

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Implementasi Pendidikan Karakter dan IPTEK untuk Generasi Millennial Indonesia dalam Menuju SDGs 2030“

11 MARET 2018**ANALISIS DAMPAK PAPARAN MEDAN MAGNET *Extremely Low Frequency* (ELF) TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN****Fatholla Fuad**

Program Studi Pendidikan Fisika, FMIPA, UVERSITAS JEMBER

Fathollafuad@gmail.com**Sudarti**

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, UNIVERSITAS JEMBER

sudarti.fkip@unej.ac.id**Alex Harijanto**

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, UNIVERSITAS JEMBER

alexharijanto.fkip@unej.ac.id**ABSTRAK**

Medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF merupakan medan magnet dengan spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi rendah antara 0–300Hz. Medan magnet ELF telah mulai digunakan manusia untuk mempermudah pekerjaannya, salah satunya dalam bidang pertanian. Penelitian ini merupakan kajian literatur yang bertujuan untuk mendeskripsikan dan menginterpretasikan informasi yang relevan tentang pemanfaatan paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian ini merupakan studi literatur, yaitu dengan merangkum dan mereview beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk lebih memahami dampak pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF terhadap proses pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan *Extremely Low Frequency* ELF dengan intensitas 500 μT selama 50 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur tiram. Paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 300 μT selama 60 dan 90 menit berpengaruh positif terhadap tinggi tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*). Intensitas medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF 300 μT dengan lama paparan 60 menit merupakan dosis yang efektif untuk mempercepat laju pertumbuhan tanaman tomat ranti. Medan magnet ELF dapat memaksimalkan pertumbuhan dan produksi jamur kuping apabila berada pada dosis yang tepat, yaitu 600 μT dengan lama paparan 70 menit. Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF memberi dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman.

Kata Kunci: *Extremely Low Frequency, Pertumbuhan Tanaman, Lama Paparan***PENDAHULUAN**

Fisika merupakan ilmu dasar yang tidak lepas dari kehidupan manusia sehari-hari, bukan hanya sekedar teori namun erat keterkaitannya dengan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari, seperti medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik adalah gabungan antara medan listrik dan medan magnetik (Young, 2012:762). Medan elektromagnetik menghasilkan radiasi dengan frekuensi spektrum rendah hingga frekuensi dengan spektrum tinggi. Menurut *European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Field Exposure* (EFHRAN) (2010:3) berdasarkan frekuensinya medan elektromagnetik dibagi menjadi tiga yaitu frekuensi rendah dengan frekuensi sampai 300 Hz, frekuensi menengah dengan frekuensi dari 300 Hz sampai 100 KHz, dan

frekuensi tinggi dengan frekuensi 100 KHz sampai 300 GHz.

Secara garis besar radiasi medan elektromagnetik terbagi 2 kelompok yaitu radiasi pengion (ionisasi) dan radiasi tidak pengion (non-ionisasi). Tarigan (2013) menyatakan bahwa medan magnet ELF termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz dan tergolong dalam *non ionizing radiation*. Radiasi non pengion adalah radiasi elektromagnetik dengan energi yang tidak cukup untuk ionisasi, misal radiasi infra merah atau radiasi gelombang mikro.

Pada era zaman modern saat ini medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) banyak dimanfaatkan manusia untuk mempermudah pekerjaannya dalam

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Implementasi Pendidikan Karakter dan IPTEK untuk Generasi Millennial Indonesia dalam Menuju SDGs 2030“

11 MARET 2018

berbagai bidang, salah satunya dalam bidang pertanian. Pertanian itu sendiri merupakan sektor terbesar hampir pada setiap negara berkembang. Sektor ini dapat menyediakan lapangan kerja, bahan pangan, bahan baku, serta penolong bagi setiap industri pada negara berkembang. Paparan medan magnet lemah berkepanjangan pada tumbuhan dapat menyebabkan perbedaan efek biologis pada tingkat sel, jaringan dan organ yang berkaitan dengan regulasi metabolisme tumbuhan termasuk keseimbangan ion kalsium (Ca^{2+}) intraseluler (Belyavskaya, 2004). Paparan medan magnet akan berdampak pada genetik suatu tanaman. Menurut Yalcin dan Erdem (2012) Struktur sel yang terkena dampak pertama oleh medan elektromagnetik adalah struktur membrane sel, dampaknya berupa perubahan karakteristik semi-permeabilitas membrane untuk berbagai molekul dan ion, perubahan konfigurasi lipid dan protein dari membrane, serta perubahan tingkat interaksi dari molekul yang berinteraksi dengan membrane. Sehingga hasilnya dari perubahan aktivitas kanal molekul dan ion aktif yang menyebabkan perbedaan fungsi dari sel, jaringan dan organ bila dibandingkan dengan fungsi normalnya.

Hasil penelitian Sudarti *et al* (2017) menunjukkan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 500 μT selama 50 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan dan berat jamur tiram. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Handoko (2016) menyatakan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 300 μT selama 60 dan 90 menit berpengaruh positif terhadap tinggi tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*) serta jumlah daun yang dihasilkan tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*). sedangkan penelitian lain, Jedlička *et al* (2014) menunjukkan paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 20, 40 dan 60 mT selama 20 menit sehari dengan frekuensi 50 Hz pada benih tomat, secara signifikan positif berpengaruh terhadap pengecambahan (germinasi), pertumbuhan tanaman, dan ukuran buah tomat. Selain itu, berdasarkan penelitian Fauziah (2015) menunjukkan bahkan paparan medan elektromagnetik rendah 0,5mT, 1mT, dan 2mT mampu meningkatkan proses perkecambahan pada biji kurma. Selain pada tomat dan kurma, paparan medan magnet 62 μT pada benih cabai (*Capsicum annum L.*) dengan waktu paparan 4, 8, 12, dan 24 jam mampu menstimulasi pertumbuhan tahap pertama benih cabai, secara statistik menunjukkan peningkatan yang signifikan pada pengecambahan (germinasi), awal perkembangan dan pertumbuhan benih dibandingkan dengan kelas kontrol (Nimmi dan Madhu, 2009).

Berdasarkan penelitian yang lain, Mardika *et al* (2017) menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan tumbuh kembang dan produksi jamur kuping antara yang dipapar medan magnet dengan yang tidak dipapar medan magnet pada setiap kelas eksperimen. Medan magnet dapat memaksimalkan pertumbuhan dan produksi jamur kuping apabila berada pada dosis yang tepat, yaitu 600 μT dengan lama paparan sebesar 70 menit.

Penggunaan medan magnet dengan dosis yang tepat diharapkan dapat memaksimalkan produktivitas proses pertumbuhan tanaman. Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, medan magnet memiliki manfaat antara lain meningkatkan kandungan nutrisi dan meningkatkan kualitas tumbuh tanaman sehingga medan magnet dapat digunakan sebagai suatu alat atau instrument untuk meningkatkan produksi suatu tanaman tanpa perlu melibatkan suatu perlakuan tertentu secara kimia seperti pemupukan dari tanaman yang dapat merusak ekosistem lingkungan.

Berdasarkan uraian, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh medan magnet medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF pada tumbuhan terhadap proses pertumbuhan tanaman?. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh medan magnet medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF dengan intensitas yang berbeda pada tumbuhan terhadap proses pertumbuhan tanaman.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan tujuan penelitian, jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Penelitian dilaksanakan dengan melakukan studi literatur, yaitu mengumpulkan data dan membandingkan dari berbagai literatur yang berhubungan mengenai pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF pada proses pertumbuhan tanaman.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari berbagai sumber seperti buku, jurnal nasional dan internasional. Data yang diperoleh adalah intensitas medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF pada setiap tanaman yang dipapar dengan variasi waktu lama paparan yang berbeda.

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk menjawab analisis dan menjawab rumusan masalah yang sudah ditentukan. Data-data yang diperoleh digunakan untuk mengkaji pengaruh medan magnet medan magnet *Extremely Low*

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Implementasi Pendidikan Karakter dan IPTEK untuk Generasi Millennial Indonesia dalam Menuju SDGs 2030“

11 MARET 2018

Frequency ELF pada tumbuhan terhadap proses pertumbuhan tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji dampak pengaruh paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pertumbuhan tanaman. 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 medannya selalu merupakan lingkaran tertutup. Medan magnet juga bisa dihasilkan akibat adanya pergerakan muatan listrik. Sedangkan Medan Listrik merupakan medan atau ruang yang ditimbulkan oleh suatu muatan listrik. Medan listrik tidak hanya ditimbulkan oleh satu muatan listrik, melainkan dapat pula ditimbulkan oleh lebih dari satu muatan listrik. Suatu benda bermuatan listrik akan menimbulkan medan listrik disekitarnya (Alonso dan Finn, 1992). Muatan listrik dapat menimbulkan medan magnet yang disebut medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik merupakan gabungan antara medan listrik dan medan magnetik. Medan listrik dihasilkan dari perbedaan pada voltase: semakin tinggi voltase, semakin kuat medan yang dihasilkan. Medan magnetik dihasilkan apabila arus listrik mengalir: semakin besar arus, semakin kuat medan magnetik tersebut. Medan listrik bisa terwujud walaupun tidak terdapat arus yang mengalir. Jika terdapat arus yang mengalir, kekuatan medan magnetik

akan berbeda dengan tenaga yang digunakan tetapi kekuatan medan listrik akan konstan (WHO, 2014).

Kemampuan medan magnet yang tidak mudah terhalangi oleh benda banyak dimanfaatkan manusia untuk memudahkan pekerjaannya. Salah satunya dalam bidang pertanian, pemanfaatan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dalam bidang pertanian yaitu untuk meningkatkan kualitas tanaman. Bahan biologis seperti tumbuhan merupakan konduktor yang lebih baik dibandingkan udara. Hal ini dikarenakan adanya efek polarisasi medan listrik terhadap permukaan terluar dari tubuh, variasi waktu medan listrik menginduksi permukaan badan yang menghasilkan arus di dalam tubuh yang besarnya berhubungan dengan kerapatan muatan permukaan. Pada medan listrik sinusoidal nilai arus didalam tubuh naik seiring dengan besarnya frekuensi. Pada berbagai ukuran lebar dari bahan kerapatan arus J sebanding dengan kekuatan E , $J = \sigma E$. Dengan σ adalah frekuensi yang bergantung pada konduktivitas elektrik dari medium. Permeabilitas dari bahan biologis dan udara sama, sehingga medan magnet tidak seperti medan listrik, mampu menembus materi biologis. Variasi waktu medan magnet mempengaruhi medan listrik dan arus pada materi biologis. Kerapatan arus jaringan bagian dalam J sebanding dengan induksi magnetik luar B (Bhernart *et al.* 2017 :1-8)

Tabel 3.1 Hasil Penelitian

Jenis Tanaman	Intensitas ELF	Efek	Referensi
Cabai Merah Besar (<i>Capsicum annum L.</i>)	300 μ T 60 menit	Meningkatkan Tinggi tanaman serta jumlah daun	Handoko <i>et al</i>
Jamur tiram	500 μ T 50 menit	Meningkatkan pertumbuhan dan berat	Sudarti <i>et al</i>
Jamur kuping	600 μ T 70 menit	Meningkatkatkan daya tumbuh	Mardika <i>et al</i>
Tomat ranti	100 μ T dan 300 μ T 60 menit	Meningkatkatkan daya tumbuh	Reza Emilia <i>et al</i>
Cabai	62 μ T	Germinasi	Nimmi dan Madhu
Tomat	0,2 mT 7 menit	Germinasi	Winandari
Kurma	0,5mT, 1mT, dan 2mT	Germinasi	Fauziah
Bawang merah	0,06mT	Germinasi, massa basah	Hozayn <i>et al</i>

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Implementasi Pendidikan Karakter dan IPTEK untuk Generasi Millennial Indonesia dalam Menuju SDGs 2030“

11 MARET 2018

		dan indeks vigor	
Brokoli	3,6mT 5 menit	Germinasi	Fernando Rico Martinez <i>et al</i>
Kanola	1 - 7 mT 60 menit	Meningkatkan aktivitas enzim amilase	Shabrangi <i>et al</i>
Kubis	5 – 10 mT	Germinasi dan daya tumbuh	Khurram Zias <i>et al</i>
Jagung (<i>Zea mays</i>)	10 mT	Meningkatkan indeks mitosis	Răcuciu
Tomat	20 - 60 mT 20 menit	Meningkatkan Laju pertumbuhan, luas daun dan kandungan klorofil	Jedlička <i>et al</i>
Kentang	0 - 40 mT	Germinasi dan daya tumbuh	El-Ghizawy <i>et al</i>
Lamtoro (<i>L. Leucocephala</i>)	75mT	Germinasi dan daya tumbuh	M. Ayyoub Tanvir <i>et al</i>

Berdasarkan tabel 3.1 beberapa hasil penelitian yaitu hasil penelitian Handoko (2016) menunjukkan paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 300 μ T selama 60 dan 90 menit berpengaruh positif terhadap tinggi tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*) serta jumlah daun yang dihasilkan tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum L.*). Sedangkan hasil penelitian Sudarti *et al* (2017) menunjukkan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 500 μ T selama 50 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan dan berat jamur tiram. Mardika *et al* (2017) menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan tumbuh kembang dan produksi jamur kuping antara yang dipapar medan magnet dengan yang tidak dipapar medan magnet pada setiap kelas eksperimen. Medan magnet dapat memaksimalkan pertumbuhan dan produksi jamur kuping apabila berada pada dosis yang tepat, yaitu 600 μ T dengan lama paparan sebesar 70 menit. Paparan medan magnet dengan intensitas 300 μ T selama 60 menit dapat meningkatkan daya tumbuh tomat ranti secara optimum (Reza Emilia, 2015). Paparan medan magnet 62 μ T pada benih cabai (*Capsicum annum L.*) dengan waktu paparan 4, 8, 12, dan 24 jam mampu menstimulasi pertumbuhan tahap pertama benih cabai, secara statistik menunjukkan peningkatan yang signifikan pada penebaran (germinasi), awal perkembangan dan pertumbuhan benih dibandingkan dengan kelas kontrol (Nimmi dan Madhu, 2009). Winandari (2011) dalam penelitiannya menyatakan

bahwa paparan medan magnet 0,2 mT selama 7 menit 48 detik pada tanaman tomat berpengaruh pada laju pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum Mill*), luas daun dan kandungan klorofil pada daun menjadi lebih baik. Selain itu, berdasarkan penelitian Fauziah (2015) menunjukkan bahkan paparan medan elektromagnetik rendah 0,5mT, 1mT, dan 2mT mampu meningkatkan proses perkecambahan pada biji kurma.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hozayn *et al* (2015) menunjukkan bahwa paparan medan magnet dengan intensitas 0,06mT berpengaruh terhadap geminasi, peningkatan massa basah dan indeks vigor bawang merah. Paparan medan magnet dengan intensitas 3,6mT selama 5 menit berpengaruh terhadap geminasi benih brokoli (Fernando *et al.* 2014). Paparan elektromagnetik juga dapat meningkatkan aktivitas enzim dalam sel, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shabrangi *et al* (2010) paparan medan magnet 1 mT hingga 7 mT dengan selisih 2 mT serta intensitas tertinggi 10 mT dengan durasi 1 hingga 4 jam dengan selisih waktu 1 jam pada biji kanola (*Brassica napus L.*) dan pada biji jagung (*Zea mays*) meningkatkan aktivitas enzim yang terdapat pada akar tanaman tersebut yaitu *catalase* (CAT), *Ascorbate Peroxidaes* (APX) serta *Superoxide dismutase* (SOD). Sedangkan Jedlička *et al* (2014) menyatakan bahwa paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 20, 40 dan 60 mT selama 20 menit sehari dengan frekuensi 50 Hz pada benih tomat, secara

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Implementasi Pendidikan Karakter dan IPTEK untuk Generasi Millennial Indonesia dalam Menuju SDGs 2030“

11 MARET 2018

signifikan positif berpengaruh terhadap penebar (germinasi), pertumbuhan tanaman, dan ukuran buah tomat. Paparan medan magnet 50 Hz dengan magnet induksi 10 mT meningkatkan indeks mitosis dan indeks penyimpangan kromosom pada sel meristem akar jagung (*Zea mays*) seiring dengan meningkatnya waktu paparan (Răcuciu, 2011). Saragih dan Silaban, (2010) menyatakan bahwa medan magnet statik mempengaruhi aktifitas ion-ion dan polarisasi dipole-dipole dalam sel. Medan magnet juga mempercepat proses pembelahan sel. 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. Leucecephala*). Sedangkan pada penelitian yang lain paparan medan magnet dengan intensitas medan magnet 40mT dapat meningkatkan germinasi dan daya tumbuh pada kentang secara optimum (El-Ghizawy *et al.*2016)

Paparan medan magnet ELF pada biji tanaman mengakibatkan terjadinya gangguan pada transport energi pada membran yang dapat menyebabkan kerusakan pada membran dan dinding sel. Pada uraian penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa ELF memiliki peran penting pada modulasi aktifitas pada transportasi substansi melintasi membran. ELF juga dapat mempengaruhi fungsi membran tidak hanya pada fluks ion serta ikatan molekul sinyal ekstraseluler (ligan) namun juga dengan merubah distribusi dan pengumpulan protein pada inti membran. Salah satu ion yang berpengaruh ketika dipapar medan magnet adalah ion kalsium (Ca^{2+}), ketika membran sel terpapar medan magnet maka akan terjadi perpindahan energi dari medan magnet ke ion yang mengakibatkan peningkatan kecepatan dan aliran ion yang melewati membran sel. Perubahan kecepatan aliran ion kalsium dapat memberikan perubahan dan perbedaan pada organisme berupa resonansi ion kalsium dalam proses pengkodean protein yang terjadi pada *Ribose Nucleic Acid* (RNA). Peningkatan enzim pada biji tanaman menyebabkan proses metabolisme dalam sel meningkat sehingga nutrisi yang masuk ke dalam sel dapat dicerna dan diserap secara optimum. Ion kalsium (Ca^{2+}) yang masuk ke dalam sel dalam jumlah yang berlebih dan cepat justru akan merusak protein dalam sel dan mengganggu proses metabolisme sel. Rusaknya protein dalam sel mengakibatkan terhambatnya proses metabolisme sehingga menyebabkan ketidakseimbangan dalam sel. Kalsium berlebih yang masuk ke dalam sel dipengaruhi oleh besar intensitas

dan lama paparan medan magnet sesuai perumusan fisika terkait dengan laju energi setiap satuan luas yaitu $S = c \frac{B^2}{\mu_0}$, untuk $B = \frac{d\Phi_m}{dt}$. Dari persamaan tersebut dapat diperoleh hubungan bahwa berjalannya fungsi waktu yang digunakan dengan besar fluks magnetik yang menembus suatu luasan. Semakin besar waktu yang digunakan maka semakin besar pula fluks magnetik yang menembus suatu luasan. Semakin rapat fluks magnetik maka semakin besar energi yang didapatkan suatu sampel yang terpapar oleh medan magnet. Hal ini dapat mempengaruhi laju pergerakan ion kalsium ke dalam sel sehingga terjadi peningkatan jumlah ion kalsium yang ada di dalam sel.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaruh medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF terhadap proses pertumbuhan tanaman telah banyak diteliti. Medan magnet yang digunakan untuk intensitas paparan bermacam-macam, mulai dari intensitas terkecil sampai dengan intensitas yang besar. Sehingga energi yang diberikan pada setiap intensitas juga memiliki dampak yang berbeda. Dampak paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* ELF dapat meningkatkan germinasi pada biji, peningkatan enzim, indeks mitosis, indeks penyimpangan kromosom pada sel meristem, indeks vigor, luas daun dan kandungan klorofil pada daun, serta dapat meningkatkan massa basah dan massa kering tumbuhan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M., dan E. J. Finn. 1992. *Dasar-dasar Fisika Universitas (Jilid 2)* Medan dan Gelombang. Terjemahan Lea Prasetyo dan Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga
- Belyvaskaya, N.A. 2004. Biological Effects Due To Magnetic Field on Plants. *Adv Space res*, 34 (7): 66-7
- Bernhart, J.H., J. Brix, dan E. Vogel. 2017. Established Biological Effects of Extremely Low Frequency (ELF) Fields, Current Protection Concepts, and Research Needs
- El-Ghizawi *et al.* 2016. Effect of Magnetic Field Treatments on Germination of True Potato Seeds, Seedlings Growth and Potato Tubers Characteristics. *Middle East Journal of Agriculture Research*. Vol 05 No. 01 Hal 74-81
- European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Field Exposure (EFHRAN). 2010. *Risk Analysis Of Human Exposure To*

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2018

“Implementasi Pendidikan Karakter dan IPTEK untuk Generasi Millennial Indonesia dalam Menuju SDGs 2030“

11 MARET 2018

- Electromagnetic Fields*. European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure
- Fauziah, Annisa'ul. 2015. *Pengaruh Paparan Medan Magnet Terhadap Perkecambahan Biji Kurma Jenis Majol*. Malang
- Fernando R.M *et al.* 2014. Effects Of Magnetic Field Irradiation On Broccoli Seed With Accelerated Aging. *Jurnal Acta Agrophysica*. Vol 21 No. 1 Hal. 63-67
- Handoko, Sudarti, Rif'ati D.H. 2017. Analisis Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* ELF pada Biji Cabai Merah Besar Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah Besar. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(4) : 370-377
- Hozayn *et al.* 2015. Effect of Magnetic Field on Germination, Seedlings Growth and Cytogenetic of Onion. *African Journal of Agriculture*. Vol 10. Hal 850-859
- Jedlička, J., Paulen, O. dan Ailer, Š. 2014. Influence Of Magnetic Field On Germination, Growth And Production Of Tomato. *Scientific Journal for Food Industry Potravinarstvo*, 8(1): 150-154
- Khurram Zias *et al.* 2015. Magnetic Field Can Improve Germination Potential and Early Seedling Vigor of Cabbage Seeds. *Annual Research & Review in Biology*. Vol 6 No. 6 Hal 391-340
- M. Ayyoub Tanvir *et al.* 2012. Exploring the Groeth Potential of *Albizia Procera* and *Leucaena Leucocephala* as Influenced by Magnetic Fields. *Turk Journal Agric*. Vol 36 Hal 757-763
- Mardhika, Wulansari *et al.* 2017. Pengaruh Induksi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* ELF Terhadap Pertumbuhan *Heat* Jamur Kuping. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. Vol 6 No. 2 hal 181-188
- Nimmi, V. dan Madhu, G. 2009. Effect Of Pre-Sowing Treatment With Permanent Magnetic Field On Germination And Growth Of Chilli (*Capsicum annum. L.*). *Internasional Agrophysics*, 2009(23): 195-198
- Răcuciu, M., Creangă, D. dan Horga, I. 2006. *Plant Growth Under Static Magnetic Field Influence*. *Rom.Journ.Phys*, 53(1-2): 353-359
- Reza Emilia *et al.* 2015. Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 4 No. 2 Hal 164-170
- Reza Emilia *et al.* 2015. Aplikasi Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 4 No. 2 Hal 164-170
- Saragih, H., J., dan Silaban, O. 2010. Meningkatkan Laju Pertumbuhan Kecambah Kedelai Dengan Berbantuan Medan Magnetik Statik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. UAI : Bandung
- Shabrangi, A., Majd, A., Sheidai, M., Nabyouni, M., dan Dorrnian, D. 2010. Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on The Antioxidant Enzymes Activity of C3 and C4 Plants, *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceeding, Cambridge, USA*
- Sudarti dan Heliatin. 2005. The Effect Of Alteration 11-10 To The Immune Modulation Response On Bul/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20 MT. *jurnal saintifika*, 6(1):46-44. Jember: Universitas jember
- Sudarti *et al.* 2017. Analysis of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Effect to Oyster Mushroom Productivity. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, Vol. 4(10). IJAERS
- Tarigan, T. R. P. 2013. Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik yang Ditimbulkan oleh Telepon Seluler. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1(1).
- Winandari, O.P., 2011. *Perkecambahan dan Pertumbuhan Tomat (Lycopersicon esculentum Mill.) di Bawah Pengaruh Lama Pemaparan Medan Magnet yang Berbeda*. Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- World Health Organizaion (WHO). 2014. *Enviromental Health Criteria Extremely Low Frequency Field*. Geneva: WHO Press
- Yalcin, S. dan Erdem, G. 2012. Biological Effect of Electromagnetic Fields (Review). *African Journal of Biotechnology* vol. 11(17) :3933-3941
- Young, H.G. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Fransisco: Person Education, Inc