

POTENSI PEMANFAATAN RADIASI MEDAN ELEKTROMAGNETIK *EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF)* PADA PROSES GERMINASI
POTENTIAL UTILIZATION OF EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF) ELECTROMAGNETIC FIELD RADIATION IN GERMINATION PROCESS

Berlian Shoofa Kamila¹, Sudarti²

^{1,2}Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Jl. Kalimantan Tegalboto No. 37 Kranjan Timur, Sumbersari. Kecamatan Sumbersari. Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia
berliankamila@gmail.com¹, sudarti_lpm@yahoo.co.id²

ABSTRAK

Medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) adalah medan elektromagnetik yang mempunyai frekuensi yang rendah antara 0 Hz sampai 300 Hz. Pada saat ini medan elektromagnetik ELF banyak digunakan pada berbagai bidang, salah satunya yaitu pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap potensi pemanfaatan medan elektromagnetik extremely low frequency (ELF) terhadap proses perkecambahan biji. Metode penelitian ini menggunakan article review, dengan jumlah 20 artikel hasil penelitian yang relevan mulai dari tahun 2000 sampai 2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perkecambahan biji kurma dipengaruhi oleh paparan medan elektromagnetik rendah 0,5mT, 1mT, dan 2mT mampu mengalami peningkatan. meningkatkan panjang akar kecambah kacang hijau yang signifikan dibandingkan dengan control dipengaruhi oleh paparan medan magnet 0,1 mT. proses geminasi, peningkatan massa basah dan indeks vigor bawang merah dipengaruhi oleh paparan medan magnet dengan intensitas 0,06 mT. Kesimpulan dari artikel ini adalah paparan gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF) dapat meningkatkan proses perkecambahan biji (germinasi).

Kata kunci: *Extremely Low Frequency*, perkecambahan, biji

ABSTRACT

Extremely Low Frequency (ELF) electromagnetic waves are electromagnetic waves that have a very low frequency, which is between 0 to 300 Hz. At this time, Extremely Low Frequency (ELF) electromagnetic waves are widely used to facilitate activities in various fields, one of which is in the agricultural sector. This study aims to reveal the potential use of extremely low frequency (ELF) electromagnetic waves for the seed germination process. This research method uses article reviews, with a total of 20 relevant research articles from 2000 to 2022. The results showed that at low intensity electromagnetic fields 0.5mT, 1mT, and 2mT were able to increase the germination process in date seeds. The intensity of 0.1 mT significantly increased the length of the mung bean sprout roots significantly compared to the control. The intensity of 0.06 mT affected gemination, increased wet mass and vigor index of shallots. The conclusion of this article is that exposure to extremely low frequency (ELF) electromagnetic waves can increase the process of seed germination (germination).

Keywords: Extremely Low Frequency, germination, seeds.

Pendahuluan

Gelombang elektromagnetik terdiri dari medan magnet dan medan listrik dalam perambatannya tidak memerlukan medium perantara. Medan listrik tegak

lurus dengan medan magnet serta arah rambatan medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus (Young, 2012). Medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) adalah medan elektromagnetik

mempunyai frekuensi yang rendah antara 0 Hz-300 Hz (Muharromah et al., 2018).

Pada saat ini medan elektromagnetik ELF banyak digunakan pada berbagai bidang, salah satunya yaitu pertanian. Radiasi medan elektromagnetik terdiri dari 2 jenis, yaitu radiasi ionisasi dan radiasi nonionisasi. Medan magnet ELF memiliki spektrum gelombang elektromagnetik pada frekuensi <300 Hz masuk kategori radiasi nonionisasi. Radiasi nonionisasi ialah radiasi elektromagnetik yang tidak cukup energi untuk ionisasi, seperti radiasi infra merah dan gelombang mikro (Tarigan, 2013).

Perkecambahan (Germinasi) merupakan suatu bentuk proses munculnya benih tanaman (tunas) badan tanaman dengan disertai proses aktivasi pencadangan makanan pada jaringan penyimpanan menuju ke bagian vegetative tanaman. Pada proses perkecambahan bahan makanan cadangan akan diubah agar dapat digunakan tumbuhan dan manusia (Astawan, 2019: 165). Perkecambahan biasanya terjadi pada biji-bijian, seperti kacang hijau, kacang tunggak, kedelai, dan lain sebagainya.

Factor yang memengaruhi proses pertumbuhan tanaman ada 2, yaitu factor yang berasal dari dalam dan factor yang bersal dari luar. Factor dari dalam yaitu factor yang berasal dari dalam tumbuhan itu sendiri, seperti hereditas dan hormone. Sedangkan, factor dari luar merupakan factor yang berasal dari lingkungan luar disekitar tumbuhan, seperti air, cahaya, kelembapan, temperature, dan medan magnet (Neil & Jane: 2008).

Penelitian tentang pengaruh medan elektromagnetik *extremely low frequency* terhadap perkecambahan (germinasi) sudah banyak dilakukan. Hasil penelitian Ardianto et al (2014) menyatakan bahwa peningkatan panjang akar kecambah kacang hijau signifikan dibandingkan control dipengaruhi oleh paparan medan magnet 0,1 mT, dimana medan magnet tersebut mempengaruhi aktivitas enzim α -amilase. Irawan et al (2014) menyatakan

bahwa paparan medan magnet mempengaruhi proses perkecambahan, yaitu mempercepat penyerapan air dan memacu aktivitas enzim metabolisme biji, sehingga pertumbuhan kecambah kacang hijau dapat dipengaruhi oleh paparan medan magnet dan tidak menyertakan zat kimia. Sedangkan penelitian lain, Fauziah (2015) menyatakan bahwa proses perkecambahan biji kurma dipengaruhi oleh paparan medan elektromagnetik rendah 0,5 mT, 1 mT, dan 2 mT mampu mengalami peningkatan.

Adapun beberapa penelitian lain tentang pengaruh medan elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF) yang dilakukan. Hasil penelitian Ariyani et al (2019) menunjukkan pada intensitas medan ELF 1000 μ T selama 60 menit mempengaruhi nilai pH edamame. Ma'rufiyati et al (2014) menyatakan bahwa paparan medan magnet ELF 500 μ T lama 90 menit pada buah tomat mempertahankan kadar vitamin C. Fitria et al (2022) menyatakan bahwa pada intensitas 600 μ T dan 100 μ T mampu menghambat penurunan pH daging ikan lele dan dosis yang paling efektif adalah 1000 μ T selama 90 menit.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi medan elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan instensitas yang berbeda pada biji terhadap proses perkecambahan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah article review, dengan jumlah 20 artikel hasil penelitian dari tahun 2000 sampai 2022. Penelitian dilakukan dengan article review, yaitu mengumpulkan data dan membandingkan data beberapa artikel tentang pengaruh medan elektromagnetik ELF terhadap perkecambahan biji.

Teknik pengumpulan datanya ialah dengan cara mengumpulkan data dari berbagai sumber yang relevan, yaitu skripsi, buku, artikel nasional maupun internasional. Data yang didapat yaitu

intensitas paparan medan elektromagnetik *extremely low frequency* pada setiap biji bervariasi dan memiliki jangka waktu yang berbeda.

Teknik analisis data digunakan menganalisis data yang diperoleh. Data yang diperoleh digunakan sebagai bahan untuk mengkaji dampak paparan gelombang elektromagnetik pada biji terhadap perkecambahan.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi pemanfaatan medan magnet ELF pada proses germinasi. Berdasarkan teori yang ada medan magnet adalah medan atau ruang yang dapat menimbulkan gaya pada benda-benda magnet atau partikel yang bermuatan. Medan magnet merupakan

medan tertutup, artinya garis medan nya selalu merupakan lingkaran tertutup. Medan magnet juga bisa dihasilkan akibat dari adanya pergerakan muatan listrik. Sedangkan Medan Listrik ialah medan yang dikeluarkan oleh suatu muatan listrik. Medan listrik dapat ditimbulkan oleh lebih dari satu muatan listrik. Benda yang memiliki muatan listrik dapat mengeluarkan medan listrik disekitarnya (Alonso dan Finn, 1992). Kemampuan medan magnet yang tidak mudah terhalangi oleh benda banyak dimanfaatkan manusia untuk memudahkan pekerjaannya. Salah satunya dalam bidang pertanian, pemanfaatan medan ELF dalam bidang pertanian yaitu untuk meningkatkan kualitas tanaman dan proses germinasi.

Tabel 1. Hasil Penelitian

Jenis Tanaman	Intensitas	Efek	Referensi
Cabai	62 μ T	Germinasi	Nimmi dan Madhu
Tomat	0,2 mT 7 menit	Germinasi	Winandari
Kurma	0,5mT, 1mT, dan 2mT	Germinasi	Fauziah
Brokoli	3,6mT 5 menit	Germinasi	Fernando Rico Martinez <i>et al</i>
Kacang hijau	0,1 mT	Germinasi	Ardianto <i>et al</i>
Kacang hijau		Germinasi	Irawan <i>et al</i>
Bawang merah	0,06 mT	Germinasi, massa basah dan indeks vigor	Hozayn <i>et al</i>
Kubis	5 – 10 mT	Germinasi dan daya tumbuh	Khurram Zias <i>et al</i>
Kentang	0 - 40 mT	Germinasi dan daya tumbuh	El-Ghizawy <i>et al</i>
Lamtoro (L. Leucocephala)	75mT	Germinasi dan daya tumbuh	M. Ayyoub Tanvir <i>et al</i>
Kacang hijau	0 mT, 5,3 mT, 10,7 mT, 16,1 mT, 21,5 mT	Germinasi	Prasetyo
Biji wijen (<i>Sesamum indicum</i> L.)	0,1 mT, 0,3 mT, 0,5 mT, 10 menit, 20 menit, 30 menit	Germinasi	shobriyyah
Tembakau	300 μ T, 500 μ T, 700	Germinasi	Fuad

	μ T, 45 menit, 60 menit		
Bibit <i>Vicia faba</i> L.	5 μ T, 50 μ T, 100 μ T	Germinasi	Rajendra <i>et al</i>
Kacang hijau	10 Hz, 20 HZ, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 60 Hz	Germinasi	Huang dan Wang
kacang hijau (<i>Vigna radiata</i> L.) dan konvolvulus air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.)	425 MHz, 1 mW, 100 mW, dan 10 W, 1 jam, 2 jam, 4 jam	Germinasi	Jinapang <i>et al</i>
Kacang dan gandum Buncis	4 mT, 7 mT 0, 15, 30, 45 menit	Germinasi, kandungan klorofil, luas daun, laju fotosintesis, laju transpirasi, konduktansi stomata dan berat kering.	Cakmak <i>et al</i> Kansenos <i>et al</i>
<i>Brassica napus</i> L. dan <i>Zea mays</i> L.	1 mT, 2mT, 7 mT, 10 mT	Germinasi	Shabrangi dan Majd
Ganja	50 mT, 70 mT, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit, 210 menit, 240 menit	Germinasi	Urszula <i>et al</i>

Berdasarkan tabel 1 hasil penelitian yaitu hasil penelitian Nimmi dan Madhu (2009) menunjukkan pada benih cabai pada paparan medan magnet 62 μ T pada waktu paparan 4, 8, 12, dan 24 jam dapat meningkatkan perkecambahan benih cabai, perbandingan pada awal perkembangan dan pertumbuhan benih dengan kelas control mengalami peningkatan yang signifikan pada perkecambahan biji cabai. Winandari (2011) menunjukkan laju pertumbuhan tomat, luas daun dan kandungan klorofil pada daun dipengaruhi oleh paparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik. Selain itu, berdasarkan penelitian Fauziah (2015) menyatakan bahwa proses perkecambahan biji kurma dipengaruhi oleh paparan medan elektromagnetik rendah 0,5 mT, 1 mT, dan 2 mT mampu

mengalami peningkatan. Proses geminasi benih brokoli dipengaruhi oleh paparan medan magnet dengan intensitas 3,6mT selama 5 menit (Fernando *et al.* 2014). Ardianto *et al* (2014) menyatakan bahwa meningkatkan panjang akar kecambah kacang hijau yang signifikan dibandingkan dengan control dipengaruhi oleh paparan medan magnet 0,1 mT, dimana medan magnet tersebut mempengaruhi aktivitas enzim α -amilase. Irawan *et al* (2014) menyatakan bahwa paparan medan magnet mempengaruhi proses perkecambahan, yaitu mempercepat penyerapan air dan memacu aktivitas enzim metabolisme biji, sehingga pertumbuhan kecambah kacang hijau dapat dipengaruhi oleh paparan medan magnet dan tidak menyertakan zat kimia.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hozayn *et al* (2015) membuktikan bahwa proses geminasi, peningkatan massa basah dan indeks vigor bawang merah dipengaruhi oleh paparan medan magnet dengan intensitas 0,06 mT. Khurram Zias *et al* (2015) menyatakan bahwa benih kubis yang diberi paparan rendah (5 mT) dan sedang (10 mT) kekuatan medan magnet dapat membantu untuk meningkatkan persentase perkecambahan, keseragaman perkecambahan, kekuatan bibit dan dengan demikian seragam tanaman berdiri. M. Ayyoub *et al* (2012) menyatakan bahwa paparan medan magnet 50 Hz dengan intensitas medan magnet 75 mT dapat meningkatkan germinasi dan daya tumbuh pada biji Lamtoro (*L. Leucacephala*). Sedangkan pada penelitian yang lain paparan medan magnet dengan intensitas medan magnet 40 mT dapat meningkatkan germinasi dan daya tumbuh pada kentang secara optimum (El-Ghizawy *et al.* 2016).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo (2020) menyatakan kecambah kacang hijau yang diberi perlakuan menggunakan medan magnet mengalami peningkatan diameter batang kecambah kacang hijau yang signifikan dibandingkan kontrol. Diameter kecambah kacang hijau dengan kuat medan magnet sebesar medan magnet 21,5 mT mengalami peningkatan yang signifikan. Rajendra *et al* (2009) menyatakan bahwa pengaruh paparan terus menerus dan tertunda dari medan elektromagnetik frekuensi daya pada 5, 50 dan 100 μ T pada perkecambahan bibit *Vicia faba L* tidak ada perubahan signifikan dalam parameter fisik dan konstituen biokimia utama antara kelompok kontrol dan eksperimen. Selain itu, perbandingan antara benih kelompok kontrol dan eksperimen menunjukkan bahwa aktivitas α -amilase menurun secara nyata pada 5, 50 dan 100 T pada hari ke-2 dan ke-4 pertumbuhan. Sehingga, paparan medan elektromagnetik frekuensi daya hingga 100 T pada bibit yang berkecambah tidak menyebabkan

kerusakan permanen. penelitian menunjukkan bahwa medan magnet yang diinduksi oleh tegangan SPWM 20 atau 60 Hz berpengaruh terhadap pertumbuhan awal kacang hijau, tetapi medan magnet yang diinduksi oleh tegangan SPWM frekuensi lain (30, 40, dan 50 Hz) memiliki pengaruh yang lebih besar. efek penghambatan, terutama pada 50 Hz (Huang & Wang, 2008). Jinapang *et al* (2010) menyatakan bahwa Pengaruh frekuensi tinggi, gelombang kontinu (CW) medan elektromagnetik pada kacang hijau (*Vigna radiata L.*) dan konvolvulus air (*Ipomoea aquatica Forssk.*), ketika kedua jenis benih diekspos pada fase perkecambahan awal dengan tingkat daya-durasi optimum masing-masing untuk pertumbuhan benih yang optimal, konvolvulus air menunjukkan peningkatan pertumbuhan sementara kecambah kacang hijau tidak menunjukkan efek. Analisis kadar air benih menunjukkan efek termal hanya pada kekuatan medan yang lebih tinggi.

Hasil penelitian oleh pengeruh medan magnet 4 mT, dan 7 mT terhadap perkecambahan biji kacang dan gandum Adela dapat teramati bahwa efek MF statis pada perkecambahan dan pertumbuhan meningkat secara positif dengan meningkatnya tekanan osmotik atau stres garam dibandingkan dengan kontrol masing-masing. Di sisi lain, aplikasi MF menyebabkan peningkatan akumulasi biomassa kering akar dan pucuk kedua bibit; namun, efek ini ditemukan penting secara statistik dalam semua kondisi untuk gandum tetapi tidak untuk kacang, secara umum. Kansenos *et al* (2020) menyatakan bahwa perlakuan pada benih buncis dengan medan elektromagnetik berdenyut meningkatkan persentase perkecambahan, kandungan klorofil, luas daun, laju fotosintesis, laju transpirasi, konduktansi stomata dan berat kering. Secara umum pemaparan benih selama 15 menit memberikan nilai tertinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol untuk ketiga varietas yang digunakan. Bibit yang

ditanam dari biji kering *Brassica napus* menunjukkan peningkatan pertumbuhan perkembangan yang paling signifikan pada 10 mT dan bibit yang tumbuh dari biji perlakuan basah menunjukkan penurunan pertumbuhan perkembangan perkecambahan yang paling signifikan pada 10 mT dibandingkan dengan kontrol ($p < 0,05$). Efek stimulasi keseluruhan EMF di *Zea mays* sehubungan dengan karakteristik pertumbuhan perkembangan dan peningkatan perkecambahan paling signifikan yang diamati pada 10 mT ($p < 0,05$). Semua data eksperimen menunjukkan Monocotyledons lebih tahan daripada Dicotyledons terhadap EMFs sebagai tekanan abiotik (Shabrangi dan Majd, 2009). Urszula *et al* (2018) menyatakan bahwa tidak adanya pengaruh variabel medan elektromagnetik terhadap energi perkecambahan dan kapasitas biji ganja. Namun, faktor ini mengungkapkan pengaruhnya dalam hal jumlah bibit yang dikembangkan dengan benar. Benih yang terpapar medan elektromagnetik dengan induksi 70 mT, terlepas dari waktu pemaparan, menghasilkan jumlah bibit yang dikembangkan dengan benar secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan sampel nol. Keteraturan serupa juga ditemukan dengan nilai induksi lapangan yang lebih rendah (50 mT), namun dalam hal ini waktu pemaparan juga penting.

Kesimpulan

Pengaruh gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF) terhadap germinasi sebelumnya telah dilakukan banyak penelitian. Paparan medan magnet yang digunakan memiliki intensitas yang bervariasi. Variasi paparan medan magnet yang digunakan dari intensitas paling kecil hingga intensitas yang paling besar. Hal tersebut menyebabkan adanya dampak yang bervariasi pada setiap energi intensitas yang diberikan. Dampak dari paparan gelombang elektromagnetik *extremely low frequency* (ELF) dapat

meningkatkan proses perkecambahan biji (germinasi).

Daftar Pustaka

- Astwan, M. (2009). Sehat Dengan Hidangan Kacang Dan Biji-bijian. (n.d.). (n.p.): Niaga Swadaya..
- Ardiyanto, T., Agustina, R., & Marpaung, R. R. T. (2014). PERTUMBUHAN AKAR KECAMBAH KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.) DI BAWAH PENGARUH MEDAN MAGNET. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 2(9).
- Ariyani, E., Sudarti, S., & Prastowo, S. H. B. (2019). PENGARUH PAPARAN EXTREMELY LOW FREQUENCY MAGNETIC FIELD TERHADAP pH EDAMAME. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 8(3), 132-136.
- Cakmak, T., Dumlupinar, R., & Erdal, S. (2010). Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 31(2), 120-129.
- Dumayanti, E., Agustina, R., Setiawan, W. A., Ernawati, E., Yulianti, Y., & Chrisnawati, L. (2021). RESISTANCE OF RED CURLY CHILI (*Capsicum annuum* L.) SPROUTS TO FUSARIUM OXYSPORUM INFECTION FROM SEEDS INDUCED BY 0.2 mT. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, 8(1), 14-22.
- El-Gizawy, A. M., Ragab, M. E., Helal, N. A., El-Satar, A., & Osman, I. H. (2016). Effect of magnetic field treatments on germination of true potato seeds, seedlings growth and potato tubers characteristics. *Middle East J Agric Res*, 5(1), 74-81.

- Martínez, F. R., Pacheco, A. D., Aguilar, C. H., Pardo, G. P., & Ortiz, E. M. (2014). Effects of magnetic field irradiation on broccoli seed with accelerated aging. *Acta Agrophysica*, 21(1).
- Fitria, A., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2022). PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF INTENSITAS 600 μ T DAN 1000 μ T TERHADAP PERUBAHAN NILAI pH PADA DAGING IKAN LELE (Clarias SP.). *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(1), 139-142.
- Fuad, F. (2018). *Analisis Dampak Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) Pada Biji Tembakau Terhadap Pertumbuhan Benih Tembakau*, Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Fuad, F., Sudarti, S., & Harijanto, A. (2018). ANALISIS DAMPAK PAPARAN MEDAN MAGNET Extremely Low Frequency (ELF) TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN. *FKIP e-PROCEEDING*, 3(1), 46-51.
- Hozayn, M., EL-Mahdy, A. A., & Abdel-Rahman, H. M. H. (2015). Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 10(8), 849-857.
- Huang, H. H., & Wang, S. R. (2008). The effects of inverter magnetic fields on early seed germination of mung beans. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 29(8), 649-657.
- Irawan, A. K., Agustrina, R., & Marpaung, R. R. T. (2014). Pengaruh Medan Magnet 0, 1 mT Terhadap Perkecambahan Biji Kacang Hijau (*Phaseolus Radiatus* L.). *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 2(9).
- Jinapang, P., Prakob, P., Wongwattananard, P., Islam, N. E., & Kirawanich, P. (2010). Growth characteristics of mung beans and water convolvuluses exposed to 425-MHz electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 31(7), 519-527.
- Katsenios, N., Sparangis, P., Kakabouki, I., & Efthimiadou, A. (2020). Influence of pulsed electromagnetic field as a pre-sowing treatment on germination, plant growth and yield of broad beans. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1398-1412.
- Koneva, M. S., Rudenko, O. V., Usatkov, S. V., Bugaets, N. A., & Tereshchenko, I. V. (2018, May). Implicitly defined criteria for vector optimization in technological process of hydroponic germination of wheat grain. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1015, No. 3, p. 032019). IOP Publishing.
- Ma'rufiyanti, P., Sudarti, S., & Gani, A. A. (2021). PENGARUH PAPARAN MEDAN MAGNET ELF (Extremely Low Frequency) 300 μ T DAN 500 μ T TERHADAP PERUBAHAN KADAR VITAMIN C DAN DERAJAT KEASAMAN (pH) PADA BUAH TOMAT. *JURNAL PEMBELAJARAN FISIKA*, 3(3), 277-284.
- Neil A. Campbell & Jane, B. (2008). *Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Nimmi, V., & Modhu, G. (2009). Effect of pre-sowing treatment with permanent magnetic field on germination and growth of chilli [*Capsicum annum* L.]. *International Agrophysics*, 23(2), 195-198.
- Prasetyo, A. V. (2020). Pengaruh medan magnet terhadap diameter perkecambahan kacang hijau. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 5(1), 66-70.

- Rajendra, P., Sujatha Nayak, H., Sashidhar, R. B., Subramanyam, C., Devendranath, D., Gunasekaran, B., & Bhaskaran, A. (2005). Effects of power frequency electromagnetic fields on growth of germinating *Vicia faba* L., the broad bean. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 24(1), 39-54.
- Shabrangi, A., & Majd, A. (2009, August). Comparing effects of electromagnetic fields (60 Hz) on seed germination and seedling development in monocotyledons and dicotyledons. In *Progress in Electromagnetic Research Symposium Abstracts, Moscow* (Vol. 209).
- Shobriyyah, P. A. A. (2019). *Pengaruh paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap perkecambahan benih wijen (Sesamum Indicum L)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Sudarti, S., Bektiarso, S., Prastowo, S. H. B., Fuad, F., & Trisnawati, I. J. (2018). Radiation potential of extremely low frequency (elf) magnetic field to increase tobacco production.
- Tanvir, M. A., HAQ, Z. U., Hannan, A., Nawaz, M. F., Siddiqui, M. T., & Shah, A. (2012). Exploring the growth potential of *Albizia procera* and *Leucaena leucocephala* as influenced by magnetic fields. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(6), 757-763.
- Urszula, S., Andrzej, Ż., & Sylwester, T. (2018, September). Influence of variable electromagnetic field on the energy and germination capacity of *Cannabis sativa* L. subsp. *culta* Serebr. In *2018 Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine (PTZE)* (pp. 252-255). IEEE.
- Ziaf, K., Amjad, M., Batool, A., & Saleem, S. (2015). Magnetic Field Can Improve Germination Potential and Early Seedling Vigor of Cabbage Seeds. *Annual Research & Review in Biology*, 390-400.