

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

Umayatul Qumairoh^{1*}), Sudarti¹⁾, Trapsilo Prihandono¹⁾.

¹⁾Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember
*e-mail: umayatulqumairoh10@gmail.com

Abstract

ELF (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 the pH of vannamei shrimp. This research uses experimental research and uses a completely randomized design research. There are two groups in this study, namely the control group who are not exposed to magnetic fields and the experimental group who are exposed to magnetic fields. The experimental group was treated with exposure to an Extremely Low Frequency magnetic field with an intensity of 300 μ T and 500 μ T and an 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 exposure to ELF (Extremely Low Frequency) magnetic field affects the pH of vannamei shrimp.

Keywords: Extremely Low Frequency Magnetic Field, Degree of Acidity (pH), Vannamei Shrimp

Abstrak

Medan magnet ELF (*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 pemaparan medan magnet *Extremely Low Frequency* dengan intensitas 300 μ T dan 500 μ 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 ELF (*Extremely Low Frequency*) berpengaruh terhadap pH udang vaname.

Kata Kunci: Medan Magnet Extremely Low Frequency, Derajat Keasaman (pH), Udang Vaname

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 & Finn, 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)

Banyak yang berasumsi, paparan medan magnet ELF dapat membawa dampak negatif, khususnya dalam bidang kesehatan. Sehingga berdasarkan asumsi tersebut, peneliti mencoba memanfaatkan teknologi pangan medan magnet ELF dalam hal pengawetan khususnya dalam bidang pangan. 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 $646,7 \mu T$ 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 $730,56 \mu T$ dan lama paparan 60 menit (Nurhasanah et al., 2018). Selanjutnya Ridawati (2017), menunjukkan bahwa masa kadaluarsa susu fermentasi dapat lebih panjang karena adanya pemberian paparan medan magnet ELF intensitas $300 \mu T$. Intensitas tersebut merupakan intensitas yang paling efektif dalam meningkatkan nilai pH. Kemudian paparan medan magnet ELF dapat mempertahankan sifat organoleptik pada susu segar pada intensitas $700 \mu T$ dengan waktu paparan 45 menit (Muharomah et al., 2018).

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian yang terkait tersebut, disimpulkan bahwa penerapan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 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. Nama ilmiah udang vaname yaitu *Litopenaeus vannamei*. Di industri budidaya perikanan Indonesia, komoditas yang menjadi primadona yaitu udang vaname, dengan umur tumbuh 125-126 hari (Purnamasari et al., 2017). 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 kelebihannya, 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 merupakan nilai yang menunjukkan keasaman dan kebasaan dari suatu material. 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). Karena adanya aktivitas bakteri yang dapat menyebabkan kerusakan pada pangan, maka pangan tersebut harus mendapatkan perlakuan pengawetan. Akibat dari pertumbuhan bakteri kemudian keasaman berbeda karena pertumbuhan bakteri yang berbeda-beda (Eskin, 1990). Mikroba merugikan pada daging udang yang dapat menyebabkan makanan tidak layak dikonsumsi diantaranya *Vibrio cholera* dan *Vibrio parahaemolyticus*. Sedangkan mikroba pembusuk yang mengkontaminasi udang didominasi oleh bakteri diantaranya *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, dan *E. coli*, *Salmonella* (Rahayu, W.P, 2012). Pertumbuhan mikroorganisme dapat dipengaruhi oleh kondisi pH. Hal tersebut dikarenakan setiap mikroorganisme memiliki rentang pH yang berbeda-beda.

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. Salah

salah satu metode pengawetan yang jarang digunakan yaitu metode radiasi, karena biaya yang dibutuhkan sangat besar. Metode ini menggunakan sinar bergelombang pendek dalam pelaksanaannya, seperti sinar x, sinar UV, maupun sinar gamma yang digunakan dalam bidang pangan (Supardi, 1999). Namun masyarakat sering mengawetkan daging udang dengan cara pendinginan, yaitu dengan menyimpan daging udang pada suhu berkisar 5°C – 10°C atau menyimpannya didalam *freezer*. Sibirian (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 and Canovas, 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 *Extremely Low Frequency*. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) $300\ \mu\text{T}$ dan $500\ \mu\text{T}$ terhadap nilai pH pada udang .

METODE

Penelitian dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2020/2021 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 papari medan magnet *Extremely Low Frequency* dan kelompok kontrol yang tidak di papari 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 dipapari medan magnet ELF $300\ \mu\text{T}$, dan kelompok II dipapari 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.

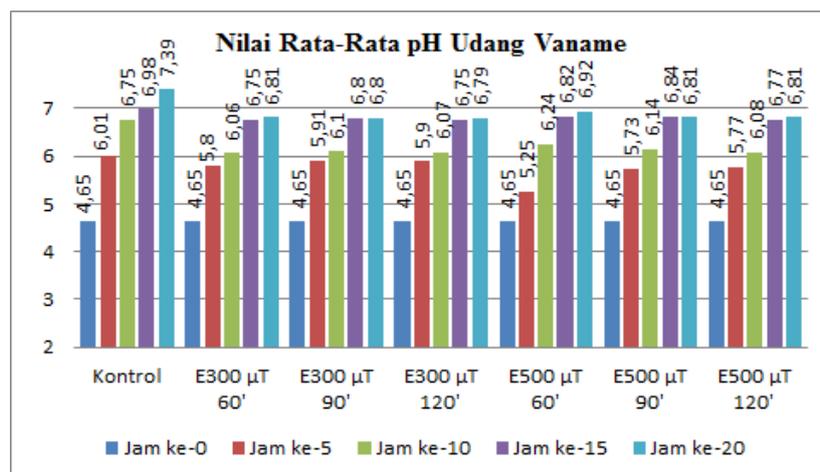
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan ELF 300 μT dan 500 μT 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. Data rata-rata nilai pH udang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data rata-rata nilai pH udang

Nilai pH Jam ke-	Kelompok						
	Kontrol	E 300 μT 60'	E 300 μT 90'	E 300 μT 120'	E 500 μT 60'	E 500 μT 90'	E 500 μT 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 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.



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

Berdasarkan gambar 1 dapat 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.

Tabel 2. Hasil uji kruskal wallis setiap pengukuran

Test Statistics ^{a,b}				
	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

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Kelompok

Berdasarkan tabel 2 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 H_a dan H_0 ditolak pada penelitian ini. Sehingga pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan nilai pH udang antara kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen (E300 μ T 60', E300 μ T 90', E300 μ T 120', E500 μ T 60', E500 μ T 90', dan E500 μ T 120')

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. Pada kondisi nilai pH 6,4 maka laju pertumbuhan udang akan mengalami penurunan dan pada pH < 4 atau pH > 11 udang akan mengalami kematian (Guntur, 2006). Penurunan nilai pH berjalan secara bertahap. Hal itu disebabkan karena di dalam daging terdapat zat-zat buffer. Dimana zat-zat buffer tersebut berperan dalam melepas dan menangkap ion dalam daging. 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) Setelah udang mati, bakteri menggunakan daging udang untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sehingga populasi bakteri bertambah dengan cepat, sehingga proses autolisis dapat berlangsung secara cepat, akibatnya berdampak pada perubahan nilai pH udang.

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 μ 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 μ 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. Hal ini disebabkan karena enzim metabolisme bekerja secara cepat pada proses kematian udang. 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 & Liviawaty, 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. Jika Sehingga semakin lama waktu penyimpanan udang maka semakin banyak senyawa basa yang terbentuk. 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 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 asam. Ion-ion yang berperan aktif dalam pembelahan sel yaitu Ca^{2+} . Kandungan ion Ca^{2+} memiliki dampak besar terhadap pertumbuhan sel mikroorganisme. Kemudian efek dari medan magnet dibawa oleh ion-ion tersebut ke jaringan lainnya. Jaringan sel merupakan daerah interaksi medan magnet yang banyak dipengaruhi oleh medan magnet. 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). 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.

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 yaitu intensitas 300 μ T selama 90 menit. Pengawetan bahan makanan dengan bantuan medan 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E., & Liviawaty, E. (2005). *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Alonso, & Finn. (1994). *Dasar-Dasar Fisika Universitas Jilid 2 Medan Dan Gelombang*. Terjemahan Oleh Lea Prasetyo Dan Khusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Baafai, U. S. (2004). Polusi dan pengaruh medan elektromagnetik terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Teknik Simetrika*, Vol. 2, No, 1–12.
- Barbosa and Canovas. (1998). *Oscillating Magnetic Field for Food Processing*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Eskin, N. A. (1990). *Biochemistry of Food Second Edition*. San Diego: Academic Press, Inc.
- Guntur. (2006). Pengaruh pemberian bakteri probiotik vibrio skt-b melalui artemia terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva udang windu. *Skripsi*. Bandung : ITB.
- Jay, J. (1978). *Modern Food Microbiology*. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Kimestri, A. B. (2015). *Pengawetan bahan pangan dengan teknik non thermal*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Leitao, & Rios. (2000). Microbiological and chemical changes in freshwater prawn (macrobrachium rosenbergii) stored under refrigeration. *Brazil Journal Microbiology*, 31(3), 178–183.
- Lukman, D. W. (2010). *Nilai pH daging*. Bagian Kesehatan Masyarakat Veteriner. Fakultas Kedokteran Hewan : Institut Pertanian Bogor.
- Muharomah, Sudarti, & Subiki. (2018). Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency terhadap sifat organoleptik dan pH susu sapi segar. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(2), 13–18.
- Nurhasanah, Sudarti, & Supriadi, B. (2018). Analisis medan magnet ELF terhadap nilai pH ikan dalam proses pengawetan ikan bandeng (*Chanos chanos*). *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 116–122.
- Purnamasari, I., Purnama, D., & Utami, M. A. F. (2017). Pertumbuhan udang vaname (*litopenaeus vannamei*) di tambak intensif. *Jurnal Enggano*, 2(1), 58–67.
- Rahayu, W.P, N. C. (2012). *Mikrobiologi Pangan*. Bogor : IPB Press.
- Ridawati, S., Sudarti, & Yushardi. (2017). Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency terhadap ph susu fermentasi. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 2.
- Siburian, E., Dewi, P., & Kariada, N. (2012). Pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap pertumbuhan bakteri dan fungi ikan bandeng. *Journal of Life Science*, 1(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*, 9, 317–322.
- Suksono. L. (1986). *Pengantar Sanitasi Makanan*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Supardi, I. (1999). *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Bandung : Alumni.
- Yalcin, S., & Erdem, G. (2012). Biological effects of electromagnetic fields. *Engineering Electromagnetics: Applications*, 11(17), 3933–3941.
- Young, H. G. (2012). *College Physics 9th Edition*. San Francisco: Person Education, Inc.