



Resiko Paparan Medan Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Kelainan Otak

Rena Maftu Hatul Khoiriyah¹, Sudarti²

^{1,2}Universitas Jember (Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Jember)

DOI: 10.52188/jpfs.v5i2.240

Accepted: 29 Mei 2022

Approved: 29 September 2022

Published: 30 September 2022

ABSTRAK

Paparan (radiasi) medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) dicurigai berpengaruh terhadap kelainan otak. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efek paparan (radiasi) medan elektromagnetik ELF pada kelainan otak. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *article review* dengan jumlah artikel 20 artikel hasil penelitian yang relevan mulai dari tahun 2000 sampai 2022. Pada kelainan otak manusia, pengukuran selama 30-60 menit dalam intensitas 50 Hz tidak memiliki pengaruh pada pensinyalan kerusakan DNA. Sedangkan pada penelitian kelainan otak mencit dilakukan pada intensitas 150 μT , 300 μT , 450 μT . Paparan medan ELF berpengaruh pada kelainan otak mencit (tikus putih) pada intensitas radiasi ELF sebesar 150 μT , 300 μT , 450 μT yang ditandai dengan adanya penurunan fungsi otak. Sedangkan dalam intensitas yang rendah seperti 50 Hz/ 100 μT tidak berpengaruh pada perilaku tikus jantan dewasa. Sedangkan paparan radiasi EM-ELF tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada intensitas 50 Hz, 900 MHz, dan 1800 MHz terhadap munculnya kelainan otak pada manusia.

Kata kunci: ELF, otak

ABSTRACT

Exposure (radiation) to an Extremely Low Frequency (ELF) electromagnetic field is suspected to have an effect on brain abnormalities. This study aims to analyze the effect of exposure to the ELF electromagnetic field on brain disorders. The research method used is the article review method with a number of article from 20 relevant research article from 2000 to 2022. In human brain disorders, measurements for 30-60 minutes at an intensity of 50 Hz have no effect on DNA damage signaling. Meanwhile, in the study of brain abnormalities in mice, the intensity was 150 μT , 300 μT , 450 μT . Exposure to the ELF field effects the brain abnormalities of mice (white mice) at the intensity of ELF radiation of 150 μT , 300 μT , 450 μT which is characterized by a decrease in brain function. Meanwhile, at a low intensity, such as 50 Hz/ 100 μT , it did not affect the behavior of adult male rats. While exposure to EM-ELF radiation didn't have a significant effect on the intensity of 50 Hz, 900 MHz, and 1800 MHz on the emergence of brain disorders in humans.

Keyword: ELF, Brain

©2022 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

PENDAHULUAN

Radiasi secara sederhana berarti pancaran energi. Radiasi elektromagnetik adalah proses pancaran dan perjalanan energi elektromagnetik, dalam gelombang elektromagnetik, dan efek yang diakibatkannya pada materi yang dikenainya. Radiasi elektromagnetik dapat berasal dari sumber radiasi tetap (seperti matahari, atau sumber cahaya lain), dan dapat pula berasal dari partikel bermuatan yang mengalami akselerasi. Radiasi elektromagnetik secara fisik, direpresentasikan oleh gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terbentuk oleh karena adanya rambatan medan listrik dan medan magnetik (Nuriyah dan Juwono, 2017: 155). Radiasi elektromagnetik dapat mempengaruhi semua objek yang dikenainya salah satunya adalah otak.

Otak merupakan bagian penting yang ada dalam tubuh yang menjadi pengendali utama dalam setiap aktivitas yang dilakukan oleh organ-organ di dalam tubuh. Otak dapat mengendalikan pikiran, perasaan, dan bahkan juga dapat mengendalikan gerakan. Dengan adanya otak, semua makhluk hidup dapat berfikir dan menyelesaikan berbagai masalah. Baik itu otak manusia dan otak hewan.

Dalam semua aktivitas manusia maupun hewan, apabila tindakan yang dilakukan masih dalam hal wajar seperti mencari makan, bermain, dan tidur, maka dapat dikatakan bahwa otak yang dimiliki manusia dan hewan masih dalam keadaan normal. Apabila terdapat keganjalan dalam perilaku maupun tindakan hewan dan manusia, maka perlu dikaji apakah ada hal-hal yang mengganggu otak mereka atau berupa suatu kelainan, misalnya alzheimer, gila dan stress sehingga melakukan bunuh diri dan lainnya. Banyak faktor yang dapat menjadi penyebab terjadinya kelainan otak pada manusia dan hewan, misalnya dari faktor keturunan, bahkan juga dapat disebabkan karena adanya radiasi elektromagnetik melalui benda-benda yang memancarkan radiasi elektromagnetik. Misalnya radiasi elektromagnetik extremely low frequency (ELF) yang memiliki frequency kurang dari 300 Hz. Oleh sebab itu diperlukan adanya penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan hal tersebut. Hal inilah yang mendasari penulis di dalam melakukan penelitian ini. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis efek paparan (radiasi) medan elektromagnetik ELF pada kelainan otak.

METODE

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode article review dengan jumlah artikel 20 artikel hasil penelitian yang relevan mulai dari tahun 2000 sampai 2022. Artikel-artikel yang relevan terkait cakupan penelitian dikumpulkan dan dikaji isinya sehingga dapat diperoleh penelitian baru yang mencakup kumpulan dari hasil berbagai penelitian yang serupa.

PEMBAHASAN

Pengaruh medan elektromagnetik ELF (*Extremely Low Frequency*) terhadap otak dapat dikaji lebih lanjut melalui penelitian. Tidak hanya berpengaruh pada otak manusia, paparan medan elektromagnetik ELF juga dapat berpengaruh pada otak hewan seperti tikus putih/ mencit. Sebagaimana yang telah Makinistan, et.al., (2022) dalam penelitiannya yang meneliti tentang pengaruh paparan medan ELF pada otak manusia diperoleh hasil bahwa Ada bukti sugestif dari peningkatan besaran rendah umum dalam ekspresi gen terkait ROS (terutama gen dengan aktivitas antioksidan) ketika diukur segera setelah paparan MF, menunjukkan respons terhadap sedikit peningkatan level ROS. Kemungkinan peningkatan regulasi gen terkait ROS didukung oleh temuan bahwa tingkat ROS yang diinduksi menadione secara konsisten menurun sebesar 50 Hz MF (tidak signifikan sebesar 60 Hz MF) dalam beberapa pengukuran 30 – 60 menit setelah paparan MF. Paparan MF tidak mempengaruhi tingkat O₂ sitosol, kerusakan DNA, atau tingkat perbaikannya. Perubahan ekspresi gen pensinyalan kerusakan DNA dalam sel yang terpapar MF tidak melebihi tingkat yang diharapkan dari temuan positif palsu. Tidak ada bukti kuat yang ditemukan untuk efek diferensial dari MF 50 Hz dengan 60 Hz.

Pengaruh medan elektromagnetik ELF juga diteliti pada tikus putih atau mencit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Masyruroh (2015) terhadap paparan medan magnet extremely low

frequency (ELF) terhadap massa jenis otak pada tikus diperoleh hasil penelitian bahwa terdapat pengaruh paparan medan magnet ELF intensitas 150 μT , 300 μT , 450 μT terhadap massa jenis otak pada tikus putih. Untuk medan magnet intensitas 150 μT massa jenis otak bernilai 1,895 gr sedangkan untuk kelompok eksperimen intensitas 300 μT mengalami sedikit penurunan nilai massa jenis otak yakni 1,806 gr dan untuk kelompok eksperimen intensitas 450 μT mengalami penurunan nilai juga untuk massa jenis otak yakni 1,695 gr. Sedangkan untuk kelompok kontrol nilai massa jenis menjadi lebih kecil dari kelompok eksperimen yakni 1,555 gr.

Penelitian terkait otak pada mencit juga dilakukan oleh Xia, *et.al.*, pada tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ELF-EMF memiliki efek menarik pada plastisitas sinaptik: ia melemahkan potensiasi jangka panjang dan meningkatkan depresi jangka panjang. Disini, efek medan magnet menghilang setelah blokade saluran kalsium berpintu tegangan dan kalsineurin, yang merupakan komponen kunci dalam jalur Ca^{2+} / kalsineurin, dengan dua penghambat, kadmium klorida dan siklosporin A. Ini sepenuhnya membuktikan efek ELF-EMF pada plastisitas sinaptik dimediasi oleh jalur Ca^{2+} / kalsineurin dan mewakili teknik baru untuk mempelajari mekanisme spesifik aksi ELF-EMF pada pembelajaran dan memori.

Lin, *et.al.*, (2021) juga melakukan penelitian terkait otak mencit dan diperoleh hasil bahwa paparan L-HPM pada 1,5 W/m^2 dapat menyebabkan cedera umum pada hipokampus (CA1 dan CA3) dan korteks serebal (korteks somatosensori pertama) pada tikus, termasuk apoptosis sel, disfungsi kolinergik, dan kerusakan oksidatif. Selain itu, efek merusak ini berkaitan erat dengan densitas daya dan waktu paparan, menunjukkan bahwa paparan densitas daya tinggi dan jangka panjang dapat merusak sistem saraf. Hal ini dikarenakan paparan L-HPM pada kepadatan daya tertentu dapat menyebabkan stres oksidatif pada sel hipokampus dan kortikal, serta menyebabkan cedera otak pada tikus.

Penelitian serupa terkait pengaruh EM-ELF pada otak mencit juga dilakukan oleh Lai, *et.al.*, tahun 2015 diperoleh hasil penelitian bahwa Paparan ELF-EMF yang berkepanjangan tidak menunjukkan efek pada perilaku tikus jantan dewasa, termasuk perilaku umum seperti kecemasan, depresi, pembelajaran spasial dan memori, serta pembelajaran yang menunjukkan bahwa paparan ELF-EMF mungkin aman. Kemampuan kognitif pada memori tikus tidak terganggu oleh paparan ELF-EMF. Paparan ELF-EMF tidak mempengaruhi morfologi dan histologi otak. Sebagaimana yang telah dilakukan oleh peneliti bahwa selama 24 minggu paparan 50 Hz/ 100 μT ELF-EMF tidak berpengaruh pada perilaku tikus jantan dewasa.

Selain hasil-hasil penelitian di atas, Komaki *et.al.*, juga melakukan penelitian yang serupa. Penelitian yang didasarkan pada tikus wistar jantan dewasa sejumlah sembilan yang terbagi menjadi tiga kelompok (yaitu kelompok terpapar ELF-EMF, kelompok sham, dan kelompok kontrol)/ Kelompok ELF-EMF dipapar medan magnet selama 90 hari berturut-turut (2 jam/hari). ELF-EMF diproduksi oleh kumparan melingkar (50 HZ, 100 μT). Kontrol sham ditempatkan di ruang yang identik tanpa medan elektromagnetik. Setelah periode ini, tikus dibius secara mendalam dengan uretan (2,0 mg/kg) dan kemudian elektroda perangsang dan perekam bipolar ditanamkan ke jalur pertoforant (PP) dan dentate gyrus (DG). Masing-masing LTP di daerah hipokampus diinduksi oleh stimulasi frekuensi tinggi (HFS). Paparan ELF-EMF yang berkepanjangan mampu meningkatkan induksi LTP. Paparan ELF-EMF menghasilkan perubahan nyata dalam plastisitas sinaptik yang dihasilkan dalam sinapsis PP-DG. Tidak ada perbedaan signifikan dalam kelompok ELF-EMF sebelum dan sesudah HFS yang menunjukkan situs ekspresi LTP setelah sinaps (Komaki, *et.al.*, 2014).

Paparan gelombang 2.856 GHz dan gelombang mikro 1.5 GHz dapat menyebabkan cedera umum pada sistem saraf, termasuk gangguan pada neurotransmitter, sitokin, stres oksidatif, dan respirasi seluler. Data menunjukkan bahwa kerusakan akibat gelombang mikro adalah berkaitan erat dengan mekanisme molekular metabolisme. Penurunan kognitif yang diinduksi gelombang mikro sebagian besar ditentukan oleh kekuatannya daripada frekuensi. Efek cedera juga ditemukan pada kelompok paparan akumulatif (Tan, *et.al.*, 2017).

Jumlah dendrit kelompok yang terpapar stresor cahaya lebih rendah dibandingkan dengan kelompok yang tidak terpapar stresor (kontrol). Ekspresi mTORC1 kelompok yang terpapar stresor cahaya lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok yang tidak terpapar stresor cahaya (kontrol). Ada pengaruh antara pemberian frekuensi stresor cahaya terhadap jumlah dendrit anak mencit pada kelompok yang dipapar stresor 1 (satu) kali dan 2 (dua) kali sehari yaitu semakin sering paparan

storsor akan semakin rendah paparan jumlah dendrit otak anak menciit baru lahir. Ada pengaruh antara pemberian frekuensi storsor cahaya terhadap ekspresi mTORCI di korteks cerebri anak menciit pada kelompok yang dipapar storsor akan semakin tinggi ekspresi mTORCI otak anak menciit baru lahir. Tidak ada hubungan antara jumlah dendrit dengan ekspresi mTORCI antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. (Wijayanti, *et.al.*, 2019).

Paparan 35 kV/m SEF tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan belajar dan memori menciit, sedangkan paparan 35 kV/m PFEF memberikan efek positif yang signifikan terhadap kemampuan belajar dan memori menciit pada hari ke 33. Perbedaan efek dari SEF dan PFEF pada kognisi disebabkan oleh perbedaan derajat polarisasi molekul dan migrasi ion pada organisme di bawah paparan dua jenis medan listrik dengan frekuensi yang berbeda (Di dan Xiaoyu, 2019).

Penelitian lainnya juga melakukan penelitian yang serupa. Tikus percobaan diekspos ke EMF secara terus-menerus selama 72 jam, tikus percobaan kelompok I ke medan EMF 1.350 MHz pada tingkat penyerapan spesifik (SAR) 4.0 W/kg, dan kelompok ke II ke medan EMF 1.375 MHz (SAR) pada 4.0 W/kg. Segmentasi otak dan analisis hispatologi diterapkan untuk mendeteksi perubahan parameter morfometrik lobus otak dan mengidentifikasi lesi patologis. Hasil hispatologi menunjukkan penyusutan neuron piramidal, adanya adema perivaskular dan perineular ringan, dan beberapa vakuolasi neuron dan sel glial yang berasal dari hemisfer besar tikus. Lesi juga termasuk pengurangan sel Purkinje, vakuolisasi neuron dan sel glial, dan edema intertisial di otak kecil. Tingkat paparan EMF yang berbeda dari MP selama 72 jam mempengaruhi otak tikus dan menyebabkan adanya pengaruh negatif pada parameter segmentasi struktur otak tikus. Peralatan EMF yang beroperasi pada jarak 3 cm dari kandang dapat menyebabkan perubahan morfologi yang cukup besar dalam otak (Zymantiene, *et.al.*, 2020).

Sementara itu, pengaruh radiasi elektromagnetik terhadap otak manusia tidak memberikan dampak yang serius, hal ini telah diteliti oleh Tarigan, *et.al.*, (2013) bahwasannya batas aman SAR yang berlaku yaitu yang ditetapkan oleh ICNIRP (Eropa) adalah 2.0 W/kg oleh FCC dan CTIA (USA) adalah 1.6 W/kg. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan, besar kuat medan listrik, medan magnet, dan densitas daya yang dihasilkan oleh telepon seluler yang telah diukur sebagai objek masih dibawah batas aman yang ditetapkan oleh IRPA dan ICNIRP baik untuk lingkungan kerja maupun untuk masyarakat umum pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz, sedangkan untuk besarnya nilai SAR yang dihasilkan ponsel terhadap beberapa jaringan tubuh juga masih di bawah ambang batas aman yang berlaku di USA yaitu 1.6 W/kg (ditetapkan FCC atau CTIA) dan di Eropa 2.0 W/kg (ditetapkan ICNIRP).

KESIMPULAN

Paparan medan ELF berpengaruh pada kelainan otak menciit (tikus putih) pada intensitas radiasi ELF sebesar 150 μ T, 300 μ T, 450 μ T yang ditnadai dengan adanya penurunan fungsi otak. Sedangkan dalam intensitas yang rendah seperti 50 Hz/ 100 μ T tidak berpengaruh pada perilaku tikus jantan dewasa. Sedangkan paparan radiasi EM-ELF tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada intensitas 50 Hz, 900 MHz, dan 1800 MHz terhadap munculnya kelainan otak pada manusia.

UCAPAN TERIMA KASIH / SPONSORSHIP

Penulis berterimakasih kepada Bu Sudarti selaku dosen yang telah membimbing penulis dalam pembuatan artikel ini sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada kedua orang tua penulis yang juga telah menjadi sumber motivasi dan semangat karena mendukung penuh pembuatan artikel ini.

REFERENSI

- Di, Q., Hakbong, K., Yaqian, X, Jonghyok, K., dan Xiaoyu, G. (2019). A Comparative Study on Influences of Static Electric Field and Power Frequency Electric Field on Cognition in Mice. *Enviromental Toxicology and Pharmacology*, 66, 91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668919300018?via%3Dihub>

- Komaki, A., Khalili, A., Salehi, I., Shahidi, S., dan Sarihi, A. (2014). Effects of Exposure to an Extremely Low Frequency Electromagnetic Field on Hippocampal Long-Term Potentiation in Rat. *Brain Res*, 15 (64), 1. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24727530/>
- Lai, J., Yemao, Z., Xingfa, L., Jiangong, Z., Guoran, R., Sandip, C., Chen, C., dan Dao, W. W. (2015). Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields (100 μT) on Behaviors in Rats. *Neurotoxicology*, 52 (2016), 7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7127835/>
- Lin, Y., Peng, G., Yinchen, G., Qin, C., Haiyang, L., Qiyan, G., Xia, M., Jing, L., Lihua, Z., dan Guozhen, G. (2021). Effects of Long-Term Exposure to L-Band High-Power Microwave on the Brain Function of Male Mice. *Hindawi: BioMed Research Internasional*, 20 (21), 1. <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2021/2237370/>
- Makinistian, L., Jukka, L., Jukka, J., dan Jonne, N. (2022). Do 50/50 Hz Magnetic Fields Influence Oxidative or DNA Damage Responses in Human SH-SY5Y Neuroblastoma Cells?. *International Journal of Radiation Biology*.
- Masyruroh, E. I. 2015. Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) 150 μT , 300 μT , 450 μT Terhadap Massa Jenis Otak Pada Tikus Putih. Skripsi. Repository UNEJ.
- Nuriyah, L., dan Juwono, A.M. (2017). *Elektromagnetisme (Listrik-Magnet)*. Malang: UB Press.
- Tan, S., Hui, W., Xingping, X., Li, Z., Jing, Z., Ji, D., Binwei, Y., Haoyu, W., Hongmei, Z., Yabing, G., dan Ruiyun, P. (2017). Study on Dose-Dependent, Frequency-Dependent, and Accumulative Effects of 1.5 GHz and 2.856 GHz Microwave on Cognitive Functions in Wistar Rats. *Scientific Reports*, 7 (10781): 2. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-11420-9>
- Tarigan, T. R. P., Usman, A. G., dan Managam, R. 2013. Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Oleh Telepon Seluler. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1 (1): 6.
- Wijayanti, D. P., Hermanto, T. J., dan Widjiati. (2019). Pengaruh Frekuensi Paparan Stensor Cahaya Saat Kebuntingan Terhadap Jumlah Dendrit dan Ekspresi mTORC1otak Mencit (Mus musculus) Baru Lahir.
- Xia, P., Yu, Z., Lei, D., dan Chunxiao, T. (2021). Short-Term Extremely Low-Frequency Electromagnetic Field Inhibits Synaptic Plasticity of Schaffer Collateral-CA1 Synapses in Rat Hippocampus via the Ca^{2+} /Calcineurin Pathway. *ACS Chem Neurosci*, 12 (19). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34498467/>
- Zymantiene, J., Vida, J., Rasa, Z., Vaidas, O., Ugne, S., Antanas, S., dan Albina, A. (2020). Effect of Electromagnetic Field Exposure on Mouse Brain Morphological and Histopathological Profiling. *Journal of Veterinary Research*, 64 (2020). https://www.researchgate.net/publication/341663830_Effect_of_Electromagnetic_Field_Exposure_on_Mouse_Brain_Morphological_and_Histopathological_Profiling