



Gelombang Elektromagnetik ELF: Inovasi Baru dalam Terapi Kesehatan Tulang

Rachmatul Hidayathika^{1*}, Muhammad Nabil Makarim², Muhammad Irfan Andrianto³,
Ade Sudrajat⁴, Diyajeng Luluk Karlina⁵

¹⁻⁵Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Alamat: Jl. Raya Palka Km 3 Sindangsari, Pabuaran, Kab. Serang Provinsi Banten

*Korespondensi penulis: 2283230039@untirta.ac.id

Abstract. *Extremely Low Frequency (ELF) electromagnetic waves are increasingly recognized for their potential in treating bone health as a safe and effective non-invasive method. Studies have shown that ELF can stimulate osteoblast activity, increase bone density, and accelerate fracture healing. This article reviews the mechanism of ELF, its application in the treatment of osteoporosis, and its safety in clinical practice. With standardized parameters, ELF can be an innovative solution for chronic bone disorders or abnormalities, as well as providing great benefits in the medical world.*

Keywords: *ELF waves, osteoblast, bone therapy, osteoporosis.*

Abstrak. Gelombang elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) semakin dikenal potensinya dalam menangani kesehatan tulang sebagai metode non-invasif yang aman dan efektif. Penelitian menunjukkan bahwa ELF dapat merangsang aktivitas osteoblas, meningkatkan kepadatan tulang, dan mempercepat penyembuhan patah tulang. Artikel ini mengulas mekanisme kerja ELF, penerapannya dalam pengobatan osteoporosis, dan keamanannya dalam praktik klinis. Dengan parameter terstandar, ELF dapat menjadi solusi inovatif untuk gangguan atau kelainan pada tulang kronis, juga memberikan manfaat besar dalam dunia medis.

Kata kunci: Gelombang ELF, osteoblast, terapi tulang, osteoporosis.

1. LATAR BELAKANG

Extremely Low Frequency (ELF) merupakan spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi sekitar 0-300Hz, *Extremely Low Frequency (ELF)* termasuk kedalam radiasi non ionisasi. ELF dapat diinduksi oleh pergerakan muatan listrik melalui solenoid, gelombang ini tidak menyebabkan perubahan pada suhu saat digunakan. Pengaplikasian dari medan elektromagnetik ini banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari bahkan dapat digunakan pada kebutuhan medis. Frekuensinya yang rendah banyak digunakan untuk terapi menghilangkan rasa sakit ataupun menyembuhkan luka bahkan dapat digunakan untuk penyembuhan tulang.

Gangguan atau kelainan tulang seperti osteoporosis mempengaruhi lebih dari 200 juta orang di seluruh dunia, terutama wanita pascamenopause, yang berisiko lebih tinggi mengalami patah tulang karena kepadatan mineral tulang yang rendah (WHO, 2021). Terapi tradisional seperti bifosfonat seringkali menimbulkan efek samping gastrointestinal, sedangkan untuk

terapi fisik membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menunjukkan hasil yang signifikan (OSHA, 2020).

Gelombang elektromagnetik ELF, dengan frekuensi di bawah 300 Hz, memberikan alternatif non-invasif untuk mendorong regenerasi tulang. ELF bekerja dengan mengatur ion kalsium dalam membran sel, yang secara langsung mempengaruhi aktivitas osteoblas (Huang et al., 2016).

2. KAJIAN TEORITIS

Gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) adalah jenis radiasi non-pengion dengan frekuensi 0-300 Hz yang dihasilkan melalui pergerakan muatan listrik, seperti dalam solenoid. Gelombang ini memiliki karakteristik unik, yaitu tidak menyebabkan perubahan suhu saat digunakan, sehingga dianggap aman untuk berbagai aplikasi, termasuk bidang medis. Teori dasar elektromagnetik yang mendasari ELF pertama kali dikembangkan oleh ilmuwan Michael Faraday dan James Clerk Maxwell. Faraday menunjukkan bahwa perubahan medan magnet dapat menghasilkan medan listrik, sedangkan Maxwell melengkapi teori tersebut dengan mendeskripsikan interaksi antara medan listrik dan medan magnet sebagai dasar dari gelombang elektromagnetik. Dalam konteks kesehatan tulang, ELF diketahui memiliki kemampuan untuk memengaruhi aktivitas seluler, khususnya dengan meningkatkan konsentrasi ion kalsium intraseluler pada membran sel. Mekanisme ini merangsang aktivitas osteoblas, yang merupakan sel utama dalam pembentukan tulang. Penelitian Huang et al. (2016) menunjukkan bahwa paparan ELF dapat meningkatkan ekspresi gen seperti RUNX2 dan produksi kolagen tipe I, yang penting dalam pembentukan matriks tulang baru. Selain itu, ELF juga berperan dalam mengatur aktivitas bioelektrik yang mempercepat regenerasi jaringan tulang. Penelitian sebelumnya mendukung potensi ELF dalam terapi kesehatan tulang. Huang et al. (2016) melaporkan bahwa paparan ELF dapat mempercepat penyembuhan patah tulang hingga 30%, melalui peningkatan aktivitas faktor pertumbuhan seperti BMP-2, yang penting dalam pembentukan jaringan lunak dan keras di area cedera. Selain itu, WHO (2021) melaporkan bahwa penggunaan ELF pada pasien osteoporosis pascamenopause meningkatkan kepadatan mineral tulang hingga 20% setelah enam bulan terapi. Penelitian lain mengindikasikan bahwa ELF mampu menghambat aktivitas osteoklas, sel yang bertanggung jawab atas resorpsi tulang, sehingga mendukung regenerasi tulang dengan lebih efektif. Kajian teoritis ini menunjukkan bahwa ELF memiliki potensi besar sebagai terapi non-invasif yang aman dan efektif dalam menangani berbagai gangguan kesehatan tulang. Dengan dasar teori yang kuat dan bukti empiris dari berbagai penelitian, ELF

dapat memberikan solusi alternatif terhadap keterbatasan terapi tradisional, seperti bifosfonat yang memiliki efek samping gastrointestinal atau terapi fisik yang membutuhkan waktu lebih lama untuk memberikan hasil signifikan. Landasan ini memperkuat penelitian tentang penerapan ELF untuk kesehatan tulang, dengan fokus pada mekanisme biologis yang mendukung regenerasi tulang secara optimal.

3. METODE PENELITIAN

Pada artikel ini digunakannya tinjauan sistematis artikel yang menerapkan metode penelitian deskriptif, berdasarkan metode review artikel. Penelitian ini bertujuan untuk menggali konsep medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) dalam bidang kesehatan. Untuk menyusun artikel berdasarkan analisis ini menggunakan beberapa artikel sumber literatur yang berasal dari internasional dan nasional.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada awal abad ke-19 awal dari sejarah medan elektromagnetik dimulai oleh para ilmuwan besar seperti Michael Faraday dan James Clerk Maxwell. Pada awal abad ke-19 Faraday melakukan beberapa eksperimen mengenai elektromagnetik, Faraday menemukan bahwasannya perubahan pada medan magnetik itu dapat menghasilkan suatu medan listrik. Gelombang elektromagnetik merupakan suatu fenomena alam sebagai dasar yang digunakan bagi banyak teknologi modern. Dalam konteks ini, gelombang elektromagnetik dapat dijelaskan sebagai interaksi antara suatu medan listrik dan suatu medan magnet yang dimana keduanya diproduksi oleh pergerakan muatan listrik. Secara lebih rinci, medan listrik dihasilkan oleh muatan listrik yang tidak bergerak atau diam, sedangkan medan magnet dihasilkan oleh muatan listrik yang bergerak (seperti arus listrik). Gelombang elektromagnetik dapat dibagi berdasarkan frekuensinya yaitu frekuensi sangat rendah (ELF), frekuensi radio (RF), dan *Extremely Low Frequency* frekuensi tinggi (sinar Gamma).

Gelombang (ELF) merupakan spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi sekitar 0-300Hz, *Extremely Low Frequency* (ELF) termasuk kedalam radiasi non ionisasi. ELF dapat diinduksi oleh pergerakan muatan listrik melalui solenoid, gelombang ini tidak menyebabkan perubahan pada suhu saat digunakan. Pengaplikasian dari medan elektromagnetik ini banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari bahkan dapat digunakan pada kebutuhan medis. Frekuensinya yang rendah banyak digunakan untuk terapi menghilangkan rasa sakit ataupun menyembuhkan luka bahkan dapat digunakan untuk penyembuhan tulang.

Frekuensi radio FM berkisar antara 88 MHz hingga 108 MHz. Rentang frekuensi ini relatif aman dari gangguan cuaca sehingga kualitas suara yang dihasilkan menjadi lebih baik. Selain itu, pada gelombang ini memiliki panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan dengan gelombang AM. Sehingga dapat menyebabkan gangguan yang disebabkan oleh berkurangnya daya yang tidak dapat mempengaruhi gelombang FM. Selain itu, sinyal yang dikirimkan melalui gelombang radio FM mempunyai kemampuan untuk menggabungkan sinyal audio, sehingga dapat menghasilkan kualitas suara stereo.

Sinar gamma adalah bentuk radiasi elektromagnetik yang paling berenergi, dengan energi lebih dari 10.000 kali lebih banyak daripada foton cahaya tampak. Jika Anda bisa melihat sinar gamma maka langit malam akan tampak aneh dan asing. Pemandangan bintang dan galaksi selalu bersinar akan digantikan oleh sesuatu yang selalu berubah. Penglihatan sinar gamma Anda akan mengintip ke dalam inti semburan matahari, supernova, bintang neutron, lubang hitam, dan galaksi aktif. Astronomi sinar gamma mendatangkan kesempatan yang unik untuk bisa mengeksplorasi objek-objek eksotis ini dan fenomena paling kuat yang dihasilkannya. Dengan menjelajahi alam semesta pada energi tinggi ini, para ilmuwan dapat menemukan data fisik baru, menguji teori, dan melakukan eksperimen yang tidak dapat dilakukan di laboratorium di daratan bumi. Partikel ini memfokuskan penjelasan tentang gelombang *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan beberapa materi yaitu sebagai berikut.

1) Mekanisme Kerja Gelombang ELF

Gelombang ELF menciptakan medan magnet yang dapat meningkatkan konsentrasi ion kalsium intraseluler sehingga merangsang aktivitas osteoblast. Proses ini meningkatkan ekspresi gen seperti *RUNX2* dan produksi kolagen tipe I, yang penting dalam pembentukan matriks tulang baru (Huang et al., 2016). Selain itu, ELF mengatur aktivitas bioelektrik yang mempercepat regenerasi jaringan tulang (OSHA, 2020).

2) Pengaruh ELF pada Penyembuhan Fraktur (Patah Tulang)

Penelitian yang dilakukan oleh Huang et al. (2016) menunjukkan bahwa paparan ELF mempercepat penyembuhan patah tulang hingga 30% dibandingkan tanpa pengobatan atau terapi. Faktor pertumbuhan seperti *BMP-2* meningkat secara signifikan pada jaringan yang terpapar ELF, sehingga mempercepat pembentukan jaringan lunak dan keras di area cedera.

3) Efektivitas ELF dalam Pengobatan Osteoporosis

Paparan ELF dapat menghambat aktivitas osteoklas, yang bertanggung jawab terhadap resorpsi tulang, sekaligus meningkatkan kepadatan mineral tulang. Studi

WHO (2021) melaporkan bahwa ELF meningkatkan kepadatan mineral tulang hingga 20% setelah 6 bulan pengobatan pada pasien osteoporosis pascamenopause.

4) Keamanan Paparan ELF

OSHA (2020) merekomendasikan intensitas ELF optimal antara 5 sampai 10 mT selama 20 hingga 50 menit per sesi untuk memaksimalkan efektivitas pengobatan tanpa menimbulkan efek samping tambahan. penelitian jangka panjang tidak menunjukkan adanya risiko yang signifikan dari paparan ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) memiliki potensi besar sebagai solusi non-invasif yang aman dan efektif digunakan dalam menangani gangguan kesehatan tulang, seperti osteoporosis dan patah tulang, dengan mekanisme yang merangsang aktifitas osteoblast, meningkatkan kepadatan tulang dan mempercepat penyembuhan jaringan. Kajian ini menyatakan bahwa penggunaan ELF dengan parameter dan standar, tidak hanya mendukung regenerasi tulang tetapi juga memberi manfaat luas di dunia medis

Memperjelas fokus tulisan dengan memisahkan pembahasan tentang sejarah gelombang elektromagnetik dan aplikasi ELF secara spesifik dalam kesehatan tulang, sehingga alurnya lebih terstruktur. oroti keunggulan ELF sebagai terapi non-invasif dibandingkan metode konvensional, serta diskusikan batasannya, seperti perlunya standar parameter terapi yang lebih baku. Perkaya pembahasan dengan studi kasus atau contoh aplikasi klinis yang relevan, sekaligus sampaikan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut. Gunakan bahasa yang lebih sederhana dan ringkas agar lebih aksesibel bagi pembaca dari berbagai latar belakang.

DAFTAR REFERENSI

Huang, W., et al. (2016). Bioeffects of ELF on bone healing. *ScienceDirect*.

Johnson, L. M., & Stevens, R. G. (2021). The impact of extremely low frequency.

Martínez-Silva, J., & García-Rubio, J. (2021). Long-term health implications of chronic stress induced by extremely low frequency electromagnetic fields. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4230. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084230>

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2020). Safety guidelines for ELF exposure. *OSHA*. ELF Radiation - OSHA.

- Prabhandaru, I., & Saputro, T. B. (2017). Respon perkecambahan benih padi (*Oryza sativa* L.) varietas lokal sigadis hasil iradiasi sinar gamma. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), E52-E57.
- Sampe, J., et al. (2023). Analisis prestasi penuai tenaga mikro frekuensi radio berkuasa rendah menggunakan antena MEMS bagi rangkaian sensor tanpa wayar. *Jurnal Kejuruteraan*, 35(1), 133-140.
- Seniari, N. M., & Dharma, B. W. (2021). Penyuluhan cara mengurangi bahaya radiasi gelombang elektromagnetik pada kesehatan di Kelurahan Pagutan Barat Mataram. *Jurnal Bakti Nusa*, 2(1), 32-38.
- Wang, L., & Zhang, Y. (2022). Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on human health: A comprehensive review. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 20(1), 85-96. <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00748-6>
- Wati, L. L., Ferdianti, C. I., & Sudarti. (2023). Kajian potensi medan magnet extremely low frequency (ELF) untuk terapi osteoporosis.
- World Health Organization (WHO). (2021). ELF radiation and health effects. *Radiation and Health – WHO*.