br>Jenis | Kualitas Fisik |       |       |
|----------------------|----------------|----------------|-------|-------|
|                      |                | Tekstur        | Aroma | Warna |
| <b>K<sub>0</sub></b> |                |                |       |       |
| _____                | _____          | _____          | _____ | _____ |
| _____                | _____          | _____          | _____ | _____ |
| _____                | _____          | _____          | _____ | _____ |

b. Data hasil pengamatan pH ikan kembung

Tabel 3.2 Data hasil pengukuran pH

| Kelompok Kontrol |     |       |           | Kelompok Eksperimen  |       |           |                       |       |           |
|------------------|-----|-------|-----------|----------------------|-------|-----------|-----------------------|-------|-----------|
| Jam ke           | Kel | pH    | Rata-rata | Paparasi 700 $\mu$ T |       |           | Paparasi 1200 $\mu$ T |       |           |
|                  |     |       |           | Kel                  | pH    | Rata-rata | Kel                   | pH    | Rata-rata |
| 8                | K1  | _____ | _____     | E 2,1<br>(60')       | _____ | _____     | E 4,1<br>(60')        | _____ | _____     |
|                  |     | _____ | _____     | _____                | _____ | _____     | _____                 | _____ | _____     |
|                  |     | _____ | _____     | E 3,1<br>(120')      | _____ | _____     | E 5,1<br>(120')       | _____ | _____     |
|                  |     | _____ | _____     | _____                | _____ | _____     | _____                 | _____ | _____     |
| 20               | K2  | _____ | _____     | E 2,2<br>(60')       | _____ | _____     | E 4,2<br>(60')        | _____ | _____     |
|                  |     | _____ | _____     | _____                | _____ | _____     | _____                 | _____ | _____     |
|                  |     | _____ | _____     | E 3,2<br>(120')      | _____ | _____     | E 5,2<br>(120')       | _____ | _____     |
|                  |     | _____ | _____     | _____                | _____ | _____     | _____                 | _____ | _____     |

c. Data hasil pengamatan nilai massa jenis ikan kembung

Tabel 3.3 Data hasil pengukuran massa jenis ikan kembung

| Kelompok Kontrol |     |             |           | Kelompok Eksperimen |             |           |                      |             |           |
|------------------|-----|-------------|-----------|---------------------|-------------|-----------|----------------------|-------------|-----------|
| Jam ke           | Kel | Massa jenis | Rata-rata | Paparan 700 $\mu$ T |             |           | Paparan 1200 $\mu$ T |             |           |
|                  |     |             |           | Kel                 | Massa jenis | Rata-rata | Kel                  | Massa jenis | Rata-rata |
| 8                | K1  | _____       | _____     | E 2,1               | _____       | _____     | E4,1                 | _____       | _____     |
|                  |     | _____       | _____     | (60')               | _____       | _____     | (60')                | _____       | _____     |
|                  |     | _____       | _____     | _____               | _____       | _____     | _____                | _____       | _____     |
|                  |     | _____       | _____     | E 3,1               | _____       | _____     | E 5,1                | _____       | _____     |
|                  |     |             |           | (120')              |             |           | (120')               |             |           |
| 20               | K2  | _____       | _____     | E 2,2               | _____       | _____     | E 4,2                | _____       | _____     |
|                  |     | _____       | _____     | (60')               | _____       | _____     | (60')                | _____       | _____     |
|                  |     | _____       | _____     | _____               | _____       | _____     | _____                | _____       | _____     |
|                  |     | _____       | _____     | E 3,2               | _____       | _____     | E 5,2                | _____       | _____     |
|                  |     |             |           | (120')              |             |           | (120')               |             |           |

d. Data hasil pengamatan kualitas fisik ikan kembung

Tabel 3.4 Data hasil pengamatan kualitas fisik ikan kembung

| Kel                  | Kualitas Fisik Ikan Kembung jam ke- |       |       |       |        |       |       |       |       |
|----------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 8 jam                               |       |       |       | 20 jam |       |       |       |       |
|                      | S                                   | T     | K     | A     | S      | T     | K     | A     |       |
| K                    | K1                                  | _____ | _____ | _____ | _____  | K2    | _____ | _____ | _____ |
|                      |                                     | _____ | _____ | _____ | _____  |       | _____ | _____ |       |
|                      |                                     | _____ | _____ | _____ | _____  |       | _____ | _____ |       |
|                      |                                     | _____ | _____ | _____ | _____  |       | _____ | _____ |       |
|                      | _____                               | _____ | _____ | _____ | _____  | _____ | _____ | _____ |       |
|                      | _____                               | _____ | _____ | _____ | _____  | _____ | _____ | _____ |       |
|                      | _____                               | _____ | _____ | _____ | _____  | _____ | _____ | _____ |       |
|                      | _____                               | _____ | _____ | _____ | _____  | _____ | _____ | _____ |       |
| 700 $\mu$ t<br>(60') | E2,1                                | _____ | _____ | _____ | E2,2   | _____ | _____ | _____ |       |
|                      |                                     | _____ | _____ | _____ |        | _____ | _____ | _____ |       |



### 3.7.2 Teknis Analisis Data

Teknis analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif, uji *One Way Anova* kemudian dilanjutkan uji LSD (Least Significance Different) menggunakan *IBM SPSS Statistics 26*. Berikut merupakan kriteria dalam menentukan kesimpulan dengan taraf signifikan 5%:

- a. Jika angka sig  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, hal ini berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol, kelompok eksperimen I ( $700\mu\text{T}$ ) dan eksperimen ( $1200\mu\text{T}$ ).
- b. Jika angka sig  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, hal ini berarti ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol, kelompok eksperimen I ( $700\mu\text{T}$ ) dan eksperimen ( $1200\mu\text{T}$ ).

Uji *One Way Anova* dengan uji LSD dilakukan untuk mengetahui suatu perbedaan antar perlakuan paparan medan magnet ELF antara kelompok kontrol dan sampel. Setelah semua data terkumpul, digunakanlah *Microsoft excel* dalam mengolah data dan hasil penelitian berupa tabel, histogram, dan grafik untuk mengetahui profile pengaruh paparan medan magnet ELF antara waktu pengukuran terhadap pH, massa jenis, dan kualitas fisik ikan kembung. Apabila hasil tidak memenuhi persyaratan normalitas maka dilakukan uji *Mann whitney*, dan dilanjutkan dengan uji *Kurskal-Wallis*. Hipotesis yang digunakan dalam uji statistik yaitu hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ). Adapun formulasi hipotesis dalam penelitian ini yaitu  $H_0$  menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel bebas dengan variabel terikat. Sedangkan  $H_a$  menunjukkan ada pengaruh yang signifikan antara variabel bebas dengan variabel terikat (Hasan, 2004).

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Extremely Low Frequency* (ELF) Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember pada bulan Desember 2022. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu ikan kembung. Jumlah sampel dari penelitian ini terdapat 5 kelompok yang terdiri dari satu kelompok kontrol dan empat kelompok eksperimen. Kelompok kontrol adalah kelompok yang tidak diberi paparan medan magnet ELF, sedangkan kelompok eksperimen adalah kelompok yang diberi paparan medan magnet ELF. Kelompok eksperimen terbagi menjadi dua intensitas yaitu 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit. Data yang diperoleh dari penelitian ini yaitu pH, massa jenis dan kualitas fisik dari ikan kembung. Pengamatan dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF.

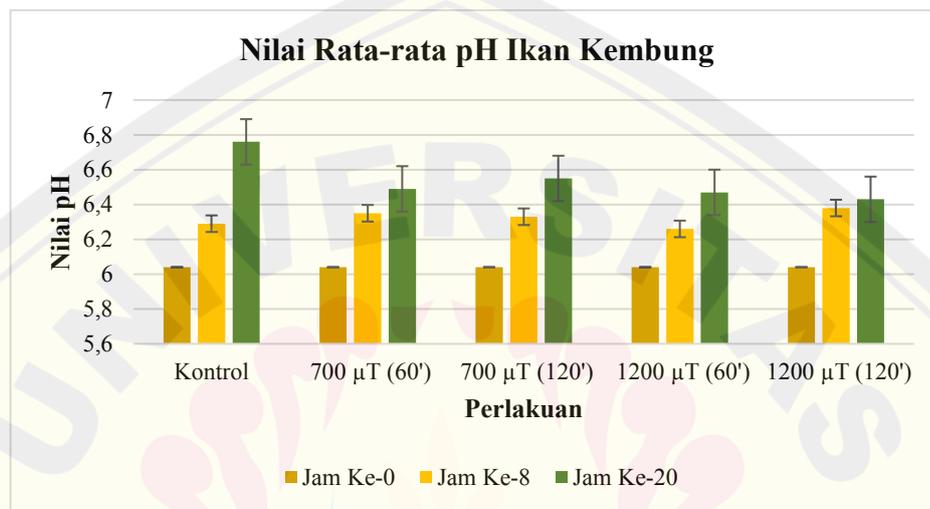
#### 3.1.1 Deskripsi Data Hasil Analisis Pengukuran pH Ikan Kembung

Derajat keasaman (pH) merupakan suatu ukuran yang menyatakan tingkat kebasahan atau keasaman suatu larutan. Nilai pH merupakan salah satu indikator yang dapat menentukan kesegaran dari ikan. Dalam penelitian ini pengukuran nilai rata-rata pH dilakukan dengan menggunakan pH meter dan diukur pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan. Tujuan dari pengukuran pH adalah agar mengetahui adanya pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap ikan kembung. Berikut merupakan nilai rata-rata dari pengukuran pH ikan kembung yang disajikan dalam tabel 4.1:

Tabel 4.1 Data Nilai Rata-rata pH Ikan Kembung

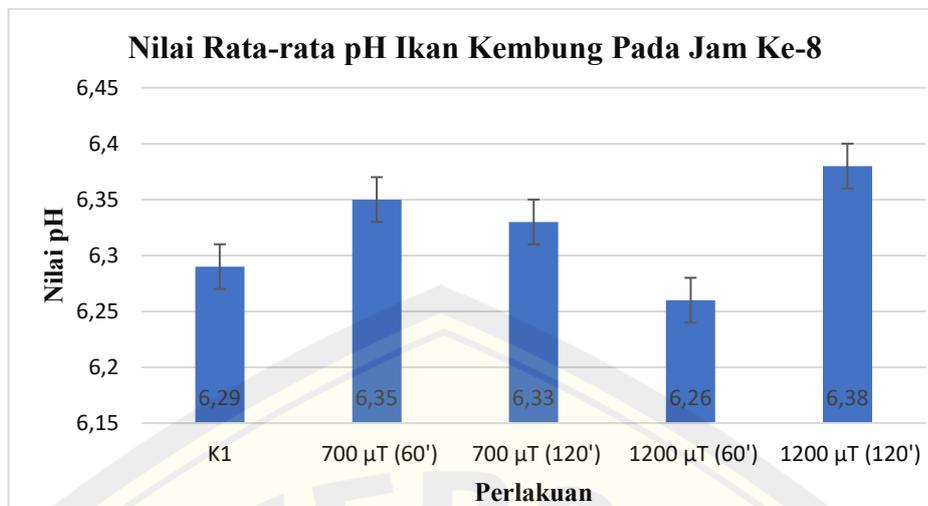
| Nilai pH<br>Jam ke- | Kelompok |                            |                             |                             |                              |
|---------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                     | Kontrol  | 700 $\mu\text{T}$<br>(60') | 700 $\mu\text{T}$<br>(120') | 1200 $\mu\text{T}$<br>(60') | 1200 $\mu\text{T}$<br>(120') |
| Ke-0                | 6,04     | 6,04                       | 6,04                        | 6,04                        | 6,04                         |
| Ke-8                | 6,29     | 6,35                       | 6,33                        | 6,26                        | 6,38                         |
| Ke-20               | 6,76     | 6,49                       | 6,55                        | 6,47                        | 6,43                         |

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui data hasil nilai rata-rata pengukuran pH pada sampel ikan kembung yaitu adanya suatu perbedaan nilai rata-rata pH ikan kembung antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen yang diamati pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah dipapar medan magnet ELF. Perbedaan nilai rata-rata pH tersebut dapat digambarkan dengan diagram batang pada gambar 4.1 berikut:



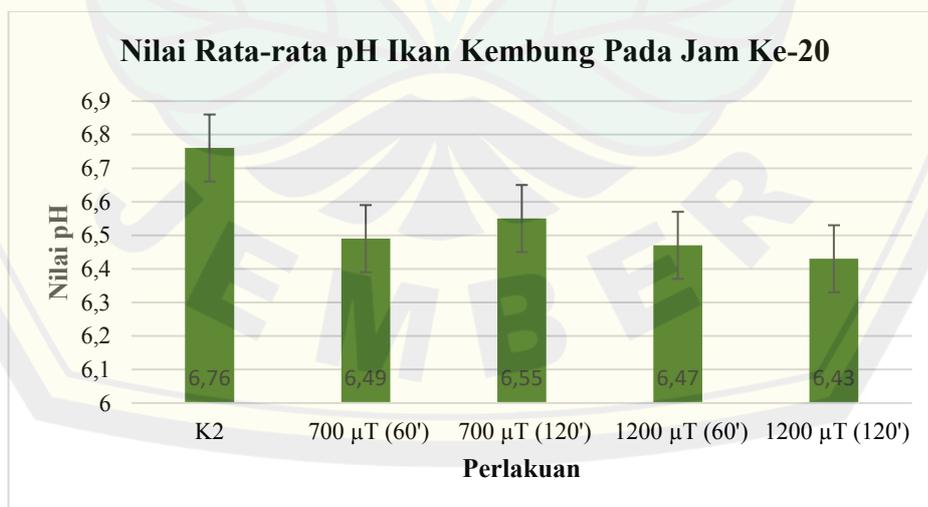
Gambar 4.1 Diagram Nilai Rata-rata pH Ikan Kembung

Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pH ikan kembung pada diagram batang tersebut yaitu pada jam ke-0 kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memiliki nilai pH yang sama artinya tidak dapat perbedaan. Pada pengamatan jam ke-8 setelah dipapar dengan medan magnet ELF kelompok eksperimen dengan intensitas 1200  $\mu$ T dalam waktu 60 menit memiliki nilai rata-rata pH sebesar 6,26 artinya memiliki nilai lebih rendah dibanding dengan nilai rata-rata pH kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen yang lainnya. Pada jam ke-20 setelah diberikannya paparan medan magnet ELF nilai rata-rata pH pada kelompok kontrol mengalami peningkatan yang sangat besar yaitu 6,76 artinya kelompok kontrol mengalami suatu peningkatan nilai rata-rata pH yang kurang stabil setiap waktu pengukuran. Sedangkan untuk kelompok eksperimen nilai rata-rata pH nya mengalami kenaikan dengan selisih yang cukup kecil jika dibandingkan dengan nilai rata-rata pH kelompok kontrol. Nilai rata-rata pH ikan kembung setiap waktu pengamatan dapat dilihat pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.2 Diagram Nilai Rata-rata pH Ikan Kembang Jam ke-8

Berdasarkan diagram batang yang terdapat pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pH ikan kembang kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada pengamatan jam ke-8 setelah diberi paparan medan magnet ELF yaitu diketahui bahwa nilai rata-rata pH ikan kembang yang memiliki nilai yang kecil yaitu pada kelompok eksperimen dengan intensitas 1200  $\mu$ T dalam waktu 60 menit sebesar 6,26. Nilai rata-rata pH tertinggi yaitu terdapat pada kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu$ T dalam waktu 60 menit dan 1200  $\mu$ T dengan waktu 120 menit sebesar 6,35. Nilai rata-rata pH ikan kembang kelompok kontrol yaitu 6,29, dan kelompok eksperimen 700  $\mu$ T dengan waktu 120 menit sebesar 6,33.



Gambar 4.3 Diagram Nilai Rata-rata pH Ikan Kembang Jam ke-20

Berdasarkan diagram batang yang terdapat pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pH ikan kembung kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada pengamatan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF yaitu diketahui bahwa nilai rata-rata pH ikan kembung yang memiliki nilai yang kecil yaitu pada kelompok eksperimen dengan intensitas 1200  $\mu\text{T}$  dalam waktu 120 menit sebesar 6,43. Nilai rata-rata pH tertinggi yaitu pada kelompok kontrol sebesar 6,76. Nilai rata-rata pH ikan kembung kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  dalam waktu 60 menit sebesar 6,49; kelompok eksperimen 700  $\mu\text{T}$  dengan waktu 120 menit sebesar 6,55 dan kelompok eksperimen 1200  $\mu\text{T}$  dengan waktu 60 menit sebesar 6,47.

Berdasarkan hasil penyajian data nilai rata-rata pH ikan kembung diatas dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pH ikan kembung akan mengalami kenaikan setiap 8 jam sekali setelah diberi paparan medan magnet ELF. Semakin lama waktu pengamatan maka nilai rata-rata pH ikan kembung akan mengalami kenaikan. Terjadinya kenaikan nilai rata-rata pH ikan kembung karena banyaknya bakteri yang tumbuh dalam tubuh ikan. Jadi, semakin besar nilai pH nya maka semakin meningkat juga aktivitas bakteri yang ada dalam tubuh ikan sehingga menyebabkan terjadinya pembusukan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Jannah et al. (2018) yang menyatakan waktu simpan pada ikan juga menjadi faktor pembusukan yang disebabkan oleh terjadinya proses penguraian enzim dan bakteri yang ada di dalam tubuh ikan sehingga pH akan berubah. Pada penelitian ini diketahui bahwa kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  dengan waktu 120 menit dapat mempertahankan nilai rata-rata pH ikan kembung. Hal itu terjadi disebabkan karena adanya pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH ikan dimana pemberian paparan tersebut bertujuan untuk menekan populasi bakteri pathogen yang menyebabkan terjadinya peningkatan nilai rata-rata pH ikan kembung.

### 3.1.2 Deskripsi Data Hasil Analisis Pengukuran Massa Jenis Ikan Kembung

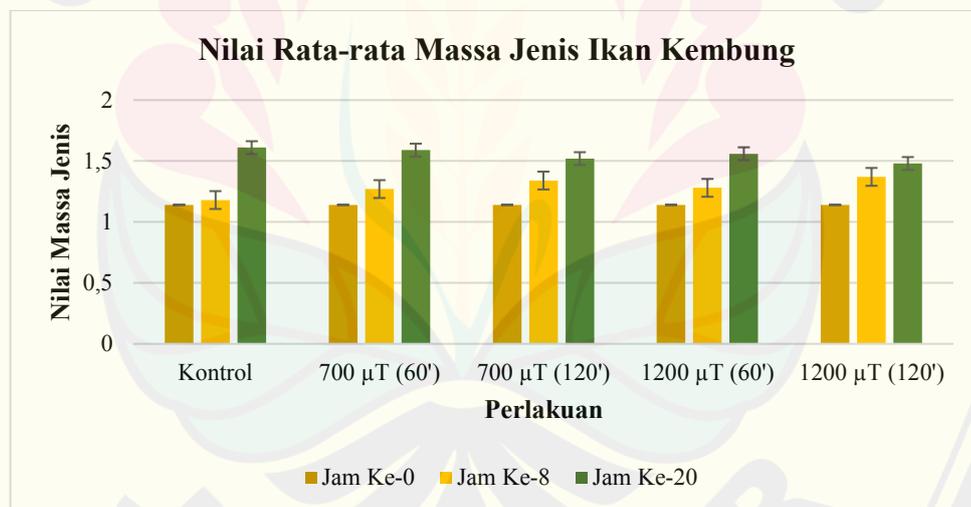
Pengukuran massa jenis pada penelitian ini menggunakan alat bantu neraca digital yang digunakan untuk menimbang massa dari ikan kembung. Selain itu, juga menggunakan gelas ukur yang digunakan untuk mengukur volume ikan. Cara mengukur perubahan volume yang terjadi yaitu volume akhir dikurangi dengan

volume awal. Kemudian massa jenis dapat dihitung dengan rumus dari massa jenis itu. Dalam penelitian ini pengukuran nilai rata-rata massa jenis ikan kembung dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan. Berikut merupakan nilai rata-rata dari pengukuran massa jenis ikan kembung yang disajikan dalam tabel 4.2:

Tabel 4.2 Data Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembung

| Nilai<br>Massa jenis<br>Jam ke- | Kelompok |                      |                       |                       |                        |
|---------------------------------|----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                                 | Kontrol  | 700 $\mu$ T<br>(60') | 700 $\mu$ T<br>(120') | 1200 $\mu$ T<br>(60') | 1200 $\mu$ T<br>(120') |
| Ke-0                            | 1,14     | 1,14                 | 1,14                  | 1,14                  | 1,14                   |
| Ke-8                            | 1,11     | 1,23                 | 1,27                  | 1,21                  | 1,12                   |
| Ke-20                           | 1,61     | 1,59                 | 1,52                  | 1,56                  | 1,39                   |

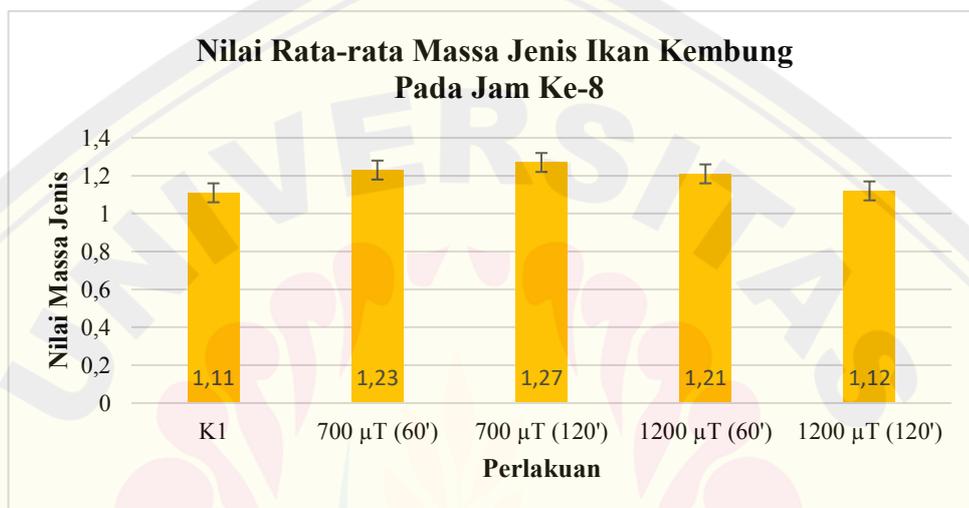
Berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui bahwa data hasil pengukuran massa jenis pada sampel ikan kembung yaitu adanya perbedaan nilai rata-rata massa jenis ikan kembung baik dari kelompok kontrol maupun dari kelompok eksperimen. Perbedaan nilai massa jenis tersebut dapat digambarkan dengan diagram batang pada gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4 Diagram Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembung

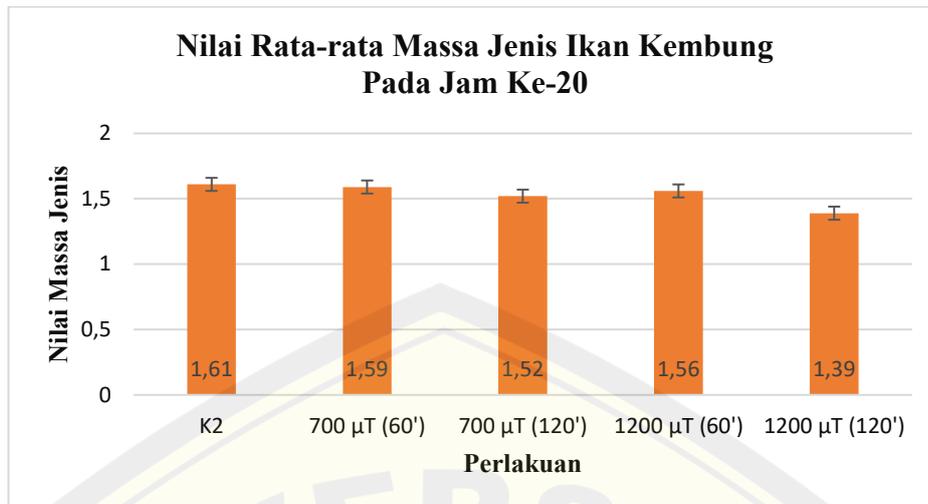
Berdasarkan gambar 4.4 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata massa jenis ikan kembung pada diagram batang tersebut yaitu pada jam ke-0 kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memiliki nilai rata-rata massa jenis yang sama artinya tidak dapat perbedaan. Pada pengamatan jam ke-8 setelah dipapar dengan medan magnet ELF kelompok kontrol memiliki nilai rata-rata massa jenis sebesar 1,11

gr/ml, artinya memiliki nilai rata-rata massa jenis yang lebih rendah dibanding dengan nilai rata-rata massa jenis kelompok eksperimen. Pada jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF nilai rata-rata massa jenis pada kelompok 1200  $\mu\text{T}$  dengan waktu 120 menit memperoleh nilai rata-rata massa jenis yang paling rendah diantara kelompok yang lain yaitu sebesar 1,39 gr/ml. Nilai rata-rata massa jenis ikan kembung setiap waktu pengamatan dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.5 Diagram Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembung Jam ke-8

Berdasarkan diagram batang pada gambar 4.5 menunjukkan nilai rata-rata massa jenis ikan kembung kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada pengamatan jam ke-8 setelah dipapar medan magnet ELF yaitu dapat diketahui nilai rata-rata massa jenis ikan kembung yang memiliki nilai rata-rata kecil yaitu pada kelompok kontrol sebesar 1,11gr/ml kemudian kelompok eksperimen dengan intensitas 1200  $\mu\text{T}$  dalam waktu 120 menit sebesar 1,12 gr/ml. Nilai rata-rata massa jenis tertinggi yaitu pada kelompok eksperimen yang diberi paparan medan magnet ELF dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  dalam waktu 120 menit sebesar 1,27gr/ml. Kemudian nilai rata-rata massa jenis ikan kembung kelompok eksperimen 700  $\mu\text{T}$  dengan waktu 60 menit sebesar 1,23 gr/ml dan kelompok eksperimen 1200  $\mu\text{T}$  dengan waktu 60 menit sebesar 1,21 gr/ml. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan lamanya waktu pemaparan dapat mempengaruhi kenaikan hasil nilai rata-rata massa jenis ikan kembung.



Gambar 4.6 Diagram Nilai Rata-rata Massa Jenis Ikan Kembang Jamke20

Berdasarkan diagram batang yang terdapat pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata massa jenis ikan kembang kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada pengamatan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF yaitu diketahui bahwa nilai rata-rata massa jenis ikan kembang yang memiliki nilai rata-rata yang kecil yaitu pada kelompok eksperimen dengan intensitas 1200  $\mu$ T dalam waktu 120 menit sebesar 1,39 gr/ml. Nilai rata-rata massa jenis tertinggi yaitu pada kelompok kontrol sebesar 1,61 gr/ml. Kemudian nilai rata-rata massa jenis ikan kembang kelompok eksperimen 700  $\mu$ T dengan waktu 60 menit sebesar 1,1,59 gr/ml, kelompok 700  $\mu$ T dengan waktu 120 menit sebesar 1,52 gr/ml dan kelompok eksperimen 1200  $\mu$ T dengan waktu 60 menit sebesar 1,56 gr/ml.

Berdasarkan hasil penyajian data nilai rata-rata massa jenis ikan kembang diatas dapat diketahui bahwa terjadi perubahan nilai rata-rata massa jenis pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Selama waktu pengamatan kelompok kontrol mengalami kenaikan yang cukup besar. Meningkatnya nilai rata-rata massa jenis pada semua kelompok disebabkan karena adanya bakteri pada tubuh ikan kembang. Bakteri tersebut mengalami proses metabolisme yang mengakibatkan peningkatan kandungan kadar air dalam tubuh ikan. Meningkatnya kadar air tersebut akan mempengaruhi besar kecilnya volume ikan. Ketika kadar air pada ikan meningkat maka ikan tersebut akan cepat mengalami pembusukan. Sehingga semakin besar volume yang terkandung dalam tubuh ikan kembang maka nilai

massa jenisnya akan kecil. Dapat diketahui dari hasil data yang diperoleh bahwasanya kelompok eksperimen dapat mempertahankan nilai rata-rata massa jenisnya. Namun, kelompok yang cenderung stabil dalam mempertahankan nilai rata-rata massa jenis ikan yaitu kelompok eksperimen dengan intensitas 1200  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 120 menit. Hal ini dikarenakan pemberian paparan medan magnet ELF dengan waktu yang cukup lama dapat menekan pertumbuhan bakteri pada tubuh ikan. Sehingga, dalam penelitian ini paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap perubahan massa jenis ikan kembung.

### 3.1.3 Deskripsi Data Hasil Analisis Pengukuran Kualitas Fisik Ikan Kembung

Pengukuran kualitas fisik ikan kembung dapat dilakukan secara langsung menggunakan panca indera manusia dan mengacu pada SNI Ikan Segar No. 2729:2013. Kualitas fisik ikan kembung dapat diamati mulai dari tekstur, aroma, serta kenampakkan ikan yang meliputi mata, insang, dan daging. Pengukuran nilai rata-rata kualitas fisik pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dapat dilihat sebagai berikut:

#### a. Data Hasil Pengamatan Tekstur Ikan Kembung

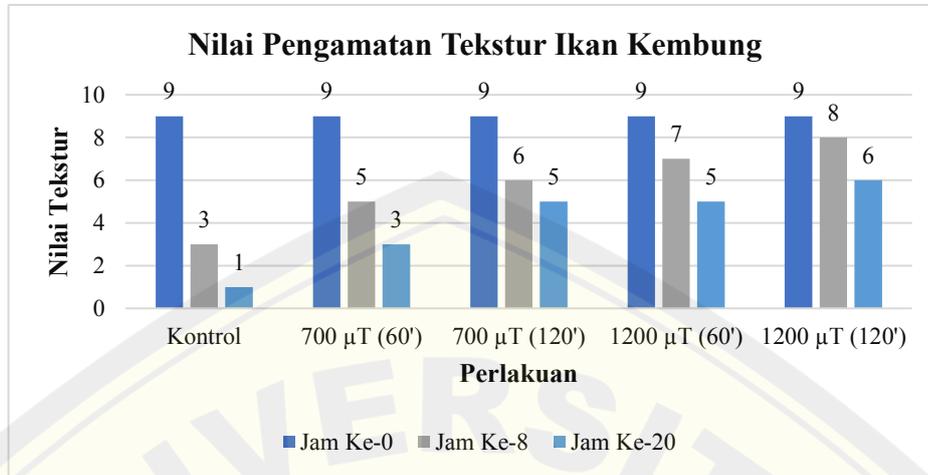
Nilai rata-rata pengamatan tekstur ikan kembung yang dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF dapat dilihat di tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Data Nilai Rata-rata Pengamatan Tekstur Ikan Kembung

| Nilai<br>tekstur Jam<br>ke- | Kelompok |                            |                             |                             |                              |
|-----------------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                             | Kontrol  | 700 $\mu\text{T}$<br>(60') | 700 $\mu\text{T}$<br>(120') | 1200 $\mu\text{T}$<br>(60') | 1200 $\mu\text{T}$<br>(120') |
| Ke-0                        | 9        | 9                          | 9                           | 9                           | 9                            |
| Ke-8                        | 3        | 5                          | 6                           | 7                           | 8                            |
| Ke-20                       | 1        | 3                          | 5                           | 5                           | 6                            |

Berdasarkan tabel 4.3 dapat diketahui bahwa data hasil nilai rata-rata pengamatan tekstur ikan kembung antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen terdapat perbedaan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF. Pada jam ke-0 nilai rata-rata pengamatan tekstur ikan kembung sebesar 9. Menurut SNI Ikan Segar No. 2729:2013 nilai 9 menunjukkan ikan dikategorikan sangat segar dengan ciri padat, kompak, dan sangat elastis. Hasil

nilai rata-rata pengamatan tekstur ikan kembung juga dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Diagram Nilai Rata-rata Pengamatan Tekstur Ikan Kembung

Berdasarkan diagram batang yang terdapat pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai rata-rata tekstur ikan kembung pada jam ke-0 tidak ada perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Sedangkan, nilai rata-rata pengamatan tekstur pada jam ke-8 untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu$ T dan intensitas 1200  $\mu$ T terbukti adanya perbedaan nilai rata-rata pengamatan tekstur, dimana untuk kelompok kontrol mendapatkan nilai rata-rata sebesar 3 yang artinya tekstur ikan kembung lunak dan apabila disentuh dengan jari maka bekas jari tersebut terlihat jelas dan lambat untuk hilang, sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu$ T yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit mendapatkan nilai 5 artinya tekstur ikan kembung agak lunak dan kurang elastis, untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu$ T yang dipapar medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit mendapatkan nilai 6 artinya tekstur ikan kembung agak lunak dan kurang elastis. Kemudian untuk kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu$ T yang telah dipapar medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit mendapatkan nilai 7 artinya tekstur ikan kembung agak lunak serta agak elastis dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu$ T yang telah dipapar medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit mendapatkan nilai 8 artinya tekstur ikan kembung padat, kompak, dan elastis.

Pengamatan pada jam ke-20 kelompok kontrol dan kelompok eksperimen yang telah diberi paparan medan magnet ELF juga mengalami perbedaan nilai rata-rata pengamatan tekstur pada ikan. Dimana untuk kelompok kontrol mengalami penurunan nilai rata-rata menjadi 1 yang artinya tekstur ikan sangat lunak dan bekas jari tidak hilang. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit mendapatkan nilai 3 artinya lunak, bekas jari terlihat dan sangat lambat hilang, sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  dengan lama waktu 120 dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  dengan lama waktu 60 menit mendapatkan nilai rata-rata yang sama sebesar 5 artinya tekstur ikan kembang agak lunak dan kurang elastis. Kemudian untuk kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 mendapatkan nilai rata-rata sebesar 6 yang berarti tekstur ikan kembang agak lunak, dan sedikit kurang elastis.

Berdasarkan uraian data nilai rata-rata pengamatan tekstur ikan kembang dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata pengamatan tekstur antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Nilai rata-rata pengamatan tekstur dari kelompok kontrol dan kelompok eksperimen akan berbeda setiap waktu pengamatan. Kemudian, untuk pengamatan terakhir nilai rata-rata pengamatan tekstur baik kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  mengalami penurunan nilai rata-rata. Namun, kelompok eksperimen lebih spesifikasi dalam mempertahankan nilai rata-rata ikan kembang disbanding dengan kelompok kontrol.

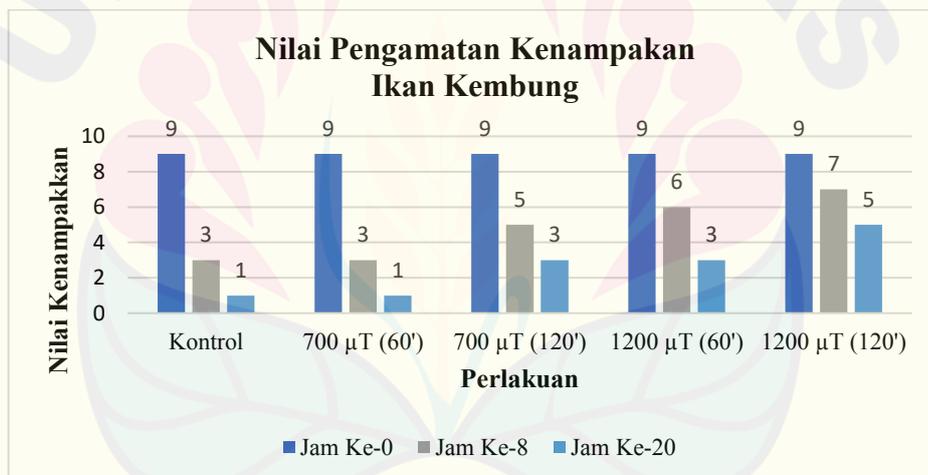
#### b. Data Hasil Pengamatan Kenampakkan Ikan Kembang

Nilai rata-rata pengamatan kenampakkan ikan kembang antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit serta kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  setelah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit yang pengukurannya dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF dapat dilihat di tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Data Nilai Rata-rata Pengamatan Kenampakkan Ikan Kembang

| Nilai kenampakkan Jam ke- | Kelompok |                   |                    |                    |                     |
|---------------------------|----------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                           | Kontrol  | 700 $\mu$ T (60') | 700 $\mu$ T (120') | 1200 $\mu$ T (60') | 1200 $\mu$ T (120') |
| Ke-0                      | 9        | 9                 | 9                  | 9                  | 9                   |
| Ke-8                      | 3        | 3                 | 5                  | 6                  | 7                   |
| Ke-20                     | 1        | 1                 | 3                  | 3                  | 5                   |

Berdasarkan tabel 4.4 dapat diketahui bahwa data hasil nilai rata-rata pengamatan kenampakkan ikan kembang antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen terdapat perbedaan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF.. Pada jam ke-0 nilai rata-rata pengamatan kenampakkan ikan kembang sebesar 9. Menurut SNI Ikan Segar No. 2729:2013 nilai 9 menunjukkan ikan dikategorikan sangat segar. Hasil nilai rata-rata pengamatan tekstur ikan kembang juga dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut:



Gambar 4.8 Diagram Nilai Rata-rata Pengamatan kenampakkan Ikan Kembang

Berdasarkan diagram batang yang terdapat pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai rata-rata tekstur ikan kembang pada jam ke-0 tidak ada perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Sedangkan, nilai rata-rata pengamatan tekstur pada jam ke-8 dan jam ke-20 terdapat perbedaan nilai rata-rata pengamatan kenampakkan ikan kembang antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu$ T yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit dan 120 menit serta kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu$ T

yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit. Nilai rata-rata kenampakkan ikan kembung baik kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen meperoleh nilai rata-rata yang berbeda setiap jam pengamatan. Hasil nilai rata-rata pengamatan kenampakkan ikan kembung cenderung mengalami penurunan nilai setiap waktu pengamatan.

Dalam diagram diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata pengamatan kenampakkan kelompok kontrol dan kelompok eksperimen 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit memperoleh nilai rata-rata yang sama yaitu 3 pada pengamatan jam ke-8 setelah pemaparan dengan medan magnet ELF. Nilai rata-rata 3 artinya bola mata cekung, keruh, insang berwarna keabuan dengan lender putih susu bergumpal, dan sayatan daging kusam. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit memperoleh nilai rata-rata 5 yang berarti bola mata agak cekung, kornea keruh, pupil agak keabu-abuan, dan tidak mengkilap sedangkan untuk insangnya yaitu warna insang merah muda dengan lender keruh, dan sayatan daging mulai pudar serta jaringan daging kurang kuat. Untuk kelompok eksperimen 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit memperoleh nilai rata-rata 6 yang berarti bola mata agak cekung, kornea agak keruh, warna insang merah muda dengan lender agak keruh dan sayatan daging kurang cemerlang. Untuk kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit memperoleh nilai rata-rata 7 yang berarti bola mata rata, kornea agak keruh, warna insang merah muda dengan sedikit lender agak keruh dan sayatan daging sedikit kurang cerlang. Pada pengamatan jam ke-20 kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit merupakan kelompok yang memiliki nilai rata-rata 5 lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol, kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet selama 60 menit dan 120 menit serta kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit.

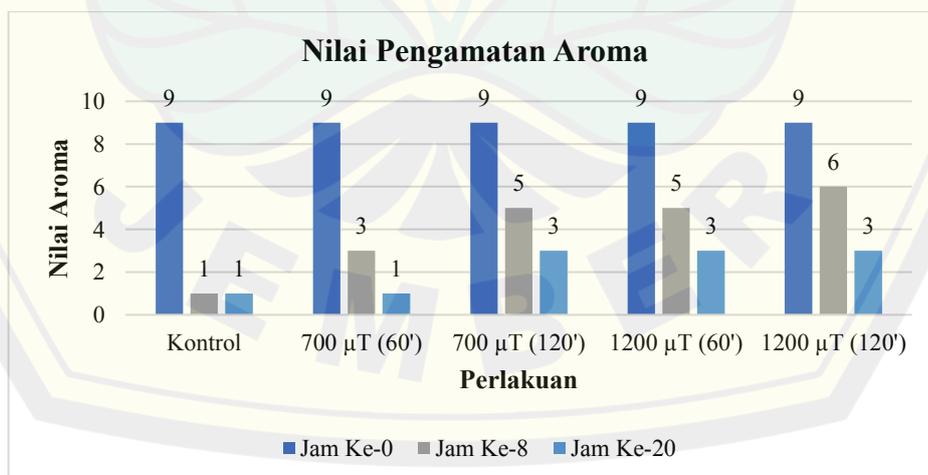
c. Data Hasil Pengamatan Aroma Ikan Kembung

Nilai rata-rata pengamatan aroma ikan kembung antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit serta kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  setelah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit yang pengukurannya dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF dapat dilihat di tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data Nilai Rata-rata Pengamatan aroma Ikan Kembung

| Nilai<br>aroma Jam<br>ke- | Kelompok |                            |                             |                             |                              |
|---------------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                           | Kontrol  | 700 $\mu\text{T}$<br>(60') | 700 $\mu\text{T}$<br>(120') | 1200 $\mu\text{T}$<br>(60') | 1200 $\mu\text{T}$<br>(120') |
| Ke-0                      | 9        | 9                          | 9                           | 9                           | 9                            |
| Ke-8                      | 1        | 3                          | 5                           | 5                           | 6                            |
| Ke-20                     | 1        | 1                          | 3                           | 3                           | 3                            |

Berdasarkan tabel 4.5 dapat diketahui bahwa data hasil nilai rata-rata pengamatan aroma ikan kembung anatara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen terdapat perbedaan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF. Pada jam ke-0 nilai rata-rata pengamatan aroma ikan kembung sebesar 9. Menurut SNI Ikan Segar No. 2729:2013 nilai 9 menunjukkan ikan dikategorikan sangat segar. Hasil nilai rata-rata pengamatan tekstur ikan kembung juga dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut:



Gambar 4.9 Diagram Nilai Rata-rata Pengamatan aroma Ikan Kembung

Berdasarkan diagram batang yang terdapat pada gambar 4.9 menunjukkan terdapat perbedaan nilai rata-rata pengamatan aroma pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada jam ke-8 dan jam ke-20. Sedangkan pengamatan pada jam ke-0 tidak ada perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dimana nilai rata-rata yang diperoleh yaitu 9 artinya aroma ikan masih sangat segar dan khas aroma ikan kembung. Pada pengamatan jam ke-8 menunjukkan adanya perbedaan nilai rata-rata aroma pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Dimana kelompok kontrol nilai rata-ratanya sebesar 1 artinya ikan bau busuk yang kuat, sedangkan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit memperoleh nilai rata-rata 3 artinya aroma ikan bau asam kuat. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit sama memperoleh nilai rata-rata 5 yang berarti ikan sedikit bau asam. Kemudian, kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit memiliki nilai rata-rata 6 yang berarti aroma ikan netral.

Pada pengamatan jam ke-20 juga menunjukkan bahwasanya terdapat perbedaan nilai rata-rata aroma ikan pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Pada pengamatan jam ke-20 kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit memperoleh nilai 1 yang berarti ikan bau busuk kuat. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit dan 120 menit memperoleh nilai rata-rata ikan bau asam kuat.

Berdasarkan hasil uraian data nilai rata-rata diatas menunjukkan bahwa kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit mengalami penurunan nilai rata-rata yang sama seiring dengan waktu pengamatan. Sedangkan kelompok yang paling stabil dalam mempertahankan nilai rata-rata aroma ikan kembung yaitu

kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 120 menit dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit dan 120 menit. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap kualitas fisik ikan kembung dengan indikator aroma.

### 3.2 Hasil Analisis Data

#### 3.2.1 Hasil Analisis Data Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap pH Ikan Kembung

Analisis data pengukuran nilai rata-rata pH ikan kembung pada kelompok kontrol yang tidak diberi paparan medan magnet ELF dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit dan 120 menit dimulai dari uji normalitas, agar mengetahui data nilai pH ikan kembung berdistribusi normal atau tidak berdistribusi normal. Uji normalitas sendiri dilakukan menggunakan SPSS 26 dengan uji *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Data akan dikatakan berdistribusi normal jika memiliki nilai signifikansi  $> 0,05$ . Hasil analisis uji pH tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Uji Normalitas Data pH Ikan Kembung

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |                |                   |                   |                     |
|------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|                                    |                | pH_jam_ke_0       | pH_jam_ke_8       | pH_jam_ke_20        |
| N                                  |                | 50                | 50                | 50                  |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup>   | Mean           | 6.0440            | 6.3148            | 6.4958              |
|                                    | Std. Deviation | .02129            | .05467            | .07387              |
|                                    | Absolute       | .189              | .113              | .074                |
| Most Extreme Differences           | Positive       | .189              | .102              | .067                |
|                                    | Negative       | -.130             | -.113             | -.074               |
| Test Statistic                     |                | .189              | .113              | .074                |
| Asymp. Sig. (2-tailed)             |                | .000 <sup>c</sup> | .135 <sup>c</sup> | .200 <sup>c,d</sup> |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Berdasarkan tabel 4.6 dapat diketahui bahwa data hasil uji normalitas pengukuran pH ikan kembung pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu$ T dan 1200  $\mu$ T yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit dan 120 menit serta pengamatannya dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan berdistribusi normal. Hal ini dapat dilihat pada tabel dimana Asymp. Sig. (2-tailed) pH jam ke-8 nilainya .135 sedangkan pH jam ke-20 nilai yang diperoleh sebesar .200 yang berarti mendapatkan nilai signifikansi Sig. (2-tailed) > 0,05 artinya data hasil pH ikan kembung berdistribusi normal. Setelah diuji normalitasnya data dilanjutkan dengan uji *One Way Anova*. Hasil dari uji tersebut dapat dilihat dalam tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Uji *One Way Anova* Data pH Ikan Kembung

|              |                | ANOVA          |    |             |        |       |
|--------------|----------------|----------------|----|-------------|--------|-------|
|              |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig.  |
| pH_jam_ke_0  | Between Groups | .000           | 4  | .000        | .000   | 1.000 |
|              | Within Groups  | .022           | 45 | .000        |        |       |
|              | Total          | .022           | 49 |             |        |       |
| pH_jam_ke_8  | Between Groups | .075           | 4  | .019        | 11.760 | .000  |
|              | Within Groups  | .072           | 45 | .002        |        |       |
|              | Total          | .146           | 49 |             |        |       |
| pH_jam_ke_20 | Between Groups | .091           | 4  | .023        | 5.837  | .001  |
|              | Within Groups  | .176           | 45 | .004        |        |       |
|              | Total          | .267           | 49 |             |        |       |

Dapat dilihat dari tabel 4.7 menunjukkan bahwa hasil uji *One Way Anova* analisis data pH ikan kembung kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada pengamatan jam ke-8 memperoleh nilai Signifikansi (Sig.) 0,000 dan jam ke-20 memperoleh nilai signifikansi (Sig) 0,001. Artinya data tersebut memperoleh nilai Signifikansi (Sig.) < 0,05 hal ini berarti bahwa  $H_0$  di tolak dan  $H_a$  diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya perbedaan nilai pH ikan kembung antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada pengamatan jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan. Karena terdapat perbedaan nilai pH ikan kembung pada uji *One Way Anova* maka dilanjutkan dengan uji *Anova Multiple Comparisons Post Hoc*, dengan tujuan dari agar mengetahui perbedaan nilai pH antara kelompok

kontrol dan kelompok eksperimen secara signifikan dan secara lebih detail seperti pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8 Uji Anova *Multiple Comparisons Post Hoc* Data pH Ikan Kembang

| Multiple Comparisons |                     |                     |                       |            |       |                         |             |
|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------|-------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable   | (I) Kelompok sampel | (J) Kelompok sampel | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.  | 95% Confidence Interval |             |
|                      |                     |                     |                       |            |       | Lower Bound             | Upper Bound |
| pH_jam_ke_8          | kontrol             | 700 $\mu$ T (60')   | 0,02700               | 0,01784    | 0,137 | -0,0089                 | 0,0629      |
|                      |                     | 700 $\mu$ T (120')  | -.03800*              | 0,01784    | 0,039 | -0,0739                 | -0,0021     |
|                      |                     | 1200 $\mu$ T (60')  | -0,02000              | 0,01784    | 0,268 | -0,0559                 | 0,0159      |
|                      |                     | 1200 $\mu$ T (120') | -.08800*              | 0,01784    | 0,000 | -0,1239                 | -0,0521     |
| pH_jam_ke_20         | kontrol             | 700 $\mu$ T (60')   | 0,03700               | 0,02797    | 0,193 | -0,0193                 | 0,0933      |
|                      |                     | 700 $\mu$ T (120')  | -0,02300              | 0,02797    | 0,415 | -0,0793                 | 0,0333      |
|                      |                     | 1200 $\mu$ T (60')  | .05900*               | 0,02797    | 0,041 | 0,0027                  | 0,1153      |
|                      |                     | 1200 $\mu$ T (120') | .09800*               | 0,02797    | 0,001 | 0,0417                  | 0,1543      |

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

Dapat dilihat dari tabel 4.8 menunjukkan bahwa hasil uji *Anova Multiple Comparisons Post Hoc* data pH ikan kembang pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan pengamatan jam ke-8 dan jam ke-20. Pada jam ke-8 terdapat kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu$ T yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,039 dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu$ T yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti nilai (Sig.) < 0,05 artinya  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sehingga, terdapat perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu$ T dan intensitas 1200  $\mu$ T yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 120 menit. Sedangkan, untuk kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu$ T yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,137 dan kelompok eksperimen

intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,268 yang berarti nilai nilai (Sig.)  $> 0,05$  artinya  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Sehingga, tidak ada perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit.

Pengamatan pH ikan kembung jam ke-20 setelah pemaparan diperoleh bahwa kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai signifikan sebesar 0,041 dan intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai signifikan sebesar 0,001 yang berarti nilai (Sig.)  $< 0,05$  artinya  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sehingga, terdapat perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit. Sedangkan, untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,193 dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,415 yang berarti nilai nilai (Sig.)  $> 0,05$  artinya  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Sehingga, tidak ada perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit.

### 3.2.2 Hasil Analisis Data Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Massa Jenis Ikan Kembung

Analisis data pengukuran nilai massa jenis ikan kembung pada kelompok kontrol yang tidak diberi paparan medan magnet ELF dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  yang telah diberi paparan medan magnet ELF dengan lama waktu 60 menit dan 120 menit dimulai dari uji normalitas terlebih dahulu agar mengetahui data tersebut berdistribusi normal atau tidak berdistribusi normal. Uji normalitas sendiri dilakukan dengan menggunakan SPSS 26 yaitu uji *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Data akan dikatakan berdistribusi normal jika memiliki nilai signifikansi  $> 0,05$ . Hasil analisis uji pH tersebut dapat dilihat

pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 Uji Normalitas Data Massa Jenis Ikan Kembang

|                                  |                | Massa_Jenis_Ja<br>m_Ke_0 | Massa_Jenis_Ja<br>m_Ke_8 | Massa_Jenis_Ja<br>m_Ke_20 |
|----------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| N                                |                | 50                       | 50                       | 50                        |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | 1.1440                   | 1.3164                   | 1.4598                    |
|                                  | Std. Deviation | .10012                   | .18106                   | .13482                    |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | .270                     | .152                     | .147                      |
|                                  | Positive       | .270                     | .152                     | .147                      |
|                                  | Negative       | -.231                    | -.093                    | -.101                     |
| Test Statistic                   |                | .270                     | .152                     | .147                      |
| Asymp. Sig. (2-tailed)           |                | .000 <sup>c</sup>        | .006 <sup>c</sup>        | .008 <sup>c</sup>         |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Berdasarkan tabel 4.9 dapat diketahui bahwa data hasil uji normalitas pengukuran massa jenis ikan kembang pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan intensitas 700  $\mu$ T dan 1200  $\mu$ T yang telah diberi paparan medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit serta waktu pengamatannya dilakukan pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.9 dimana Asymp. Sig. (2-tailed) massa jenis jam ke-8 nilainya 0,006 sedangkan massa jenis jam ke-20 nilainya 0,008 yang berarti mendapatkan nilai signifikansi Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05 artinya data hasil massa jenis ikan kembang berdistribusi tidak normal. Setelah diuji normalitasnya data dilanjutkan dengan uji Uji *Mann Whitney*. Hasil dari uji tersebut dapat dilihat dalam tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10 Uji *Mann Whitney* Data Massa Jenis Ikan Kembang

| Intensitas dan lama paparan | Massa Jenis Jam ke | Mann-Whitney U | Wilcoxon W | Z      | Asymp. Sig. (2tailed) | Exact Sig. [2*(1tailed Sig.)] |
|-----------------------------|--------------------|----------------|------------|--------|-----------------------|-------------------------------|
| 700 $\mu$ T (60')           | 8                  | .000           | 55,000     | -3,794 | .000                  | .000 <sup>b</sup>             |
|                             | 20                 | .000           | 55,000     | -7,588 | .000                  | .000 <sup>b</sup>             |
| 700 $\mu$ T (120')          | 8                  | 4,000          | 59,000     | -3,490 | .000                  | .000 <sup>b</sup>             |
|                             | 20                 | 4,000          | 63,000     | -3,187 | .001                  | .001 <sup>b</sup>             |
| 1200 $\mu$ T (60')          | 8                  | .000           | 55,000     | -3,794 | .000                  | .000 <sup>b</sup>             |
|                             | 20                 | 35,000         | 90,00000   | -1,139 | .255                  | .280 <sup>b</sup>             |
| 1200 $\mu$ T (120')         | 8                  | 22,000         | 77,000     | -2,138 | .033                  | .035 <sup>b</sup>             |
|                             | 20                 | 19,000         | 74,000     | -2,362 | .018                  | .019 <sup>b</sup>             |

a. Grouping Variable: Perlakuan

b. Not corrected for ties.

Dapat dilihat dari tabel 4.10 menunjukkan bahwa hasil Uji *Mann Whitney* massa jenis ikan kembang antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada pengamatan jam ke-8 semu kelompok 700  $\mu$ T (60'), 700  $\mu$ T (120'), 1200  $\mu$ T (60') dan 1200  $\mu$ T (120') memperoleh nilai Asymp. Sig.(2-tailed) < 0,05 menyatakan  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima sehingga dapat diartikan bahwa adanya perbedaan nilai massa jenis yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Pada jam ke-20 terdapat satu kelompok sampel yang memiliki nilai Asymp. Sig. (2-tailed) > 0,05 yaitu kelompok 1200  $\mu$ T yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit yang berarti  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak sehingga tidak ada perbedaan nilai massa jenis antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen 1200  $\mu$ T yang dipapar medan magnet ELF 60 menit. Sedangkan kelompok eksperimen 700  $\mu$ T (60'), 700  $\mu$ T (120') dan 1200  $\mu$ T (120') memperoleh nilai Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05 menyatakan  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima sehingga dapat diartikan bahwa adanya perbedaan nilai massa jenis yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Uji *Mann Whitney* telah dilakukan maka dilanjut dengan tahap selanjutnya yaitu uji *Kruskal-Wallis* yang digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen secara keseluruhan. Berikut tabel 4.11 merupakan data hasil uji *Kruskal-Wallis*:

Tabel 4.11 Uji *Kruskal-Wallis* Data Massa Jenis Ikan Kembang

|                  | Test Statistics <sup>a,b</sup> |                         |                          |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                  | Massa_Jenis_Jam_Ke<br>0        | Massa_Jenis_Jam_Ke<br>8 | Massa_Jenis_Jam_Ke<br>20 |
| Kruskal-Wallis H | .000                           | 19.940                  | 24.449                   |
| df               | 4                              | 4                       | 4                        |
| Asymp. Sig.      | 1.000                          | .001                    | .000                     |

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Perlakuan

Dapat dilihat dari tabel 4.11 menunjukkan bahwa hasil uji *Kruskal-Wallis* data massa jenis ikan kembang pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dengan pengamatan jam ke-8 dan jam ke-20 setelah pemaparan. Hasil yang diperoleh dari tabel menunjukkan bahwa semua waktu pengamatan jam ke-8 dan jam ke-20 setelah diberi paparan medan magnet ELF memperoleh nilai Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05 yang mana menyatakan bahwa menyatakan  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima sehingga dapat diartikan bahwa adanya perbedaan nilai massa jenis yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  (60'), 700  $\mu\text{T}$  (120'), 1200  $\mu\text{T}$  (60') dan 1200  $\mu\text{T}$  (120').

### 3.2.3 Hasil Analisis Data Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF Terhadap Kualitas Fisik Ikan Kembang

Analisis data kualitas fisik ikan kembang pada penelitian ini diuji dengan menggunakan alat indera manusia dengan menggunakan nilai yang mengacu pada skala menurut SNI Ikan Segar No. 2729:2013. Pada penelitian ini kualitas fisik dapat diukur dengan tiga indikator yaitu tekstur, kenampakkan, dan aroma. Kualitas fisik yang telah diamati kemudian diberi nilai yang sesuai pada ketentuan SNI ikan sagar dimana penilainnya mulai dari yang 1,3,5,7,8 dan 9. Nilai organoleptic dalam persyaratan mutu ikan segar yaitu minimal mendapatkan nilai 7. Sehingga, semakin lama penyimpanan ikan kembang maka akan semakin kecil nilai yang diperoleh. Analisis data kualitas fisik ini diberlakukan untuk seluruh kelompok baik kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  pada pengamatan jam ke-0, jam ke-8, dan jam ke-20.

a. Analisis data hasil pengujian tekstur ikan kembung

Hasil pengamatan yang diperoleh pada jam ke-0 untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memperoleh nilai rata-rata 9. Arti dari nilai tersebut yaitu ikan memiliki keadaan tekstur yang padat, kompak, dan sangat elastis, yang menandakan ikan masih segar dan layak untuk dijual maupun dikonsumsi. Pengamatan pada jam ke-8 setelah pemaparan menunjukkan bahwa untuk kelompok kontrol memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki tekstur lunak, bekas jari terlihat dan sulit hilang. Sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 5 artinya ikan memiliki tekstur agak lunak dan kurang elastis. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 6 artinya ikan memiliki tekstur agak lunak dan sedikit elastis. Kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 7 artinya ikan memiliki tekstur agak lunak dan agak elastis. Kemudian untuk kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 8 artinya ikan memiliki tekstur padat, kompak dan elastis.

Pengamatan pada jam ke-20 setelah pemaparan menunjukkan bahwa adanya kemunduran nilai tekstur pada ikan sehingga untuk kelompok kontrol memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki tekstur sangat lunak, bekas jari tidak hilang. Sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki tekstur lunak, bekas jari terlihat dan sulit hilang. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 5 artinya ikan memiliki tekstur agak lunak dan kurang elastis. Kemudian Kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 6 artinya ikan memiliki tekstur agak lunak dan kurang elastis.

Berdasarkan uraian analisis data nilai pengamatan tekstur pada ikan kembung dapat disimpulkan bahwa kelompok eksperimen mendapatkan nilai yang

lebih tinggi dibanding dengan nilai dari kelompok kontrol. Artinya adanya pengaruh pemberian paparan medan magnet ELF terhadap kualitas fisik ikan kembang indikator tekstur. Dalam penelitian ini kelompok eksperimen yang dapat memepertahankan dengan baik nilai rata-rata tekstur ikan kembang mulai pengamatan pada jam ke-8 hingga pada jam ke-20 adalah kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit.

b. Analisis data hasil pengujian kenampakkan ikan kembang

Hasil pengamatan yang diperoleh pada jam ke-0 untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memperoleh nilai rata-rata 9. Arti dari nilai tersebut yaitu ikan memiliki bola mata cembung, kornea dan pupil jernih, serta mengkilap. Selain itu warna insang merah tua cemerlang dengan sedikit lender transparan, dan memiliki sayatan daging yang sangat cemerlang serta jaringan daging kuat. Hal tersebut yang menandakan ikan masih segar dan layak untuk dijual maupun dikonsumsi. Pengamatan pada jam ke-8 setelah pemaparan menunjukkan bahwa untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata cekung kornea keruh tidak, pupil keabu abuan, tidak mengkilap dan untuk insangnya coklat keabuabuan dengan lender putih susu bergumpal serta memiliki sayatan daging kusam dan jaringan daging kurang kuat, artinya ikan mulai membusuk. Sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 5 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata agak cekung, kornea keruh, pupil agak keabu-abuan dan tidak mengkilap, ikan juga memiliki warna insang yang merah muda pucat dengan lender keruh serta sayatan daging mulai pudar dan jaringan daging kurang kuat. Kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 6 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata agak cekung, kornea agak keruh, pupil agak keabuabuan, agak mengkilap spesifik jenis ikan. Selain itu ikan memiliki warna insang merah muda dengan lender agak keruh. Kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 7 artinya ikan memiliki bola mata rata, kornea agak keruh, pupil agak keabu-

abuan, agak mengkilap spesifik jenis ikan. Selain itu, ikan memiliki warna insang merah muda dengan sedikit lender agak keruh serta sayatan daging sedikit kurang cemerlang dan jaringan daging masih kuat.

Pengamatan pada jam ke-20 setelah pemaparan menunjukkan bahwa adanya kemunduran nilai kenampakkan pada ikan sehingga untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata sangat cekung, kornea sangat keruh, pupil abu-abu dan tidak mengkilap. Selain itu, warna insang ikan yaitu abu-abu dengan lender cokelat bergumpal. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata cekung kornea keruh tidak, pupil keabu abuan, tidak mengkilap dan untuk insangnya cokelat keabuabuan dengan lender putih susu bergumpal serta memiliki sayatan daging kusam dan jaringan daging kurang kuat, artinya ikan mulai membusuk. Sedangkan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 5 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata agak cekung, kornea keruh, pupil agak keabu-abuan dan tidak mengkilap, ikan juga memiliki warna insang yang merah muda pucat dengan lender keruh serta sayatan daging mulai pudar dan jaringan daging kurang kuat.

Berdasarkan uraian analisis data nilai pengamatan kenampakkan pada ikan kembung dapat disimpulkan bahwa kelompok eksperimen mendapatkan nilai yang lebih tinggi dibanding dengan nilai dari kelompok kontrol. Artinya adanya pengaruh pemberian paparan medan magnet ELF terhadap kualitas fisik ikan kembung indikator kenampakkan. Dalam penelitian ini kelompok eksperimen yang dapat memepertahankan dengan baik nilai rata-rata kenampakkan ikan kembung mulai pengamatan pada jam ke-8 hingga pada jam ke-20 adalah kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet selama 60 menit dan 120 menit.

c. Analisis data hasil pengujian aroma ikan kembung

Hasil pengamatan yang diperoleh pada jam ke-0 untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memperoleh nilai rata-rata 9. Arti dari nilai tersebut yaitu ikan memiliki aroma yang sangat segar dan spesifik jenis kuat. Pengamatan pada jam ke-8 setelah pemaparan menunjukkan bahwa untuk kelompok kontrol memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki aroma bau busuk kuat. Sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki bau asam kuat. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 5 artinya ikan memiliki aroma sedikit bau asam. Kemudian untuk kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 6 artinya ikan memiliki aroma yang netral.

Pengamatan aroma pada jam ke-20 setelah pemaparan menunjukkan bahwa adanya kemunduran nilai aroma pada ikan sehingga untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki aroma bau busuk kuat, Sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit dan Kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit memperoleh nilai yang sama yaitu nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki bau asam kuat.

Berdasarkan uraian analisis data nilai pengamatan aroma pada ikan kembung dapat disimpulkan bahwa kelompok eksperimen mendapatkan nilai yang lebih tinggi disbanding dengan nilai dari kelompok kontrol. Artinya adanya pengaruh pemberian paparan medan magnet ELF terhadap kualitas fisik ikan kembung indikator aroma. Dalam penelitian ini kelompok eksperimen yang dapat memepertahankan dengan baik nilai rata-rata aroma ikan kembung mulai pengamatan pada jam ke-8 hingga pada jam ke-20 adalah kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit.

### 3.3 Pembahasan

#### 3.3.1 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap pH Ikan Kembang

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh paparan medan magnet ELF intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar dengan variasi waktu 60 menit dan 120 menit terhadap pH ikan kembang. Pengukuran pH dalam penelitian ini dilakukan untuk semua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Waktu yang dilakukan untuk pengukuran pH ikan kembang yaitu pada jam ke-0 artinya pengukuran yang dilakukan sebelum diberikan paparan medan magnet ELF. Kemudian diukur kembali pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah dilakukannya proses pemaparan. Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk mengukur pH ikan kembang yaitu menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan buffer. Hal ini dilakukan agar saat pengukuran pH akan mendapatkan hasil nilai yang akurat. Langkah yang pertama dalam proses pengambilan data adalah melarutkan 5 gram daging ikan kembang dengan 5 ml larutan aquades ke dalam gelas beaker kemudian aduk hingga tercampur rata, setelah itu memasukkan pH meter ke dalam larutan ikan kembang kemudian catat nilai yang muncul pada pH meter tersebut.

Hasil data nilai dari pengukuran pH meter dapat dilihat pada tabel 4.1 maupun diagram batang pada gambar 4.1 diatas. Hasil yang tertera pada tabel maupun diagram batang pada gambar menunjukkan bahwa adanya suatu perbedaan nilai rata-rata pH ikan kembang pada kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen dalam seluruh waktu pengamatan setelah dilakukannya suatu paparan medan magnet ELF. Namun pada jam ke-0 kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memiliki nilai rata-rata pH yang sama yaitu 6,04. Hal tersebut karena pengamatan yang dilakukan pada jam ke-0 dilakukan sebelum proses pemaparan dan ikan kembang masih segar. Jika dilihat dari gambar diagram batang gambar 4.1 kelompok kontrol cenderung tidak stabil dalam mempertahankan nilai rata-rata pH ikan kembang. Sedangkan pada kelompok eksperimen lebih cenderung bisa mempertahankan nilai rata-rata pH dari ikan kembang. Dimana kelompok eksperimen tetap mengalami kemunduran secara stabil tidak seperti kelompok kontrol. Pada penelitian terbukti bahwa kelompok eksperimen yang cenderung

mempertahankan nilai pH ikan kembung adalah kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit karena jika dilihat pada diagram batang tersebut kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit merupakan kelompok yang sedikit mengalami kenaikan daripada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen yang lainnya.

Kelompok kontrol dalam penelitian ini memiliki nilai rata-rata pH lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Dalam penelitian ini kesegaran ikan dapat dilihat dari potensial hidrogennya (pH) (Purnawati *et al.*, 2021). Nilai pH pada daging ikan segar umumnya memiliki nilai dibawah netral sampai netral (Damayanti *et al.*, 2021). Menurut Nurqaderiane (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa ikan yang penyimpanannya sudah lama maka akan cepat mengalami pembusukan yang disebabkan munculnya senyawa volatile lainnya sehingga pH ikan akan semakin tinggi atau di tingkat basa. Hal tersebut bisa juga bisa terjadi karena selama proses penyimpanan akan terjadi proses perombakan enzim yang ada dalam tubuh ikan dan menyebabkan terjadinya proses autolisis dimana dalam proses ini kandungan protein asam amino diubah menjadi senyawa ammonia yang bersifat basa, sehingga hal tersebut juga mempengaruhi nilai pH ikan kembung (Suprayitno, 2020). Selain adanya proses autolisis terdapat juga aktivitas bakteri yang dapat mempengaruhi perubahan nilai pH. Bakteri yang terdapat pada ikan kembung antara lain *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, dan *E. coli* (Sartika *et al.*, 2019). Proses perombakan bakteri juga terjadi ketika ikan sudah mulai mengalami proses pembusukan dimana bakteri tersebut memanfaatkan daging ikan untuk memenuhi nutrisi sehingga populasi bakteri bertambah dengan cepat dengan waktu yang bersamaan dengan proses autolisis sehingga berdampak pada perubahan nilai pH pada ikan kembung.

Perubahan yang terjadi pada nilai pH dalam penelitian ini dapat dicegah dengan memberikan paparan medan magnet ELF. Medan magnet ELF memiliki salah satu karakteristik mampu menembus hampir keseluruhan materi termasuk bakteri dan mikroorganisme. Paparan medan magnet ELF ini dapat mengubah pertumbuhan dan reproduksi bakteri dan mikroorganisme pembentuk asam.

Menurut Sudarti et al. (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa paparan medan magnet ELF efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *salmonella* sebesar 32.57%. Penelitian Kimestri (2015), menyatakan mekanisme interaksi medan magnet dengan sel dapat menghambat aktivitas metabolisme bakteri pembentuk asam dengan cara energi dipindahkan dari medan magnet menuju ke ion-ion yang terdapat dalam sel bakteri. Ion-ion yang berperan aktif dalam pembelahan sel yaitu  $Ca^{2+}$ . Kandungan  $Ca^{2+}$  mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap pertumbuhan sel bakteri. Kemudian, efek yang dihasilkan dari medan magnet dibawa oleh ion menuju ke jaringan lainnya. Sehingga dengan adanya pemberian medan magnet ini dapat mematikan mikroba patogen akibat kerusakan struktur protein didalam sel. Kerusakan protein di dalam sel inilah yang akan menghambat proses metabolisme sel (Kimestri, 2015). Sudarti (2016), berpendapat bahwa osilasi medan magnet terhadap bakteri dapat memberikan dampak terhadap perubahan nilai pH. Hal tersebut terjadi karena adanya penghambatan bakteri pembentuk asam.

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian nilai rata-rata pH yang diperoleh pada kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen mengalami kenaikan setiap waktu pengukuran. Namun, disini dapat dibedakan bahwa kenaikan nilai rata-rata pH ikan kembung pada kelompok eksperimen mengalami kenaikan nilai pH dengan selisih yang cukup kecil setiap waktu pengukuran jika dibandingkan dengan dengan kelompok kontrol dimana kelompok ini mengalami kenaikan nilai rata-rata pH secara drastis. Hal tersebut sesuai penelitian Nurhasanah (2018) yang menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol yang di biarkan terbuka pada suhu ruang mengalami kenaikan nilai pH ikan tongkol secara drastis sedangkan pada kelompok eksperimen yang di papar medan magnet ELF mengalami peningkatan secara stabil. Hal ini berarti adanya pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap nilai pH ikan kembung. Artinya pemberian paparan medan magnet ELF mampu menekan pertumbuhan bakteri pembusuk dalam bahan pangan. Uraian tersebut berdasarkan penelitiannya Yalcin dan Erdem (2012), menyatakan bahwa beberapa enzim langsung merespon dengan adanya pemberian paparan medan elektromagnetik dan dengan diberikannya paparan medan magnet

pada pengawetan ikan kembung ini dapat diperpanjang daya simpannya hingga 20 jam. Dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini intensitas yang mempunyai potensi lebih besar dalam mempertahankan pH ikan kembung adalah intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit.

### 3.3.2 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Massa Jenis Ikan Kembung

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh paparan medan magnet ELF intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar dengan variasi waktu 60 menit dan 120 menit terhadap massa jenis ikan kembung. Pengukuran massa jenis dalam penelitian ini dilakukan untuk semua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Waktu yang dilakukan untuk pengukuran massa jenis ikan kembung yaitu pada jam ke-0 artinya pengukuran yang dilakukan sebelum diberikan paparan medan magnet ELF. Kemudian diukur kembali pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah dilakukannya proses pemaparan. Pengukuran massa jenis ikan kembung dalam penelitian ini menggunakan neraca digital yang digunakan untuk massa ikan sedangkan volume dapat diukur menggunakan gelas ukur. Cara untuk menentukan volume ikan yaitu volume akhir ikan kembung dikurangi volume awal ikan kembung. Kemudian, melakukan perhitungan massa jenis sesuai dengan rumus massa jenis dimana massa dari ikan kembung dibagi dengan volume ikan kembung.

Kesegaran ikan dapat dilihat dari beberapa indikator, secara fisika kesegaran ikan dapat dilihat dari massa jenisnya. Massa jenis merupakan kuantitas konsentrasi zat yang dinyatakan dalam massa persatuan volume. Pada penelitian ini volume kaitanya sangat erat dengan kadar air yang terdapat pada ikan kembung. Kadar air pada ikan dapat menjadi penentu dalam kesegaran ikan dan daya awet ikan. Jika kadar air yang terdapat pada bahan pangan maka tinggi akan memudahkan bakteri untuk berkembangbiak sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Supardi et al., 1999). Sehingga, semakin banyaknya kadar air pada ikan maka proses pembusukan ikan juga akan semakin cepat. Menurut Badan Ketahanan Pangan Provinsi DIY (2013) ikan kembung mengandung air sebesar 76 %. Hal ini menunjukkan bahwa ikan kembung merupakan ikan yang tergolong cepat

mengalami pembusukan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Metode pengawetan untuk ikan telah banyak dilakukan, namun masih terdapat bakteri yang masih hidup dan berkembang biak di dalam tubuh ikan kembung seperti bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi* berkembang biak dengan baik (Sartika *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil penelitian dan pengukuran massa jenis yang telah dilakukan maka didapatkan hasil rata-rata nilai massa jenis seperti pada gambar 4.4 yaitu menunjukkan bahwa adanya suatu perbedaan nilai rata-rata massa jenis ikan kembung pada kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen dalam seluruh waktu pengamatan setelah dilakukannya suatu paparan medan magnet ELF. Namun pada jam ke-0 kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memiliki nilai rata-rata massa jenis yang sama yaitu 1,14 gr/ml. Hal tersebut karena pengamatan yang dilakukan pada jam ke-0 dilakukan sebelum proses paparan dan ikan kembung masih segar. Kelompok kontrol selalu mengalami perbedaan disetiap waktu pengamatan. Kelompok kontrol pada pengamatan jam ke-8 mengalami penurunan namun pada jam ke-20 kelompok kontrol mengalami peningkatan yang sangat tinggi. Terjadinya perbedaan nilai rata-rata massa jenis ikan kembung pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen ada kaitannya dengan pemberian paparan medan magnet ELF. Hal ini terbukti bahwa kelompok eksperimen dapat menjaga kestabilan nilai rata-rata ikan kembung. Pemberian paparan medan magnet ELF ini dapat mencegah tumbuhnya bakteri pada ikan karena medan magnet dapat menginaktivkan bakteri pathogen yang terdapat pada ikan kembung. Pada saat bakteri mengalami penginaktifan oleh medan magnet ELF maka bakteri tidak akan melakukan metabolisme lagi sehingga dapat mencegah penambahan volume pada ikan. Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa medan magnet ELF berpengaruh terhadap perubahan massa jenis ikan kembung.

### 3.3.3 Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF terhadap Kualitas Fisik Ikan Kembung

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh paparan medan magnet ELF intensitas 700  $\mu$ T dan 1200  $\mu$ T yang dipapar dengan variasi waktu 60 menit dan 120 menit terhadap kualitas fisik ikan kembung. Pengamatan

kualitas fisik dalam penelitian ini dilakukan untuk semua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Waktu yang dilakukan untuk pengamatan kualitas fisik ikan kembung yaitu pada jam ke-0 artinya pengukuran yang dilakukan sebelum diberikan paparan medan magnet ELF. Kemudian diukur kembali pada jam ke-8 dan jam ke-20 setelah dilakukannya proses pemaparan. Pengamatan kualitas fisik ini dilakukan dalam beberapa indikator tekstur, kenampakkan, dan aroma ikan. Untuk penilainnya mengacu pada SNI Ikan Segar No. 2729:2013. Pengamatan kualitas fisik ikan dilakukan dengan menggunakan panca indera manusia meliputi penglihatan, penciuman, dan peraba. Menurut BSN 2013 pengukuran kualitas fisik ikan segar digolongkan menjadi tiga kriteria yaitu ikan segar dengan skor 9-7, ikan agak segar dengan skor 6-5, dan ikan tidak segar dengan skor 1-3. Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa semakin lama penyimpanan ikan pada suhu ruang, maka berpengaruh terhadap kualitas fisik ikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama penyimpanan ikan maka semakin kecil skor yang diperoleh dari pengamatan kualitas fisiknya. Ikan merupakan salah satu sumber pangan yang baik untuk dikonsumsi dalam memenuhi gizi sehari-hari. Ikan memegang peran penting dalam pemenuhan sumber gizi dan keamanan hidup manusia pada negara berkembang (Ratnasari et al., 2021). Ikan kembung hasil tangkapan nelayan tidak bisa bertahan lebih dari 6 - 7 jam dalam suhu ruang (Efeendi, 2012). Kesegaran ikan tidak dapat ditingkatkan tetapi bisa dipertahankan proses perubahannya (Tamuu, 2014).

Tekstur merupakan indikator dari pengamatan kualitas fisik ikan. Ikan segar memiliki spesifikasi tekstur yang padat, kompak, dan sangat elastis. Berdasarkan hasil penelitian, semakin lama penyimpanan ikan maka akan semakin lunak tekstur ikan. Pada jam ke-0 untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memperoleh nilai rata-rata 9. Arti dari nilai tersebut yaitu ikan memiliki keadaan tekstur yang padat, kompak, dan sangat elastis, yang menandakan ikan masih segar dan layak untuk dijual maupun dikonsumsi. Pengamatan pada jam ke-8 setelah pemaparan menunjukkan bahwa mulai berubah dari padat, kompak, sangat elastis sampai menjadi lunak, bekas jari terlihat dan sulit hilang. Sedangkan untuk pengamatan pada jam ke-20 setelah pemaparan menunjukkan bahwa adanya

kemunduran nilai tekstur pada ikan sehingga untuk kelompok kontrol memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki tekstur sangat lunak, bekas jari tidak hilang. Sedangkan untuk kelompok eksperimen yang lain seperti intensitas 700  $\mu\text{T}$  (60'), 700  $\mu\text{T}$  (120'), 1200  $\mu\text{T}$  (60') dan 1200  $\mu\text{T}$  (120'), memperoleh nilai rata-rata 6-3 yang artinya ikan mengalami kemunduran nilai rata-rata tektur dimana tekstur tersebut mulai agak lunak, sedikit kurang elastis sampai lunak. Kemunduran tersebut terjadi karena ada perombakan enzim yang mengakibatkan tekstur menjadi sanagt lunak. Proses tersebut dapat menjadikan udang menjadi lunak, sehingga terjadi proses kebusukkan pada udang (Suwetja, 2013).

Kenampakkan juga merupakan salah satu indikator dari pengamatan kualitas fisik ikan. Ikan segar memiliki spesifikasi kenampakkan utuh, bening, spesifik jenis, dan antar ruas kokoh. Jika dilihat dari hasil pengamatan pada jam ke-0 untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memperoleh nilai rata-rata 9. Arti dari nilai tersebut yaitu ikan memiliki bola mata cembung, kornea dan pupil jernih, serta mengkilap. Selain itu warna insang merah tua cemerlang dengan sedikit lender transparan, dan memiliki sayatan daging yang sangat cemerlang serta jaringan daging kuat. Hal tersebut yang menandakan ikan masih segar dan layak untuk dijual maupun dikonsumsi. Pengamatan pada jam ke-8 setelah pemaparan menunjukkan bahwa untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  (60') memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata cekung kornea keruh tidak, pupil keabu abuan, tidak mengkilap dan untuk insangnya cokelat keabuabuan dengan lender putih susu bergumpal serta memiliki sayatan daging kusam dan jaringan daging kurang kuat, artinya ikan mulai membusuk. Untuk intensitas 700  $\mu\text{T}$  (120'), 1200  $\mu\text{T}$  (60') memperoleh rata-rata nilai 5 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata agak cekung, kornea keruh, pupil agak keabu-abuan dan tidak mengkilap, ikan juga memiliki warna insang yang merah muda pucat dengan lender keruh serta sayatan daging mulai pudar dan jaringan daging kurang kuat. Sedangkan Intensitas 1200  $\mu\text{T}$  (120') memeproleh nilai 7 artinya ikan memiliki bola mata rata, kornea agak keruh, pupil agak keabu-abuan, agak mengkilap spesifik jenis ikan. Selain itu, ikan memiliki warna insang merah muda dengan sedikit lender agak keruh serta sayatan daging sedikit kurang

cemerlang dan jaringan daging masih kuat.

Pengamatan pada jam ke-20 setelah pemaparan menunjukkan bahwa adanya kemunduran nilai kenampakkan pada ikan sehingga untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  (60') memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata sangat cekung, kornea sangat keruh, pupil abu-abu dan tidak mengkilap. Selain itu, warna insang ikan yaitu abu-abu dengan lender cokelat bergumpal. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  (120') dan intensitas 1200  $\mu\text{T}$  (60') menit memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata cekung kornea keruh tidak, pupil keabu abuan, tidak mengkilap dan untuk insangnya cokelat keabuabuan dengan lender putih susu bergumpal serta memiliki sayatan daging kusam dan jaringan daging kurang kuat, artinya ikan mulai membusuk. Sedangkan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 5 artinya ikan memiliki kenampakkan bola mata agak cekung, kornea keruh, pupil agak keabu-abuan dan tidak mengkilap, ikan juga memiliki warna insang yang merah muda pucat dengan lender keruh serta sayatan daging mulai pudar dan jaringan daging kurang kuat. Pada pengamatan jam ke-20 juga mulai tumbuh bitnik hitam yang dikarenakan

Aroma merupakan parameter dalam menentukan kualitas fisik ikan juga. sehingga semakin lama penyimpanan ikan , maka semakin bau busuk ikan. Hasil pengamatan yang diperoleh pada jam ke-0 untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen memperoleh nilai rata-rata 9. Arti dari nilai tersebut yaitu ikan memiliki aroma yang sangat segar dan spesifik jenis kuat. Pengamatan pada jam ke-8 setelah pemaparan menunjukkan bahwa untuk kelompok kontrol memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki aroma bau busuk kuat. Sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki bau asam kuat. Untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit dan kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 5 artinya ikan memiliki aroma sedikit bau asam. Kemudian untuk kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar

medan magnet selama 120 menit memperoleh nilai rata-rata 6 artinya ikan memiliki aroma yang netral. Pengamatan aroma pada jam ke-20 setelah pemaparan menunjukkan bahwa adanya kemunduran nilai aroma pada ikan sehingga untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit memperoleh nilai rata-rata 1 artinya ikan memiliki aroma bau busuk kuat, Sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit dan Kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit memperoleh nilai yang sama yaitu nilai rata-rata 3 artinya ikan memiliki bau asam kuat.

Perbedaan yang terjadi dalam pengamatan kualitas fisik antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen disebabkan karena adanya pemberian paparan medan magnet ELF terhadap kelompok eksperimen 700  $\mu\text{T}$  dan 1200  $\mu\text{T}$  yang telah dipapar medan magnet ELF selama 60 menit dan 120 menit. Dalam penelitian ini kelompok eksperimen yang dapat mempertahankan dengan baik nilai rata-rata kualitas fisik ikan kembung mulai pengamatan pada jam ke-8 hingga pada jam ke-20 adalah kelompok eksperimen intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit dikarenakan intensitas ini merupakan energi yang cukup dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Sehingga, medan magnet ELF berpengaruh dalam mempertahankan kualitas fisik ikan kembung.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

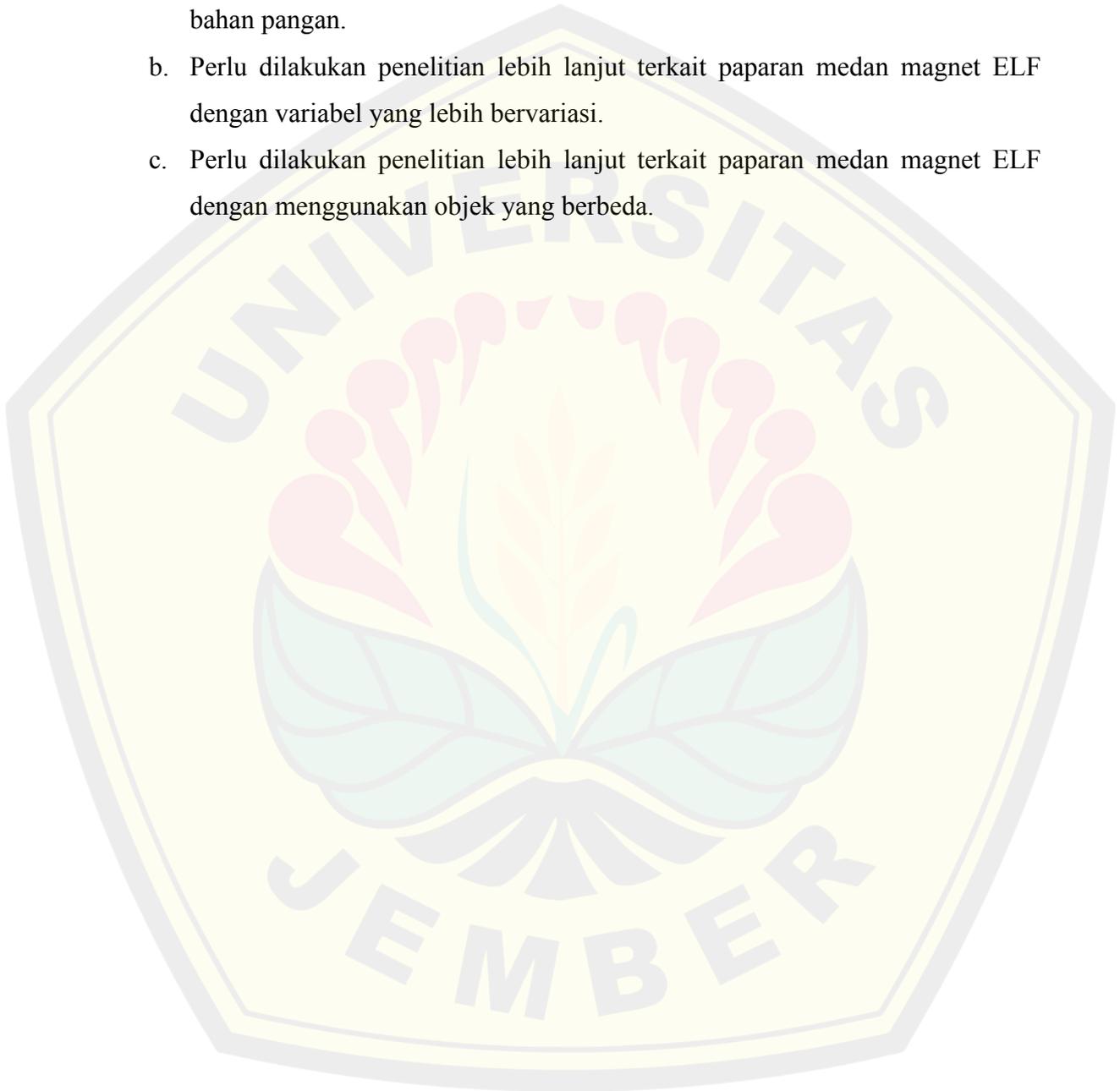
Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap kenaikan nilai rata-rata pH ikan kembung (*Rastrelliger sp.*). Intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit dan 120 menit serta intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit belum berpotensi dalam mempertahankan kenaikan nilai rata-rata pH ikan kembung. Sehingga, dalam penelitian ini intensitas yang berpotensi dalam mempertahankan kenaikan nilai rata-rata pH ikan kembung yaitu intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit.
- b. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap nilai rata-rata massa jenis ikan kembung (*Rastrelliger sp.*). Intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit dan 120 menit serta intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit belum berpotensi dalam mempertahankan nilai rata-rata massa jenis ikan kembung. Sehingga, pada penelitian ini intensitas yang berpotensi dalam mempertahankan nilai rata-rata massa jenis ikan kembung yaitu intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit.
- c. Paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap kualitas fisik ikan kembung (*Rastrelliger sp.*). Intensitas 700  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit dan 120 menit serta intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar selama 60 menit belum berpotensi dalam mempertahankan nilai rata-rata kualitas fisik ikan kembung yang meliputi nilai rata-rata indikator tekstur, indikator kenampakkan dan indikator aroma. Sehingga, pada penelitian ini intensitas yang berpotensi dalam mempertahankan kenaikan nilai rata-rata kualitas fisik ikan kembung yang meliputi nilai rata-rata indikator tekstur, indikator kenampakkan dan indikator aroma yaitu intensitas 1200  $\mu\text{T}$  yang dipapar medan magnet ELF selama 120 menit.

## 5.2 Saran

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

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait paparan medan magnet ELF dengan intensitas dan variasi waktu yang berbeda dalam menjaga kualitas bahan pangan.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait paparan medan magnet ELF dengan variabel yang lebih bervariasi.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait paparan medan magnet ELF dengan menggunakan objek yang berbeda.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, F. 2020. Pengaruh penambahan CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) terhadap uji organoleptik otak-otak ikan niki. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 6 (2): 171-180.
- Afrianto E., dan E. Liviawaty. 2010. Penentuan waktu rigor mortis ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*) berdasarkan pola perubahan derajat keasaman. *Jurnal akuatika*. 5 (1): 43.
- Agustina, S. D., S.H.B. Prastowo, dan Sudarti. 2018. Analisis intensitas medan magnet *extremely low frequency* (ELF) di sekitar laptop. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 7 (3): 286-292.
- Alatas, Z. 2004. Efek Radiasi Pengion Dan Non Pengion Pada Manusia. *Buletin alara*. 5 (203): 99-112.
- Albert, B., A. Jhonson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, dan P.Walker. 2002. *Biologi Molekuler Sel*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka.
- Anton, S. 2015. *Bioelektromagnetics For Improved Crop Produktivity*. Swedia: Swedish University of Agricultural Science.
- Ariyani, E., Sudarti, dan S.H. B. Prastowo. 2019. Pengaruh Paparan *Extremely Low Frequency Magnetic Field* Terhadap pH Edamame. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 8(3): 132-136.
- Aster, J. C., V. Kumar, A.K. Abbas. 2019. Buku Ajar Patologi Robbins-Ebook. Singapura: *Elsevier Health Sciences*.
- Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY. 2013. *Data Kandungan Gizi Bahan Pangan dan Hasil Olahannya*. Badan Ketahanan Pangan, Yogyakarta.
- Barbosa dan Canovas. 1998. *Oscillating Magnetic Field for Food Processing*. Dalam Non Termal Preservation of Food. New York: Marcel Dekker Inc.
- Batubara, R. W., A. Suherman, dan A.K. Mudzakir. 2021. Pola musim penangkapan ikan kembung yang didaratkan di pelabuhan perikanan Pantai Asemdayong pemalang. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 27(4), 203-215.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2013. Ikan Segar. SNI 2792:2013. Jakarta.

- Damayanti, W., dan E. Liviawaty. 2021. Perkembangan Populasi Mikroba Selama Pengendalian Lingkungan Fermentasi Ikan Kembung. *Jurnal Akuatek*, 2(1), 19-24.
- Dwiari. S., dan Rini. 2008. *Teknologi Pangan Jilid 1 untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Effendi, S. 2012. *Teknologi Pengolahan Dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Elsavana, N. I. D., Sudarti, dan T. Prihandono. 2022. Pengawetan ikan pindang layang (*decapterus ruselli*) berbantuan medan magnet *extremely low frequency* (ELF). *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*. 3(3): 55-56.
- Fadhli, M. L., Romadhon, dan Sumardianto. 2020. Karakteristik sensori pindang ikan kembung (*rastrelliger sp.*) dengan penambahan garam bledug kuwu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 2(1): 2-3.
- FAO. 2013. Species Fact Sheets *Rastrelliger sp.* <http://www.fao.org/fishery/species/2477/e>. [Diakses pada 10 September 2022].
- Fitria, A., Sudarti, dan T. Prihandono. 2022. Pengaruh paparan medan magnet ELF intensitas 600  $\mu\text{T}$  dan 1000  $\mu\text{T}$  terhadap perubahan nilai pH pada daging ikan lele (*Clarias Sp.*). *Orbita: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(1), 139-142.
- Florensia, S., P. Dewi, dan N. R. Utami. 2012. Pengaruh ekstrak lengkuas pada perendaman ikan kembung terhadap jumlah bakteri. *Unnes Journal of Life Science*. 1(2): 4-5.
- Gaafar, E. A., M. S. Hanafy, E.Y. Tohamy, dan M. H. Ibrahim. 2006. Stimulation and control of e.coli by using an extremely low frequency magnetic field. *Journal of biomedical sciences*. 16(4): 283-296.
- Gandjar, I. G., dan A. Rohman. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Ghausia, A., Sudarti, dan B. Supriadi. 2020. Pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 100  $\mu\text{T}$  dan 200  $\mu\text{T}$  terhadap pH sebagai indikator ketahanan minuman susu fermentasi. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*. 8(3): 74-78

- Ghazali, A. F., D.H.Z. Abidin, S. A.M. Not dan D. M. Naim. 2012. Genetic variation of indian mackerel (*rastrelliger kanaga*) (cuvier 1816) of sabah waters based on mitochondrial d - loop region : a preliminary study. *Asian Journal of Biology and Biotechnology* ,1(1):1-10.
- Giancoli, D. C. 2014. *Physics: Principle with Aplications*. San Fransisco: Pearson Education Inc.
- Gobba, F. dan D. Malagoli. 2003. Effect of 50 Hz magnetic field on fmlpinduced shape changes in invertebrate immunocytes: the role of calcium ion channels. *Bioelectromagnetics*. 24(1): 347-354.
- Goodman, R. dan B. Martin. 2002. Insights into electromagnetic interaction mechanisms. *Journal of Cellular Physiology*. 192 (1):16-22.
- Grubner, S.J. 2011. Peningkatan Poliferasi Kultur Sel Punca Mesenkim Asal Darah Tepi melalui Pemaparan Medan Magnet Disk Permanen 200 mT Selama Dua dan Empat Jam Per Hari . Tidak diterbitkan. *Tesis*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Hakim, D. M. 2014. Pengaruh Ekstrak Alga Merah (*Kappaphycus alvarezii*) Terhadap Jumlah Total Bakteri dan Nilai Organoleptik Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*). *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Halliday, D. R., dan J. Walker. 2013. *Fundamental of Physics*. 10<sup>th</sup> edition. New York. John Wiley
- Handoko, Sudarti, dan R. D. Handayani. 2017. Analisis paparan medan magnet *extremely low frequency* (ELF) pada biji cabai merah besar terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah besar. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5(4) : 370-377.
- Hastuti, S. 2010. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Formaldehid pada Ikan Asin di Madura. *Jurnal Agrotek* .4(1): 132–137
- Hewitt, P. G. 2008. *Conceptual Physics Fundamental*. San Fransisco: Pearson Education Inc.
- Hidayat, R. 2020. Analisis Mutu Pindang Ikan Tongkol (*Euthynnus Affinis*) dengan Teknik Pengolahan Oven Steam. 9(1), 21–33.
- Himawati, E., N. U. R. H. R. Riyadi, dan G.J. Manuhara. 2018. The effect of adding coconut shell liquid smoke by distillation and redistillation on the chemical microbiological, and sensory properties of pindang layang fish ( *Decapterus spp.* ) during storage. 15(2), 80–87. [doi.org/10.13057/biofar/c150204](https://doi.org/10.13057/biofar/c150204)

- Husni, A. A. K., Brata, dan S. A. Budhiyanti. 2015. Peningkatan daya simpan ikan kembung dengan ekstrak etanolik padina sp. selama penyimpanan suhu kamar. *JPHPI*. 18(1).
- Ihsan, B. 2021. Identifikasi bakteri patogen (*Vibrio spp.* dan *Salmonella spp.*) yang mengontaminasi ikan layang dan bandeng di pasar tradisional. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 24(1): 89-96.
- Ihsan, B., I.M. Abdiani, 2018. Deteksi dan identifikasi bakteri *Salmonella spp.* pada ikan bandeng yang dijual di pasar gusher Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*.11(1):46-51.
- Inhan, A., B. Aksu., Z.Akan., D.Akakin., A. N. Ozaydin., dan T. San. 2011. Effect of extremely low frequency electromagnetic fields on growth rate and morphology of bacteria. *Int J Radiat Biol*. 87 (12): 61  
[doi: 10.3109/09553002.2011.560992](https://doi.org/10.3109/09553002.2011.560992).
- Irianto, H.E., dan S. Giyatmi. 2009. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*. Jakarta: Penerbit Universitas Terbuka.
- Ishaq, M. 2007. *Fisika Dasar Elektisitas dan Magnetisme*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- 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*. 1(2): 209.
- Itefin, M. dan I. Gunay. 1993. Influence of Strong Static Magnetic Field on Biolectical Characteristic of Rat Hemidiaphragm Muscle. *Islamic Acad Sci*. 5(4): 12-14.
- Jannah, A. M., Legowo, A. M., Pramono, Y. B., Al-Baarri, A. N., & Abduh, S. B. M. 2014. Total Bakteri Asam Laktat, pH, Keasaman, Citarasa dan Kesukaan Yogurt Drink dengan Penambahan Ekstrak Buah Belimbing. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol. 3(2): 7-11.
- Junianti. 2003. *Teknik Penangkapan Ikan*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Kalista, A., A. Redjo, dan U. Rosidah. 2018. Analisis organoleptik (scoring test) tingkat kesegaran ikan nila selama penyimpanan. *Jurnal Fishtech*. 7(1): 98-103.
- Khoiroh H.N.L. 2017. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) Pada Biji Kakao Terhadap Jumlah Cemarkan Fungi. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember

- Kimestri, A. B. 2015. Pengawetan Bahan Pangan dengan Teknik Non Thermal. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Kordi dan Tancung. 2007. *Pengolahan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kristianto. 2017. Kajian awal pengawetan ikan pindang bandeng dan mojang dengan pengemasan vakum di Desa Cukanggenteng. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 23(2): 3-4.
- Kristinawati, A. 2015. Pengaruh Lama Paparan Medan *Magnet Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH dan Kadar Air Pada proses pembuatan keju Jenis *Cream Cheese*. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Laksmiari, K.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*. Jember: Universitas Jember.
- Listanti, R., Ediati, R., Ritonga, A. M., & Kartika, D. 2021. Pengaruh Proses Termal Dan Jenis Pengemasan Terhadap Kualitas Cimplung Singkong Tanpa Pengawet. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers*. 78–184.
- Mangunwardoyo, W., R.A. Shopia, E.S. Heruwati. 2007. Seleksi dan pengujian aktivitas enzim L-Histidine decarboxylase dari bakteri pembentuk histamin. *Jurnal Makara Sains*. 1(11): 104-109.
- Manurung, H., F. Swastawati, dan I. Wijayanti. 2017. Pengaruh penambahan asap cair terhadap tingkat oksidasi ikan kembung (*Rastrelliger Sp*) asin dengan metode pengeringan yang berbeda. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 6(1), 30–37.
- Ma'rufiyanti, P., Sudarti, dan A. A. Gani. 2021. Pengaruh paparan medan magnet elf (extremely low frequency) 300µt dan 500µt terhadap perubahan kadar vitamin c dan derajat keasaman (pH) pada buah tomat. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 3(3), 277-284.
- Muharromah, N., Sudarti, dan Subiki. 2018. Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Sifat Organoleptik Dan Ph Susu Sapi Segar. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika*. 3(2): 13-18.
- Murniyati,A.S. dan Sunarman. 2000. *Pendinginan, Pembekuan, dan Pengawetan Ikan*. Jakarta: PT. Kanisius.

- Nalendrya, I., I. M. B. Ilmi, dan F. A. Arini. 2016. Long jawed mackerel fish sausages (*Rastelliger Kanugarta L*) as food sources of omega 3. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol 5 (3) : 71-75.
- Nawawi, A. 2018. Dampak Radiasi Listrik Tegangan Tinggi Terhadap Kesehatan Manusia. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*.8(1), 93-106.
- Niati, E. W., Sudarti, dan Yushardi. 2021. Pengaruh medan magnet *extremely low frequency* (elf) terhadap nilai pH buah anggur hitam. *Orbita. Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*. 7(1): 155-158.
- Noorrela, L., & Munggaran, I. P. 2021. Analisa kualitatif formalin pada sampel ikan asin di pasar sederhana kota bandung. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 49-57.
- Nur, S. U. K., Sudarti, dan Subiki. 2022. Pengaruh paparan medan magnet *extremely low frequency* (ELF) terhadap derajat keasaman (pH) buah tomat. *Orbita: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*. 8(1):73-78.
- Nurhasanah, Sudarti, dan B. Supriadi. 2018. Analisis medan magnet ELF terhadap nilai ph ikan dalam proses pengawetan ikan bandeng (*Chanos chanos*). *Jurnal Pembelajaran Fisika*. Vol.7 (2): 116-122.
- Nurilmala, M., T. Nurhayati, dan R. Roskananda. 2018. Limbah industri filet ikan patin untuk hidrolisat protein. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(2), 287-294.
- Nuriyah, L., dan A.M. Juwono. 2017. *Elektromagnetisme*. Malang. Universitas Brawijaya Press.
- Nurqaderianie, S.A., Metusalach, dan Fahrul. 2016. Tingkat kesegaran ikan kembung lelaki (*Rastrelliger Kanagurta* ) yang dijual eceran keliling di Kota Makassar. *Jurnal IPTEKS PSP*. 3(6): 528-543.
- Oncul,S., E.M. Cuce., B.Aksu., dan A.I.Garip. 2016. Effect of extremely low frequency electromagnetic fields on bacterial membrane. *Int J Radiat Biol*. 92 (1): 9. doi: 10.3109/09553002.2015.1101500.
- Pazur, A. dan V. Rassadina. 2009. Transient effect of weak electromagnetic fielda on calcium ion concentration in *Arabidopsis thaliana*. *BMC Plant Biology*. 9 (1): 47-55.
- Pramudito, S. 2020. *Diktat Fisika PPKU*. IPB Press.

- Prihatin.W., Sudarti, dan T. Prihandono. 2020. Pengaruh medan magnet *extremely low frequency* terhadap biomassa tanaman edamame. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*. 8(3): 51-57.
- Purnawati, M., Sudarti, dan F. Kusuma. 2021. Pengaruh paparan medan magnet *extremely low frequency* (ELF) terhadap perubahan pH pada proses fermentasi biji kopi lanang (*Peaberry*) kering. *Jurnal Kumparan Fisika*. 4(2): 129-136.
- Putri, B. A. 2017. Pengaruh Kuat dan Lama Paparan Medan Magnet Pada *Bacillus* Sp. Terhadap Produksi Enzim Protease. *Skripsi*. Lampung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Lampung.
- Qumairoh, U., Sudarti, dan T. Prihandono. 2021. Pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap derajat keasaman (pH) udang vaname. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. 10(1): 55-59.
- Ratnasari, D., D.K. Wening, Y. Dewi, dan R.N. Qomariyah. 2021. Bakso sapi ikan kembung sebagai alternatif jajanan sehat tinggi protein untuk anak sekolah dasar. *Jurnal Ilmiah Gizi Kesehatan (JIGK)*. 3(01): 9-16.
- Ridawati, S. 2017. Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi sebagai Indikator Kadaluarsa. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Rosyidah, A., Sudarti, dan A. Harijanto. 2017. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) Pada Proses Pertumbuhan Jamur Tiram. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2017*. 1(2): 1-9.
- Sadidah, K.R. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 300uT dan 500uT Terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH Pada proses fermentasi Tape Ketan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 4(1): 1-8.
- Salosa, Y.Y. 2013. Uji Kadar Formalin, Kadar Garam dan Total Bakteri Ikan Asin Tengiri Asal Kabupaten Sarmi Provinsi Papua. *Deptik*. 2(1):10-15
- Sari, L.D., T.Prihandono, dan Sudarti. 2018. Pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 700  $\mu$ T dan 900  $\mu$ T terhadap derajat keasaman (pH) dan massa jenis daging ayam. *Seminar Nasional*
- Sartika, D., S. Hidayati, dan H. Fitriani. 2019. Kajian cemaran bakteri patogen pada produk olahan ikan. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 19(2): 108-114.

- Setyasih, N., R. Agustrina, T.T. Handayani, dan E. Ernawati. 2013. Pengaruh Medan Magnet 0,3 mT terhadap Stomata Daun Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Universitas Lampung
- Simanjuntak, H., dan M.V. Silalahi. 2022. Kandungan formalin pada beberapa ikan segar di pasar tradisional perluasan kota pematangsiantar. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. 11(1): 223-228.
- Sinko, P. J. 2012. *Martin Farmasi Fisika dan Ilmu Farmasetika*. Terjemahan oleh Joshinta Djajadisastra dan Amalia H. Hadinata. Jakarta: EGC.
- Siswanti., P.Y. Agnesia, dan R.B.K.A. 2017. Pemanfaatan daging dan tulang ikan kembung (*rastrelliger kanagurta*) dalam pembuatan cemilan stik. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*.10 (1): 2.
- Sudarti, & T. Prihandono. 2014 “Potensi Genotoksik Medan Magnet ELF (extremely low frequency) terhadap Prevalansi Salmonella dalam Bahan Pangan untuk Meningkatkan Keamanan Pangan bagi Masyarakat”. Jember: Universitas Jember.
- Sudarti, A. Rosyidah, Z.R. Ridlo, S. Bektiarso, T. Ardiani, dan S. Astutik. 2017. analysis of extremely low frequency (ELF) magnetic field effect to oyster mushroom productivity. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*. 4(10): 1–8.
- Sudarti, dan O. D. Widjayanti. 2021. An analysis of soy milk physical resistance exposed to extremely low frequency (ELF) magnetic fields of 300  $\mu$ T and 500  $\mu$ T intensities. *Jurnal ilmiah pendidikan fisika Al-Biruni*. 10(2): 87-297.
- Sudarti, dan S. Bektiarso. 2020. *Fisika Radiasi*. Jember: UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember.
- Sudarti, S. Bektiarso, S.H.B. Prastowo, F. Fuad, dan I. J. Trisnawati. 2018. Radiation potential of extremely low frequency (ELF) magnetic field to increase tobacco production. *International Journal of Engineering and Technology*.10(6): 1633–1640.
- Sudarti, S., K. Laksmiari, E. Permatasari, dan F.W. Ningtyas. 2022. Analysis of exposure to an extremely low frequency (ELF) 700  $\mu$ T and 1000  $\mu$ T magnetic fields in tuna meat (*Euthynnus Affinis* C). *Journal of Science and Science Education*. 3(1): 36–44. <https://doi.org/10.29303/jossed.v3i1.1366>.

- Sudarti, Supriadi, B., Subiki, Harijanto, A., Nurhasanah and Ridlo, Z.R. 2020. A potency of ELF magnetic field utilization to the process of milkfish preservation (chanos chanos). *Journal of Physics: Conference Series*, 1465(1). doi:10.1088/1742-6596/1465/1/012005.
- Sudarti, T. Prihandono, Yushardi, Z. R. Ridlo, dan A. Kristinawati. 2018. Effective dose analysis of extremely low frequency (ELF) magnetic field exposure to growth of *s. termophilus*, *l. lactis*, *l. acidophilus* bacteria. *Journal Citation and DOI* . IOP Publishing.
- Sudarti. 2015. Analisis dampak paparan medan magnet extremely low frequency (ELF) intensitas 100  $\mu$ T terhadap kelainan kongenital bayi tikus putih stain wistar. *Jurnal Pendidikan Fisika*.4(1): 15 – 20.
- Sudarti. 2016. Utilization of extremely low frequency (ELF) magnetic field effect is as alternative strelization of salmonella typhimurium in gado-gado. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. (9):317-322.
- Sudarti. 2016. Utulization of *Extremely Low Frequency* (ELF) Magnetic Field is as Alternative Strelization of Salmonella typhimurium In Gado-Gado. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. (9):317-322.
- Sudarti., K.S. Sadidah., dan A.G. Agus. 2015. pengaruh paparan medan magnet ELF (*extremely low frequency*) 300  $\mu$ T dan 500  $\mu$ T terhadap perubahan jumlah mikroba dan pH pada proses fermentas tape ketan. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 4(1): 1-8.
- Sudarti., S. Bektiarso, S. H. B. Prastowo., dan T. Prihandono. 2020. Optimizing lactobacillus growth in the fermentation process of artificial civet coffe using extremely low frequency (ELF) magnetic field. *Journal of Physics Conference Series*. 14 (65): 1-10.
- Supardi, I dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Bandung: Yayasan Adikarya IKAPI.
- Suprayitno, E. 2020. Kajian kesegaran ikan di pasar tradisional dan modern Kota Malang. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 4(2), 289-295.
- Surawan, F. E. D. 2007. Penggunaan tepung terigu, tepung beras, tepung tapioka dan tepung maizena terhadap tekstur dan sifat sensoris fish nugget ikan tuna. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 2(2), 78-84.
- Suwetja, I.K. 2013. *Indeks Mutu Kesegaran Ikan*. Malang (ID): Bayumedia Publishing.

- Tamu, H., R. M. Harmain, dan F. A. Dali. 2014. Mutu organoleptik dan mikrobiologis ikan kembung segar dengan penggunaan larutan lengkuas merah. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 11(4): 166
- Tipler, P. A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Terjemahan oleh B. Sugijono. Jakarta: Erlangga.
- Tribuana, N. 2000. Pengukuran Medan Listrik dan Medan Magnet di Bawah SUTET 500 kV. *Elektro Indonesia*. Nomor 32, Tahun VI, Agustus 2000.
- Wang, J., Q. Wang., L. Xu., dan D. W. Sun. 2022. Effects of extremely low frequency pulsed electric field (ELF-PEF) on the quality and microstructure of tilapia during cold storage. *LWT- Food Science and Technology*. 169(1):5.
- Wibowo, E. 2003. *Modul Kuliah Budidaya Perairan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Hal.1-5.
- Windarti, T. 2008. *Pembuaian dan Kajian Struktur Dinamika Molekul Material Biokompatibel Bioselulosa sebagai Bahan Dasar Tulang Artifisial*. Penelitian Ristek.
- World Health Organization (WHO). 2007. *Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization (WHO). 2014. *Environmental Health Criteria, Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press.
- World Register of Marine Species. 2013. <http://www.marinespecies.org/>. Diakses pada 4/11/2013.
- Wulandari, W. 2022. Gambaran pengetahuan pedagang dalam penggunaan formalin pada ikan asin di pasar tradisional kedungprahu. *Prepotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(2): 1341-1345.
- Yalcin, S. dan G. Erdem. 2012. Biological effects of electromagnetic fields. *Engineering Electromagnetics: Applications*. 11(17): 3933–3941.
- Young, H. D. dan R. A. Freedman. 2015. *Sears and Zemansky's University Physics: with Modern Physics 14th Edition*. San Fransisco: Pearson Education, Inc.
- Yuniarta, E., Sudarti., dan F. K. A. Anggraeni. 2022. Analisis ketahanan fisik jamur tiram oleh paparan medan magnet *extremely low frequency* (ELF) intensitas 600  $\mu$ T dan 900  $\mu$ T. *Jurnal Fisika Unnad (JFU)*. 11(3):304

## LAMPIRAN

## Lampiran A. Matrik Penelitian

## MATRIK PENELITIAN

Nama : Wiji Rahayu  
 NIM : 190210102117  
 RG : II (Dua)  
 Dosen Pembimbing 1 : Dr. Sudarti, M.Kes

| Judul  | Tujuan Penelitian  | Variabel   | Data dan Teknik<br>Pengambilan Data   | Metode Penelitian   | Alur Penelitian  |
|--|--|--|---|---|--|
| PENGARUH<br>PAPARAN<br>MEDAN<br>MAGNET<br><i>EXTREMELY LOW</i> | 1. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 700 $\mu$ T dan 1200 $\mu$ T terhadap | <b>a. Variabel bebas dari penelitian ini yaitu:</b><br>1. Intensitas paparan medan magnet <i>Extremely Low</i> | <b>a. Data Hasil Penelitian :</b><br>1. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter digital.<br>2. Pengukuran masaa jenis dilakukan dengan membagi | a. Jenis penelitian: Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen.<br>b. Desain penelitian: | a. Penentuan sampel yaitu ikan kembung dengan ukuran ikan yang relatif sama. |

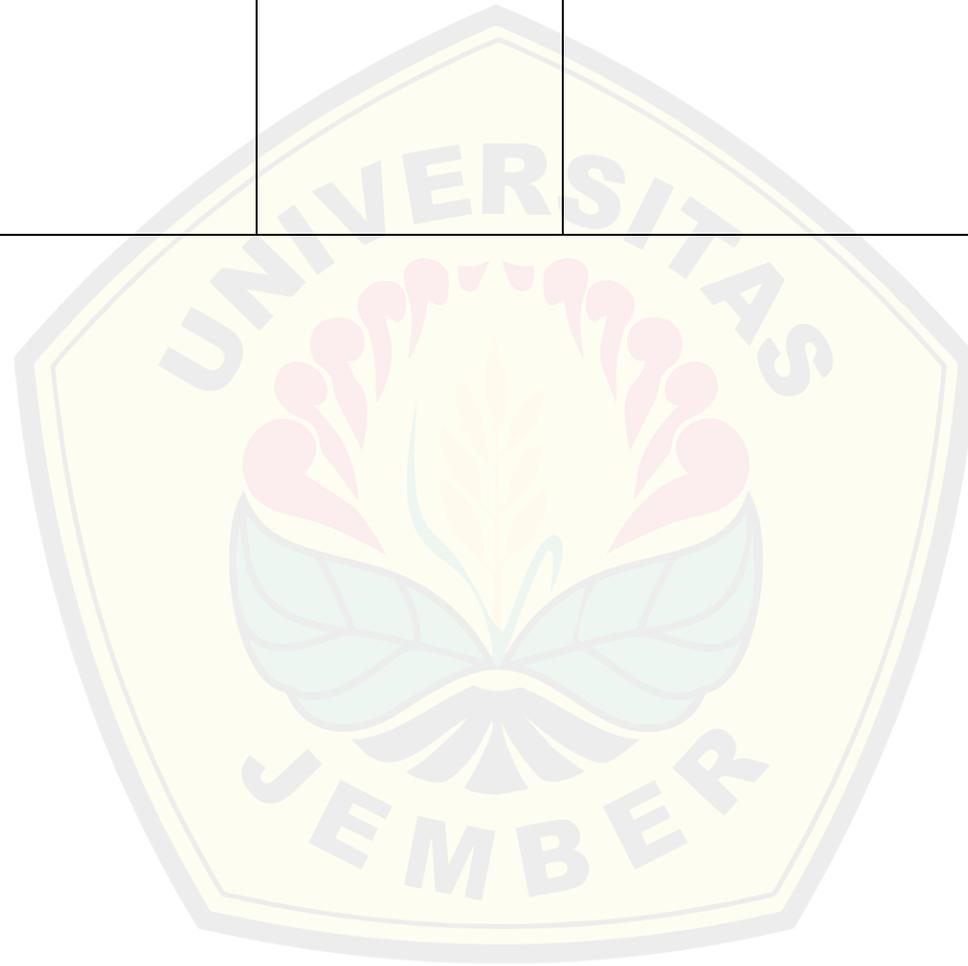
## DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|  |   |  |   |   |   |
|--|---|--|---|---|---|
| <p><i>FREQUENCY</i> (ELF) TERHADAP pH, MASSA JENIS DAN KUALITAS FISIK IKAN KEMBUNG (<i>Rastrelliger sp.</i>)</p> | <p>nilai pH ikan kembung.</p> <p>2. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 700 <math>\mu</math>T, dan 1200 <math>\mu</math>T terhadap massa jenis ikan kembung.</p> <p>3. Mengkaji pengaruh paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) 700 <math>\mu</math>T dan 1200 <math>\mu</math>T terhadap kualitas fisik ikan kembung.</p> | <p><i>Frequency</i> (ELF) yang digunakan kelompok eksperimen sebesar 700 <math>\mu</math>T dan 1200 <math>\mu</math>T.</p> <p>2. Lama paparan medan magnet <i>Extremely Low Frequency</i> (ELF) yaitu 60 menit dan 120 menit</p> <p><b>b. Variabel terikat dari penelitian ini yaitu :</b></p> <p>1. Derajat keasaman (pH) ikan kembung</p> <p>2. Massa jenis ikan kembung</p> | <p>massa tiap satuan volume. Pengukuran massa diperoleh dengan menggunakan neraca digital, volume diperoleh menggunakan aquades dan gelas ukur.</p> <p>3. Pengukuran kualitas fisik meliputi bercak luka, tekstur, aroma, dan warna ikan kembung menggunakan panca indra manusia.</p> <p><b>b. Teknik Pengambilan Data:</b></p> <p>Teknik pengambilan data yaitu menggunakan teknik Eksperimen Laboratorium. Data di ambil pada jam ke-0 sebelum pemaparan kemudian jam ke-8, jam ke-</p> | <p>Desain penelitian ini menggunakan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL).</p> <p>c. Tempat dan Waktu penelitian: Tempat penelitian bertempat di Laboratorium ELF Pendidikan Fisika (FKIP) Universitas Jember. Waktu penelitian pada semester ganjil Tahun 2022/2023.</p> <p>d. Sampel penelitian:</p> | <p>b. Persiapan alat dan bahan, serta kalibrasi alat ukur yang akan digunakan</p> <p>c. Pengelompokan sampel ikan kembung menjadi kelompok control dan kelompok eksperimen.</p> <p>d. Memberikan perlakuan pada kelompok sampel eksperimen dengan</p> |
|--|---|--|---|---|---|

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  | <p>3. Kualitas fisik ikan kembung</p> <p><b>c. Variabel Kontrol dari penelitian ini yaitu :</b></p> <p>1. Ikan kembung</p> | <p>dan jam ke-20 setelah pemaparan.</p> <p><b>c. Teknik Analisa Data :</b></p> <p>Teknik Analisa data yang digunakan yaitu uji <i>one way Anova</i> kemudian dilanjutkan uji LSD (Least Significance Different) dengan menggunakan <i>IBM SPSS Statistics 23</i> dan software Microsoft Excel.</p> | <p>Sampel penelitian yang digunakan 5 ekor ikan kembung tiap kelompok.</p> | <p>pemaparan medan magnet ELF intensitas 700 <math>\mu</math>T dan 1200 <math>\mu</math>T dengan lama waktu pemaparan yaitu 60 menit dan 120 menit.</p> <p>e. Melakukan pengambilan data dengan melakukan pengukuran pH, massa jenis, dan kualitas fisik ikan kembung.</p> <p>f. Melakukan analisa data.</p> |
|--|--|--|--|--|--|

## DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  | <p>g. Membuat hasil dan pembahasan berdasarkan analisa data.</p> <p>h. Membuat kesimpulan.</p> |
|--|--|--|--|--|--|



**Lampiran B. Lembar Penilaian Organoleptik Ikan Segar**

| <b>Spesifikasi Menurut SNI No.2729:2013</b>  | <b>Nilai</b> |
|--|--------------|
| <b>1. Kenampakan</b>   |              |
| <b>Mata</b>  |              |
| - Bola mata cembung, kornea dan pupil jernih, mengkilap spesifik jenis ikan                            | 9            |
| - Bola mata rata, kornea dan pupil jernih, agak mengkilap spesifik jenis ikan                          | 8            |
| - Bola mata rata, kornea agak keruh, pupil agak keabu-abuan, agak mengkilap spesifik jenis ikan        | 7            |
| - Bola mata agak cekung, kornea agak keruh, pupil agak keabu-abuan, agak mengkilap spesifik jenis ikan | 6            |
| - Bola mata agak cekung, kornea keruh. pupil agak keabu-abuan, tidak mengkilap                         | 5            |
| - Bola mata cekung, kornea keruh, pupil keabu-abuan, tidak mengkilap                                   | 3            |
| - Bola mata sangat cekung, kornea sangat keruh, pupil abu-abu, tidak mengkilap                         | 1            |
| <b>Insang</b>  |              |
| - Warna insang merah tua atau coklat kemerahan, cemerlang dengan sedikit sekali lendir transparan      | 9            |
| - Warna insang merah tua atau coklat kemerahan, kurang cemerlang dengan sedikit lendir transparan      | 8            |
| - Warna insang merah muda atau coklat muda dengan sedikit lendir agak keruh                            | 7            |
| - Warna insang merah muda atau coklat muda dengan lendir agak keruh                                    | 6            |
| - Warna insang merah muda atau coklat muda pucat dengan lendir keruh                                   | 5            |
| - Warna insang abu-abu atau coklat keabuabuan dengan lendir putih susu bergumpal                       | 3            |
| - Warna insang abu-abu, atau coklat keabuabuan dengan lendir coklat bergumpal                          | 1            |
| <b>Lendir Permukaan Badan</b>  |              |
| - Lapisan lendir jernih, transparan, mengkilap cerah   | 9            |
| - Lapisan lendir jernih, transparan, cukup cerah   | 8            |
| - Lapisan lendir mulai agak keruh  | 7            |
| - Lapisan lendir mulai keruh   | 6            |
| - Lendir agak tebal, mulai berubah warna   | 5            |
| - Lendir tebal sedikit menggumpal, berubah warna   | 3            |

|  |   |
|--|---|
| - Lendir tebal menggumpal, berubah warna                                       | 1 |
| <b>2. Daging</b>   |   |
| - Sayatan daging sangat cemerlang, spesifik jenis, jaringan daging sangat kuat | 9 |
| - Sayatan daging cemerlang spesifik jenis, jaringan daging kuat                | 8 |
| - Sayatan daging sedikit kurang cemerlang, jaringan daging kuat                | 7 |
| - Sayatan daging kurang cemerlang, jaringan daging sedikit kurang kuat         | 6 |
| - Sayatan daging mulai pudar, jaringan daging kurang kuat                      | 5 |
| - Sayatan daging kusam, jaringan daging kurang kuat                            | 3 |
| - Sayatan daging sangat kusam, jaringan daging rusak                           | 1 |
| <b>3. Bau</b>  |   |
| - Sangat segar, spesifik jenis kuat  | 9 |
| - Segar, spesifik jenis  | 8 |
| - Segar, spesifik jenis kurang   | 7 |
| - Netral   | 6 |
| - Sedikit bau asam   | 5 |
| - Bau asam kuat  | 3 |
| - Bau busuk kuat   | 1 |
| <b>4. Tekstur</b>  |   |
| - Padat, kompak, sangat elastis  | 9 |
| - Padat, kompak, elastis   | 8 |
| - Agak lunak, agak elastis   | 7 |
| - Agak lunak, sedikit kurang elastis   | 6 |
| - Agak lunak, kurang elastis   | 5 |
| - Lunak bekas jari terlihat dan sangat lambat hilang                           | 3 |
| - Sangat lunak, bekas jari tidak hilang  | 1 |

## Lampiran C. Surat Izin Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121  
Telepon: (0331)-330224, 334267, 337422, 333147 \* Faximile: 0331-339029  
Laman: [www.fkip.unej.ac.id](http://www.fkip.unej.ac.id)

Nomor : 22014UN25.1.5/SP/2022

14 DEC 2022

Lampiran :-

Hal : Permohonan Izin Penelitian

Yth.

1. Ketua Laboratorium ELF (*Extremely Low Frequency*) Program Studi Pendidikan Fisika
2. Ketua Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi

FKIP Universitas Jember  
di Jember

Diberitahukan dengan hormat, bahwa mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawah ini:

Nama : Wiji Rahayu  
NIM : 190210102117  
Jurusan : Pendidikan MIPA  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Rencana Penelitian : Desember 2022

Berkenan dengan penyelesaian studinya, mahasiswa tersebut bermaksud melaksanakan penelitian di sekolah yang Saudara pimpin dengan judul "Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap pH, Massa Jenis dan Kualitas Fisik Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*)". Sehubungan dengan hal tersebut, mohon saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukan.

Demikian permohonan ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terimakasih.



NIP.196506011993021001

**Lampiran D. Foto Kegiatan Penelitian**

1. Kegiatan sebelum proses penelitian



Gambar 1. A Sampel Penelitian



Gambar 1. B Kalibrasi pH meter

2. Kegiatan Penelitian



Gambar 2. A Pemaparan Sampel



Gambar 2. B Pemberian Intensitas Medan Magnet ELF

3. Kegiatan Pengukuran



Gambar 3. A Pengukuran pH Ikan Kembung



Gambar 3. A Pengukuran Massa Jenis Ikan Kembung



4. Kegiatan Pengamatan



Kontrol (pada jam ke-8)



Kontrol (pada jam ke-20)



E700  $\mu$ T(60)' (pada jam ke-8)



E700  $\mu$ T(60)' (pada jam ke-20)



E700  $\mu$ T(120)' (pada jam ke-8)



E700  $\mu$ T(120)' (pada jam ke-20)



E1200  $\mu$ T(60)' (pada jam ke-8)



E1200  $\mu$ T(60)' (pada jam ke-20)



E1200  $\mu$ T(120)' (pada jam ke-20)



E1200  $\mu$ T(120)' (pada jam ke-20)

**Lampiran E. Data Hasil Analisis Penelitian**

Tabel E.1 Output Statistik Deskriptif data pH Ikan Kembang Setiap Waktu Pengukuran

| Descriptives        |                     |         |        |                |            |
|---------------------|---------------------|---------|--------|----------------|------------|
|                     |                     | N       | Mean   | Std. Deviation | Std. Error |
| pH_jam_ke_0         | kontrol             | 10      | 6,044  | 0,02221        | 0,00702    |
|                     | 700 $\mu$ T (60')   | 10      | 6,044  | 0,02221        | 0,00702    |
|                     | 700 $\mu$ T (120')  | 10      | 6,044  | 0,02221        | 0,00702    |
|                     | 1200 $\mu$ T (60')  | 10      | 6,044  | 0,02221        | 0,00702    |
|                     | 1200 $\mu$ T (120') | 10      | 6,044  | 0,02221        | 0,00702    |
|                     | Total               | 50      | 6,044  | 0,02129        | 0,00301    |
|                     | pH_jam_ke_8         | kontrol | 10     | 6,291          | 0,03872    |
| 700 $\mu$ T (60')   |                     | 10      | 6,264  | 0,05168        | 0,01634    |
| 700 $\mu$ T (120')  |                     | 10      | 6,329  | 0,04677        | 0,01479    |
| 1200 $\mu$ T (60')  |                     | 10      | 6,311  | 0,0351         | 0,0111     |
| 1200 $\mu$ T (120') |                     | 10      | 6,379  | 0,01912        | 0,00605    |
| Total               |                     | 50      | 6,3148 | 0,05467        | 0,00773    |
| pH_jam_ke_20        |                     | kontrol | 10     | 6,53           | 0,06092    |
|                     | 700 $\mu$ T (60')   | 10      | 6,493  | 0,07056        | 0,02231    |
|                     | 700 $\mu$ T (120')  | 10      | 6,553  | 0,05638        | 0,01783    |
|                     | 1200 $\mu$ T (60')  | 10      | 6,471  | 0,0584         | 0,01847    |
|                     | 1200 $\mu$ T (120') | 10      | 6,432  | 0,06546        | 0,0207     |
|                     | Total               | 50      | 6,4958 | 0,07387        | 0,01045    |

Tabel E.1 Output Statistik Deskriptif data Massa Jenis Ikan Kembung Setiap Waktu Pengukuran

| Descriptive Statistics |                     |    |        |                |            |
|------------------------|---------------------|----|--------|----------------|------------|
|                        |                     | N  | Mean   | Std. Deviation | Std. Error |
| Massa_Jenis_Jam_Ke_0   | Kontrol             | 10 | 1,144  | 0,10448        | 0,03304    |
|                        | 700 $\mu$ T (60')   | 10 | 1,144  | 0,10448        | 0,03304    |
|                        | 700 $\mu$ T (120')  | 10 | 1,144  | 0,10448        | 0,03304    |
|                        | 1200 $\mu$ T (60')  | 10 | 1,144  | 0,10448        | 0,03304    |
|                        | 1200 $\mu$ T (120') | 10 | 1,144  | 0,10448        | 0,03304    |
|                        | Total               | 50 | 1,144  | 0,10012        | 0,01416    |
| Massa_Jenis_Jam_Ke_8   | Kontrol             | 10 | 1,552  | 0,13105        | 0,04144    |
|                        | 700 $\mu$ T (60')   | 10 | 1,224  | 0,08154        | 0,02579    |
|                        | 700 $\mu$ T (120')  | 10 | 1,27   | 0,08844        | 0,02797    |
|                        | 1200 $\mu$ T (60')  | 10 | 1,214  | 0,08984        | 0,02841    |
|                        | 1200 $\mu$ T (120') | 10 | 1,322  | 0,23136        | 0,07316    |
|                        | Total               | 50 | 1,3164 | 0,18106        | 0,02561    |
| Massa_Jenis_Jam_Ke_20  | Kontrol             | 10 | 1,591  | 0,11249        | 0,03557    |
|                        | 700 $\mu$ T (60')   | 10 | 1,328  | 0,07223        | 0,02284    |
|                        | 700 $\mu$ T (120')  | 10 | 1,386  | 0,07199        | 0,02276    |
|                        | 1200 $\mu$ T (60')  | 10 | 1,522  | 0,15135        | 0,04786    |
|                        | 1200 $\mu$ T (120') | 10 | 1,472  | 0,06374        | 0,02015    |
|                        | Total               | 50 | 1,4598 | 0,13482        | 0,01907    |

**Lampiran F. Data Hasil Penelitian**

Tabel F.1 Hasil Pengukuran pH ikan Kembang

| <b>Hasil Nilai Rata-Rata pH Ikan Kembang</b> |      |      |           |           |                     |      |           |           |                      |      |           |           |      |      |
|--|------|------|-----------|-----------|---------------------|------|-----------|-----------|----------------------|------|-----------|-----------|------|------|
| Kelompok Kontrol                             |      |      |           |           | Kelompok Eksperimen |      |           |           |                      |      |           |           |      |      |
| Jam ke                                       | Kel  | pH   | Rata-rata | Rata-rata | Paparan 700 $\mu$ T |      |           |           | Paparan 1200 $\mu$ T |      |           |           |      |      |
|  |      |      |           |           | Kel                 | pH   | Rata-rata | Rata-rata | Kel                  | pH   | Rata-rata | Rata-rata |      |      |
| 0  | K0   | 6,06 | 6,03      | 6,04      | K0                  | 6,06 | 6,03      | 6,04      | K0                   | 6,06 | 6,03      | 6,04      |      |      |
|  |      | 6,03 |           |           |                     | 6,03 |           |           |                      | 6,03 |           |           |      |      |
|  |      | 5,99 |           |           |                     | 6,03 |           |           |                      | 6,03 |           |           |      |      |
|  |      | 6,07 | 6,05      |           |                     | 6,07 | 6,05      |           |                      | 6,07 | 6,05      |           | 6,07 | 6,05 |
|  |      | 6,04 |           |           |                     | 6,04 |           |           |                      | 6,04 |           |           |      |      |
|  |      | 6,03 |           |           |                     | 6,04 |           |           |                      | 6,04 |           |           |      |      |
|  |      | 6,09 | 6,05      |           |                     | 6,09 | 6,05      |           |                      | 6,09 | 6,05      |           | 6,09 | 6,05 |
|  |      | 6,03 |           |           |                     | 6,03 |           |           |                      | 6,03 |           |           |      |      |
|  |      | 6,02 |           |           |                     | 6,03 |           |           |                      | 6,03 |           |           |      |      |
|  |      | 6,02 | 6,03      |           |                     | 6,02 | 6,03      |           |                      | 6,02 | 6,03      |           | 6,02 | 6,03 |
|  |      | 6,01 |           |           |                     | 6,01 |           |           |                      | 6,01 |           |           |      |      |
|  |      | 6,06 |           |           |                     | 6,01 |           |           |                      | 6,01 |           |           |      |      |
|  |      | 6,07 | 6,09      |           |                     | 6,07 | 6,09      |           |                      | 6,07 | 6,09      |           | 6,07 | 6,09 |
|  |      | 6,11 |           |           |                     | 6,11 |           |           |                      | 6,11 |           |           |      |      |
|  |      | 6,09 |           |           |                     | 6,09 |           |           |                      | 6,09 |           |           |      |      |
|  |      | 6,07 | 6,07      |           |                     | 6,07 | 6,07      |           |                      | 6,07 | 6,07      |           | 6,07 | 6,07 |
|  |      | 6,06 |           |           |                     | 6,06 |           |           |                      | 6,06 |           |           |      |      |
|  |      | 6,07 |           |           |                     | 6,06 |           |           |                      | 6,06 |           |           |      |      |
|  |      | 6,06 | 6,04      |           |                     | 6,06 | 6,04      |           |                      | 6,06 | 6,04      |           | 6,06 | 6,04 |
|  |      | 6,04 |           |           |                     | 6,04 |           |           |                      | 6,04 |           |           |      |      |
| 6,03   | 6,04 | 6,04 |           |           |                     |      |           |           |                      |      |           |           |      |      |
| 6,05   | 6,04 | 6,05 | 6,04      | 6,05      | 6,04                | 6,05 | 6,04      |           |                      |      |           |           |      |      |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|   |    |      |      |      |                |      |      |      |                |       |      |      |      |      |
|---|----|------|------|------|----------------|------|------|------|----------------|-------|------|------|------|------|
|   |    | 6,04 |      |      |                | 6,04 |      |      |                | 6,04  |      |      |      |      |
|   |    | 6,03 |      |      |                | 6,03 |      |      |                | 6,03  |      |      |      |      |
|   |    | 6,02 |      |      |                | 6,02 |      |      |                | 6,02  |      |      |      |      |
|   |    | 6,01 | 6,02 |      |                | 6,01 | 6,02 |      |                | 6,01  | 6,02 |      |      |      |
|   |    | 6,02 |      |      |                | 6,02 |      |      |                | 6,02  |      |      |      |      |
|   |    | 6,01 |      |      |                | 6,01 |      |      |                | 6,01  |      |      |      |      |
|   |    | 6,04 | 6,02 |      |                | 6,04 | 6,02 |      |                | 6,04  | 6,02 |      |      |      |
|   |    | 6,01 |      |      |                | 6,01 |      |      |                | 6,01  |      |      |      |      |
| 8 | K1 | 6,32 |      | 6,29 | E 2,1<br>(60') | 6,29 |      | 6,35 | E 4,1<br>(60') | 6,31  |      | 6,26 |      |      |
|   |    |      |      |      |                | 6,25 | 6,63 |      |                | 6,34  | 6,30 |      |      |      |
|   |    | 6,31 | 6,30 |      |                | 6,26 |      |      |                | 6,31  |      |      | 6,26 |      |
|   |    |      |      |      |                | 6,30 |      |      |                | 6,32  | 6,30 |      | 6,31 | 6,31 |
|   |    | 6,26 |      |      |                | 6,29 |      |      |                | 6,31  |      |      | 6,30 | 6,31 |
|   |    |      |      |      |                | 6,34 |      |      |                | 6,32  | 6,33 |      | 6,35 | 6,32 |
|   |    | 6,31 |      |      |                | 6,32 |      |      |                | 6,32  |      |      | 6,32 | 6,32 |
|   |    |      | 6,32 |      |                | 6,31 |      |      |                | 6,31  |      |      | 6,29 | 6,29 |
|   |    | 6,32 | 6,32 |      |                | 6,30 | 6,30 |      |                | 6,32  |      |      | 6,32 | 6,30 |
|   |    |      |      |      |                | 6,30 |      |      |                | 6,30  |      |      | 6,29 | 6,30 |
|   |    | 6,33 |      |      |                | 6,32 |      |      |                | 6,36  | 6,34 |      | 6,29 | 6,31 |
|   |    |      |      |      |                | 6,32 |      |      |                | 6, 32 |      |      | 6,37 | 6,31 |
|   |    | 6,32 |      |      |                | 6,34 |      |      |                | 6,32  | 6,32 |      | 6,26 |      |
|   |    |      | 6,30 |      |                | 6,34 |      |      |                | 6,32  |      |      | 6,24 |      |
|   |    | 6,31 |      |      |                | 6,29 |      |      |                | 6,29  |      |      | 6,22 | 6,21 |
|   |    |      |      |      |                | 6,39 |      |      |                | 6,17  |      |      | 6,17 |      |
|   |    | 6,28 |      |      |                | 6,38 | 6,38 |      |                | 6,20  |      |      | 6,20 | 6,17 |
|   |    |      | 6,29 |      |                |      |      |      |                | 6,17  |      |      | 6,17 |      |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|  |  |      |      |                 |      |      |      |                 |      |      |      |      |      |      |
|--|--|------|------|-----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
|  |  | 6,28 |      |                 | 6,38 |      |      |                 | 6,13 |      |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,40 |      |      |                 | 6,26 |      |      |      |      |      |
|  |  | 6,29 |      |                 | 6,40 | 6,39 |      |                 | 6,24 | 6,25 |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,38 |      |      |                 | 6,24 |      |      |      |      |      |
|  |  | 6,31 | 6,30 |                 | 6,44 | 6,42 |      |                 | 6,26 | 6,22 |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,41 |      |      |                 | 6,21 |      |      |      |      |      |
|  |  | 6,28 |      |                 | 6,41 |      |      |                 | 6,20 |      |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,40 |      |      | 6,28            |      |      |      |      |      |      |
|  |  | 6,31 |      |                 | 6,39 | 6,39 |      |                 | 6,24 | 6,25 |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,37 |      |      |                 | 6,24 |      |      |      |      |      |
|  |  | 6,24 | 6,24 | E 3,1<br>(120') | 6,30 | 6,28 | 6,33 | E 5,1<br>(120') | 6,40 | 6,36 | 6,38 |      |      |      |
|  |  |      |      |                 |      |      |      |                 | 6,29 |      |      |      | 6,35 | 6,36 |
|  |  | 6,25 |      |                 |      |      |      |                 | 6,26 |      |      |      | 6,39 | 6,39 |
|  |  |      |      |                 |      | 6,38 |      |                 | 6,31 | 6,40 |      | 6,39 |      |      |
|  |  | 6,22 |      |                 | 6,39 |      |      |                 | 6,39 | 6,36 |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,38 |      |      |                 | 6,37 | 6,36 |      |      |      |      |
|  |  | 6,24 | 6,22 |                 | 6,32 | 6,31 |      |                 | 6,34 | 6,37 |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 |      |      |      |                 | 6,30 |      |      | 6,36 | 6,34 |      |
|  |  | 6,22 |      |                 |      | 6,35 |      |                 |      | 6,40 |      | 6,36 |      |      |
|  |  |      |      |                 |      | 6,34 |      |                 | 6,34 | 6,38 |      | 6,37 |      |      |
|  |  | 6,21 |      |                 | 6,32 |      |      |                 | 6,33 | 6,37 |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,34 |      |      |                 | 6,40 | 6,38 |      |      |      |      |
|  |  | 6,32 | 6,32 | 6,32            | 6,33 | 6,42 | 6,38 |                 |      |      |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 |      | 6,32 |      | 6,32            | 6,38 |      |      |      |      |      |
|  |  | 6,31 |      |                 | 6,29 |      | 6,39 | 6,38            |      |      |      |      |      |      |
|  |  |      |      |                 | 6,26 | 6,28 | 6,40 | 6,39            |      |      |      |      |      |      |
|  |  | 6,32 |      | 6,29            |      | 6,39 | 6,39 |                 |      |      |      |      |      |      |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|    |    |      |      |      |             |      |      |      |             |      |      |      |
|----|----|------|------|------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|------|
|    |    | 6,29 | 6,27 |      |             | 6,40 | 6,37 |      |             | 6,40 | 6,37 |      |
|    |    | 6,27 |      |      |             |      |      | 6,38 |             |      |      | 6,38 |
|    |    | 6,25 | 6,35 |      |             | 6,33 | 6,37 |      |             | 6,33 | 6,39 |      |
|    |    | 6,34 |      |      |             |      |      | 6,40 |             |      |      | 6,39 |
|    |    | 6,32 | 6,35 |      |             | 6,36 | 6,42 |      |             | 6,40 | 6,36 |      |
|    |    | 6,39 |      |      |             |      |      | 6,36 |             |      |      | 6,39 |
|    |    | 6,45 | 6,48 |      |             | 6,44 | 6,28 |      |             | 6,40 | 6,42 |      |
|    |    | 6,50 |      |      |             |      |      | 6,40 |             |      |      | 6,42 |
|    |    | 6,70 | 6,52 |      |             | 6,42 | 6,34 |      |             | 6,25 | 6,55 |      |
|    |    | 6,65 |      |      |             |      |      | 6,32 |             |      |      | 6,44 |
|    |    | 6,52 | 6,52 |      |             | 6,27 | 6,52 |      |             | 6,40 | 6,46 |      |
|    |    | 6,40 |      |      |             |      |      | 6,26 |             |      |      | 6,40 |
|    |    | 6,4  | 6,46 |      |             | 6,41 | 6,49 |      |             | 6,42 | 6,47 |      |
|    |    | 6,46 |      |      |             |      |      | 6,41 |             |      |      | 6,61 |
| 20 | K2 |      |      | 6,76 | E 2,2 (60') | 6,30 |      | 6,49 | E 4,2 (60') | 6,61 |      | 6,47 |
|    |    |      |      |      |             | 6,30 | 6,34 |      |             | 6,58 | 6,55 |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,30 |      |      |             | 6,45 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,52 | 6,52 |      |             | 6,49 | 6,46 |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,53 |      |      |             | 6,45 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,52 |      |      |             | 6,43 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,54 |      |      |             | 6,59 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,51 | 6,52 |      |             | 6,46 | 6,50 |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,50 |      |      |             | 6,46 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,50 |      |      |             | 6,56 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,45 | 6,46 |      |             | 6,56 | 6,53 |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,42 |      |      |             | 6,48 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,52 |      |      |             | 6,56 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,47 | 6,48 |      |             | 6,54 | 6,49 |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,46 |      |      |             | 6,37 |      |      |
|    |    |      |      |      |             | 6,39 | 6,42 |      |             | 6,48 | 6,42 |      |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|  |  | 6,52 |      |      | 6,43 |      |      |      | 6,38 |      |  |
|  |  |      |      |      | 6,45 |      |      |      | 6,39 |      |  |
|  |  | 6,65 | 6,56 |      | 6,57 | 6,54 |      |      | 6,55 | 6,49 |  |
|  |  | 6,50 |      |      | 6,54 |      |      | 6,49 |      |      |  |
|  |  | 6,54 |      |      | 6,50 |      |      | 6,42 |      |      |  |
|  |  |      |      |      | 6,54 | 6,52 |      | 6,51 | 6,49 |      |  |
|  |  | 6,63 |      | 6,52 |      |      | 6,48 |      |      |      |  |
|  |  | 6,55 |      | 6,50 |      |      | 6,49 |      |      |      |  |
|  |  | 6,78 | 6,65 |      | 6,60 | 6,57 |      | 6,40 | 6,35 |      |  |
|  |  | 6,63 |      |      | 6,56 |      |      | 6,36 |      |      |  |
|  |  | 6,55 |      |      | 6,56 |      |      | 6,30 |      |      |  |
|  |  | 6,78 |      |      | 6,59 |      |      | 6,48 |      |      |  |
|  |  |      |      |      | 6,54 | 6,56 |      | 6,46 | 6,43 |      |  |
|  |  | 7,01 |      | 6,54 |      |      | 6,34 |      |      |      |  |
|  |  | 6,98 | 6,98 |      | 6,80 | 6,65 |      | 6,61 | 6,55 |      |  |
|  |  | 6,95 |      |      | 6,50 |      |      | 6,58 |      |      |  |
|  |  | 6,96 |      |      | 5,55 |      |      | 6,45 |      |      |  |
|  |  | 6,95 | 6,97 |      | 6,63 | 6,58 |      | 6,49 | 6,46 |      |  |
|  |  | 6,99 |      |      | 6,57 |      |      | 6,45 |      |      |  |
|  |  | 6,96 |      |      | 6,53 |      |      | 6,43 |      |      |  |
|  |  | 6,95 |      |      | 6,55 |      |      | 6,44 |      |      |  |
|  |  | 6,99 |      |      | 6,50 |      |      | 6,32 |      |      |  |
|  |  |      |      | 6,44 |      | 6,28 |      | 6,55 | 6,37 |      |  |
|  |  | 6,99 | 6,96 |      | 6,61 | 6,57 |      | 6,37 |      |      |  |
|  |  |      |      |      | 6,56 |      |      | 6,36 |      |      |  |
|  |  |      |      |      | 6,54 |      |      | 6,48 |      |      |  |
|  |  |      |      |      | 6,66 | 6,63 |      | 6,39 | 6,42 |      |  |
|  |  |      |      |      | 6,60 |      |      | 6,39 |      |      |  |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|  |  |      |      |  |      |      |  |  |      |      |  |
|--|--|------|------|--|------|------|--|--|------|------|--|
|  |  | 6,97 |      |  | 6,63 |      |  |  | 6,38 |      |  |
|  |  |      |      |  | 6,54 |      |  |  | 6,47 |      |  |
|  |  | 6,93 |      |  | 6,53 | 6,53 |  |  | 6,44 | 6,43 |  |
|  |  |      |      |  | 6,53 |      |  |  | 6,37 |      |  |
|  |  | 7,04 |      |  | 6,51 |      |  |  | 6,58 |      |  |
|  |  |      |      |  | 6,53 | 6,51 |  |  | 6,39 | 6,45 |  |
|  |  | 6,98 | 6,99 |  | 6,48 |      |  |  | 6,39 |      |  |
|  |  |      |      |  | 6,57 |      |  |  | 6,56 |      |  |
|  |  | 6,96 |      |  | 6,57 | 6,55 |  |  | 6,50 | 6,51 |  |
|  |  |      |      |  | 6,51 |      |  |  | 6,48 |      |  |
|  |  | 7,10 |      |  | 6,54 |      |  |  | 6,40 |      |  |
|  |  |      |      |  | 6,55 | 6,54 |  |  | 6,36 | 6,35 |  |
|  |  | 6,99 | 7,04 |  | 6,53 |      |  |  | 6,30 |      |  |
|  |  |      |      |  | 6,46 |      |  |  | 6,48 |      |  |
|  |  | 7,02 |      |  | 6,48 | 6,47 |  |  | 6,46 | 6,43 |  |
|  |  |      |      |  | 6,46 |      |  |  | 6,34 |      |  |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Tabel F.2 Hasil Pengukuran Massa Jenis ikan Kembang

| Hasil Nilai Rata-Rata Massa Jenis Ikan Kembang |     |        |        |                |           |           |                     |        |        |                |           |           |                      |        |        |                |           |           |    |    |      |      |
|--|-----|--------|--------|----------------|-----------|-----------|---------------------|--------|--------|----------------|-----------|-----------|----------------------|--------|--------|----------------|-----------|-----------|----|----|------|------|
| Kelompok Kontrol                               |     |        |        |                |           |           | Kelompok Eksperimen |        |        |                |           |           |                      |        |        |                |           |           |    |    |      |      |
| Jam ke   | Kel | m (gr) | v (ml) | $\rho$ (gr/ml) | Rata-rata | Rata-rata | Paparan 700 $\mu$ T |        |        |                |           |           | Paparan 1200 $\mu$ T |        |        |                |           |           |    |    |      |      |
|  |     |        |        |                |           |           | Kel                 | m (gr) | v (ml) | $\rho$ (gr/ml) | Rata-rata | Rata-rata | Kel                  | m (gr) | v (ml) | $\rho$ (gr/ml) | Rata-rata | Rata-rata |    |    |      |      |
| 0  | K0  | 56     | 52     | 1,08           | 1,08      | 1,14      | K0                  | 56     | 52     | 1,08           | 1,08      | 1,14      | K0                   | 56     | 52     | 1,08           | 1,08      | 1,14      |    |    |      |      |
|  |     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                      | 56     | 52     | 1,08           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                      | 56     | 52     | 1,08           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 50     | 39     | 1,28           | 1,28      |           |                     | 50     | 39     | 1,28           | 1,28      |           |                      | 50     | 39     | 1,28           | 1,28      |           | 50 | 39 | 1,28 | 1,28 |
|  |     | 50     | 39     | 1,28           |           |           |                     | 50     | 39     | 1,28           |           |           |                      | 50     | 39     | 1,28           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 50     | 39     | 1,28           |           |           |                     | 50     | 39     | 1,28           |           |           |                      | 50     | 39     | 1,28           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 55     | 50     | 1,10           | 1,10      |           |                     | 55     | 50     | 1,10           | 1,10      |           |                      | 55     | 50     | 1,10           | 1,10      |           | 55 | 50 | 1,10 | 1,10 |
|  |     | 55     | 50     | 1,10           |           |           |                     | 55     | 50     | 1,10           |           |           |                      | 55     | 50     | 1,10           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 55     | 50     | 1,10           |           |           |                     | 55     | 50     | 1,10           |           |           |                      | 55     | 50     | 1,10           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 59     | 58     | 1,02           | 1,02      |           |                     | 59     | 58     | 1,02           | 1,02      |           |                      | 59     | 58     | 1,02           | 1,02      |           | 59 | 58 | 1,02 | 1,02 |
|  |     | 59     | 58     | 1,02           |           |           |                     | 59     | 58     | 1,02           |           |           |                      | 59     | 58     | 1,02           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 59     | 58     | 1,02           |           |           |                     | 59     | 58     | 1,02           |           |           |                      | 59     | 58     | 1,02           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 51     | 41     | 1,24           | 1,24      |           |                     | 51     | 41     | 1,24           | 1,24      |           |                      | 51     | 41     | 1,24           | 1,24      |           | 51 | 41 | 1,24 | 1,24 |
|  |     | 51     | 41     | 1,24           |           |           |                     | 51     | 41     | 1,24           |           |           |                      | 51     | 41     | 1,24           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 51     | 41     | 1,24           |           |           |                     | 51     | 41     | 1,24           |           |           |                      | 51     | 41     | 1,24           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 56     | 52     | 1,08           | 1,08      |           |                     | 56     | 52     | 1,08           | 1,08      |           |                      | 56     | 52     | 1,08           | 1,08      |           | 56 | 52 | 1,08 | 1,08 |
|  |     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                      | 56     | 52     | 1,08           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                     | 56     | 52     | 1,08           |           |           |                      | 56     | 52     | 1,08           |           |           |    |    |      |      |
|  |     | 50     | 39     | 1,28           | 1,28      |           |                     | 50     | 39     | 1,28           | 1,28      |           |                      | 50     | 39     | 1,28           | 1,28      |           | 50 | 39 | 1,28 | 1,28 |
|  |     | 50     | 39     | 1,28           |           |           |                     | 50     | 39     | 1,28           |           |           |                      | 50     | 39     | 1,28           |           |           |    |    |      |      |
| 50   | 39  | 1,28   | 50     | 39             |           | 1,28      | 50                  | 39     | 1,28   |                |           |           |                      |        |        |                |           |           |    |    |      |      |
| 55   | 50  | 1,10   | 1,10   | 55             | 50        | 1,10      | 1,10                | 55     | 50     | 1,10           | 1,10      | 55        | 50                   | 1,10   | 1,10   |                |           |           |    |    |      |      |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|   |    |    |      |      |                |      |                |      |                |      |      |      |                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|----|----|------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8 | K1 | 55 | 50   | 1,10 | 1,02           | 1,11 | E 2,1<br>(60') | 55   | 50             | 1,10 | 1,02 | 1,27 | E 4,1<br>(60') | 55   | 50   | 1,10 | 1,02 | 1,28 |      |      |      |      |      |      |      |
|   |    | 55 | 50   | 1,10 |                |      |                | 55   | 50             | 1,10 |      |      |                | 55   | 50   | 1,10 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |    | 59 | 58   | 1,02 |                |      |                | 59   | 58             | 1,02 |      |      |                | 59   | 58   | 1,02 |      |      | 59   | 58   | 1,02 |      |      |      |      |
|   |    | 59 | 58   | 1,02 |                |      |                | 59   | 58             | 1,02 |      |      |                | 59   | 58   | 1,02 |      |      | 59   | 58   | 1,02 |      |      |      |      |
|   |    | 59 | 58   | 1,02 |                |      |                | 59   | 58             | 1,02 |      |      |                | 59   | 58   | 1,02 |      |      | 59   | 58   | 1,02 |      |      |      |      |
|   |    | 51 | 41   | 1,24 |                |      |                | 51   | 41             | 1,24 |      |      |                | 51   | 41   | 1,24 |      |      | 51   | 41   | 1,24 |      |      |      |      |
|   |    | 51 | 41   | 1,24 |                |      |                | 51   | 41             | 1,24 |      |      |                | 51   | 41   | 1,24 |      |      | 51   | 41   | 1,24 |      |      |      |      |
|   |    | 51 | 41   | 1,24 |                |      |                | 51   | 41             | 1,24 |      |      |                | 51   | 41   | 1,24 |      |      | 51   | 41   | 1,24 |      |      |      |      |
|   | 56 | 54 | 1,04 | 1,04 | E 2,1<br>(60') |      |                | 1,27 | E 4,1<br>(60') | 55   | 50   |      |                | 1,10 | 1,10 | 1,28 | 55   |      | 50   | 1,10 | 1,10 |      |      |      |      |
|   | 56 | 54 | 1,04 |      |                |      |                |      |                | 55   | 50   |      |                | 1,10 |      |      | 55   |      | 50   | 1,10 |      |      |      |      |      |
|   | 56 | 54 | 1,04 |      |                |      |                |      |                | 53   | 45   |      |                | 1,18 |      |      | 46   |      | 32   | 1,44 |      | 46   | 32   | 1,44 |      |
|   | 54 | 51 | 1,06 | 1,06 |                |      |                |      |                | 53   | 45   |      |                | 1,18 | 1,18 |      | 46   |      | 32   | 1,44 | 1,44 | 46   | 32   | 1,44 | 1,44 |
|   |    |    |      |      |                |      |                |      |                | 53   | 45   |      |                | 1,18 |      |      | 46   |      | 32   | 1,44 |      | 46   | 32   | 1,44 |      |
|   |    |    |      |      |                |      |                |      |                | 50   | 39   |      |                | 1,28 |      |      | 49   |      | 37   | 1,32 |      | 49   | 37   | 1,32 |      |
|   | 54 | 51 | 1,06 |      |                |      |                |      |                | 50   | 39   |      |                | 1,28 | 1,28 |      | 49   |      | 37   | 1,32 | 1,32 | 49   | 37   | 1,32 | 1,32 |
|   | 54 | 51 | 1,06 |      |                |      |                |      |                | 50   | 39   |      |                | 1,28 |      |      | 49   |      | 37   | 1,32 |      | 49   | 37   | 1,32 |      |
|   | 54 | 51 | 1,06 |      |                |      |                |      |                | 49   | 37   |      |                | 1,32 |      |      | 1,32 |      | 52   | 42   |      | 1,24 | 1,24 | 52   |      |
|   | 52 | 48 | 1,08 | 49   |                |      |                |      |                | 37   | 1,32 |      |                | 52   | 42   |      |      |      | 1,24 | 52   | 42   | 1,24 |      |      |      |
|   |    |    |      | 45   |                |      |                |      |                | 31   | 1,45 |      |                | 1,45 | 49   |      |      |      | 37   | 1,32 | 1,32 | 49   |      | 37   | 1,32 |
|   |    |    |      | 45   |                |      |                |      |                | 31   | 1,45 |      |                |      | 49   |      | 37   |      | 1,32 | 49   |      | 37   | 1,32 |      |      |
|   | 55 | 50 | 1,10 | 55   |                |      |                |      |                | 50   | 1,10 |      |                |      | 1,10 |      | 55   |      | 50   | 1,10 |      | 1,10 | 55   | 50   | 1,10 |
|   | 55 | 50 | 1,10 | 55   |                |      |                |      |                | 50   | 1,10 |      |                | 55   |      |      | 50   |      | 1,10 | 55   | 50   |      | 1,10 |      |      |
|   | 53 | 45 | 1,18 | 1,18 |                |      |                |      |                | 53   | 45   |      |                | 1,18 |      |      | 1,18 |      | 46   | 32   | 1,44 |      | 1,44 | 46   | 32   |
|   | 53 | 45 | 1,18 |      |                |      |                |      |                | 53   | 45   |      |                | 1,18 | 46   |      |      |      | 32   | 1,44 | 46   | 32   |      | 1,44 |      |



DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|    |    |      |      |      |      |      |      |    |    |      |      |  |  |    |    |      |      |
|----|----|------|------|------|------|------|------|----|----|------|------|--|--|----|----|------|------|
|    |    | 53   | 50   | 1,06 | 1,06 |      |      | 49 | 37 | 1,32 | 1,32 |  |  | 45 | 31 | 1,45 | 1,45 |
|    |    | 53   | 50   | 1,06 |      |      |      | 49 | 37 | 1,32 |      |  |  | 45 | 31 | 1,45 |      |
|    |    | 53   | 50   | 1,06 |      |      |      | 49 | 37 | 1,32 |      |  |  | 45 | 31 | 1,45 |      |
|    |    | 51   | 39   | 1,31 | 1,31 |      |      | 51 | 41 | 1,24 | 1,24 |  |  | 54 | 48 | 1,13 | 1,13 |
|    |    | 51   | 39   | 1,31 |      |      |      | 51 | 41 | 1,24 |      |  |  | 54 | 48 | 1,13 |      |
|    |    | 51   | 39   | 1,31 |      |      |      | 51 | 41 | 1,24 |      |  |  | 54 | 48 | 1,13 |      |
|    |    | 48   | 35   | 1,37 | 1,37 |      |      | 47 | 34 | 1,38 | 1,38 |  |  | 41 | 24 | 1,71 | 1,71 |
|    |    | 48   | 35   | 1,37 |      |      |      | 47 | 34 | 1,38 |      |  |  | 41 | 24 | 1,71 |      |
|    |    | 48   | 35   | 1,37 |      |      |      | 47 | 34 | 1,38 |      |  |  | 41 | 24 | 1,71 |      |
|    |    | 45   | 31   | 1,45 | 1,45 |      |      | 45 | 31 | 1,45 | 1,45 |  |  | 52 | 42 | 1,24 | 1,24 |
|    |    | 45   | 31   | 1,45 |      |      |      | 45 | 31 | 1,45 |      |  |  | 52 | 42 | 1,24 |      |
|    |    | 45   | 31   | 1,45 |      |      |      | 45 | 31 | 1,45 |      |  |  | 52 | 42 | 1,24 |      |
| 42 | 26 | 1,62 | 1,62 | 45   | 31   | 1,45 | 1,45 | 45 | 31 | 1,45 | 1,45 |  |  |    |    |      |      |
| 42 | 26 | 1,62 |      | 45   | 31   | 1,45 |      | 45 | 31 | 1,45 |      |  |  |    |    |      |      |
| 42 | 26 | 1,62 |      | 45   | 31   | 1,45 |      | 45 | 31 | 1,45 |      |  |  |    |    |      |      |
| 41 | 24 | 1,71 | 1,71 | 46   | 32   | 1,44 | 1,44 | 47 | 34 | 1,38 | 1,38 |  |  |    |    |      |      |
| 41 | 24 | 1,71 |      | 46   | 32   | 1,44 |      | 47 | 34 | 1,38 |      |  |  |    |    |      |      |
| 41 | 24 | 1,71 |      | 46   | 32   | 1,44 |      | 47 | 34 | 1,38 |      |  |  |    |    |      |      |
| 40 | 23 | 1,74 | 1,74 | 42   | 26   | 1,62 | 1,62 | 42 | 26 | 1,62 | 1,62 |  |  |    |    |      |      |
| 40 | 23 | 1,74 |      | 42   | 26   | 1,62 |      | 42 | 26 | 1,62 |      |  |  |    |    |      |      |
| 40 | 23 | 1,74 |      | 42   | 26   | 1,62 |      | 42 | 26 | 1,62 |      |  |  |    |    |      |      |
| 43 | 27 | 1,59 | 1,59 | 41   | 24   | 1,71 | 1,71 | 40 | 23 | 1,74 | 1,74 |  |  |    |    |      |      |
| 43 | 27 | 1,59 |      | 41   | 24   | 1,71 |      | 40 | 23 | 1,74 |      |  |  |    |    |      |      |
| 43 | 27 | 1,59 |      | 41   | 24   | 1,71 |      | 40 | 23 | 1,74 |      |  |  |    |    |      |      |
| 43 | 27 | 1,59 | 1,59 | 40   | 23   | 1,74 | 1,74 | 43 | 27 | 1,59 | 1,59 |  |  |    |    |      |      |
| 43 | 27 | 1,59 |      | 40   | 23   | 1,74 |      | 43 | 27 | 1,59 |      |  |  |    |    |      |      |
| 43 | 27 | 1,59 |      | 40   | 23   | 1,74 |      | 43 | 27 | 1,59 |      |  |  |    |    |      |      |
| 45 | 31 | 1,45 | 1,45 | 45   | 31   | 1,45 | 1,45 | 45 | 31 | 1,45 | 1,45 |  |  |    |    |      |      |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|    |    |    |    |      |      |    |      |    |      |      |      |  |  |  |    |    |      |      |  |
|----|----|----|----|------|------|----|------|----|------|------|------|--|--|--|----|----|------|------|--|
|    |    | 42 | 26 | 1,62 | 1,74 |    |      | 45 | 31   | 1,45 | 1,44 |  |  |  | 45 | 31 | 1,45 | 1,38 |  |
|    |    | 40 | 23 | 1,74 |      |    |      | 46 | 32   | 1,44 |      |  |  |  | 47 | 34 | 1,38 |      |  |
|    |    | 40 | 23 | 1,74 |      |    |      | 46 | 32   | 1,44 |      |  |  |  | 47 | 34 | 1,38 |      |  |
|    |    | 40 | 23 | 1,74 |      |    |      | 42 | 26   | 1,62 |      |  |  |  | 42 | 26 | 1,62 |      |  |
|    |    | 39 | 21 | 1,86 |      |    |      | 42 | 26   | 1,62 |      |  |  |  | 40 | 23 | 1,74 |      |  |
|    |    | 39 | 21 | 1,86 |      |    |      | 41 | 24   | 1,71 |      |  |  |  | 40 | 23 | 1,74 |      |  |
|    |    | 39 | 21 | 1,86 |      |    |      | 41 | 24   | 1,71 |      |  |  |  | 40 | 23 | 1,74 |      |  |
|    |    | 39 | 21 | 1,86 |      |    |      | 41 | 24   | 1,71 |      |  |  |  | 40 | 23 | 1,74 |      |  |
|    |    | 48 | 35 | 1,37 |      |    |      | 40 | 23   | 1,74 |      |  |  |  | 43 | 27 | 1,59 |      |  |
|    |    | 48 | 35 | 1,37 |      |    |      | 40 | 23   | 1,74 |      |  |  |  | 43 | 27 | 1,59 |      |  |
|    |    | 48 | 35 | 1,37 |      |    |      | 46 | 32   | 1,44 |      |  |  |  | 43 | 27 | 1,59 |      |  |
|    |    |    |    | 48   |      |    |      | 35 | 1,37 | 1,37 |      |  |  |  |    |    | 46   |      |  |
| 48 | 35 |    |    | 1,37 | 46   | 32 | 1,44 | 48 | 35   |      | 1,37 |  |  |  |    |    |      |      |  |
| 48 | 35 |    |    | 1,37 | 46   | 32 | 1,44 | 48 | 35   |      | 1,37 |  |  |  |    |    |      |      |  |
| 45 | 31 |    |    | 1,45 | 44   | 29 | 1,52 | 46 | 32   |      | 1,44 |  |  |  |    |    |      |      |  |
| 45 | 31 |    |    | 1,45 | 44   | 29 | 1,52 | 46 | 32   |      | 1,44 |  |  |  |    |    |      |      |  |
| 45 | 31 |    |    | 1,45 | 44   | 29 | 1,52 | 49 | 37   |      | 1,32 |  |  |  |    |    |      |      |  |
| 42 | 26 |    |    | 1,62 | 45   | 31 | 1,45 | 49 | 37   |      | 1,32 |  |  |  |    |    |      |      |  |
|    |    |    |    |      | 45   | 31 | 1,45 | 49 | 37   |      | 1,32 |  |  |  |    |    |      |      |  |
|    |    |    |    |      | 45   | 31 | 1,45 | 45 | 31   |      | 1,45 |  |  |  |    |    |      |      |  |
|    |    |    |    |      | 42   | 26 | 1,62 | 45 | 31   |      | 1,45 |  |  |  |    |    |      |      |  |
|    |    |    |    |      | 42   | 26 | 1,62 | 47 | 34   |      | 1,38 |  |  |  |    |    |      |      |  |
|    |    |    |    |      | 42   | 26 | 1,62 | 47 | 34   |      | 1,38 |  |  |  |    |    |      |      |  |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|  |  |    |    |      |      |  |  |    |    |      |      |  |  |    |    |      |      |  |
|--|--|----|----|------|------|--|--|----|----|------|------|--|--|----|----|------|------|--|
|  |  | 42 | 26 | 1,62 |      |  |  | 43 | 27 | 1,59 |      |  |  | 47 | 34 | 1,38 |      |  |
|  |  | 42 | 26 | 1,62 |      |  |  | 46 | 32 | 1,44 |      |  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |
|  |  | 40 | 23 | 1,74 |      |  |  | 46 | 32 | 1,44 | 1,44 |  |  | 39 | 21 | 1,86 | 1,86 |  |
|  |  | 40 | 23 | 1,74 | 1,74 |  |  | 46 | 32 | 1,44 |      |  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |
|  |  | 40 | 23 | 1,74 |      |  |  | 44 | 29 | 1,52 |      |  |  | 46 | 32 | 1,44 |      |  |
|  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |  | 44 | 29 | 1,52 | 1,52 |  |  | 46 | 32 | 1,44 | 1,44 |  |
|  |  | 39 | 21 | 1,86 | 1,86 |  |  | 44 | 29 | 1,52 |      |  |  | 46 | 32 | 1,44 |      |  |
|  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |  | 45 | 31 | 1,45 |      |  |  | 49 | 37 | 1,32 |      |  |
|  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |  | 45 | 31 | 1,45 | 1,45 |  |  | 49 | 37 | 1,32 | 1,32 |  |
|  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |  | 45 | 31 | 1,45 |      |  |  | 49 | 37 | 1,32 |      |  |
|  |  |    |    |      |      |  |  | 42 | 26 | 1,62 |      |  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |
|  |  |    |    |      |      |  |  | 42 | 26 | 1,62 | 1,62 |  |  | 39 | 21 | 1,86 | 1,86 |  |
|  |  |    |    |      |      |  |  | 42 | 26 | 1,62 |      |  |  | 39 | 21 | 1,86 |      |  |
|  |  |    |    |      |      |  |  | 43 | 27 | 1,59 |      |  |  | 47 | 34 | 1,38 |      |  |
|  |  |    |    |      |      |  |  | 43 | 27 | 1,59 | 1,59 |  |  | 47 | 34 | 1,38 | 1,38 |  |
|  |  |    |    |      |      |  |  | 43 | 27 | 1,59 |      |  |  | 47 | 34 | 1,38 |      |  |

## DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Tabel F.3 Hasil Pengamatan Kenampakan Ikan Kembang

| <b>Hasil Nilai Rata-rata Pengamatan Kenampakan</b> |     |      |        |        |           |           |                     |      |        |        |           |           |                      |      |        |        |           |           |   |   |   |   |
|--|-----|------|--------|--------|-----------|-----------|---------------------|------|--------|--------|-----------|-----------|----------------------|------|--------|--------|-----------|-----------|---|---|---|---|
| Kelompok Kontrol                                   |     |      |        |        |           |           | Kelompok Eksperimen |      |        |        |           |           |                      |      |        |        |           |           |   |   |   |   |
| Pengamatan Kenampakan Jam ke-                      | Kel | Mata | Insang | Daging | Rata-rata | Rata-rata | Paparan 700 $\mu$ T |      |        |        |           |           | Paparan 1200 $\mu$ T |      |        |        |           |           |   |   |   |   |
|  |     |      |        |        |           |           | Kel                 | Mata | Insang | Daging | Rata-rata | Rata-rata | Kel                  | Mata | Insang | Daging | Rata-rata | Rata-rata |   |   |   |   |
| 0  | K0  | 9    | 9      | 9      | 9         | 9         | K0                  | 9    | 9      | 9      | 9         | 9         | K0                   | 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    | 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    | 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    | 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      |        |           |           |                      |      |        |        |           |           |   |   |   |   |
| 8  | K1  | 3    | 3      | 3      | 3         | 3         | E 2,1 (60')         | 3    | 3      | 3      | 3         | 3         | E 4,1 (60')          | 6    | 6      | 6      | 6         | 6         |   |   |   |   |
|  |     | 3    | 3      | 3      |           |           |                     | 3    | 3      | 3      |           |           |                      | 6    | 6      | 6      |           |           |   |   |   |   |
|  |     | 3    | 3      | 3      | 3         |           |                     | 3    | 3      | 3      | 3         |           |                      | 3    | 3      | 3      | 3         |           | 6 | 6 | 6 | 6 |
|  |     | 3    | 3      | 3      |           |           |                     | 3    | 3      | 3      |           |           |                      | 6    | 6      | 6      |           |           |   |   |   |   |
|  |     | 3    | 3      | 3      | 3         |           |                     | 3    | 3      | 3      | 3         |           |                      | 3    | 3      | 3      | 3         |           | 6 | 6 | 6 | 6 |
|  |     | 3    | 3      | 3      |           |           |                     | 3    | 3      | 3      |           |           |                      | 6    | 6      | 6      |           |           |   |   |   |   |

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

|  |  |    |    |   |   |                 |   |   |   |                |   |                 |   |   |   |   |   |
|--|--|----|----|---|---|-----------------|---|---|---|----------------|---|-----------------|---|---|---|---|---|
|  |  | 3  | 3  | 3 | 3 | E 3,1<br>(120') | 3 | 3 | 3 | 3              | 5 | E 5,1<br>(120') | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 3 | 3 | 3 |                |   |                 | 6 | 6 | 6 |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 3 | 3 | 6 |                |   |                 | 6 | 6 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 3 | 3 | 3 | 3              |   |                 | 6 | 6 | 6 | 6 |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 |   | 3 | 3 | 3              |   |                 | 6 | 6 | 6 |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 |   | 3 | 3 | 3              |   |                 | 6 | 6 | 6 |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 | 3 |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 | 7 |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 | 3 |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 | 7 |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 | 3 |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 | 7 |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 | 3 |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 | 7 |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 3  | 3  | 3 |   |                 | 5 | 5 | 5 | 7              |   |                 | 7 | 7 |   |   |   |
|  |  | 20 | K2 | 1 | 1 |                 | 1 | 1 | 1 | E 2,2<br>(60') |   |                 | 1 | 1 | 1 | 1 |   |
|  |  | 1  | 1  | 1 |   |                 |   |   |   |                |   |                 | 3 | 3 | 3 |   |   |





|    |    |   |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |   |
|----|----|---|---|---|---|-----------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|---|
|    |    |   |   |   |   | 5               |   |   |   |                 | 6 |   |   |   |
|    |    | 1 |   |   |   | 5               |   |   |   |                 | 6 |   |   |   |
|    |    | 1 |   |   |   | 5               | 5 |   |   |                 | 6 | 6 |   |   |
|    |    | 1 |   |   |   | 5               |   |   |   |                 | 6 |   |   |   |
| 20 | K2 | 1 | 1 | 1 | 1 | E 2,2<br>(60')  | 1 | 1 | 1 | E 4,2<br>(60')  | 3 | 3 | 3 |   |
|    |    | 1 |   |   |   |                 | 1 |   |   |                 | 3 |   |   | 3 |
|    |    | 1 |   |   |   |                 | 1 |   |   |                 | 3 |   |   | 3 |
|    |    | 1 | 1 |   |   |                 | 3 |   |   |                 | 3 |   |   |   |
|    |    | 1 | 1 |   |   |                 | 3 |   |   |                 | 3 |   |   |   |
|    |    | 1 | 1 |   |   | 3               | 3 |   |   |                 |   |   |   |   |
|    |    | 1 | 1 |   |   | 3               | 3 |   |   |                 |   |   |   |   |
|    |    | 1 | 1 |   |   | 3               | 3 |   |   |                 |   |   |   |   |
|    |    | 1 | 1 |   |   | 3               | 3 |   |   |                 |   |   |   |   |
|    |    | 1 | 1 |   |   | 3               | 3 |   |   |                 |   |   |   |   |
|    |    |   | 1 | 1 | 1 | E 3,2<br>(120') | 3 | 3 | 3 | E 5,2<br>(120') | 3 | 3 | 3 |   |
|    |    |   | 1 |   |   |                 | 3 |   |   |                 | 3 |   |   | 3 |
|    |    |   | 1 |   |   |                 | 3 |   |   |                 | 3 |   |   | 3 |
|    |    |   | 1 |   |   |                 | 3 |   |   |                 | 3 |   |   | 3 |
|    |    |   | 1 |   |   |                 | 3 |   |   |                 | 3 |   |   | 3 |
|    |    |   | 1 |   |   | 3               | 3 | 3 |   |                 |   |   |   |   |
|    |    |   | 1 |   |   | 3               | 3 | 3 |   |                 |   |   |   |   |
|    |    |   | 1 |   |   | 3               | 3 | 3 |   |                 |   |   |   |   |
|    |    |   | 1 |   |   | 3               | 3 | 3 |   |                 |   |   |   |   |
|    |    |   | 1 |   |   | 3               | 3 | 3 |   |                 |   |   |   |   |



