

POTENSI MEDAN MAGNET *EXTREMELY LOW FREQUENCY* (ELF) UNTUK TERAPI DIABETES

Rista Setiani¹, Nina Amelia², Sudarti³

Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Kota Jember

e-mail: ristasetiani203@gmail.com, ninabisma1234@gmail.com, sudarti.fkip@unej.ac.id

ABSTRACT

Diabetes is one of the metabolic diseases caused by high levels of sugar in the body. Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Fields are believed to have the potential to alleviate diabetes symptoms. The aim of this article is to analyze the potential of ELF magnetic fields for diabetes therapy. The method employed in this study is a literature review of 29 national and international articles spanning a 10-year period from 2013 to 2023. The data is presented descriptively along with observation results in tabular form. ELF magnetic fields offer benefits for diabetes patients, such as improving insulin sensitivity, accelerating wound healing, and reducing the risk of complications in diabetes patients. The intensity and duration of exposure may need to be considered when using ELF magnetic fields for diabetes therapy. Some research findings indicate that certain magnetic field intensities do not exhibit a significant effect on blood sugar levels. Further research is required to explore the potential of ELF magnetic fields in diabetes, taking into account the level of intensity and duration of exposure, in order to reach accurate conclusions.

Keywords: *Electromagnetic Waves, ELF, Diabetes*

ABSTRAK

Diabetes merupakan salah satu penyakit metabolisme yang disebabkan oleh kadar gula yang tinggi dalam tubuh. Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) diduga mampu menurunkan gejala diabetes. Tujuan dari artikel ini untuk menganalisis potensi medan magnet ELF untuk terapi diabetes. Metode yang digunakan adalah review literatur sebanyak 29 artikel nasional dan internasional pada rentang 10 tahun 2013-2023. Data disajikan secara deskriptif disertai tabel hasil pengamatan. Medan magnet ELF memberikan manfaat bagi penderita diabetes, seperti meningkatkan sensitivitas insulin, mempercepat penyembuhan luka dan mengurangi risiko komplikasi pada penderita diabetes. Intensitas dan durasi paparan mungkin perlu diperhatikan saat penggunaan medan magnet ELF untuk terapi diabetes. Beberapa hasil penelitian menunjukkan intensitas medan magnet tertentu tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kadar gula darah. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai potensi medan magnet ELF pada diabetes dengan mempertimbangkan tingkat intensitas dan durasi paparan, sehingga dapat mencapai kesimpulan yang tepat.

Kata kunci: *Gelombang Elektromagnetik, ELF, Diabetes*

1. Pendahuluan

Paparan radiasi gelombang elektromagnetik tanpa kita sadari ada di lingkungan sekitar. Radiasi gelombang elektromagnetik bersumber dari berbagai macam peralatan elektronik yang ada di dalam rumah, perkantoran, maupun di lingkungan masyarakat tegangan transmisi listrik. Sumber energi tersebut meningkat karena adanya medan magnet. Medan magnet adalah wilayah di sekitar magnet yang dipengaruhi oleh gaya magnetik. Terjadinya medan magnet disebabkan oleh tarikan dan tolakan kuat antara kutub-kutub magnet yang berlawanan (Sari et al., 2015). Gelombang elektromagnetik yang dikenal sebagai medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) memiliki frekuensi sangat rendah, yaitu di bawah 0-300 Hz. Medan magnet ELF ini tidak hanya dihasilkan saat aliran listrik mengalir melalui kabel, tetapi juga muncul dari gelombang yang berasal dari perangkat elektronik. Dimana frekuensi yang dihasilkan oleh perlengkapan elektronik sebesar 50- 60 Hz (Tarigan et al., 2013). Radiasi elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) tidak dapat mengionisasi material/benda apapun yang dilewatinya, oleh karena itu radiasi ini termasuk dalam kategori radiasi non pengion (Wismaya & Sugianto, 2022).

Medan elektromagnetik frekuensi sangat rendah (ELF) memiliki beberapa efek potensial, termasuk kesehatan manusia. Karena pada frekuensi rendah dengan tegangan tinggi, organisme hidup dapat terpapar medan elektromagnetik dengan mudah (Muslim et al., 2023). Kekhawatiran mengenai efek kesehatan dari ELF-EMF banyak dikemukakan oleh para ahli. Bahaya dari induksi ELF-EMF terhadap Kesehatan manusia dan lingkungan masih menjadi isu kontroversial. Setelah melakukan studi epidemiologi pada tahun 1979, ditemukan bahwa medan magnet Extremely Low

Frequency (ELF-EMF) memiliki hubungan dengan risiko tinggi terjadinya leukemia pada anak-anak. International Agency for Research on Cancer (IARC) mengklasifikasikan ELF-EMF sebagai zat karsinogenik (Lin et al., 2016).

Berdasarkan informasi yang diberikan oleh Federasi Diabetes Internasional (IDF) dan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), satu dari sebelas orang mengalami diabetes walaupun 50% dari mereka tidak menyadari kondisi tersebut. Sekitar 10-15% penderita diabetes bergantung pada insulin, terutama pada tipe 1. Diabetes tipe 1 disebabkan oleh produksi insulin yang sangat rendah atau penghentian total insulin oleh pankreas. Penderita diabetes 1 ini membutuhkan terapi insulin (Zradziński et al., 2018). Diabetes tipe 2 merupakan bentuk diabetes yang umum terjadi di populasi. Secara umum, diabetes ini lebih sering terjadi pada individu dewasa. Namun, prevalensi diabetes tipe 2 pada anak-anak dan remaja juga mengalami peningkatan. Kondisi diabetes tipe 2 menyebabkan sel-sel jaringan tubuh dan otot penderita menjadi resisten terhadap insulin. Berdasarkan hal tersebut, sangat dibutuhkan pencegahan diabetes mellitus yang tepat dengan mengendalikan faktor resikonya (Kistianita et al., 2018). Berdasarkan informasi Internasional Menurut data yang dirilis oleh Diabetes Federation (IDF), ditemukan bahwa 1 dari setiap 12 orang di dunia mengalami diabetes. Umumnya, sebagian besar penderita diabetes tidak menyadari bahwa mereka memiliki kondisi tersebut sampai gejala komplikasi mulai tampak jelas (Sartika & Hestiani, 2019).

Tujuan artikel ini adalah untuk menyajikan dan mengevaluasi penelitian terbaru yang telah dilakukan tentang penggunaan medan magnet ELF dalam pengobatan diabetes. Artikel ini akan memeriksa literatur yang tersedia tentang efek medan magnet ELF pada diabetes,

termasuk bagaimana medan magnet ELF dapat mempengaruhi kesehatan sel,

3. Metode

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur dari berbagai jurnal nasional dan internasional yang relevan. Dalam studi literatur ini, dilakukan pembacaan, pemahaman, dan perbandingan beberapa artikel yang berkaitan dengan topik yang dibahas. Pendekatan ini bertujuan untuk menyusun informasi yang diperoleh menjadi lebih terstruktur dan berdasarkan fakta yang relevan. Pada studi literatur disajikan materi yang telah dipublikasikan sebelumnya, kemudian menganalisis lalu menyajikan hasil data studi, serta membandingkannya dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

4. Hasil dan Pembahasan

Diabetes Mellitus (DM) adalah suatu gangguan pada metabolisme yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah melebihi batas normal dalam tubuh seseorang. Kenaikan kadar glukosa darah kemudian diekskresikan dalam urin, sehingga menyebabkan keberadaan glukosa dalam urin. Akibatnya, penderita diabetes berisiko mengalami berbagai komplikasi, baik yang bersifat akut maupun kronis (Marewa, 2015). Berdasarkan World Health Organization (WHO), diabetes merupakan suatu kondisi kronis yang disebabkan oleh kurangnya produksi insulin yang memadai oleh pankreas atau ketidakmampuan tubuh untuk memanfaatkan insulin dengan baik. Peningkatan konsentrasi gula (glukosa) darah disebut hiperglikemia (Marpaung, 2019).

Menurut World Health Organization (WHO) pada tahun 2019, diabetes dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu diabetes mellitus tipe 1 (bergantung pada insulin) dan diabetes mellitus tipe 2 (tidak

metabolisme glukosa, dan fungsi organ yang terkait dengan diabetes.

bergantung insulin). Diabetes tipe 1 ditandai oleh adanya kerusakan pada sel beta pankreas yang bertugas memproduksi insulin, yang disebabkan oleh proses autoimun. Di sisi lain, diabetes tipe 2 terjadi karena adanya resistansi insulin dan gangguan dalam sekresi insulin akibat kelainan fungsi sel beta pankreas (Hardianto, 2021). Gejala umum diabetes meliputi penurunan berat badan, buang air kecil berlebihan (poliuria) itu terjadi karena tubuh mencoba untuk mengeluarkan glukosa melalui urin, meningkatnya rasa haus yang berlebihan (polidipsia) dikarenakan kadar glukosa yang tinggi menyebabkan dehidrasi dan membuat seseorang merasa sangat haus, rasa lapar yang meningkat (polifagia), mudah merasa lelah karena terjadi gangguan dalam kemampuan tubuh untuk menggunakan glukosa sebagai energi akibat adanya peningkatan kadar glukosa, kram atau nyeri pada kaki dan tangan, penglihatan kabur dan kandidiasis (Baynest, 2015).

Penyebab dari diabetes meliputi faktor genetik dan lingkungan, serta berbagai etiologi lainnya seperti sekresi insulin yang tidak normal, kelainan metabolik, kelainan mitokondria, dan kondisi lain yang mengganggu toleransi glukosa. Kerusakan pada sebagian besar sel islet di pankreas dapat menjadi penyebab terjadinya diabetes mellitus, dimana sel-sel ini berperan penting dalam fungsi eksokrin pankreas. Selain itu, hormon antagonis insulin juga dapat menyebabkan diabetes (Putra & Berawi, 2015). Pada diabetes tipe 1 terjadi proses autoimun yang merusak sel beta pankreas sehingga produksi insulin terganggu. Hal ini menyebabkan peningkatan gula darah atau hiperglikemia, karena hati tidak mampu mengendalikan produksi glukosa

dan glukosa tidak dapat disimpan dengan baik di hati, tetapi tetap beredar dalam darah. Ketika kadar glukosa dalam darah mencapai tingkat yang tinggi, ginjal akan mengeluarkan kelebihan glukosa bersama dengan urine (kencing manis), termasuk ekskreta dan elektrolit. Peningkatan sekresi insulin oleh sel beta pankreas diperlukan untuk mengatur kadar glukosa dalam darah. Tetapi, jika sel beta tidak dapat menghasilkan insulin yang mencukupi untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat, maka kadar glukosa akan meningkat dan menyebabkan terjadinya diabetes tipe 2 (Lestari et al., 2021).

Penggunaan medan magnet ELF dalam terapi diabetes telah menjadi subjek penelitian menarik bagi para ilmuwan dalam beberapa tahun terakhir. Medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) adalah medan magnet dengan frekuensi sangat rendah, yakni antara 0 hingga 300 Hz, yang diemisikan oleh perangkat elektronik rumah, peralatan transmisi listrik, dan

peralatan medis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan medan magnet ELF dapat memberikan berbagai manfaat bagi individu yang menderita diabetes, seperti peningkatan sensitivitas insulin, percepatan penyembuhan luka, dan pengurangan risiko komplikasi yang terkait dengan kondisi diabetes (Zhang, 2023). Insulin adalah hormon alami yang dihasilkan oleh pankreas dalam tubuh dan memiliki peran penting dalam menyerap glukosa dari makanan ke dalam sel-sel tubuh. Fungsinya adalah untuk mengubah glukosa menjadi energi yang diperlukan oleh otot dan jaringan. (Mamahit et al., 2018). Kondisi diabetes terjadi ketika tubuh mengalami defisiensi hormon insulin, sehingga glukosa dari makanan tidak dapat diserap oleh sel-sel tubuh (Hasanah, 2013). Berikut merupakan beberapa hasil penelitian mengenai pengaruh paparan ELF terhadap glukosa:

Tabel 1. Pengaruh Paparan ELF ke Diabetes

Sumber	Intensitas/Durasi paparan medan magnet	Pengaruh paparan ke diabetes
(Martíñón-Gutiérrez et al., 2021)	3,8 mT/60 Hz Tikus dipapar 15 menit per hari selama 14 hari.	Meningkatkan sekresi insulin pada tikus diabetes dan tikus normal.
(Seifirad et al., 2014)	0,5 mT/60 Hz 75 tikus dibagi menjadi 5 kelompok dan dipapar selama 72 jam	Paparan ELF secara signifikan meningkatkan peroksidasi lipid dan meningkatkan aktivitas serum antioksidan.
(Vallejo et al., 2019)	15 μ T/50 Hz Tikus dipapar selama 14 minggu	Paparan medan magnet 50 Hz dan 15 μ T (rms) meningkatkan koagulabilitas (pembekuan darah).
(Cañedo-Dorantes et al., 2015)	0,802 mT/120 Hz Pasien dipapar ELF selama 25 menit/hari, dua kali seminggu. Titik akhir masa pengobatan adalah 100 hari.	Pengobatan ELF menyembuhkan luka ulkus dalam 100 hari pertama pada kelompok FEG dan 93,8% pada kelompok TEG.
(Lai et al., 2016)	100 μ T/50 Hz Tikus dibagi menjadi 2 kelompok dan dipapar	Paparan ELF tidak mempengaruhi hematogram dan kimia darah yang menunjukkan bahwa WBC, RBC,

	dengan durasi 20 jam/hari selama tiga hari.	trombosit, profil lipid darah, glukosa darah, fungsi hati dan fungsi ginjal tidak berbeda nyata dengan kelompok kontrol (tidak terkena paparan ELF)
(Yu et al., 2021)	0.4 T dan 0.6 T selama 14-15 minggu	Tikus yang mendapatkan perlakuan medan elektromagnetik ke arah bawah mengalami pengurangan kadar kolesterol dan glukosa darah.
(Rahmawati, 2017)	500-900 mT selama 15 menit dengan kurun waktu 2 minggu	Berpengaruh terhadap menurunnya kadar gula darah
(Putri et al., 2021)	1800 Mhz selama 60 menit	Pemaparan medan elektromagnetik pada frekuensi 1800 Mhz selama 60 menit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap persentase sel T CD4+.
(Nazwa, 2016)	1,683 mT Dipapar selama 1 jam dengan rentang waktu 30 hari	Pemberian gangguan pada medan listrik berdampak pada tingkat glukosa darah puasa pada mencit dengan diabetes. Namun, gangguan pada medan magnet atau kombinasi dari kedua medan (listrik dan magnet) tidak memiliki efek pada tingkat glukosa darah puasa pada mencit dengan diabetes.
(Wardani, 2017)	Lama paparan: 15 menit/hari selama 30 hari. Medan magnet: 100-125 mT Medan listrik: 900 V/30 cm Sinar inframerah: 1mW/cm2	Seluruh jenis perlakuan mampu menurunkan kadar gula darah yang tinggi pada mencit diabetik
Berdasarkan salah satu penelitian yang dilakukan dengan menggunakan hewan tikus sebagai percobaan, menunjukkan bahwa medan magnet ELF pada frekuensi 60 Hz selama 14 hari dapat meningkatkan sekresi insulin pada tikus diabetes dan normal (Martíñón-Gutiérrez et al., 2021). Sekresi insulin merupakan proses pelepasan hormon insulin dari sel beta pankreas ke dalam darah (Hasanah, 2013). Kenaikan kadar insulin dapat membantu mengatur tingkat glukosa darah dan meningkatkan pemanfaatan glukosa oleh sel-sel tubuh sebagai sumber energi. Namun, beberapa studi juga mengindikasikan bahwa paparan medan		magnet dengan intensitas 100µT/50 Hz tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat glukosa darah (Lai et al., 2016). Pada penelitian (Seifirad et al., 2014) juga didapatkan hasil bahwa paparan 0,5 mT/60 Hz dengan beberapa perlakuan, dapat meningkatkan peroksidasi lipid dan meningkatkan aktivitas serum antioksidan. Dimana peroksidasi lipid merupakan proses dimana lemak atau lipid dalam tubuh mengalami oksidasi atau kerusakan oleh radikal bebas. Peroksidasi lipid yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan seluler dan berkontribusi pada berbagai

penyakit, salah satunya yaitu diabetes (Ayala et al., 2014).

Selain itu, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa medan magnet ELF membantu penyembuhan luka dan mengurangi risiko komplikasi pada penderita diabetes. Perawatan dengan menggunakan ELF pada ulkus kaki terbukti dapat mengaktifkan sel monoklear darah perifer (PBMC), yang mampu mempercepat penyembuhan luka setelah diangkut menuju lokasi ulkus oleh darah (Cañedo-Dorantes et al., 2015). Paparan medan magnet ELF memodulasi profil sitokin yang mendorong transisi dari kondisi proinflamasi kronis menjadi antiinflamasi dalam proses penyembuhan luka. Di sisi lain, paparan ELF juga mempengaruhi peralihan proses penyembuhan luka dari fase peradangan ke fase perkembangan (Lv et al., 2020).

Paparan medan magnet elektromagnetik dari arah yang berbeda dapat menyebabkan efek yang berbeda pula. Menurut salah satu penelitian yang dilakukan oleh Yu et al. (2021), penyelidikan secara sistematis dilakukan untuk menyelidiki efek biologis dari arah, distribusi, dan intensitas medan elektromagnetik yang berbeda pada tikus T2D. Dari penelitian tersebut ditemukan bahwa medan elektromagnetik ke arah bawah dengan ratusan mT sebagian dapat mencegah perkembangan diabetes yang diinduksi HFD (High fat Diet). Tikus yang mendapatkan perlakuan medan elektromagnetik ke arah bawah mengalami pengurangan kadar kolesterol dan glukosa darah. Selain itu juga terjadi penurunan berat badan dan akumulasi lipid di hati. Efek ini juga berkorelasi dengan peningkatan microbiota usus, penurunan zat besi labil, dan penurunan ROS (Reactive Oxygen Species) dalam sel pankreas yang memiliki perlindungan pada pankreas dan peningkatan sekresi insulin. Selain itu, medan elektromagnetik ke arah

bawah terbukti dapat memulihkan f_Muribaculaceae yang dapat menyebabkan perbaikan hiperglikemia. Terdapat salah satu penelitian juga memanfaatkan sinar inframerah jauh sebagai tambahan perlakuan terhadap sampel. Dampak tersebut juga dapat mengakibatkan penurunan kadar gula darah yang tinggi pada mencit yang menderita diabetes.

5. Simpulan dan Saran

Berdasarkan temuan penelitian mengenai efek paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) pada diabetes, beberapa studi telah mengungkapkan adanya manfaat dalam menggunakan medan magnet ELF untuk mengurangi gejala diabetes, seperti peningkatan kontrol glukosa, peningkatan sekresi insulin, dan juga perbaikan hiperglikemia. Namun, beberapa penelitian juga menyimpulkan bahwa paparan medan magnet ELF tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar gula darah atau bahkan dapat menyebabkan peningkatan kadar gula darah. Pemanfaatan medan magnet ELF untuk terapi diabetes, mungkin akan sangat baik jika dapat digunakan dalam bidang kesehatan untuk mengatasi penderita diabetes. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai intensitas dan durasi paparan medan magnet ELF untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih akurat. Penelitian ini perlu mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat mendukung pengurangan kadar glukosa dalam terapi diabetes.

Daftar Pustaka

Ayala, A., Muñoz, M. F., & Argüelles, S. (2014). Lipid peroxidation: Production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*,

2014.
<https://doi.org/10.1155/2014/360438>
- Baynest, H. W. (2015). Classification, Pathophysiology, Diagnosis and Management of Diabetes Mellitus. *Journal of Diabetes & Metabolism*, 06(05). <https://doi.org/10.4172/2155-6156.1000541>
- Cañedo-Dorantes, L., Soenksen, L. R., García-Sánchez, C., Trejo-Núñez, D., Pérez-Chávez, F., Guerrero, A., Cardona-Vicario, M., García-Lara, C., Collí-Magaña, D., Serrano-Luna, G., Angeles Chimal, J. S., & Cabrera, G. (2015). Efficacy and Safety Evaluation of Systemic Extremely Low Frequency Magnetic Fields Used in the Healing of Diabetic Foot Ulcers-Phase II Data. *Archives of Medical Research*, 46(6), 470–478. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2015.07.002>
- Hardianto, D. (2021). Telaah Komprehensif Diabetes Melitus: Klasifikasi, Gejala, Diagnosis, Pencegahan, Dan Pengobatan. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*, 7(2), 304–317. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v7i2.4209>
- Hasanah, U. (2013). INSULIN SEBAGAI PENGATUR KADAR GULA DARAH. *Jurnal Keluarga Sehat Sejahtera Vol.*, 11(22), 42–49.
- Kistianita, A. N., Yunus, M., & Gayatri, R. W. (2018). ANALISIS FAKTOR RISIKO DIABETES MELLITUS TIPE 2 PADA USIA PRODUKTIF DENGAN PENDEKATAN WHO STEPWISE STEP 1 (CORE/INTI) DI PUSKESMAS KENDALKEREP KOTA MALANG. *Preventia: The Indonesian Journal of Public Health*, 3(1), 85–108. <https://doi.org/10.17977/UM044V3I1P85-108>
- Lai, J., Zhang, Y., Zhang, J., Liu, X., Ruan, G., Chaugai, S., Tang, J., Wang, H., Chen, C., & Wang, D. W. (2016). Effects of 100-μT extremely low frequency electromagnetic fields exposure on hematograms and blood chemistry in rats. *Journal of Radiation Research*, 57(1), 16–24. <https://doi.org/10.1093/jrr/rrv059>
- Lestari, Zulkarnain, & Sijid, S. A. (2021). Diabetes Melitus: Review Etiologi, Patofisiologi, Gejala, Penyebab, Cara Pemeriksaan, Cara Pengobatan dan Cara Pencegahan. *UIN Alauddin Makassar*, November, 237–241.
- Lin, K., Yang, C., Lian, H., Cai, P., & Lian, H. (2016). Exposure of ELF-EMF and RF-EMF Increase the Rate of Glucose Transport and TCA Cycle in Budding Yeast. *Frontiers in Microbiology*, 7(1378), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01378>
- Lv, H., Liu, J., Zhen, C., Wang, Y., Wei, Y., Ren, W., & Shang, P. (2020). Magnetic fields as a potential therapy for diabetic wounds based on animal experiments and clinical trials. *Cell Proliferation*, 54(3), 1–13. <https://doi.org/10.1111/cpr.12982>
- Mamahit, G., Katuuk, M., & Hamel, R. (2018). DUKUNGAN KELUARGA DENGAN KEPATUHAN TERAPI INSULIN PASIEN DIABETES MELLITUS TIPE 2. *E-Journal Keperawatan (e-Kep)*, 6(1), 1–7.
- Marewa, L. W. (2015). Kencing Manis (Diabetes Mellitus) Di Sulawesi Selatan. *Yayasan Pustaka Obor Indonesia*.

<https://books.google.co.id/books?id=SIREDAAAQBAJ>

Marpaung, S. H. S. (2019). Mengidentifikasi Masalah Dalam Diagnosa Keperawatan Pada Pasien Yang Menderita Diabetes Mellitus. *OSFPreprints*, 1(4), 1–5.

Martiñón-Gutiérrez, G., Luna-Castro, M., & Hernández-Muñoz, R. (2021). Role of insulin/glucagon ratio and cell redox state in the hyperglycaemia induced by exposure to a 60-Hz magnetic field in rats. *Scientific Reports*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91228-w>

Muslim, S., Ghotbi Ravandi, M. R., Zare, S., & Tohidi Nik, H. (2023). Measuring and assessing the effects of extremely low-frequency electromagnetic fields (ELF-EMF) on blood parameters and liver enzymes of personnel working in high voltage power stations in a petrochemical industry. *Heliyon*, 9, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15414>

Nazwa, I. (2016). Pengaruh Pertubasi Medan Listrik dan Magnet Pada Darah Terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa dan Berat Badan Mencit Diabetik. In *PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA Ihfadni*. [https://repository.unair.ac.id/81796/3/JURNAL_Fis.P.06 19 Naf d.pdf](https://repository.unair.ac.id/81796/3/JURNAL_Fis.P.06%2019%20Naf%20d.pdf)

Putra, I. W. A., & Berawi, K. N. (2015). Empat Pilar Penatalaksanaan Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2. *Majority*, 4(9), 8–12.

Putri, F. F., Firani, N. K., Rahmad, & Arthamin, M. Z. (2021). PENGARUH PAPARAN MEDAN

ELEKTROMAGNETIK

FREKUENSI RADIO 1800 MHZ TERHADAP PERSENTASE SEL T CD4 + PADA KULTUR PERIPHERAL BLOOD MONONUCLEAR CELLS. *Majalah Kesehatan*, 8(3), 122–127.

Sari, R. E. Y. W., Prihandono, T., & Sudarti. (2015). APLIKASI MEDAN MAGNET EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF) 100 μ T DAN 300 μ T PADA PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT RANTI. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(2), 164–170.

Sartika, F., & Hestiani, N. (2019). Kadar HbA1c pada Pasien Wanita Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 di Rsud Dr. Doris Sylvanus Palangka Raya. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 2(1), 97–100. <https://doi.org/10.33084/bjmlt.v2i1.1086>

Seifirad, S., Farzampour, S., Nourbakhsh, M., & Amoli, M. M. (2014). Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on paraoxonase serum activity and lipid peroxidation metabolites in rat. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40200-014-0085-2>

Tarigan, T. R. P., A.Gani, U., & Rajagukguk, M. (2013). STUDI TINGKAT RADIASI MEDAN ELEKTROMAGNETIK YANG DITIMBULKAN OLEH TELEPON SELULAR. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).

Vallejo, D., Hidalgo, M. A., & Hernández, J. M. (2019). Effects of long-term exposure to an extremely low frequency magnetic field (15 μ T) on selected blood coagulation variables in OF1 mice. *Electromagnetic*

- Biology and Medicine, 38(4), 279–286.
<https://doi.org/10.1080/15368378.2019.1641719>
- WARDANI, I. S. (2017). PERAN KOMBINASI MEDAN MAGNET, MEDAN LISTRIK STATIS, DAN SINAR INFRAMERAH TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH DAN BLOOD UREA NITROGEN (BUN) PADA GINJAL MENCIT DIABETIK (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga)..
- WHO. (2019). Classification of diabetes mellitus. In World Health Organization.
https://doi.org/10.5005/jp/books/12855_84
- Wismaya, H. S., & Sugianto, W. (2022). Radiasi Medan Elektromagnetik pada Jangkauan Frekuensi Sangat Rendah (Extremely Low Frequency) di Lingkungan Kampus Universitas PGRI Yogyakarta. Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan, 8(3), 1–6.
- Yu, B., Liu, J., Cheng, J., Zhang, L., Song, C., Tian, X., Fan, Y., Lv, Y., & Zhang, X. (2021). A Static Magnetic Field Improves Iron Metabolism and Prevents High-Fat-Diet/Streptozocin-Induced Diabetes. The Innovation, 2(1), 100077.
<https://doi.org/10.1016/J.XINN.2021.100077>
- Zhang, X. (2023). Biological Effects of Static Magnetic Fields. Springer Nature Singapore.
<https://books.google.co.id/books?id=9ZKvEAAAQBAJ>
- Zradziński, P., Karpowicz, J., & Gryz, K. (2018). In silico modelling of influence from low or intermediate frequency magnetic fields on users of wearable insulin pumps. International Journal of Radiation Biology, 94(10), 926–933.
<https://doi.org/10.1080/09553002.2017.1419305>