

## Pengaruh Paparan Medan Elektromagnetik ELF Intensitas 500 $\mu\text{T}$ dan 1000 $\mu\text{T}$ Terhadap Panjang dan Diameter Tulang Femur Mencit Balb/C

*Effect of Exposure to ELF Electromagnetic Field Intensity of 500  $\mu\text{T}$  and 1000  $\mu\text{T}$  on the Length and Diameter of the Femur Bone in Balb/C Mice*

Cindy Ineke Ferdianti<sup>1\*</sup>, Sudarti<sup>2</sup>, Trapsilo Prihandono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jember, Indonesia

Email: [cindyinekeferdianti@gmail.com](mailto:cindyinekeferdianti@gmail.com)

---

### **ABSTRAK** (Arial, 8, Tebal, Bahasa Indonesia)

WHO telah menentukan ambang batas paparan medan magnet yakni intensitas 100  $\mu\text{T}$  untuk masyarakat umum, dan intensitas 500  $\mu\text{T}$  untuk kelompok pekerja, namun masih perlu dikaji dampak paparan tersebut terhadap tulang. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengkaji pengaruh dari paparan medan elektromagnetik ELF intensitas 500  $\mu\text{T}$  dan 1000  $\mu\text{T}$  terhadap tulang. Penelitian ini termasuk dalam *True Design Experiment* dengan menggunakan 21 ekor mencit Balb/C yang dibagi rata menjadi 3 kelompok, yakni kelompok kontrol, kelompok eksperimen intensitas 500  $\mu\text{T}$ , dan kelompok eksperimen intensitas 1000  $\mu\text{T}$ . Intermiten paparan ialah 3 jam setiap hari selama 30 hari. Variabel yang diukur pada penelitian ini ialah panjang dan diameter tulang femur mencit bagian kanan dan kiri. Pengukuran menggunakan alat jangka sorong. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis dengan memanfaatkan software SPSS 23. Hasil dari penelitian ini mengungkapkan bahwa pada panjang tulang femur tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol. Sedangkan pada diameter tulang femur mencit bagian kanan ditemukan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen intensitas 1000  $\mu\text{T}$  terhadap kelompok kontrol, yakni dengan rata-rata 1,36 mm untuk kelompok eksperimen intensitas 1000  $\mu\text{T}$  dan 1,17 mm untuk kelompok kontrol. Pada diameter tulang femur mencit bagian kiri ditemukan perbedaan yang signifikan pada kelompok eksperimen intensitas 500  $\mu\text{T}$  dan intensitas 1000  $\mu\text{T}$  terhadap kelompok kontrol, yakni rata-rata 1,26 mm untuk kelompok eksperimen intensitas 500  $\mu\text{T}$  dan 1,40 mm untuk kelompok eksperimen intensitas 1000  $\mu\text{T}$ .

**Kata Kunci:** Elektromagnetik; ELF; tulang femur; panjang; diameter

---

### **ABSTRACT** (Arial, 8, Bold, Italic, In English)

WHO has determined the threshold for exposure to magnetic fields, namely an intensity of 100  $\mu\text{T}$  for the general public, and an intensity of 500  $\mu\text{T}$  for workers, but the impact of this exposure on bones still needs to be studied. The aim of this research is to examine the effect of exposure to ELF electromagnetic fields with intensities of 500  $\mu\text{T}$  and 1000  $\mu\text{T}$  on bones. This research was included in the *True Design Experiment* using 21 Balb/C mice which were divided equally into 3 groups, namely the control group, the 500  $\mu\text{T}$  intensity experimental group, and the 1000  $\mu\text{T}$  intensity experimental group. Intermittent exposure is 3 hours every day for 30 days. The variables measured in this study were the length and diameter of the right and left femur bones of mice. Measurements using a caliper. The measurement data were then analyzed using SPSS 23 software. The results of this study revealed that there was no significant difference in the length of the femur bone between the experimental group and the control group. Meanwhile, in the diameter of the right femur bone of mice, a significant difference was found between the 1000  $\mu\text{T}$  intensity experimental group and the control group, namely with an average of 1.36 mm for the 1000  $\mu\text{T}$  intensity experimental group and 1.17 mm for the control group. In the diameter of the left femur bone of mice, a significant difference was found between the 500  $\mu\text{T}$  intensity experimental group and the 1000  $\mu\text{T}$  intensity experimental group compared to the control group, namely an average of 1.26 mm for the 500  $\mu\text{T}$  intensity experimental group and 1.40 mm for the 1000  $\mu\text{T}$  intensity experimental group.

**Keyword:** Electromagnetic; ELF; femur bone, length, diameter

## PENDAHULUAN

Kehidupan manusia di masa ini tidak lepas dari pemanfaatan alat-alat elektronik. Alat-alat

elektronik tersebut menghasilkan berbagai frekuensi gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang timbul dari perubahan medan

listrik menjadi medan magnet dan perubahan medan magnet menjadi medan Listrik (Giancoli, 2014). Gelombang elektromagnetik dapat merambat dengan tidak membutuhkan medium perantara.

Peralatan elektronik di lingkungan sekitar dapat menghasilkan medan magnet yang dapat dikatakan relatif rendah yaitu berkisar 0,5- 200 $\mu$ T dengan jarak pengukuran radius 3cm(Qi et al., 2015). Intensitas yang rendah tersebut tergolong dalam gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF). Gelombang elektromagnetik ELF ialah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super rendah yakni 0 sampai 300 Hz dan tergolong radiasi *non-ionizing* (Muharromah et al., 2018).

Paparan gelombang elektromagnetik secara konsisten dapat berdampak pada perkembangan sel meskipun hanya dengan intensitas rendah (Hindiyati et al., 2022). Intensitas rendah dapat mempengaruhi sel, maka intensitas tinggi lebih berpotensi dalam mempengaruhi perkembangan sel. *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa ambang batas aman paparan medan magnet, yakni 100  $\mu$ T untuk kelompok umum dengan durasi paparan tidak terbatas dan 500  $\mu$ T untuk kelompok pekerja dengan durasi paparan 8 jam (WHO, 2007). Berdasarkan ambang batas paparan tersebut tidak menimbulkan dampak langsung secara fisik.

Penelitian dengan berbagai intensitas paparan telah banyak dilakukan. Penelitian dengan intensitas 2,3 mT selama 2 jam/ hari selama 11 minggu (seminggu 5 kali paparan) menunjukkan bahwa proliferasi sel menjadi terhambat (An et al., 2015). Penelitian Intensitas 0,2 mT dengan durasi paparan 6 jam/ hari selama 10 minggu mendukung proliferasi sel. Proliferasi sel merupakan proses sel tumbuh dan membelah untuk menghasilkan sel baru. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, maka belum diketahui secara pasti pengaruh paparan medan magnet terhadap sel.

Tulang merupakan salah satu organ gerak yang penting bagi tubuh. Fungsi utama tulang adalah sebagai penopang tubuh. Permasalahan tulang paling banyak ialah osteoporosis. Osteoporosis merupakan keadaan tulang menjadi rapuh dan lebih rawan mengalami patah tulang (Saras, 2023). Menurut WHO terdapat sekitar 200 juta orang di dunia merupakan penderita osteoporosis. Menurut *International Osteoporosis Foundation* (IOF), perempuan dengan usia 50-80 tahun rentan mengalami osteoporosis dengan rasio 1:4 (Wicaksono & Maulana, 2020).

Beberapa penelitian telah mengemukakan hasil bahwa medan magnet ELF memberikan kebermanfaat dalam bidang kesehatan tulang. Penelitian dengan intensitas 1,19 mT menunjukkan bahwa terapi gelombang medan elektromagnetik berpengaruh positif terhadap peningkatan kolagen tikus (Huegel et al., 2018). Penelitian dengan intensitas 17,96  $\mu$ T dengan durasi paparan 2 jam/ hari selama 8 minggu menunjukkan bahwa osteoporosis dapat dibatasi (Manjhi et al., 2013). Berdasarkan paparan tersebut, maka penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji pengaruh paparan medan elektromagnetik ELF intensitas 500  $\mu$ T dan 1000  $\mu$ T terhadap panjang dan diameter tulang femur mencit. Alasan penelitian ini menggunakan intensitas 500  $\mu$ T karena sesuai dengan batas ambang paparan dan menggunakan intensitas 1000  $\mu$ T untuk mengetahui dampak jika melebihi ambang yang telah ditetapkan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini tergolong dalam *True Design Experiment* dengan sampel mencit Balb/C. Jumlah sampel dalam penelitian ini sejumlah 21 ekor, dengan kelompok control 7 ekor, kelompok eksperimen 500  $\mu$ T 7 ekor dan kelompok eksperimen 1000  $\mu$ T 7 ekor. Penelitian ini diberlakukan di beberapa tempat. Tempat paparan mencit dilaksanakan di laboratorium ELF Pendidikan

Fisika Universitas Jember. Pemeliharaan mencit dilaksanakan di laboratorium hewan Fakultas Kedokteran Gigi (FKG) Universitas Jember, dan pengambilan data di laboratorium Pendidikan Biologi Universitas Jember.

### Proses Pemeliharaan

Proses pemeliharaan dimulai dengan memilih sampel terbaik. Kualifikasi dari mencit yang digunakan ialah berjenis kelamin jantan, berusia 3 minggu, bobot tubuh 15-20 gram, sehat, dan lincah. Mencit yang telah dipilah menjadi 3 kelompok. Tempat tinggal berupa box dan pemberian makan serta minum sehari sekali dengan porsi yang sama. Proses pemeliharaan mencit di laboratorium hewan dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Proses pemeliharaan

### Proses Pemaparan

Proses pemaparan dilakukan selama 30 hari (25 Oktober-23 November 2023) dengan durasi pemaparan 3 jam/ hari. Pemaparan dilakukan mulai pukul 09.00-12.00 WIB untuk intensitas 500  $\mu$ T dan 13.00-16.00 untuk intensitas 1000  $\mu$ T. Waktu pemaparan konsisten pada jam tersebut untuk meminimalisir pengaruh cuaca pada mencit. Gambar proses pemaparan dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 berikut.



Gambar 2. Pemaparan intensitas 500  $\mu$ T



Gambar 3. Pemaparan intensitas 1000  $\mu$ T

### Proses Pemisahan Mencit

Dilakukan perhitungan bobot tubuh mencit sebelum proses pembedahan. Alat yang digunakan untuk mengukur bobot tubuh mencit ialah neraca digital. Setiap mencit yang telah diukur bobot tubuhnya diletakkan ke dalam wadah yang telah diberi nomor agar tidak tercampur dengan mencit lain dan memudahkan dalam pengambilan data. Gambar proses pemisahan mencit dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Proses pemisahan mencit

### Proses Pembedahan

Pembedahan mencit dilakukan oleh bantuan tenaga laboran Pendidikan Biologi Universitas Jember. Pembedahan diawali dengan memasukkan mencit ke dalam wadah yang berisi kapas dengan obat bius, kemudian menutup rapat wadah tersebut yang menyebabkan mencit tidak sadar. Ketika mencit telah tidak sadar, pembedahan dimulai dengan menjepit keempat kaki mencit di alas bedah, kemudian dilakukan pembedahan untuk mengambil tulang femur mencit dengan menggunakan gunting medis. Tulang femur yang telah diperoleh kemudian dibersihkan dan dikeringkan.

### Pengambilan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data panjang dan diameter tulang femur mencit. Pengambilan data panjang dan diameter menggunakan jangka sorong. Jangka sorong yang digunakan berjenis digital. Gambar alat jangka sorong yang digunakan dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6 berikut.



Gambar 5. Pengambilan data panjang femur dengan alat jangka sorong



Gambar 6. Pengambilan data diameter tulang dengan alat jangka sorong

### Analisis Data

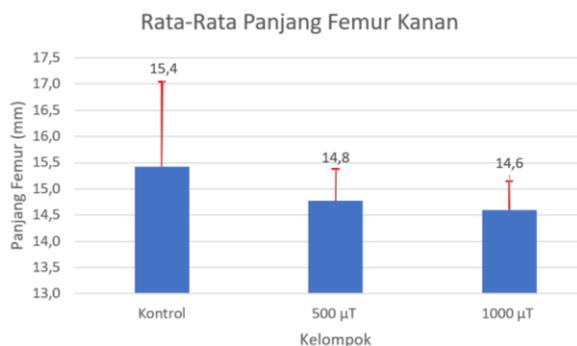
Analisis data dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi SPSS 23. Langkah awal ialah dengan uji normal. Kemudian dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh paparan medan elektromagnetik ELF pada panjang dan diameter tulang femur mencit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh dari paparan medan elektromagnetik ELF intensitas 500  $\mu\text{T}$  dan 1000  $\mu\text{T}$  terhadap panjang dan diameter tulang femur mencit. Panjang dan diameter tulang yang digunakan

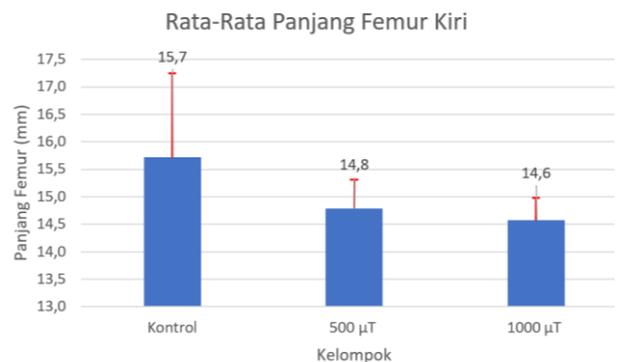
adalah bagian kanan dan bagian kiri. Analisis tulang femur bagian kanan dan kiri dilakukan secara terpisah.

Ketika mencit dipapar medan elektromagnetik ELF di laboratorium ELF Universitas Jember, data suhu rata-rata adalah sebesar 30,9 °C, data tekanan udara rata-rata di adalah sebesar 1009,9 Hpa, dan data rata-rata kelembapan udara adalah sebesar 56,8%. Ketika mencit dikembalikan di laboratorium hewan FKG, Universitas Jember, data suhu rata-rata adalah sebesar 25 °C, data tekanan udara rata-rata di adalah sebesar 1008,3 Hpa, dan data rata-rata kelembapan udara adalah sebesar 71,3%. Pengambilan data tersebut dilakukan selama 7 hari berturut-turut.



Gambar 7. Diagram nilai rata-rata panjang femur kanan

Berdasarkan hasil pengamatan panjang tulang femur bagian kanan terlihat bahwa rata-rata paling panjang berasal dari kelompok control yaitu dengan rata-rata 15,4 mm. Kelompok eksperimen intensitas 500 µT memiliki rata-rata panjang tulang femur sebesar 14,8 mm. Kelompok eksperimen intensitas 1000 µT memiliki rata-rata panjang tulang femur sebesar 14,6 mm.



Gambar 8. Diagram nilai rata-rata panjang femur kiri

Berdasarkan hasil pengamatan panjang tulang femur bagian kiri terlihat bahwa rata-rata paling panjang berasal dari kelompok control yaitu dengan rata-rata 15,7 mm. Kelompok eksperimen 500 µT memiliki rata-rata panjang tulang femur sebelah kiri sebesar 14,8 mm. Kelompok eksperimen 1000 µT memiliki rata-rata panjang tulang femur sebelah kiri sebesar 14,6 mm.

Analisa data awal dilakukan dengan tes normalitas untuk mengetahui apakah data tersebut memiliki distribusi yang normal atau tidak. Panjang tulang femur kedua bagian yakni bagian kanan dan kiri dilakukan analisis uji normalitas. Ketika data normal dapat dilanjutkan uji *One Way Anova*.

Berdasarkan uji normalitas panjang tulang femur sebelah kanan diketahui bahwa nilai signifikansi pada kelompok control yaitu sebesar 0,167, pada kelompok eksperimen 500 µT yaitu sebesar 0,204, dan pada kelompok eksperimen 1000 µT yaitu sebesar 0,061. Dari ketiga kelompok tersebut diketahui bahwa nilai signifikansi diatas 0,05 ( $\text{sig} > 0,05$ ) sehingga artinya data berdistribusi normal. Data yang diperoleh memiliki distribusi normal, maka dapat diteruskan dengan analisis Uji *One Way Anova* serta uji LSD. Hasil uji *One Way Anova* dapat diamati pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil uji *One Way Anova* panjang tulang femur kanan

	ANOVA				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.678	2	1.339	1.048	.371
Within Groups	23.009	18	1.278		
Total	25.687	20			

Berdasarkan tabel analisis hasil uji *One Way Anova* panjang tulang femur bagian kanan diatas dapat dilihat bahwa nilai signifikansi dari data panjang femur sebelah kanan ialah sebesar 0,371. Nilai signifikansi tersebut diatas 0,05 (sig > 0,05) sehingga berarti  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai panjang tulang femur mencit sebelah kanan kelompok control dan kelompok eksperimen.

Berdasarkan uji normalitas tulang femur sebelah kiri diketahui bahwa nilai signifikansi pada kelompok control yaitu sebesar 0,286, pada kelompok eksperimen 500  $\mu T$  yaitu sebesar 0,591, dan pada kelompok eksperimen 1000  $\mu T$  yaitu sebesar 0,607. Dari ketiga kelompok tersebut diketahui bahwa nilai signifikansi diatas 0,05 (sig>0,05) sehingga berarti data sudah berdistribusi normal. Data yang diperoleh berdistribusi normal sehingga dapat diteruskan dengan analisis uji *One Way Anova* serta uji LSD. Hasil uji *One Way Anova* dapat diamati pada tabel berikut:

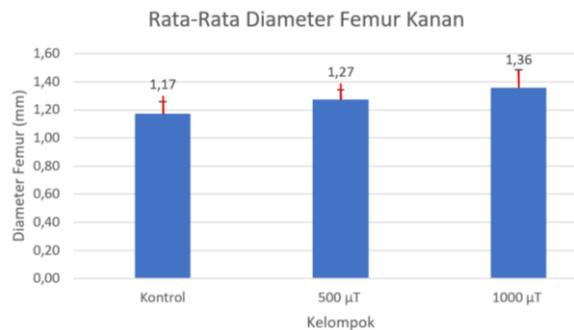
Tabel 2. Hasil uji *One Way Anova* panjang tulang femur kiri

	ANOVA				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.167	2	2.583	2.381	.121
Within Groups	19.531	18	1.085		

Total 24.698 20

Berdasarkan tabel analisis diatas dapat diketahui bahwa nilai signifikansi dari data panjang femur kanan ialah sebesar 0,121. Nilai signifikansi tersebut diatas 0,05 (sig > 0,05) sehingga berarti  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai panjang tulang femur mencit sebelah kiri kelompok control dan kelompok eksperimen.

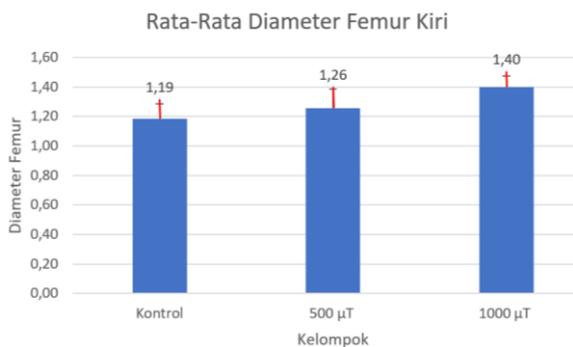
Berikut merupakan data rata-rata diameter tulang femur mencit sebelah kanan yang disajikan pada gambar 9:



Gambar 9. Diagram nilai rata-rata diameter femur kanan

Berdasarkan hasil pengamatan diameter tulang femur bagian kanan terlihat bahwa rata-rata paling besar berasal dari kelompok eksperimen 1000  $\mu T$  yaitu dengan rata-rata 1,36 mm. Kelompok eksperimen 500  $\mu T$  menghasilkan nilai rata-rata diameter tulang femur sebesar 1,27 mm. Kelompok kontrol menghasilkan nilai rata-rata diameter tulang femur sebesar 1,17 mm.

Berikut merupakan data rata-rata diameter tulang femur mencit sebelah kiri yang disajikan pada gambar 10:



Gambar 10. Diagram nilai rata-rata diameter femur kiri

Berdasarkan hasil pengamatan diameter tulang femur sebelah kanan terlihat bahwa rata-rata paling besar berasal dari kelompok eksperimen 1000 µT yaitu dengan rata-rata 1,40 mm. Kelompok eksperimen 500 µT menghasilkan nilai rata-rata diameter tulang femur sebesar 1,26 mm. Kelompok kontrol menghasilkan nilai rata-rata diameter tulang femur sebesar 1,19 mm.

Berdasarkan uji normalitas diameter tulang femur kanan diketahui bahwa nilai signifikansi pada kelompok control yaitu sebesar 0,183, pada kelompok eksperimen 500 µT yaitu sebesar 0,086, dan pada kelompok eksperimen 1000 µT yaitu sebesar 0,064. Dari ketiga kelompok tersebut diketahui bahwa nilai signifikansi diatas 0,05 ( $\text{sig} > 0,05$ ) sehingga berarti data memiliki distribusi normal. Data tersebut berdistribusi normal sehingga dapat diteruskan dengan analisis uji *One Way Anova* serta uji LSD. Hasil uji *One Way Anova* dapat diamati pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil uji *One Way Anova* diameter tulang femur kanan

	ANOVA				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.121	2	.060	5.292	.016
Within Groups	.206	18	.011		

Total .327 20

Berdasarkan tabel analisis diatas dapat diketahui bahwa nilai signifikansi dari data diameter femur sebelah kanan ialah sebesar 0,016. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05 ( $\text{sig} < 0,05$ ) sehingga berarti  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, hal tersebut berarti bahwa ada perbedaan yang signifikan antara nilai diameter tulang femur mencit sebelah kanan kelompok control dan kelompok eksperimen. Berdasarkan uji LSD diketahui bahwa kelompok eksperimen 500 µT memiliki nilai signifikansi 0,097 terhadap kelompok control. Sedangkan kelompok eksperimen 1000 µT memiliki nilai signifikansi 0,004 terhadap kelompok control. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa data diameter femur sebelah kanan kelompok eksperimen 1000 µT terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kelompok control.

Berdasarkan uji normalitas diameter tulang femur kiri diketahui bahwa nilai signifikansi pada kelompok control yaitu sebesar 0,294, pada kelompok eksperimen 500 µT yaitu sebesar 0,307, dan pada kelompok eksperimen 1000 µT yaitu sebesar 0,144. Dari ketiga kelompok tersebut diketahui bahwa nilai signifikansi diatas 0,05 ( $\text{sig} > 0,05$ ) sehingga dapat dikatakan bahwa data memiliki distribusi normal. Data yang diperoleh berdistribusi normal maka dapat diteruskan dengan analisis uji *One Way Anova* serta uji LSD. Hasil uji *One Way Anova* dapat diamati pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil uji *One Way Anova* diameter tulang femur kiri

	ANOVA				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.167	2	.083	6.646	.007
Within Groups	.226	18	.013		

Total     .392     20

Berdasarkan tabel analisis data diatas dihasilkan bahwa nilai signifikansi dari data diameter femur kiri ialah sebesar 0,007. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05 (sig < 0,05) sehingga berarti  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, yang artinya ada perbedaan yang signifikan antara nilai diameter tulang femur mencit sebelah kiri kelompok control dan kelompok eksperimen. Berdasarkan uji LSD diketahui bahwa kelompok eksperimen 500  $\mu$ T memiliki nilai signifikansi 0,0248 terhadap kelompok control. Sedangkan kelompok eksperimen 1000  $\mu$ T memiliki nilai signifikansi 0,002 terhadap kelompok control. Dari hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa data diameter femur sebelah kiri kelompok eksperimen 1000  $\mu$ T terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kelompok control.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil serta pembahasan diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa ditemukan hasil yang berbeda untuk panjang dan diameter tulang femur mencit. Pada panjang tulang femur mencit, baik kanan maupun kiri tidak ditemukan pengaruh paparan medan elektromagnetik ELF. Sedangkan pada diameter tulang femur mencit bagian kanan ditemukan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen intensitas 1000  $\mu$ T terhadap kelompok kontrol, yakni dengan rata-rata 1,36 mm untuk kelompok eksperimen intensitas 1000  $\mu$ T dan 1,17 mm untuk kelompok kontrol. Pada diameter tulang femur mencit bagian kiri ditemukan perbedaan yang signifikan pada kelompok eksperimen intensitas 500  $\mu$ T dan intensitas 1000  $\mu$ T terhadap kelompok kontrol, yakni rata-rata 1,19 mm untuk kelompok kontrol, 1,26 mm untuk kelompok eksperimen intensitas 500  $\mu$ T dan 1,40 mm untuk kelompok eksperimen intensitas 1000  $\mu$ T.

### DAFTAR PUSTAKA

- An, G. Z., Xu, H., Zhou, Y., Du, L., Miao, X., Jiang, D. P., Li, K. C., Guo, G. Z., Zhang, C., & Ding, G. R. (2015). Effects of long-term 50Hz power-line frequency electromagnetic field on cell behavior in Balb/c 3T3 cells. *PLoS ONE*, *10*(2), 1–13.
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika* (Edisi 7). Erlangga.
- Hindiyati, S. H., Sudarti, & Bektiarso, S. (2022). Korelasi Bobot Tubuh Terhadap Detak Jantung Mencit Balb-C Yang Dipapar Medan Magnet Extremely Low Frequeuncy (ELF) Intensitas 100  $\mu$ T. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya*, *7*(1), 34–38.
- Huegel, J., Choi, D. S., Nuss, C. A., Minnig, M. C. C., Tucker, J. J., Kuntz, A. F., Waldorff, E. I., Zhang, N., Ryaby, J. T., & Soslowsky, L. J. (2018). Effects of Pulsed Electromagnetic Field Therapy at Different Frequencies and Durations on Rotator Cuff Tendon-To-Bone Healing in a Rat Model. *J Shoulder Elbow Surg*, *27*(3), 553–560. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.09.024>. Effects
- Manjhi, J., Kumar, S., Behari, J., & Mathur, R. (2013). Effect of extremely low frequency magnetic field in prevention of spinal cord injury-induced osteoporosis. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, *50*(1), 17–30. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2011.12.0248>
- Muharromah, N. N. A., Sudarti, & Subiki. (2018). Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Terhadap Sifat Organoleptik dan pH Susu Sapi Segar. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018, 28 November 2018*, *3*(2), 13–18.
- Qi, G., Zuo, X., Zhou, L., Aoki, E., Okamura, A., Watanebe, M., Wang, H., Wu, Q., Lu, H., Tuncel, H., Watanabe, H., Zeng, S., & Shimamoto, F. (2015). Effects of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields (ELF-EMF) Exposure on B6C3F1 Mice. *Environmental Health and Preventive Medicine*, *20*(4), 287–293. <https://doi.org/10.1007/s12199-015-0463-5>
- Saras, T. (2023). *Mengatasi Osteoporosis*. Tiram



Media.

- WHO. (2007). Environmental Health Criteria 238: Extremely Low Frequency Fields. *Environmental Health Criteria*, 238, 1–519.
- Wicaksono, D. S., & Maulana, R. Y. (2020). Manfaat Ekstrak Dandelion Dalam Mencegah Osteoporosis. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 2(2), 155–162.

<https://doi.org/10.37287/jppp.v2i2.87>