

# PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) 200 $\mu$ T DAN 300 $\mu$ T TERHADAP PH DALAM PROSES FERMENTASI TEMPE

Maylinda Nur Azizah<sup>1)</sup>, Sudarti<sup>1)</sup>, Singgih Bektiarso<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jember, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding author : Maylinda Nur Azizah

E-mail : maylinda403@gmail.com

Diterima 21 Maret 2022, Direvisi 06 April 2022, Disetujui 06 April 2022

## ABSTRAK

Penelitian yang telah dilakukan ini memiliki tujuan untuk mengkaji pengaruh dari paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH pada proses fermentasi tempe. Jenis dalam penelitian ini yaitu merupakan jenis penelitian eksperimen laboratorium yang memiliki desain penelitian randomized subject post test only control group design. Pada penelitian ini memiliki 7 perlakuan yang terbagi menjadi kelompok kontrol dan juga kelompok eksperimen yang telah dipapar oleh medan magnet ELF menggunakan intensitas 200 dan 300  $\mu$ T dengan lama paparan yaitu 30', 60', dan 90'. Pada saat pengambilan data dilakukan saat jam ke-12, jam ke-24, jam ke-36, dan jam ke-48 setelah proses fermentasi. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa paparan dari medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) berpengaruh terhadap pH pada proses fermentasi tempe yang digambarkan dengan bervariasinya grafik pada hasil penelitian. Pengukuran tempe menggunakan paparan dari medan magnet ELF dengan intensitas 200  $\mu$ T selama 90 menit memiliki hasil jika berpengaruh terhadap pH tempe.

**Kata kunci:** medan magnet ELF; fermentasi; pH, tempe.

## ABSTRACT

The aim of this research was to examine the effect of exposure to *Extremely Low Frequency* (ELF) magnetic fields on pH in the tempeh fermentation process. The type in this research is a type of laboratory experimental research that has a randomized subject post test only control group design research design. In this study, there were 7 treatments which were divided into a control group and also an experimental group that had been exposed to an ELF magnetic field using an intensity of 200 and 300 T with an exposure duration of 30', 60', and 90'. At the time of data collection was carried out at the 12th hour, 24th hour, 36th hour, and 48th hour after the fermentation process. The results of the study showed that exposure to the *Extremely Low Frequency* (ELF) magnetic field had an effect on the pH of the tempeh fermentation process which was illustrated by the various graphs in the results of the study. Tempe measurement using exposure to an ELF magnetic field with an intensity of 200 T for 90 minutes has results if it affects the pH of tempe.

**Keywords:** ELF magnetic field; fermentation; pH, tempe.

## PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik ialah gelombang dimana asalnya terbagi menjadi medan magnet serta medan listrik namun tak membutuhkan suatu medium sebagai perantara pada proses perambatannya. Dimana terdapat medan listrik yang tegak lurus menggunakan medan magnet serta medan listrik, oleh karena itu medan magnet selalu tegak lurus dengan jalur rambatnya (Arens et al., 2014). Saat terdapat peredaran pada arus listrik, maka disemua peralatan yang berhubungan dengan elektronika bisa menyebabkan medan magnet. Hal demikian sesuai dengan penelitian yang dikemukakan oleh Oersted pada tahun

1819, menggambarkan jika suatu medan magnet itu dapat terjadi sebab ada aliran arus listrik (Alonso & Finn, 1994). Sebagai akibatnya manfaat dari peralatan yang menggunakan listrik begitu penting pada kenaikan dari medan listrik terhadap lingkungannya serta kenaikan suatu intensitas terhadap paparan dari medan magnet.

Berdasarkan Grotel (dalam Sudarti, 2010) menyatakan bahwa gelombang elektromagnetik ELF yang artinya salah satu asal spektrum dalam gelombang elektromagnetik yang berada di frekuensi yang sangat rendah menggunakan frekuensi yang kurang dari nilai 300 Hz serta merupakan sub-

kelas asal gelombang elektromagnetik EMF. WHO (dalam ervina, 2005) yang mengungkapkan bahwa di frekuensi dari 0 – 300 Hz panjang asal gelombang yang tidak merambat melalui media (udara) ialah sangat panjang dalam rentan (6000 km pada 50 Hz serta pula 5000 km di 60 Hz) dan pada perambatannya medan listrik serta juga medan magnet bertindak dengan cara tidak terikat (independen) antara satu dan lainnya, sebagai akibatnya dapat diujur pula menggunakan cara terpisah.

Karakteristik dari gelombang elektromagnetik elektromagnetik ELF yang pertama ialah gelombang ELF masuk dalam kategori radiasi non pengion. Kedua yaitu gelombang elektromagnetik ELF termasuk kedalam spektrum gelombang elektromagnetik, ketiga yaitu frekuensi dari gelombang elektromagnetik ELF mulai dari 0-300 Hz. Keempat adalah medan elektromagnetik memiliki ciri tidak dapat dihalangi oleh material biasa, kelima yaitu medan magnet ELF memiliki suatu sumber paparan yang mudah untuk didapat yakni perangkat arus lemah yang biasa diaplikasikan dalam kegiatan umum. Terakhir, medan magnet ELF dan juga medan listrik bertindak sebagai independen satu dengan lainnya, sehingga bisa diukur melalui cara terpisah.

Medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) memiliki suatu frekuensi mulai dari 0 sampai dengan 300 Hz sebagai akibatnya mudah untuk dikenali pada lingkungan yang dimana peredaran arus listriknya memiliki frekuensi yang dijelaskan tadi (Baafai, 2004). Selain hal tersebut, medan magnet ELF memiliki sifat yang tak dapat terhalangi. Medan magnet ELF dapat menembus keseluruhan bahan dimana memberikan dampak tidak berlakunya suatu proses dari ionisasi, sebagai akibatnya medan magnet ELF ini masuk kedalam jenis radiasi yang bukan pengion. Medan magnet memiliki energi yang sangat kecil membentuk pengaruh non termal terhadap sasaran biologis, adalah tak mengakibatkan suatu perubahan pada suhu saat melakukan interaksi atau pula melakukan induksi suatu sistem (Setiyanto et al., 2017). Karakter seperti itu yang dapat pula memberi peluang medan magnet mempunyai manfaat yang begitu besar.

Penelitian menggunakan sinar radiasi dari gelombang elektromagnetik ELF pada macam-macam bidang lainnya hendak di lakukan, contohnya pada bidang pangan. Dari penelitian yang terkait menggunakan hal ini antara lain Ridawati (2017) yang mengemukakan, dimana suatu paparan dari medan magnet ELF menggunakan intensitas

300  $\mu$ T serta memiliki variasi waktu paparan 5 menit dapat menimbulkan dampak kepada nilai pH serta DHL pada susu yang terfermentasi. Paparan dari medan magnet ELF menggunakan intensitas 300  $\mu$ T serta 500  $\mu$ T dapat berpengaruh kepada jumlah dari perubahan mikroba serta pH dari proses terjadinya fermentasi pada tape ketan (Sadidah et al., 2015). Selain itu, hasil paparan medan magnet ELF pada intensitas 300  $\mu$ T serta 500  $\mu$ T selang waktu variasi paparan 30 menit bisa mempertahankan nilai pH dari buah tomat (Ma'rufiyanti et al., 2014).

Sesuai hasil dari penelitian-penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan jika penerapan dari medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terlebih terhadap bidang seperti pangan yang dapat berguna saat mempertahankan suatu nilai pH dimana terdapat dalam pangan, sebab adanya paparan dari medan magnet ELF bisa menahan pertumbuhan suatu mikroorganisme. Hasil dari suatu penelitian yang telah dilakukan, bisa dijadikan sebagai acuan di penelitian yang akan mendatang. Pada penelitian selanjutnya peneliti menggunakan suatu bahan yang tidak sama, yakni memakai tempe. Tempe ialah salah satu produk terfermentasi yang biasanya bahan baku utamanya yaitu kedelai yang telah terfermentasi serta memiliki kandungan gizi sangat baik. Fermentasi yang ada dalam pembuatan dari tempe dapat terjadi sebab adanya aktivitas dari kapang berjenis *Rhizopus oligosporus*.

Kapang berjenis *Rhizopus Oligosporus* mampu menghasilkan enzim fitase yang berfungsi dalam menghidrolisis suatu asam fitat untuk diubah menjadi inositol serta fosfat. Jenis dari kapang yang terlibat pada fermentasi tempe tersebut tidak menghasilkan suatu toksin, bahkan bisa melindungi tempe dari adanya aflatoksin. Tempe yang didalamnya mengandung senyawa antibakteri yang telah diproduksi oleh kapang tempe tersebut selama dalam proses fermentasi (Susianto dan Rita, 2013). Nilai dari derajat keasaman (pH) ialah salah satu dari indikator yang dipergunakan dalam menentukan indikator sifat fisik tempe. Derajat keasaman adalah nilai yang memberikan suatu keasaman serta kebasaaan terhadap suatu material. Jamur *Rhizopus oligosporus* bisa menghasilkan asam laktat pada tempe (Purwoko dan Pamudyanti, 2004).

Menurut Sorenson dan Hesseltine (1986), *Rhizopus oligosporus* tumbuh baik di kisaran pH 6,0 – 7,0. Pada penelitian tersebut semakin lama rentan waktu dalam fermentasi, maka pH tempe juga semakin menurun hingga pH 6,0 sehingga jamur yang ada pada tempe semakin menurun sebab pH rendah kurang

begitu sesuai untuk laju pertumbuhan dari jamur. Laju kegiatan enzim ditentukan dari pH dan temperatur. Setiap jenis enzim memiliki pH optimum untuk aktivitasnya. Temperatur penyimpanan ialah faktor yang harus dijaga. Temperatur mensugesti saat regenerasi bakteri dan fase pertumbuhan. Temperatur yang rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri serta reaksi-reaksi biokimia sedangkan temperatur yang tinggi akan mempercepat aktivitas tersebut. Oleh sebab itu, untuk mengkaji lebih lanjut maka dilaksanakan penelitian pengaruh dari paparan medan magnet ELF dengan intensitas 200 dan 300  $\mu\text{T}$  dan lama paparan yaitu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit dalam proses fermentasi tempe.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen laboratorium dengan cara membandingkan antara dua kelompok yakni kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen. Desain yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu randomized subjects post test only control group design agar dapat mengetahui pengaruh dari paparan medan magnet ELF. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu tempe yang diperoleh dari pembuat tempe di daerah Jember, dan juga aquades. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sumber medan magnet (ELF) *Extremely Low Frequency* yang berupa CT atau (*Current Transformer*) menjadi penghasil dari medan magnet (ELF) *Extremely Low Frequency*, ada pula EMF tester dengan tipe Lutron EMF-827 guna untuk mengukur akbar dari adanya medan magnet, pH meter yang dipergunakan menjadi alat pengukur suatu nilai pH, neraca yang fungsinya untuk menimbang tempe terhadap masing-masing kelompok, dan beaker gelas yang berfungsi sebagai wadah larutan untuk digunakan kalibrasi.



**Gambar 1.** *Current Transformer* (Sumber : Dokumen Pribadi)

Prosedur yang telah dilaksanakan dalam

penelitian ini pertama-tama yakni menyiapkan 145 tempe yang telah diragi, lalu membagi tempe tersebut menjadi dua kelompok ialah kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok kontrol yang berjumlah 25 buah tempe, sedangkan kelompok eksperimen yang berjumlah 120 buah tempe. Untuk kelompok eksperimen terbagi menjadi 2 yakni kelompok I dipaparan medan magnet ELF 200  $\mu\text{T}$ , dan kelompok II dipaparan medan magnet ELF 300  $\mu\text{T}$ , terhadap masing-masing dari kelompok berisi 60 buah tempe. Lalu memberikan suatu perlakuan dengan memapari tempe tersebut dengan medan magnet ELF untuk kelompok eksperimen selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Pengukuran pH dilakukan pada jam ke-0 (sebelum dipapar medan magnet ELF), jam ke-12, jam ke-24, jam ke-36, jam ke-48 setelah dipapar medan magnet ELF. Pada tahapan selanjutnya melakukan analisa data, teknik yang dipergunakan didalam suatu analisa data penelitian ini yaitu dengan menggunakan Microsoft Excel yang digunakan untuk membuat suatu grafik ada tidaknya pengaruh antara kelompok kontrol dan eksperimen.



**Gambar 2.** Proses Pemaparan Tempe Menggunakan Medan Magnet ELF (Sumber : Dokumen Pribadi)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan ini memiliki tujuan untuk mengkaji pengaruh paparan dari medan magnet ELF 200  $\mu\text{T}$  dan 300  $\mu\text{T}$  dengan variasi lama waktu dalam pemaparan yakni 30 menit, 60 menit, dan juga 90 menit terhadap pH pada proses fermentasi tempe. Penelitian ini telah dilaksanakan di ruang Laboratorium ELF Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember. Pengukuran dari derajat keasaman tempe pada jam ke-0 (atau sebelum pemaparan medan magnet ELF) dan juga sesudah pemaparan medan magnet ELF pada jam ke-12, jam ke-24, jam ke-36, jam ke-48. Pengukuran dalam suatu derajat keasaman pH tempe pada kedua kelompok yakni kelompok kontrol serta kelompok eksperimen dapat

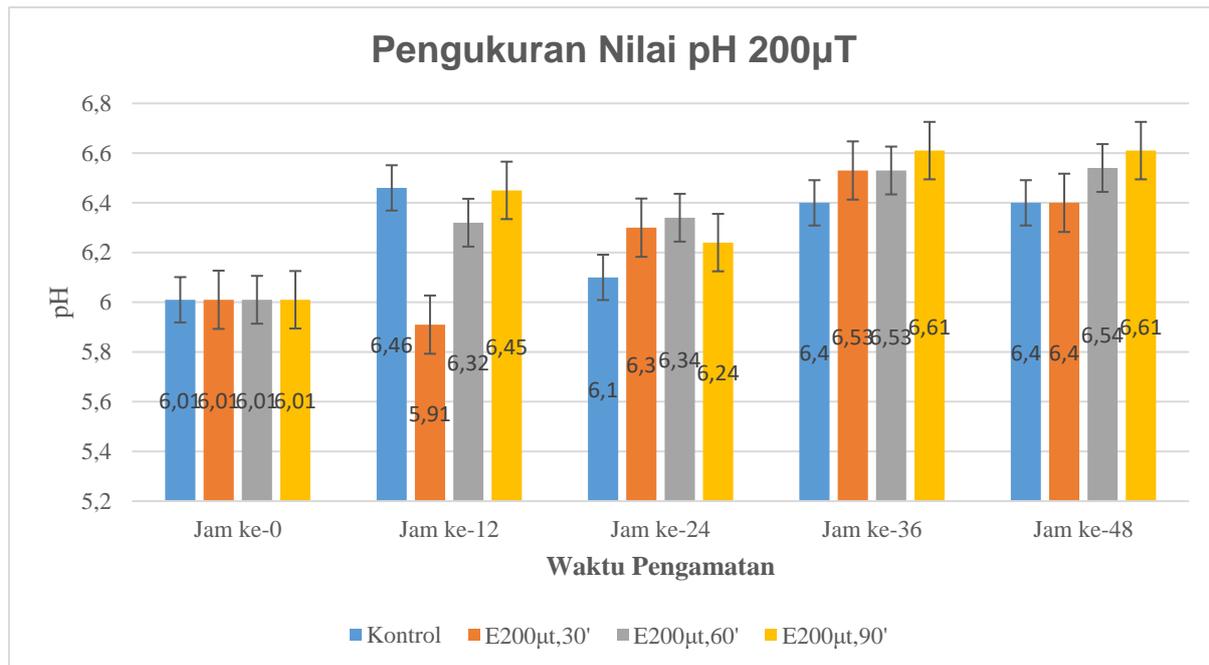
diperoleh dari hasil yang cukup berbeda diantara kedua kelompok tersebut yang disebabkan adanya perbedaan dalam perlakuan pemaparan dari medan magnet ELF. Data rata-rata pengukuran nilai pH tempe dapat diamati pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1.** Data rata-rata nilai pH tempe 200  $\mu$ T

Nilai pH Jam ke-	Kelompok			
	Kontrol	E200 $\mu$ t, 30'	E200 $\mu$ t, ,60'	E200 $\mu$ t, 90'
ke-0	6,01	6,01	6,01	6,01

ke-12	6,46	5,91	6,32	6,45
ke-24	6,1	6,3	6,34	6,24
ke-36	6,4	6,53	6,53	6,61
ke-48	6,4	6,4	6,54	6,61

Berdasarkan data tabel 1, diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai pH tempe pada kelompok kontrol dan juga kelompok eksperimen 200  $\mu$ T. Perbedaan dalam nilai pH tersebut telah digambarkan dengan diagram batang yang terdapat dalam gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 3.** Diagram nilai rata-rata pH tempe 200  $\mu$ T

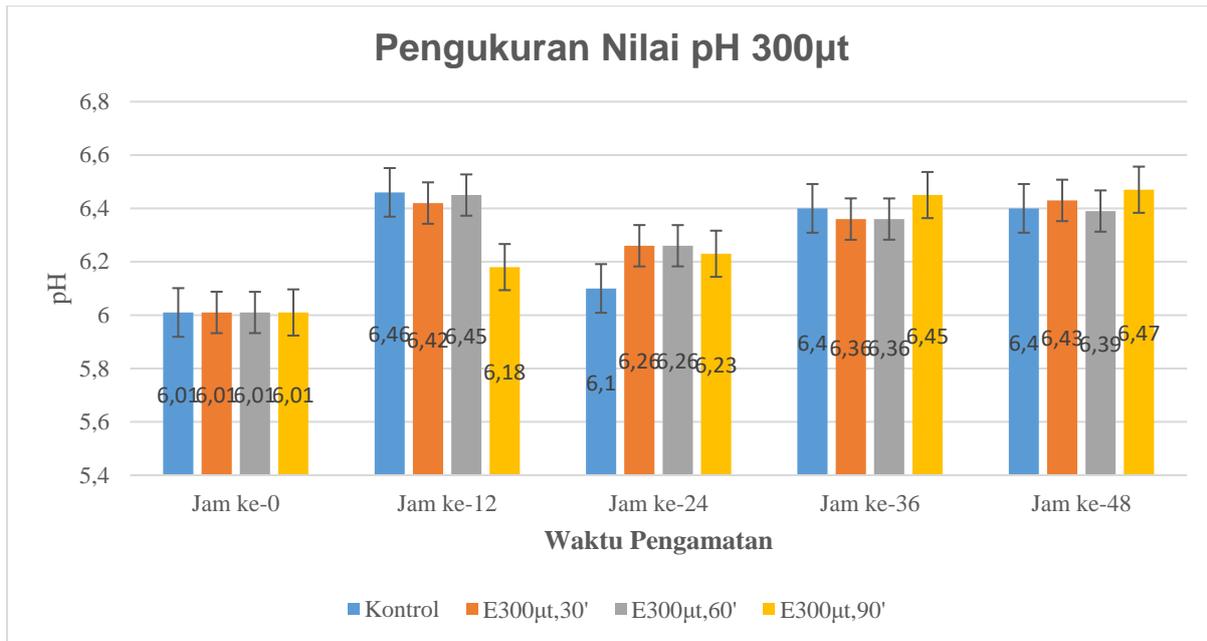
Berdasarkan gambar 3, dapat diperoleh data pada pemaparan medan magnet ELF dengan intensitas 200  $\mu$ T dengan selang waktu paparan 30menit, 60 menit, 90 menit didapatkan pada jam ke-12 setelah pemaparan, memiliki nilai pH pada kelompok kontrol 6,46 sedangkan kelompok eksperimen yaitu sebesar 5,91, 6,32, dan 6,45. Pada pengamatan jam ke-24, nilai pH kelompok kontrol sebesar 6,1 sedangkan kelompok eksperimen sebesar 6,3, 6,34, dan 6,24. Pada pengamatan jam ke-36, nilai pH dari kelompok kontrol sebesar 6,4 sedangkan untuk kelompok eksperimen yaitu 6,53, 6,53, 6,61. Pengamatan jam ke-48 didapatkan nilai pH dari kelompok kontrol sebesar 6,46 dan untuk kelompok eksperimen sebesar 6,4, 6,54, 6,61. Terdapat perbedaan dari nilai pH antara kelompok kontrol serta kelompok eksperimen di setiap

pengambilan data yang telah dilakukan.

**Tabel 2.** Data rata-rata nilai pH tempe 300  $\mu$ T

Nilai pH Jam ke-	Kelompok			
	Kontrol	E300 $\mu$ t, 30'	E300 $\mu$ t, 60'	E300 $\mu$ t, 90'
ke-0	6,01	6,01	6,01	6,01
ke-12	6,46	6,42	6,45	6,18
ke-24	6,1	6,26	6,26	6,23
ke-36	6,4	6,36	6,36	6,45
ke-48	6,4	6,43	6,39	6,47

Berdasarkan tabel 2 dapat kita ketahui bahwa terdapat perbedaan nilai pH tempe kelompok kontrol serta kelompok eksperimen 300  $\mu$ T. Perbedaan dari nilai pH ini dapat digambarkan dengan diagram batang seperti pada gambar 2 dibawah ini.



**Gambar 4.** Diagram nilai rata-rata pH tempe 300 µT

Berdasarkan gambar 4 didapatkan data pada pemaparan medan magnet ELF dengan intensitas 300 µT dengan selang waktu paparan 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Pada pengamatan jam ke-12 setelah dilakukan pemaparan maka diperoleh nilai pH dari kelompok kontrol sebesar 6,46, sedangkan pada kelompok eksperimen yaitu sebesar 6,42, 6,45, 6,18. Saat pengamatan pada jam ke-24 setelah melakukan pemaparan, didapatkan pH pada kelompok kontrol sebesar 6,1 sedangkan kelompok eksperimen yaitu 6,26, 6,26, 6,23. Pada saat pengamatan jam ke-36 diperoleh nilai pH pada kelompok kontrol sebesar 6,4 sedangkan pada kelompok eksperimen diperoleh nilai pH sebesar 6,36, 6,36, 6,35. Pengamatan pada saat jam ke-48 didapatkan nilai pH pada kelompok kontrol sebesar 6,4 sedangkan untuk kelompok eksperimen sebesar 6,43, 6,49, 6,37. Terdapat perbedaan data setiap pengukuran dari kelompok kontrol serta kelompok eksperimen.

Berdasarkan dari gambar 3 dan 4, pH tempe pada kelompok kontrol dan juga kelompok eksperimen memiliki bentuk grafik yang begitu bervariasi. Nilai dari pH yang memiliki rata-rata di atas kelompok kontrol yakni kelompok eksperimen dengan variasi dari paparan medan magnet ELF intensitas 200 µT dalam selang waktu paparan 90 menit. Suatu peningkatan nilai pH dari kelompok eksperimen pada intensitas tersebut dikarenakan nilai pH berada di atas rata-rata dari kelompok kontrol pada jam ke-12 sebesar 6,45, jam ke-24 sebesar 6,24, jam ke-36 sebesar 6,61, dan jam ke-48 sebesar 6,61. Peningkatan pH pada tempe terjadi dikarenakan adanya paparan dari

medan magnet ELF yang dapat mengubah suatu pergerakan dari ion terhadap ekstraseluler yang sedang melintasi suatu membran sel, oleh karena itu paparan dari medan magnet ELF mampu meningkatkan percepatan dari pergerakan suatu ion tersebut. Suatu benda yang terpapar medan magnet akan membentuk kekuatan di ion agar beranjak serta secara aktif maupun terikat di saluran protein serta mempengaruhi suatu kondisi pembukaan dari gerbang saluran di dalam membran sel (Ridawati, 2017).

Ion yang terdapat didalam sel yang terpengaruh dari adanya medan magnet terhadap pertumbuhan sel yakni ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>). Golongan dari ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>) yakni bahan yang memiliki sifat paramagnetik, oleh sebab itu ion kalsium bisa terpengaruh dengan adanya medan magnet. Dampak yang diakibatkan oleh medan magnet terhadap suatu bahan tersebut yakni spin elektron yang ada di suatu bahan dimana mulanya secara acak lalu menjadi terarah dikarenakan adanya medan magnet. Kecepatan suatu arah pergerakan dari adanya ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>) ekstraseluler yang awal mulanya melewati membran sel bisa berubah sebab adanya suatu arus induksi yang disebabkan oleh adanya perubahan dari medan magnet. Sebagai akibatnya, bila pemenuhan atas kebutuhan ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>) selalu terjaga sesuai dengan jumlah kebutuhan dalam sel, disitulah akan meningkatkan kecepatan pertumbuhan dari suatu sel serta bakteri yang akan menjadi semakin berkembang. Namun, bila ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>) yang telah masuk dalam sel kurang atau bahkan lebih berasal jumlah yang diperlukan

oleh suatu sel, maka akan mengakibatkan pertumbuhan sel menjadi terhambat bahkan dapat pula terjadi kerusakan di dalam sel tersebut.

Hasil perolehan data yang telah peneliti dapat menunjukkan bahwa jika paparan medan magnet ELF tersebut berpengaruh terhadap nilai dari pH tempe. Hal tersebut ditunjukkan dengan pengukuran nilai pH dengan intensitas 200  $\mu\text{T}$  dalam selang waktu paparan 90 menit nilai pH yang didapat kelompok eksperimen sebesar 6,01 pada jam ke-0, 6,45 pada jam ke-12, 6,24 pada jam ke-24, 6,61 pada jam ke-36, dan 6,61 pada jam ke 48. Sedangkan pada kelompok control didapatkan pH sebesar 6,01 pada jam ke-0, 6,46 pada jam ke-12, 6,1 pada jam ke-24, 6,4 pada jam ke36, dan 6,4 pada jam ke 48. Sehingga didapatkan bahwa nilai pH pada kelompok eksperimen 200  $\mu\text{T}$  dalam selang waktu paparan 90 menit lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok control, sehingga memiliki perbedaan antara nilai pH kelompok eksperimen dengan kelompok control. Pada intensitas 200  $\mu\text{T}$  dengan lama paparan 90 menit tersebut menunjukkan jika suatu medan magnet mampu mempengaruhi pertumbuhan sel sehingga kerja dari suatu mikroba dalam proses fermentasi ini menjadi lebih optimal. Paparan medan magnet ELF dengan intensitas 200  $\mu\text{T}$  tersebut berpengaruh terhadap nilai pH dan memberikan hasil yang baik terhadap fermentasi tempe.

### SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang didapatkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa paparan dari medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dapat berpengaruh terhadap nilai pH tempe dalam proses fermentasi dengan ditunjukkan oleh grafik yang bervariasi. Berdasarkan dari pembahasan yang telah dijelaskan, maka peneliti menyarankan melakukan penelitian dengan paparan medan magnet ELF lebih lanjut menggunakan intensitas yang berbeda mengenai fermentasi pada tempe.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada Dr. Sudarti, M.Kes dan Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd atas bimbingan dan saran serta masukan kepada peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir yang ditempuh.

### DAFTAR RUJUKAN

Arens, A. A., Elder, R. J., & Beasley, M. S. (2014). *Auditing and Assurance Services: An Integrated Approach*. In *Book1*.

- 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.
- Ervina, V. (2005). *Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Jumlah Bakteri Acetobacter Xylinum dan pH Pada Proses Pembuatan Starter Nata De Coco*. Skripsi. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Ma'rufiyanti, P., Sudarti, & Gani, A. A. (2014). PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF ( Extremely Low Frequency ) 300 $\mu\text{T}$  DAN 500 $\mu\text{T}$  TERHADAP PERUBAHAN KADAR VITAMIN C DAN DERAJAT KEASAMAN ( pH ) PADA BUAH TOMAT Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Dosen Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember Program. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(3), 278–284.
- Ridawati, S. (2017). *Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap pH dan Daya Hantar Listrik Minuman Susu Fermentasi Sebagai Indikator Kadaluarasa*. Skripsi. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Sadidah, K. R., Sudarti, & A. A. Gani. (2015). *Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) 300 $\mu\text{T}$  dan 500  $\mu\text{T}$  terhadap Perubahan Jumlah Mikroba dan pH pada proses Fermentasi Tape Ketan*. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 4(1): 1-8.
- Sorenson, W. G. and Hesseltine, C.W. (1986). *Carbon and Nitrogen Utilization by Rhizopus Oligosporus*. *Mycologia* 58, 681-689.
- Sudarti. (2010). *Mekanisme Peningkatan Kalsium Sel Germinal pada Mencit Balb/C yang Dipapar Medan Magnet ELF 100-500  $\mu\text{T}$* . Jember: Universitas Jember.
- Sutrisno dan Gie, T.I. (1979). *Fisika Dasar 1: Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung: ITB.
- Setiyanto, R. A., Sudarti, & Harijanto, A. (2017). *Analisis intensitas medan magnet extremely low frequency di sekitar jaringan distribusi PLN 20 kV*. *JURNAL Teori Dan Aplikasi Fisika*,

2(September), 1–8.  
<https://jurnal.unej.ac.id/index.php/fkip-epro/article/view/6361>