



Kajian Potensi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Untuk Terapi Osteoporosis

Lisa Listyo Wati¹, Cindy Ineke Ferdianti², Sudarti³

^{1,2,3}Universitas Jember Indonesia

Abstract

Received: 13 April 2023

Revised: 24 April 2023

Accepted: 22 Mei 2023

This research was conducted to determine the potential of the ELF magnetic field for Osteoporosis therapy. This type of research design used is descriptive research. The research method used is Article Review by reviewing 30 articles from 2007 to 2023 originating from international articles and national articles. The results showed that the intensity of magnetic field exposure with the right intensity will have a good effect on cell proliferation, osteoblast formation and healing of osteoporosis, but the intensity given is not right will have an impact on damage to other organs of the body. Based on the analysis that has been carried out on 30 articles, both national and international articles, it is concluded that the use of the right magnetic field intensity can help treat osteoporosis. However, exposure to Extremely Low Frequency (ELF) Electromagnetic Fields still has a negative impact on health if the intensity of the exposure does not match its use.

Keywords: *Magnetic Fields, ELF, Bones, Osteoporosis*

(*) Corresponding Author: Lisa123@gmail.com

How to Cite: Wati L.L, Ferdianti C.I, & Sudarti. (2023). Kajian Potensi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Untuk Terapi Osteoporosis. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8078780>

PENDAHULUAN

Radiasi gelombang elektromagnetik mempunyai spektrum yang luas dimulai dari elektromagnetik dengan frekuensi rendah sampai pada elektromagnetik berfrekuensi tinggi seperti Sinar Gamma. Gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi rendah disebut Extremely Low Frequency (ELF) yaitu spektrum gelombang elektromagnetik dengan frekuensi berkisar antara 0-300 Hz (Rahman & Sudarti, 2021). Gelombang elektromagnetik terdiri dari medan magnet dan medan listrik yang tidak memerlukan medium perantara dalam perambatannya. Medan listrik tegak lurus dengan medan magnet serta arah rambatan medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus (Kamila & Sudarti, 2022). Melihat frekuensi yang dimiliki rendah, maka medan magnet ini menghasilkan energi yang rendah pula. ELF ini merupakan radiasi non ionizing dan efek yang di timbulkan bersifat non thermal.

Medan listrik memiliki karakteristik terhalangi, artinya intensitas medan listrik mengalami penurunan apabila terhalangi suatu benda. Sedangkan medan magnet memiliki karakteristik yaitu tidak mudah terhalangi dan mampu menembus benda dengan mudah. Energi medan magnet sangat kecil sehingga efek yang ditimbulkan merupakan efek non thermal yakni tidak menyebabkan berubahnya suhu ketika berinteraksi atau menginduksi (Rahman & Sudarti, 2021).

Kutub utara dan kutub selatan bumi merupakan sumber medan magnet alamiah dengan frekuensi yang ekstrim rendah (Soewasti Soesanto, 1996). Banyak makhluk hidup yang secara langsung terpapar medan magnet alamiah secara terus menerus. Beberapa penelitian laboratorium dilakukan oleh para peneliti di negara-negara maju sehubungan dengan efek medan magnet ELF bagi



kesehatan. Beberapa faktor telah dicoba menggunakan berbagai frekuensi yang dihasilkan dari energi listrik maupun energi magnet. Hasil eksperimen tersebut menunjukkan beberapa bukti bahwa paparan medan magnet ELF memberikan dampak bagi kesehatan.

Banyak penelitian telah membuktikan bahwa ELF sangat bermanfaat dalam bidang pengobatan tulang. Menurut Lim et al. (2013), medan magnet ELF dapat membantu proses pembentukan Osteoblas dan Osteoklas. Osteoblas adalah sel yang berasal dari jaringan pendukung sel induk di stomata sumsum tulang. Pada sel ini memiliki tugas yang sangat penting yaitu bertanggung jawab terhadap pembentukan dan perkembangan tulang. Medan magnet ELF meningkatkan proliferasi sebesar 15% dibandingkan dengan sel yang tidak diobati pada hari ke 5. Selain itu, paparan ELF secara signifikan meningkatkan ekspresi aktivitas alkaline phosphatase (ALP) selama tahap awal osteogenesis dan secara substansial meningkatkan mineralisasi di dekat titik tengah osteogenesis dalam waktu 2 minggu. Medan magnet ELF juga meningkatkan ekspresi vinculin, vimentin, dan calmodulin (CaM), dibandingkan dengan kontrol. Oleh dari itu, berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa medan magnet ELF mampu meningkatkan proliferasi sel awal dalam osteogenesis dan mempercepat osteogenesis. Menurut Manjhi et al. (2013), paparan medan magnet ELF 2 jam perhari selama 8 minggu (17,96 mikro-tesla, 50 Hz) pada tikus yang diinduksi cedera belakang efektif dalam melemahkan osteoporosis.

Berdasarkan uraian di atas, maka penggunaan medan magnet ELF (Extremely Low Frequency) sangat bermanfaat untuk pengobatan tulang karena mampu membantu proses pembentukan sel tulang. Oleh karena itu, dengan penggunaan intensitas medan magnet ELF yang tepat diharapkan dapat menjadi alternatif terapi osteoporosis.

METODE PENELITIAN

Jenis desain penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Metode penelitian yang digunakan adalah Article Review dengan mengkaji 30 artikel dari tahun 2007 hingga 2023 yang berasal dari artikel internasional dan artikel nasional. Penelusuran literatur dilakukan dengan mengakses Scencedirect, Google Scholar, Pubmed, dan Research Gate. Penyajian data dilakukan secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel, uraian serta penjelasan. Istilah pencarian yang digunakan adalah Extremely Low Frequency (ELF), Osteoporosis, Radiasi Elektromagnetik, dan Medan Magnet. Dari 30 artikel tersebut mengulas tentang pengaruh medan magnet ELF pada tulang yang diujikan pada makhluk hidup.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data literatur Scencedirect, Google Scholar, Pubmed, dan Research Gate menghasilkan 30 artikel yang memiliki hubungan signifikan dengan hasil review yang dilakukan. Artikel yang digunakan sebagai data kepustakaan adalah artikel internasional yang berasal dari berbagai daerah, serta artikel nasional. Dua belas artikel jurnal membahas tentang pengaruh lama paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF), enam belas artikel

jurnal membahas tentang intensitas paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF), dan empat artikel jurnal membahas osteoporosis, proliferasi dan pembentukan osteoblas.

Intensitas Paparan Medan Magnet ELF

Hasil yang diperoleh dari sumber artikel review menunjukkan bahwa terdapat korelasi dan hubungan yang sangat signifikan antara intensitas paparan medan elektromagnetik Extremely Low Frequency dengan proses proliferasi sel, pembentukan osteoblas dan terapi osteoporosis. Namun dari artikel tersebut belum ada penelitian yang menjelaskan secara signifikan antara intensitas paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap penyembuhan osteoporosis.

Hasil yang diperoleh adalah 9 jurnal yang menggunakan terapi dengan paparan ELF Medan magnet. Rincian hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil dari 9 jurnal menyatakan hal yang berbeda tentang intensitas paparan magnet ELF. Intensitas paparan medan magnet dengan intensitas yang tepat akan memberikan pengaruh yang baik terhadap proliferasi sel, pembentukan osteoblas dan penyembuhan osteoporosis namun intensitas yang diberikan tidak tepat akan berdampak pada kerusakan organ tubuh lainnya. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Agil et al. (2018), menunjukkan bahwa paparan terhadap medan magnet dengan intensitas $120\mu\text{T}$ - $200\mu\text{T}$ mampu meningkatkan proliferasi osteoblas sehingga bahwa mereka bisa menyembuhkan patah tulang. Itu rentang intensitas paling akurat diproses pembentukan osteoblas adalah intensitas $150\mu\text{T}$. Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Van Den Heuvel et al. (2001), didapatkan bahwa paparan medan magnet ELF dengan intensitas 80 mT (50 Hz) menunjukkan penurunan proliferasi. Menurut Manjhi et al., (2013), menyatakan bahwa bahwa paparan ELF-MF kronis (2 jam / hari \times 8 minggu) (17,96 mikro-Tesla, 50 Hz) pada tikus yang diinduksi cedera belakang efektif dalam melemahkan osteoporosis. Adapula penelitian yang dilakukan Celik et al. (2012) menunjukkan bahwa tikus yang dipapar medan magnet dengan intensitas 1,5 mT ELF-MF selama 4 jam sehari selama 6 bulan menunjukkan hasil dapat menghambat osteoporosis.

Waktu Paparan Medan Magnet ELF

Dari beberapa jurnal penelitian lain, dapat diketahui bahwa durasi paparan juga berpengaruh terhadap hasil penelitian. Menurut Sri Septi Dyah Pratiwi & Sudarti (2022), paparan ELF dengan durasi 30 menit dengan intensitas $120\mu\text{T}$ berpengaruh baik terhadap pembentukan osteoblas pada tulang osteoporosis. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Agil et al. (2018) yang menyatakan bahwa pemaparan medan magnet ELF dengan durasi 30 menit, 60 menit, 90 menit terhadap pembentukan osteoblas memiliki dampak yang berbeda, akurasi dalam pembentukan tulang diperoleh pada waktu 30 menit. Penelitian Manjhi et al. (2013) mengungkapkan hasil yang berbeda, menyatakan bahwa tulang dengan osteoporosis ringan dapat dipaparkan dengan medan listrik ELF dengan durasi pemaparan 30 menit, namun pada kasus osteoporosis lanjut dan patah tulang, durasi pemaparan dalam pembentukan osteoblas adalah 90 menit.

Judul	Penulis	Tahun	Sampel	Metode	Hasil
Deterioration Of Bone Quality By Long-Term Magnetic Field With Extremely Low Frequency In Rats	Serkan Gürgül dkk. (Gürgül et al., 2008)	2008	Tikus	Penelitian ini menyelidiki efek jangka panjang (45 hari) paparan ELF-MF (50 Hz, 1 mT) pada sifat biomekanik tulang tikus. Kepadatan mineral tulang (BMD) dan penyelidikan histologis juga dievaluasi. Tikus dibagi secara acak menjadi empat kelompok: kontrol betina (FC; n = 5) dan tikus yang terpajan MF (F-MF; n = 7); kontrol jantan (MC; n=5) dan tikus yang terpajan MF (M-MF; n=7).	Menunjukkan bahwa ELF-MF jangka panjang (50 Hz, 1 mT) dapat mengurangi kualitas tulang dengan memengaruhi ralisasi tambang dan integritas kolagen.
Efek Paparan Jangka Panjang Terhadap Medan Magnet ELF Pada Tulang Formasi Tikus Ovariektomi	Mustafa Celik dkk. (Celik et al., 2012)	2012	Tikus	Enam puluh tikus Sprague-Dawley betina dewasa secara acak dibagi menjadi empat kelompok berbeda (n = 15): (i) kontrol tidak terpapar (CTL); (ii) hanya diovariektomi	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa osteoporosis dapat dihambat oleh perawatan stimulasi ELF-MF. Disimpulkan juga bahwa ELF-MF

				(OVX); (iii) non-ovarietomi, terpapar (SHAM þ ELF-MF); dan (iv) diovariectomi, terpapar (OVX þ ELF-MF). Kelompok ketiga dan keempat dipapar 1,5 mT ELF-MF selama 4 jam sehari selama 6 bulan.	mungkin berguna dalam pencegahan osteoporosis pada tikus yang diovariectomi. Bioelektromagnetik
Efek Medan Magnet Frequency Sangat Rendah Dalam Pencegahan Osteoporosis Akibat Cedera Tulang Belakang	Manjhi dkk. (Manjhi et al., 2013)	2013	Tikus	Tikus wistar jantan dewasa (N= 24) dibagi rata menjadi kelompok palsu, SCI (diinduksi cedera belakang), dan SCI+MF. Transeksi lengkap sumsum tulang belakang dilakukan pembedahan dengan anestesi, sedangkan pada kelompok palsu hanya dilakukan laminektomi. Pasca SCI hari 1, tikus dipaparkan (2 jam / d × 8 minggu) ke ELF-MF (17,96 mikro-Tesla, 50 Hz; kelompok SCI + MF) atau paparan palsu	Hasilnya menunjukkan bahwa paparan ELF-MF kronis (2 jam / hari × 8 minggu) (17,96 mikro-Tesla, 50 Hz) pada tikus yang diinduksi cedera belakang efektif dalam melemahkan osteoporosis.

(kelompok
SCI).

Hydrogel-Hydroxyapatite-Monomeric Collagen Type-I Scaffold With Low-Frequency Electromagnetic Field Treatment Enhances Osteochondral Repair In Rabbits	Jiyuan Yan dkk. (Yan et al., 2021)	2021	Kelinci	Dalam penelitian ini, scaffold komposit yang terbuat dari Hydroxyapatite-Collagen type-I (HAC) dan termogel PLGA-PEG-PLGA diproduksi untuk mencocokkan lapisan kartilago dan subkondral pada defek osteokondral. Sel induk mesenchymal sumsum tulang (BMSC) yang dikemas dalam termogel distimulasi oleh bidang elektromagnetik (EMF).	Eksperimen in vitro menunjukkan bahwa EMF dapat mendorong proliferasi dan diferensiasi kondrogenik BMSC sebagian dengan mengaktifkan jalur pensinyalan PI3K/AKT/mTOR dan Wnt1/LRP6/ β -catenin. Hasil in vivo selanjutnya menegaskan bahwa scaffold dengan EMF meningkatkan perbaikan cacat osteochondral pada kelinci, dan, khususnya, perbaikan tulang rawan.
Electromagnetic Field Versus Circuit Weight Training On Bone Mineral Density In Elderly Women	Hany Farid Eid Morsy Elsisi dkk. (Elsisi et al., 2015)	2015	Manusia	Sampel yang digunakan ialah tiga puluh wanita lanjut usia, berusia 60-70 tahun, secara acak dibagi menjadi dua kelompok (medan magnet	Dapat disimpulkan bahwa program CWT efektif modalitas dalam meningkatkan kepadatan mineral

				<p>dan Latihan beban circuit/CWT) (n=15 tiap kelompok). Sesi dilakukan tiga kali per minggu untuk kelompok medan magnet dan CWT, selama 12 minggu. Kepadatan mineral tulang/BMD dan kandungan mineral tulang belakang lumbar (L2-L4) dan leher femoralis, trokanter, dan segitiga Ward dievaluasi sebelum dan setelah 12 minggu pengobatan.</p>	<p>tulang/BMD tetapi LFLIPMF lebih efektif pada wanita lanjut usia.</p>
<p>Medan magnet frekuensi sangat rendah menurunkan kadar kalsium, seng, dan magnesium pada costa tikus.</p>	<p>M. zulqud Akdag dkk. (Akdag et al., 2006)</p>	<p>2010</p>	<p>Tikus</p>	<p>Sampel yang digunakan ialah 30 ekor tikus Sprague-Dawley jantan. Yang pertama dan kedua kelompok eksperimen (n ¼ 10) terpapar 100 mT dan 500 mT-MF selama 10 bulan, 2 jam sehari, masing-masing, dan kelompok ketiga (palsu) (n ¼ 10) dirawat</p>	<p>ELF-MF dengan intensitas rendah dapat mempengaruhi sifat biomekanik tulang tikus, terutama kualitas tulang kortikal dan tulang kekuatan. Efeknya bisa pada meningkatkan mineralisasi tulang.</p>

seperti kelompok eksperimen kecuali paparan ELF-MF dalam kotak metakrilat.

Efek medan elektromagnetik pada osteogenesis sel punca mesenkimal yang diturunkan dari tulang alveolar manusia	Kitaek Lim dkk. (Lim et al., 2013)	2013	Pasien yang memenuhi kriteria	Pasien dibagi menjadi 3 kelompok, terpapar 10, 30, dan 100 Hz ELF-PEMFs, masing-masing.	ELF-PEMFs dapat meningkatkan sel proliferasi dan akselerasi osteogenesis. Kesimpulannya, ini temuan mungkin menunjukkan bahwa ELF-PEMFs pada intensitas yang sesuai meningkatkan pembentukan tulang dengan mempromosikan diferensiasi sel punca dan pematangan
Aktivitas Antiosteoporosis Fraksi N-Heksana Daun Marsilea Crenata Presl Dalam Meningkatkan Kepadatan Tulang Trabekular Vertebra Mencit	Mangesti Agil dkk. (Agil et al., 2018)	2018	Tikus	Tikus Balb/C dikelompokkan dengan intensitas dari 120 μ T, dan 150 μ T dengan waktu paparan dari 30', 60', dan 90'.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan terhadap medan magnet dengan intensitas 120 μ T-200 μ T mampu meningkatkan proliferasi

Betina

osteoblas sehingga bahwa mereka bisa menyembuhkan patah tulang. Itu rentang intensitas paling akurat di proses pembentukan osteoblas adalah intensitas 150 μ T.

Extremely Low Frecuency (ELF) Electromagnetic Radiation Potential to Accelerate Fracture Splicing	Sri Septi dan Sudarti (Sri Septi Dyah Pratiwi & Sudarti, 2022)	2022	Artikel Review	Jenis desain penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Metode penelitian yang digunakan adalah Article Review dengan mengkaji 30 artikel yang berasal dari artikel internasional dan artikel nasional.	Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF intensitas 150 μ T memiliki kemampuan paling optimal dalam proses pembentukan osteoblas (osteoklas dan osteost) pada penyembuhan patah tulang
---	--	------	----------------	--	---

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap 30 artikel, baik artikel nasional maupun internasional, disimpulkan bahwa penggunaan intensitas medan magnet yang tepat mampu membantu terapi osteoporosis. Namun, paparan Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) tetap berdampak negatif bagi kesehatan jika intensitas paparannya tidak sesuai dengan kegunaannya.

REFERENSI

Agil, M., Ma, B., & Yusma Aemi, N. (2018). Aktivitas Antiosteoporosis Fraksi

- N-Heksana Daun Marsilea Crenata Presl. Dalam Meningkatkan Kepadatan Tulang Trabekular Vertebra Mencit Betina. *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*, 11(2), 1–7.
- Akdag, M. Z., Dasdag, S., Aksen, F., Isik, B., & Yilmaz, F. (2006). Effect Of Elf Magnetic Fields On Lipid Peroxidation, Sperm Count, P53, And Trace Elements. *Medical Science Monitor*, 12(11), 366–371.
- Celik, M. S., Gur, A., Akdağ, Z., Akpolat, V., Guven, K., Celik, Y., Sarac, A. J., & Otçu, S. (2012). The Effects Of Long-Term Exposure To Extremely Low-Frequency Magnetic Fields On Bone Formation In Ovariectomized Rats. *Bioelectromagnetics*, 33(7), 543–549. <https://doi.org/10.1002/Bem.21725>
- Elsisi, H. F. E. M., Mousa, G. S. M., & Eldesoky, M. T. M. (2015). Electromagnetic Field Versus Circuit Weight Training On Bone Mineral Density In Elderly Women. *Clinical Interventions In Aging*, 10, 539–548. <https://doi.org/10.2147/Cia.S78485>
- Gürgül, S., Erdal, N., Yilmaz, Ş. N., Yildiz, A., & Ankarali, H. (2008). Deterioration Of Bone Quality By Long-Term Magnetic Field With Extremely Low Frequency In Rats. *Bone*, 42(1), 74–80. <https://doi.org/10.1016/J.Bone.2007.08.040>
- Kamila, B. S., & Sudarti. (2022). Potensi Pemanfaatan Radiasi Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (Elf) Pada Proses Germinasi. *Jurnal Sains Agro*, 7(2), 136–143.
- Lim, K., Hexiu, J., Kim, J., Seonwoo, H., Cho, W. J., Choung, P. H., & Chung, J. H. (2013). Effects Of Electromagnetic Fields On Osteogenesis Of Human Alveolar Bone-Derived Mesenchymal Stem Cells. *Biomed Research International*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/296019>
- Manjhi, J., Kumar, S., Behari, J., & Mathur, R. (2013). Effect Of Extremely Low Frequency Magnetic Field In Prevention Of Spinal Cord Injury-Induced Osteoporosis. *Journal Of Rehabilitation Research And Development*, 50(1), 17–30. <https://doi.org/10.1682/Jrrd.2011.12.0248>
- Rahman, R. A., & Sudarti, S. (2021). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) 500 µt Terhadap Derajat Keasaman (Ph), Massa Jenis, Dan Kualitas Fisik Jambu Air. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 2(2), 62–66. <https://doi.org/10.26418/Jippf.V2i2.47149>
- Soewasti Soesanto, S. (1996). Medan Elektromagnetik. *Media Litbang*, 7(3), 6–12.
- Sri Septi Dyah Pratiwi, & Sudarti. (2022). Extremely Low Frequency (Elf) Electromagnetic Radiation Potential To Accelerate Fracture Splicing. *Medical And Health Science Journal*, 6(02), 35–42. <https://doi.org/10.33086/Mhsj.V6i02.2962>
- Van Den Heuvel, R., Leppens, H., Nêmethova, G., & Verschaeve, L. (2001). Haemopoietic Cell Proliferation In Murine Bone Marrow Cells Exposed To Extreme Low Frequency (Elf) Electromagnetic Fields. *Toxicology In Vitro : An International Journal Published In Association With Bibra*, 15(4–5), 351–355. [https://doi.org/10.1016/S0887-2333\(01\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S0887-2333(01)00035-2)
- Yan, J., Liu, C., Tu, C., Zhang, R., Tang, X., Li, H., Wang, H., Ma, Y., Zhang, Y.,

Wu, H., & Sheng, G. (2021). Hydrogel-Hydroxyapatite-Monomeric Collagen Type-I Scaffold With Low-Frequency Electromagnetic Field Treatment Enhances Osteochondral Repair In Rabbits. *Stem Cell Research And Therapy*, 12(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/S13287-021-02638-6>