

Pengaruh Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap Kelistrikan Jantung

Siti Hindun Hindiyati, Sudarti

Universitas Jember, Indonesia
Alamat Korespondensi: Hindunhindy177@gmail.com

Abstrak

Paparan gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* dicurigai berdampak pada kelainan tubuh khususnya organ jantung. Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh paparan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* terhadap kelistrikan jantung. Metode penulisan menggunakan *literature review* dari 30 artikel hasil penelitian yang relevan mulai tahun 2012 sampai 2022, ditemukan 11 artikel yang sesuai kriteria yang telah ditetapkan. Indikator kelistrikan jantung yang akan dianalisis dalam penelitian ini antara lain, detak jantung (aritmia) dan metabolisme jantung. Hasil penelitian menunjukkan gelombang *Extremely Low Frequency* memengaruhi secara positif sebanyak 85% terhadap total sampel jantung sakit khususnya pada proses penyembuhan penyakit *Ischemia Reperfusi* (IR) dan koroner dengan cara meningkatkan fungsi jantung dan meningkatkan NO pada sampel jantung sakit. Namun, 15% sisanya, *Extremely Low Frequency* tidak signifikan berpengaruh terhadap aritmia maupun metabolisme pada sampel jantung sehat baik manusia maupun hewan. Hasil penelitian melaporkan bahwa paparan medan listrik 50-60 Hz intensitas 12 μ T mampu melindungi jantung dari kerusakan *Ischemia Reperfusi* dan juga mempertahankan metabolisme selama cedera IR. Hasil pada jantung sehat paparan tidak memberikan efek signifikan terhadap tekanan darah, denyut nadi, denyut jantung, atau irama jantung sehingga penelitian pada jantung sehat masih sangat kontroversial. Sedangkan pada jantung yang terkena cedera IR dan koroner, ELF dapat digunakan sebagai alternative terapi proses penyembuhan.

Kata Kunci: aritmia, *extremely low frequency*, jantung elektromagnet

The Effect of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Waves on Heart Electricity

Abstract

Exposure to Extremely Low-Frequency electromagnetic waves is suspected of having an impact on body abnormalities, especially the heart organ. This paper aims to examine the effect of Extremely Low-Frequency Electromagnetic exposure on heart electricity. The writing method uses a literature review of 30 relevant research articles from 2012 to 2022 and found 11 articles that match the predetermined criteria. The electrical indicators of the heart that will be analyzed in this study include heart rate (arrhythmia) and cardiac metabolism. The results showed that Extremely Low-Frequency waves positively affected as much as 85% of the total diseased heart samples, especially in the healing process of Ischemia-Reperfusion (IR) and coronary disease by improving heart function and increasing NO in diseased heart samples. However, the remaining 15%, Extremely Low Frequency had no significant effect on arrhythmias or metabolism in healthy heart samples, both humans and animals. The results of the study reported that exposure to an electric field of 50-60 Hz with an intensity of 12 μ T was able to protect the heart from ischemia-reperfusion damage and also maintain metabolism during IR injury. Results in healthy heart exposure do not have a significant effect on blood pressure, pulse, heart rate, or heart rhythm, so studies in healthy hearts are still highly controversial. Whereas in the heart affected by IR and coronary injury, ELF can be used as an alternative therapy for the healing process.

Keywords: arrhythmia, electromagnet, extremely low frequency, heart, electromagnetic

How to Cite :

Hindiyati, S. H., Sudarti. Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) terhadap Kelistrikan Jantung. J Kdokter Meditek, 2023; 29(2), 210–217. Available from: <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/Meditek/article/view/2528/version/2524> DOI: <https://doi.org/10.36452/jkdoktermeditek.v29i2.2528>

Pendahuluan

Seiring berkembangnya teknologi, hampir seluruh teknologi yang kita gunakan menghasilkan gelombang elektromagnetik. Hal ini didukung dengan penelitian pada dampak medan magnet lingkungan rumah tangga di sekitar jaringan transmisi 500kV, yang menunjukkan bahwa bila dibandingkan dengan medan magnet alami, peningkatan yang dialami sebesar 7 hingga 8 kali.¹ Gelombang elektromagnetik sendiri merupakan gelombang yang dapat merambat meskipun tidak ada perantara. Proses merambatnya gelombang elektromagnetik tanpa perantara disebut dengan peristiwa radiasi. Energi radiasi umumnya berupa gelombang, biasanya berupa gelombang sinusoidal. Teknologi yang memiliki energi radiasi seperti televisi, radio, dan juga ponsel yang sering kita gunakan dapat menghasilkan gelombang elektromagnetik.² Peralatan rumah tangga tersebut dapat menghasilkan medan magnet 0,5-200uT pada jarak pengukuran 3cm.³ Gelombang elektromagnetik sendiri memiliki rentang gelombang. Pada gelombang paling rendah frekuensinya disebut dengan *Extremely Low Frequency* (EM-ELF) yang memiliki frekuensi 0-300Hz. Pancaran radiasi atau paparan yang dihasilkan dari gelombang elektromagnetik ELF termasuk radiasi *non-pengion* yang mana radiasi ini dihasilkan oleh muatan yang bergerak atau berisolasi dan dapat menembus benda apapun.¹

Extremely Low Frequency sudah banyak dimanfaatkan pada bidang pangan, pertanian, dan kesehatan. Gelombang Elektromagnetik ELF pada paparan 100 μ T dan 300 μ T dapat mempercepat laju pertumbuhan tomat ranti.⁴ Lalu pada penelitian Nurhasanah, 2018 yang meneliti pada ketahanan pangan bandeng menyatakan bahwa EM-ELF dapat menurunkan atau menghambat kenaikan pH dengan paparan sebesar 730,56 μ T. Data bidang kesehatan menunjukkan bahwa medan elektromagnetik ELF dapat menurunkan HSP 70 terhadap makrofag mencit yang sudah diinfeksi *Toxoplasma gondii* dibandingkan dengan kelompok kontrol.⁵

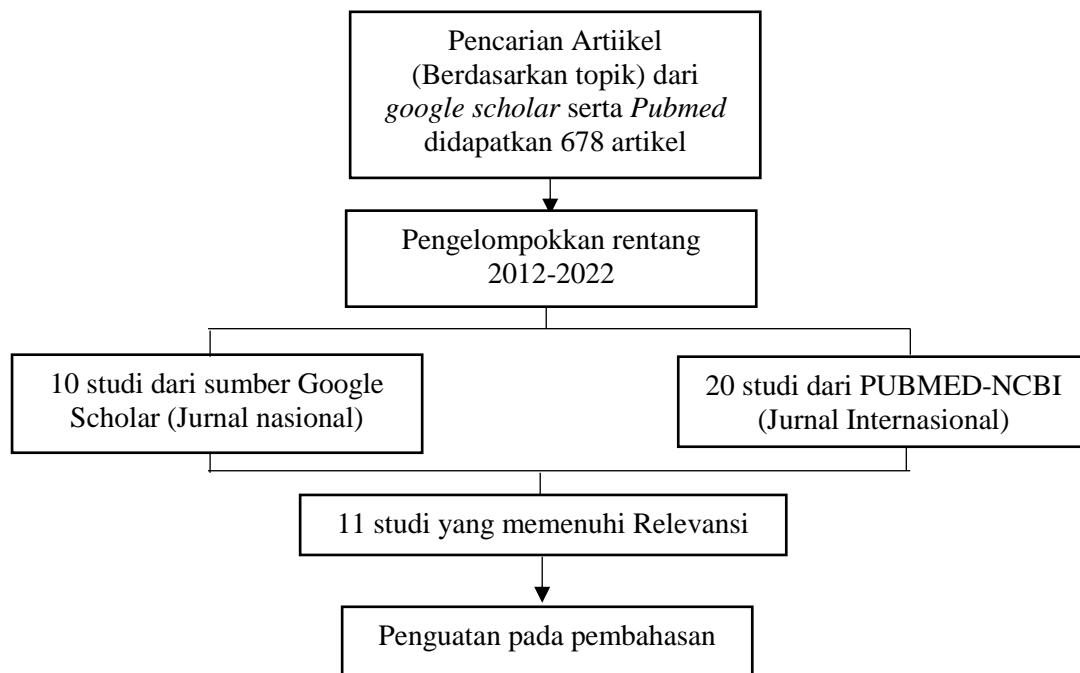
Jantung merupakan salah satu organ vital yang sangat penting dan berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh untuk membawa oksigen

serta bahan pokok yang dibutuhkan oleh tubuh. Jantung merupakan salah satu organ yang sensitif terjangkit virus maupun terhadap stres sehingga dapat menyebabkan cedera serius dalam tubuh.⁶ Penyakit yang sering dirasakan pada jantung adalah nyeri dada akut. Data dari *Global Burden of Cardiovascular Disease* (2020) terdapat 271 juta kasus penyakit kardiovaskular pada tahun 1990 dan meningkat hingga dua kali lipat menjadi 523 juta kejadian di tahun 2019. Menurut WHO (2017), penyakit yang menyebabkan kematian nomor 1 di dunia adalah penyakit jantung atau kardiovaskular. Salah satu penyakit kardiovaskular yang akut ialah penyakit jantung koroner yang menyebabkan kematian tertinggi hingga 7,4 juta kematian.⁷ Di Indonesia, menurut Kementerian Kesehatan (2023), kasus penyakit kardiovaskular di Indonesia setidaknya 15 dari 1000 orang atau sekitar 2.784.064 individu di Indonesia menderita penyakit jantung. Peristiwa ini sering terjadi akibat iskemia miokardium. Iskemia miokardium dapat terjadi ketika suplai oksigen ke otot jantung tidak kuat bila dibandingkan dengan kebutuhan jantung tersebut. Sehingga penderita akan mengalami nyeri dada yang dapat menjalar hingga ke rahang bawah, lalu bahu, bahkan ke lengan kiri.⁸

Tujuan penulisan artikel ini ialah, mengkaji pengaruh *Extremely Low Frequency* terhadap aritmia, metabolisme jantung sehat, dan pengaruh metabolisme pada jantung sakit dengan rentang tahun artikel 2012 hingga 2022. Pengkajian ini mengharapkan adanya perkembangan serta inovasi pada bidang medis di Indonesia yang dapat menggunakan teknologi medan magnet ini pada kesehatan jantung baik hewan maupun manusia.

Metodologi

Metode yang digunakan dalam artikel ini adalah *literature review* dengan sampel sejumlah 30 artikel yang dipublikasi mulai tahun 2012 hingga 2022. Variabel yang dikaji dalam penelitian ini ialah aritmia/ detak jantung, indikator yang diukur adalah cepat lambatnya detak jantung. Metabolisme jantung adalah aktivitas jantung dengan indikator yang diukur adalah hasil elektrokardiografi. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara deskriptif berdasarkan data sekunder dari hasil review artikel. Diagram pemilihan artikel dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar Diagram 1. Alur pemilihan artikel

Pencarian sumber data yang ada dalam penelitian ini menggunakan *Google Scholar*, dan *Pubmed*. Pencarian jurnal serta artikel dengan menggunakan kata kunci jantung, *Extremely Low Frequency*, aritmia, dan jantung koroner. Terdapat 678 artikel yang diperoleh pada tahap awal pencarian keseluruhan baik *google scholar* atau *pubmed* dan dilakukan pengelompokan berdasarkan tahun, ditemukan 10 artikel dari *google scholar* dan 20 artikel dari *Pubmed*. Sebanyak 11 jurnal akan dianalisis berdasarkan relevansi topik yang dibahas. Data yang akan diinput dari jurnal tersebut meliputi penulis, tahun publikasi, judul jurnal, media penelitian, serta hasil yang diperoleh. Kriteria inklusi: artikel ilmiah yang memuat mengenai pengaruh paparan

terhadap jantung menggunakan Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, artikel ilmiah yang diterbitkan setelah 2012 atau dalam rentang waktu 10 tahun terakhir (2012-2022). Kriteria eksklusi: artikel ilmiah yang tidak dapat diakses atau didownload, artikel ilmiah yang kurang lengkap, judul serta tema artikel yang berbeda dengan topik yang sedang dibahas.

Hasil

Hasil review artikel ini menggambarkan belum adanya angka signifikansi mengenai EM-ELF terhadap aritmia atau detak jantung yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil penelitian paparan medan magnet rendah terhadap jantung

Penulis	Media	Aritmia	Metabolisme
Wang <i>et al</i> , 2019 ⁹	Tikus dengan paparan 50Hz tegangan 100 μ T dengan waktu 1 jam	Paparan MF 50Hz tidak memiliki efek pada irama jantung	Setelah dipapari, diteliti dengan menggunakan elektrokardiografi yang menunjukkan bahwa tekanan maksimum jantung kiri, serta tekanan diastolik akhir tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok.

Song <i>et al</i> , 2018 ¹⁰	Manusia dengan frekuensi 50-60Hz pada intensitas 12uT.	Terjadi penurunan aktivitas MMP-2 yang signifikan lebih dari 30% di myocytes	Paparan EM-ELF memengaruhi jantung yang mengalami cedera I/R yang mana paparan tersebut melindungi aktivitas metabolisme.
Zhou <i>et al</i> , (2016) ¹¹	64 tikus jantan selama 8 minggu dipapar MF 50Hz/100 μ T	Paparan MF 50Hz tidak memiliki efek pada irama jantung	Paparan MF 50Hz tidak memiliki efek pada fungsi jantung
Bialy <i>et al</i> , (2015) ¹²	Tikus wistar jantan	MF-ELF juga mencegah penurunan denyut jantung dan LVDP yang diinduksi oleh I/R.	LF EMF tidak memengaruhi MMP-2 pada jantung dengan perfusi aerobik
Taufiqurochman, (2015) ¹³	Mencit berumur 10 minggu dengan ELF sebesar 100 μ T	MF-ELF dapat meningkatkan HSP 70 makrofag kelompok yang diinfeksi toxoplasma	Paparan ME ELF dapat menyebabkan perubahan? permeabilitas membran sel
Nugroho, (2012) ¹⁴	Manusia 14 jantung sehat laki-laki menggunakan frekuensi 50 Hz	EM-ELF tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai EKG	Paparan EM-ELF dapat meningkatkan aliran darah sebesar 13,4 %. Pada lengan bawah dapat meningkatkan aliran darah sebesar 4,6 %
Irawati <i>at al</i> , (2015) ¹⁵	Sampel manusia sehat menggunakan sistem aerobik	Terbukti EM-ELF tidak signifikan berpengaruh terhadap denyut jantung manusia	Aritmia rentan terjadi dipengaruhi hipertrofi
Marrella <i>et al</i> , (2018) ²	Sampel manusia sehat menggunakan frekuensi 50 Hz	EM-ELF tidak signifikan memengaruhi denyut jantung manusia yang ditunjukkan pada FKG	Paparan medan magnet dapat menginduksi respon hemodinamik melalui mediator kolinergik bersama dengan vasodilatasi yang dimediasi bersama NO
Lai <i>et al</i> , (2016) ¹⁶	Sampel 16 anjing sakit jantung infark miokard	Secara signifikan EM-ELF dapat mengurangi fungsi aktivitas saraf LSG	EM-ELF norepinefrin serum menurun dari 180 \pm 6,8pg/ml menjadi 58pg/ml pada paparan menit ke 30
Hao <i>et al</i> , (2014) ¹⁷	Sampel jantung tikus jantan sakit terinfeksi infark miokard atau jantung coroner intensitas 5 μ T frekuensi 50 Hz	EM-ELF dapat meningkatkan fungsi jantung dengan ditandai nilai EF serta FS yang lebih tinggi setelah diobati dengan menggunakan EM-ELF hal ini juga tidak memengaruhi denyut jantung serta berat badan	EM-ELF melindungi jantung yang terkena infark miokard dengan cara meningkatkan nucleus positif TUNEL di PIZ
Sukar & Riyadina, (2018) ¹⁸	Sampel jantung sehat yang diinduksi infark miokard dengan intensitas EM-ELF 4,5mT/15Hz selama 3 jam	EM-ELF dibuktikan dapat meningkatkan viabilitas kardiomyosit setelah cedera IR pada media tikus yang mana LF-EMF melemahkan penekanan sel yang diinduksi menggunakan IR	Sel apoptosis mengalami penurunan setelah perawatan LF-EMF pada jantung yang cedera IR dengan waktu yang sama, EM-ELF dibuktikan dapat mengurangi cedera jantung yang diinduksi IR melalui pengaturan produksi ROS serta penyeimbangan NO/ONOO-

Pembahasan

Hingga saat ini, pengaruh medan magnet ELF terhadap jantung sehat hingga jantung sakit masih banyak diperdebatkan di kalangan peneliti nasional hingga internasional. Detak jantung tidak sama pada setiap manusia. Kisaran normal pada manusia dewasa dari 60 hingga 100 denyut per menit.¹⁹ Berdasarkan jurnal yang telah dikumpulkan, terdapat 2 jenis sampel yang digunakan yakni sampel jantung sehat, jantung sakit, ataupun jantung sehat diinduksi dengan penyakit tertentu misal infark miokard. Sebagian penelitian yang menggunakan sampel jantung sakit menunjukkan bahwa EM-ELF dapat melindungi metabolisme jantung sehingga jantung yang terkena cedera infark miokard dapat lebih baik.²⁰ Namun, penelitian lainnya yang menggunakan sampel jantung sehat menyebutkan bahwa kurangnya perbedaan atau perubahan dari kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen sehingga didapatkan hasil yang kurang signifikan.

Kelistrikan jantung ialah kontraksi sel otot jantung yang terjadi dikarenakan potensial aksi yang dihantarkan sepanjang membran sel otot jantung. Jantung akan berkontraksi secara ritmik, dengan akibat adanya impuls listrik yang dibangkitkan oleh jantung sendiri yang dapat disebut dengan *autorhythmicity*. Sifat ini khusus dimiliki oleh sel otot jantung. Ada 2 jenis khusus sel otot jantung yang pertama ialah sel kontraktil dan yang kedua ada sel otoritmik.²¹ Kelainan pada kelestrikan jantung, dapat dilihat dari alat yang bernama Elektrokardiografi (EKG). Dari alat ini, kita bisa melihat aritmia atau kelestrikan yang terjadi pada jantung atau gangguan irama jantung, penebalan otot jantung, hingga penyempitan pembuluh darah koroner maupun potensi serangan jantung. Sel-sel jantung yang mampu mengalami otoritmisitas ditemukan pada beberapa tempat di antaranya adalah, Nodus sinoatrium /Sinatrial Node (*SA Node*), Nodus atrioventrikel/Atrioventricular Node (*AV Node*), Berkas HIS/ (*Bundle of HIS*), *Left bundle branch* (LBB) serta Serabut Purkinje.

Pada penggunaan intensitas rendah terhadap jantung untuk pengukuran aritmia atau detak jantung dengan hasil yang ditunjukkan oleh elektrokardiografi (EKG) memiliki nilai kurang signifikan untuk jantung sehat. Hal ini masih perlu penelitian lebih lanjut mengenai pemberian paparan dengan intensitas yang berbeda untuk mengetahui perubahan detak jantung yang dialami makhluk hidup. Pada teori buku metabolisme jantung menyebutkan bahwa ketika jantung

diberikan perlakuan, akan terjadi beberapa fase di antaranya adalah Fase ke 0 yakni fase *Resting potensial*, pada fase ini terjadi saat Na^+ masuk secara mendadak ke dalam sel. Selanjutnya adalah fase 1 atau repolarisasi singkat yang terjadi ketika tertutupnya kanal natrium dan bergantian K^+ keluar. Fase 2 merupakan *plateau* dari aksi potensial terjadi ketika masuknya Ca^+ melalui kanal kalsium. Pada fase ke 2 ini akan terjadi perubahan detak jantung. Fase 3 atau repolarisasi lanjut akan terjadi saat tertutupnya kanal kalsium dan pompa sodium yang berfungsi secara maksimal. Dan yang terakhir adalah Fase 4 yakni ion-ion akan kembali ke keadaan sel semula dan diawali kembali ke fase ke 0. Apabila hal ini terus berlanjut dengan adanya perlakuan dari luar sehingga jantung segera merespon, maka yang akan terjadi adalah perubahan detak jantung dan pembesaran atau penyusutan bobot jantung.²³ Sehingga penelitian mengenai jantung sehat yang dipapari medan magnet ELF intensitas rendah tidak menghasilkan hasil yang signifikan. Maka, dapat dikatakan bahwa medan magnet ELF intensitas rendah dengan nilai tertentu tidak memengaruhi denyut jantung sehat secara signifikan.

Penyakit jantung koroner atau dapat disebut dengan infark miokard (MCI) yang disebabkan oleh trombus arteri koroner, berawal dari munculnya plak lalu diikuti dengan adanya pembentukan trombus oleh trombosit.²⁴ Berdasarkan artikel yang telah ditelaah menyebutkan bahwa EM-ELF dengan menggunakan intensitas $5 \mu\text{T}$ dapat meningkatkan fungsi jantung ketika jantung terkena jantung koroner. Pada penelitian jantung koroner, EM-ELF juga terbukti tidak memengaruhi pada aritmia ataupun detak jantung. Sehingga, pada keadaan penyembuhan luka jantung koroner nilai denyut jantung pada EKG masih normal dan tidak memengaruhi respon jantung yang kurang baik.²⁵ Teori penyembuhan jantung koroner menyebutkan bahwa jantung koroner dapat disembuhkan secara perlahan dengan menyempurnakan aliran darah yang ada dalam jantung, karena jantung koroner disebabkan oleh kerusakan lapisan dinding pada pembuluh darah (aterosklerosis). Penelitian dari 2016 menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF dapat meningkatkan nucleus di daerah tunel jantung sehingga dapat meningkatkan penyembuhan jantung koroner.²⁶

Ischemic Reperfusion Injury atau disebut dengan IR merupakan kerusakan jantung yang dikarenakan oleh kembalinya pasokan darah ke jaringan setelah adanya periode iskemia atau dapat disebut dengan kekurangan oksigen.²⁷ Berdasarkan

artikel yang sudah dipaparkan, menemukan bahwa sebagian artikel tersebut menggunakan sampel jantung sakit IR dengan menggunakan paparan medan magnet intensitas rendah. Hasil yang ditunjukkan dari penelitian tersebut adalah positif yang mana di antaranya adalah, sel apoptosis mengalami penurunan ketika dipapari medan magnet ELF pada jantung yang terkena cedera IR.¹⁸ Tidak hanya itu, penelitian lain yang mengemukakan mengenai hasil positif paparan medan magnet terhadap jantung yang terkena IR adalah medan magnet memiliki pengaruh dalam meningkatkan nilai *Ejection Fraction* (EF) dan *Fractional shortening* (FS). Pada peningkatan tersebut akan menyebabkan peningkatan nucleus di tunel jantung dan membantu penyembuhan jantung yang terkena cedera IR. Berdasarkan 11 artikel yang sudah direview, pengaruh medan magnet ELF terhadap jantung sehat terlihat tidak signifikan baik metabolisme ataupun aritmia. Pada kelistrikan jantung sehat, dapat disebutkan bahwa medan magnet ELF tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kelistrikan jantung sehat dengan intensitas rendah. Namun, pada jantung sakit atau jantung yang terkena cedera IR maupun koroner, ELF mampu membantu pemulihan jantung sakit dengan cara melindungi sistem metabolisme jantung dengan baik. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan media jantung sakit untuk mengetahui lebih dalam pengaruh ELF sebagai rekomendasi terapi jantung cedera.

Simpulan

Berdasarkan seluruh jurnal yang telah ditelaah, dapat disimpulkan bahwa pengaruh EM-ELF terhadap jantung sehat khususnya pada aritmia kurang memiliki kesesuaian dengan teori yang ada. Respon jantung yang kurang menunjukkan intensitas yang kurang tinggi terhadap kelompok eksperimen. Sehingga masih perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan intensitas tinggi terhadap respon jantung sehat. Namun, pada kelompok jantung sakit atau jantung yang diinduksi dengan menggunakan penyakit infark miokard ditemukan bahwa EM-ELF mampu melindungi metabolisme jantung. Hal ini dapat dijadikan sebagai landasan penelitian lebih lanjut mengenai dampak paparan EM-ELF intensitas rendah terhadap jantung sakit atau jantung yang terkena cedera serta rekomendasi paparan ELF sebagai terapi jantung koroner.

Daftar Pustaka

1. Sudarti S, Nuraini L, Saleh TA, Prihandono T. The analysis of extremely Low Frequency (ELF) electric and magnetic field exposure biological effects around medical equipments. *Int J Adv Eng Res Sci* [Internet]. 2018;5(7):289–96. Available from: <http://ijaers.com/detail/the-analysis-of-extremely-low-frequency-elf-electric-and-magnetic-field-exposure-biological-effects-around-medical-equipments/>
2. Marrella A, Iafisco M, Adamiano A, Rossi S, Aiello M, Barandalla-Sobrados M, et al. A combined low-frequency electromagnetic and fluidic stimulation for a controlled drug release from superparamagnetic calcium phosphate nanoparticles: potential application for cardiovascular diseases. *J R Soc Interface* [Internet]. 2018 Jul 11;15(144):20180236. Available from: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsif.2018.0236>
3. Qi G, Zuo X, Zhou L, Aoki E, Okamura A, Watanebe M, et al. Effects of extremely low-frequency electromagnetic fields (ELF-EMF) exposure on B6C3F1 mice. *Environ Health Prev Med* [Internet]. 2015 Jul 5;20(4):287–93. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12199-015-0463-5>
4. Sudarti S, Harijanto A, Supriadi B, Maryani M, Seskawan CA. Analysis of UV-B Absorption by fiber plastic/glass with various colors using UV-VIS spectrometer. *Int J Adv Eng Res Sci* [Internet]. 2018;5(11):226–8. Available from: <https://ijaers.com/detail/analysis-of-uv-b-absorption-by-fiber-plastic-glass-with-various-colors-using-uv-vis-spectrometer/>
5. Hong ME, Yoon KH, Jung YY, Lee TJ, Park ES, Sohn UD, et al. Influence of exposure to extremely low frequency magnetic field on neuroendocrine cells and hormones in stomach of rats. *Korean J Physiol Pharmacol* [Internet]. 2011 Jun;15(3):137. Available from: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4196/kjpp.2011.15.3.137>
6. Peloso GM, Auer PL, Bis JC, Voorman A, Morrison AC, Stitzel NO, et al. Association of low-frequency and rare coding-sequence variants with blood lipids and coronary heart disease in 56,000 whites and blacks. *Am J*

- Hum Genet [Internet]. 2014 Feb 6;94(2):223–32. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000292971400010X>
7. Dapamede T, Paundralingga O, Rahayu M, Soemantri B. Neural pain pathway tracing of rabbit ischemic heart by double-retrograde neurotracing. MNJ (Malang Neurol Journal) [Internet]. 2015 Jan 1;1(1):12–6. Available from: <http://mnj.ub.ac.id/index.php/mnj/article/view/9>
 8. Okano H, Fujimura A, Kondo T, Laakso I, Ishiwatari H, Watanuki K. A 50 Hz magnetic field affects hemodynamics, ECG and vascular endothelial function in healthy adults: A pilot randomized controlled trial. Fukumoto Y, editor. PLoS One [Internet]. 2021 Aug 5;16(8):e0255242. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0255242>
 9. Wang Y, Liu X, Zhang Y, Wan B, Zhang J, He W, et al. Exposure to 50 Hz magnetic field at 100 μ T exert no DNA damage in cardiomyocytes. Biol Open [Internet]. 2019 Jan 1;8(8). Available from: <https://journals.biologists.com/bio/article/doi/10.1242/bio.041293/266004/Exposure-to-50-Hz-magnetic-field-at-100-T-exert-no>
 10. Song K, Im SH, Yoon YJ, Kim HM, Lee HJ, Park GS. A 60 Hz uniform electromagnetic field promotes human cell proliferation by decreasing intracellular reactive oxygen species levels. Scarfi MR, editor. PLoS One [Internet]. 2018 Jul 16;13(7):e0199753. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0199753>
 11. Zhou L, Wan B, Liu X, Zhang Y, Lai J, Ruan G, et al. The effects of a 50-Hz magnetic field on the cardiovascular system in rats. J Radiat Res [Internet]. 2016 Nov 1;57(6):627–36. Available from: <https://academic.oup.com/jrr/article/57/6/627/2605913>
 12. Bialy D, Wawrzynska M, Bil-Lula I, Krzywonos-Zawadzka A, Wozniak M, Cadete VJJ, et al. Low frequency electromagnetic field conditioning protects against i/r injury and contractile dysfunction in the isolated rat heart. Biomed Res Int [Internet]. 2015;2015:1–7. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/396593/>
 13. Taufiqurochman MA. Perubahan ekspresi heat shock protein 70 akibat paparan medan elektromagnetik extremely low frequency pada makrofag peritoneum mencit yang diinfeksi *Toxoplasma gondii*. Jurnal Medika.2015;7(2). Available from: <http://journals.ums.ac.id/index.php/biomedika/article/view/1900>.
 14. Nugroho D. Pengaruh perubahan konfigurasi saluran jaringan sutet 500 Kv terhadap medan magnet. Media Elektr. 2012;2(1):9–17.
 15. Irawati D, Santoso S, Siswandi R. Perubahan aktivitas listrik jantung pada tikus yang diberi latihan fisik aerobik serta henti latih. Jurnal Kedokteran Meditek. 2015;21(55). Available from: <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/Meditek/article/view/1199>
 16. Lai J, Zhang Y, Zhang J, Liu X, Ruan G, Chaugai S, et al. Effects of 100- μ T extremely low frequency electromagnetic fields exposure on hematograms and blood chemistry in rats. J Radiat Res [Internet]. 2016 Jan 1;57(1):16–24. Available from: <https://academic.oup.com/jrr/article-lookup/doi/10.1093/jrr/rrv059>
 17. Hao CN, Huang JJ, Shi YQ, Cheng XW, Li H-Y, Guo X-G, et al. Pulsed electromagnetic field improves cardiac function in response to myocardial infarction. Am J Transl. 2014;6(3):282–90.
 18. Sukar, Riyadina W. Radiasi medan listrik dan medan magnet dalam kaitannya dengan kejadian hipertensi dan disters di lingkungan kerja. J Ekol Kesehat. 2018;7(3):82–837.
 19. Soeharto I. Penyakit jantung koroner dan serangan jantung. Edisi Kedua. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama; 2004.
 20. Akbarnejad Z, Eskandary H, Dini L, Vergallo C, Nematollahi-Mahani SN, Farsinejad A, et al. Cytotoxicity of temozolomide on human glioblastoma cells is enhanced by the concomitant exposure to an extremely low-frequency electromagnetic field (100 Hz, 100 G). Biomed Pharmacother [Internet]. 2017 Aug;92:254–64. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0753332216328803>
 21. Ardhiles, Budi B, Jamil M, Ristanto R. Cara mudah belajar EKG. Edisi Satu. Malang: Literasi Nusantara; 2018.
 22. Sari L, Anggia RW, Gama BK, Febrina S, Nuriah A. Penyakit sistem kardiovaskular. Yosefina DP, editor. Jakarta: Yayasan Penerbit Muhamad Zaini; 2022. 200 p.
 23. Tortora GJ, Derrickson B. Principles of

- anatomy and physiology. Wiley: Hoboken; 2009.
24. Santoso M, Setiawan T. Artikel penyakit jantung koroner. *Cermin Dunia Kedokt.* 2005;(147):5–9.
 25. Fang Q, Mahmoud SS, Yan J, Li H. An investigation on the effect of extremely low frequency pulsed electromagnetic fields on human electrocardiograms (ECGs). *Int J Environ Res Public Health.* 2016 Nov 23;13(11).
 26. Sun Z, Ge J, Guo B, Guo J, Hao M, Wu Y, et al. Extremely low frequency electromagnetic fields facilitate vesicle endocytosis by increasing presynaptic calcium channel expression at a central synapse. *Sci Rep [Internet].* 2016 Feb 18;6(1):21774. Available from: <https://www.nature.com/articles/srep21774>
 27. Hasyim D, Samodro R, Sasongko H, Leksana E. Jurnal anestesiologi Indonesia. *J anestesi [Internet].* 2012;8(2):22–33. Available from: http://janesti.com/uploads/default/files/1.2-full_.pdf