



## Mekanisme Interaksi Medan Magnet Elf Dengan Sel

Daffa Safiq<sup>1</sup>, Sudarti<sup>2</sup>, Yushardi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Jember

Received: 6 September 2024  
Revised: 14 September 2024  
Accepted: 26 September 2024

### Abstract

*Interaksi antara medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) dengan sel telah menjadi topik penelitian yang signifikan dalam konteks dampaknya terhadap hewan, tumbuhan, dan manusia. Dalam rangka mengevaluasi dampak potensial dari medan magnet ELF terhadap organisme hidup, kami melakukan tinjauan terhadap 20 jurnal yang relevan. Tinjauan kami menyelidiki mekanisme interaksi medan magnet ELF dengan sel pada berbagai tingkat biologis, mulai dari tingkat molekuler hingga organisme secara keseluruhan. Kami menemukan bahwa interaksi medan magnet ELF dengan sel dapat mempengaruhi berbagai proses biologis, termasuk aktivitas enzim, sintesis protein, dan ekspresi gen. Selain itu, dampak medan magnet ELF terhadap organisme hidup juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti intensitas medan, durasi paparan, dan spesies organisme yang terlibat. Meskipun beberapa studi menunjukkan efek negatif dari medan magnet ELF, temuan kami juga mencatat adanya hasil yang kontradiktif dan perlu penelitian lebih lanjut untuk memahami secara komprehensif mekanisme interaksi ini serta implikasinya terhadap kesehatan dan ekologi. Penelitian lanjutan dalam bidang ini akan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang dampak medan magnet ELF pada organisme hidup dan membantu merumuskan pedoman regulasi yang tepat untuk melindungi kesejahteraan lingkungan dan kesehatan manusia.*

**Keywords:** Radiasi elektromagnetik, sel makhluk hidup, extremely low frequency (ELF)

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

**How to Cite:** Safiq, D., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2024). Mekanisme Interaksi Medan Magnet Elf Dengan Sel. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(24.2), 104-109. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/11283>

## PENDAHULUAN

Pemaparan atau radiasi dampak dari gelombang elektromagnetik yang kerap kita kenal sebagai ELF (elektromagnetic low frequency) memiliki pengaruh terhadap beberapa hal namun kali ini kita fokuskan terhadap dampak yang diterima oleh makhluk hidup baik itu terhadap manusia, hewan, dan tumbuhan. Dampak yang di dapat dari paparan ELF bisa berupa dampak positif maupun negatif. Dampak positif yang bisa didapat semisal dari dunia kesehatan bahwa paparan ELF dapat memperlambat migrasi sel kanker atau dalam hal lain bisa dikatakan bahwa elf dapat memperlambat pertumbuhan sel kanker dalam tubuh (Stratton, D., Malibha-Pinchbeck, M., & Inal, J. 2022). selain dampak positif tersebut banyak kita jumpai dampak negatif dari paparan ELF diantaranya dapat kita tarik garis besar bahwa paparan ELF dapat mempengaruhi mental atau dapat menyebabkan stres terhadap hewan dari paparan tersebut juga dapat merusak DNA dan sel yang mendukung perbaikan terhadap satwa liar, baik hewan tersebut mamalia, unggas, amfibi, dan berbagai jenis hewan lain, termasuk juga terhadap flora atau tumbuhan (Levitt, B. B., Lai, H. C., & Manville, A. M. 2022)

Masalah yang kami paparkan dari paragraf diatas memiliki alasan yang sangat perlu untuk dilirik setidaknya di pelajari dan diteliti untuk meminimalisir resiko yang terjadi, supaya dampak buruk seperti dapat mengganggu kesehatan mental dan lain sebagainya tidak menjadi tambah buruk seiring berkembangnya zaman, perlu bagi kita untuk mempelajari dan meneliti lebih lanjut terkait dampak dan hal-hal yang berkaitan dengan paparan ELF. Selain resiko pada dampak buruk pada paparan ELF, dampak positif pada kesehatan juga tidak boleh luput dari pengawasan kita sebab kita tidak dapat memprediksi kejadian di masa yang mendatang, bisa saja paparan elf yang sudah diukur dan sesuai dengan porsi dapat menjadi salah satu usaha untuk mencegah atau bahkan mengobati berbagai penyakit.

Masalah ini terutama tentang dampak, pengaruh serta efek yang rinci, jelas, komplit serta kongkrit belum menjadi perhatian lebih dalam hal lain sering diabaikan oleh kebanyakan manusia terutama di negara kita indonesia karena penelitian berlanjut serta studi kasus secara langsung sangat jarang ditemui atau bahkan hampir tidak ada secara jelas. Faktor yang mempengaruhi antara lain dari segi kekurangan alat yang dapat mendeteksi serta mempelajari lebih lanjut tentang dampak serta pengaruh dari paparan dari ELF.

Solusi paling tepat yang harus kita ambil adalah banyak mengambil atau mempelajari mendalam mengenai paparan elektromagnetik ELF. Disamping kita sebagai mahasiswa atau pelajar tingkat lanjut yang sudah harus terbiasa banyak membaca literatur serta bebrapa materi dari perkembangan zaman, tugas kita juga dapat menghimbau serta memberi penjelasan kepada masyarakat luas terutama mereka yang kurang mempelajari suatu perkembangan zaman, naik itu dikarenakan dari individu itu sendiri yang tidak mau mempelajarinya atau hanya sekedar membaca ataupun dikarenakan keterbatasan individu itu sendiri.

## **METODE**

Metode yang digunakan dalam artikel ini adalah metode penelitian deskriptif research . Metode deskriptif research yang digunakan merupakan artikel review dengan mereview 20 artikel internasional dan artikel nasioanal. Sumber literatur yang digunakan antara lain Google Scholar, PubMed serta aplikasi harzing publish or purish yang telah terindeks oleh SINTA yang kemudian di analisis hingga terbentuklah jurnal ini. Kata kunci atau istilah pencarian yang digunakan adalah *mechanism of interaction of elf magnetic fields with cells*.

## **HASIL & PEMBAHASAN**

Gelombang elektromagnetik ELF (frekuensi sangat rendah) adalah jenis gelombang elektromagnetik dengan frekuensi sangat rendah, biasanya antara 3 hertz (Hz) hingga 30 Hz. Gelombang ELF memiliki panjang gelombang yang sangat panjang, kurang lebih 100.000 kilometer hingga 10.000 kilometer. Hal ini membuat gelombang ELF berguna untuk aplikasi tertentu dimana sinyal perlu ditransmisikan melalui media yang sangat dalam atau material padat. Gelombang ELF telah menarik perhatian, terutama dalam hal potensi dampaknya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Meskipun bukti ilmiah mengenai dampak kesehatan dari paparan gelombang ELF masih belum jelas, beberapa penelitian menunjukkan hubungan antara paparan gelombang ELF dalam jangka panjang dan

risiko kesehatan tertentu pada manusia. Namun, penelitian ini masih kontroversial dan diperlukan penelitian lebih lanjut untuk lebih memahami implikasinya.

Sementara itu, Gelombang elektromagnetik EMF (medan elektromagnetik) mengacu pada kombinasi medan listrik dan magnet yang berosilasi secara sinusoidal dan merambat melalui ruang kosong atau media material. Gelombang elektromagnetik timbul dari perubahan medan listrik yang selanjutnya menyebabkan perubahan medan magnet dengan pola yang koheren, begitu pula sebaliknya. Pemanfaatannya adalah salah satunya sebagai berikut Stroke otak adalah masalah kesehatan global yang signifikan, yang menyebabkan tingkat kematian yang tinggi dan cacat yang didapat orang dewasa. Medan elektromagnetik (EMF) telah menunjukkan harapan sebagai pengobatan untuk stroke iskemik, dengan berbagai jenis seperti EMF stasioner, berdenyut, dan sinusoidal sedang dipelajari. Pengobatan EMF telah dieksplorasi untuk efeknya pada peradangan, cedera yang diinduksi hipoksia, dan fungsi sel seperti generasi ROS dan fagositosis. Mekanisme kerja EMF meliputi efek pada konsentrasi kalsium intraseluler, produksi radikal bebas, produksi oksida nitrat, produksi superoksida, dan penghambatan apoptosis, semuanya relevan dengan kaskade iskemik. Penelitian telah menunjukkan bahwa pengobatan EMF dapat mengurangi edema, peradangan, meningkatkan hasil neurologis, dan meningkatkan kelangsungan hidup pada model hewan stroke (Moya Gómez, A *et al.*, 2021).

Interaksi medan magnet frekuensi sangat rendah (ELF) dengan sel hidup merupakan bidang penelitian kompleks yang terus dipelajari. Mekanisme interaksi antara medan magnet ELF dengan sel yaitu induksi arus, dimana medan magnet ELF dapat menghasilkan arus listrik pada jaringan biologis yang mengandung muatan seperti: B.Sel somatik. Meskipun amplitudo medan magnet ELF kecil, pengaruhnya dapat terakumulasi di dalam sel dalam jangka waktu yang cukup lama sehingga menyebabkan perubahan potensial listrik dan perilaku sel. Kemudian, efek pada saluran ion, dimana medan magnet ELF dapat mempengaruhi aktivitas saluran ion pada membran sel. Hal ini dapat mempengaruhi aliran ion masuk dan keluar sel, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi proses sinyal sel dan fungsi sel. Yang selanjutnya adalah stres oksidatif, beberapa penelitian menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF meningkatkan produksi radikal bebas di dalam sel, yang dapat menyebabkan stres oksidatif. Medan elektromagnetik (EMF) mengganggu keseimbangan elektrokimia membran biologis, menyebabkan pergerakan kation abnormal dan peningkatan stres oksidatif (OS) (Georgiou, C. D., & Margaritis, L. H., 2021). Stres oksidatif adalah ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kemampuan sel untuk mengatasinya, sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada sel dan biomolekul yang dikandungnya. Yang selanjutnya yaitu, ekspresi gen, dimana paparan medan magnet ELF telah dikaitkan dengan perubahan ekspresi gen dalam beberapa penelitian. Medan magnet ELF dapat memengaruhi jalur sinyal seluler dan faktor transkripsi yang mengatur ekspresi gen, sehingga mengubah respons seluler terhadap lingkungan. Dan yang terakhir yaitu efek pada sistem saraf, dimana medan magnet ELF diketahui mempengaruhi sistem saraf secara langsung dan tidak langsung melalui efeknya pada proses biokimia saraf dan sinyal sel. Hal ini dapat mempengaruhi transmisi saraf, aktivitas saluran ion, dan fungsi seluler lainnya yang terlibat dalam transmisi sinyal saraf.

Medan elektromagnetik resonansi dipelajari untuk mengganggu pembentukan biofilm di *Pseudomonas aeruginosa*, menunjukkan potensi untuk aplikasi medis masa depan. Eksperimen melibatkan kondisi paparan di dalam ruang amagnetik dengan medan DC dan AC tertentu, paparan nol, dan paparan medan sekitar. Pertumbuhan bakteri planktonik tidak bervariasi secara statistik di bawah kondisi medan magnet yang berbeda, menunjukkan efek spesifik pada pembentukan biofilm. Adhesi biofilm dianalisis menggunakan pewarnaan kristal violet setelah inkubasi, menunjukkan kemampuan *P. aeruginosa* untuk melekat dan membentuk biofilm (Haagensen, J *et al.*, 2021). Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi paparan medan magnet yang konstan (konstan dan bolak-balik) mempunyai pengaruh spesifik terhadap pembentukan biofilm *P. aeruginosa*. Hal ini menunjukkan bahwa medan elektromagnetik dapat mempengaruhi mekanisme yang terlibat dalam adhesi bakteri dan pembentukan biofilm. Metode analisis seperti pewarnaan kristal violet setelah inkubasi memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kemampuan *P. aeruginosa* untuk menempel dan membentuk biofilm di bawah pengaruh medan magnet. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan landasan yang kuat bagi penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan teknik terapeutik atau pengendalian infeksi yang bertujuan untuk menghambat pembentukan biofilm pada bakteri patogen seperti *Pseudomonas aeruginosa*.

Frekuensi resonansi tertentu ditemukan mempengaruhi pembentukan biofilm tanpa mempengaruhi pertumbuhan planktonik. Medan magnet sekitar menunjukkan efek yang tidak konsisten pada pembentukan biofilm. Pembentukan biofilm secara konsisten dihambat pada frekuensi tertentu di bawah kondisi terlindung (Haagensen, J *et al.*, 2021). Temuan bahwa frekuensi resonansi spesifik mempengaruhi pembentukan biofilm tanpa mempengaruhi pertumbuhan plankton menunjukkan sensitivitas spesifik terhadap medan elektromagnetik selama tahap pembentukan biofilm *P. aeruginosa*. Hal ini menegaskan bahwa mekanisme yang terlibat dalam pembentukan biofilm memiliki sifat yang berbeda dari pertumbuhan plankton dan bahwa pengaruh medan elektromagnetik mempengaruhi mekanisme ini secara berbeda. Di sisi lain, hasil yang tidak konsisten dengan paparan medan magnet sekitar menunjukkan adanya interaksi kompleks antara medan magnet dan proses pembentukan biofilm. Faktor-faktor seperti kekuatan medan magnet, arah, dan pola secara konsisten dapat mempengaruhi respons *P. aeruginosa*. Temuan bahwa pembentukan biofilm secara konsisten ditekan pada frekuensi tertentu dalam kondisi terlindung menunjukkan bahwa perlindungan dari medan magnet eksternal dapat memodulasi efek medan elektromagnetik pada bakteri. Hal ini menunjukkan kemungkinan penggunaan medan elektromagnetik untuk merekayasa lingkungan yang dilindungi sehingga pembentukan biofilm pada bakteri patogen seperti *Pseudomonas aeruginosa* dapat dikendalikan.



mekanisme ini telah diidentifikasi, masih banyak yang harus dipahami mengenai bagaimana interaksi ini berdampak pada kesehatan manusia secara keseluruhan.

Karena kompleksitasnya, penelitian di bidang ini harus terus dilakukan untuk lebih memahami mekanisme interaksi antara medan magnet ELF dan sel hidup serta potensi dampaknya terhadap kesehatan manusia. Pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme ini akan memungkinkan pengembangan strategi untuk mengurangi potensi risiko yang terkait dengan paparan medan magnet ELF dan memastikan penggunaan yang aman dalam berbagai aplikasi teknologi.

## REFERENSI

- Stratton, D., Malibha-Pinchbeck, M., & Inal, J. (2022). Extremely low-frequency magnetic fields significantly enhance the cytotoxicity of methotrexate and can reduce migration of cancer cell lines via transiently induced plasma membrane damage. *Biochemical and biophysical research communications*, 626, 192-199. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2022.08.035>
- Levitt, B. B., Lai, H. C., & Manville, A. M. (2022). Effects of non-ionizing electromagnetic fields on flora and fauna, Part 2 impacts: how species interact with natural and man-made EMF. *Reviews on Environmental Health*, 37(3), 327-406. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0050>
- Haagensen, J. A., Bache, M., Giuliani, L., & Blom, N. S. (2021). Effects of resonant electromagnetic fields on biofilm formation in *Pseudomonas aeruginosa*. *Applied Sciences*, 11(16), 7760. <https://doi.org/10.3390/app11167760>
- Moya Gómez, A., Font, L. P., Brône, B., & Bronckaers, A. (2021). Electromagnetic field as a treatment for cerebral ischemic stroke. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8, 742596. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.742596>
- Georgiou, C. D., & Margaritis, L. H. (2021). Oxidative stress and NADPH oxidase: connecting electromagnetic fields, cation channels and biological effects. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 10041. <https://doi.org/10.3390/ijms221810041>
- Ronniger, M., Aguida, B., Stacke, C., Chen, Y., Ehnert, S., Erdmann, N., ... & Ahmad, M. (2022). A novel method to achieve precision and reproducibility in exposure parameters for low-frequency pulsed magnetic fields in human cell cultures. *Bioengineering*, 9(10), 595. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9100595>
- Franco-Obregón, A. (2023). Harmonizing magnetic mitohormetic regenerative strategies: developmental implications of a calcium–mitochondrial Axis invoked by magnetic field exposure. *Bioengineering*, 10(10), 1176. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10101176>
- Pophof, B., Henschenmacher, B., Kattinig, D. R., Kuhne, J., Vian, A., & Ziegelberger, G. (2023). Biological Effects of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields from 0 to 100 MHz on Fauna and Flora: Workshop Report. *Health Physics*, 124(1), 39-52. DOI: 10.1097/HP.0000000000001624  
<https://timahhitam.com>  
<https://pembelajaranfisikauny.blogspot.com>