

POTENSI RADIASI MEDAN MAGNET ELF UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN

Mutiara Anisa¹, Sudarti²

mutiaraanisa2004@gmail.com¹, sudarti.fkip@unej.ac.id²

UNIVERSITAS JEMBER

Abstrak

Radiasi adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang dengan batas penerimaan radiasi untuk manusia sebesar 1 mSv/tahun di luar radiasi latar. Radiasi dapat melewati atau berinteraksi dengan tubuh, memunculkan efek deterministik jika dosisnya melebihi ambang batas. Di Indonesia, tanaman hias seperti Sansevieria mampu menyerap radiasi dan polutan, mengurangi dampak radiasi elektronik rumah tangga. Gelombang elektromagnetik ELF yang dihasilkan oleh arus listrik memiliki keunggulan seperti tidak bersifat ionisasi dan mampu menembus berbagai materi, berbeda dengan medan listrik. Penelitian menunjukkan bahwa medan magnet ELF dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan merangsang sintesis DNA dan RNA serta aktivitas seluler. Paparan ELF berpotensi memperbaiki kualitas hidup tanaman tanpa bahan kimia, meningkatkan fotosintesis, biomassa, dan ketahanan pangan. Kajian literatur dari 25 artikel menunjukkan efek signifikan medan magnet ELF pada pertumbuhan tanaman dan produk pangan, tergantung jenis tanaman, intensitas, dan durasi paparan, sehingga penelitian lebih lanjut diperlukan untuk optimalisasi dalam bidang pertanian.

Kata Kunci: radiasi medan magnet, medan magnet extremely low frequency (ELF), pertumbuhan tanaman.

Abstract

Radiation is energy emitted in the form of particles or waves with a radiation acceptance limit for humans of 1 mSv/year beyond background radiation. Radiation can pass through or interact with the body, eliciting deterministic effects if the dose exceeds the threshold. In Indonesia, ornamental plants such as Sansevieria are able to absorb radiation and pollutants, reducing the impact of household electronic radiation. ELF electromagnetic waves generated by electric current have advantages such as non-ionization and the ability to penetrate various materials, in contrast to electric fields. Research shows that ELF magnetic fields can promote plant growth by stimulating DNA and RNA synthesis and cellular activity. ELF exposure has the potential to improve the quality of plant life without chemicals, increase photosynthesis, biomass and food security. A literature review of 25 articles showed significant effects of ELF magnetic fields on plant growth and food products, depending on the type of plant, intensity and duration of exposure, so further research is needed for optimization in agriculture.

Keywords: magnetic field radiation, extremely low frequency (ELF) magnetic field, plant growth.

1. PENDAHULUAN

Radiasi adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang, dan manusia memiliki batas penerimaan radiasi yang terbatas, yaitu tidak boleh melebihi 1 mSv/tahun di luar radiasi latar. Ketika radiasi mengenai tubuh manusia, bisa melewati atau berinteraksi dengan tubuh. Efek radiasi yang langsung terlihat disebut efek deterministik, yang muncul jika dosis radiasi melebihi ambang batas tertentu. Di Indonesia, jumlah pasien tumor otak meningkat hingga 25.000 orang. Tanaman hias seperti Sansevieria dapat menyerap radiasi dan polutan, serta membantu mengurangi dampak radiasi dari peralatan elektronik di rumah (Fauzan et al., 2021).

Menurut Sudarti, gelombang elektromagnetik pada rentang ELF dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui kabel. Medan magnet ELF memiliki beberapa keunggulan, termasuk tidak bersifat radiasi ionisasi, memiliki energi rendah, dan mampu menembus berbagai materi, sedangkan medan listrik tidak memiliki kemampuan menembus materi. Paparan medan magnet ELF telah menjadi fokus penelitian terhadap

pertumbuhan tanaman. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF dapat meningkatkan tinggi, berat, dan perkembangan akar tanaman karena efek stimulasi pada metabolisme tanaman. Namun, masih banyak aspek yang perlu diteliti lebih lanjut mengenai pengaruh paparan ELF pada tanaman. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk lebih mendalam membahas dampak paparan radiasi Frekuensi Sangat Rendah (ELF) pada pertumbuhan beberapa tanaman (Sa'diyah et al.,2024).

Medan elektromagnetik dihasilkan oleh partikel bermuatan listrik. Gelombang elektromagnetik muncul karena interaksi antara medan magnet dan medan listrik. Hukum Faraday menjelaskan bahwa medan magnet yang berubah seiring waktu dapat menciptakan medan listrik di sekitarnya. Kerapatan fluks diukur dengan amperemeter. Penerapan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) pada benih yang tidak aktif meningkatkan laju pertumbuhan bibit berbagai tanaman. Medan magnet ini dapat merangsang sintesis DNA dan RNA, proliferasi seluler, dan mengaktifkan respon stres seluler, yang melindungi proses induksi ekspresi gen terhadap stres. Pemberian medan magnet ELF yang tepat dapat mengoptimalkan kesuburan dan pertumbuhan tanaman. Berdasarkan beberapa penelitian, medan magnet ELF terbukti meningkatkan kandungan nutrisi serta kualitas hidup tanaman, sehingga digunakan sebagai alat pertanian untuk meningkatkan kesuburan tanaman tanpa bahan kimia (Yulianto et al.,2022).

Medan elektromagnetik, yang terdiri dari gabungan medan magnet dan medan listrik, memiliki spektrum frekuensi yang sangat luas, mulai dari frekuensi rendah hingga tinggi. Medan magnet pada rentang Extremely Low Frequency (ELF), yang mencakup frekuensi sangat rendah sekitar 0 Hz hingga 300 Hz, memiliki energi minimal yang tidak menghasilkan perubahan suhu signifikan saat berinteraksi dengan sistem biologis. Medan magnet ELF dapat menembus jaringan biologis dengan mudah dan berinteraksi dengan muatan yang bergerak di dalamnya, seperti ion dan protein. Meskipun demikian, efeknya tidak secara langsung kritis, namun dapat merangsang pertumbuhan sel dalam kondisi paparan tertentu, serta mempengaruhi aktivitas, metabolisme, dan morfologi sel. Seiring waktu, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi dampak paparan medan magnet ELF pada sistem biologis (Sudarti et al.,2023).

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan merupakan penelitian deskriptif kualitatif yang berfokus pada literatur review. Data terkumpul dari 25 artikel yang rentan sumber artikelnya tahun 2019 hingga 2024. Artikel tersebut besar kaitannya dengan artikel nasional dan artikel internasional. Pencarian yang didapatkan dari sumber literatur yaitu Goggle Scholar. Data yang ditemukan disajikan dalam bentuk table, uraian, dan penjelasan. Basis kata kunci atau istilah yang menjadi acuan yaitu Radiasi elektromagnetik, Extremely Low Frequency (ELF), Medan magnet, dan Pertumbuhan Tanaman. Dari 25 artikel yang telah dikumpulkan pembahasan yang diangkat besar kaitannya dengan pengaruh radiasi elektromagnetik dengan suatu pertumbuhan pada berbagai tanaman.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dari kajian literatur melalui Google Scholar menghasilkan 25 artikel yang relevan dengan topik pengaruh radiasi medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap pertumbuhan tanaman. Artikel dan jurnal yang digunakan terdiri dari berbagai publikasi internasional dan nasional. Studi ini mencakup berbagai aspek seperti karakteristik medan magnet ELF, intensitas paparan, serta dampaknya

terhadap proses fisiologis tanaman.

Dari kajian literatur yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa paparan medan magnet ELF memiliki potensi untuk mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa medan magnet ELF dapat meningkatkan laju fotosintesis dan pertumbuhan biomassa pada tanaman tertentu. Misalnya, penelitian oleh Smith et al. (2021) menemukan bahwa tanaman tomat yang dipaparkan medan magnet ELF dengan intensitas 100 μT menunjukkan peningkatan signifikan dalam pertumbuhan tinggi dan produksi daun. Namun, hasil ini bervariasi tergantung pada jenis tanaman, intensitas medan, dan durasi paparan.

Dari kajian literatur yang dilakukan, ditemukan sebanyak 9 jurnal penelitian yang signifikan mengenai pengaruh paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) pada berbagai aspek. Khumairoh et al. (2023) menemukan bahwa medan magnet ELF dengan intensitas 400 μT dapat mempengaruhi ketahanan pangan tape ketan, dengan variasi hasil berdasarkan proses fermentasi dan kualitas bahan. Yulianto et al. (2023) mengamati bahwa medan magnet ELF pada intensitas 300 μT dapat mempercepat pertumbuhan berbagai jenis tanaman seperti cabai, jamur, dan kacang hijau, dengan hasil yang bervariasi tergantung pada durasi paparan. Munawaroh dan Sudarti (2023) menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF antara 0-700 μT dapat memperpanjang umur simpan makanan dengan memengaruhi nilai pH produk tanpa merusak kualitasnya. Nur et al. (2023) mencatat perubahan signifikan dalam pH tomat apel yang dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 600 μT dan 1000 μT , menunjukkan efek pada aktivitas bakteri patogen. Laksmiari dan Sudarti (2023) menemukan bahwa paparan medan magnet ELF 300 μT dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai besar dengan mempercepat aktivitas enzim dan penyerapan nutrisi. Purbawati dan Sudarti (2023) melaporkan perbedaan signifikan dalam pH biji kopi yang difermentasi setelah dipapar medan magnet ELF dengan intensitas 200 μT , yang memengaruhi pergerakan ion dan pertumbuhan bakteri. Nuriyah et al. (2023) menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF 600 μT dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada cabai merah kecil, meningkatkan kualitas dan daya tahannya. Agustina et al. (2023) menemukan bahwa paparan medan magnet ELF 300 μT meningkatkan kualitas fisik tempe dalam hal aroma, warna, tekstur, dan rasa. Ramadhani et al. (2023) mencatat bahwa paparan medan magnet ELF pada intensitas 300-600 μT berpengaruh pada pertumbuhan vegetatif tanaman seperti tomat, sawi, dan jamur, dengan hasil yang tergantung pada jenis tanaman dan durasi paparan. Temuan ini menegaskan bahwa medan magnet ELF memiliki berbagai efek pada tanaman dan produk pangan, dengan potensi untuk meningkatkan ketahanan pangan dan kualitas produk melalui mekanisme yang masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Kajian Literatur		
Penulis	Intensitas	Hasil
Khumairoh,A.N., D.Agustin., S.A.Azizah, M.I Maulana.,& F.K.A.Anggraeni.	400 μT	Proses transfer energi melalui medan listrik dan magnet yang terhubung menghasilkan gelombang elektromagnetik. Gelombang ini, seperti sinar tampak, ultraviolet, radio, microwave, inframerah, dan gamma, memiliki berbagai frekuensi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan variabel independen berupa jenis makanan, seperti tape ketan. Variabel kontrol adalah paparan medan

		<p>magnet ELF, sementara variabel terikat melibatkan sifat-sifat bahan pangan setelah paparan. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh medan magnet ELF terhadap ketahanan pangan tape ketan, dengan kelompok kontrol menunjukkan kualitas yang baik dan kelompok eksperimen menunjukkan variasi dalam rasa. Faktor seperti proses fermentasi dan kualitas bahan mempengaruhi hasilnya.</p>
<p>Yulianto,R.A.,Sudarti.,& Yushardi</p>	<p>300 μT</p>	<p>Penelitian ini melibatkan berbagai jenis tanaman seperti cabai merah, jamur kuping, jamur tiram, kacang hijau, kacang kedelai, padi, sawi, tomat, dan wijen, yang dipaparkan pada medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) untuk mengevaluasi potensi percepatan pertumbuhan. Hasilnya menunjukkan bahwa medan magnet ELF mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan beragam hasil, seperti meningkatnya massa basah dan kering pada cabai, tinggi kecambah dan kualitas jamur, serta perkecambahan dan pertumbuhan yang lebih cepat pada kacang hijau, edamame, padi, sawi, tomat, dan wijen. Intensitas dan durasi paparan medan magnet berpengaruh pada hasil, dengan beberapa tanaman menunjukkan respons optimal pada intensitas medan magnet tertentu. Medan magnet juga dalam memengaruhi proses perkecambahan biji tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan medan magnet dapat meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan tanaman seperti cabai, tomat, kurma, brokoli, kacang hijau, dan lainnya. Paparan medan magnet dengan intensitas dan durasi tertentu memiliki efek yang signifikan, meskipun pengaruhnya dapat bervariasi tergantung pada jenis tanaman. Studi juga menyoroti bahwa paparan medan magnet berdenyut dapat meningkatkan persentase perkecambahan, kandungan klorofil, dan pertumbuhan tanaman. Meskipun demikian, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk memahami secara mendalam parameter-parameter yang mempengaruhi hasilnya.</p>

Munawaroh,W.,& Sudarti.	0-700 μ T	Ketahanan pangan adalah keadaan di mana kebutuhan pangan suatu rumah tangga terpenuhi dengan cukup, baik dari segi jumlah maupun mutu, aman, merata, dan terjangkau. Meskipun sudah banyak upaya untuk meningkatkan ketahanan pangan, masih ada kendala dalam meningkatkan produksi pangan untuk mengatasi permintaan yang terus meningkat. Pengawetan pangan dengan memanfaatkan paparan gelombang elektromagnetik ELF telah terbukti efektif dalam memperpanjang umur simpan makanan dengan memengaruhi nilai pH produk. Gelombang elektromagnetik ELF dapat memancar tanpa medium rambat dan memengaruhi aktivitas dalam sel tanpa merusak produk, dengan intensitas berkisar antara 0 hingga 700 μ T tergantung pada jenis produk. Ini menjadi solusi potensial untuk meningkatkan ketahanan pangan produk makanan.
Nur,S.U.K.,Sudarti.,&Subiki	600 μ T, 1000 μ T	Pengukuran pH dilakukan pada tomat apel sebanyak tiga kali pengukuran selama 20 hari. Hasil pengukuran menunjukkan perubahan pH dari kelompok kontrol dan eksperimen dengan paparan medan magnet ELF intensitas 600 μ T dan 1000 μ T selama 30, 60, dan 90 menit. Analisis data menggunakan Microsoft Excel dan uji Kruskal Wallis menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen. Perubahan pH terjadi karena paparan medan magnet ELF memengaruhi aktivitas bakteri pada tomat, dengan karakteristik medan magnet yang tidak mempengaruhi materi biologis pada buah tetapi berinteraksi dengan bakteri patogen, mengakibatkan perubahan metabolisme mikroorganisme.
Laksmiari,K.,& Sudarti	300 μ T	Penelitian menunjukkan bahwa paparan medan magnet ELF dengan intensitas 300 μ T selama 30, 45, 60, dan 90 menit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai besar dibandingkan dengan kontrol. Massa basah dan kering tanaman dari biji yang terpapar medan magnet lebih tinggi secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan aktivitas enzim α -amilase yang mempercepat proses

		perkecambahan dan penyerapan nutrisi, serta perubahan pada berkas pengangkut yang memungkinkan lebih banyaknya air dan nutrisi diserap oleh tanaman. Studi sebelumnya juga mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa paparan medan magnet dapat meningkatkan massa tanaman pada berbagai jenis tanaman.
Purbawati,M.,& Sudarti	200 μ T	Pengukuran pH pada fermentasi biji kopi lanang robusta dilakukan menggunakan pH meter selama 5 hari setelah pemaparan. Hasil menunjukkan perbedaan pH antara kelompok kontrol dan eksperimen. Diagram batang menunjukkan penurunan pH pada hari ke-1 dan ke-2, terutama pada kelompok eksperimen dengan intensitas dan waktu paparan tertentu. Namun, pH kemudian meningkat pada hari ke-3 hingga ke-5. Perbedaan ini signifikan dan berbeda dengan penelitian sebelumnya. Analisis statistik menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen dalam nilai pH. Paparan medan magnet ELF diyakini memengaruhi pergerakan ion dan pertumbuhan bakteri, yang berpengaruh pada perubahan pH dalam fermentasi biji kopi.
<i>S Nuriyah, S Sudarti, S Bektiarso.</i>	600 μ T	Pengukuran pH pada cabai merah kecil dilakukan sebelum dan setelah paparan medan magnet ELF selama beberapa hari. Hasil pengukuran menunjukkan perbedaan nilai rata-rata pH antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol cenderung memiliki pH yang lebih tinggi daripada kelompok eksperimen. Selama periode pengukuran, pH cabai merah kecil cenderung meningkat, tetapi dengan perbedaan yang lebih stabil pada kelompok eksperimen. Hasil analisis statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen. Paparan medan magnet ELF tampaknya mempengaruhi nilai pH cabai merah kecil dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembentuk asam. Hal ini dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas dan daya tahan cabai merah kecil terhadap

		pembusukan.
MAD Agustina, ERW Tias, N Nissa'ul, Yushardi, FKA Anggraeni, IL Meilina.	300 μ T	Penelitian ini meneliti pengaruh paparan medan magnet ELF terhadap pematangan tempe. Dua puluh sampel tempe dibagi menjadi kelompok kontrol dan eksperimen, dengan pengamatan aroma, warna, tekstur, dan rasa. Paparan medan magnet ELF dilakukan selama 60 menit dengan intensitas 300 uT, diikuti oleh pengamatan setelah 48 jam. Hasil menunjukkan perbedaan nilai pH, massa jenis, warna, luas Rhizopus, tekstur, dan aroma antara kelompok kontrol dan eksperimen. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan pengaruh positif paparan medan magnet ELF terhadap kualitas fisik pangan.
PI Ramadhani, Sudarti, T Prihandono.	300 μ T-600 μ T	Penelitian ini menggunakan berbagai jenis tanaman seperti tomat ranti, sawi, edamame, jamur tiram, jamur kuping, dan kacang hijau. Pemilihan tanaman dilakukan secara acak dan bervariasi untuk mengetahui pengaruh paparan medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap pertumbuhan vegetatif. Hasilnya menunjukkan bahwa tanaman edamame memiliki waktu paparan medan magnet yang paling lama dibandingkan dengan tanaman lainnya. Tomat ranti memiliki kandungan gizi yang banyak, dan paparan medan magnet dapat meningkatkan vigor benih dan pertumbuhan vegetatifnya. Paparan medan magnet juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman sawi dan kedelai, dengan intensitas dan durasi paparan yang berbeda-beda untuk setiap jenis tanaman. Untuk jamur tiram dan jamur kuping, paparan medan magnet juga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksinya, dengan intensitas dan durasi paparan yang berbeda-beda pula.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan terhadap 25 artikel yang terdiri dari artikel internasional dan artikel nasional, penelitian ini menunjukkan bahwa medan magnet Extremely Low Frequency (ELF) memiliki potensi besar untuk mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara positif, meningkatkan proses fisiologis seperti fotosintesis, pertumbuhan biomassa, dan aktivitas enzim, serta mempengaruhi kualitas produk pangan.

Beberapa studi menyatakan bahwa paparan medan magnet ELF dapat meningkatkan tinggi, berat, dan perkembangan akar tanaman, serta mempercepat perkecambahan biji, meningkatkan ketahanan tanaman, dan memperpanjang umur simpan makanan. Namun, hasil penelitian ini bervariasi tergantung pada jenis tanaman, intensitas medan, dan durasi paparan, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme yang mendasari efek tersebut dan untuk mengoptimalkan penggunaannya dalam bidang pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anitasari, E., Prihastanti, E., & Arianto, F. (2020). Pengaruh radiasi plasma dan pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan bawang merah varietas bima brebes. *Jurnal Biologi Lingkungan, Industri dan Kesehatan*, 6(2), 114-125.
- Apriani, E., Suparno, Munawaroh, A., & Rahmatullah. (2021). Proses pembuatan krim keju kacang tanah dengan memanfaatkan medan magnet extremely low frequency (ELF). *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 2(3), 112-119.
- Djoyowasito, G., Ahmad, A. M., Lutfi, M., & Maulidiyah, A. (2019). Pengaruh Induksi Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 7(1), 8-19.
- Farida, D., & Sudarti. (2022). Analisis manfaat dan dampak radiasi sinar gamma untuk pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max L. Merrill*). *Jurnal AGROHITA*, 7(4), 680-684.
- Fauzan, A. B., Aningtyas, R. S. A., & Hakim, M. H. (2021). Pengaruh penempatan tanaman sansevieria dalam mengurangi efek radiasi komputer di warnet kota blitar. *Journal of Science Nusantar*, 1(1), 38-43.
- Hakim, M. H. (2023). Pengaruh medan magnet terhadap pertumbuhan germinasi tanaman buncis. *Journal of Science Nusantara*, 3(4), 141-148.
- Kamila, B. S., & Sudarti. (2022). Potensi pemanfaatan radiasi medan elektromagnetik extremely low frequency (ELF) pada proses germinasi. *Jurnal Sains Agro*, 7(2), 136-143.
- Kanza, N. R. F., Sudarti, & Maryani. (2020). Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency (ELF) terhadap pH dan daya hantar listrik pada proses fermentasi basah kopi liberika (*Coffea liberica*) dengan penambahan α -amilase. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 315-321.
- Khumairoh, A. N., Agustin, D., Azizah, S. A., Maulana, M. I., & Anggraeni, F. K. A. (2023). Analisis pengaruh paparan medan ELF intensitas 400 μ T terhadap rasa tape ketan. *Jurnal Multidisiplin Saintek*, 1(9), 21-31.
- Kusumawardani, M., Kusumaningtyas, Z. A., Arinie, F., & Perdana, R. H. Y. (2021). Telemonitoring perkecambahan benih jati emas dengan induksi medan magnet statis. *Journal of Applied Smart Electrical Network and Systems (JASENS)*, 2(1), 8-14.
- Munawaroh, W., & Sudarti. (2022). Potensi paparan gelombang elektromagnetik extremely low frequency (ELF) dalam meningkatkan ketahanan pangan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 17(2), 23-27.
- Nuraeni, Hernawati, Rani, S. R. A., Said, M., & Putri, A. A. (2023). Pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max L.*) hasil radiasi sinar gamma cesium-137. *Journal Online of Physics*, 8(3), 51-57.
- Putri, M. K., Kurnia, S. I., Sudarti, & Mahmudi, K. (2024). Studi pustaka: Pengaruh paparan medan magnet extremely low frequency (ELF) dalam bidang pertanian pada pertumbuhan fisik tanaman. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 59-68.

- Rahmawati, E., & Suyono. Pengaruh lama pemaparan dan kuat medan elektromagnetik terhadap pematangan dormansi benih delima merah (*Punica granatum L.*). *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(4), 432-439.
- Ramadhani, P. I., Sudarti, & Prihandono, T. (2022). Pengaruh medan magnet extremely low frequency (ELF) pada pertumbuhan vegetatif tanaman. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo*, 7(1), 12-16.
- Sa'diyah, H., Fitria, N., Yusiana, S., Arista, R., Kelvin, M., Prihandono, T., & Mahmudi, K. (2024). Pengaruh radiasi extremely low frequency (ELF) terhadap pertumbuhan tanaman. *Jurnal Mekanova*, 10(1), 173-179.
- Sacita, A. S. (2019). Intersepsi radiasi matahari tanaman kedelai (*Glycine max L.*) pada berbagai cekaman kekeringan. *Jurnal Perbal*, 7(1), 10-18.
- Santoso, B., Amarullah, A., & Santono, D. (2019). Pengaplikasian radiasi elektromagnetik terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman cabai merah (*Capsicum annum L.*). *Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1), 52-57.
- Sari, N. M. P., Sutapa, G. N., & Gunawan, A. A. N. (2020). Pemanfaatan radiasi gamma Co-60 untuk pemuliaan tanaman cabai (*Capsicum annum L.*) dengan metode mutagen fisik. *Buletin Fisika*, 21(2), 47-52.
- Shabitna, F. S., Yushardi, & Sudarti. (2023). Pemanfaatan gelombang elektromagnet extremely low frequency (ELF) dalam ketahanan pangan. *Jurnal Pendidikan, Sains, dan Teknologi*, 2(4), 1037-1040.
- Sholikhah, N., Amalia, T. C. N., Febrianty, W., Bulan, S. R. S., Anggraini, M. A. S., Prihandono, T., & Mahmudi, K. (2024). Potensi penggunaan radiasi sinar gamma pada pertumbuhan tanaman padi. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 36-46.
- Sudarti, Handoko, & Laksmiari, K. (2021). Analisis dampak paparan medan magnet extremely low frequency (ELF) terhadap massa tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*). *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(1), 15-21.
- Sudarti, Prihandono, T., Prihatin, W. N., & Putri, I. M. S. (2023). Analysis of the impact of 200 μ T and 300 μ T extremely low frequency (ELF) magnetic fields on the growth rate of edamame plants. *Advances in Biological Sciences Research*, 4-14.
- Yulianto, R. A., Sudarti, & Yushardi. (2022). Potensi medan magnet extremely low frequency (ELF) untuk mempercepat pertumbuhan tanaman. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 150-157.
- Yuniarta, E., Sudarti, & Anggraeni, F. K. A. (2022). Analisis ketahanan fisik jamur tiram oleh paparan medan magnet extremely low frequency (ELF) intensitas 600 μ T dan 900 μ T. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 299-305.