

Korelasi Bobot Tubuh Terhadap Detak Jantung Mencit Balb-C Yang Dipapar Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Intensitas 100 μ T
Correlation of Body Weight to Heart Rate of Balb-C Mice Exposed to Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field of 100 μ T Intensity

Siti Hindun Hindiyati¹, Sudarti², Singgih Bektiarso³

^{1,2,3}Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jember, Indonesia

Email: hindunhindy177@gmail.com

ABSTRAK

Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) intensitas 100 μ T telah ditetapkan sebagai nilai ambang batas efek kesehatan, namun masih perlu di kaji dampak biologis khususnya terhadap fungsi organ jantung. Penelitian ini bertujuan mengkaji "Korelasi Massa Tubuh Terhadap Detak Jantung Mencit Balb-C yang Dipapar Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Intensitas 100 μ T". Penelitian ini menggunakan *True Design Experiments* dengan rancangan acak lengkap (RAL), dengan memberi perlakuan paparan medan magnet ELF intensitas 100 μ T kepada mencit Balb/C secara intermiten 2 jam/hari selama 15 hari dan 30 hari. Sampel mencit Balb/c sejumlah 21 ekor dibagi dalam 3 kelompok, kelompok control, 2 kelompok di papar medan magnet ELF 100 μ T secara intermiten 2 jam/hari selama 15 hari dan 30 hari. Variabel yang di ukur dalam penelitian ini adalah berat badan dan detak jantung per-detik. Pengukuran berat badan dilakukan menggunakan bantuan neraca digital ketelitian 0,00gr dengan 3 kali pengukuran disertai 3 pengamat sedangkan pengukuran detak jantung dilakukan dengan menghitung secara manual menggunakan indera manusia dibantu dengan menggunakan *stopwatch* sebagai pewaktu masing-masing 5 menit. Data hasil penelitian ini dianalisis menggunakan analisis statistik korelasi menggunakan software SPSS 23. Hasil penelitian menunjukkan bahwa medan magnet ELF intensitas 100 μ T hari ke-30 memiliki massa tubuh dan detak jantung lebih tinggi dibandingkan kelompok control. Hal ini disebabkan intensitas 100 μ T menyebabkan adanya kerja otot berlebihan dalam jantung mencit Balb-C

Kata Kunci: Elektromagnetik, ELF, Jantung

ABSTRACT

Exposure to an *Extremely Low Frequency* (ELF) magnetic field with an intensity of 100 μ T has been set as a threshold value for health effects, but it still needs to be studied for its biological impact, especially on the function of the heart organ. This study aims to examine "The Correlation of Body Mass to Heart Rate of Balb-C Mice Exposed to an *Extremely Low Frequency* (ELF) Magnetic Field of 100 μ T Intensity". This study used a *True Design Experiment* with a completely randomized design (CRD), by subjecting Balb/C mice to an ELF magnetic field intensity of 100 μ T intermittently for 2 hours/day for 15 days and 30 days. A sample of 21 Balb/c mice was divided into 3 groups, the control group, and 2 groups exposed to an ELF magnetic field of 100 μ T intermittently 2 hours/day for 15 days and 30 days. The variables measured in this study were body weight and heart rate per second. Weight measurements were carried out using a digital balance with an accuracy of 0.00gr with 3 measurements accompanied by 3 observers while heart rate measurements were carried out by manually counting using the human senses assisted by using a *stopwatch* as a timer for 5 minutes each. The data from this study were analyzed using correlation statistical analysis using SPSS 23 software. The results showed that the ELF magnetic field intensity of 100 μ T on the 30th day had higher body mass and heart rate than the control group. This is because the intensity of 100 μ T causes excessive muscle work in the hearts of Balb-C mice

Keyword: Electromagnetic, ELF, Heart

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi, manusia tidak dapat luput dari benda-benda elektronik.

Benda-benda elektronik yang berada di rumah tangga, kantor maupun sekolah dapat menghasilkan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik merupakan

gelombang yang dapat merambat tanpa membutuhkan perantara. Gelombang elektromagnetik dapat diartikan sebagai gelombang yang dihasilkan dari adanya perubahan medan listrik menjadi medan magnet atau sebaliknya (C.Giancoli, 2014). Peralatan rumah tangga yang dapat menghasilkan gelombang elektromagnetik contohnya adalah, televisi, radio, *handphone*, laptop dan masih banyak lagi (Marrella et al., 2018). Alat-alat elektronik yang berada di sekitar lingkungan baik rumah, kantor maupun sekolah dapat menghasilkan medan magnet yang relative kecil yakni sebesar 0,5 -200 μT dalam pengukuran jarak radius 3 cm (Qi et al., 2015). Intensitas yang relatif kecil termasuk kedalam golongan gelombang elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF), serta termasuk kedalam radiasi non-pengion (Sudarti et al., 2018).

Paparan gelombang elektromagnetik secara terus-menerus dalam intensitas kecil dapat mempengaruhi perkembangan sel dalam tubuh. Dalam tubuh manusia memiliki potensial membrane sebesar -70 mV yang dapat berubah apabila adanya rangsangan dari luar baik medan listrik maupun medan magnet (Tortora & Derrickson, 2009). *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2007 telah menetapkan ambang batas untuk dua kelompok, yakni kelompok umum dan kelompok pekerja (WHO, 2007). Kelompok umum ditetapkan sebesar intensitas 100 μT dengan lama paparan tidak terbatas sedangkan kelompok pekerja ditetapkan sebesar 500 μT dengan lama paparan 8 jam atau jam kerja. Ambang batas paparan yang telah ditetapkan memang tidak menimbulkan dampak negative secara fisik atau secara nyata (Furqon & J, 2017). Namun beberapa penelitian menunjukkan bahwa intensitas di bawah ambang batas WHO dapat mempengaruhi organ terkecil dari bagian tubuh. Penelitian menggunakan intensitas 12 μT selama proses inkubasi 45 menit pada jantung yang telah diinjeksi menggunakan

Ischemia Reperfasasi (I/R) dapat menghasilkan bahwa paparan medan melindungi metabolisme pada jantung yang mengalami cedera I/R (Bialy et al., 2015). Namun, pada penelitian lain dengan variable bobot tubuh menunjukkan bahwa paparan menggunakan media tikus betina hamil dengan intensitas 50 μT terbukti bahwa dari kelompok terpapar tikus memiliki bobot menurun secara signifikan dibandingkan dengan kelompok control (Qi et al., 2015).

Jantung merupakan salah satu organ yang memiliki potensial tertinggi dalam tubuh. Pemberian rangsangan pada jantung, salah satunya adalah medan magnet dapat membuat jantung mengalami beberapa tahap. Tahapan yang ada dalam jantung akan menyebabkan otot jantung bekerja lebih keras apabila jantung diberikan rangsangan secara terus menerus (Luthfiyah et al., 2021). Kondisi jantung yang membesar (membengkak) akan menyebabkan penyakit yang dikarenakan oleh adanya otot jantung yang berkerja lebih keras sehingga kondisi jantung akan menebal. Hal ini akan menyebabkan darah tidak dapat dipompa dengan baik. Begitu pula bila berat jantung menyusut, yang dikarenakan kerja otot lemah akan berdampak pada jantung koroner (Kabo, 2008). Sedangkan pada detak jantung, apabila jantung melebihi batas normal akan terjadi kelainan takikardia dan sebaliknya apabila detak jantung ambang batas normal akan terjadi brakikardia. Kedua kelainan ini akan menyebabkan adanya kelainan jantung lebih akut (Muttaqin, 2009).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan *True Design Experiment* dengan menggunakan sampel tikus putih jenis mencit Balb-C yang berumur 8 minggu dan dipapar medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan sumber medan magnet dari transformator. Proses pemeliharaan dan pemeliharaan sampel dilakukan di

laboratorium hewan FKG Universitas Jember dan pemberian perlakuan berupa paparan dilakukan di laboratorium ELF Pendidikan Fisika Universitas Jember. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 36 ekor dengan kelompok control 18 ekor dan kelompok eksperimen 18 ekor dengan diagram alir pada Gambar 1:

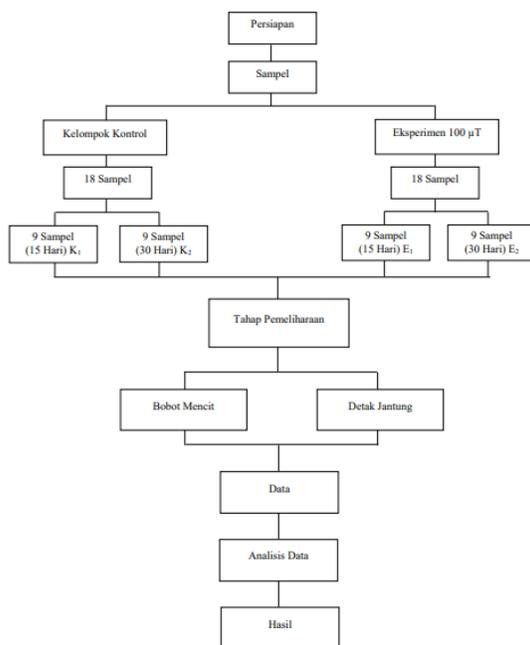


Gambar 2. Proses Pemeliharaan

Proses pemeliharaan diawali dengan memilah sampel terbaik dan dikelompokkan menjadi 4 bagian. Kualifikasi dari mencit yang digunakan dengan ketentuan bobot tubuh 15-20 gram, berumur 8 minggu dan berjenis kelamin jantan. Pemberian tempat tinggal menggunakan box, dan pemberian pakan dan minum dilakukan sehari satu kali dengan takaran yang sama. Sebelum diberikan paparan, mencit diberikan waktu adaptasi 7 hari di laboratorium hewan.

Proses Paparan

Proses paparan dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

Proses Pemeliharaan

Proses pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 3. Proses paparan

Proses paparan dilakukan setiap hari selama 15 dan 30 hari masing-masing selama 2 jam di laboratorium ELF Pendidikan Fisika Universitas Jember. Paparan dilakukan dengan interval waktu yang sama yakni di sore hari. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir pengaruh cuaca yang dialami oleh mencit. Paparan dilaksanakan dengan mengset transformator hingga 355 A hingga alat

pendeteksi medan magnet menunjukkan angkat 100 μ T.

Proses Pembedahan

Proses pembedahan dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Proses pembedahan

Sebelum dilakukan pembedahan, pemilihan mencit dilakukan kembali dengan memilih mencit dengan kondisi yang baik. Pembedahan dilakukan dengan menggunakan tenaga bantuan dari FKG Universitas Jember. Pembedahan diawali dengan memberikan cairan *xyla* dan *ketamine* yang disuntikkan kepada mencit hingga mencit hilang kesadaran. Ketika mencit mulai tidak sadar, pembedahan dilakukan dengan menggunakan gunting medis dan menjepit bagian keempat kaki mencit di alas bedah.

Perhitungan Bobot Tubuh

Perhitungan bobot tubuh pada hari ke-16 dan 31 dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Perhitungan bobot tubuh

Perhitungan bobot tubuh dilakukan setelah mencit diberikan cairan *xyla* dan *ketamine*. Lalu menyiapkan neraca digital dengan ketelitian 0,00 gr. Mencit letakkan diatas neraca digital dan mencatat hasil akhir yang tertera pada layar. Pengukuran bobot tubuh dilakukan sebanyak 3 kali.

Perhitungan detak jantung

Perhitungan detak jantung pada hari ke-16 dan 31 dapat dilihat pada gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 7. Proses perhitungan detak jantung

Perhitungan detak jantung dilakukan secara manual dengan menggunakan bantuan pewaktu *stopwatch* selama 1 menit. Detak jantung dihitung setelah jantung dilepas dari tubuh mencit dan diamati.

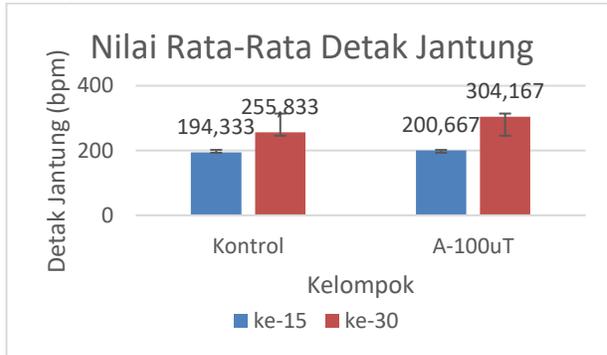
Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan bantuan SPSS 23, dengan tahapan sebagai berikut. Data dilakukan uji normal dan selanjutnya dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara bobot mencit dengan detak jantung mencit

HASIL DAN PEMBAHASAN

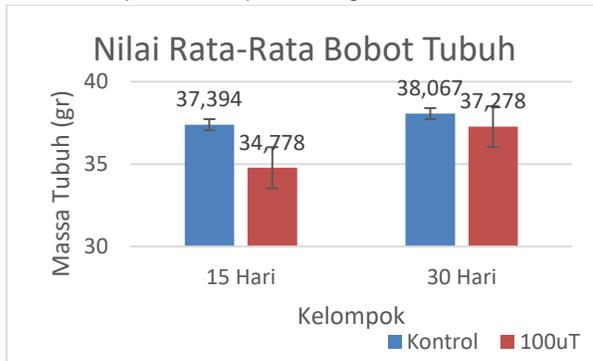
Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji korelasi berat badan serta detak jantung mencit Balb-C yang dipapar medan magnet ELF intensitas 100 μ T. Pengukuran detak jantung dilakukan setelah pembedahan dilakukan sedangkan pengukuran massa tubuh dilakukan dengan menggunakan neraca digital setelah mencit diberikan anestesi pada hari ke 16 dan 31 setelah perlakuan medan magnet diberikan selama 15 dan 30 hari. Data rata-rata detak

jantung mencit Balb-C dapat dilihat pada grafik 8 sebagai berikut:



Gambar 8. Diagram nilai rata-rata detak jantung

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa nilai detak jantung mencit Balb-C memiliki perbedaan antara kelompok control, kelompok A eksperimen 100 μ T. Pada hari ke-15 dan 30, kelompok A eksperimen 100 μ T memiliki nilai tertinggi dibandingkan kelompok control 194,333 dan juga kelompok A eksperimen 100 μ T yakni sebesar 255,833 dan 304,167. Sedangkan kelompok control baik hari ke-15 maupun hari ke-30 hanya memiliki selisih yang sedikit. Berikut adalah data rata-rata bobot tubuh dari mencit Balb-C dapat dilihat pada diagram 9:



Gambar 9. Diagram rata-rata bobot tubuh

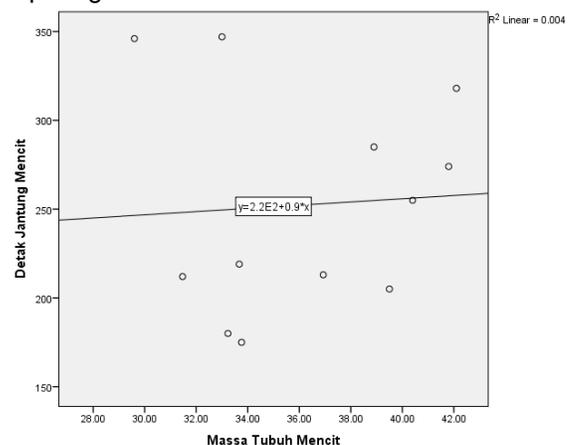
Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan massa tubuh dari 15 hari ke 30 hari. Peningkatan tertinggi diraih oleh kelompok eksperimen dengan peningkatan sebesar 3,5gr. Sedangkan pada kelompok control hanya meningkat sebesar

1,327gr. Dari diagram diatas dapat ditarik bahwa medan magnet ELF memiliki pengaruh terhadap massa tubuh hewan percobaan mencit Balb-C. Berikut data korelasi antara massa dengan detak jantung mencit Balb-C pada table 3 berikut:

Tabel 3. Tabel hasil korelasi bobot tubuh dengan detak jantung mencit

		Bobot Tubuh Mencit	Detak Jantung Mencit
Massa Tubuh Mencit	Pearson correlation	1	.340
	Sig. (2-tailed)		.0468
	N	18	18
Detak Jantung Mencit	Pearson correlation	.340	1
	Sig. (2-tailed)	.0468	
	N	18	18

Dari table 3 dapat digambarkan secara otomatis seperti gambar 10 dibawah ini:



Gambar 10. Grafik korelasi bobot tubuh dengan detak jantung

Grafik diagram dan data di atas menjelaskan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,0468 yang mana dalam pengambilan keputusan uji korelasi menyebutkan bahwa nilai signifikansi < 0,05 maka

data dinyatakan memiliki korelasi. Data di atas memiliki signifikansi $0,0468 < 0,05$ sehingga data dapat dinyatakan memiliki korelasi. Besarnya korelasi sebesar 0,340 yang mana pada nilai tersebut memiliki predikat berkorelasi lemah.

Secara biologis, interaksi medan magnet ELF pertama kali terhadap tubuh melalui membrane sel. Membran sel ketika dipapari oleh medan magnet kemungkinan akan terjadi 2 keadaan. Keadaan yang pertama adalah apoptosis atau sering disebut dengan keadaan terjadinya kerusakan sel. Apoptosis merupakan perusakan sel yang disebabkan oleh dirinya sendiri secara terstruktur, proses apoptosis ini dilakukan dengan memiliki tujuan untuk mempertahankan hidup bagi organisme multiseluler sebagaimana pembelahan sel (Widyanto et al., 2021). Dalam membran sel, terikat kuat dengan adanya perbedaan potensial membran, potensial membrane, keadaan potensial membrane ada 3 yakni potensial istirahat, berjenjang dan aktif. (Neil et al., 2002). Bagian tubuh yang memiliki organ paling sensitive terhadap adanya tegangann listrik adalah jantung. Perbedaan potensial yang tinggi akan menyebabkan kenaikan maupun penurunan detak jantung yang terjadi dalam tubuh dikarenakan system kerja jantung yang tidak sesuai dengan normal. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* tidak hanya mempengaruhi membran sel, namun juga mempengaruhi tingkat stress yang dialami oleh mencit atau hewan percobaan. Ananda dan Jamaluddin, 2019 menyebutkan bahwa medan magnet *Extremely Low Frequency* memiliki dampak pada tingkat stress dan juga kenyamanan terhadap makhluk hidup.

Berdasarkan hasil penelitian, pada hari ke-15 kelompok kontrol memiliki detak jantung yang relatif rendah yakni sebesar 194,33bpm per 1 menit sedangkan pada kelompok eksperimen 100 μ T memiliki selisih dibandingkan kelompok kontrol sebesar 200,667bpm per 1 menit. Peningkatan berat badan atau besar kecilnya

massa tubuh dapat mempengaruhi tinggi rendahnya detak jantung. Semakin besar massa badan atau tubuh makhluk hidup, maka detak jantung yang dihasilkan juga akan semakin besar (Guntur, 2016). Hal ini diperkuat dengan adanya hasil penelitian mengenai berat badan pada hari ke-15, kelompok control memiliki massa tubuh yang rendah dibandingkan dengan massa tubuh kelompok eksperimen. Kelompok kontrol ke-15 hari menunjukkan angka 34,652 gr sedangkan pada kelompok eksperimen 100 μ T memiliki rata-rata massa tubuh sebesar 34,76 gr. Dilihat pada hari ke-30 hasil yang sama masih terlihat pada detak jantung dan juga massa tubuh. Keduanya masih unggul pada kelompok eksperimen 100 μ T dibandingkan kelompok kontrol. Kelompok kontrol memiliki massa tubuh sebesar 34,778 gr sedangkan kelompok eksperimen menghasilkan massa tubuh sebesar 37,278 gr. Diikuti dengan detak jantung yang masih unggul kelompok eksperimen yakni sebesar 304,167 bpm sedangkan kelompok control menghasilkan detak jantung sebesar 255,833 bpm.

Pemberian medan magnet ELF dapat mempengaruhi jantung yang telah diinfeksi infark miokard dengan meningkatkan fungsi jantung yang dibuktikan dengan adanya nilai EF dan FS yang lebih tinggi (Hao et al., 2014). Namun pada penelitian Hao menggunakan 4 hari pemaparan sehingga pada perbedaan detak jantung serta massa tubuh kurang signifikan meskipun ada perbedaan. Pada jantung, memiliki 5 tahap diantaranya adalah Fase resting potensial (0) yang ditandai dengan adanya Na^+ masuk mendadak ke dalam sel, dilanjutkan dengan tertutupnya kanal natrium dan keluarnya K^+ yang disebut dengan Fase (1) atau repolarisasi singkat. Fase (2) atau lanjutan dari adanya aksi potensial ditunjukkan dengan adanya Ca^+ melalui kanal kalsium ke dalam sel, pada fase 2 ini menyebabkan adanya perubahan detak jantung yang dilanjutkan pada fase (3) yang mengakibatkan jantung berfungsi secara

maksimal dan kerja otot jantung menjadi berubah. Lalu ditutup dengan fase 4 yang mana ion-ion kembali ke tahap awal dan dimulai kembali dengan fase (0) dan seterusnya (Qi et al., 2015)

Berdasarkan uraian diatas, dapat diketahui bahwa baik massa tubuh maupun detak jantung memiliki selisih antara kelompok control dengan kelompok eksperimen 100 μ T. Kelompok eksperimen mengalami kenaikan massa tubuh dan diikuti dengan kenaikan detak jantung dalam waktu 15 hari. Sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* mampu meningkatkan kerja otot jantung dalam hewan percobaan mencit Balb-C. Hal ini sesuai dengan teori dalam buku Kardiovaskular (Guntur, 2016) yang menunjukkan apabila jantung diberikan perlakuan yang menyebabkan perbedaan potensial secara bertahap maka akan mempengaruhi kerja otot jantung dan menyebabkan adanya kenaikan pada detak jantung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil serta pembahasan yang telah disajikan, disimpulkan bahwa adanya pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* terhadap massa tubuh dan detak jantung mencit Balb-C. Tidak hanya itu, pada massa tubuh mencit Balb-C juga memiliki hubungan detak jantung mencit Balb-C yang sudah diberikan paparan medan magnet *Extremely Low Frequency*. Pada intensitas 100 μ T hari ke-30 memberikan perbedaan yang sangat jelas mengenai nilai bobot tubuh sebesar dan detak jantung antara kelompok control dengan kelompok eksperimen 100 μ T. Hal ini menunjukkan bahwa medan magnet *Extremely Low Frequency* dapat mempengaruhi kerja otot jantung secara bertahap.

DAFTAR PUSTAKA

- Bialy, D., Wawrzynska, M., Bil-Lula, I., Krzywonos-Zawadzka, A., Wozniak, M., Cadete, V. J. J., & Sawicki, G. (2015). Low frequency electromagnetic field conditioning protects against I/R injury and contractile dysfunction in the isolated rat heart. *BioMed Research International*, 2015, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/396593>
- C.Giancoli, D. (2014). *Fisika Edisi Ketujuh Jilid 2* (M. D. Ade (ed.); Edisi 7). Erlangga.
- Furqon, M. F., & J, J. (2017). Bahaya Medan Elektromagnetik di Kehidupan Sehari-hari. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 1(2), 161.
- Guntur. (2016). *Sistem Kardiovaskuler* (S. Carsel (ed.); Pertama). Uwais Inspirasi Indonesia.
- Hao, C. N., Huang, J. J., Shi, Y. Q., Cheng, X. W., Li, H.-Y., Guo, X.-G., Li, R.-L., Lu, W., Zhu, Y.-Z., & Duan, J.-L. (2014). Pulsed electromagnetic field improves cardiac function in response to myocardial infarction. *Am J Transi*, 6(3), 282–290.
- Kabo, P. (2008). *Mengungkap Pengobatan Jantung Koroner Kesaksian Seorang Ahli Jantung dan Ahli Obat* (Malikas (ed.); 1st ed.). Gramedi Pustaka Utama.
- Luthfiyah, S., Wijayanti, A. R., Kuntoadi, G. B., Sulistiawati, F., Arma, N., Mustamu, A. C., Kushayati, N., Rubiyanti, R., Kasegar, H., & Avelina, Y. (2021). *Penyakit Sistem Kardiovaskuler* (Y. D. Pora (ed.); Satu). Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Marrella, A., Iafisco, M., Adamiano, A., Rossi, S., Aiello, M., Barandalla-Sobrados, M., Carullo, P., Miragoli, M., Tampieri, A., Scaglione, S., & Catalucci, D. (2018). A combined low-frequency electromagnetic and fluidic stimulation for a controlled drug release from superparamagnetic calcium phosphate nanoparticles: potential application for cardiovascular diseases. *Journal of The Royal Society Interface*, 15(144), 20180236. <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0236>
- Muttaqin, A. (2009). *Pengantar Asuhan Keperawatan Klien Dengan Gangguan Kardiovaskuler* (E. Nuarchmah (ed.)).

- Salemba Medika.
- Neil, C., Jane, R., & Lawrence, M. (2002). *Biologi Edisi Kelima-Jilid 1* (Amalia (ed.); Edisi Keli). Airlangga.
- 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>
- 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>
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2009). *Principles of anatomy and physiology*. Hoboken.
- WHO. (2007). *Environmental Health Criteria 238, Extremely Low Frequency Fields*. WHO Press.
- Widyanto, R. M., Muslihah, N., Raras, T. Y. M., Rahmawati, I. S., Dini, C. Y. D., & Maulidiana, A. R. (2021). *Gizi Molekuler* (N. A. Larasati (ed.); 1st ed.). UB Press.