

KAJIAN PUSTAKA: APAKAH MEDAN MAGNET ELF BERPOTENSI MENINGKATKAN KETAHANAN DAGING

Ike Tiwulandari¹, Seka Arum Ferlita^{2*}, Nadia Laila Sari³, Sudarti⁴, Kendid Mahmudi⁵
¹²³⁴⁵Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas

Jember, Jawa Timur, Indonesia.

*Corresponding Author: sekarumferlita@gmail.com

ABSTRAK

Gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) digunakan secara ekstensif dalam berbagai industri, termasuk pertanian, makanan, dan kesehatan. Tujuan dibuatnya artikel ini yaitu untuk mengetahui efek penggunaan gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap ketahanan pada daging. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kajian pustaka dengan mencari dan mengumpulkan informasi melalui beberapa jurnal, buku, dan internet untuk memperoleh informasi yang akurat dan relevan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF dapat meningkatkan kualitas fermentasi dan memperpanjang umur simpan daging. Dengan demikian, medan magnet ELF dapat menjadi alternatif efektif dalam meningkatkan ketahanan daging melalui pengaruhnya terhadap pH dan aktivitas enzim. Penelitian ini menunjukkan bahwa medan magnet ELF dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan daging, sehingga dapat membantu meningkatkan kualitas pangan dan mengurangi kerusakan daging.

Kata kunci: *Gelombang elektromagnetik, Medan magnet, Ketahanan Daging*

ABSTRACT

Extremely Low Frequency (ELF) electromagnetic waves are used extensively in various industries, including agriculture, food, and health. The purpose of this article is to determine the effect of using Extremely Low Frequency (ELF) electromagnetic waves on the durability of meat. This research was conducted using the literature review method by searching and collecting information through several journals, books, and the internet to obtain accurate and relevant information. The results showed that exposure to ELF magnetic fields can improve fermentation quality and extend the shelf life of meat. Thus, the ELF magnetic field can be an effective alternative in improving meat durability through its effect on pH and enzyme activity. This study shows that ELF magnetic fields can be used to improve the quality and durability of meat, which can help improve food quality and reduce meat spoilage.

Keywords: *Electromagnetic waves, magnetic fields, meat resistance*

PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik adalah bentuk radiasi yang terdiri dari osilasi medan listrik dan medan magnet yang merambat melalui ruang. Radiasi medan magnet ELF (sangat rendah frekuensi) adalah radiasi dengan sifat non ionizing serta non thermal. Frekuensi mereka di bawah 300 Hz (Uswatun dan Sudarti, 2022). Dalam gelombang elektromagnetik, masing-masing komponen memiliki karakteristik yang berbeda. Medan listrik membutuhkan medium

untuk merambatkan sumber arus, sementara medan magnet tidak mudah terhalang, sehingga intensitasnya akan berkurang jika terhalang oleh benda. Medan magnet dapat menembus hampir semua material, termasuk lempengan, bahan padat, penampang melintang, dan lainnya (Agustina *et al.*, 2023).

Bidang pengolahan makanan banyak memproduksi bahan pangan yang berkualitas. Namun seringkali bahan pangan tersebut tidak bertahan lama sehingga menjadi busuk. Untuk menjaga dan mengawetkan bahan makanan yang dibuat salah satunya daging dapat digunakan metode dengan menggunakan medan magnet ELF (*Extremely High Frequency*). Sumber daya alam ini memiliki banyak potensi, jadi sayang jika hanya dibiarkan begitu saja tanpa diproses menjadi makanan yang unggul dan padat nutrisi dengan nilai jual kembali yang tinggi karena komposisinya yang tidak berubah. Pada dasarnya, dalam hal tersebut pentingnya pengolahan makanan yang baik dengan cara dikeringkan, diawetkan, ataupun menggunakan medan Magnet ELF sebagai salah satu cara pengawetannya. Cara tersebut signifikan digunakan untuk mencegah proses pembusukan yang terjadi. Teknologi alternatif, medan magnet ELF, dapat membantu proses pengawetan makanan tanpa merusak kualitasnya. Ketika medan magnet diterapkan, kematian sel bakteri patogen dipengaruhi oleh rusaknya struktur sel sebagai akibat dari medan magnet oleh paparan ELF. Magnet ELF membantu meningkatkan keamanan produk pangan karena mereka mencegah bahkan menonaktifkan bakteri (Rahayu *et al.*, 2023).

Penggunaan Medan Magnet berupa Gelombang Elektromagnetik ELF sangat diperlukan dalam ketahanan daging (Nur *et al.*, 2022). Gelombang Elektromagnetik memiliki manfaat yang banyak terutama di bidang pangan, dalam hal ini peneliti ingin mengetahui dan memecahkan persoalan Bagaimana Gelombang Elektromagnetik dapat mempengaruhi ketahanan pangan. Gelombang elektromagnetik dapat membantu proses pengawetan dalam industri makanan dengan menghilangkan mikroorganisme patogen dan mengurangi jumlah bakteri pembusuk. (Utoyo *et al.*, 2023). Sumber buatan manusia paling sering menghasilkan gelombang magnet sangat rendah frekuensi (ELF), seperti komunikasi nirkabel dan jaringan listrik dengan tegangan tinggi. Gelombang magnetik ELF yang kuat yang merambat di area sekitar juga dapat dihasilkan oleh kabel daya tegangan tinggi (Shabitna., 2023).

Medan magnet ELF memiliki keunggulan, seperti membuat praktis untuk tugas sehari-hari seperti pengawetan makanan dan minuman. Makanan dapat disimpan lebih segar lebih lama jika terpapar medan magnet ELF pada frekuensi yang tepat. Ikan, buah, sayuran, daging, dan bahan mentah lainnya dapat diawetkan dengan menggunakan ELF selain barang jadi (Oktaviati *et al.*, 2024). Pada penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik dapat membunuh bakteri secara cepat dan efektif pada daging. Efek non-termal dihasilkan oleh pancaran energi rendah pada medan magnet ELF. Hal ini dapat mengubah perjalanan awal ion Ca^{2+} ekstraseluler yang lambat melalui membran sel menjadi lebih cepat. Hal ini dapat mengganggu fungsi fisiologis membran sel yang sudah ada serta komunikasi antar sel (Elsavana *et al.*, 2022). Selain itu, itu mempengaruhi jaringan (Elsavana *et al.*, 2022). Untuk meningkatkan waktu daya simpan makanan yang baik, penelitian menggunakan pengaruh medan magnet (ELF) dapat mengubah intensitas beserta lama paparan (Elsavana *et al.*, 2022).

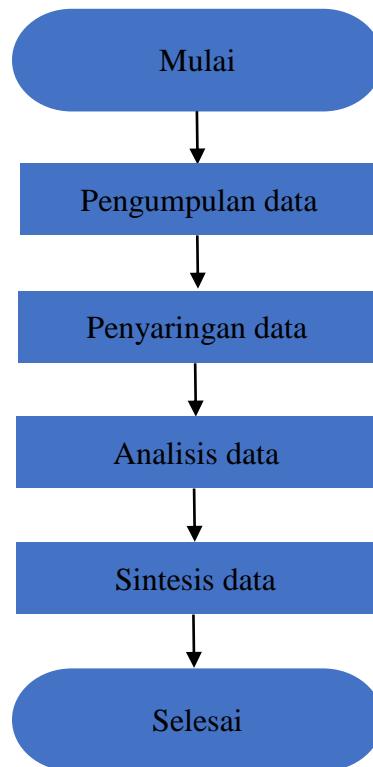
Gelombang elektromagnetik ELF digunakan secara luas dalam berbagai industri, termasuk kesehatan, pertanian, dan pangan. pH (potensial hidrogen) adalah salah satu dari

manfaat gelombang elektromagnetik dalam industri pangan, karena dapat menunjukkan pertumbuhan mikroba (Ramadhani *et al.*, 2024). Nilai pH menunjukkan suatu keasaman (kebasaan) dari suatu material. Mikroba akan tumbuh dengan baik pada pH netral, dan pH antara 4,6 dan 7,0 adalah kondisi pertumbuhan bakteri yang ideal (Munawaroh dan Sudarti, 2022). Ini dikarenakan oleh paparan dari gelombang elektromagnetik ELF dapat menghentikan penurunan dari nilai pH, yang berarti bahwa bakteri tidak dapat berkembang biak pada bahan atau produk. Gelombang elektromagnetik dapat meningkatkan ketahanan pangan untuk kebutuhan hidup sehari-hari. Perhatikan intensitas paparan gelombang elektromagnetik ELF dan lamanya proses untuk membantu meningkatkan ketahanan pangan suatu produk (Munawaroh dan Sudarti, 2022).

Pendinginan, pengawetan, pengemasan, pelapisan lilin, dan radiasi adalah beberapa metode untuk memperpanjang jangka waktu penyimpanan makanan. Namun, paparan gelombang elektromagnetik dapat memperpanjang usia makanan, meskipun tidak selalu berbahaya terhadap tubuh manusia (Gani *et al.*, 2022). Hal tersebut dapat terjadi karena sifat dari gelombang radiasi yang terus menembus residu radiasi oleh jaringan bisa menyebabkan mutasi terhadap sel manusia jika tertelan oleh manusia. Sampai detik ini, bukti ilmiah tidak ada yang kuat untuk bisa membuktikan bahwa gelombang elektromagnetik ELF mempunyai efek biologis. Mengakibatkan paparan dari medan magnet ELF memiliki kemungkinan tidak beresiko dikarenakan memiliki rentang frekuensi gelombang elektromagnetik (ELF) yang tergolong sangat rendah (terlebih pada rentang 0 sampai 300 Hz) (Shabitna *et al.*, 2023). Radiasi oleh medan magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) bisa dimanfaatkan sebagai pengurang jumlah bakteri di dalam makanan, meningkatkan umur simpannya. Efek radiasi ini bervariasi tergantung pada jenis makanan, tetapi juga dapat meningkatkan keasaman pada pangan, dan dapat meningkatkan usia simpannya. Bahan makanan bisa mempertahankan nutrisinya tanpa pengurangan usia simpannya dikarenakan medan magnet (ELF) juga kandungan penting yang lainnya. Bahan makanan bisa berupa bahan belum diolah (mentah), bahan setengah matang, atau juga bahan yang telah siap untuk dikonsumsi. (Munawaroh, 2022).

METODE

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kajian pustaka atau metode *Article Review*. Jumlah artikel yang digunakan sebanyak 20 artikel yang terbit dari tahun 2020-2024. Penulis menggunakan beberapa jurnal, buku-buku, dan informasi yang akurat serta relevan dari website internet. Pendekatan yang digunakan adalah kualitatif, yang berarti penulis mencari pola, tema, dan kategori yang muncul dari artikel-artikel tersebut. Data kualitatif sering kali bersifat deskriptif dan naratif, sehingga analisisnya lebih menekankan pada pemahaman mendalam daripada pengukuran numerik. Dalam pengumpulannya dilakukan dengan situs online seperti *Google Scholar* dan *Google Book*. Secara sistematis metode penelitian dapat diuraikan sebagai berikut.



Gambar 1. Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) sudah menjadi hal umum bagi beberapa penelitian untuk eksperimen. Pada artikel ini, didapatkan beberapa hasil kajian pustaka dari beberapa jurnal. Dalam jurnal tersebut daging yang digunakan ialah ikan tuna, udang, dan daging ayam. Menurut (Sudarti *et al.*, 2022) untuk mengawetkan ikan tuna, membutuhkan penggunaan medan magnet ELF intensitas $700\mu T$ dan $1000\mu T$. Berikut ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Pemanfaatan Medan Magnet Elf Untuk Meningkatkan Ketahanan Daging Tuna

Intensitas Medan Mgnet ELF	Waktu Paparan (Menit)	pH Setelah 0 Jam Paparan	pH Setelah 5 Jam Paparan	pH Setelah 10 Jam Paparan	pH Setelah 15 Jam Paparan
Kontrol ($0\mu T$)	0	5,83	6,11	6,19	6,36
$700\mu T$	15	5,83	5,91	6,04	6,12
$700\mu T$	30	5,83	5,96	6,09	6,17
$700\mu T$	45	5,83	5,97	6,09	6,20
$1000\mu T$	15	5,83	5,83	6,01	6,10
$1000\mu T$	30	5,83	5,93	6,10	6,21
$1000\mu T$	45	5,83	6,01	6,08	6,21

Kita dapat mengamati bahwa terdapat variasi dari tabel sebelumnya, pH ketika diberikan paparan medan magnet ELF. Hasilnya, semakin lama maka semakin tinggi pH pada

daging sehingga ketahanan pada daging tuna akan lebih meningkat. Jika pH daging tetap konstan, ini berarti bakteri yang bertanggung jawab atas pembusukan makanan laut tidak bekerja dan berakibat daging tuna tidak akan bertahan lama.

Pada daging ayam, digunakan intensitas magnet sebesar 500 μT dan 700 μT . Menurut (Sari *et al.*, 2018) Jika menggunakan intensitas magnet yang besar, akan ada efek buruk dari paparan medan magnet, terutama pada kesehatan. Oleh karena itu, digunakan intensitas medan magnet dengan frekuensi sangat rendah. Menggunakan medan magnet ELF (Extremely Low Frequency) memiliki sejumlah manfaat, khususnya untuk bisnis makanan yaitu membantu pengawetan makanan. Berikut hasil penelitian dari artikel yang dikutip.

Tabel 2. Pemanfaatan Medan Magnet Elf Untuk Meningkatkan Ketahanan Daging Ayam

Kelompok	Waktu	pH awal	pH Setelah 4 Jam Paparan	pH Setelah 16 Jam Paparan
Kontrol ($0\mu T$)	0	6,9	6,5	6,3
500 μT	30 menit	6,9	6,4	6,5
500 μT	60 menit	6,9	6,5	6,7
700 μT	30 menit	6,9	6,8	6,8
700 μT	60 menit	6,9	6,7	6,7

Seperti yang dapat dilihat dari tabel di atas, tingkat pH dan kepadatan daging ikan dapat dipertahankan dengan paparan medan magnet ELF. Jika pH daging tetap konstan, ini berarti bakteri yang bertanggung jawab atas pembusukan makanan laut tidak bekerja.

Hasil kajian dari penelitian ketiga, dikutip dari artikel (Qumairoh, 2021) dengan judul Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) Terhadap Derajat Keasaman (pH) Udang Vaname. Berikut hasil kutipan penelitian pada tabel berikut.

Tabel 3. 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	6,98	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

Tabel di atas menunjukkan perbedaan pH udang dari waktu ke waktu tergantung dengan besarnya intensitas medan magnet. Hasil yang didapat yaitu semakin lama waktunya, maka nilai pH akan semakin meningkat.

Berdasarkan hasil tabel 1 *Pemanfaatan Medan Magnet Elf Untuk Meningkatkan Ketahanan Daging Tuna*, didapatkan hasil pada tuna dengan kontrol ($0\mu T$) memiliki waktu Hasil selama 0 menit pada 0 jam, 5 jam, 10 jam, dan 15 jam secara berurutan adalah 5,83; 6,11; 6,19; dan 6,36. Pada tuna dengan intensitas 700 μT waktu paparan 15 menit pada 0 jam,

5 jam, 10 jam, 15 jam paparan berturut-turut sebesar 5,83; 5,91; 6,04; 6,12. Pada tuna dengan intensitas 700 μ T waktu paparan 30 menit pada 0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam paparan berturut-turut sebesar 5,83; 5,96; 6,09; 6,17. Pada tuna dengan intensitas 700 μ T waktu paparan 45 menit pada 0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam paparan berturut-turut sebesar 5,83; 5,97; 6,09; 6,20. Sedangkan pada tuna dengan intensitas 1000 μ T waktu paparan 15 menit pada 0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam paparan berturut-turut sebesar 5,83; 6,01; 6,10; 6,10. Pada tuna dengan intensitas 1000 μ T waktu paparan 30 menit pada 0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam paparan berturut-turut sebesar 5,83; 5,93; 6,10; 6,21. Dan tuna dengan intensitas 1000 μ T waktu paparan 45 menit pada 0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam paparan berturut-turut sebesar 5,83; 6,01; 6,10; 6,21.

Tabel 2. *Pemanfaatan Medan Magnet ELF Untuk Meningkatkan Ketahanan Daging Ayam*, pada intensitas kontrol dengan waktu 0 menit didapatkan hasil 6,9; 6,5; 6,3. Pada intensitas 500 μ T dengan waktu 30 menit didapatkan hasil 6,9; 6,4; 6,5. Pada intensitas 500 μ T dengan waktu 45 menit didapatkan hasil 6,9; 6,5; 6,7. Sedangkan pada intensitas 700 μ T dengan waktu 30 menit didapatkan hasil 6,9; 6,8; 6,8. Dan pada intensitas 700 μ T dengan waktu 30 menit didapatkan hasil 6,9; 6,7; 6,7.

Tabel 3. *Data Rata-rata Nilai pH Udang*, semakin lama waktunya, maka nilai pH akan semakin meningkat. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa intensitas medan magnet bekerja pada daging udang. Ini mengindikasikan bahwa intensitas medan magnet yang diterapkan pada daging udang memberikan pengaruh terhadap pH. Kekuatan medan magnet yang bekerja pada daging udang dapat menjadi penyebab kenaikan nilai pH ini. pH daging udang dapat berubah sebagai akibat dari pengaruh medan magnet pada aktivitas enzim daging atau reaksi kimia lainnya.

Gelombang ELF dapat dimanfaatkan untuk ketahanan pangan, salah satunya yaitu ketahanan pangan daging. Mikroorganisme didefinisikan sebagai bahan paramagnetik dan diamagnetik yang mengandung sel hidup dan ion bermuatan (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, dan ion lainnya) yang menyerupai baterai kecil atau kutub magnet. Karakteristik makanan, seperti resistivitas atau ketebalannya, dan faktor proses, seperti waktu dan intensitas pemaparan, mempengaruhi seberapa berhasil pemaparan magnetik ELF menonaktifkan bakteri (Nur *et al.*, 2022). WHO mencatat bahwa paparan ELF dapat menyebabkan eksitabilitas pada sel saraf dan stimulasi saraf dan otot pada kekuatan tinggi, tetapi bukti yang ada menunjukkan bahwa gelombang ELF tidak menyebabkan masalah kesehatan jangka pendek secara langsung.

Di bawah pengaruh gaya magnet dan listrik, gelombang elektromagnetik bergerak di seluruh ruang angkasa. Energi magnetik dan listrik yang tidak terlihat oleh indera manusia bergabung membentuk medan elektromagnetik. Di mana pun arus mengalir, medan magnet dan listrik dihasilkan, dan medan magnet ELF tidak terhalang (Iswarani *et al.*, 2023). Ada beberapa jenis gelombang elektromagnetik yang dapat diidentifikasi berdasarkan frekuensinya masing-masing. Karena gelombang elektromagnetik merambat tanpa memerlukan medium, gelombang ini juga dikenal sebagai radiasi elektromagnetik (Elsavana *et al.*, 2022).

Bakteri pembentuk asam dapat mengalami perubahan dalam perkembangan dan reproduksinya dengan diperkenalkannya medan ELF (frekuensi sangat rendah). Kimestri (2015) yang menyatakan bahwa aktivitas metabolisme bakteri pembentuk asam dapat

dihambat oleh proses interaksi medan magnet dengan sel. Mekanisme ini berkaitan dengan bagaimana energi ditransfer dari medan magnet ke ion-ion di dalam sel bakteri selama proses pembentukan sel. Agar bakteri berbahaya dapat dibunuh dengan penerapan medan magnet ini, struktur protein sel harus rusak (Qumairoh *et al.*, 2021). Aplikasi medan magnet pada sel bakteri memiliki potensi untuk mengirimkan energi ke ion-ion di dalam sel. Ini dapat mengubah struktur atau fungsi ion-ion ini, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi proses metabolisme sel.

Integritas membran sel mikroorganisme dapat terganggu oleh gelombang elektromagnetik ELF (frekuensi sangat rendah), yang meningkatkan ketahanan daging, seperti bakteri dan jamur, yang menyebabkan kerusakan pada sel dan menghambat pertumbuhannya (Yulianto *et al.*, 2023). Gangguan ini dapat terjadi melalui berbagai mekanisme, seperti perubahan permeabilitas membran yakni Protein dan enzim penting yang terkandung di dalam sel dapat bocor keluar karena ELF, sehingga mengganggu fungsi sel. Depolarisasi membran yakni ELF dapat mengubah keseimbangan muatan listrik pada membran sel, sehingga mengganggu fungsi sel. Kerusakan fisik membran yakni ELF dapat menyebabkan kerusakan fisik pada membran sel, seperti robekan atau lubang. ELF dapat merangsang produksi senyawa antioksidan pada daging, seperti vitamin C dan enzim superoksida dismutase (SOD). Kerusakan daging dipercepat oleh senyawa antioksidan ini, yang melindungi daging dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas. ELF dapat mengubah aktivitas enzim yang terlibat dalam proses pembusukan daging, seperti protease dan lipase. Pengaturan aktivitas enzim ini dapat memperlambat proses pembusukan daging dan memperpanjang umur simpannya. Penting untuk dicatat bahwa penelitian tentang mekanisme kerja ELF terhadap ketahanan daging masih terus berlangsung dan masih banyak hal yang belum diketahui (Cormelia, 2023).

Pengelolaan medan magnet ELF pada makanan harus dilakukan secara teliti, agar tidak mengalami sesuatu yang buruk. Salah satunya mungkin mengalami proses pembusukan. Karena daging lembut, pH netral, dan mengandung banyak nutrisi. Daging merupakan lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan bakteri. Kimia dan potensial listrik membran sel dapat mempengaruhi kapasitas ion yang dilepaskan untuk bergerak melalui saluran protein dalam lingkungan bermuatan listrik. mirip dengan bagaimana perubahan biologis dalam pertumbuhan sel dapat ditimbulkan oleh medan magnet ELF (Fitria *et al.*, 2022).

SIMPULAN

Gelombang Elektromagnetik dapat membantu membunuh kuman dan bakteri pada daging. Daging dapat ditingkatkan daya tahannya dengan medan magnet ELF. Pembunuhan bakteri pada daging dilakukan jika Efek non-termal dihasilkan oleh pancaran energi rendah pada medan magnet ELF. Hal ini dapat mengubah perjalanan awal ion Ca^{2+} ekstraseluler yang lambat melalui membran sel menjadi lebih cepat. Ketika medan magnet diterapkan, kematian sel bakteri patogen dipengaruhi oleh rusaknya struktur sel sebagai akibat dari medan magnet oleh paparan ELF. Magnet ELF membantu meningkatkan keamanan produk pangan karena mereka mencegah bahkan menonaktifkan bakteri didalam daging. Penelitian menunjukkan bahwa ELF dapat meningkatkan aktivitas antioksidan, melindungi daging dari kerusakan oksidatif, mengurangi pertumbuhan bakteri, memperpanjang umur simpan daging, meningkatkan kualitas daging, meningkatkan kelembutan, juiciness, dan rasa daging. Karena

dampaknya yang tidak panas dan kemampuannya untuk mengawetkan ikan tanpa merusak nutrisi, pengawetan dengan medan magnet ELF merupakan salah satu teknik pengawetan ikan yang aman digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada dosen pengampu mata kuliah Agrofisika, Ibu Sudarti dan Bapak Kendid Mahmudi yang telah memberikan tugas ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, M. A. D., Tias, E. R. W., 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.
- Cormelia, C. (2023). *Pengaruh paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap pertumbuhan bakteri Escherichia coli, kadar protein, pH dan warna pada daging ayam* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Elsavana, N. I. D., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2022). Alternatif Pengawetan Ikan Pindang Layang (*Decapterus russelli*) Berbantuan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) Indikator pH (Derajat Keasaman). *Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapan*, 8(1), 48-56.
- Fitria, A., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2022). Pengaruh Paparan Medan Magnet Elf Intensitas 600 Mt Dan 1000 Mt Terhadap Perubahan Nilai Ph Pada Daging Ikan Lele (*Clarias SP.*). *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 8(1), 139-142.
- Gani, V. G., Swacita, I. B. N., & Agustina, K. K. (2022). Ketahanan Daging Kambing yang Disimpan pada Suhu Ruang. *Buletin Veteriner Udayana*, 14(5), 491-501.
- Iswardani, F. A., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Analisis Studi Literatur Pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik (ELF) Bagi Industri Pertanian. *Jurnal Sains Riset*, 13(1), 15-21.
- Munawaroh, W. (2022). Potensi paparan gelombang elektromagnetik extremely low frequency (elf) dalam meningkatkan ketahanan pangan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 17(2), 23-27.
- Nur, S. U. K., Sudarti, S., & Subiki, S. (2022). Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency (elf) terhadap derajat keasaman (ph) buah tomat. *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 8(1), 73-78.
- 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.
- Qumairoh, U., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2021). Pengaruh paparan medan magnet elf (Extremely Low Frequency) terhadap derajat keasaman (pH) udang vaname. *Jurnal Fisika Unand*, 10(1), 55-61.
- Rahayu, W., Sudarti, S., & Bektiarso, S. (2023). Analisis pH dan massa jenis ikan kembung setelah di papar medan magnet Extremely Low Frequency (ELF). *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 9(1), 42-47.

- Ramadhani, R. I., Anggraini, S. A., Puspitasari, W., ayu Anggraeni, F. K., & Prabandari, A. M. (2024). Pemanfaatan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Sebagai Uji Ketahanan Bahan Pangan Tape Ketan. *Jurnal Sains Riset*, 14(1), 35-41.
- Sari, L. D., Prihandono, T., & Sudarti, S. (2018). Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) 500 μ T dan 700 μ T Terhadap Derajat Keasaman (pH) Daging Ayam. *FKIP e-PROCEEDING*, 3(1), 195-199.
- Shabitna, F. S. (2023). Pemanfaatan Gelombang Elektromagnet Extremely Low Frequency (Elf) Dalam Ketahanan Pangan. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 2(4), 1037-1040.
- Sudarti, K. L., Permatasari, E., & Ningtyas, F. W. (2022). Analysis of Exposure to an Extremely Low Frequency (ELF) 700 μ T and 1000 μ T Magnetic Fields in Tuna Meat (*Euthynnus Affinis* C). *J. Sci. Sci. Educ*, 3(1), 36-44.
- Utoyo, E. B., Syahdilla, M. I., Ma'rif 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.
- Uswatun, U., & Sudarti, S. (2022). Potensi radiasi gelombang elektromagnetik extremely low frequency (elf) guna meningkatkan ketahanan usia simpan buah-buahan. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 7(2), 70-74.
- Yulianto, R. A., Azizah, S. Y. N. ., Rahmawati, N., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2023). Potensi Teknologi Kejut Listrik Pada Pengolahan Pangan Agroindustri. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 155-166. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i1.2733>