

# DOSIS EFEKTIF RADIASI MEDAN MAGNET ELF UNTUK MEMICU PERKEMBANGBIAKAN BAKTERI

Atika Yulandari<sup>1\*</sup>, Sudarti<sup>2</sup>, Yushardi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Pendidikan Fisika, Universitas Jember. Indonesia

\*Corresponding Author: [atikayulandari54@gmail.com](mailto:atikayulandari54@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengaruh dosis yang efektif yang digunakan dalam radiasi medan magnet *extremely low frequency* (ELF) terhadap pertumbuhan bakteri yang relevan dalam proses fermentasi makanan atau bahan pangan. Beberapa Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri tertentu seperti *salmonella thypimurium* dan *lactobacillus*, yang berperan penting dalam proses fermentasi makanan seperti tempe, keju, dan tape. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dengan teknik analisis data yaitu pemetaan artikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis atau intensitas yang tepat untuk medan magnet ELF dapat memicu perkembangbiakan bakteri yaitu intensitas 200  $\mu\text{T}$ , 300  $\mu\text{T}$ , dan 500  $\mu\text{T}$ . Intensitas tersebut juga bergantung terhadap lamanya paparan medan magnet ELF terhadap uji coba yang dilakukan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa medan magnet ELF dengan dosis dan durasi paparan yang tepat dapat memicu perkembangbiakan bakteri.

**Kata Kunci:** Medan Magnet, ELF, Dosis Efektif, Pertumbuhan Bakteri

## ABSTRACT

*This research discusses the effect of effective doses used in extremely low frequency (ELF) magnetic field radiation on the growth of bacteria that are relevant in the fermentation process of food or food ingredients. Some research results show that exposure to ELF magnetic fields can increase the growth of certain bacteria such as salmonella thypimurium and lactobacillus, which play an important role in the fermentation process of foods such as tempeh, cheese and tape. The research method used is a literature study with data analysis techniques, namely article mapping. The results showed that the right dose or intensity for the ELF magnetic field can trigger bacterial proliferation, namely intensities of 200  $\mu\text{T}$ , 300  $\mu\text{T}$ , and 500  $\mu\text{T}$ . The intensity also depends on the length of exposure to the ELF magnetic field on the trials conducted. So, it can be concluded that the ELF magnetic field with the right dose and duration of exposure can trigger bacterial proliferation.*

**Keywords:** magnetic field, ELF, effective dose, bacterial growth

## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang pesat merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dari zaman sekarang. Kemajuan teknologi telah membuat manusia terus menerus terpapar gaya listrik dan magnet (Djoyowasito et al., 2019). Gelombang elektromagnetik diciptakan oleh medan listrik dan magnet. Gelombang elektromagnetik dapat merambat melintasi ruang hampa karena tidak bergantung pada media tertentu untuk melakukannya. Radiasi dari sinar-X, sinar gamma, gelombang radio, dan sinyal televisi merupakan contoh gelombang elektromagnetik. Perangkat listrik yang memudahkan tugas kantor dan pendidikan, seperti komputer, TV, printer, dll, hal ini merupakan benda sehari-hari yang paling umum memancarkan gelombang elektromagnetik. Namun, di masa sekarang mirip dengan gelombang elektromagnetik (Jumingin et al., 2022).

Radiasi dari gelombang elektromagnetik dapat berkisar dari frekuensi yang sangat rendah (sinar gamma) hingga frekuensi tinggi (elektromagnetik) dan segala sesuatu di antaranya (Kanza et al., 2020). Gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi nol hingga tiga ratus hertz dikenal sebagai gelombang frekuensi sangat rendah (ELF). Untuk berkomunikasi dengan kapal selam yang berada di bawah air, Angkatan Laut Amerika Serikat memanfaatkan gelombang ELF. Kapal selam terlindung dari sebagian besar komunikasi elektromagnetik karena air asin dapat menghantarkan listrik. Medan listrik dan magnet di sekitar manusia seringkali tidak terlihat oleh indera manusia hingga kekuatannya sangat tinggi, hal ini hanya dialami oleh individu yang paling sensitif. Di sisi lain, sinyal ELF mungkin menembus lebih dalam (Rahman & Sudarti, 2021). Akan tetapi di zaman sekarang banyak manfaat yang bisa diperoleh dari penggunaan gelombang elektromagnetik ELF salah satunya yaitu untuk ketahanan pangan dengan cara meningkatkan pH pangan yang dapat menghambat maupun memicu pertumbuhan bakteri seperti proses fermentasi makanan.

Medan elektromagnetik (ELF) adalah sejenis radiasi non-pengion karena spektrum gelombang elektromagnetiknya memiliki frekuensi di bawah 300 Hz. Radiasi non-pengion, termasuk radiasi infra merah dan gelombang mikro, ini merupakan radiasi elektromagnetik yang tidak memiliki energi yang diperlukan untuk mengionisasi (Kamila & Sudarti, 2022). Akibat getaran medan listrik dan magnet yang tegak lurus dengan arah pancarannya, maka timbullah gelombang elektromagnetik (Nur et al., 2022). Gelombang elektromagnetik dapat merambat tanpa memerlukan medium, sehingga disebut dengan radiasi elektromagnetik. Terdapat perbedaan karakteristik antara kedua komponen gelombang elektromagnetik. Medan listrik mudah dihalangi sehingga intensitasnya akan berkurang jika dihalangi oleh benda. Sementara itu, Medan magnet mempunyai sifat yang tidak mudah terhalang sehingga mampu menembus hampir seluruhnya materi (Lutfiyah et al., 2022). Medan magnet mempunyai sifat mampu menembus apapun material, baik yang berupa pelat, material padat, penampang dan lain sebagainya. Sementara itu, Listrik lapangan memerlukan suatu media untuk merambatkan sumber arus (Cahyono et al., 2023).

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian ilmiah mulai menaruh perhatian pada potensi pengaruh gelombang elektromagnetik ELF pada pertumbuhan bakteri. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa paparan ELF dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri tertentu, sementara penelitian lain menunjukkan efek sebaliknya. Konklusi riset yang dilaksanakan oleh Sudarti (2016) menunjukkan kelayakan penggunaan radiasi medan magnet ELF untuk sterilisasi *Salmonella typhimurium* pada piring gado-gado. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa paparan 646,7  $\mu\text{T}$  selama 30 menit sudah cukup untuk menurunkan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhimurium* sebesar 56%, sedangkan Sudarti et al (2022) menetapkan bahwa medan magnet ELF 350  $\mu\text{T}$  dapat meningkatkan perkembangan laktobasilus selama fermentasi kopi dengan menggunakan medan magnet frekuensi rendah. Paparan medan magnet ELF 300  $\mu\text{T}$  selama 45 menit dapat merangsang perkembangan kultur bakteri laktobasilus, menurut penelitian lain juga (Sudarti et al., 2020).

Penelitian ini memberikan pengetahuan dan inspirasi untuk memanfaatkan medan magnet ELF sebagai terobosan baru untuk teknologi aktivasi bakteri yang berguna untuk mempertahankan kualitas pangan. Dampak paparan medan magnet ELF tidak bersifat linier, melainkan bergantung pada karakteristik sampai paparan lebih dari 500  $\mu\text{T}$  yang dapat merusak kultur sel. Oleh karena itu, mengingat tidak ada ketentuan mengenai dosis yang tepat untuk pertumbuhan bakteri maka penelitian ini sebagai alternatif solusi dapat memberikan informasi dosis yang tepat dan efektif untuk medan ELF dalam proses peningkatan kualitas pangan khususnya melalui peningkatan perkembangbiakan bakteri. Menanggapi permasalahan tersebut, peneliti menyarankan penelitian dengan judul kerja “Dosis Efektif Radiasi Medan Magnet ELF untuk Memicu Perkembangbiakan Bakteri.”

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dari 20 artikel sebagai sumber utama data. Artikel tersebut tersebut dipilih dari 12 jurnal nasional dan 8 jurnal internasional berdasarkan relevansi dengan topik penelitian, kualitas metodologi, dan kredibilitas sumber. Artikel yang diambil yaitu dari jurnal yang terbit 10 tahun terakhir dengan rentang waktu dari tahun 2018 sampai tahun 2023. Sumber literatur yang diambil juga bersumber dari jurnal yang sudah terindeks Sinta dan Scopus. Pemetaan artikel merupakan strategi analisis data yang digunakan berbantuan aplikasi AI yaitu Humata. Sebagian besar informasi didasarkan pada eksperimen yang menggunakan medan magnet ELF untuk membantu mikroorganisme dalam proses fermentasi. Peneliti membaca secara cermat setiap jurnal dan mengekstrak informasi penting seperti latar belakang penelitian, metodologi, hasil penelitian, dan kesimpulan. Informasi yang diekstrak kemudian dianalisis dan disintesis untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif tentang topik penelitian. Peneliti juga mengidentifikasi kesenjangan dan inkonsistensi dalam literatur yang ada, dan menggunakan temuan tersebut untuk merumuskan pertanyaan penelitian baru atau menyempurnakan teori yang telah ada.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini, untuk memperoleh dosis medan magnet ELF yang tepat untuk memicu perkembangbiakan bakteri maka dilakukan analisis medan magnet ELF terhadap beberapa jenis bakteri yang digunakan serta melihat hasil uji kualitas fermentasi dari berbagai pangan seperti susu, keju, tape singkong, tape ketan, tempe, yoghurt, kopi. Data yang diperoleh berdasarkan 9 artikel yang relevan dari 20 artikel yang penulis review.

Table 1. *Dosis Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) untuk Memicu Perkembangan Bakteri*

Jenis Sasaran	Intensitas Paparan Medan Magnet ELF	Durasi Paparan
Bakteri E.Coli	50 Hz	2 jam dan 4 jam
Lactobacillus	300 $\mu$ T	45 menit
Lactobacillus acidophilus	0,2 mT	5 menit
S. thermophilus, L. lactis, dan L. acidophilus	100 $\mu$ T dan 300 $\mu$ T	5, 15, 25, 35, dan 45 menit
Bakteri Salmonella	300 $\mu$ T dan 500 $\mu$ T	120 menit
Bakteri pada Fermentasi Tempe	200 $\mu$ T	90 menit
Bakteri pada Fermentasi Tape Ketan	500 $\mu$ T	24 jam
Bakteri Susu Fermentasi	200 $\mu$ T	45 menit
Bakteri pada Fermentasi Tape Singkong	300 $\mu$ T	30 menit
Bakteri pada Fermentasi Tape	500 $\mu$ T	72 jam
Bakteri pada Fermentasi Tape Singkong	300 $\mu$ T	60 menit

Hasil uji coba dan penelitian yang dilakukan oleh Chen et al (2019) yang bertujuan untuk mengevaluasi efek medan elektromagnetik frekuensi sangat rendah (ELF-EMF) terhadap pertumbuhan bakteri E. coli. Penelitian ini menemukan bahwa frekuensi di bawah 100 Hz, khususnya 50 Hz, memiliki dampak yang signifikan dalam mendorong pertumbuhan E. coli. Penelitian ini juga mencatat bahwa efeknya bergantung pada waktu, dengan peningkatan laju pertumbuhan dalam waktu 2 jam setelah terpapar 50 Hz, diikuti dengan penurunan setelah 4 jam. Selain itu, penelitian ini tidak mengamati efek tidak langsung dari ELF-EMF pada bakteri melalui paparan media pertumbuhan atau air saja. Temuan ini berimplikasi pada proses fermentasi kimia dan menimbulkan kekhawatiran tentang keamanan frekuensi ini pada sistem biologis.

Berdasarkan konklusi riset yang dilaksanakan oleh Sudarti et al (2020) menunjukkan peningkatan yang signifikan secara statistik pada populasi Lactobacillus pada kelompok eksperimen dibandingkan dengan kelompok kontrol. Sampel yang diberi medan magnet ELF selama 45 menit dengan intensitas 300  $\mu$ T mencapai populasi maksimumnya. Tidak ada perubahan lebih lanjut yang terlihat pada pH keseluruhan selama fermentasi. Stimulasi optimal proses fermentasi kopi luwak buatan dengan paparan medan magnet ELF 300  $\mu$ T dapat memaksimalkan tingginya pertumbuhan Lactobacillus. Studi ilmiah telah menunjukkan hal itu, bahwa fermentasi berbasis radiasi medan magnet ELF dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi fermentasi. Penelitian lain juga menunjukkan karakteristik kimia dan mutu kopi Luwak Robusta terfermentasi oleh ragi Luwak dan  $\alpha$ -Amylase. Selain itu, beberapa penelitian telah menyelidiki fermentasi kafein dalam kopi menggunakan bakteri yang diekstraksi dari kotoran Luwak.

Berdasarkan penelitian Tirono (2022), penelitian tersebut menemukan bahwa pertumbuhan optimum bakteri *Lactobacillus acidophilus* terjadi pada sampel yang terpapar pada kerapatan fluks magnetik (MFD) sebesar. Pemaparan melibatkan medan magnet yang berubah-ubah dengan frekuensi 50 Hz dan nilai MFD 0,1 mT, 0,2 mT, dan 0,3 mT untuk waktu pemaparan yang bervariasi. Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan bakteri yang optimal terjadi pada sampel yang dipaparkan MFD sebesar 0,2 mT selama 5 menit. Sementara itu, paparan MFD 0,3 mT selama 15 menit mulai menekan pertumbuhan bakteri. Sementara itu, paparan MFD 0,2 mT selama 5 menit menghasilkan pH terendah dan kadar asam laktat tertinggi dalam susu. Jumlah koloni *Lactobacillus acidophilus* pada sampel susu berbanding terbalik dengan pH dan konsentrasi asam laktatnya.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sudarti et al (2018) untuk mengetahui seberapa besar medan magnet ELF yang diperlukan untuk merangsang perkembangan bakteri *S. thermophilus*, *L.lactis*, dan *L. acidophilus*. Intensitas 100  $\mu$ T dan 300  $\mu$ T digunakan untuk pemaparan 5, 15, 25, 35, dan 45 menit. Penting untuk aktivasi bakteri ini dalam pembuatan krim keju, temuan ini menunjukkan bahwa medan magnet ELF intensitas rendah dapat meningkatkan pertumbuhan sel. Temuan ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai dosis yang efektif untuk paparan medan magnet ELF dalam proses pematangan keju krim dan dampaknya terhadap kematian bakteri patogen selama pembuatan keju. Penelitian ini memberikan wawasan tentang manfaat medan magnet ELF sebagai temuan teknologi dalam mengaktifkan bakteri asam laktat untuk produksi keju, yang berpotensi mengatasi masalah yang berkaitan dengan pertumbuhan bakteri yang optimal dan kualitas keju yang dihasilkan. Sehingga penelitian ini menyoroti potensi medan magnet ELF untuk meningkatkan pertumbuhan bakteri tertentu yang penting untuk produksi keju krim.

Konklusi yang dilaksanakan oleh Sudarti et al (2022) menunjukkan bahwa populasi bakteri *Salmonella* secara signifikan lebih rendah pada udang *vannamei* yang terpapar medan magnet ELF sebesar 500  $\mu$ T, sedangkan populasi bakteri *E.Coli* meningkat secara signifikan pada udang yang terpapar medan magnet ELF sebesar 300  $\mu$ T dan 500  $\mu$ T dibandingkan pada kelompok kontrol. Udang yang terpapar medan magnet ELF 500  $\mu$ T selama 120 menit menunjukkan indikator kelangsungan hidup yang lebih baik seperti warna, bau, dan tekstur dibandingkan dengan udang yang disimpan secara alami. Namun, intensitas yang sama kurang efektif dalam menekan pertumbuhan bakteri *E.Coli*.

Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Azizah et al (2022) menunjukkan bahwa dengan memberikan tempe medan magnet ELF berkekuatan 200  $\mu$ T selama 90 menit, nilai pH dapat terpengaruh selama fermentasi. Nilai pH yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen yang dipaparkan medan magnet ELF dibandingkan dengan kelompok kontrol menunjukkan bahwa medan magnet ELF mempunyai pengaruh yang baik terhadap fermentasi tempe. Paparan medan magnet ELF dengan intensitas sebesar 200  $\mu$ T juga terbukti dapat mempengaruhi pertumbuhan sel dan meningkatkan kinerja mikroba dalam proses fermentasi tempe, sehingga hasil fermentasi menjadi lebih optimal.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Faridawati et al (2023) Setelah dipaparkan pada kekuatan medan magnet ELF 500  $\mu$ T selama 24 jam, pH tape ketan meningkat selama fermentasi. Selain itu, nilai pH susu fermentasi dapat ditingkatkan dengan paparan medan magnet ELF dengan kekuatan 200  $\mu$ T selama 45 menit. Dengan kata lain, dengan menjaga

atau meningkatkan nilai pH makanan, fermentasi dapat dilakukan lebih baik dengan memaparkannya pada medan magnet ELF.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sari et al (2018) setelah 30 menit dipaparkan dengan medan magnet ELF intensitas 300  $\mu\text{T}$ , pH pita singkong agak menurun sehingga daya tahannya meningkat. Hal ini juga berpengaruh pada kualitas rasa, tekstur, dan aroma tape singkong, dengan nilai pH yang stabil menghasilkan rasa manis, sedangkan penurunan pH yang signifikan menghasilkan rasa asam dan aroma alkohol. Pada kelompok kontrol, pH tape singkong menjadi sangat masam setelah 72 jam, dengan rasa pahit dan tekstur lembek berair. Sementara pada kelompok eksperimen, pH tape singkong lebih stabil dengan sedikit rasa manis dan aroma alkohol yang tidak terlalu kuat. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa nilai pH dipengaruhi oleh paparan medan magnet ELF dan sifat organoleptik tape singkong, dengan pH yang stabil menghasilkan kualitas tape yang lebih baik.

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian yang dilakukan oleh Firdausi et al (2023) menunjukkan bahwa makanan, seperti tape, laju fermentasinya mungkin dipengaruhi oleh paparan medan magnet ELF pada kekuatan frekuensi tertentu. Nilai pH pada pita mungkin dipengaruhi oleh intensitas frekuensi dan lama paparan ELF; cara paling efisien untuk memulai perkembangan bakteri penyebab pembusukan adalah dengan memaparkan selotip pada suhu 500  $\mu\text{T}$  selama 72 jam.

Berdasarkan hasil penelitian Magfirah et al (2022) Nilai pH rata-rata selama proses fermentasi tape singkong kemungkinan dipengaruhi oleh paparan medan magnet ELF. Pertumbuhan mikroba mempengaruhi nilai pH yang naik dan turun seiring dengan itu. Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa kedua kelompok berbeda secara statistik satu sama lain. Sebuah penelitian menemukan bahwa cara paling efektif untuk mempengaruhi pertumbuhan mikroba dan pembuatan tape singkong manis adalah dengan memaparkan organisme tersebut pada medan magnet ELF dengan intensitas 300  $\mu\text{T}$  selama 60 menit.

## **SIMPULAN**

Dari pemaparan yang ada maka dapat disimpulkan bahwa medan elektromagnetik frekuensi sangat rendah (ELF-EMF) memiliki efek yang beragam pada pertumbuhan bakteri, tergantung pada frekuensi, intensitas, dan durasi paparan. Intesitas paparan medan magnet ELF yang digunakan untuk memicu perkembangbiakan bakteri terutama pada produk fermentasi memiliki beberapa dosis dan bergantung durasi paparannya. Namun, dari data yang diperoleh peneliti berdasarkan studi literatur diperoleh bahwa rentan yang mampu memicu perkembangbiakan bakteri ada di intensitas 200  $\mu\text{T}$ , 300  $\mu\text{T}$ , dan 500  $\mu\text{T}$ .

Dalam hal meningkatkan kualitas fermentasi makanan dan mengendalikan perkembangan bakteri, penelitian ini menunjukkan bahwa medan magnet ELF mungkin merupakan instrumen yang efisien. Untuk memaksimalkan pemanfaatan ELF-EMF dalam aplikasi industri dan untuk memahami proses di balik pengaruhnya terhadap bakteri, diperlukan penelitian tambahan sehingga dapat menjadi bahan rujukan penelitian selanjutnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Sejumlah orang dan organisasi memberikan bantuan penting sehingga studi ini dapat dilaksanakan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Sudarti, M.Kes. dan Dr. Yushardi, S.Si., M.Si. atas bantuan, arahan, dan rekomendasinya yang tak ternilai harganya selama penelitian dan produksi penelitian ini. Kedua dosen tersebut mengajar mata kuliah Fisika Lingkungan. Artikel ini tidak akan selesai dengan baik tanpa nasihatnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, M. N., Sudarti, S., & Bektiarso, S. (2022). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) 200 Mt Dan 300 Mt Terhadap Ph Dalam Proses Fermentasi Tempe. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 8(1), 28–34.
- Cahyono, A. D., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2023). Analisis Radiasi Medan Magnet Peralatan Elektronik Rumah Tangga Terhadap Kesehatan. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 9(1), 73–78.
- Chen, Y., Cai, Z., Feng, Q., Gao, P., Yang, Y., Bai, X., & Tang, B. Q. (2019). Evaluation of the extremely low-frequency electromagnetic field (ELF-EMF) on the growth of bacteria Escherichia coli. *Cogent Biology*, 5(1), 1–11.
- Djoyowasito, G., Ahmad, A. M., Lutfi, M., & Maulidiyah, A. (2019). Pengaruh Induksi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica Juncea L). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 7(1), 8–19.
- Faridawati, D., Maulida, R. Y., & Sudarti. (2023). Potensi Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) Untuk Terapi Diabetes. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 5(2), 199–204.
- Firdausi, Z. El, Sudartib, & Yushardi. (2023). *Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency ( ELF ) dalam Proses Fermentasi Tape*. 2(4), 211–216.
- Jumingin, Atina, Iswan, J., Haziza, N., & Ashari, B. (2022). Radiasi Gelombang Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Peralatan Listrik Di Lingkungan Universitas PGRI Palembang. *Journal Online of Physics*, 7(2), 48–53.
- Kamila, B. S., & Sudarti. (2022). Potensi Pemanfaatan Radiasi Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Pada Proses Germinasi. *Jurnal Sains Agro*, 7(2), 136–143.
- Kanza, N. R. F., Sudarti, S., & Maryani, M. (2020). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap pH Dan Daya Hantar Listrik Pada Proses Fermentasi Basah Kopi Liberika (Coffea Liberica) Dengan Penambahan  $\alpha$ -Amilase. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 315–321.
- Lutfiyah, I., Sudarti, & Bektiarso, S. (2022). Digital Repository Universitas Jember Digital Repository Universitas Jember. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(1), 143–149.
- Magfirah, S., Prihandono, T., & Sudarti, D. (2022). Analisis Perubahan pH pada Proses Pematangan Tape Singkong Paparan Medan Magnet ELF Intensitas 100 $\mu$ T, 200  $\mu$ T dan 300 $\mu$ T. *Sainteks: Jurnal Sain Dan Teknik*, 4(2), 163–170.
- Nur, S. U. K., Sudarti, & Subiki. (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.
- Rahman, R. A., & Sudarti. (2021). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap pH Roti Tawar. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 2(2), 62–66.
- Sari, I. K., Sudarti, & Prastowo, S. H. B. (2018). Aplikasi Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap Nilai Derajat Keasaman (pH) Tape Singkong. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018*, 3(2), 19–25.
- 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.
- Sudarti, Prihandono, T., Yushardi, Y., Ridlo, Z. R., & Kristinawati, A. (2018). Effective Dose Analysis of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Exposure to Growth of *S. Termophilus*, *L. Lactis*, *L. Acidophilus* Bacteria. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 432(1), 1–11.
- Sudarti, Qumairoh, U., & Prihandono, T. (2022). The Effectiveness of Exposure To Magnetic Fields Of Extremely Low Frequency 300T And 500T in Inhibiting The Proliferation of Pathogenic Bacteria to Increase Physical Resistance of Vannamei Shrimp. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165, 1–12.
- Sudarti, S., Bektiarso, S., Harijanto, A., Yushardi, Y., Prihandono, T., & Sumardi, S. (2022). Fermentation Method With the Help of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Radiation to Support Luwak Coffee Superior Products In Sidomulyo Village, Silo District, Jember Regency, East Java. *Unram Journal of Community Service*, 3(2), 73–76.
- Sudarti, S., Bektiarso, S., Prastowo, S. H. B., Prihandono, T., Maryani, & Handayani, R. D. (2020). Optimizing Lactobacillus Growth In The Fermentation Process Of Artificial Civet Coffee Using Extremely-Low Frequency (ELF) Magnetic Field. *Journal of Physics: Conference Series*, 1465(1), 1–6.
- Tirono, M. (2022). The Application Of Extremely Low-Frequency (ELF) Magnetic Fields To Accelerate The Growth Of Lactobacillus Acidophilus Bacteria And The Milk Fermentation Process. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment*, 21(1), 31–38.