

## RESIKO PAPARAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF) TERHADAP PERBEDAAN GENETIK PERKEMBANGBIAKAN HEWAN

Devi Fionita Saragih<sup>1)</sup>, Jessica Dwi Putri<sup>2)</sup>, Firdha Kusuma Ayu Anggraeni<sup>3)</sup>,  
Kendid Mahmudi<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>E-mail: [fionitadevi@gmail.com](mailto:fionitadevi@gmail.com)

<sup>2)</sup>E-mail: [Jessicadwiputri@gmail.com](mailto:Jessicadwiputri@gmail.com)

<sup>3)</sup>E-mail: [firdhakusuma@unej.ac.id](mailto:firdhakusuma@unej.ac.id)

<sup>4)</sup>E-mail: [kendidmahmudi.fkip@unej.ac.id](mailto:kendidmahmudi.fkip@unej.ac.id)

<sup>1),2),3),4)</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember

### ABSTRACT

*The energy in ELF electromagnetic waves is the propagation of electric and magnetic fields in the form of sinusoidal waves with a frequency of 0 – 300 Hz. Electromagnetic waves have significant advantages and disadvantages. Meanwhile, if seen from another point of view, it turns out that the losses or risks if we continue to use electromagnetic waves are the fatal impacts that could occur, including changes in gene expression, DNA damage, and other impacts. others that can affect animal breeding, and many more. This risk can not only occur in humans, even plants or even animals can feel the negative impact of using or implementing the development of electromagnetic waves. The method used is reviewing articles from 12 journals that have been selected over a period of 10 years. Based on information from several sources that we have obtained, we have obtained results magnitude information and thoroughly assess the support for the hypothesis that long-term exposure to 50 Hz magnetic fields is a significant risk factor for neoplastic development as well as genetic differences and animal fertility. The result of this writing is the magnitude of the risk or impact resulting from direct exposure to electromagnetic waves (ELF) which will result in genetic influences and the development of the health of the exposed animal, this is due to the wave rays forcibly penetrating the DNA structure of the exposed animal*

**Keywords:** *Electromagnetic Waves; ELF; Risk; Genetics; Animal.*

### ABSTRAK

Energi pada gelombang elektromagnetik ELF adalah rambatan medan listrik dan medan magnet dalam bentuk gelombang sinusoidal pada frekuensi 0 – 300 Hz. Gelombang elektromagnetik memiliki kelebihan dan kekurangan secara signifikan. Sedangkan jika dilihat dari sudut pandang lainnya, ternyata kekurangan atau resiko apabila kita terus memanfaatkan penggunaan gelombang elektromagnetik akan ada dampak fatal yang bisa terjadi di antaranya perubahan dalam ekspresi gen, kerusakan DNA, dan efek-efek lainnya yang dapat memengaruhi perkembangbiakan hewan, dan masih banyak lagi. Resiko ini dapat terjadi bukan hanya kepada manusia saja tetapi tumbuhan atau bahkan hewan sekalipun dapat merasakan dampak negatif penggunaan atau pengaplikasian perkembangan gelombang elektromagnetik. Metode yang digunakan yaitu merivew artikel dari 12 jurnal yang telah diseleksi dengan rentang waktu 10 tahun. Tujuan dari penulisan ini yaitu menggali informasi serta megupas tuntas tentang dukungan hipotesis bahwa paparan medan magnet 50 Hz dalam jangka panjang merupakan faktor risiko yang signifikan terhadap perkembangan neoplastik maupun perbedaan genetik dan kesuburan hewan. Berdasarkan dari informasi beberapa sumber yang telah kami dapatkan, memperoleh hasil yaitu

besarnya resiko atau dampak yang diakibatkan dari adanya paparan gelombang elektromagnetik (ELF) secara langsung yang akan mengakibatkan pengaruh genetik dan perkembangan kesehatan hewan yang terpapar, hal ini diakibatkan sinar gelombang yang menerobos masuk secara paksa terhadap struktur DNA hewan yang terkena paparan.

**Kata Kunci:** Gelombang Elektromagnetik; ELF; Resiko; Genetik; Hewan.

## PENDAHULUAN

Gelombang merupakan gejala rambatan gangguan dalam suatu bidang. Hal ini tidak melibatkan perubahan lokasi secara permanen. Penyebaran defleksi adalah penyebaran energi. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi secara tidak sengaja telah menekan penciptaan sarana pengiriman dan penerimaan perintah melalui gelombang. Tanpa disadari, banyak makhluk di bumi yang menggunakan gelombang, antara lain yaitu sinar matahari, senar gitar, gelombang laut, kebisingan jalanan, maupun gelombang radio yang dipancarkan dari seluruh penjuru (Iswardani et al., 2023).

Gelombang elektromagnetik merambat dari satu ruang ke ruang lain melalui medan listrik atau magnet yang berubah seiring waktu. Difusi ini dapat terjadi meskipun tidak ada material di dekatnya. Selain itu, kombinasi osilasi antara medan magnet dan listrik mempercepat muatan. Percepatan ini menghasilkan radiasi yang disebut radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik sendiri terbagi menjadi dua area *ELF* (frekuensi sangat rendah) dan *EHF* (frekuensi sangat tinggi) (Khoiriyah et al., 2022). Gelombang elektromagnetik frekuensi sangat rendah merupakan spektrum gelombang elektromagnetik dengan frekuensi berkisar antara 0 hingga 300 Hz (Rahman & Sudarti, 2021). Medan yang dihasilkan menyebar ke seluruh lingkungan dan menimbulkan pencemaran. Seberapa berbahayanya, terutama pada frekuensi rendah atau disebut frekuensi sangat rendah, masih menjadi perdebatan (Munawaroh & Sudarti, 2022). Medan listrik memiliki sifat terhalang, yang berarti ketika suatu benda menghalanginya, intensitas medan listriknya berkurang. Medan magnet memiliki sifat tidak mudah terhalang dan mudah menembus benda. Radiasi yang dipancarkan oleh gelombang elektromagnetik diklasifikasikan berdasarkan frekuensi dan panjang gelombang (Sulistiyowati, 2023 et al., n.d.). Frekuensi yang dimiliki oleh medan magnet elektromagnetik yaitu kurang dari 300 Hz dan termasuk ke dalam radiasi non pengion. (Qumairoh et al., 2021).

Radiasi adalah semua jenis energi yang dihantarkan tanpa medium perantara. Energi radiasi tersebut umumnya berupa gelombang, biasanya berupa gelombang sinusoidal. Pada televisi, radio dan ponsel terdapat transmitter yang mengubah suara menjadi gelombang sinusoidal kontinu, yang kemudian dipancarkan keluar melalui antena dan berfluktuasi melalui udara. Gelombang-gelombang inilah yang menimbulkan radiasi elektromagnetik (Seniari &

Dharma. S, 2021). Radiasi medan elektromagnetik terdiri dari 2 jenis, yaitu radiasi ionisasi dan radiasi nonionisasi. Radiasi ionisasi merupakan radiasi elektromagnetik yang tidak cukup energi untuk ionisasi, seperti radiasi inframerah dan gelombang mikro (Shoofa Kamila & Sudarti, 2022).

Hampir semua makhluk hidup setiap hari terpapar medan magnet infrasonik yang berdampak pada tubuh makhluk hidup, terutama manusia dan hewan (Fajri et al., 2015). Penelitian menunjukkan bahwa paparan medan elektromagnetik dapat menimbulkan berbagai efek pada organisme hidup, termasuk hewan. Tujuan dari penulisan ini secara garis besar, dapat digaris bawahi digunakan untuk mendukung hipotesis bahwa paparan medan magnet 50 Hz dalam jangka panjang merupakan faktor risiko yang signifikan terhadap perkembangan neoplastik maupun perbedaan genetik dan kesuburan hewan. Beberapa penelitian menemukan bahwa paparan medan elektromagnetik dapat menyebabkan perubahan genetik pada hewan. Perubahan genetik ini dapat mempengaruhi perkembangan dan kesehatan hewan, bahkan dapat diturunkan kepada keturunannya.

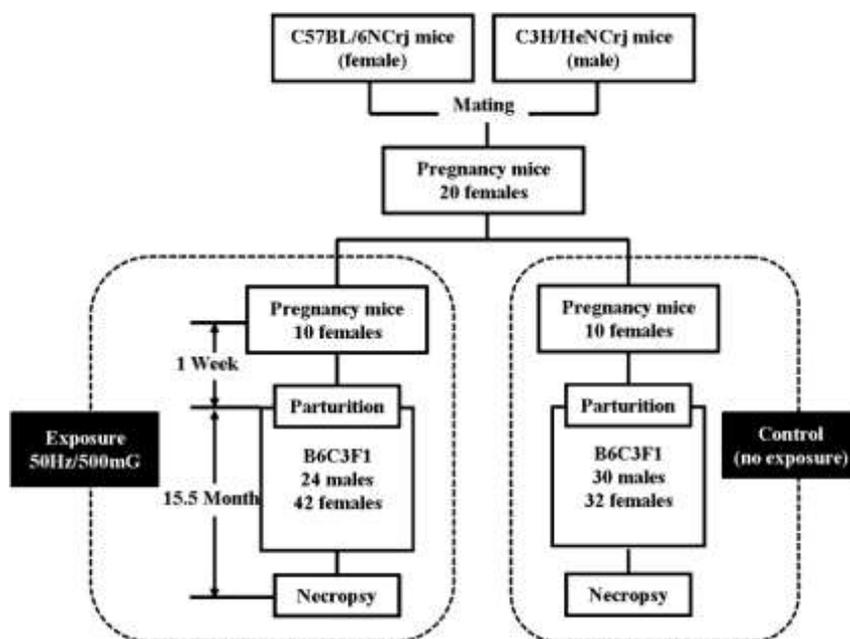
## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam menggali dan mengumpulkan data serta informasi fakta tentang Resiko Paparan Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency *ELF* Terhadap Perbedaan Genetik dengan rentang waktu 10 tahun dan merivew artikel dari 12 jurnal yang telat diseleksi. Sedangkan metode Summarize sendiri adalah metode review jurnal dengan menulis kembali sumbernya dengan kalimat sendiri. Jika dilihat dari sudut pandang lain literatur review dengan pendekatan review jurnal merupakan metode yang digunakan oleh penulis. Metode ini dapat dilakukan dengan cara menganalisis data dan hasil yang diperoleh pada artikel berdasarkan tema yang diambil oleh penulis yaitu sifat fisik dan pelepasan dari sediaan tablet floating menurut (*Prof. Dr. Harrizul Rivai, M.S. Guru Besar Kimia Farmasi Fakultas Farmasi, Universitas Andalas*). Dimana hasil data yang diperoleh secara garis besar menjelaskan bahwa resiko dari paparan gelombang elektromagnetik *ELF* memiliki dampak buruk yang cukup signifikan terhadap perkembangan genetic maupun pertumbuhan pada hewan. Hal ini dapat melibatkan penilaian terhadap risiko-risiko potensial bagi kesehatan manusia dan lingkungan akibat paparan medan elektromagnetik *ELF* yang berdampak pada perkembangbiakan hewan, untuk mengevaluasi dampak paparan medan elektromagnetik *ELF* pada genetika perkembangbiakan hewan. Temuan-temuan ini dapat mencakup perubahan dalam ekspresi gen, kerusakan DNA, dan efek-efek lainnya yang dapat memengaruhi perkembangbiakan hewan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Paparan medan elektromagnetik Extremely Low Frequency *ELF* dapat memiliki berbagai dampak pada perbedaan genetik dalam perkembangbiakan hewan. Berikut adalah penjelasan rinci tentang risiko paparan medan elektromagnetik *ELF* terhadap perbedaan genetik dalam perkembangbiakan hewan, hewan memiliki fleksibilitas genetik sehubungan dengan filamen yang diinduksi secara elektromagnetik *ELF*, yang dapat mengakibatkan perubahan pada struktur dan fungsi gen hingga filamen yang diinduksi secara elektromagnetik *ELF* dapat mengakibatkan perubahan pada struktur dan fungsi gen. Hal ini dapat bervariasi antara individu paus dan spesies paus yang memiliki karakteristik berbeda.

Perubahan dalam ekspresi gen merupakan salah satu dampak dari gaya medan elektromagnetik kekuatan *ELF*. *ELF* dapat memodifikasi gen yang pada gilirannya dapat mempengaruhi pertumbuhan dan fungsi folikel rambut. Perkembangbiakan dan proses biologis lainnya dapat terkena dampak negatif akibat perubahan ekspresi gen ini. Kerentanan Genetik: Hewan memiliki kerentanan genetik terhadap paparan medan elektromagnetik *ELF* yang dapat mengakibatkan perubahan dalam struktur dan fungsi gen. Kerentanan ini dapat bervariasi antara individu hewan dan spesies hewan yang berbeda.



1.1 Diagram Tahap Percobaan Pada Hewan Tikus

Perubahan Ekspresi Gen, salah satu efek paparan medan elektromagnetik *ELF* adalah perubahan dalam ekspresi gen. Medan elektromagnetik *ELF* dapat mengubah cara gen diekspresikan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi perkembangan dan fungsi sel-sel hewan. Perubahan dalam ekspresi gen ini dapat memengaruhi banyak proses biologis, termasuk perkembangbiakan.

Kerusakan DNA, paparan medan elektromagnetik *ELF* juga dapat menyebabkan kerusakan pada DNA hewan. Ini dapat terjadi melalui berbagai mekanisme, termasuk terjadinya patah atau mutasi pada rantai DNA. Kerusakan DNA dapat mengganggu stabilitas genom hewan dan menyebabkan perubahan genetik yang dapat diwariskan kepada keturunan. Perubahan struktur kromosom, medan elektromagnetik *ELF* juga dapat menyebabkan perubahan dalam struktur kromosom hewan. Ini dapat terjadi melalui proses seperti perubahan dalam distribusi kromosom selama pembelahan sel atau kerusakan pada kromosom yang menyebabkan pergeseran atau hilangnya bagian kromosom. Dampak pada fertilitas dan keseimbangan populasi, perbedaan genetik yang dihasilkan oleh paparan medan elektromagnetik *ELF* dapat mempengaruhi fertilitas hewan dan keseimbangan populasi. Perubahan genetik yang signifikan dalam populasi hewan dapat mengarah pada penurunan fertilitas atau kelangsungan hidup keturunan, yang pada gilirannya dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.

Hasil data yang diperoleh diambil dari percobaan pada hewan jenis tikus. Perubahan berat badan dan berbagai organ pada tikus B6C3F1. Terdapat perbedaan bermakna berat badan mencit antara kelompok paparan dan kontrol. Berat badan laki-laki pada kelompok terpapar meningkat 6 hingga 15,5 hari dibandingkan kelompok kontrol. Secara signifikan sebulan, berat badan perempuan pada kelompok yang terpapar berkurang secara signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol dari usia 4 hingga 14 bulan ( $P < 0,01$ ). Bobot berbagai organ mencit pada kelompok paparan dan kontrol. Berat hati kelompok yang terpapar menurun secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Berat testis mencit pada kelompok paparan EMF ( $0,11 \pm 0,021$  g) mengalami penurunan yang signifikan ( $P < 0,01$ ) dibandingkan dengan mencit pada kelompok kontrol ( $0,12 \pm 0,030$  g). Namun, ketika kedua kelompok tikus distandarisasi berdasarkan rata-rata berat badannya (50 g), berat testis tidak berbeda nyata antara kelompok yang terpapar dan kelompok kontrol.

Gelombang elektromagnetik merambat dari satu ruang ke ruang lain melalui medan listrik atau magnet yang berubah seiring waktu. Difusi ini dapat terjadi meskipun tidak ada material di dekatnya. Selain itu, kombinasi osilasi antara medan magnet dan listrik mempercepat muatan. Percepatan ini menghasilkan radiasi yang disebut radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik sendiri terbagi menjadi dua area ELF (frekuensi sangat rendah) dan EHF (frekuensi sangat tinggi) (Khoiriyah et al., 2022). Gelombang elektromagnetik frekuensi sangat rendah merupakan spektrum gelombang elektromagnetik dengan frekuensi berkisar antara 0 hingga 300 Hz (Rahman & Sudarti, 2021). Medan yang dihasilkan menyebar ke seluruh lingkungan dan menimbulkan pencemaran. Seberapa berbahayanya, terutama pada frekuensi rendah atau disebut frekuensi sangat rendah, masih menjadi perdebatan (Munawaroh & Sudarti, 2022). Medan listrik memiliki sifat terhalang,

yang berarti ketika suatu benda menghalanginya, intensitas medan listriknya berkurang. Medan magnet memiliki sifat tidak mudah terhalang dan mudah menembus benda. Radiasi yang dipancarkan oleh gelombang elektromagnetik diklasifikasikan berdasarkan frekuensi dan panjang gelombang (Sulistiyowati, 2023 et al., n.d.). Frekuensi yang dimiliki oleh medan magnet elektromagnetik yaitu kurang dari 300 Hz dan termasuk ke dalam radiasi non pengion. (Qumairoh et al., 2021).

Radiasi adalah semua jenis energi yang dihantarkan tanpa medium perantara. Energi radiasi tersebut umumnya berupa gelombang, biasanya berupa gelombang sinusoidal. Pada televisi, radio dan ponsel terdapat transmitter yang mengubah suara menjadi gelombang sinusoidal kontinu, yang kemudian dipancarkan keluar melalui antena dan berfluktuasi melalui udara. Gelombang-gelombang inilah yang menimbulkan radiasi elektromagnetik (Seniari & Dharma. S, 2021). Radiasi medan elektromagnetik terdiri dari 2 jenis, yaitu radiasi ionisasi dan radiasi nonionisasi. Radiasi ionisasi merupakan radiasi elektromagnetik yang tidak cukup energi untuk ionisasi, seperti radiasi inframerah dan gelombang mikro (Shoofa Kamila & Sudarti, 2022).

Paparan medan elektromagnetik Extremely Low Frequency *ELF* telah menjadi topik penelitian yang semakin penting dalam beberapa dekade terakhir, terutama karena peningkatan penggunaan teknologi dan infrastruktur listrik serta telekomunikasi. Dalam konteks perkembangbiakan hewan, paparan *ELF* telah menimbulkan kekhawatiran tentang dampaknya terhadap genetika dan kesehatan hewan. Ada beberapa hal penting yang merinci yang harus dibahas tentang risiko paparan medan elektromagnetik *ELF* terhadap perbedaan genetik dalam perkembangbiakan hewan yaitu; Potensi Dampak pada Sistem Genetik, penelitian telah menunjukkan bahwa paparan medan elektromagnetik *ELF* dapat mempengaruhi sistem genetik hewan. Paparan *ELF* dapat menyebabkan perubahan dalam ekspresi gen, kerusakan DNA, atau perubahan struktur kromosom. Ini bisa mengakibatkan perbedaan genetik yang dapat mempengaruhi perkembangbiakan, termasuk fertilitas, kelangsungan hidup embrio, dan keberhasilan reproduksi.

Studi In Vitro dan In Vivo, studi laboratorium baik in vitro (di laboratorium) maupun in vivo (pada hewan hidup) telah dilakukan untuk mengevaluasi dampak paparan medan elektromagnetik *ELF* pada genetika perkembangbiakan hewan. Studi-studi ini sering kali menggunakan berbagai jenis hewan, termasuk mamalia, burung, dan invertebrata, untuk menilai efek paparan *ELF* pada tingkat genetik. Perubahan Ekspresi Gen, salah satu efek paparan medan elektromagnetik *ELF* adalah perubahan dalam ekspresi gen. Ini bisa mengakibatkan penurunan atau peningkatan dalam produksi protein tertentu, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi

fungsi sel dan organ dalam tubuh hewan.

Analisis histologis, untuk analisis patologi, disiapkan bagian formalin setebal 4  $\mu\text{m}$ , jaringan yang tertanam parafin. Setelah pewarnaan hematoxylin dan eosin, bagian dari setiap slide diperiksa di bawah mikroskop cahaya (Olympus, Jepang). Insiden tumor dipelajari. Analisis morfometri testis, data diambil secara acak memilih 30 tubulus seminiferus untuk setiap testis kontrol dan tikus yang terpapar 500 mG. Diameter tubulus seminiferus diukur dengan menggunakan mikroskop cahaya.

Kerusakan DNA, paparan medan elektromagnetik *ELF* telah dikaitkan dengan kerusakan DNA pada hewan, yang dapat mengganggu stabilitas genom dan meningkatkan risiko mutasi genetik. Kerusakan DNA dapat mengganggu proses perkembangbiakan, termasuk pembelahan sel dan pembentukan gamet. Pengaruh Lingkungan dan Variabilitas Genetik itu penting untuk diingat bahwa dampak paparan medan elektromagnetik *ELF* pada genetika perkembangbiakan hewan dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor lingkungan dan genetik. Beberapa spesies hewan mungkin lebih rentan terhadap paparan tersebut daripada yang lain, dan faktor lingkungan seperti dosis paparan dan durasi paparan juga dapat memengaruhi respons genetik.

Implikasi dari keterangan pada diagram dapat dijabarkan dengan hasil data berupa; adanya perbedaan pendapat maupun debat ilmiah tentang tingkat risiko yang tepat. Penelitian menunjukkan bahwa paparan medan elektromagnetik *ELF* memiliki potensi untuk memengaruhi genetika perkembangbiakan hewan. Implikasi dari temuan-temuan ini termasuk perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami dampak jangka panjang paparan *ELF* pada kesehatan dan kelangsungan hidup populasi hewan, serta pengembangan kebijakan yang memperhatikan perlindungan lingkungan dari paparan medan elektromagnetik *ELF*. Dengan demikian, penting untuk terus melakukan penelitian yang mendalam dan menyeluruh untuk memahami dengan lebih baik dampak paparan medan elektromagnetik *ELF* pada genetika perkembangbiakan hewan, sehingga dapat diambil tindakan pencegahan yang tepat untuk melindungi kesehatan dan keberlanjutan ekosistem.

## **KESIMPULAN**

Resiko Paparan Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency *ELF* terhadap Perbedaan Genetik Perkembangbiakan Hewan, beberapa penelitian memungkinkan kita untuk menarik kesimpulan yang dapat dikaji. Dari hasil referensi dan data yang ada maka dapat disimpulkan bahwa; paparan medan elektromagnetik *ELF* dapat mempengaruhi sistem genetik hewan. Hal ini mungkin tercermin dalam perubahan ekspresi gen, kerusakan DNA, atau perubahan struktur kromosom. Efek paparan bergantung pada berbagai faktor: Efek paparan medan elektromagnetik *ELF* pada genetika reproduksi hewan bergantung pada banyak faktor, termasuk

jenis hewan yang terpapar, dosis paparan, durasi paparan, dan faktor lingkungan lainnya terpengaruh oleh. Variasi genetik antar individu hewan dapat mempengaruhi respons mereka terhadap paparan medan elektromagnetik dalam rentang *ELF*. Tergantung pada genetika, beberapa hewan mungkin lebih rentan terhadap efek ini dibandingkan hewan lainnya. Dampak kesehatan dan lingkungan, penemuan potensi dampak paparan *ELF* pada genetika reproduksi hewan memiliki implikasi penting bagi kesehatan lingkungan secara keseluruhan serta kesehatan dan kelangsungan hidup populasi hewan. Oleh karena itu, kesimpulan dari penelitian ini memerlukan penelitian lebih lanjut, pemantauan yang cermat terhadap penggunaan teknologi elektromagnetik, dan pengembangan pedoman untuk melindungi kesehatan dan keberlanjutan ekosistem dari dampak paparan medan elektromagnetik dalam rentang *ELF*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arisma Iswardani, F., Sudarti, & Yushardi. (2023). ANALISIS STUDI LITERATUR PEMANFAATAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK (ELF) BAGI INDUSTRI PERTANIAN. *Jurnal Sains Riset* /, 13(1), 15–21. <https://doi.org/10.47647/jsr.v10i12>
- Bilyaro, W., Rafian, T., Anugrah Lase, J., Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak, J., Pertanian dan Peternakan, F., Muhammadiyah Kotabumi, U., Studi Peternakan, P., Peternakan, J., Pertanian, F., Lampung, U., Riset Peternakan, P., Riset Pertanian dan Pangan, O., & Riset dan Inovasi Nasional, B. (2023). *APPLICATION OF GENETICS IN ANIMAL PRODUCTION IMPROVEMENT EFFORTS IN AN EFFORT TO INCREASE FOOD PRODUCTION OF ANIMAL ORIGIN*. *Journal of Agriculture and Animal Science (Agrimals)*, 3(2), 70-77.
- Fajri, M., Sudarti, & Yushardi. (2015). ANALISIS DAMPAK PAPARAN MEDAN MAGNET EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF) INTENSITAS > 100  $\mu$ T TERHADAP KELAINAN KONGENITAL BAYI TIKUS PUTIH STAIN WISTAR. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 15–20.
- Felisa Putri, F., Khila Firani, N., & Zulhaidah Arthamin, M. (2021). PENGARUH PAPARAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK FREKUENSI RADIO 1800 MHZ TERHADAP PERSENTASE SEL T CD4+ PADA KULTUR PERIPHERAL BLOOD MONONUCLEAR CELLS. In *Majalah Kesehatan* (Vol. 8, Issue 3).
- 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 Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 6(2), 315-321.

- Klune, J., Christine, A., Ines, W., Veronika, H., Gunther S. 2021. Tracking Devices For Pets: Health Risk Assessment For Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields. *Jurnal Internasional*. 11(5), 1-22.
- Kurnia Sari, I., & Handono Budi Prastowo, S. (2018). Aplikasi Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Nilai Derajat Keasaman (pH) Tape Singkong. *FKIP e-Proceeding*, 3(2), 19-25
- Munawaroh, W., & Sudarti. (2022). *Potensi Paparan Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan*.  
<http://journals.usm.ac.id/index.php/jtphp>
- 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.
- Rahman, R. A., & Sudarti, S. (2021). PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF) 500  $\mu$ T TERHADAP DERAJAT KEASAMAN (Ph), MASSA JENIS, DAN KUALITAS FISIK JAMBU AIR. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 2(2), 62. <https://doi.org/10.26418/jippf.v2i2.47149>
- Rena Maftu Hatul Khoiriyah, R. (2022). Resiko Paparan Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Kelainan Otak. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 5(2).  
<https://doi.org/10.52188/jpfs.v5i2.240>
- Seniari, N. M., & Dharma. S, B. W. (2021). PENYULUHAN CARA MENGURANGI BAHAYA RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK PADA KESEHATAN DI KELURAHAN PAGUTAN BARAT MATARAM. *Jurnal Bakti Nusa*, 2(1), 32–38.  
<https://doi.org/10.29303/baktinusa.v2i1.19>
- Shoofa Kamila, B., & Sudarti. (2022). POTENTIAL UTILIZATION OF EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF) ELECTROMAGNETIC FIELD RADIATION IN GERMINATION PROCESS. *Jurnal Sains Agro*, 7(2),136-143.
- Sulistiyowati, A., Zuyyina Ulfah, A., Fisika, P., Keguruan dan Ilmu Pendidikan, F., & Jember Abstract, U. (n.d.). 2023. Potensi Radiasi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Penyakit Leukemia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Juli*, 9(13), 123–131.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8148833>
- Yushardi. Y. 2022. Potensi Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler Terhadap Kesehatan. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. 11(2), 316-320