

PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) TERHADAP NILAI pH CABAI MERAH KECIL (*Capsicum frutescens L*)

Sinta Nuriyah¹⁾, Sudarti¹⁾, Singgih Bektiarso¹⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jember, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding author : Sinta Nuriyah
E-mail : sintonuriyah884@gmail.com

Diterima 10 April 2022, Disetujui 27 April 2022

ABSTRAK

Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan spektrum gelombang elektromagnetik dengan rentan frekuensi yang dimiliki sebesar 0 sampai kurang dari 0,3kHz dan termasuk dalam *non-ionizing radiation*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pH cabai merah kecil (*Capsicum frutescens L*). Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan desain yang digunakan RAL (Rancang Acak Lengkap). Sampel yang digunakan adalah cabai merah kecil dari jenis sret yang dibagi menjadi kelompok kontrol tanpa paparan medan magnet dan kelompok eksperimen dengan paparan medan magnet intensitas 600 μ T dan 1.000 μ T dengan lama paparan 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Sampel yang digunakan sebanyak 145 kemasan sampel, dengan masing-masing kemasan berisi 5 buah cabai varietas sret kelas 3 dengan ukuran 4 < 8 cm. Kelompok kontrol ada 25 kemasan sampel dan kelompok eksperimen ada 120 kemasan sampel. Analisa data dilakukan dengan uji *One Way Anova* dengan uji LSD dan uji *Kruskal-Wallis* menggunakan *IBM Statistics 23*. Hasil penelitian didapatkan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap nilai pH cabai merah kecil, dengan intensitas paparan 600 μ T selama 30 menit berpotensi dalam mempertahankan nilai pH cabai merah kecil.

Kata kunci: medan magnet ELF; cabai merah (*capsicum frutescens L*); pH.

ABSTRACT

Extremely Low Frequency (ELF) magnetic field is a spectrum of electromagnetic waves with a frequency range of 0 to less than 0.3 kHz and is included in *non-ionizing radiation*. This study aims to examine the effect of exposure to the ELF magnetic field on the pH of small red chili (*Capsicum frutescens L*). This type of research is experimental research with the design used RAL (Completely Randomized Design). The samples used were small red chilies of the sret type which were divided into a control group without exposure to a magnetic field and an experimental group with an intensity of 600 μ T and 1,000 μ T magnetic field exposure with an exposure duration of 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. The samples used were 145 sample packages, with each package containing 5 chilies of class 3 sret variety with a size of 4 < 8 cm. The control group had 25 sample packages and the experimental group had 120 sample packages. Data analysis was carried out by One Way Anova test with LSD test and Kruskal-Wallis test using IBM Statistics 23. The results showed that exposure to Extremely Low Frequency (ELF) magnetic fields affected the pH value of small red chilies, with an exposure intensity of 600 μ T for 30 minutes in maintaining the pH value of small red chilies.

Keywords: ELF magnetic field; red chilies (*capsicum frutescens L*); pH.

PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang timbul akibat adanya perubahan medan listrik dan medan magnet yang kuat. Perpaduan medan listrik dan medan magnet yang berosilasi disebut radiasi elektromagnetik, radiasi ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu radiasi elektromagnetik frekuensi sangat rendah (*extremely low frequency*) dan frekuensi yang sangat tinggi (*extremely high frequency*). Medan magnet *Extremely Low Frequency* merupakan bagian

dari spektrum gelombang elektromagnetik dengan frekuensi >300Hz dan bersifat *non-ionizing*. Karakteristik medan magnet salah satunya mampu menembus hampir semua material, sedangkan medan listrik tidak mampu menembus (Young, 2012). Medan magnet ELF telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pangan. Medan magnet dengan intensitas dibawah 500 μ T dapat mendukung proses *proliferasi* sel sedangkan intensitas diatas 500 μ T mampu berperan dalam proses kematian sel

(*apoptosis*) sehingga mampu menghambat pertumbuhan bakteri dalam bahan pangan (Sudarti, n.d.).

Cabai merupakan tanaman yang ditanam secara musiman pada awal musim hujan, merupakan komoditas hortikultura yang mudah rusak baik secara kimia, mekanik, mikrobiologi dan fisik (Aryasita et al., 2013). Selain memiliki nilai ekonomi tinggi, kandungan capsaicin dalam cabai membuat buah ini memiliki rasa pedas yang banyak digemari dan hampir selalu menjadi bagian penting dalam komponen bumbu masakan nusantara dari waktu ke waktu. Seperti jenis tanaman hortikultura yang lain, cabai mempunyai sifat mudah rusak yang terjadi akibat pengaruh fisik, kimia, mikrobiologi dan fisiologis.

Cabai dan buah lainnya, setelah dipanen dan terpisah dari tanamannya masih akan terus melakukan aktifitas metabolisme. Sedangkan pada saat panen raya, harga cabai akan menurun, para petani tidak dapat menunda waktu penjualan cabai karena kualitas cabai segar yang cepat mengalami penurunan mutu dan berakhir pada pembusukan buah. Pembusukan juga terjadi akibat aktivitas lain yaitu pertumbuhan bakteri pembusuk pada buah cabai. Mikroorganisme bakteri seperti *Erwinia carotovora* dan *Pseudomonas marginalis* (penyebab penyakit busuk lunak) pada sayuran mampu menghasilkan enzim yang mampu melunakkan jaringan dan setelah jaringan tersebut lunak baru akan dilakukan infeksi (Rizeki, 2016).

Semakin lama waktu penyimpanan, kerusakan jaringan kulit yang terjadi akibat proses respirasi dan transpirasi menyebabkan terjadi perubahan warna pada kulit buah (Mudyantini et al., 2018). Berdasarkan literatur, medan magnet ELF dapat menginduksi perubahan dalam produksi etanol oleh *Saccharomyces cere Wisiae* (Perez et al., 2007). Medan elektromagnetik ELF yang dipapar pada *S. aureus* dan *E. coli* terindikasi aktivitas pernapasan meningkat pada kedua bakteri dan sedikit penurunan pertumbuhan bakteri (Oncul et al., 2016).

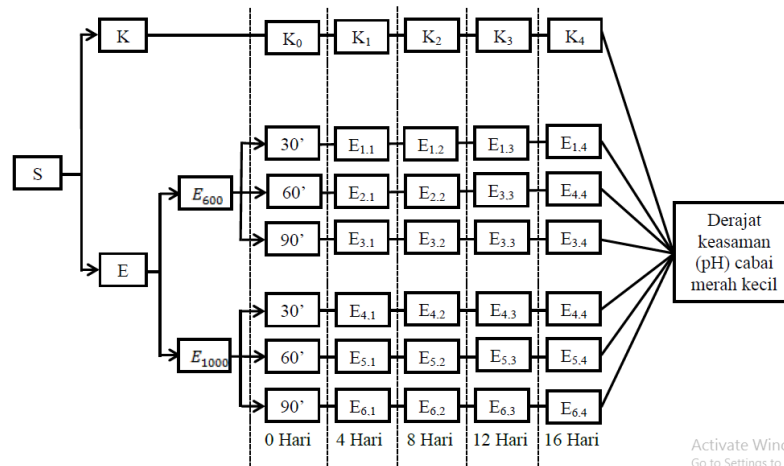
Bakteri yang terdapat pada cabai merah akan berkembang dan menyebabkan pembusukan sehingga terjadi perubahan kualitas fisik. Penggunaan medan magnet dalam proses pengawetan cabai merah bertujuan menghambat pertumbuhan mikroba. Medan magnet mampu menembus langsung suatu bahan dan berpengaruh terhadap proses metabolisme sel, sehingga akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam cabai.

Pemanfaatan medan magnet ini memberikan dampak baik dalam mempertahankan kualitas suatu bahan pangan, dimana dapat dibuktikan dengan melihat hasil penelitian sebelumnya. Medan magnet ELF memiliki efek biologis yang mengakibatkan tingkat pertumbuhan sel yang berubah (Yan et al., 2010). Berdasarkan literatur, paparan medan magnet ELF sebesar $730,56 \mu T$ selama 60 menit dapat menurunkan nilai pH ikan bandeng sebagai indikator kualitas fisik dalam pengawetan ikan bandeng (Nurhasanah et al., 2018). Medan elektromagnetik frekuensi rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *E-coli* (Cichon et al., 2020).

Medan magnet ELF dapat berperan dalam proses proliferasi sel dan apoptosis, apoptosis menanggapi paparan ELF-EMF sesuai dengan intensitas EMF dan pola paparan, usia, serta durasi (Lee et al., 2014). Bahan pangan seperti cabai dengan ketahanan rendah yang rentan mengalami penurunan mutu akibat aktivitas bakteri pantogen ini harus mendapatkan perlakuan pengawetan benar tanpa mengurangi kandungan vitamin didalamnya. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu indikator untuk mengetahui kualitas dari suatu bahan pangan. Cabai merah pada umumnya memiliki nilai pH sekitar 6-7, jika terjadi pengasaman akibat aktivitas mikroorganisme maka nilai pH akan menurun (Guntoro, 2008). Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap nilai pH cabai merah kecil (*capsicum frutescens L*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2022 di Laboratorium ELF gedung 3 program studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Jenis penelitian adalah penelitian eksperimen dengan desain penelitian rancang acak lengkap (RAL). Kelompok dalam penelitian dibagi menjadi kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol adalah kelompok yang tidak dipapar medan magnet ELF dan kelompok eksperimen merupakan kelompok yang dipapar medan magnet ELF. Pada kelompok eksperimen diberikan paparan medan magnet ELF dengan intensitas $600 \mu T$ dan $1.000 \mu T$ selama 30 menit, 60 dan 90 menit. Desain penelitian ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Desain Penelitian

Sampel dalam penelitian adalah cabai merah kecil yang berasal dari benih varietas cabai sret yang belum mendapat perlakuan apapun dan didapatkan langsung dari hasil panen petani Lumajang. Cabai dipilih dengan ukuran yang homogen sebanyak 725 buah cabai. H-1 sebelum dilakukan proses pemaparan medan magnet, cabai dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air mengalir, kemudian dilanjutkan dengan merendam cabai yang telah dicuci bersih menggunakan *kangen water* selama kurang lebih 5 menit agar cabai terbebas dari kandungan kimia yang terdapat dipermukaan kulit buah cabai. Setelah proses sterilisasi, selanjutnya mengeringkan cabai dengan diangin-anginkan kemudian dikemas sesuai dengan kelompok sampel yang akan diteliti. Pengelompokan sampel dibagi menjadi 145 kemasan, 25 kemasan untuk kelompok kontrol dan 120 kemasan untuk kelompok eksperimen. Masing-masing kemasan berisikan 5 buah cabai. Setiap sampel diamati pada hari ke-4, ke-8, ke-12 dan ke-16 setelah dipapar medan magnet. Pengukuran dilakukan dengan 3 kali pengulangan pada setiap sampel.

Alat dan bahan yang digunakan yaitu sebagai berikut: *Current Transformer* sebagai penghasil medan magnet ELF, EMF tester digunakan untuk mengukur besarnya medan magnet yang terpancar, pH meter untuk mengukur nilai pH pada cabai, aquades sebagai penetral pH meter, blender kecil sebagai penghancur cabai dan geas ukur sebagai wadah sampel cabai yang akan diukur nilai pH nya.

Tahap selanjutnya melakukan analisa data dengan metode analisis deskriptif dengan menggunakan *Microsoft Office Excel 2010* dan *IBM SPSS Statistik 23*. Pada *SPSS 23*, Uji yang digunakan adalah uji *One Way Anova* dengan uji *LSD (Least Significance Different)* bagi data yang berdistribusi normal, sedangkan data yang tidak berdistribusi normal menggunakan uji *Kruskal Wallis* sebagai pengganti dari uji *One Way Anova* (Hasan, 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pH pada sampel cabai merah kecil varietas sret menggunakan alat pH meter. Pengukuran pH awal sampel dilakukan sebelum pemaparan yaitu pada hari ke-0, kemudian dilanjutkan pada hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12 dan hari ke-16 setelah pemaparan medan magnet ELF. Pengukuran dilakukan dengan tiga kali pengulangan pada masing-masing sampel. Berikut merupakan hasil rata-rata pengukuran nilai pH cabai merah kecil ditunjukkan pada tabel 1.



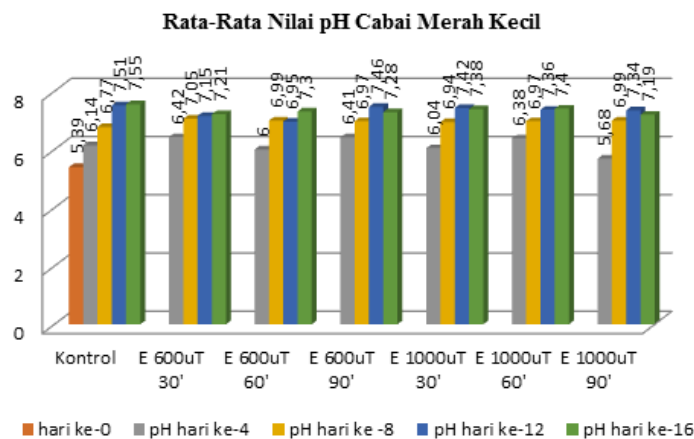
Gambar 2. Pemaparan Sampel

Tabel 1. Rata-Rata Nilai pH Cabai Merah Kecil

Kelompok	Eksperimen						
	Kontrol	E 600 μ T 30'	E 600 μ T 60'	E 600 μ T 90'	E 1000 μ T 30'	E 1000 μ T 60'	E 1000 μ T 90'
hari ke-0	5,39						
pH hari ke-4	6,14	6,42	6	6,41	6,04	6,38	5,68
pH hari ke -8	6,77	7,05	6,99	6,97	6,94	6,97	6,99
pH hari ke-12	7,51	7,15	6,95	7,46	7,42	7,36	7,34
pH hari ke-16	7,55	7,21	7,3	7,28	7,38	7,4	7,19

Berdasarkan pada tabel 1 didapatkan kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen memiliki perbedaan nilai rata-rata pH. Perbedaan nilai rata-rata pH cabai merah

kecil pada hari ke-0, hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12 dan hari ke-16 ditunjukkan melalui grafik hasil analisis melalui *Microsoft Office Excel* 2010 pada gambar 1.

**Gambar 3.** Grafik Rata-Rata Nilai pH Cabai Setiap Pengukuran

Berdasarkan grafik pada gambar 3 tersebut diketahui bahwa nilai rata-rata pH cabai merah kecil disetiap waktu pengukuran mengalami kenaikan sampai pada hari ke-16 setelah pemaparan. Pada setiap pengukuran nilai pH kelompok kontrol cenderung menunjukkan nilai pH cabai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Nilai pH cabai merah kecil pada saat hari ke-0 kondisi sebelum dipapar medan magnet ELF yaitu sebesar 5,39.

Cabai merah pada kelompok eksperimen memiliki nilai pH yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kelompok kontrol. Nilai pH rata-rata kelompok kontrol pada pengukuran hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12 yaitu 6,14, 6,77, 7,51 dan sampai pada hari ke-16 terus mengalami kenaikan hingga sebesar 7,55. Sedangkan kelompok eksperimen cenderung mempertahankan nilai pH nya, pada hari ke-4 hingga hari ke-16 menunjukkan kenaikan nilai pH dengan selisih yang cukup kecil. Pada hari ke-4 kelompok eksperimen (1000 μ T 90') memiliki nilai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok

kontrol dan kelompok eksperimen lainnya yaitu sebesar 5,68. Sedangkan pada intensitas 600 μ T nilai pH terendah yaitu pada kelompok (600 μ T 60') sebesar 6,00. Begitupula pada hari ke-8 nilai pH pada kelompok (1000 μ T 30') yaitu sebesar 6,94, lebih rendah dibandingkan dengan kelompok lainnya. Pada hari ke-12 kelompok (600 μ T 60') masih mempertahankan nilai pHnya dengan selisih 0,05 dibandingkan hari sebelumnya. Memasuki hari ke-16, pH cabai paling tinggi dimiliki oleh kelompok kontrol sedangkan pH terendah oleh kelompok eksperimen (1000 μ T 90'), peningkatan nilai pH terjadi akibat aktivitas bakteri pembusuk yang terdapat pada cabai. Kelompok eksperimen (600 μ T 30') menunjukkan kenaikan nilai pH yang cukup stabil dibandingkan kelompok lainnya, berturut-turut dari hari ke-4, hari ke-8, hari ke-12 dan ke-16 nilai pH menunjukkan angka 6,42, 7,05, 7,15 dan 7,21.

Data hasil pengukuran rata-rata nilai pH selain dianalisis dalam bentuk diagram batang dengan menggunakan *Microsoft Office Excel* 2010, juga dianalisis dengan menggunakan *IBM SPSS Statstic* 23 yang

diawali dengan melakukan uji normalitas data dengan menggunakan analisis *Kolmogrov Smirnov* dengan hasil *Asymp.Sig. (2-Tailed)* > 0.05 pada data pengukuran hari ke-4 dan hari ke-16 yang menyatakan bahwa data berdistribusi normal, kemudian hasil *Asymp.Sig. (2-Tailed)* < 0.05 didapatkan pada data pengukuran hari ke-8 dan hari ke-12 yang menyatakan bahwa data tidak berdistribusi

normal. Data yang memenuhi syarat normalitas maka dianalisis dengan statistik parametrik yaitu uji *One Way Anova* dengan metode *LSD (Least Significance Different)* dan data yang tidak berdistribusi normal dianalisis dengan statistik nonparametrik menggunakan uji *Kruskal Wallis* sebagai pengganti uji *One Way Anova*. Hasil uji dengan *SPSS 23* didapatkan output sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Uji One Way Anova pH Hari ke-4 dan Hari ke-16

		ANOVA				
		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
pH_Hari_4	Between Groups	6,715	6	1,119	9,233	,000
	Within Groups	11,878	98	,121		
	Total	18,593	104			
pH_Hari_16	Between Groups	1,402	6	,234	5,846	,000
	Within Groups	3,918	98	,040		
	Total	5,321	104			

Tabel 2 di atas menunjukkan hasil uji Anova didapatkan data pengukuran pH setelah pemaparan hari ke-4, dan hari ke-16 dengan nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($\text{sig} < 0,05$), hal ini menunjukkan bahwa H_a penelitian diterima dan H_0 ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pH cabai merah kecil kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pengukuran hari ke-4 dan hari ke-16 setelah pemaparan.

Tahap analisa data selanjutnya yaitu menggunakan analisis *LSD (Least Significance Different)*. Pada pengukuran hari ke-4 setelah pemaparan didapatkan nilai signifikansi ($\text{sig} < 0,05$) ditunjukkan pada kelompok ($600\mu\text{T } 30'$), ($600\mu\text{T } 90'$), dan ($1000\mu\text{T } 90'$). Kemudian pada hari ke-16 setelah pemaparan didapatkan nilai signifikansi ($\text{sig} < 0,05$) pada semua kelompok. Apabila signifikansi menunjukkan kurang dari 0,05 ($\text{sig} < 0,05$) maka H_0 ditolak dan H_a diterima, sehingga didapatkan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara pH kelompok kontrol dengan pH kelompok eksperimen. Analisis nonparametrik pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel hasil uji *Kruskal Wallis* sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Uji *Kruskal Wallis* pH Hari ke-8 dan Hari ke-12

	Test Statistics ^{a,b}	
	pH_Hari_8	pH_Hari_12
Chi-Square	35,110	24,573
Df	6	6
Asymp. Sig.	,000	,000

Berdasarkan output uji *Kruskal Wallis* pada hari ke-8 dan hari ke-12 setelah pemaparan menunjukkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* < 0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima. Sehingga

didapatkan bahwa terdapat perbedaan nilai pH antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen pada hari ke-8 dan hari ke-12 setelah pemaparan.

Cabai yang semakin lama disimpan maka akan semakin banyak bakteri yang berkembang. Buah dan sayur yang telah mengalami penurunan mutu (kerusakan) akan menimbulkan lubang-lubang kecil dan mengalami perubahan tekstur menjadi lembek (Purnawijayanti, 2001). Proses terjadinya kerusakan mikrobiologis pada bahan pangan dapat terjadi melalui berbagai jalur seperti udara, debu, dan interaksi benda lain yang menyentuh bagian bahan pangan dan telah terkontaminasi oleh mikroba. Kondisi bahan pangan tertentu juga dapat menjadi tempat berkembangnya mikroorganisme secara baik, misalnya nilai derajat keasaman (pH) dan kandungan air (Aw) dalam bahan pangan. Cabai dalam keadaan segar umumnya memiliki nilai pH sekitar 6-7, jika terjadi pengasaman akibat aktivitas mikroba maka nilai pH akan menurun. Aktivitas bakteri dan proses autolisis yang terjadi dapat menyebabkan perubahan pada nilai pH akibat dari pertumbuhan bakteri kemudian keasaman berbeda karena pertumbuhan bakteri yang berbeda-beda (Eskin, 1990).

Medan magnet bersifat mampu menembus suatu materi biologis seperti tubuh manusia, binatang dan bakteri. Pemberian paparan medan magnet ELF pada cabai merah kecil dapat berperan dalam proses pertumbuhan mikroorganisme pembentuk asam. Pada benda hidup, sel didalamnya akan terus berkembang dan ion-ion didalamnya terus bergerak dan melakukan metabolisme. Ion yang terdapat dalam sel dan mudah terpengaruh medan magnet adalah kalsium,

karena bersifat paramagnetik (Sutrisno, 1979). Ion jika terkena medan magnet akan terjadi pengkutuban sehingga proses biokimia dan biofisika didalam sel akan terganggu. Intensitas diatas 500 μ T didapatkan mampu berperan dalam menghambat proses perkembangbiakan mikroorganisme akibat kerusakan struktur protein dalam sel. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian lain yang menyatakan bahwa interaksi antara medan magnet dan sel dapat menghambat aktivitas metabolisme bakteri pembentuk asam (Kimestri, 2015). Adanya paparan medan magnet ELF yang dipaparkan pada cabai dapat menghambat perkembangbiakan mikroorganisme pembusuk karena mempengaruhi peningkatan kalsium intraseluler akan overdosis dan menyebabkan sel lemah sehingga makhluk hidup seperti bakteri dan jamur yang terdapat dalam cabai terhambat pertumbuhannya akibat terjadinya kematian sel (*apoptosis*).

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa nilai pH untuk kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen mengalami kenaikan disetiap waktu pengukuran. Osilasi medan magnet terhadap mikroorganisme mampu memberikan dampak terhadap perubahan nilai derajat keasaman suatu bahan (Sudarti, 2016). Hal ini terjadi karena adanya penghambatan bakteri pembentuk asam pada bahan pangan tertentu. Kenaikan nilai pH pada kelompok eksperimen memiliki selisih cukup kecil jika dibandingkan dengan kelompok kontrol yang mengalami kenaikan dengan rentang cukup besar pada setiap waktu pengukuran. Sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF berpengaruh terhadap nilai derajat keasaman (pH) cabai merah kecil.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian didapatkan kesimpulan bahwa paparan medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) berpengaruh terhadap nilai pH cabai merah kecil sebagai salah satu indikator ketahanan kualitas fisik. Intensitas paparan medan magnet ELF 600 μ T selama 30 menit berpotensi dalam mempertahankan nilai pH cabai merah kecil. Cabai merah kecil yang dipapar medan magnet *Extremely Low Frequency* dapat memperlambat pertumbuhan bakteri pembentuk asam sehingga cabai tidak mudah membusuk.

Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh paparan medan magnet ELF

terhadap indikator kualitas fisik dengan berbagai variasi intensitas medan magnet, lama paparan, dan jenis cabai lainnya agar dapat menambah referensi terkait pemanfaatan medan magnet dalam bidang pangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim yang telah bersedia membantu dan berkontribusi dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Aryasita, P. R. dan, & Mukarromah, A. (2013). Analisis Fungsi Transfer pada Harga Cabai Merah yang Dipengaruhi oleh Curah Hujan Di Surabaya. *Jurnal Sains Dan Seni POMITS*, 2(2), 249–254.
- Cichon, N., Synowiec, E., Miller, E., Sliwinski, T., Ceremuga, M., Saluk-Bijak, J., & Bijak, M. (2020). Effect of rehabilitation with extremely low frequency electromagnetic field on molecular mechanism of apoptosis in post-stroke patients. *Brain Sciences*, 10(5). doi: 10.3390/brainsci10050266
- Eskin, N. A. (1990). *Biochemistry of Food Second Edition*. San Diego: Academic Press, Inc.
- Guntoro, S. (2008). *Mengenal Syarat Tumbuh Cabai*. Retrieved from <http://agromedia.net/20080410182/info/Mengenal-Syarat-TumbuhCabai.html>.
- Hasan, I. (2004). *Analisis Data Penelitian dengan Statistik*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kimestri, A. B. (2015). *Pengawetan Bahan Pangan dengan Teknik Nontermal*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Lee, S. K., Park, S., Gimm, Y. M., & Kim, Y. W. (2014). Extremely low frequency magnetic fields induce spermatogenic germ cell apoptosis: Possible mechanism. *BioMed Research International*, 2014. doi: 10.1155/2014/567183
- Mudyantini, W., Santosa, S., Dewi, K., & Bintoro, N. (2018). Pengaruh Pelapisan Kitosan dan Suhu Penyimpanan terhadap Karakter Fisik Buah Sawo (Manilkara achras (Mill.) Fosberg) Selama Pematangan. *Agritech*, 37(3). doi: 10.22146/agritech.17177
- 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.
- Oncul, S., Cuce, E. M., Aksu, B., & Inhan Garip, A. (2016). Effect of extremely low frequency electromagnetic fields on

- bacterial membrane. *International Journal of Radiation Biology*, 92(1), 42–49. doi: 10.3109/09553002.2015.1101500
- Perez, V. H., Reyes, A. F., Justo, O. R., Alvarez, D. C., & Alegre, R. M. (2007). Bioreactor coupled with electromagnetic field generator: Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology Progress*, 23(5), 1091–1094. doi: 10.1021/bp070078k
- Purnawijayanti, H. . (2001). *Sanitasi, Higiene dan Keselamatan Kerja dalam Pengolahan Makanan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Rizeki, E. (2016). Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Gulma Siam (*Chromolaena odorata* L.) dan Lama Perendaman Terhadap Pengawetan Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 1(1), 29–46.
- Sudarti. (n.d.). Analisis Faktor Penyebab Timbulnya Keluhan Kesehatan Masyarakat Di Sekitar SUTET-500 KV. *Seminar Nasional MIPA Dan PMIPA*.
- 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. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.140
- Sutrisno, G. (1979). *Fisika Dasar: Listrik Magnet dan Termodinamika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Yan, J., Dong, L., Zhang, B., & Qi, N. (2010). Effects of extremely low-frequency magnetic field on growth and differentiation of human mesenchymal stem cells. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 29(4), 165–176. doi: 10.3109/01676830.2010.505490
- Young, H. D. (2012). *College Physics 9 th Edition*. San Fransisco: Pearson Education, Inc.