

## PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (*EXTREMELY LOW FREQUENCY*) TERHADAP DERAJAT KEASAMAN (pH) UDANG VANAME

Umayatul Qumairoh<sup>1,\*</sup>, Sudarti<sup>1</sup>, Trapsilo Prihandono<sup>2</sup>

Prodi Pendidikan Fisika,  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember,  
Kampus Unej Tegalboto, Jember Jawa Timur, 68121, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 02 Januari 2021  
Direvisi: 27 Januari 2021  
Diterima: 05 Februari 2021

#### Kata kunci:

Derajat keasaman (pH)  
medan magnet ELF  
udang vaname

#### Keywords:

Degree of acidity (pH)  
extremely low frequency magnetic field  
vannamei shrimp

#### Penulis Korespondensi:

Umayatul Qumairoh  
Email: [umayatulqumairoh10@gmail.com](mailto:umayatulqumairoh10@gmail.com)

### ABSTRAK

Medan magnet *Extremely Low Frequency* merupakan spektrum gelombang elektromagnetik, dimana frekuensi yang dimiliki kurang dari 300 Hz dan termasuk radiasi non pengion. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap pH udang vaname. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dan menggunakan desain penelitian rancang acak lengkap. Ada dua kelompok dalam penelitian ini, yaitu kelompok kontrol yang tidak di papar medan magnet dan kelompok eksperimen yang di papar medan magnet. Pada kelompok eksperimen diberikan perlakuan dengan paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* intensitas 300  $\mu$ T dan 500  $\mu$ T dan waktu paparan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Sampel yang digunakan sebanyak 145 sampel udang yang berukuran sama. Kelompok eksperimen ada 120 sampel dan kelompok kontrol ada 25 sampel. Teknik analisis data yang digunakan menggunakan SPSS 22 dengan uji Kruskal-Wallis. Hasil dari teknik analisis data tersebut yaitu paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* berpengaruh terhadap pH udang vaname. Nilai pH kelompok kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Paparan magnet ELF dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk pembentuk asam dalam udang. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa kelompok eksperimen mengalami kenaikan nilai pH dengan selisih cukup kecil, sedangkan kelompok kontrol mengalami kenaikan nilai pH secara drastis.

*Extremely Low-Frequency magnetic field is a spectrum of electromagnetic waves, where the frequency is less than 300 Hz and includes non-ionizing radiation. This study aims to examine the effect of exposure to ELF (Extremely Low Frequency) magnetic fields on Vannamei shrimp's pH. This research uses experimental research and uses completely randomized design research. This study has two groups: the control group, which is not exposed to magnetic fields, and the experimental group exposed to magnetic fields. The experimental group was given treatment with exposure to Extremely Low-Frequency magnetic fields with an intensity of 300  $\mu$ T and 500  $\mu$ T and exposure time of 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes. The samples used were 145 shrimp samples of the same size. The experimental group had 120 samples, and the control group had 25 samples. The data analysis technique used was SPSS 22 with the Kruskal-Wallis test. The result of the data analysis technique is that exposure to an Extremely Low-Frequency magnetic field affects Vannamei shrimp's pH. The pH value of the control group was higher than the experimental group. ELF magnetic exposure can suppress the growth of acid-forming microorganisms in shrimp. It can be proven that the experimental group experienced a significant increase in pH value, while the control group experienced a drastic increase in pH value.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri dari medan magnet dan medan listrik yang tidak memerlukan medium perantara dalam perambatannya. Dimana medan listrik tegak lurus dengan medan magnet dan medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus dengan rambatannya (Young, 2012). Ketika ada aliran arus listrik maka setiap peralatan elektronika dapat menimbulkan medan magnet. Hal tersebut berdasarkan penelitian Oersted pada tahun 1819, menunjukkan bahwa medan magnet timbul karena adanya arus listrik (Alonso, 1994). Sehingga pemanfaatan peralatan listrik berperan penting dalam peningkatan medan listrik di lingkungan dan peningkatan intensitas paparan medan magnet. Medan magnet *Extremely Low Frequency* mempunyai frekuensi 0 sampai 300 Hz sehingga mudah di dapatkan di sekitar kita yang aliran arus listriknya mempunyai frekuensi tersebut (Baafai, 2004).

Pemanfaatan medan magnet *Extremely Low Frequency* dalam bidang pangan menunjukkan bahwa dapat memberikan dampak positif yang berdasarkan dari beberapa penelitian. Beberapa penelitian tersebut dalam bidang pangan yang terkait yaitu pada bumbu gado-gado, yang menunjukkan bahwa pada intensitas 646,7  $\mu\text{T}$  dengan waktu paparan 30 menit merupakan dosis yang efektif terhadap prevalensi *Salmonella Typhimurium* pada bumbu gado-gado (Sudarti, 2016). Kemudian dosis yang efektif dalam penghambatan kenaikan nilai pH ikan bandeng yaitu pada intensitas 730,56  $\mu\text{T}$  dan lama paparan 60 menit (Nurhasanah, 2018). Selanjutnya Ridawati (2017), menunjukkan bahwa masa kadaluarsa susu fermentasi dapat lebih panjang karena adanya pemberian paparan medan magnet ELF intensitas 300  $\mu\text{T}$ . Intensitas tersebut merupakan intensitas yang paling efektif dalam meningkatkan nilai pH. Selain itu paparan medan magnet ELF intensitas 700  $\mu\text{T}$  dengan waktu paparan 45 menit dapat mempertahankan sifat organoleptik pada susu segar (Muharomah, 2018). Kemudian, penelitian Sari (2018) mengkaji lanjut tentang pemanfaatan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) menggunakan intensitas 700  $\mu\text{T}$  dan 900  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 30 menit dan 60 menit pada daging ayam. Berdasarkan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa medan magnet ELF dapat mempengaruhi pH dan massa jenis daging ayam.

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian yang terkait tersebut, disimpulkan bahwa penerapan medan magnet ELF) khususnya dalam bidang pangan dapat bermanfaat dalam mempertahankan nilai pH yang terdapat pada pangan karena paparan medan magnet ELF dapat menghambat mikroorganisme. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut, dapat dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya. Pada penelitian selanjutnya dengan menggunakan objek yang berbeda, yaitu menggunakan objek daging udang dengan jenis udang vaname. Udang vaname memiliki kelebihan dibandingkan dengan hasil perikanan yang lainnya, yaitu udang mengandung sumber protein yang tinggi sehingga menyebabkan nilai gizi pada udang tinggi. Disamping kelebihanannya, namun ketahanan udang terbatas hanya bisa bertahan 8 jam pada suhu kamar sehingga menyebabkan udang cepat mengalami kerusakan dan kemunduran mutu dengan cepat (Suksono. L, 1986).

Nilai derajat keasaman (pH) merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk menentukan kesegaran udang secara kimiawi. Derajat keasaman (pH) yang optimum untuk pertumbuhan bakteri antara 4,6 – 7,0. Sedangkan nilai pH yang mendekati netral merupakan pH yang cocok untuk pertumbuhan mikroba dengan baik. Dalam kondisi pH 6,4 udang akan mengalami penurunan pada laju pertumbuhannya dan pada kondisi pH < 4 atau pH > 11 akan mengalami kematian (Guntur, 2006). Mikroba merugikan pada daging udang yang dapat menyebabkan makanan tidak layak dikonsumsi diantaranya *Vibrio cholerae* dan *Vibrio parahaemolyticus*. Sedangkan mikroba pembusuk yang mengkontaminasi udang didominasi oleh bakteri diantaranya *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, dan *Escherichia coli*, *Salmonella* (Rahayu, W.P, 2012).

Tingginya peminat terhadap udang akan memberikan dampak kualitas udang. Sehingga akan memilih udang yang berkualitas bagus untuk dipasarkan. Namun yang menjadikan kendala masyarakat, dan penjual udang yaitu kemunduran mutu udang. Untuk kesegaran udang dapat bertahan lama maka diperlukan upaya dalam hal mengawetkan udang. Masyarakat sering mengawetkan daging udang dengan cara pendinginan, yaitu dengan menyimpan daging udang di dalam freezer. Siburian (2012), menyatakan bahwa penyimpanan daging di dalam freezer tidak banyak membunuh mikroorganisme penyebab pembusukan daging. Apabila daging dikeluarkan dari freezer dan dibiarkan mencair lagi, maka akan menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme yang semakin cepat. Sedangkan pengawetan bahan makanan dengan bantuan medan magnet dapat mengubah pertumbuhan dan

membunuh mikroorganisme pembentuk asam (Barbosa, 1998). Oleh sebab itu, berdasarkan uraian diatas peneliti mencoba mengkaji lebih lanjut dengan melakukan penelitian mengenai pemanfaatan medan magnet dalam bidang pangan khususnya dalam pengawetan udang dengan menggunakan paparan medan magnet ELF. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF 300  $\mu\text{T}$  dan 500  $\mu\text{T}$  terhadap nilai pH pada udang .

## II. METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut di gedung program studi Pendidikan Fisika Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember sebagai tempat alat penghasil medan magnet *Extremely Low Frequency*. Menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan desain penelitian rancang acak lengkap (RAL). Rancangan acak lengkap ini digunakan dalam mengkaji pengaruh beberapa perlakuan dengan sejumlah ulangan untuk beberapa percobaan. Penelitian ini menggunakan sampel udang berjenis vaname dengan kualitas bagus yang diperoleh langsung dari hasil panen di tambak Muncing, Muncar, Banyuwangi. Udang yang dijadikan sampel tersebut dipilih dengan ukuran yang sama sebanyak 145 udang kemudian dibagi menjadi 29 bungkus, 24 bungkus untuk kelompok eksperimen dan 5 bungkus untuk kelompok kontrol. Masing-masing bungkus berisikan 5 udang yang mempunyai ukuran sama. Dalam penelitian ini ada kelompok eksperimen yang di papar medan magnet *Extremely Low Frequency* dan kelompok kontrol yang tidak di papar medan magnet. Pada kelompok eksperimen dilakukan pemaparan dengan 300  $\mu\text{T}$  dan 500  $\mu\text{T}$  dengan waktu paparan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Untuk setiap sampel diamati setelah 5 jam, 10 jam, 15 jam, dan 20 jam dan setiap penelitian ada 3 kali dalam pengulangan.

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian yaitu: sumber medan magnet *Extremely Low Frequency* berupa CT (*Current Transformer*) sebagai penghasil medan magnet *Extremely Low Frequency*, EMF tester tipe Lutron EMF-827 untuk mengukur besar medan magnet, pH meter digunakan sebagai alat pengukur nilai pH, dan alu dan mortal digunakan untuk menghaluskan sampel. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu: larutan aquades digunakan untuk melarutkan sampel, dan plastik klip digunakan sebagai pembungkus sampel.

Prosedur dalam penelitian ini yang pertama yaitu menyiapkan udang segar, kemudian membagi udang menjadi dua kelompok, 5 bungkus sampel kelompok kontrol dan 24 bungkus sampel kelompok eksperimen. Untuk kelas eksperimen terbagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok I dipapar medan magnet ELF 300  $\mu\text{T}$ , dan kelompok II dipapar medan magnet ELF 500  $\mu\text{T}$ . Masing-masing kelompok terdiri dari 12 bungkus udang. Masing-masing udang berisikan 5 udang yang berukuran sama. Kemudian memberikan perlakuan dengan memapari medan magnet ELF selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Kemudian pengukuran pH dilakukan pada jam ke-0 (sebelum dilakukan pemaparan), jam ke-5, jam ke-10, jam ke-15, dan jam ke-20 setelah pemaparan. Tahap selanjutnya yaitu analisa data. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Microsoft Excel dan software SPSS 22. Microsoft Excel digunakan untuk membuat grafik untuk mengetahui adanya pengaruh antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen. Sedangkan software SPSS 22 digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan signifikan antara kelompok kontrol yang tidak dipapari medan magnet *Extremely Low Frequency* dengan kelompok eksperimen yang dipapari medan magnet *Extremely Low Frequency* terhadap nilai pH udang.

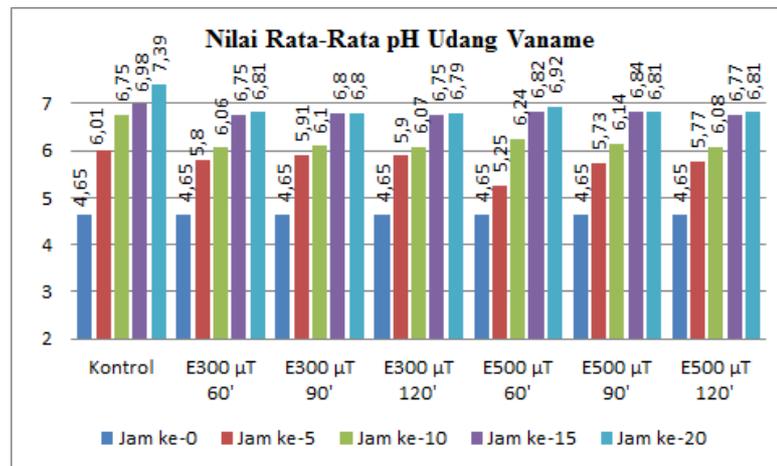
## III. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan ELF 300  $\mu\text{T}$  dan 500  $\mu\text{T}$  dalam varian lama waktu paparan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit terhadap pH udang vaname. Pengukuran derajat keasaman udang vaname pada jam ke-0 (sebelum pemaparan) dan sesudah pemaparan pada jam ke-5, jam ke-10, jam ke-15, dan jam ke-20. Pengukuran pH udang menggunakan pH meter. Berikut tabel 1 adalah data rata-rata pH udang :

**Tabel 1** Data rata-rata nilai pH udang

Nilai pH Jam ke-	Kelompok						
	Kontrol	E 300 $\mu$ T 60'	E 300 $\mu$ T 90'	E 300 $\mu$ T 120'	E 500 $\mu$ T 60'	E 500 $\mu$ T 90'	E 500 $\mu$ T 120'
Ke-0	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
Ke-5	6,01	5,8	5,91	5,9	5,25	5,73	5,77
Ke-10	6,75	6,06	6,1	6,07	6,24	6,14	6,08
Ke-15	6,98	6,75	6,8	6,75	6,82	6,84	6,77
Ke-20	7,39	6,81	6,8	6,79	6,92	6,81	6,81

Berdasarkan tabel 1 tersebut dapat diketahui bahwa ada perbedaan nilai pH udang antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Perbedaan nilai pH tersebut dapat digambarkan melalui diagram batang pada gambar 1 berikut ini:



**Gambar 1** Diagram nilai rata-rata pH udang setiap pengukuran

Berdasarkan gambar 1 tersebut diketahui bahwa nilai pH udang vaname terdapat perbedaan antara nilai rata-rata pH udang vaname antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol memiliki nilai pH udang yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Setiap waktu pengukuran, nilai pH udang vaname mengalami kenaikan. Nilai pH udang vaname kelompok eksperimen memiliki selisih yang cukup kecil jika dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Pada penelitian ini menggunakan uji Nonparametric Test One Sample K-S. Karena data derajat keasaman ini tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan menggunakan uji Kruskal Wallis. Uji ini untuk mengetahui apakah ada perbedaan nilai derajat keasaman udang vaname antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen secara keseluruhan. Berikut tabel 2 ini hasil uji Kruskal Wallis.

**Tabel 2** Hasil uji kruskal wallis setiap jam pengukuran

Test Statistics <sup>a,b</sup>				
	pH_jam_ke5	pH_jam_ke10	pH_jam_ke15	pH_jam_ke20
Chi-Square	99,181	93,348	93,134	74,246
Df	6	6	6	6
Asymp. Sig.	,000	,000	,000	,000

Berdasarkan Tabel 2 di atas diketahui bahwa nilai pH udang pada jam ke-5, jam ke-10, jam ke-15, dan jam ke-20 setelah paparan medan magnet ELF dapat diketahui bahwa nilai pH udang memiliki Asymp. Sig. 0,000. Artinya Asymp. Sig. 0,000 kurang dari 0,05 atau bisa dituliskan  $0,000 < 0,05$ . Hal ini menunjukkan bahwa diterimanya hipotesis alternatif dan hipotesis nol ditolak pada penelitian ini. Sehingga pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan nilai pH udang antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen.

Secara kimiawi, derajat keasaman merupakan indikator untuk melihat kesegaran hasil perikanan. Eskin (1990), menyatakan bahwa pada daging hasil perikanan yang masih hidup memiliki pH netral. Pada udang hidup, memiliki pH antara 7,0-7,2. Kemudian setelah udang mati, akan terjadi akumulasi asam laktat yang berpengaruh terhadap penurunan nilai pH. Kemudian pH akan mengalami penurunan menjadi 5,6-5,7 setelah waktu 6-8 jam (Lukman, 2010). Adanya aktivitas bakteri dan proses autolisis dapat menyebabkan perubahan nilai pH tersebut. Akibat dari pertumbuhan bakteri kemudian keasaman berbeda karena pertumbuhan bakteri yang berbeda-beda (Eskin, 1990).

Berdasarkan hasil penelitian, nilai pH kelompok kontrol pada jam ke-5 yaitu 6,01 dan pada jam ke-20 terus mengalami kenaikan hingga bernilai 7,39. Jauh lebih tinggi dari kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen pada jam ke-5 hingga jam ke-20 nilai pH yang dihasilkan memiliki selisih nilai pH yang cukup kecil. Pada jam ke-5 kelompok eksperimen (E300  $\mu$ T 90) nilai pH setiap jam pengamatan mengalami kenaikan pH dengan selisih cukup kecil jika dibandingkan dengan kelompok eksperimen yang lainnya. Begitu pula pada jam ke-15 kelompok eksperimen (E300  $\mu$ T 90) dapat mempertahankan nilai pH. Memasuki jam ke-20, nilai pH baik untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen terus mengalami kenaikan. Nilai pH yang dihasilkan kelompok kontrol 7,39 (basa) sedangkan nilai pH kelompok eksperimen mendekati pH basa. Kenaikan nilai pH tersebut disebabkan karena adanya penguraian protein sehingga akan terbentuknya senyawa basa volatile (Suwetja, 2011). Leitao & Rios (2000), menyatakan bahwa semakin lama waktu penyimpanan maka udang akan mengalami kemunduran mutu dan mengalami kenaikan nilai pH. Kenaikan nilai pH juga disebabkan karena terjadinya penurunan kadar glikogen dan ATP yang terdapat pada daging udang sehingga nilai derajat keasaman tidak mampu diturunkan pada proses hidrolisis ATP. Hal tersebut disebabkan karena pada proses hidrolisis ATP asam laktat yang terbentuk relative sedikit (Afrianto, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar 1, ada perbedaan nilai pH udang kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen. Setiap jam pengukuran, nilai derajat keasaman udang pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen mengalami peningkatan. Hal tersebut berdasarkan penelitian Leitao dan Rios (2000), menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan nilai derajat keasaman udang vaname yang dihasilkan semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan pertumbuhan bakteri tergantung lama penyimpanannya. Pertumbuhan bakteri yang semakin banyak seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Hal tersebut dikarenakan adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme. Dengan demikian mengakibatkan terjadinya pembusukan. Jay (1978) menyatakan bahwa proses pembusukan ditandai dengan adanya peningkatan nilai pH dan peningkatan pertumbuhan bakteri.

Pemberian medan ELF (*Extremely Low Frequency*) dapat mengubah pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme pembentuk asam. Pernyataan tersebut didukung oleh Kimestri (2015), menyatakan bahwa mekanisme interaksi medan magnet dengan sel dapat menghambat aktivitas metabolisme bakteri pembentuk asam, yaitu dengan cara memindahkan energi dari medan magnet ke ion-ion dalam sel bakteri pembentuk. 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. Hal tersebut berdasarkan penelitiannya Sudarti (2016), menunjukkan 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 diketahui bahwa nilai pH untuk kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen mengalami kenaikan tiap waktunya. Namun pada kelompok eksperimen mengalami kenaikan nilai pH dengan selisih cukup kecil jika dibandingkan dengan kelompok kontrol yang mengalami kenaikan secara drastis. Sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap derajat keasaman udang vaname. Sehingga paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* mampu menekan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dalam udang vaname dan mampu memperlambat aktivitas enzim. Hal tersebut sesuai dengan penelitiannya Yalcin & Erdem (2012), menunjukkan bahwa beberapa enzim langsung merespon dengan adanya pemberian paparan medan elektromagnetik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disajikan, disimpulkan bahwa adanya pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* terhadap nilai derajat keasaman udang vaname. Intensitas yang paling efektif dalam menghambat kenaikan nilai pH udang vaname yaitu intensitas 300  $\mu\text{T}$  selama 90 menit. Pengawetan bahan makanan dengan bantuan medan magnet dapat mengubah pertumbuhan dan membunuh mikroorganisme pembentuk asam. Udang yang dipapar medan magnet *Extremely Low Frequency* tidak mudah busuk karena medan magnet *Extremely Low Frequency* mampu menekan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dalam bahan pangan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Laboratorium Fisika Universitas Jember atas tempat dalam pelaksanaan penelitian ini. Dan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E. and Liviawaty, E. ,2005, *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Alonso and Finn, 1994, *Dasar-Dasar Fisika Universitas Jilid 2 Medan Dan Gelombang Terjemahan Oleh Lea Prasetyo Dan Khusnul Hadi*. Erlangga ,Jakarta.
- Baafai, U. S, 2004, 'Polusi dan pengaruh medan elektromagnetik terhadap kesehatan masyarakat', *Jurnal Teknik Simetrika*, vol. 2, pp. 1–12.
- Barbosa and Canovas,1998, *Oscillating Magnetic Field for Food Processing*, Marcel Dekker Inc, New York
- Eskin, N. A. ,1990, *Biochemistry of Food Second Edition*, Academic Press, Inc, San Diego.
- Guntur, 2006, 'Pengaruh pemberian bakteri probiotik vibrio skt-b melalui artemia terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva udang windu', in *Skripsi*, ITB, Bandung.
- Jay, J. ,1978, *Modern Food Microbiology*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Kimestri, A. B, 2015, *Pengawetan bahan pangan dengan teknik nontermal*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Leitao and Rios, 2000, 'Microbiological and chemical changes in freshwater prawn (*macrobrachium rosenbergii*) stored under refrigeration', *Brazil Journal Microbiology*, vol 31, no 3, pp. 178–183.
- Lukman, D. W, 2010, *Nilai pH daging. Bagian Kesehatan Masyarakat Veteriner*, Fakultas Kedokteran Hewan ITB, Bogor.
- Muharomah, Sudarti and Subiki, 2018, 'Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency terhadap sifat organoleptik dan ph susu sapi segar', *Jurnal Pendidikan Fisika*, vol 3, no 2, pp. 13–18.
- Nurhasanah, Sudarti and Supriadi, B, 2018, 'Analisis medan magnet ELF terhadap nilai pH ikan dalam proses pengawetan ikan bandeng(*Chanos chanos*)', *Jurnal Pembelajaran Fisika*, vol 7, no 2, pp. 116–122.
- Rahayu, W.P, N. C. , 2012, *Mikrobiologi Pangan*, IPB Press, Bogor.
- Ridawati, S., Sudarti and Yushardi, 2017, 'Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency terhadap ph susu fermentasi', *Jurnal Pendidikan Fisika*, no 2.
- Sari, L. D, 2018, *Pengaruh Intensitas Medan Magnet Terhadap Massa Jenis dan Derajat Keasaman Pada Daging Ayam*, Skripsi, Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Jember.
- Siburian, E., Dewi, P. and Kariada, N, 2012, 'Pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap pertumbuhan bakteri dan fungi ikan bandeng', *Journal of Life Science*, vol 1, no 2.
- Sudarti, 2016, 'Utilization of extremely low frequency (elf) magnetic field is as alternative sterilization of salmonella typhimurium in gado-gado', *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol 9, pp. 317–322.
- Suksono. L, 1986, *Pengantar Sanitasi Makanan*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Suwetja, 2011, *Biokimia Hasil Perikanan*, Media Prima Aksara, Jakarta.

Yalcin, S. and Erdem, G, 2012, 'Biological effects of electromagnetic fields', *Engineering Electromagnetics: Applications*, vol 11, no 17, pp. 3933–3941.

Young, H. G, 2012, *College Physics 9<sup>th</sup> Edition*, Person Education, Inc, San Fransisco.