

APAKAH MEDAN MAGNET ELF BERPENGARUH UNTUK THERAPY STROOKE?

Ainun Fitriya Nurhasanah^{1*}, Angel Ika Siswi Handayani², Oktaria Ayu Regilia Putri³,
Sudarti⁴, Kendid Mahmudi⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas
Jember. Indonesia

*Correnponding Author: ainunfitriya694@gmail.com

ABSTRAK

Peradaban di zaman yang serba canggih ini sangat bergantung pada teknologi, seperti diterapkan dengan adanya paparan radiasi elektromagnetik di sekitar kita. Dalam kehidupan sehari-hari seperti di bidang kesehatanpun mulai memanfaatkan gelombang elektromagnetik. Dengan semakin beragamnya pemanfaatan gelombang elektromagnetik dan medan magnet, pertimbangan untuk penggunaannya sebagai solusi kesehatanpun mulai diinovasikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peran dan potensi pemanfaatan medan magnet ELF di bidang kesehatan terutama pada penyakit stroke. Metode penelitian yang digunakan adalah kajian pustaka dari beberapa sumber yang relevan dengan pemanfaatan radiasi gelombang elektromagnetik ELF pada kesehatan. Hasil dari penelitian berupa kajian mengenai alasan ELF digunakan sebagai solusi penyembuhan pada penderita stroke serta pengaruh positifnya terhadap kesehatan. Efek biologis yang ditimbulkan pada pemanfaatan ELF secara signifikan terus meningkatkan peluang terhindar dari kecacatan dan kematian. Kesimpulan yang di dapat dari penelitian ini dalam kaitan gelombang elektromagnetik (ELF) terhadap penyakit stoke, bagian terpenting dari terapi pasca stroke adalah rehabilitasi segera dan jangka panjang dan terapi medan elektromagnetik (ELF-EMF) dianggap meningkatkan efek positif pada pasien.

Kata Kunci: Gelombang Elektromagnetik, ELF, Stroke, Kesehatan.

ABSTRACT

Civilization in this sophisticated era is very dependent on technology, as applied to the exposure of electromagnetic radiation around us. In daily life such as in the health sector, electromagnetic waves have begun to be utilized. With the increasingly diverse utilization of electromagnetic waves and magnetic fields, considerations for their use as health solutions have begun to be innovated. The purpose of this study is to determine the role and potential utilization of ELF magnetic fields in the health sector, especially in stroke. The research method used is a literature review of several sources relevant to the utilization of ELF electromagnetic wave radiation in health. The results of the research are in the form of a study of the reasons ELF is used as a healing solution for stroke patients and its positive effects on health. The biological effects caused by the utilization of ELF significantly continue to increase the chances of avoiding disability and death. In conclusion, in relation to electromagnetic waves (ELF) on stoke disease, the most important part of post-stroke therapy is immediate and long-term rehabilitation and electromagnetic field therapy (ELF-EMF) is considered to increase the positive effects on patients.

Keywords: *Electromagnetic Wave, ELF, Stroke, Health.*

PENDAHULUAN

Tidak dapat dipungkiri bahwa peradaban di zaman yang serba canggih ini sangat bergantung pada teknologi. Paparan radiasi elektromagnetik yang ada di sekeliling kita tentu tidak dapat kita sadari. Radiasi secara sederhana didefinisikan sebagai pancaran energi. Menurut (Bonansyah Utoyo & Azmi, 2023) emisi radiasi yang dihasilkan dari transfer energi elektromagnetik yang mempengaruhi materi dikenal sebagai radiasi elektromagnetik. Di bawah tegangan transmisi listrik, berbagai perangkat listrik di rumah, tempat kerja, maupun tempat memancarkan gelombang elektromagnetik. Keberadaan medan magnet menghasilkan peningkatan sumber energi. Menurut (Setiani et al., 2023) area yang dipengaruhi oleh magnet karena gaya magnet disebut medan magnet. Daya tarik dan tolak yang kuat antara kutub magnet yang berlawanan inilah yang menyebabkan adanya medan magnet.

Gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 0 dan 300 Hz dikenal sebagai Extremely Low Frequency (ELF). Ketika berinteraksi atau mempengaruhi sistem, radiasi elektromagnetik dengan Extremely Low Frequency (ELF) memberikan dampak non-termal pada benda-benda biologis yang digunakan. Gelombang elektromagnetik termasuk dalam Extremely Low Frequency (ELF). Ada beberapa aplikasi medan magnet ELF dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah bidang medis (Sulistiyowati et al., 2023). Menurut (Sudarti et al., 2018) paparan radiasi elektromagnetik yang terjadi di sekitar peralatan listrik termasuk dalam spektrum radiasi elektromagnetik frekuensi sangat rendah (ELF), mengingat sumber energi listrik di Indonesia berasal dari pembangkit listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) Provinsi dengan frekuensi 50 Hz, paparan medan listrik dan magnet adalah komponen gelombang ELF elektromagnetik.

Secara umum, ada dua jenis dampak biologis yang berasal dari penggunaan medan elektromagnetik yakni dampak termal dan dampak non-termal. Peningkatan suhu yang disebabkan oleh rotasi molekul tubuh sebagai akibat dari radiasi elektromagnetik dikenal sebagai dampak termal medan elektromagnetik. Aktivitas kimiawi dan biologis sel itu sendiri dapat berubah dan dipengaruhi oleh perubahan suhu pada tingkat sel. Menurut (Batubara et al., 2023) pada beberapa tingkat paparan, efek non-termal dari medan elektromagnetik dapat mengubah fungsi sel dan metabolisme, yang menyebabkan kerusakan pada fungsi otak. Menurut (Yushardi et al., 2022) jika paparan radiasi elektromagnetik di atas ambang batas aman 10mW/cm^2 , hal ini dapat berdampak pada perubahan permeabilitas membran sel, komposisi pembentukan darah, pertukaran ion dalam jaringan saraf, dan perubahan tingkat kanker yang terkait dengan sintesis enzim. Konsekuensi fisiologis tambahan termasuk kelelahan, sakit kepala, lekas marah, dan kantuk.

Salah satu penyebab utama kematian dan kecacatan adalah stroke. Menurut (Saputra et al., 2022) pasien yang mengalami stroke paling sering mengalami gangguan gerak. Hemiparalisis adalah jenis disfungsi motorik yang umum. Hemiparesis adalah salah satu kondisi yang mengakibatkan hilangnya mekanisme refleksi, yang meliputi kemampuan menggerakkan siku dan menggerakkan kepala untuk menjaga keseimbangan. Ekstremitas atas mungkin merupakan salah satu area tubuh yang mengalami hemiparesis. Stroke merupakan salah satu masalah kesehatan yang paling signifikan di dunia. Menurut (Astriani et al., 2019) stroke merupakan penyebab kematian nomor tiga dimana pada tahun 2013

sebanyak 5,5 juta orang meninggal akibat penyakit ini. Pada tahun 2018, jumlah tersebut meningkat menjadi sekitar 14 juta orang. Prevalensi stroke di Indonesia meningkat dari 7% di tahun 2013 menjadi 10,9% di tahun 2018. Menurut prediksi WHO, penyakit ini akan merenggut nyawa 7,6 juta orang pada tahun 2020. Persentase penderita stroke pada usia 45-54 tahun adalah sekitar 8%, kelompok usia 15-24 tahun memiliki persentase kasus stroke terendah (0,2%), sedangkan kelompok usia 75 tahun ke atas memiliki persentase terbesar (43,1%).

Menurut (Suwaryo et al., 2021) stroke dapat disebabkan oleh sejumlah kondisi, seperti tekanan darah tinggi, dislipidemia, hiperglikemia, glukosa yang berlebihan, kolesterol darah, penyakit jantung, merokok, kecanduan alkohol, kurang beraktivitas, kurang mengonsumsi buah dan sayur, stres, dan faktor lainnya. Salah satu bentuk pemulihan dalam penyakit stroke adalah pemulihan diaschisis atau pembukaan kembali jalur saraf yang sebelumnya digunakan (tertutup), dan pemulihan neurologis-fase pertama pemulihan stroke-dipisahkan oleh mekanisme pemulihan fungsi sel otak di area penumbra di sekitar lokasi infark yang sebenarnya (Noor Alivian & Pratama, 2022).

Uji klinis belum bisa membuktikan kemanjuran dari banyaknya agen pelindung saraf, termasuk antagonis glutamat, prekursor fosfolipid, penghambat leukosit, pengatur transduksi sinyal oksida nitrat, dan penghambat saluran kalsium, meskipun agen-agen ini telah terbukti dapat mengobati stroke iskemik pada hewan. Menurut (Moya Gómez et al., 2021) Extremely Low Frequency (ELF) telah dikaji sebagai salah satu alternatif terapi untuk stroke iskemik dengan dipelajari sebagai agen untuk rehabilitasi. Kemudian, Extremely Low Frequency (ELF) dipelajari sebagai agen pelindung saraf selama fase akut penyakit. Untuk itu diperlukan kajian lebih lanjut mengenai potensi Extremely Low Frequency (ELF) terhadap para pengidap stroke.

METODE

Penelitian artikel ini dilakukan dengan menggunakan metode tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka adalah suatu metode yang digunakan dalam penelitian dengan tujuan mengumpulkan dan menganalisis data dari penelitian-penelitian sebelumnya, serta menganalisis rangkuman tertentu atau analisis literatur relevan yang ditulis dalam teks. Sumber yang digunakan dalam review artikel ini adalah Jurnal Scopus dan Google Scholar. Artikel-artikel yang akan direview, dibahas, dan digunakan antara lain yang bertahun terbit mulai tahun 2017 hingga 2024 dan berasal dari berbagai rangkuman jurnal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gelombang yang dihasilkan ketika dua medan bersatu, seperti medan listrik (E) dan medan magnet (B), dikenal sebagai gelombang elektromagnetik. Osilasi kedua medan magnet dan listrik ini tegak lurus satu sama lain. Gelombang transversal yang tercipta ketika medan magnet B dan medan listrik E dihasilkan adalah tegak lurus dan lurus dari arah getaran. Lebih jauh lagi, muatan dapat dipercepat oleh kombinasi osilasi medan magnet dan medan listrik. Radiasi elektromagnetik adalah hasil dari percepatan ini. Frekuensi sangat rendah (ELF) dan frekuensi sangat tinggi (EHF) adalah dua kategori yang memisahkan radiasi elektromagnetik itu sendiri (Trisanti & Sudarti, 2021).

Radiasi medan magnet frekuensi sangat rendah, atau ELF, didefinisikan sebagai radiasi dengan karakteristik non-termal dan non-ionisasi pada frekuensi rendah (kurang dari 300 Hz). Dengan menghancurkan bakteri pada makanan pada tingkat tertentu yang berbeda untuk setiap jenis makanan, radiasi medan magnet ELF itu sendiri dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan masa simpan makanan. Dengan menjaga pH buah-buahan, radiasi medan magnet ELF tidak hanya meningkatkan umur simpan makanan tetapi juga berpotensi meningkatkan umur simpan buah-buahan. Radiasi medan magnet ELF juga memberikan sejumlah manfaat, termasuk kesederhanaan dan peningkatan efektivitas. Masakan yang dihasilkan tetap memiliki kualitas dan rasa yang sama, namun harganya lebih murah (Uswatun & Sudarti, 2022).

Stroke saat ini merupakan penyebab utama kematian dan kecacatan di seluruh dunia. Untuk membedakan antara stroke iskemik dan pendarahan intraserebral, diagnosis didasarkan pada karakteristik klinis dan pencitraan otak. Stroke, yang juga dikenal sebagai kecelakaan serebrovaskular, adalah penyebab kecacatan yang paling umum di seluruh dunia dan terkait dengan kerusakan sistem saraf pusat akibat penyebab vaskular. Dengan 4.444 kematian di seluruh dunia, stroke menempati peringkat kedua sebagai penyakit paling mematikan dan merupakan penyebab utama kecacatan. Menurut WHO, 70% kematian disebabkan oleh stroke, dengan 444 kematian akibat stroke terjadi di negara-negara berpenghasilan menengah dan 87% di negara-negara berpenghasilan rendah. Stroke merupakan penyebab pertama dari 4.444 kematian (14.4% dari 4.444 total kematian) (Byna & Basit, 2020). Pasien stroke memerlukan pengobatan yang sangat baik untuk mencegah kecacatan fisik dan mental salah satunya dengan terapi. Terapi atau perawatan diperlukan untuk mengurangi kelemahan otot. Dan untuk mempertahankan atau meningkatkan tingkat mobilitas sendi yang normal serta meningkatkan kekuatan otot.

Gelombang elektromagnetik ELF memiliki beberapa karakteristik diantaranya pertama, gelombang elektromagnetik termasuk dalam kelompok radiasi non pengion (radiasi yang tidak dapat menimbulkan ionisasi). Kedua, spektrum gelombang elektromagnetik termasuk gelombang ELF. Ketiga, gelombang ELF memiliki rentang frekuensi 0 hingga 300 Hz. Keempat, sifat medan elektromagnetik adalah bahwa bahan umum sulit untuk diblokir. Selain itu, sumber paparan yang mudah diakses untuk medan magnet ELF adalah perangkat berarus lemah yang sering digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Terakhir, medan listrik dan medan magnet ELF berperilaku independen satu sama lain, sehingga memungkinkan untuk pengukuran yang independen (Azizah et al., 2022).

Dalam kaitan gelombang elektromagnetik (ELF) terhadap penyakit stroke, bagian terpenting dari terapi pasca stroke adalah rehabilitasi segera dan jangka panjang, mengingat plastisitas otak yang sangat besar, terapi medan elektromagnetik (ELF-EMF) bukan merupakan pengobatan standar dalam rehabilitasi pasca stroke namun dianggap meningkatkan efek positif pada pasien. Perawatan ELF-EMF didasarkan pada regenerasi, osteogenesis, analgesik, dan tindakan anti-inflamasi. Medan elektromagnetik yang dihasilkan mampu mempengaruhi berbagai efek biologis (Cichoń et al., 2017).

Efek biologisnya terkait dengan proses transpor ion, sel proliferasi, apoptosis, sintesis protein, dan perubahan transmisi sinyal seluler. Beberapa mekanisme aksi yang dilakukan, termasuk hubungannya dengan membrane sel, efek konsentrasi kalsium intraseluler. Efek lainnya seperti meningkatnya produksi oksida superoksida nitrat (NO), meningkatnya atau

menurunnya produksi superoksida dan penghambatan apoptosis yang semuanya terlibat dalam kaskade iskemik. Hal tersebut menjelaskan alasan penggunaan ELF-EMF spectrum gelombang sebagai pengobatan stroke, serta potensinya untuk menginduksi angiogenesis. Keuntungan besarnya adalah pengobatan ELF-EMF merupakan metode non-invasif dan dapat diterapkan pada pasien, tanpa memerlukan anestesi. (Moya Gómez et al., 2021).

Pasien yang menerima perawatan sinar elf menunjukkan penurunan yang signifikan secara statistik pada tingkat parameter stres oksidatif, seperti zat reaktif asam tiobarbiturat (TBARS), gugus tiol, dan gugus karbonil. Temuan ini didasarkan pada penelitian dengan studi tinjauan literatur yang diperoleh dari berbagai jurnal nasional dan internasional. Ketika jumlah perawatan ditingkatkan, terdapat penurunan yang signifikan secara statistik dalam indikator stres oksidatif. Kriteria yang sama juga digunakan untuk menilai hasil klinis pasien sebagai tambahan dari indikator biokimia ini. Kondisi fungsional pasien membaik setelah menerima perawatan ELF.

Tabel 1. *Kajian Pustaka Dampak ELF bagi Terapi Strooke*

No	Author	Intensitas	Hasil Intensitas dengan ELF
1.	(Moya-Gómez et al., 2023)	Efek ELF-EMS sinusoidal (13,5 mT/60 Hz)	Gerbil yang diobati dengan ELF-EMS memiliki hasil perilaku yang lebih unggul dibandingkan dengan kelompok kontrol karena mereka dipelihara secara signifikan lebih sering. Ketika terjadi iskemia serebral global sementara, ELF-EMS berdampak pada Neuron dan Glia.
2.	(Moya Gómez et al., 2021)	Pulsa magnetik menginduksi arus listrik di area kecil otak, tergantung pada tipe TMS, mempunyai waktu naik yang kecil (~0,1 ms) dan nilai intensitas magnet yang lebih tinggi (~2 T) (Mishra dkk., 2011).	Pulsa magnetik digunakan di lokasi otak yang berbeda untuk menciptakan arus listrik dengan menggunakan pendekatan ELF. Penelitian yang menjelaskan aplikasi pengobatan ini pada gangguan neurologis seperti iskemia jantung atau kondisi lainnya, atau yang menggunakan medan magnet ELF sebagai alat bantu diagnostik (pencitraan resonansi magnetik) memberikan dampak yang lebih baik yang terpapar dengan pulsa magnetik.
3.	(Cichoń et al., 2017)	Sebagian sampel darah dibekukan pada suhu -80°C, dan sisanya disentrifugasi selama 15 menit pada 1500 G untuk mengekstrak plasma pada suhu 25°C.	Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa kadar plasma 3-NT meningkat pada kelompok ELF-EMF. Molekul protein secara alami menghasilkan 3-NT oleh agen nitrat yang bekerja pada rantai polipeptida. Terutama, anion superoksida (O ⁻²) dan NO bergabung untuk menghasilkan

			peroks nitrit (ONOO-) melalui reaksi yang cepat.
4.	(Kemps et al., 2022)	ELF-EMS diproduksi dengan menghubungkan kumparan (radius inti feromagnetik 16 mm; diameter kawat 0,20 mm; 950 lilitan) ke penguat dengan ketelitian tinggi (bandwidth 10Hz-20 kHz; output 60W)	Penggunaan ELF-EMS menurunkan luasnya lesi pada model tikus iskemia serebral global, kemungkinan besar dengan meningkatkan sinyal NO. Hasil menyatakan bahwa ELF-EMS merekrut sirkulasi kolateral untuk memberikan dampak perlindungan setelah stroke iskemik.
5.	(Martel et al., 2023)	Amplitudo SR berfluktuasi sepanjang hari. Amplitudo SR meningkat pada pagi hari dan mencapai puncaknya antara jam 8 dan 10 pagi.	EMF antropogenik dapat mencegah sintesis ATP dan metabolisme mitokondria. Peningkatan mungkin disebabkan oleh penghambatan mitokondria yang memungkinkan nutrisi dilepaskan kembali ke sistem peredaran darah. Dengan menghasilkan spesies oksigen reaktif dan menyebabkan kebocoran elektron dari rantai transpor elektron.
6.	(Lipson-Smith et al., 2021)	Pendekatan tinjauan ini memungkinkan untuk mengumpulkan dan mengevaluasi secara ketat semua data yang tersedia tentang lingkungan yang dibangun untuk terapi stroke rawat inap.	Hasil dari penelitian yang disertakan tidak dapat dengan mudah digabungkan atau dibandingkan karena heterogenitas desain penelitian dan variabel yang diteliti. Layanan rehabilitasi ELF pada pasien stroke bervariasi secara global dan memberikan dampak yang lebih baik untuk pemulihan pasien.

Pada penelitian pertama, dipusatkan pada proses molekuler maupun seluler yang mendasari berbagai efek yang dihasilkan ELF-EMS sinusoidal (13,5 Mt/60 Hz) yang terjadi pada kondisi stroke iskemia/reperfusi dalam tahap terapi yang dilakukan di sebuah klinik. Pada tahap ini, terdiri dari empat sesi yang masing-masing 20 menit. Pertama, diawali oleh melihat bagaimana peluang ELF-EMS dalam mengatasi stroke iskemia/reperfusi gerbil. Selanjutnya, tahap evaluasi secara invitro pada beberapa bagian otak. Dan yang terakhir, tahap konsentrasi pada dampak ELF-EMS pada pembentukan penanda inflamasi dan migrasi mikroglia. Penelitian ini menghasilkan pendapat bahwa ELF-EMS dapat meningkatkan hasil setelah iskemia otak global transien pada gerbil. Perbedaan pada gerbil dengan proses ELF-EMS terbukti lebih unggul dibandingkan dengan kelompok yang kontrol. Saat iskemia selebral global terjadi, ELF-EMS memiliki dampak khusus pada Neuron dan Glia. Pada hari

ketujuh setelah operasi, terdapat perbedaan substansial dalam jumlah sel NeuN+ antara kelompok yang diobati dengan ELF-EMS dan kelompok yang dipapar.

Penelitian lain juga menggunakan teknik ELF yaitu berupa pulsa magnetik yang dapat menginduksi arus listrik di area otak. Adanya pulsa tergantung pada tipe TMS, dengan waktu naik yang kecil dan nilai intensitas magnet yang lebih tinggi. Penerapan TMS pada penyakit stroke ini, menggunakan EMF sebagai terapi pada model stroke iskemik hewan dan pasien yang digunakan sebagai tinjauan. Melalui invitro, percobaan yang dilakukan melalui simulasi lingkungan stroke yang menggunakan kultur sel serupa glial atau neuron. Penelitian ini menunjukkan penerapan terapi ini pada iskemia miokard ataupun penyakit neurologis dimana medan magnet yang digunakan sebagai alat diagnostic dikeluarkan.

Penelitian dengan pulsa magnetic tersebut digunakan di lokasi otak yang berbeda dalam menciptakan arus listrik dengan melalui pendekatan ELF. Melihat jenis TMSnya, pulsa ini mempunyai nilai intensitas yang besar dan waktu naik yang kecil. Ditinjau dari teknik ELF tersebut Penelitian ini menunjukkan penerapan terapi ini pada iskemia miokard ataupun penyakit neurologis dimana medan magnet yang digunakan sebagai alat diagnostic dikeluarkan.

Penggunaan ELF juga diperlukan pada proses pengumpulan sampel darah. Sampel darah yang diambil ke dalam tabung yang berisi CPDA 1, sebagian akan dibekukan pada suhu sekitar -80°C , dan sebagian lain akan disentrifugasi selama 15 menit pada 1500 G. Hal itu bertujuan untuk mengekstrak plasma pada suhu 25°C . Pengambilan sampel darah dilakukan selama dua kali dengan kurun waktu empat belas hari dengan sebelum dan setelah masa perawatan sepuluh sesi yang biasa dilakukan. Sampel darah yang diambil tiga kali, berjarak 28 hari untuk pemeriksaan lebih lanjut terhadap kadar 3-nitrotyrosine, sebelum pengobatan, setelah 10 pengobatan dan setelah 20 pengobatan. Penelitian mengenai proses pengambilan darah tersebut menghasilkan temuan bahwa kadar plasma 3-NT akan meningkat pada kelompok ELF-EMF. Pada molekul protein akan menghasilkan 3-NT oleh agen nitrat yang bekerja pada rantai polipeptida. Dapat dilihat bahwa ELF-EMF cukup berperan pada proses ini. Kadar NO dan HAI2 yang signifikan dilepaskan oleh neutrophil, makrofag, serta sel endotel. Oleh karena itu, produksi 3-NT difasilitasi oleh peningkatan kadar NO.

Dalam kaitannya terhadap beberapa penelitian yang ada, ELF-EMS juga dapat diproduksi dengan menghubungkan suatu kumparan (radius inti feromagnetik 16 mm; diameter kawat 0,20 mm; 950 lilitan) ke penguat dengan ketelitian tinggi (bandwidth 10Hz-20 kHz; output 60W) yang dibuat oleh Cardonne dan LP Font dari Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) dan Stimulator Magnetik NaK-02. Dengan melalui gaussmeter PCE MFM 3000 yang telah dikalibrasi (PCE Instruments, Enschede, Belanda), medan magnet yang dihasilkan diukur. Agar dapat mengangkut medan elektromagnetik dengan cara yang tidak berdenyut, medan magnet yang dihasilkan diterapkan secara terus menerus, menghasilkan arus sinusoidal konstan 60Hz dengan kekuatan magnetik 13,5 mT. Dengan produksi ELF-EMS tersebut penggunaannya menurunkan luasnya lesi pada model tikus iskemia serebral global, kemungkinan besar peningkatan sinyal NO diperoleh hipotesis jika ELF-EMS merekrut sirkulasi kolatera untuk memberikan dampak perlingan setelah stroke iskemik, dikarenakan NO sebagai pengatur utama aliran darah kolateral otak.

Oleh karena itu, dua galur tikus yang berbeda dengan perbedaan dalam sirkulasi kolateral serebral alami mereka digunakan untuk mempelajari efek terapeutik ELF EMS

setelah stroke buatan. Dibandingkan dengan tikus C57BL/6, yang memiliki jaringan agunan serebral yang besar, tikus BALB/c memiliki lebih sedikit agunan pial, setelah stroke iskemik diinduksi pada 28 tikus, baik terapi palsu atau ELF-EMS diberikan selama 4 hari berturut-turut. Setelah menerima dMCAO, tikus C57BL / 6 menunjukkan 24% setelah terapi ELF-EMS, ukuran infark lebih kecil (19-6 mm vs 25-6 mm) dibandingkan dengan tikus C57BL / 6 yang diobati dengan sham.

Disisi lain amplitudo suatu gelombang elektromagnetik juga memiliki peran lain. Amplitudo SR mengalami fluktuasi sepanjang hari. Amplitudo SR mengalami peningkatan pada pagi hari dan mencapai klimaks antara jam 8 dan 10 pagi sebelum turun ke tingkat dasar pada malam hari. Adanya potensi hubungan antara SR dan siklus sirkadian diindikasikan dengan kondisi tersebut. Investigasi penting yang selanjutnya dilakukan oleh Rütger Wever di Jerman diketahui bahwa sukarelawan yang periode sirkadiannya terganggu selama 12 tahun disimpan selama beberapa minggu di bunker bawah tanah tanpa cahaya dan terlindung dari medan elektromagnetik bumi.

Dari penelitian ini, EMF antropogenik dapat mencegah sintesis ATP dan metabolisme mitokondria. Sebagai permissalan penelitian yang dilakukan pada lebah dengan kondisi terpapar radiasi ponsel selama sepuluh menit akan menunjukkan peningkatan konsentrasi glukosa, trigliserida, dan kolesterol dalam getah bening. Penyebab peningkatan ini mungkin didasari oleh penghambatan mitokondria yang memungkinkan nutrisi dilepas kembali ke sistem peredaran darah. Dengan spesies oksigen reaktif yang dihasilkan dan menyebabkan kebocoran electron dari rantai transport electron, radiasi elektromagnetik dari komputer, telepon genggam, dan perangkat listrik lainnya dapat menghambat mitokondria. Dengan kelainan mitokondria terkait dengan perkembangan diabetes tipe 2, dan penyakit lain seperti kardiovaskular, gangguan neurodegeneratif, dan percepatan penuaan, penemuan ini mungkin berimplikasi pada kondisi-kondisi ini. Dari penelitian ditunjukkan bahwa gelombang radio intensitas rendah dapat melalui sawar darah-otak termasuk Leif G. Pada spesies hewan pengerat menunjukkan sinyal elektromagnetik endogen dapat terganggu oleh gelombang mikro antropogenik, yang mempunyai peluang untuk menyebabkan dampak biologis.

Penelitian lain mengenai lingkungan yang dibangun untuk terapi stroke, tidak dapat digabungkan ataupun dibuat perbandingan arena perbedaan atau heterogenitas desain penelitian dan faktor variable yang diteliti. Rehabilitasi menggunakan ELF pada pasien stroke bermacam-macam serta memberikan dampak yang positif bagi pemulihan pasien stroke.

Hubungan linier antara parameter-parameter ini ditunjukkan oleh korelasi antara perubahan gugus karbonil dan perubahan uji klinis. Hal ini menyiratkan bahwa di antara pasien stroke, penurunan indikator plasma kerusakan oksidatif berkaitan dengan peningkatan kemandirian, fungsi kognitif, dan tingkat keparahan depresi. Setelah mengukur kadar plasma dari lima sitokin yang berbeda, ditemukan bahwa terdapat peningkatan masing-masing sebesar 35 dan 25% pada faktor pertumbuhan hepatosit (HGF) dan faktor sel punca (SCF). Faktor pertumbuhan saraf β (β -NGF) dan faktor yang diturunkan dari sel stroma 1 (SDF-1 α). Status klinis juga dinilai dalam penyelidikan ini. Dapat dikatakan bahwa status klinis juga dinilai karena, mirip dengan penelitian sebelumnya, peningkatan status fungsional dan kinerja kognitif terlihat, bersama dengan penurunan sindrom depresi dan gangguan neurologis terkait stroke.

SIMPULAN

Dalam kaitan gelombang elektromagnetik (ELF) terhadap penyakit stoke, bagian terpenting dari terapi pasca stroke adalah rehabilitasi segera dan jangka panjang, mengingat plastisitas otak yang sangat besar, terapi medan elektromagnetik (ELF-EMF) dianggap meningkatkan efek positif pada pasien. Pasien yang menerima perawatan sinar ELF menunjukkan penurunan yang signifikan secara statistik pada tingkat parameter stres oksidatif, seperti zat reaktif asam tiobarbiturat (TBARS), gugus tiol, dan gugus karbonil.

Antara pasien stroke, penurunan indikator plasma kerusakan oksidatif berkaitan dengan peningkatan kemandirian, fungsi kognitif, dan tingkat keparahan depresi. Setelah mengukur kadar plasma dari lima sitokin yang berbeda, ditemukan bahwa terdapat peningkatan masing-masing sebesar 35 dan 25% pada faktor pertumbuhan hepatosit (HGF) dan faktor sel punca (SCF). Dapat dikatakan bahwa status klinis karena peningkatan status fungsional dan kinerja kognitif terlihat, bersama dengan penurunan sindrom depresi dan gangguan neurologis terkait stroke

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

DAFTAR PUSTAKA

- Astriani, N. M. D. Y., Dewi, P. I. S., Heri, M., & Widiari, N. K. E. (2019). Terapi AIUEO terhadap Kemampuan Berbicara (Afasia Motorik) pada Pasien Stroke. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 1(2), 396–405. <https://doi.org/10.31539/joting.v1i2.924>
- Azizah, M. N., Sudarti, S., & Bektiarso, S. (2022). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) 200 Mt Dan 300 Mt Terhadap Ph Dalam Proses Fermentasi Tempe. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 8(1), 28. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i1.8182>
- Batubara, D. A., Fazirah, C., Syahfitri, L., Fadilla, M., & Anggraini, R. (2023). Pengaruh Radiasi Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Oleh Telepon Seluler. *Al-Irsyad Journal of Physics Education*, 2(2), 76–85. <https://doi.org/10.58917/ijpe.v2i2.63>
- Bonansyah Utoyo, E., & Azmi, F. (2023). Analisis Dampak Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) Oleh Sutet Terhadap Resiko Kanker Dan Masalah Reproduksi Pada Manusia Analysis of the Impact of Extremely Low Frequency (Elf) Magnetic Field Exposure By Sutet on the Risk of Cancer and Rep. *CERMIN: JURNAL PENELITIAN*, 7(1), 58–68.
- Byna, A., & Basit, M. (2020). Penerapan Metode Adaboost Untuk Mengoptimasi Prediksi Penyakit Stroke Dengan Algoritma Naïve Bayes. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*, 9(3), 407–411. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v9i3.1023>
- Cichoń, N., Czarny, P., Bijak, M., Miller, E., Śliwiński, T., Szemraj, J., & Saluk-Bijak, J. (2017). Benign Effect of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Field on Brain Plasticity Assessed by Nitric Oxide Metabolism during Poststroke Rehabilitation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2017/2181942>
- Kemps, H., Dessy, C., Dumas, L., Sonveaux, P., Alders, L., Van Broeckhoven, J., Font, L. P., Lambrechts, S., Foulquier, S., Hendrix, S., Brône, B., Lemmens, R., & Bronckaers, A. (2022). Extremely low frequency electromagnetic stimulation reduces ischemic stroke volume by improving cerebral collateral blood flow. *Journal of Cerebral Blood Flow*

- and Metabolism*, 42(6), 979–996. <https://doi.org/10.1177/0271678X221084410>
- Lipson-Smith, R., Pflaumer, L., Elf, M., Blaschke, S. M., Davis, A., White, M., Zeeman, H., & Bernhardt, J. (2021). Built environments for inpatient stroke rehabilitation services and care: A systematic literature review. *BMJ Open*, 11(8), 1–11. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-050247>
- Martel, J., Chang, S. H., Chevalier, G., Ojcius, D. M., & Young, J. D. (2023). Influence of electromagnetic fields on the circadian rhythm: Implications for human health and disease. *Biomedical Journal*, 46(1), 48–59. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2023.01.003>
- Moya-Gómez, A., Font, L. P., Burlacu, A., Alpizar, Y. A., Cardonne, M. M., Brône, B., & Bronckaers, A. (2023). Extremely Low-Frequency Electromagnetic Stimulation (ELF-EMS) Improves Neurological Outcome and Reduces Microglial Reactivity in a Rodent Model of Global Transient Stroke. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13). <https://doi.org/10.3390/ijms24131117>
- Moya Gómez, A., Font, L. P., Brône, B., & Bronckaers, A. (2021). Electromagnetic Field as a Treatment for Cerebral Ischemic Stroke. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8(September), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.742596>
- Noor Alivian, G., & Pratama, K. N. (2022). Efektifitas Terapi Akupuntur Terhadap Keberhasilan Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke: Literature Review. *Journal of Bionursing*, 4(1), 29–35. <https://doi.org/10.20884/1.bion.2022.4.1.129>
- Saputra, D. G., Dewi, N. R., & Ayubana, S. (2022). Penerapan Terapi Menggenggam Bola Karet Terhadap Perubahan Kekuatan Otot Pada Pasien Stroke Dengan Hemiparase Di Kota Metro. *Jurnal Cendikia Muda*, 2(3), 308–312.
- Setiani, R., Amelia, N., & Sudarti. (2023). Potensi Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) Untuk Terapi Diabetes. *EDUPROXIMA : Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 5(2), 199–204. <https://doi.org/10.29100/v5i2.4208>
- Sudarti, S., Nuraini, L., Saleh, T. A., & Prihandono, T. (2018). The Analysis of Extremely Low Frequency (ELF) Electric and Magnetic Field Exposure Biological Effects around Medical Equipments. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5(7), 289–296. <https://doi.org/10.22161/ijaers.5.7.37>
- Sulistiyowati, A., Ulfah, A. Z., & Sudarti. (2023). Potensi Radiasi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Penyakit Leukemia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(13), 123–131.
- Suwaryo, P. A. W., Levia, L., & Waladani, B. (2021). Penerapan Terapi Cermin Untuk Meningkatkan Kekuatan Otot Pada Pasien Stroke Non Hemoragik. *Journal of Borneo Holistic Health*, 4(2), 127–135. <https://doi.org/10.35334/borticalth.v4i2.2263>
- Trisanti, D. D. T., & Sudarti, S. (2021). Analisis Kemampuan Multirepresentasi Verbal dan Tabel Tentang Konsep Spektrum Gelombang Elektromagnetik pada Mahasiswa Fisika. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 6(2), 46–51. <https://doi.org/10.24905/psej.v6i2.38>
- Uswatun, U., & Sudarti, S. (2022). Potensi Radiasi Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Guna Meningkatkan Ketahanan Usia Simpan Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 7(2), 70–74. <https://doi.org/10.30869/jtpg.v7i2.957>
- Yushardi, Y., Sudarti, S., & Hamdi, M. N. (2022). Potensi Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler Terhadap Kesehatan. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 11(2), 316–322. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v11i2.759>