



PENGARUH MEDAN MAGNET ELEKTROMAGNETIK ELF DENGAN INTENSITAS PAPANAN 300 μ T TERHADAP KEMATANGAN TEMPE MENTAH

¹AZMI SAFNA WAHDANI, ²BERLIAN CANTIKA ANUGRAH, ³DINNA PERTAMA P, ⁴FINGGI DWI PAMUNINGTYAS, ⁵NANDA DENI AL KHOLID, ⁶SITRA ROSIANA

Pendidikan Biologi, Universitas Jember

e-mail: ¹azmisafna05@gmail.com, ³dinnaaaptr@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan dari berbagai alat teknologi ini juga termasuk dari sumber yang memaparkan medan magnet. Radiasi pada gelombang elektromagnetik ini memiliki spektrum yang sangat luas yang diawali oleh elektromagnetik dengan frekuensi yang sangat ekstrim rendah (*Extremely Low Frequency*) hingga mencapai pada elektromagnetik dengan frekuensi yang sangat besar atau tinggi seperti pada sinar gamma. Melalui kegiatan praktikum tentang radiasi magnet *Extremely Low Frequency* ini Peneliti dapat membuktikan pengaruh medan magnet ELF terhadap proses kematangan bahan pangan pada tempe pada awal peragian. Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimental dengan desain eksperimen laboratorium. Peneliti mengontrol variabel bebas (paparan medan magnet ELF) dan mengamati efeknya terhadap variabel terikat (perubahan fisik, pH, dan berat tempe). Hasil penelitian dari kekuatan paparan medan magnet ELF adalah 300 μ T untuk waktu pemaparan 25 menit dan setelah pemaparan 48 jam, memperlihatkan bahwa pengaruh paparan medan magnet elektromagnetik ELF terhadap ketahanan tempe ini berpengaruh terhadap beberapa aspek fisik tempe, termasuk warna, aroma, dan pH. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh medan magnet elektromagnetik ELF terhadap ketahanan tempe.

Kata Kunci: Medan Magnet, *Extremely Low Frequency* (ELF), Tempe Mentah.

ABSTRACT

The development of various technological tools also includes sources that expose magnetic fields. Radiation in electromagnetic waves has a very broad spectrum that begins with electromagnetics with very extreme low frequencies to electromagnetics with very large or high frequencies such as gamma rays. In this practicum activity on *Extremely Low Frequency* magnetic radiation, we can prove the effect of the ELF magnetic field on the process of food maturity in tempeh at the beginning of fermentation. This research is included in experimental research with a laboratory experimental design. Researchers control the independent variable (ELF magnetic field exposure) and observe its effect on the dependent variable (physical changes, pH, and weight of tempeh). The results of the ELF magnetic field exposure strength of 300 μ T for an exposure time of 25 minutes and after 48 hours of exposure, showed that the effect of ELF electromagnetic magnetic field exposure on the durability of tempeh had an effect on several physical aspects of tempeh, including color, aroma, and pH. The objective of this study is to examine the effect of ELF (*Extremely Low Frequency*) electromagnetic fields on the shelf life of tempeh.

Keywords: Magnetic Field, *Extremely Low Frequency* (ELF), Raw Tempeh.

PENDAHULUAN

Gelombang merupakan proses terjadinya perambatan gangguan dalam suatu medan. Gelombang elektromagnetik adalah radiasi yang berasal dari medan listrik dan magnet yang berputar di udara. Radiasi adalah jenis energi yang dihantarkan tanpa suatu medium perantara.

Gelombang elektromagnetik atau *Extremely Low Frequency* ini dapat dimanfaatkan di berbagai bidang seperti pada bidang kesehatan, bidang pertanian, dan pangan (Munawaroh dan Sudarti, 2022). Gelombang elektromagnetik dapat bersifat seperti gelombang atau partikel. Gangguan tersebut tidak disertai dengan adanya perpindahan posisi maupun di tempat yang tetap. Tanpa disadari, perkembangan ini sangat menekan pengetahuan dan teknologi yang dapat mengirim maupun menerima instruksi pada gelombang tersebut. Dalam bumi ini, manusia sangat membutuhkan dan dapat menggunakan berbagai macam gelombang, seperti sinar matahari, senar gitar, dan gelombang laut (Iswardani *et al.*, 2023).

Perkembangan dari berbagai alat teknologi ini juga termasuk dari sumber yang memaparkan medan magnet. Adanya gelombang elektromagnetik ini juga merupakan terbentuknya dari suatu medan magnet dan medan listrik. Menurut (Munawaroh dan Sudarti, 2022) dan juga (Shabita, 2023) Gelombang elektromagnetik ini dapat dibagi menjadi dua yaitu sumber gelombang elektromagnetik secara alami dan secara buatan. Gelombang elektromagnetik secara alami contohnya seperti pada bentuk spektrum gelombang, seperti pada sinar gamma, sinar x, sinar ultraviolet, sinar tampak, inframerah, gelombang radio, dan yang terakhir pada gelombang mikro. Sedangkan pada sumber gelombang elektromagnetik yang secara buatan yaitu sumber gelombang elektromagnetik merupakan buatan yang berasal dari metode kabel dan juga pada peralatan-peralatan yang dibenangi oleh suatu aliran listrik. Ketika tegangan dan arus listrik mengalir melalui jaringan transmisi dan distribusi, arus tersebut dapat digunakan untuk berbagai peralatan elektronik. Namun, pada saat yang sama, medan elektromagnetik juga terbentuk di sekitar saluran listrik tersebut. (Seniari *et al.*, 2020).

Ketika medan listrik dan medan magnet bergabung, maka terbentuklah radiasi elektromagnetik yang disebut dengan ELF. Radiasi medan magnet ELF (sangat rendah frekuensi) tidak ionizing dan *non-thermal*. Radiasi dikatakan nonionisasi karena radiasi elektromagnetik tidak memiliki energi yang cukup tinggi untuk mengionisasi suatu atom atau molekul. Apabila radiasi ini berinteraksi dengan sistem lain, maka radiasi ini tergolong sebagai radiasi *non-thermal* dikarenakan energi medan magnet ELF yang dihasilkan sangat kecil (Rahmadani *et al.*, 2023). Masing-masing komponen memiliki karakteristik unik dalam gelombang elektromagnetik dengan frekuensi di bawah 300 Hz. Medan magnet dapat menembus hampir semua material, termasuk lempengan, bahan padat, penampang melintang, dan lainnya, tetapi medan listrik membutuhkan medium untuk merambatkan sumber arus, sehingga intensitasnya akan berkurang jika terhalang oleh benda (Ferlita *et al.*, 2024).

Gelombang elektromagnetik memiliki banyak manfaat di bidang pangan, gelombang elektromagnetik memiliki banyak manfaat, terutama untuk meningkatkan ketahanan pangan. Peneliti ingin mengetahui bagaimana gelombang elektromagnetik dapat mempengaruhi ketahanan pangan karena fakta bahwa mereka dapat membantu pengawetan industri makanan dengan menghapus bakteri dan mikroorganisme berbahaya. Selain itu, teknologi ini dapat membuat produk makanan lebih aman dan sehat dengan mempertahankan kualitas nutrisi, memperpanjang umur penyimpanan, dan mengurangi penggunaan pengawet kimia. Akibatnya, penggunaan gelombang elektromagnetik dalam industri pangan dapat menawarkan solusi kreatif untuk masalah ketahanan pangan di seluruh dunia (Utoyo *et al.*, 2023).

Keunggulan medan magnet ELF termasuk menjadikannya praktis untuk tugas sehari-hari seperti menyimpan makanan dan minuman. Terpapar medan magnet ELF pada frekuensi yang tepat dapat membuat makanan tetap segar lebih lama. Selain barang jadi, ELF dapat digunakan untuk mengawetkan daging, ikan, sayuran, buah, dan bahan mentah lainnya (Oktaviati *et al.*, 2024). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik dapat membunuh bakteri pada daging dengan cepat dan efektif. Pancaran energi rendah pada medan magnet ELF dapat menyebabkan efek *non-Thermal*, yang dapat mempercepat

perjalanan awal ion Ca^{2+} ekstraseluler yang lambat melalui membran sel. Ini dapat mengganggu fungsi fisiologis membran sel yang sudah ada dan komunikasi antar sel. Itu juga mempengaruhi jaringan. Intensitas beserta lama paparan penelitian yang menggunakan pengaruh medan magnet (ELF) dapat diubah untuk meningkatkan waktu daya simpan makanan yang baik (Elsavana *et al.*, 2022)

Radiasi pada gelombang elektromagnetik ini memiliki spektrum yang sangat luas diawali oleh elektromagnetik dengan *Extremely Low Frequency* hingga mencapai pada elektromagnetik dengan frekuensi yang sangat besar atau tinggi seperti pada sinar gamma. Spektrum pada gelombang elektromagnetik atau bisa disebut juga *Extremely Low Frequency* ini mempunyai frekuensi sebesar sekitar 0-300 Hz yang dapat menghasilkan zona daya tarik pada pada listrik ketika listrik didistribusikan. Gelombang elektromagnetik akan merambat di ruangan yang bentuknya terdiri dari medan listrik dan medan magnet. Elektromagnetik ini tidak dapat dirasakan oleh penglihatan manusia secara langsung.

Praktikum ini digunakan untuk meneliti dan membuktikan pengaruh dari medan magnet *Extremely Low Frequency* terhadap proses kematangan bahan pangan pada tempe mentah. Hasil tersebut nantinya akan diamati dan dibandingkan perbedaannya antara kelompok tempe yang terkena paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* dan juga kelompok tempe yang diletakkan pada suhu ruangan. Sehingga peneliti dapat mengetahui perbedaan yang akan dihasilkan diantara keduanya.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimental dengan desain eksperimen laboratorium. Metode eksperimen merupakan cara menyajikan bahan pelajaran praktikan yang terlibat langsung dalam melakukan percobaan (Hamdani *et al.*, 2019). Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh paparan medan magnet *extremely low frequency* (ELF) dengan intensitas paparan $300\mu T$ terhadap bahan tempe mentah, pada percobaan ini alat yang digunakan adalah: Bahan 1; Generator Medan Magnet ELF untuk menghasilkan medan magnet ELF, Bahan 2; EMF-meter untuk mengukur intensitas medan magnet ELF, Bahan 3; Termometer untuk mengukur suhu lingkungan, Bahan 4; pH meter untuk mengukur pH bahan tempe, Bahan 5; Gelas ukur untuk mengukur volume cairan, Bahan 6; Neraca/Timbangan untuk menimbang bahan tempe, Bahan 7; Nampan plastik untuk meletakkan bungkus tempe, Bahan 8; cawan untuk menampung sampel tempe, Bahan 9; Sarung tangan untuk menjaga kebersihan dan keamanan selama penanganan sampel, Bahan 10; Penggaris untuk mengukur dimensi fisik jika diperlukan. Dalam penelitian eksperimental ini, peneliti mengontrol variabel bebas (pemaparan medan magnet ELF) dan mengamati efeknya terhadap variabel terikat (perubahan fisik, pH, dan berat tempe). Dengan adanya kelompok kontrol yang tidak dipapar medan magnet, penelitian ini bertujuan untuk menentukan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol, sehingga dapat disimpulkan apakah medan magnet ELF memengaruhi proses peragian tempe.

Langkah pertama adalah menyiapkan 20 bungkus bahan tempe yang masing-masing seberat 50 gram, yang terdiri dari tempe yang telah difermentasi selama 10-15 jam. Bahan tempe ini kemudian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok kontrol (K) yang berjumlah 10 bungkus dan kelompok eksperimen (E) yang juga berjumlah 10 bungkus. Setiap bungkus bahan tempe diberi tanda menggunakan kertas label atau spidol permanen untuk membedakan kelompok kontrol dan eksperimen. Kelompok kontrol tidak dipapar dengan medan magnet ELF, sedangkan kelompok eksperimen akan dipapar oleh medan magnet ELF. Kedua kelompok ditempatkan pada nampan plastik yang terpisah untuk mencegah kontaminasi silang. Kelompok eksperimen kemudian dipapar dengan medan magnet ELF menggunakan generator medan

magnet ELF yang telah disesuaikan dengan kekuatan medan yang diinginkan. Pengukuran intensitas medan magnet dilakukan dengan menggunakan EMF-meter untuk memastikan bahwa radiasi yang diterima oleh kelompok eksperimen sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

Selama penelitian, kedua kelompok disimpan pada suhu ruangan yang konsisten agar kondisi lingkungan tidak mempengaruhi hasil penelitian. Setelah dua hari pemaparan, pengamatan dilakukan terhadap bahan tempe pada kedua kelompok. Pengamatan dilakukan untuk mengukur perubahan fisik, pH, dan berat tempe. pH bahan tempe diukur menggunakan pH meter untuk mengetahui perubahan tingkat keasaman, sementara berat tempe diukur menggunakan neraca atau timbangan digital untuk melihat apakah ada perubahan berat setelah pemaparan. Suhu ruangan juga dipantau secara berkala menggunakan termometer untuk memastikan kestabilan suhu selama percobaan. Semua data yang diperoleh dicatat secara sistematis dan dianalisis untuk menentukan apakah ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen, serta untuk memahami efek medan magnet ELF terhadap kualitas dan karakteristik bahan tempe. Hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang dampak radiasi ELF terhadap proses fermentasi dan kualitas bahan tempe, dengan memperhatikan parameter seperti pH, berat, dan perubahan fisik lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses dalam penelitian ini, peneliti menggunakan total 20 bungkus tempe sebagai sampel, masing-masing dengan berat 50 gram per bungkus. Sampel tersebut dibagi menjadi dua kelompok, yaitu 10 bungkus untuk kelompok kontrol dan 10 bungkus untuk kelompok eksperimen. Penelitian ini juga mengamati perbedaan dalam rasa, tekstur, warna, aroma, pH, dan berat massa. Hasil dalam pengamatan rasa, tekstur, warna, dan aroma ditandai dengan skala 1-3, dimana 1 berarti kurang, 2 berarti cukup, dan 3 berarti sangat.

Tabel 1. Kondisi fisik (warna) pada kelompok eksperimen.

Sampel	Normal			Kecoklatan			Hitam		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(5)	P(6)	P(7)	P(8)	P(9)	P(10)
E-6		✓							
E-7		✓							
E-8		✓							
E-9		✓							
E-10		✓							

Tabel 2. Kondisi fisik (warna) pada kelompok kontrol.

Sampel	Normal			Kecoklatan			Hitam		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(5)	P(6)	P(7)	P(8)	P(9)	P(10)

K-1	✓								
K-2		✓							
K-3		✓							
K-4			✓						
K-5		✓							

Berdasarkan pengamatan setelah paparan, diperoleh data mengenai kondisi fisik warna tempe. Tabel 1 (E6-E10) mencakup kelompok eksperimen yang diuji dengan medan magnet elektromagnetik. Warna tempe pada tabel ini diklasifikasikan sebagai berikut; kolom normal terdiri dari P1 (kurang normal), P2 (cukup normal), dan P3 (normal seperti tempe pada umumnya). Kolom warna kecoklatan, terdapat kategori P3 (kurang kecoklatan), P4 (cukup kecoklatan), dan P5 (kecoklatan). Sementara itu, kolom warna hitam mencakup P7 (kurang hitam), P8 (cukup hitam), dan P9 (hitam). Tabel 2 memuat data dari kelompok kontrol (K1-K5) yang tidak terpapar medan magnet elektromagnetik, dengan kriteria warna yang sama seperti kelompok eksperimen.

Berdasarkan tabel 1, sampel E6 hingga E10 menunjukkan warna yang cukup normal. Sebaliknya, pada tabel 2, sampel K1 memiliki warna yang kurang normal dibandingkan tempe pada umumnya. Namun, sampel K2, K3, dan K5 memiliki warna yang cukup normal, sementara K4 menunjukkan warna yang sangat mendekati karakteristik tempe normal. Hasil ini mengindikasikan bahwa paparan medan elektromagnetik ELF pada kelompok eksperimen menghasilkan tempe dengan warna yang lebih dominan normal dibandingkan kelompok kontrol. Paparan ELF diduga mampu menghambat pertumbuhan jamur dan mikroba yang memengaruhi perubahan warna tempe.

Tabel 3. Kondisi fisik (aroma) pada kelompok eksperimen.

Sampel	Normal/khas			Tidak ada aroma			Busuk		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(5)	P(6)	P(7)	P(8)	P(9)	P(10)
E-6		✓							
E-7		✓							
E-8		✓							
E-9	✓								
E-10			✓						

Tabel 4. Kondisi fisik (aroma) pada kelompok kontrol.

Sampel	Normal/khas			Tidak ada aroma			busuk		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(5)	P(6)	P(7)	P(8)	P(9)	P(10)

K-1		✓							
K-2		✓							
K-3		✓							
K-4		✓							
K-5		✓							

Berdasarkan hasil pengamatan setelah paparan, diperoleh data mengenai kondisi fisik aroma tempe. Tabel 3 mencatat kelompok eksperimen (E6-E10) dengan klasifikasi sebagai berikut, kolom normal meliputi P1 (aroma kurang normal), P2 (aroma cukup normal), dan P3 (aroma normal seperti tempe pada umumnya). Kolom tanpa aroma mencakup P3 hingga P5, sedangkan kolom beraroma busuk meliputi P7 (aroma busuk ringan), P8 (cukup busuk), dan P9 (sangat busuk). Tabel 4 memuat data kelompok kontrol (K1-K5), dengan klasifikasi aroma yang sama seperti kelompok eksperimen.

Berdasarkan tabel 3, yang mencakup data kelompok eksperimen, sampel E6, E7, dan E8 menunjukkan aroma yang cukup normal, sedangkan E10 memiliki aroma khas seperti tempe pada umumnya. Sebaliknya, sampel E9 memiliki aroma yang kurang menyerupai tempe normal. Sementara itu, tabel 4, yang memuat kelompok kontrol, menunjukkan bahwa semua sampel (K1-K5) memiliki aroma yang cukup normal. Temuan ini menunjukkan bahwa sampel yang terpapar medan elektromagnetik ELF dalam kelompok eksperimen cenderung memiliki aroma yang kurang normal atau belum sepenuhnya menyerupai tempe. Hal ini diduga terjadi karena paparan ELF dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan jamur yang berperan dalam pembentukan aroma khas tempe.

Tabel 5. Kondisi fisik (tekstur) pada kelompok eksperimen

Sampel	Padat			Lembek			Berair		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(5)	P(6)	P(7)	P(8)	P(9)	P(10)
E-6	✓								
E-7		✓							
E-8	✓								
E-9	✓								
E-10			✓						

Tabel 6. Kondisi fisik (tekstur) pada kelompok kontrol

Sampel	padat			lembek			berair		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(1)	P(2)	P(3)	P(1)	P(2)	P(3)

K-1		✓							
K-2	✓								
K-3			✓						
K-4			✓						
K-5			✓						

Berdasarkan pengamatan setelah paparan medan elektromagnetik, diperoleh data mengenai kondisi fisik tekstur tempe. Tabel 5 mencatat hasil kelompok eksperimen (E6-E10) dengan klasifikasi sebagai berikut: kolom normal mencakup P1 (tekstur kurang normal), P2 (tekstur cukup normal), dan P3 (tekstur normal seperti tempe pada umumnya). Kolom bertekstur lembek, terdapat kategori P4 (kurang lembek), P5 (cukup lembek), dan P6 (sangat lembek). Sementara itu, kolom berair meliputi P7 (kurang berair), P8 (cukup berair), dan P9 (sangat berair). Tabel 6 menyajikan data dari kelompok kontrol (K1-K5) dengan kategori tekstur yang sama seperti kelompok eksperimen.

Berdasarkan tabel 5, yang memuat hasil kelompok eksperimen setelah terpapar medan elektromagnetik, diketahui bahwa sampel E7 memiliki tekstur yang cukup padat, menyerupai tekstur tempe normal. Sebaliknya, sampel E6, E8, dan E9 memiliki tekstur yang kurang padat, menandakan bahwa proses fermentasi belum selesai. Sementara itu, sampel E10 menunjukkan tekstur yang sangat padat, menyerupai tempe matang. berdasarkan tabel 6, hasil dari kelompok kontrol menunjukkan bahwa sampel K1 dan K5 memiliki tekstur yang cukup padat. Sebaliknya, sampel K2 memiliki tekstur yang belum optimal, sementara K3 dan K4 menunjukkan tekstur yang sangat padat, mendekati tempe yang matang sempurna. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sampel yang terpapar medan elektromagnetik ELF pada kelompok eksperimen cenderung memiliki tekstur yang kurang padat dibandingkan dengan kelompok kontrol. Hal ini dapat terjadi karena paparan ELF menghambat pertumbuhan jamur yang berperan dalam pembentukan tekstur tempe.

Tabel 7. Kondisi fisik (rasa) pada kelompok eksperimen.

Sampel	Baik/khas			Pahit			Asam		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(1)	P(2)	P(3)	P(1)	P(2)	P(3)
E-6		✓							
E-7		✓							
E-8	✓								
E-9	✓								
E-10			✓						

Tabel 8. Kondisi fisik (rasa) pada kelompok kontrol.

Sampel	Baik/khas			Pahit			Asam		
	P(1)	P(2)	P(3)	P(1)	P(2)	P(3)	P(1)	P(2)	P(3)
K-1	✓								
K-2			✓						
K-3			✓						
K-4	✓								
K-5	✓								

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil kondisi fisik rasa tempe. Tabel 7 mencatat hasil kelompok eksperimen (E6-E10) dengan klasifikasi sebagai berikut: kolom normal mencakup P1 (memiliki rasa khas kurang normal), P2 (rasa cukup normal), dan P3 (rasa khas normal seperti tempe pada umumnya). Kolom rasa asam, terdapat kategori P4 (kurang asam), P5 (cukup asam), dan P6 (sangat asam). Sementara itu, kolom rasa pahit meliputi P7 (kurang pahit), P8 (cukup pahit), dan P9 (sangat pahit). Tabel 8 menyajikan data dari kelompok kontrol (K1-K5) dengan kategori tekstur yang sama seperti kelompok eksperimen.

Berdasarkan tabel 7 terkait kelompok eksperimen dan juga tabel 8 terkait kelompok kontrol. Kelompok eksperimen menghasilkan bahwa E-6 dan E-7 memiliki rasa tempe yang khas sehingga tempe tersebut dapat dikatakan sudah matang. Sebaliknya, E-8 dan E-9 juga memiliki rasa tempe yang khas namun belum bisa dikatakan sudah matang dikarenakan rasanya yang masih tergolong kurang. Sedangkan E-10 memiliki rasa tempe yang khas, namun sangat kuat sehingga rasa tempe pada E-10 lebih terasa dibandingkan pada kelompok eksperimen lainnya. Kelompok kontrol, menghasilkan bahwa K-1, K-4 dan K-5 memiliki rasa yang khas namun masih kurang terasa tempe sehingga dapat dikatakan belum matang. K-2 dan K-3 memiliki rasa khas tempe yang sangat kuat, sehingga tempe dapat dikatakan sudah sangat matang. Berdasarkan hasil kedua rasa dari kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, maka dapat diketahui bahwa rasa, cenderung lebih baik pada kelompok eksperimen yang diberi paparan medan magnet ELF daripada kelompok kontrol yang tidak diberi paparan medan magnet ELF.

Tabel 9. Pengukuran pH tempe belum matang

Kelompok kontrol		Kelompok eksperimen	
K-1	5,1	E-6	3,1
K-2	4,7	E-7	2,8
K-3	2,7	E-8	3,7
K-4	2,8	E-9	2,8
K-5	4,7	E-10	2,8

Rata-rata pH	4,0	Rata-rata pH	3,0
--------------	-----	--------------	-----

Berdasarkan pada data pengukuran pH pada tabel 9 dihasilkan bahwa kelompok kontrol yang diletakkan pada suhu ruang dihasilkan pH pada K-1 = 5,1, K-2 = 4,7, K-3 = 2,7, K-4 = 2,8, dan K-5 = 4,7. Sehingga dari kelima hasil kelompok kontrol, dapat ditentukan bahwa kelompok kontrol memiliki rata-rata pH 4,0. Sedangkan pada kelompok eksperimen yang diletakkan di paparan radiasi ELF diperoleh hasil E-6 = 3,1, E-7 = 2,8, E-8 = 3,7, E-9 = 2,8, dan E-10 = 2,8. Dari data tersebut, dapat diketahui bahwa kelompok eksperimen memiliki rata-rata pH 3,0. Sehingga berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa pH tempe yang tidak terkena paparan radiasi atau dalam kelompok kontrol memiliki rata-rata pH yang lebih tinggi dibandingkan kelompok eksperimen yang terkena paparan radiasi. Perbedaan tersebut dapat mengindikasikan adanya pengaruh perlakuan terhadap parameter pH bahan yang diamati.

Tabel 10. Pengukuran massa jenis tempe belum matang

Kelompok Kontrol				Kelompok Eksperimen			
Nama Sampel	m (gram)	Δv (ml)	ρ (gram/ml ³)	Nama Sampel	m (gram)	Δv (ml)	ρ (gram/ml ³)
K-1	15	25	0,60	E-6	15	25	0,60
K-2	11	20	0,55	E-7	16	20	0,80
K-3	13	10	1,30	E-8	18	25	0,72
K-4	10	20	0,50	E-9	18	10	1,90
K-5	13	20	0,65	E-10	18	20	0,90
Rata-rata massa jenis			0,72	Rata-rata massa jenis			0,98

Bersadarkan tabel 10, dihasilkan bahwa massa dan volume pada K-1, K-2, K-3, K-4 dan K-5 memiliki perbedaan. Massa jenis dihitung dengan cara membagi volume dan massa jenis atau dirumuskan dengan $\rho = \frac{m}{\Delta v}$, dimana $\Delta v = v_1 - v_0$ ($\frac{gr}{ml}$) yang dihasilkan pada setiap kelompok kontrol berbeda sehingga massa jenis rata-rata pada kelompok kontrol adalah 0,72 gram/ml³. Sedangkan pada kelompok eksperimen, diberikan juga perlakuan yang sama dengan kelompok kontrol dimana kelompok eksperimen merupakan kelompok yang telah terpapar ELF. Hal ini menjadikan kelompok eksperimen memiliki massa jenis rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol dengan massa jenis rata-ratanya yaitu 0,98 gram/ml. Kelompok kontrol mempunyai kepadatan yang lebih kecil dikarenakan kedelai banyak yang sudah menjadi Rhizopus, kelompok eksperimen banyak yang masih berbentuk kedelai.

Tabel 11. Luasan dan ketebalan rhizopus kelompok eksperimen.

Sampel	Luasan	Ketebalan
--------	--------	-----------

	P (mm)	L (mm)	Luas (mm ²)	
E-6	60	1	60	Tipis
E-7	70	1	70	Tipis
E-8	70	3	210	Sangat Tebal
E-9	45	1	45	Tipis
E-10	60	3	180	Sangat Tebal

Tabel 12. Luasan dan ketebalan rhizopus kelompok kontrol.

Sampel	Luasan			Ketebalan
	P (mm)	L (mm)	Luas (mm ²)	
K-1	50	3	150	Sangat Tebal
K-2	55	2	110	Tebal
K-3	30	1	30	Tipis
K-4	55	1	55	Tipis
K-5	65	2	130	Tebal

Berdasarkan tabel 11 dengan kelompok eksperimen, dapat diketahui bahwa setiap percobaan memiliki panjang, lebar serta luas rhizopus yang berbeda-beda. Ketebalan tempe dapat dilihat dari luas yang dihasilkan oleh tempe. Pada pengamatan ini, terdapat skala untuk menentukan ketebalan dari tempe. Skala 1 pada rentang luas 0 mm² sampai dengan 80 mm² dikatakan tipis, rentang luas 81 mm² sampai dengan 160 mm² dikatakan tebal, dan rentang luas 161 mm² sampai dengan 240 mm² dikatakan sangat tebal. E-6 memiliki luas 60 mm² sehingga ketebalannya dikatakan tipis, berbeda dengan E-8 yang memiliki luas sebesar 210 mm² sehingga memiliki ketebalan yang sangat tebal. Pada kelompok eksperimen, ketebalan dikatakan sangat tebal pada E-8 dan E-10, sedangkan percobaan eksperimen lainnya dikatakan memiliki ketebalan yang tipis. Sedangkan pada tabel 12 dengan kelompok kontrol, dihasilkan bahwa K-1 memiliki luas 150 mm² dan dikatakan memiliki tingkat ketebalan yang sangat tebal, selebihnya pada percobaan kontrol yang lain ketebalan rhizopusnya tergolong tipis pada K-3 dan K-4 serta tebal pada K-2 dan K-5.

Berdasarkan penelitian tempe mentah dengan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol yang telah dilakukan, maka diperoleh pula hasil yang berbeda diantara keduanya. Kelompok eksperimen memiliki perlakuan dengan dipaparkannya radiasi ELF dengan intensitas 300μT, sedangkan kelompok kontrol cukup diletakkan pada suhu ruangan. Penelitian kondisi fisik warna, aroma, tekstur, dan rasa menghasilkan bahwa kelompok eksperimen cenderung memiliki warna yang dominan normal dibanding kelompok kontrol. Sedangkan pada pengukuran pH dihasilkan bahwa kelompok kontrol memiliki pH yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Sebaliknya, pada pengukuran massa jenis dihasilkan bahwa kelompok kontrol memiliki massa jenis yang lebih rendah dibanding

kelompok eksperimen. Hal ini dikarenakan kelompok kontrol memiliki kepadatan yang lebih kecil karena kedelai banyak yang sudah menjadi rhizopus. Pada hasil luasan dan ketebalan rhizopus, dihasilkan bahwa kelompok kontrol memiliki hasil dengan ketebalan yang tebal dan sangat tebal lebih banyak dibandingkan dengan kelompok eksperimen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil praktikum praktikum tentang pengaruh medan magnet elektromagnetik ELF dengan intensitas paparan 300 μ T terhadap ketahanan tempe mentah menunjukkan bahwa paparan medan magnet dapat mempengaruhi ketahanan tempe, meskipun efeknya bervariasi tergantung pada berbagai faktor. Dalam praktikum ini, tempe mentah yang terpapar medan magnet dengan intensitas 300 μ T menunjukkan adanya perubahan dalam kualitas dan ketahanannya selama periode pengamatan. Medan magnet ELF diketahui dapat mempengaruhi struktur fisik dan kimia dalam bahan biologis, termasuk tempe. Paparan medan magnet tersebut dapat memengaruhi aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi tempe, seperti *Rhizopus oligosporus*, yang mempengaruhi pengembangan dan ketahanan tempe. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa medan magnet dapat mempercepat atau memperlambat aktivitas mikroorganisme, yang pada gilirannya akan mempengaruhi proses pembusukan atau pembentukan tempe. Pada tempe yang terpapar medan magnet, beberapa perubahan yang terdeteksi meliputi perubahan tekstur dan daya tahannya terhadap pembusukan. Efek ini bisa disebabkan oleh perubahan dalam metabolisme mikroba atau dalam reaksi kimia yang terjadi di dalam tempe selama proses fermentasi. Selain itu, medan magnet dapat mempengaruhi struktur molekul dalam tempe, seperti protein dan lemak, yang juga berkontribusi terhadap ketahanan tempe tersebut. Namun, hasil dari praktikum ini menunjukkan bahwa medan magnet ELF dengan intensitas 300 μ T tidak selalu memiliki pengaruh yang signifikan pada ketahanan tempe, tergantung pada durasi paparan dan kondisi lingkungan sekitar. Ketahanan tempe juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti suhu, kelembaban, dan kebersihan selama proses pembuatan tempe. Dengan demikian, meskipun ada indikasi bahwa medan magnet ELF dapat mempengaruhi ketahanan tempe mentah, hasil praktikum ini menunjukkan bahwa pengaruhnya mungkin tidak terlalu besar atau bisa bervariasi. Penelitian lebih lanjut dengan kontrol variabel yang lebih ketat diperlukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana medan magnet ELF mempengaruhi mikroorganisme dalam tempe dan dampaknya terhadap kualitas serta ketahanannya. Penelitian lanjutan juga perlu memperhatikan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil, seperti konsentrasi medan magnet, durasi paparan, dan kondisi lingkungan selama fermentasi tempe.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, M. A. D., Tias, E. R. W., Nissaâ, N., Yushardi, Y., Anggraeni, F. K. A., & Meilina, I. L. (2023). Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Radiation Analysis of Tempe Material Maturity. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(3), 395-405.
- Azizah, M. N., Sudarti, S., & Bektiarso, S. (2022). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 200 μ T DAN 300 μ T Terhadap pH Dalam Proses Fermentasi Tempe. *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 8(1), 28-34.
- , Sudarti, S., & Prihandono, T. (2022). Alternatif Pengawetan Ikan Pindang Layang (DeElsavana, *N. I. D. capterus russelli*) Berbantuan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) Indikator pH (Derajat Keasaman). *Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapan*, 8(1), 48-56.



- Ferlita, S. A., Wulandari, I. T., Sari, N. L., Sudarti, S., & Mahmudi, K. (2024). Potensi Pemanfaatan Medan Magnet ELF untuk Meningkatkan Ketahanan Daging. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 138-146.
- Hamdani, M., Prayitno, B. A., & Karyanto, P. (2019). Meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui metode eksperimen. *In Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* 16(1), 139-145.
- Iswardani, F. A., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Analisis Literatur Pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik (ELF) bagi Industri Pertanian. *Jurnal Sains Riset*, 13(1), 15-21.
- Munwaroh, W. (2020). Potensi paparan gelombang elektromagnetik extremely low frequency (elf) dalam meningkatkan ketahanan pangan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 2022, 17.2: 23-27.
- Oktaviati, F., Siswanti, I. W., & Sudarti, S. (2024). Analisis Pengaruh Extremely Low Frequency (ELF) terhadap Pengawetan Ikan. *Eduproxima (Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA)*. 6(1), 306-310.
- Putri, M. K., Kurnia, S. I., Sudarti, S., & Mahmudi, K. (2024). Study Pustaka: Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) DA Dalam Bidang Pertanian Pada Pertumbuhan Fisik Tanaman. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 59-68.
- Putrawan, A. A., Arindra, A. D., Nanda, R. A. A., Yushardi, Y., Anggraeni, F. K. A., & Meilina, I. L. (2023). The Effect Of Exposure To Extremely Low Frequency Magnetic Fields On Tempe Fermentation. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 7(2), 128-137.
- Rahmadani, A. N., Hidayat, M. P., Muakhiroh, A., Saragih, D., & Anggraeri, F. K. A. (2023). Analisis dampak paparan medan magnet extremely low frequensi terhadap kematangan dan ketahanan tape singkong (Manihot esculenta). *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(9), 21-30.
- Shabitna, F. S. (2023). Pemanfaatan Gelombang Elektromagnet Extremely Low Frequency (Elf) Dalam Ketahanan Pangan. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 2(2), 1037-1040.
- Seniari, N. M., & Baus Widhi Darma, S. (2020). Penyuluhan Bahaya Radiasi Gelombang Elektromagnetik Pada Organ Tubuh Makhluk Hidup di Kelurahan Pagutan Barat Mataram. *Prosiding Pepadu*, 2, 230-235.
- Utoyo, E. B., Syahdilla, M. I., Ma'ruf Al Bawani, A., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2023). Potensi extremely low frequency pada pengawetan ikan dalam industri pengolahan ikan. *CERMIN: Jurnal Penelitian*, 7(1), 96-105.
- Yulandari, A., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2024). Dosis Efektif Radiasi Medan Magnet Untuk Memicu Perkembangbiakkan Bakteri. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 205-212.