



**ANALISIS INTENSITAS MEDAN MAGNET EXTREMELY
LOW FREQUENCY (ELF) DI SEKITAR LAPTOP**

SKRIPSI

Oleh :

SHANTI DEWI AGUSTINA

140210102041

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS INTENSITAS MEDAN MAGNET EXTREMELY
LOW FREQUENCY (ELF) DI SEKITAR LAPTOP**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk Menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan Untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh :

SHANTI DEWI AGUSTINA

140210102041

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama ALLAH SWT, Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Danik Fatimah, Ayahanda Moh. Syahrudin, Nenek Sumirah, Adik Achmad Dhani Alvarizi, Saudara dan Keluarga tercinta, terima kasih atas untaian doa dan dzikir, restu, dukungan, kesabaran, pengorbanan serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guruku di TK Tunas Mulia, SDN 1 Tegalharjo, SMPN 3 Glenmore, SMAN 1 Glenmore, dan di FKIP Universitas Jember, terimakasih atas semua ilmu, nasehat, dan bimbingan yang diberikan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati;
3. Almamater tercinta Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih.”

(Q.S. Ibrahim [47]: 7)

“Kita berdoa kalau kesusahan dan membutuhkan sesuatu, mestinya kita juga berdoa dalam kegembiraan besar dan saat rezeki melimpah.”

(Khalil Gibran)

“Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah.”

(Thomas Alva Edison)

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shanti Dewi Agustina

NIM : 140210102041

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Analisis Intensitas Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) di Sekitar Laptop” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya yang bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2018

Yang menyatakan,

Shanti Dewi Agustina

NIM. 140210102041

SKRIPSI

**ANALISIS INTENSITAS MEDAN MAGNET EXTREMELY LOW
FREQUENCY (ELF) DI SEKITAR LAPTOP**

Oleh

Shanti Dewi Agustina

140210102041

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Sri Handono Budi P., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sudarti, M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Analisis Intensitas Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) di Sekitar Laptop” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Sri handono Budi P., M.Si

NIP. 19580318 198503 1 004

Anggota I,

Dr. Sudarti, M.kes

NIP. 19620123 198802 2 001

Anggota II,

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si

NIP. 1962040 1198702 1 001

Dr. Yushardi, S.Si., M.Si

NIP. 19650420 199512 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D

NIP. 196808021993031004

RINGKASAN

Analisis Intensitas Medan Magnet *Extremaly Low Frequency* (ELF) di Sekitar Laptop; Shanti Dewi Agustina; 140210102041; 79 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA; Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan; Universitas Jember.

Laptop adalah komputer pribadi yang sedikit kecil dan mudah dibawa kemana-mana. Laptop merupakan teknologi yang memungkinkan individu untuk berdaya komputasi tinggi dimanapun ia berada. Konstruksi badan laptop yang menyatu yaitu layar monitor dan *keyboard* saling berdekatan menambah potensi *ergonomis* untuk penggunaan jangka panjang. Monitor diketahui dapat memancarkan gelombang-gelombang dan radiasi seperti radiasi elektromagnetik salah satunya gelombang ELF. Hasil penelitian Kumarsela, dkk (2013) menunjukkan responden paling banyak menggunakan laptop rata-rata dalam sehari 2-3 jam dan mulai mengeluhkan CVS antara waktu 2-3 jam dengan keluhan paling banyak adalah mata tegang dan mata kering. Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian “Analisis Intensitas Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) di Sekitar Laptop”.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan intensitas rata-rata medan magnet berdasarkan dayanya, berdasarkan kondisinya, dan berdasarkan posisinya. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Tempat penelitian dilakukan di tempat terbuka yang jauh dari jangkauan wifi desa Karangrejo kecamatan Sumbersari pada bulan Maret-Mei 2018. Masing-masing laptop memiliki daya yang berbeda, daya dilihat dari tipe *processor*. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 75 cm (tinggi meja) dengan jarak 30 cm. Analisis data penelitian ini menggunakan bantuan *software Microsoft Office Excel* , dan IBM SPSS Statistic 23.

Pengambilan data dilakukan pada Kondisi On dan Stanby menuju Off. Pada Kondisi On laptop digunakan secara normal (melakukan pekerjaan Stanby menuju Office, menonton video, dan mendengarkan lagu) selama 30 menit lalu diukur pada 6 posisi. Kondisi Stanby menuju Off diukur saat laptop akan di shutdown pada posisi atas saja dan dibandingkan dengan posisi atas kondisi On.

Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa hubungan daya dengan nilai rata-rata intensitas medan magnet pada 6 posisi menunjukkan sig $p < 0,05$ yang berarti ada hubungan positif antar daya dan intensitas medan magnet. Semakin besar daya berdasarkan tipe processor maka nilai rata-rata seluruh posisi intensitas medan magnet akan semakin besar. Berdasarkan tabel dan grafik nilai rata-rata medan magnet masing-masing laptop hanya memiliki sedikit perbedaan. Nilai intensitas rata-rata medan magnet terbesar dimiliki L13 sebesar $0,53 \mu\text{T}$, dan terkecil L2 sebesar $0,45 \mu\text{T}$. Nilai intensitas medan magnet pada kondisi On cenderung stabil, sedangkan pada kondisi Stanby menuju Off cenderung mengalami penurunan, hal ini karena laptop dalam keadaan proses menuju mati (semua pekerjaan terhenti). Nilai rata-rata intensitas medan magnet terbesar bagian pada kondisi On sebesar $0,63 \mu\text{T}$ pada kondisi Stanby menuju Off sebesar $0,29 \mu\text{T}$, sedangkan nilai rata-rata intensitas medan magnet terkecil bagian atas pada kondisi On $0,42 \mu\text{T}$ dan pada kondisi Stanby menuju Off $0,23 \mu\text{T}$. Nilai Intensitas medan magnet tertinggi berdasarkan posisinya berbeda setiap laptop. Nilai rata-rata intensitas medan magnet tertinggi bagian atas hanya terdapat pada laptop 13 (L13), pada posisi bawah yaitu L2 dan L4, pada posisi kanan hanya pada L6, pada posisi kiri berjumlah 4 yaitu L1, L7, L10 dan L12, pada posisi laptop yaitu L3, L5, L8, L9 dan L11, sedangkan intensitas rata-rata tertinggi pada posisi bagian belakang tidak ada.

Kesimpulan penelitian ini intensitas rata-rata medan magnet berdasarkan dayanya menunjukkan hasil yang signifikan (terdapat hubungan positif), hal ini menunjukkan daya berdasarkan tipe processor berbanding lurus terhadap nilai medan magnet. Nilai intensitas medan magnet pada kondisi On cenderung stabil sedangkan pada kondisi Stanby menuju Off cenderung mengalami penurunan. Nilai rata-rata intensitas medan magnet setiap posisi masing-masing laptop menunjukkan adanya perbedaan artinya semua posisi masing-masing laptop rata-rata memancarkan intensitas medan magnet yang berbeda, hal ini karena letak komponen laptop dalam *motherboard* terbuat dari bahan dan jenis yang mengeluarkan medan magnet dengan frekuensi berbeda pada setiap laptop.

PRAKATA

Segala puji dan syukur Alhamdulillah atas berkah dan rahmat, serta hidayah Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisis Intensitas Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) di Sekitar Laptop”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc.,Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember; Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Kepala Jurusan Pendidikan MIPA; Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Kepala Program Studi Pendidikan Fisika;
2. Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Sudarti, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam memberikan bimbingan skripsi ini;
3. Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Yushardi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota atas saran dan masukan yang bermanfaat;
4. Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang membimbing untuk menyelesaikan studi di Pendidikan Fisika.
5. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan studi di Pendidikan Fisika;
6. Keluarga Besar Sumirah dan Bapak Trimo, yang selalu menjadi tempat pulang, terimakasih atas doa, nasihat, dan dukungannya;
7. Sahabatku Nispul Laili dan Trismayanti Dwi Puspitasari selalu bisa menjadi tempat mencurahkan segala keluh kesah isi hati dan berkenan memberikan doa, dukungan, nasehat, dan selalu menemaniku;

8. Sahabatku Mag'izah, Octavadini, Isma, Hedianana, Widya, Lupita, Tami, terimakasih telah meberikan warna berbeda selama masa perkuliahan;
9. Sahabatku Astohir, Faridatul, Fani Aldilah, Samsul Bahri, dan Zulfy Ainur R terimakasih atas semua nasihat, doa dan dukungan yang baik;
10. Teman-teman Pendidikan Fisika 2014, kakak serta adik tingkat mahasiswa Pendidikan Fisika yang selalu memberikan semangat dan pengalaman selama kuliah;
11. Serta seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis apabila pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember,

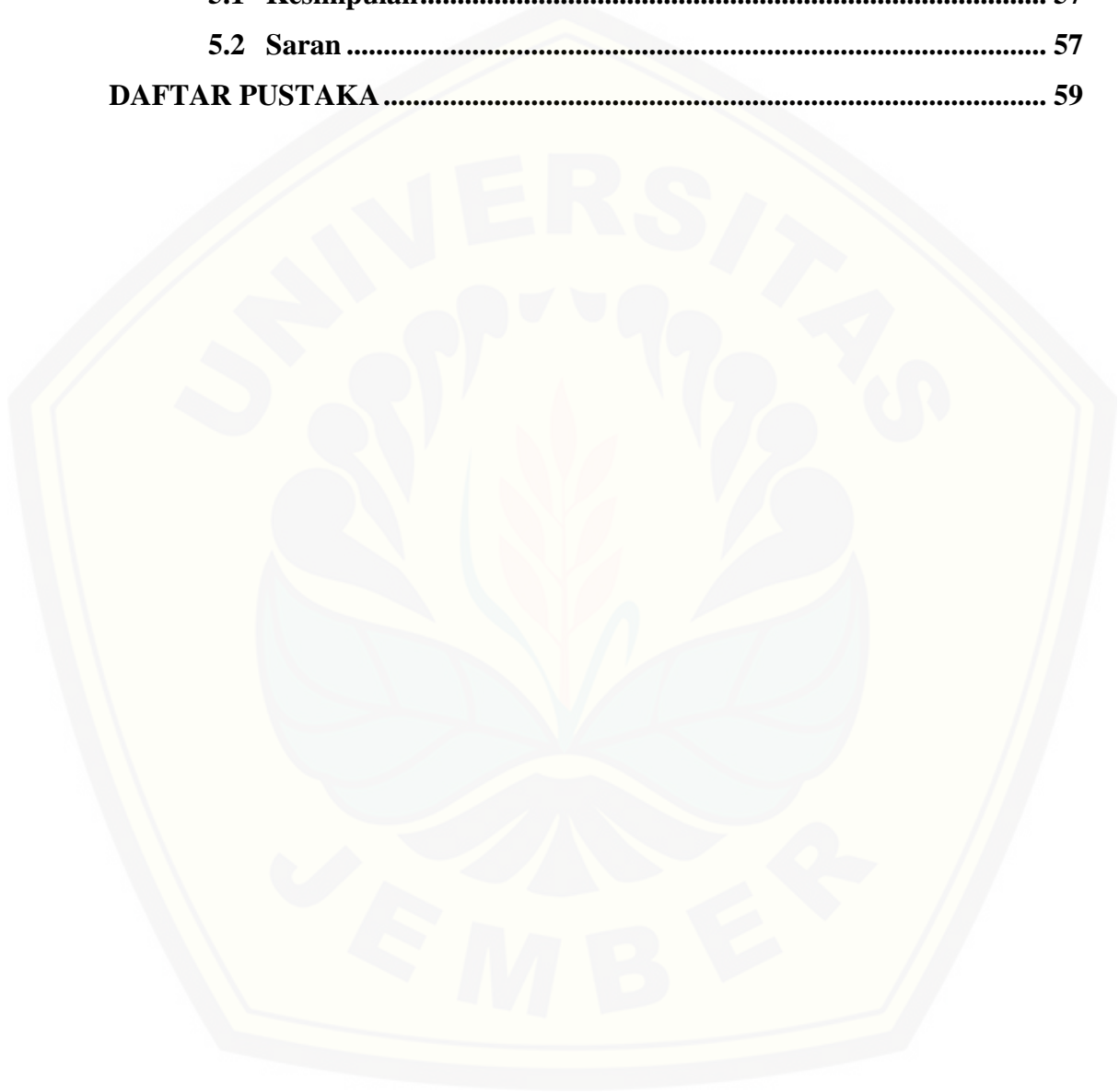
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	7
2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik.....	7
2.1.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik.....	8
2.2 Persamaan Maxwell.....	11
2.3 Persamaan Gelombang.....	14
2.4 Energi Gelombang Elektromagnetik dan Vektor Poynting	15
2.5 Medan Elektromagnetik.....	18
2.5.1 Medan Listrik	18
2.5.2 Medan Magnet.....	19
2.6 Gelombang Elektromagnetik <i>Extremely Low Frequency</i>	20
2.6.1 Pengertian Medan Magnet ELF	20

2.6.2	Sumber Gelombang Elektromagnet ELF	21
2.6.3	Karakteristik Medan Magnet ELF.....	25
2.7	Hasil Penelitian Medan magnet dan Dampak Radiasi.....	27
2.8	Batas Ambang Radiasi Medan Listrik dan Medan Magnet.....	30
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	32
3.1	Jenis Penelitian.....	32
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
3.2.1	Tempat Penelitian.....	32
3.2.2	Waktu Penelitian	32
3.3	Variabel Penelitian	33
3.3.1	Klasifikasi Variabel Penelitian	33
3.3.2	Definisi Operasional Variabel	33
3.4	Subjek Penelitian	34
3.4.1	Populasi Penelitian	34
3.4.2	Sample Penelitian	34
3.5	Alur Penelitian	35
3.6	Prosedur Penelitian.....	35
3.6.1	Tahap Persiapan	35
3.6.2	Tahap Penentuan Sampel	36
3.6.3	Tahap Penentuan Titik.....	36
3.6.4	Tahap Pengambilan Data.....	37
3.6.5	Tahap Analisis Data	37
3.6.6	Tahap Pembahasan	39
3.6.7	Tahap Kesimpulan.....	39
3.7	Metode Pengambilan Data.....	39
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1	Hasil Penelitian	42
4.1.1	Pelaksanaan Penelitian	42
4.1.2	Hasil Pengukuran Intensitas Medan Magnet.....	42
4.1.3	Hasil Pengukuran Intensitas Medan Magnet Setiap Kondisi .	44
4.2	Analisis Data.....	45
4.3	Pembahasan.....	48
4.3.1	Intensitas Medan Magnet Berdasarkan Dayanya	48

4.3.2 Intensitas Medan Magnet Berdasarkan Kondisinya	50
4.3.3 Intensitas Medan Magnet Berdasarkan Posisinya	51
4.3.4 Nilai Ambang Batas Medan Magnet	55
BAB 5. KESIMPULAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59



DAFTAR TABEL

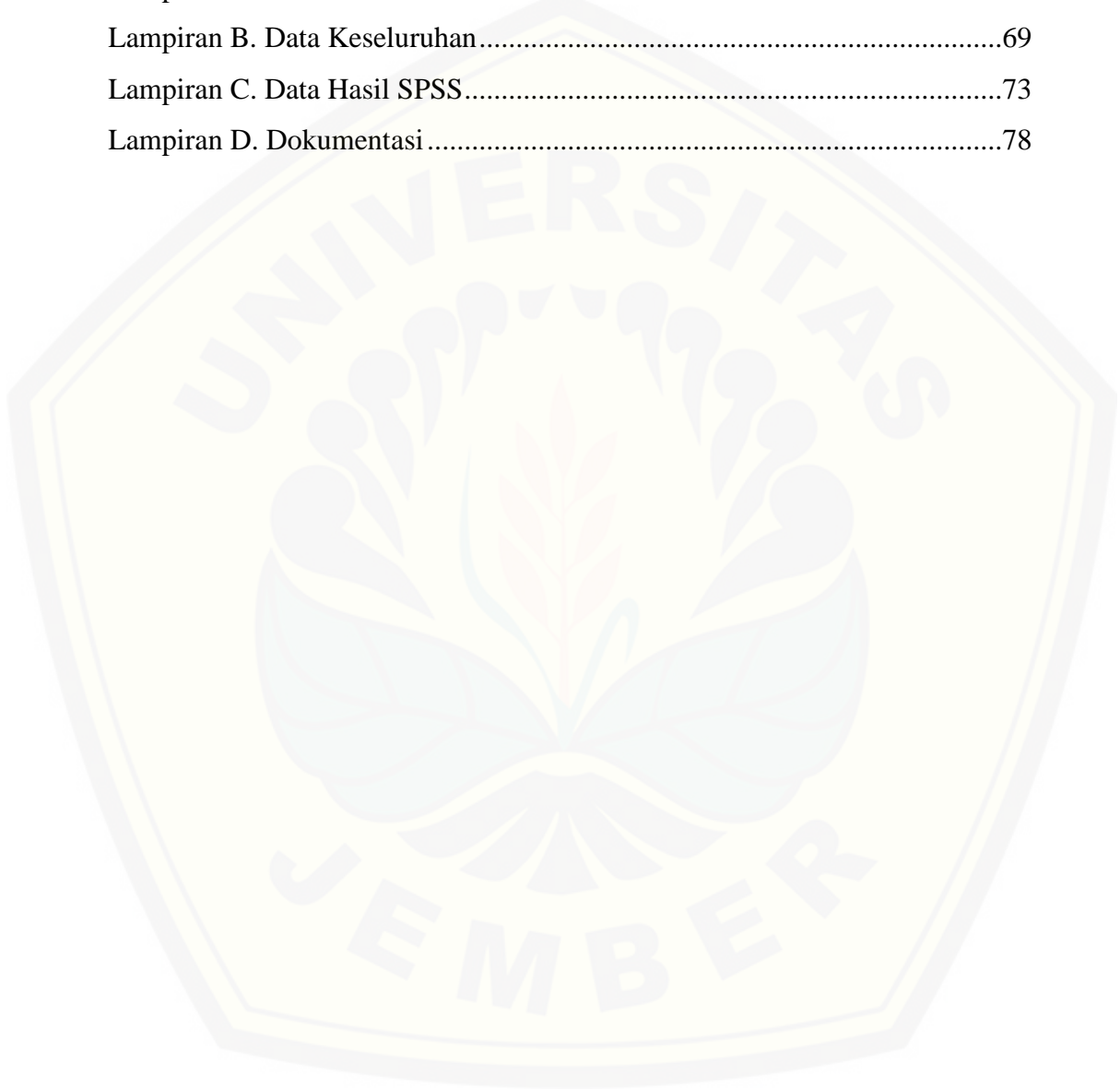
Tabel	Halaman
2.1 Daerah Panjang Gelombang Spektrum Cahaya	10
2.2 Ketetapan Magnetik	15
2.3 Perbedaan Medan Listrik dan Medan Magnet	20
2.4 Hasil Pengukuran Medan Magnet dan Medan Listrik pada Peralatan Rumah Tangga	23
2.5 Hasil Penelitian Medan Magnet dan Dampak Radiasi terhadap Kesehatan	27
2.6 Pedoman Radiasi oleh ICNIRP	31
2.7 Paparan Maksimum Medan Elektromagnetik	31
3.1 Spesifikasi Penelitian	36
3.2 Pengukuran Medan Magnet pada Laptop	37
3.3 Spesifikasi EMR Tester 3120.....	40
4.1 Hasil Hasil Rata-rata Pengukuran Intensitas Medan Magnet di Sekitar Laptop pada Kondisi On.....	43
4.2 Hasil Pengukuran Intensitas Medan Magnet Bagian Atas saat Kondisi On.....	44
4.3 Hasil Pengukuran Intensitas Medan Magnet Bagian Atas saat Kondisi Stanby menuju Off.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kuat Medan Listrik dan Medan Magnet Pada GEM	7
2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	8
3.1 Alur Penelitian	35
3.2 Kategori Sampel Penelitian	36
3.3 Ilustrasi Titik Pengukuran pada Laptop	36
3.4 EMR Tester 3120	40
4.1 Grafik Rata-rata Intensitas Medan Magnet di Sekitar Laptop Berdasarkan Daya	46
4.2 Grafik Pengukuran Intensitas Medan Magnet Bagian Atas pada Kondisi On Jarak 30 cm	46
4.3 Grafik Pengukuran Intensitas Medan Magnet Bagian Atas pada Kondisi Stanby menuju Off Jarak 30 cm	47
4.4 Grafik Rata-rata Intensitas Medan Magnet Setiap Posisi	48

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar	Halaman
Lampiran A. Matriks Penelitian.....	67
Lampiran B. Data Keseluruhan.....	69
Lampiran C. Data Hasil SPSS.....	73
Lampiran D. Dokumentasi.....	78



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radiasi merupakan energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang. Radiasi tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan kita karena radiasi selalu berhubungan dan terdapat dimana-mana, di sekitar kita seperti di rumah, kantor, maupun tempat-tempat umum. Sumber radiasi dapat berupa alat-alat listrik berenergi tinggi. Menurut Darwis (2004) kehidupan manusia tidak terlepas dari energi listrik, baik di rumah tangga, pengobatan, sarana kerja, dan kegiatan lainnya, oleh sebab itu semakin banyak orang memakai listrik untuk melakukan aktifitas sehari-hari, maka semakin banyak pancaran radiasi elektromagnetik. Elektromagnetik terdiri atas dua kombinasi medan listrik dan medan magnet yang mempunyai energi sama besarnya. Kecepatan merambat sama dengan kecepatan cahaya (Anies, 2005).

Kehadiran medan listrik dan medan magnet disekitar kehidupan manusia tidak dapat dirasakan indra manusia, kecuali jika intensitasnya cukup besar dan hanya terasa pada orang yang hiper-sensitive. Meningkatnya pemanfaatan listrik dalam segala aspek kehidupan manusia semakin meningkatkan radiasi elektromagnetik khususnya intensitas paparan medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF). Grotel (dalam Sudarti dan Helianti, 2005) menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik ELF merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi yang lebih kecil dari 300 Hz dan termasuk dalam *non-ionizing radiation*. Energi medan magnet ELF sangat kecil sehingga efek yang ditimbulkan merupakan efek non-thermal yang artinya tidak menyebabkan perubahan suhu ketika berinteraksi atau menginduksi sistem. Medan magnet ELF bersifat tidak terhalangi, medan listrik dan medan magnet timbul dimana pun ada arus listrik mengalir, di tiang listrik dan kabel, perkabelan, di perumahan dan peralatan elektronik (WHO, 2007).

Badan kesehatan World Health Organization (WHO) 1984 merekomendasikan nilai ambang batas paparan medan listrik dan medan magnet

50/60 Hz adalah 5kV/M dan 100 μ T untuk kelompok umum, 10 kV/M dan 500 μ T untuk kelompok kerja. Menurut Tribuana (2000) mengatakan bahwa kuat medan magnet lebih besar dari 0,5 mT memberikan pengaruh efek biologis pada organisme. Hasil penelitian Masyruroh (2005) melaporkan bahwa medan magnet elektromagnetik berpengaruh terhadap massa jenis otak tikus yang mengalami penurunan dan membuat jumlah kerusakan sel otak tikus putih meningkat.

Medan magnet ELF sebagian besar berasal dari listrik yang didistribusikan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) yaitu arus listrik bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50 Hz. Penggunaan listrik dengan frekuensi tersebut pada peralatan elektronik akan menghasilkan medan magnet ELF. Hasil penelitian Sukar (2008) menyatakan bahwa alat elektronik rumah tangga menghasilkan medan magnet 0,5-2000 μ T pada jarak penggunaan 3cm. Suhatin (2017) menunjukkan bahwa pengukuran medan magnet di sekitar peralatan elektronik menghasilkan nilai yang bervariasi pada kisaran 0,03 μ T – 0,1 μ T pada keadaan alat mati, 0,03 μ T – 8,0 μ T pada keadaan alat *stand by*, dan 0,03 μ T – 12,3 μ T pada keadaan alat bekerja.

Peralatan elektronik yang menghasilkan radiasi elektromagnetik banyak ditemukan dalam kehidupan kita sehari-hari, baik di ruang kerja, sekolah, rumah, dan ditempat umum. Peralatan elektronik digunakan untuk membantu dan memudahkan suatu pekerjaan. Salah satu peralatan yang sering kita gunakan adalah laptop. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, laptop (dikenal dengan istilah notebook) adalah komputer pribadi yang lebih kecil, dapat dipangku penggunaannya dan dibawa kemana-mana. Komputer dengan mobilitas tinggi ini membuatnya lebih praktis bila dibandingkan dengan PC sehingga ia lebih banyak diminati berbagai kalangan masyarakat. Hampir semua orang menggunakan laptop terutama mahasiswa. Laptop sudah menjadi bagian tidak terpisahkan dalam kehidupan mahasiswa.

Hasil *survey* yang dilakukan oleh Juraida (2013) menunjukkan bahwa 92% mahasiswa menggunakan komputer portabel jinjing (laptop) dan tablet di tempat – tempat umum khususnya tempat makan. Sebagian besar mahasiswa menggunakan laptop untuk melakukan keperluan kuliah, pekerjaan Off (*word, excel, power point*). Posisi yang paling sering dilakukan mahasiswa adalah posisi

duduk dengan laptop diatas meja, namun tidak sedikit yang pernah meletakkan laptop diatas paha.

Penjualan laptop setiap tahunnya meningkat hal ini berdasarkan data dari Kompas (Prospek Pasar Laptop, 2010) total penjualan laptop semester I tahun 2010 mencapai 2,18 juta unit, tumbuh 32,46 persen dibandingkan dengan total penjualan laptop semester I tahun 2009 yang sebesar 1,6 juta unit. Laptop mempunyai perangkat dan komponen yang hampir sama dengan komputer, hanya saja ukurannya lebih kecil. Desain laptop dari tahun ke tahun pun mengalami perubahan. Perjalanannya dimulai dari 1970-1980an, berawal dari upaya untuk membuat komputer portabel yang mudah dibawa kemana-mana (Febian, 2017). Laptop saat ini terdapat berbagai jenis dan macamnya, dan setiap tahun selalu mengalami perubahan sesuai dengan spesifikasi masing-masing jenis laptop.

Laptop merupakan teknologi yang memungkinkan individu untuk berdaya komputasi tinggi dimanapun ia berada. Namun dengan manfaat tersebut, komputer portabel memiliki kekurangan secara ergonomis. Menurut Hegde (dalam Thandung, 2013) menjelaskan desain laptop yang begitu portabel semakin menambah potensi resiko ergonomis untuk penggunaan jangka panjang. Beberapa isu ergonomis utama pada laptop diantaranya berkaitan dengan *keyboard*, monitor, dan alat penunjuk. Masalah utamanya adalah berasal dari konstruksi badan laptop yang menyatu yaitu layar dan *keyboard* saling berdekatan. Selain itu laptop biasanya digunakan dalam kondisi on, setelah menggunakannya laptop maka akan di Off kan dengan cara di shut down.

Monitor atau dengan istilah lain VDU (*Video Display Unit*), merupakan salah satu bagian terpenting dari unit komputer dan laptop. Bagian inilah yang paling sering kita pandang bila kita memakai komputer. Selain menampilkan gambar-gambar dan teks, ternyata monitor juga mengeluarkan radiasi dan gelombang-gelombang tertentu yang tidak dapat dideteksi oleh panca indera kita. Gelombang-gelombang dan radiasi lainnya yang mungkin dihasilkan oleh monitor yakni: sinar x, sinar *ultraviolet*, gelombang mikro (*microwave*), radiasi elektromagnetik frekuensi sangat rendah atau *Very Low Frequency* (VLF), radiasi elektromagnetik frekuensi amat sangat rendah atau ELF (Humaidi, 2004). Jika

perubahan medan magnetic dapat menghasilkan medan listrik, maka sebaliknya perubahan medan listrik dapat menghasilkan medan magnet (Tipler, 2001: 398).

Kurmasela, dkk (2013) menunjukkan bahwa responden paling banyak menggunakan laptop rata-rata dalam sehari 2-3 jam dan mulai mengeluhkan CVS antara waktu 2-3 jam dengan keluhan paling banyak mata tegang dan mata kering. Lama pemakaian komputer berpengaruh terhadap kesehatan manusia Ningsih (2015) melaporkan bahwa lama pemakaian komputer pada mahasiswa keperawatan UMS, dari 95 responden 59% menggunakan komputer selama 4 jam/hari dengan rata-rata lama interaksi komputer adalah 5 jam/hari. Hal ini menyebabkan adanya *gejala Computer Vision Syndrome (CVS)* pada responden dengan 59% responden mengalami CVS ringan, 33% responden mengalami CVS sedang, 5% responden tidak mengalami CVS, dan 3% sisanya mengalami CVS berat. Septiansyah (2014) efek dari CVS atau Sindroma penglihatan pada pemakaian komputer adalah mata lelah (tegang), sakit kepala, penglihatan kabur, mata kering, sakit pada leher dan punggung, peka terhadap cahaya dan penglihatan ganda. Menurut penelitian Permana (2015) bahwa factor CVS dipengaruhi oleh lama kerja, jarak mata dengan monitor, intensitas penerangan, sikap kerja pada pekerja rental komputer di wilayah kampus Unnes. Hidayah (2016) melaporkan bahwa pengukuran intensitas medan magnet di ruang kerja pada 7 Lokasi berbeda dengan waktu 08.00, 08.45 dan 09,30 mengalami kenaikan dan penurunan.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Analisis Intensitas Medan Magnet *Extremely Low Frequency (ELF)* di Sekitar Laptop”. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak nyata, bermanfaat pada bidang-bidang terkait dan diharapkan adanya langkah penanggulangan untuk meminimalisir radiasi medan magnet di sekitar laptop.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan oleh peneliti, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana intensitas rata-rata paparan medan magnet ELF disekitar laptop berdasarkan dayanya?
- b. Bagaimana intensitas rata-rata paparan medan magnet ELF disekitar laptop berdasarkan kondisinya?
- c. Bagaimana intensitas rata-rata paparan medan magnet ELF disekitar laptop berdasarkan posisinya?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan dan permasalahan dalam penelitian ini, maka dalam penelitian ini perlu diberi batasan masalah. Adapun batasan permasalahan sebagai berikut:

- a. Suhu udara dianggap konstan.
- b. Suhu laptop dianggap konstan.
- c. Hanya mengukur angka radiasi medan magnet yang didapat melalui pengukuran alat EMR tester.
- d. Daya berdasarkan spesifikasi laptop.
- e. Tingkat kecerahan setiap laptop sama.
- f. System operasi laptop 64 bit.

1.4 Tujuan

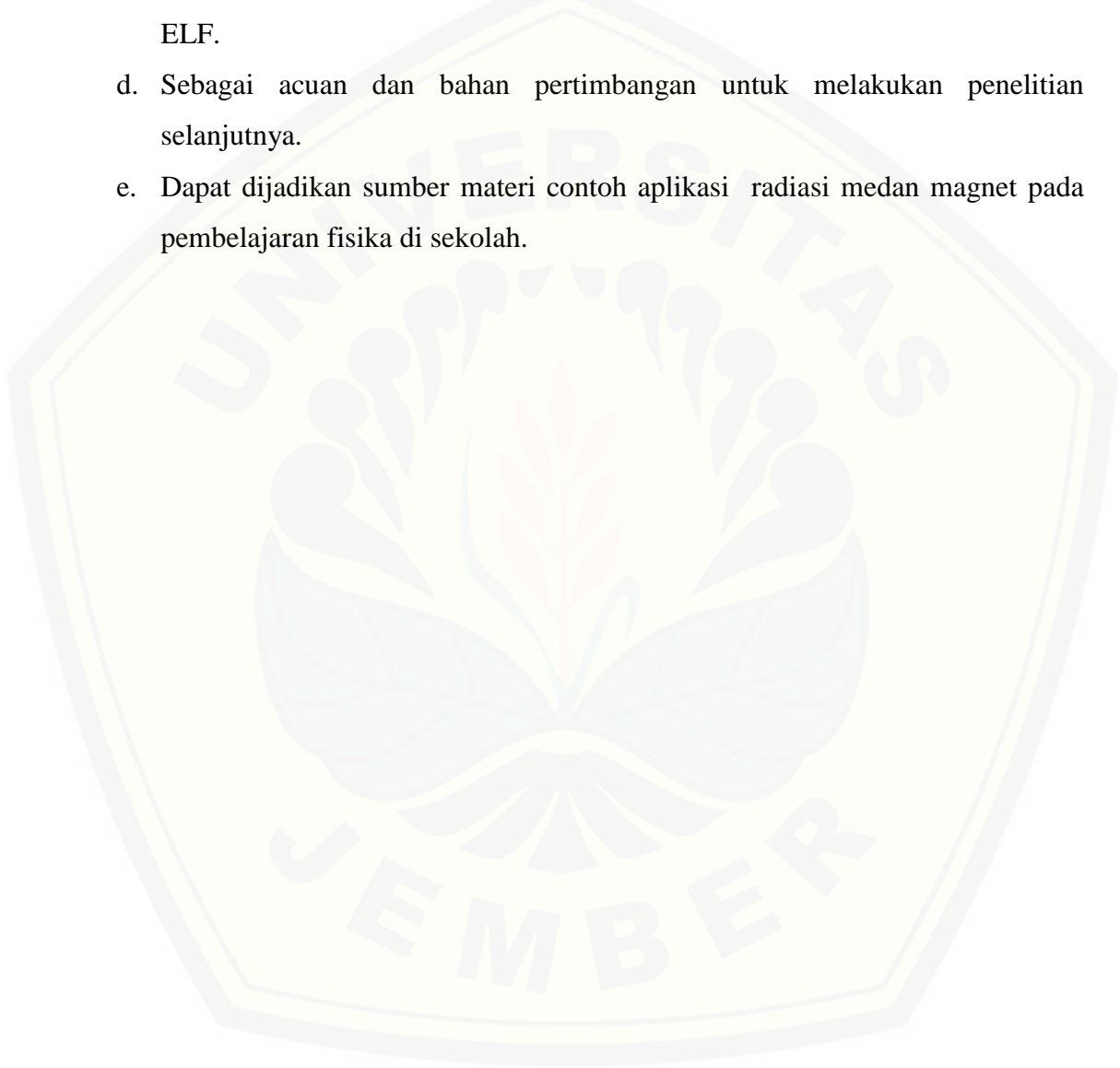
Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendeskripsikan intensitas rata-rata paparan medan magnet ELF di sekitar laptop berdasarkan dayanya.
- b. Mendeskripsikan intensitas rata-rata paparan medan magnet ELF di sekitar laptop berdasarkan kondisinya.
- c. Mendeskripsikan intensitas rata-rata paparan medan magnet ELF di sekitar laptop berdasarkan posisinya.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat, antara lain :

- a. Sebagai informasi ilmiah tentang radiasi medan magnet ELF di sekitar laptop.
- b. Sebagai informasi dan saran penggunaan laptop yang aman dan tanpa resiko.
- c. Sebagai evaluasi tingkat keamanan radiasi lingkungan oleh medan magnet ELF.
- d. Sebagai acuan dan bahan pertimbangan untuk melakukan penelitian selanjutnya.
- e. Dapat dijadikan sumber materi contoh aplikasi radiasi medan magnet pada pembelajaran fisika di sekolah.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

2.1.1 Definisi Gelombang Elektromagnetik



Gambar 2.1 Kuat medan listrik dan medan magnet pada gelombang elektromagnetik (Sumber : Giancoli, 2014).

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang dalam perambatannya tidak memerlukan suatu medium perantara (Young, 2012: 762). Gelombang elektromagnetik pada gambar 2.1 merupakan sifat sinusoidal gelombang yang menunjukkan kuat medan yang dipetakan sebagai fungsi posisi. \vec{B} dan \vec{E} saling tegak lurus satu sama lain dan tegak lurus terhadap arah rambatan. Gelombang elektromagnetik (EM) adalah gelombang transversal yang merupakan gelombang medan, bukan materi, seperti halnya gelombang air atau tali. Sehingga gelombang elektromagnetik dapat merambat melalui ruang vakum. Gelombang elektromagnetik timbul karena adanya muatan listrik yang berosilasi atau muatan listrik yang dipercepat. Berikut kecepatan gelombang elektromagnetik:

$$v = c = \frac{E}{B}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{(8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2})(4\pi \times 10^{-7} \text{ N s}^2 \text{ C}^{-2})}} = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (2.1)$$

(Giancoli, 2014 : 217-218).

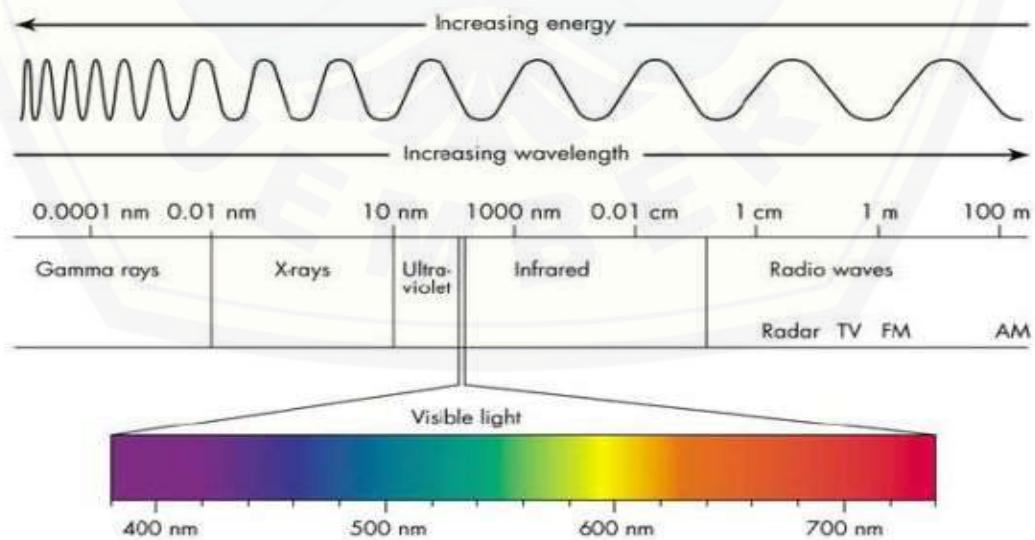
Medan elektromagnetik merupakan medan magnet dan medan listrik yang dihasilkan oleh alam maupun peralatan elektronik yang bermuatan listrik.

Manusia sebagai salah satu sistem biologi diantara sistem biologi lainnya, dimungkinkan akan selalu terpancar oleh medan elektromagnetik (Anies, 2003: 92).

2.1.2 Karakteristik Gelombang Elektromagnetik

Radiasi gelombang elektromagnetik memiliki frekuensi sangat luas, mulai dari frekuensi ekstrem rendah hingga yang sangat tinggi. Arus bolak-balik menghasilkan medan elektromagnetik yang dihasilkan peralatan listrik, misalnya medan frekuensi sangat rendah (ELF) yang mempunyai frekuensi sampai 300 Hz, teknologi yang lain menghasilkan *intermediate frequency* (IF) dengan frekuensi dari 300 Hz sampai 10 MHz dan frekuensi radio (RF) dengan frekuensi 10 MHz sampai 300 GHz, sedangkan frekuensi daya listrik adalah 50 Hz (50 getaran perdetik) atau 60 Hz (Bafaai, 2004).

Gelombang elektromagnetik mempunyai daerah frekuensi yang sangat besar, yaitu dari 10^1 sampai 10^{22} Hz. Dalam ruang vakum gelombang ini menjalar dengan laju sekitar $3,00 \times 10^8$ m/detik. Gelombang elektromagnetik (EM) dapat digolongkan berbagai macam, yang masing-masing memiliki frekuensi tertentu (Sutrisno, 1979: 22). Gelombang elektromagnetik (EM) terdeteksi dalam interval yang lebar dan dikelompokkan seperti gambar 2.2 yang dinamakan spectrum elektromagnetik.



Gambar 2.2 Spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Lau, 2011).

Gelombang radiasi elektromagnetik non-region berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya menurut Tarigan (2013) dikelompokkan sebagai berikut:

- a. *Static EMF* (0 Hz). Sumbernya antara lain medan electromagnet alam, MRI, elektrolisis industrial.
- b. *Extremely Low Frequency (ELF) EMF* (0 – 300 Hz). Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui kabel listrik, tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik. Frekuensi gelombang ini ketika dihasilkan oleh alat elektronik adalah sekitar 50-60 Hz.
- c. *Intermediate Frequency EMF* (300 Hz – 100 kHz). Sumbernya antara lain detector metal, hands free.
- d. *Radio Frequency EMF* (100 kHz -300 GHz). Sumbernya antara lain gelombang TV, radio, ponsel, *microwave oven*.

Spectrum gelombang elektromagnetik dapat dibagi kedalam beberapa macam seperti berikut ini :

- 1) Gelombang ELF mempunyai frekuensi 1 Hz sampai 3 kHz. Panjang gelombang ini lebih dari 100 km. Pada kehidupan sehari-hari frekuensi yang paling sering ditemui yakni 50-60 Hz berasal dari kabel listrik (Gibilisco, 2005). Spectrum gelombang radiasi pada laptop termasuk gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang paling panjang diantara panjang gelombang lainnya, dan memiliki frekuensi yang sangat kecil diantara gelombang lainnya.
- 2) Gelombang Radio, gelombang yang mempunyai panjang gelombang lebih dari 1m. gelombang ini dihasilkan dari terrestrial sumber melalui pergerakan electron pada kawat dalam rangkaian listrik (Halliday, 1994). Gelombang ini sering disebut gelombang RF. Gelombang RF memiliki frekuensi dari beberapa Hz sampai 10^9 Hz = 10^3 MHz, dengan panjang gelombang antara beberapa km sampai 0,3 m (Sutrisno, 1979: 22).
- 3) Gelombang mikro, gelombang ini memiliki panjang gelombang antara 0,3 m turun hingga 10^{-3} m dengan jangkauan frekuensi dari 10^9 hingga 3×10^{11}

Hz. Energi foton berkisar antara 10^{-5} eV sampai 10^{-3} eV. Gelombang ini digunakan dalam radar dan analisis struktur atom dan molekul dan juga dihasilkan oleh alat-alat elektronika (Alonso dan Finn, 1992).

- 4) Gelombang Inframerah, gelombang inframerah memiliki panjang gelombang lebih panjang dari 780 nm tetapi lebih pendek dari 100 μm (Tripler, 2008: 1040). Jangkauan frekuensinya dari 3×10^{11} Hz hingga 4×10^{14} Hz dan energy foton berkisar antara 10^{-3} eV hingga 1,6 eV (Alonso dan Finn, 1992). Gelombang ini diproduksi oleh molekul dan benda-benda suhu kamar yang mudah diserap oleh sebagian besar bahan (Serway dan Jewett, 2004: 1080).
- 5) Cahaya Tampak, gelombang cahaya memiliki daerah spectrum yang sangat sempit, yaitu dalam daerah kepekaan retina mata kita. Daerah panjang gelombang cahaya adalah 3900 Å sampai 7800 Å ($1\text{Å} = 10^{-8}\text{cm}$) yang dikelompokkan pada tabel 2.1 berikut ini.:

Tabel 2.1 Daerah panjang gelombang spectrum cahaya

Warna	(Å)	f (Hz)
Ungu	3900 – 4550	$7,69 - 6,59 \times 10^{14}$
Biru	4550 – 4920	$6,59 - 6,10 \times 10^{14}$
Hijau	4920 – 5770	$6,10 - 5,20 \times 10^{14}$
Kuning	5770 – 5970	$5,20 - 5,03 \times 10^{14}$
Jingga	5970 – 6220	$5,03 - 4,82 \times 10^{14}$
Merah	6220 – 7800	$4,82 - 4,82 \times 10^{14}$

(Sutrisno, 1997: 23-24).

- 6) Ultraviolet, gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang lebih pendek dari 400 nm tetapi lebih dari 10 nm disebut sinar ultraviolet (Tripler, 2008: 1040).
- 7) Sinar X, gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 10 Å sampai 0,6 Å dan frekuensi antara 3×10^{17} Hz hingga 5×10^{19} Hz. Energy foton berkisar 2×10^3 eV hingga $2,4 \times 10^5$ eV (Alonso dan Finn, 1992)
- 8) Sinar Gamma, gelombang electromagnet ini berasal dari inti atom. Panjang gelombang kira-kira 1 Å sampai dengan 10^{-4}Å . Energy sinar gamma adalah dalam daerah energy proses-proses nuklir terjadi, sehingga absorpsi sinar

gamma dapat menyebabkan perubahan di dalam inti atom. Sinar gamma dihasilkan dari beberapa macam bahan radioaktif (Sutrisno, 1997: 25).

2.2 Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell merupakan persamaan dasar untuk elektromagnetisme. Maxwell menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik adalah konsekuensi alami dari hukum dasar yang dinyatakan dalam empat persamaan. Maxwell meletakkan dasar daripada gelombang elektromagnetik dengan membuat persamaan Maxwell yang didasarkan pada hukum-hukum Faraday, Gauss (Coulomb) dan Ampere (Sudaryanto, 2009:91). Keempat persamaan matematis Maxwell tersebut dalam Guenther (1990:27) sebagai berikut:

1. Persamaan I Maxwell

Persamaan I Maxwell (Hukum Gauss tentang medan listrik) menyatakan bahwa fluks medan listrik yang melalui sembarang permukaan tertutup sama dengan $\frac{1}{\epsilon_0}$ dikalikan dengan muatan total di dalam permukaan tersebut. Hukum ini menerangkan bagaimana muatan listrik dapat menciptakan dan mengubah medan listrik yang ditanggapi oleh muatan lain melalui gaya listrik. Hukum Gauss pada medan listrik dapat dinyatakan :

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (2.1)$$

Dimana ρ adalah nilai kerapatan \mathbf{D} perpindahan elektrik (Guenther, 1990: 27).

2. Persamaan II Maxwell

Persamaan II Maxwell (Hukum Gauss tentang magnetik), di dalam magnet tidak ada sumber tunggal, tidak seperti listrik yang memiliki muatan positif (+) saja atau negative (-) saja, dalam magnet keduanya selalu berpasangan (utara (U) dan selatan (S)). Jika hukum Gauss diterapkan pada suatu medan magnet, maka jumlah fluks magnetic yang masuk menembus permukaan Gauss akan sama dengan jumlah fluks magnet yang keluar, sehingga total fluks akan sama dengan nol (Ishaq, 2007: 173). Hukum Gauss pada medan magnet dapat dinyatakan:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.2)$$

Dimana \mathbf{B} merupakan medan magnet (Guenther, 1990: 27).

3. Persamaan III Maxwell

Persamaan III Maxwell (Hukum Faraday tentang Induksi Magnetik) mendeskripsikan perubahan fluks magnetik terhadap waktu akan menimbulkan arus listrik (akibat beda potensial) (Ishaq, 2007:174). Hal ini merupakan prinsip kerja banyak generator listrik. Gaya mekanik (seperti air pada bendungan) memutar sebuah magnet besar, dan perubahan medan magnet ini menciptakan medan listrik yang kemudian disalurkan melalui jala-jala listrik. Hukum Faraday dapat dituliskan:

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0 \quad (2.3)$$

Keterangan:

\mathbf{B} = medan magnet

\mathbf{E} = intensitas medan listrik

(Guenther, 1990: 27).

4. Persamaan IV Maxwell

Persamaan IV Maxwell (Hukum Ampere dan koreksi Maxwell terhadap Hukum Ampere), Hukum Ampere sesungguhnya hanya berlaku pada kasus arus yang konstan, untuk kasus-kasus dimana arus berubah terhadap waktu seperti pada kapasitor, Hukum Ampere memerlukan modifikasi. Harus ada suatu suku tambahan Hukum Ampere yang merupakan “arus tambahan” selain arus konvensional (arus konduksi), Maxwell menamakan suku tambahan ini sebagai “arus perpindahan” (Displacement Current) (Ishaq, 2007: 175-178). Jadi medan magnet dapat ditimbulkan melalui dua cara:

- a. Lewat arus listrik (perumusan awal hukum ampere)
- b. Dengan mengubah medan magnet (tambahan Maxwell)

Perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet dan begitu pula sebaliknya. Dengan demikian, meskipun tidak ada muatan listrik atau arus listrik, masih dimungkinkan adanya gelombang osilasi medan magnet dan medan listrik yang stabil dan dapat merambat terus-menerus.

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2.4)$$

Keterangan:

H = intensitas medan magnet

J = rapat arus

D = perpindahan dielektrik

Respon dinamis dari suatu atom dan molekul pada medium perambatan diberikan melalui:

$$\mathbf{D} = f(\mathbf{E}) \quad (2.5)$$

$$\mathbf{J} = g(\mathbf{E}) \quad (2.6)$$

$$\mathbf{B} = h(\mathbf{H}) \quad (2.7)$$

Keterangan:

J = rapat arus

D = perpindahan dielektrik

B = medan magnet

E = Intensitas medan listrik

H = intensitas medan magnet

Kemudian diasumsikan bahwa hubungan fungsional yang berdiri sendiri dari jarak dan waktu dituliskan sebagai:

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} \quad (2.8)$$

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (2.9)$$

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (2.10)$$

Keterangan:

ϵ = konstanta dielektrik

σ = konduktivitas (Hukum Ohm)

μ = permeabilitas

D dan **B** didefinisikan sebagai;

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} \quad (2.11)$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} + \mathbf{M} \quad (2.12)$$

Dimana **P** adalah polarisasi dan **M** adalah magnetisasi.

Pada persamaan Maxwell, dengan menggunakan persamaan tersebut, dapat dilakukan asumsi sederhana perambatan gelombang elektromagnetik pada suatu

medium. Jika menggunakan asumsi perambatan pada ruang hampa, dengan $\rho = 0$ dan $\mathbf{J} = 0$, maka Persamaan Maxwell memiliki modifikasi sebagai berikut:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (2.13)$$

$$\nabla \cdot (\epsilon \mathbf{D}) = \rho \quad (2.14)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \quad (2.15)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \quad (2.16)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.17)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (2.18)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = -\frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2.19)$$

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (2.20)$$

$$\epsilon \mathbf{E} = \mathbf{D} \quad (2.21)$$

(Guenther, 1990: 27-29).

2.3 Persamaan Gelombang

Perambatan gelombang elektromagnetik pada ruang bebas, persamaan Maxwell mengatur kembali untuk dijelaskan secara ekspilisit bergantung waktu dan koordinat.

$$\frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{B} = \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (2.22)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla \times \left(\frac{-\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{B}) = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\epsilon \mu \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \quad (2.23)$$

Asumsi bahwa ϵ dan μ berdiri sendiri dari waktu memenuhi persamaan untuk ditulis kembali

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.24)$$

Menggunakan identitas vector, dapat ditulis

$$\nabla (\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} = -\epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.25)$$

Karena ruang bebas merupakan bebas muatan $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$, diberikan

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (2.26)$$

Persamaan diatas merupakan persamaan gelombang pada medan listrik. Dengan menggunakan cara yang sama diperoleh

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \epsilon\mu \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad (2.27)$$

Persamaan ini merupakan persamaan gelombang pada medan magnet, dengan kecepatan gelombang

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (2.28)$$

Pada suatu bahan, kecepatan cahaya kurang dari c . Sehingga dapat dikelompokkan ke bahan yang dilukiskan oleh indeks refraksi, perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa terhadap kecepatan suatu medium

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{\epsilon_0\mu_0}} \quad (2.29)$$

Tabel 2.2 Ketetapan Magnetik

Bahan	$\frac{\mu}{\mu_0}$	Kelompok
Perak	0,99998	Diamagnetik
Tembaga	0,99999	Diamagnetik
Air	0,99999	Diamagnetik
Udara	100,000,036	Paramagnetik
Alumunium	1,000,021	Paramagnetik
Besi	500	Ferromagnetik
Nikel	600	Ferromagnetik

(sumber: Guenther, 1990: 30).

Dari tabel 2.2 Menggambarkan bahwa jika bahan magnetik tidak dianggap, maka

$\frac{\mu}{\mu_0} \approx 1$, sehingga

$$n = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} \quad (2.30)$$

(Guenther, 1990: 29-30).

2.4 Energi Gelombang Elektromagnetik dan Vektor Poynting

Gelombang elektromagnetik membawa energy dari suatu daerah ruang yang lain. Energy ini terkait dengan gerak listrik dan medan magnet. Teori kerapatan energy (J/m^3) yang tersipan dalam medan listrik E adalah

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (2.31)$$

Dimana u adalah energy persatuan volume, sedangkan energy yang tersimpan dalam medan magnet B adalah

$$u = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} \quad (2.32)$$

Maka energy total yang tersimpan per satuan volume di suatu tempat dalam ruang dimana terdapat gelombang elektromagnetik adalah

$$u = u_E + u_B \quad (2.33)$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} \quad (2.34)$$

$$u = \frac{1}{2} \left(\epsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{\mu_0} \right) \quad (2.35)$$

Karena $c = \frac{E}{B}$ dan $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ maka

$$u = \frac{1}{2} \left(\epsilon_0 E^2 + \frac{\epsilon_0 E^2}{\mu_0} \right) = \epsilon_0 E^2 \quad (2.36)$$

Kerapatan energy yang berhubungan dengan medan B mempunyai bentuk yang sama, sehingga setiap medan memberikan kontribusi setengah dari total energi.

Maka kerapatan energy dalam bentuk B hanya sebagai berikut:

$$u = \epsilon_0 E^2 = \epsilon_0 c^2 B^2 = \frac{B^2}{\mu_0} \quad (2.37)$$

Hal diatas merupakan penyederhanaan lebih lanjut pada ruang vakum, atau dapat ditulis dalam bentuk yang mengandung E dan B :

$$u = \epsilon_0 E^2 = \epsilon_0 E c B = \frac{\epsilon_0 E B}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.38)$$

atau

$$u = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E B \quad (2.39)$$

(Giancoli, 2014: 222).

Energy gelombang elektromagnetik merupakan energy yang disimpan dalam medan elektromagnet. Hal ini berarti bahwa daya yang diberikan kepada muatan oleh pengaruh luar menyebabkan energy yang tersimpan di dalam medan \vec{E} dan medan \vec{B} akan berkurang disertai pengaliran sejumlah energy dibawa oleh gelombang elektromagnet. Mengikuti integral teorema Stokes:

$$\int_v \nabla \cdot (\vec{E} \times \vec{H}) d\tau = \oint_{\text{permukaan}} (\vec{E} \times \vec{H}) \cdot \hat{n} da \quad (2.40)$$

Ini menyatakan adanya fluks energy yang dibawa gelombang electromagnet melalui permukaan tertutup (Loeksmanto, 1993: 161).

Gelombang elektromagnetik selain dapat merambat juga membawa energy. Perubahan kerapatan energy (energy tiap satuan luas penampang, tiap satuan waktu yang dipindahkan dinyatakan dengan vector poynting (Griffiths, 1999: 380). Menurut Giancolli (2014: 223) bahwa energy yang dipindahkan per satuan waktu per satuan luas dinyatakan sebagai I . Intensitas I untuk gelombang EM sering disebut **vektor poynting** dan dinyatakan dengan lambang S . Arahnya adalah searah dengan perpindahan energinya yang merupakan arah perambatannya dan magnitudonya sama dengan besar intensitasnya ($S=I$).

Menurut Halliday (1977: 564) gelombang elektromagnetik memiliki salah satu ciri penting yaitu dapat mengangkut tenaga dari titik ke titik. Kita dapat menjelaskan banyaknya aliran tenaga per satuan waktu per satuan luas di dalam sebuah gelombang elektromagnetik bidang dengan menggunakan sebuah vector \vec{S} , yang dinamakan *vector poynting*. Vector-vektor \vec{E} dan \vec{B} menunjukkan sebuah nilai-nilai sesaatnya di titik yang ditinjau. John Henry Poynting mendemonstrasikan bahwa kehadiran medan listrik dan medan magnet pada titik yang sama dalam ruang menghasilkan aliran medan energy. Hal ini dinamakan dengan teorema Poynting, dan aliran tersebut dijelaskan dengan vector pointing:

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (2.41)$$

Vector poynting memiliki satuan $J/(m^2 \cdot s)$, karena satuan S akan menggunakan E dalam kuadrat, maka perlu untuk menggunakan bentuk nyata dari E , kita memiliki:

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu} = \frac{\sqrt{\mu\epsilon}}{\mu k} \mathbf{k} \times \mathbf{E} \quad (2.42)$$

dimana

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi) \quad (2.43)$$

$$\mathbf{S} = \frac{\sqrt{\mu\epsilon}}{\mu k} \mathbf{E}_0 \times (\mathbf{k} \times \mathbf{E}_0) \cos^2(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi)$$

$$= \frac{n}{\mu c} |\mathbf{E}_0|^2 \frac{k}{k} \cos^2(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi) \quad (2.44)$$

dimana energi mengalir pada arah rambatan dinotasikan sebagai $\frac{k}{k}$

Pada keadaan normal, \mathbf{S} tidak dapat terdeteksi pada frekuensi sangat tinggi yang terkait dengan cahaya ($\approx 10^{15}\text{Hz}$) tetapi cukup mendeteksi rata-rata sementara \mathbf{S} terhadap waktu T yang ditentukan oleh waktu respon dari detector yang digunakan. Waktu rata-rata \mathbf{S} disebut *flux density* atau kerapatan fluks dengan satuan W/m^2 . Biasa disebut dengan intensitas gelombang cahaya.

$$I = \langle \mathbf{S} \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} \mathbf{A} \cos^2(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi) dt \quad (2.45)$$

dimana

$$\mathbf{A} = \frac{n}{\mu c} |\mathbf{E}_0|^2 \frac{k}{k} \quad (2.46)$$

Keterangan:

\mathbf{S} = laju energy rata-rata per meter persegi yang dipindahkan melalui gelombang elektromagnetik ($\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) = \text{W}/\text{m}^2$)

\mathbf{H} = kuat medan magnet (A/m)

\mathbf{B} = induksi medan magnetic ($\text{Wb}/\text{m}^2 = \text{T}$)

\mathbf{E} = kuat medan listrik (N/C)

\mathbf{A} = vector luasan (m^2)

k = bilangan gelombang

ϵ = konstanta permitivitas listrik

μ = permeabilitas magnetic

(Guenther, 1990: 33-34).

2.5 Medan Elektromagnetik

2.5.1 Medan Listrik

Medan listrik dihasilkan oleh voltage (Volt). Voltage adalah tekanan yang diberikan untuk menghasilkan arus listrik. Kekuatan medan listrik tergantung pada voltage di sumber atau saluran dan jaraknya diatas tanah. Medan berkurang dengan cepat dengan bertambahnya jarak dari sumber. Medan listrik diukur dalam volt per meter (V/m atau kV/m) Medan Listrik merupakan besaran vector yang

memiliki nilai dan arah. Besarnya medan di setiap titik merupakan gaya per satuan muatan (Hewitt, 2008: 203). Medan listrik ditimbulkan oleh perbedaan tegangan. Semakin tinggi tegangan, semakin kuat medan listrik yang akan dihasilkan (WHO, 2007). Secara operasional medan listrik didefinisikan sebagai pengukuran gaya listrik \mathbf{F} (jika ada) yang bekerja pada benda dengan menempatkan muatan uji yang kecil q_0 (anggap positif agar lebih mudah) pada titik di dalam ruang yang akan diselidiki. Medan listrik \mathbf{E} pada titik tersebut didefinisikan sebagai:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (2.47)$$

\mathbf{E} dan \mathbf{F} merupakan sebuah vector, sedangkan q_0 adalah sebuah scalar. Hal ini menunjukkan bahwa arah \mathbf{E} adalah arah \mathbf{F} , yang menyatakan arah sebuah muatan positif yang diam yang ditempatkan pada titik tersebut cenderung bergerak atau medan listrik pada semua titik dalam ruang merupakan vector yang arahnya merupakan arah muatan di titik tersebut, dan besarnya yaitu gaya per satuan muatan (Halliday, 1990: 29).

2.5.2 Medan Magnet

Medan magnet merupakan suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak. Oersted menyatakan perpindahan muatan listrik (arus listrik) akan menimbulkan medan magnet di sekitarnya (Gorsnick, 2005). Medan magnet dapat dihasilkan dengan dua cara. Pertama menggunakan partikel bermuatan listrik yang bergerak, seperti arus di dalam kabel untuk membuat electromagnet. Arus listrik menghasilkan sebuah medan magnet yang dapat digunakan seperti mengontrol *hard drive* komputer atau semacam kepingan logam. Cara lainnya dengan cara partikel elementer seperti electron karena partikel-partikel ini memiliki medan magnet intrinsic di sekitarnya (Halliday dan Walker, 2008:736).

Muatan yang bergerak menghasilkan medan magnetic dan medan ini akan menggerakkan suatu gaya pada muatan bergerak lainnya. Adanya medan magnet di dalam ruang dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan, apabila muatan q memiliki kecepatan v dalam medan magnetic, maka akan nada

gaya yang bergantung pada q sebesar arah dan kecepatannya. Dengan kata lain jika suatu muatan q bergerak dengan kecepatan v dalam medan magnetic \mathbf{B} , gaya magnetic \mathbf{F} pada muatan adalah:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (2.48)$$

(Tripler, 2001: 211).

Persamaan diatas berfungsi sebagai definisi dari medan magnet \mathbf{B} , menunjukkan besar dan arah keduanya (Halliday, 1994: 737). Medan magnet yang ditimbulkan oleh suatu sumber terhadap medium diberikan oleh besaran kuat medan magnet \mathbf{H} , besaran \mathbf{B} dalam hal ini merupakan induksi magnet pada suatu medium yang bernilai:

$$\mathbf{B} = \mu_o \mathbf{H} \quad (2.49)$$

besaran μ_o merupakan permeabilitas dari suatu bahan (Sutrisno dan Gie, 1979: 115). Terdapat beberapa perbedaan antara medan listrik dan medan magnet:

Tabel 2.3 Perbedaan medan listrik dan medan magnet

Medan Listrik	Medan Magnet
1. Medan listrik timbul karena adanya tegangan	1. Medan magnet timbul karena adanya arus
2. Medan listrik diukur dalam volt per meter (V/m)	2. Medan magnet diukur dalam ampere per meter (A/m). umumnya, peneliti EMF menggunakan ukuran yang terkait, kerapatan fluks (dalam microtesla (μT) atau militesla (mT) sebagai gantinya).
3. Medan listrik tetap ada saat perangkat dimatikan	3. Medan magnet ada ketika perangkat dinyalakan dan adanya arus yang mengalir
4. Kekuatan medan listrik akan menurun jika menjauhi sumber	4. Kekuatan medan akan berkurang ketika menjauhi sumber

(Sumber : WHO, 2012).

2.6 Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency*

2.6.1 Pengertian Medan Magnet ELF

Extremely Low Frequency (ELF) EMF memiliki frekuensi sebesar (0-300 Hz). Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui kabel listrik, tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik. Frekuensi gelombang ini ketika dihasilkan oleh alat elektronik adalah sekitar 50-60 Hz (Valentina, 2009).

Energi yang ditransmisikan melalui saluran transmisi dari sumber daya PLN adalah berupa gelombang tegangan listrik bolak-balik yang merambatkan arus AC melalui kawat konduktor dengan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz, sehingga konduktor pada jaringan transmisi PLN merupakan sumber paparan medan elektromagnetik. Radiasi yang dihasilkan oleh muatan yang bergerak osilasi, seperti arus AC pada konduktor dari sumber PLN tersebut adalah tergolong radiasi tidak pegion dan di dalam spectrum gelombang elektromagnetik berada pada frekuensi sangat rendah yaitu kurang dari 300 Hz dan disebut sebagai gelombang elektromagnetik frekuensi sangat rendah (*Extremely Low Frequency*) (Grotel, 1992).

2.6.2 Sumber Gelombang Elektromagnetik ELF

Medan elektromagnetik di sekitar kita dan di kehidupan sehari-hari berasal dari berbagai sumber. Ada sumber-sumber alam seperti medan magnet bumi dan cahaya tampak, inframerah dan ultraviolet. Ada juga banyak sumber buatan manusia *non – ionizing* EMF dihasilkan dimanapun terdapat arus listrik mengalir. Di rumah kita, EMFs muncul dari *microwave oven*, pengering rambut, kabel listrik yang di rumah, perangkat *remote control*, dan sebagainya. Di tempat kerja, dihasilkan oleh layar komputer, tanur listrik industry, motor listrik, dan system anti-pencurian. Di jalanan terdapat EMF lemah berasal dari listrik kereta api dan trem kabel, saluran listrik, radio-frekuensi antena komunikasi untuk layanan darurat, dan di sekitar jaringan nirkabel oleh EMFs dari Wi-Fi dan Bluetooth jenis teknologi. Fitur penting adalah bahwa meskipun ada banyak sumber, mereka sangat lemah (European Commission, 2005: 3).

Sumber medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) yang berasal dari sumber alami maupun buatan seperti berikut ini:

a. Sumber Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) Alamiah

Matahari merupakan sumber paparan medan elektromagnetik alamiah. Pada dasarnya kita telah terpapar medan elektromagnetik ELF secara alamiah. Intensitas paparan medan magnetic ELF alamiah yang dihasilkan bumi rata-rata 10^{-4} V/m untuk medan listrik dan 10^{-9} mili Tesla (mT) untuk medan magnet

(WHO, 1984). Paparan medan listrik dan medan magnet ELF alamiah dihasilkan dari proses alami tanpa peran manusia.

Medan geomagnetic telah diketahui sejak dahulu. Medan geomagnetic merupakan dwikutub utama di alam. Intensitas medan total maksimal $60 \mu\text{T}$ pada kutub magnet, minimal $30 \mu\text{T}$ dekat dengan ekuator. Mendekati garis lintang, medan geomagnetic, di laut kira-kira $45 - 50 \mu\text{T}$. Atmosfir memiliki medan listrik yang langsung melingkar karena perubahan kenegatifan bumi. Kekuatan medan tergantung pada seberapa luas garis lintang geografis, paling rendah di kutub dan ekuator dan paling tinggi di dekat garis lintang (IARC, 2002: 51).

Menurut Swerdlow (2006:12) bahwa medan listrik dihasilkan dari proses atmosfer dan magnetosfer yang menghasilkan sinyal dengan frekuensi mencapai beberapa megahertz ($1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$). Variasi *Extremely Low Frequency* muncul akibat aktivitas matahari di ionosfer dan efek atmosfer seperti pelepasan muatan oleh petir yang menyebabkan resonansi osilasi dalam ionosfer bumi yang disebut resonansi Schauman, sedangkan medan magnet dihasilkan dari medan magnet bumi yang secara berkelanjutan berubah-ubah dengan rentang dari beberapa milisekon hingga 10^{12} tahun. Resonansi Schauman menghasilkan medan magnet sekitar $10^{-5} \mu\text{T}$ pada frekuensi 6-60 Hz.

b. Sumber Gelombang Elektromagnetik *Extremely Low Frequency* (ELF) Buatan

Setiap individu terpapar medan listrik dan medan magnet yang timbul dari berbagai macam sumber yang menggunakan energy listrik pada frekuensi tertentu. Sumber buatan manusia merupakan sumber dominan dari paparan medan beberapa waktu. Ada tiga sumber utama di rumah, peralatan listrik, peralatan rumah tangga, dan kabel, termasuk kabel penyedia listrik ke tiap rumah (IARC, 2002: 52-53).

Paparan medan listrik dan medan magnet ELF dapat dihasilkan oleh aliran arus pada kabel pembangkit listrik dan penggunaan peralatan elektronik. Medan listrik dan medan magnet muncul ketika listrik dihasilkan, ditransmisikan dan didistribusikan dalam kabel atau menggunakan alat-alat elektronika (WHO, 2007: 1). Medan magnet dihasilkan oleh arus listrik yaitu karena adanya gerakan

electron. Ketika suatu alat dihidupkan akan menghasilkan medan magnet. Ketika dalam keadaan Stanby menuju Off medan magnet akan menghilang (Plante, 2011).

Disekitar peralatan listrik rumah tangga juga menghasilkan medan magnet. Dalam beberapa sentimeter dari beberapa peralatan listrik, medan magnet ELF mungkin jauh lebih kuat daripada kuat medan magnet di bawah tiang listrik. Namun, medan biasanya mengalami penurunan ke tingkat yang lebih rendah dalam beberapa meter. Medan paling kuat berada di dekat peralatan yang berasal dari motor listrik, seperti *hair dryers*, dan pengolah makanan. Bagi kebanyakan orang sumber utama paparan medan magnet ELF berasal dari peralatan rumah tangga dan rangkaian kabel rumah tangga (WHO, 2012).

Selain sumber-sumber alam spectrum elektromagnetik juga mencakup bidang yang dihasilkan oleh sumber buatan manusia: sinar-X yang digunakan untuk mendiagnosis anggota tubuh yang rusak setelah kecelakaan. Listrik yang keluar dari setiap soket listrik telah dikaitkan medan elektromagnetik frekuensi rendah. Dan berbagai jenis radiowaves frekuensi yang lebih tinggi digunakan untuk mengirimkan informasi, baik melalui antenna TV, stasiun radio atau BTS ponsel (WHO, 2007).

Tabel 2.4 Hasil Pengukuran Medan Magnet dan Medan Listrik pada Peralatan Rumah Tangga

Jenis Peralatan	n	Kisaran Kuat Medan Listrik (V/m)			Kisaran Kuat Medan Magnet (μ T)		
		z = 3 cm	z = 30 cm	z = 100 cm	z = 3 cm	z = 30 cm	z = 100 cm
Televisi	40	16 - 2300	6 - 480	3 - 310	0,020 - 1,300	0,010 - 0,950	0,004 - 0,275
Kulkas	34	5 - 820	2 - 400	1 - 190	0,016 - 1,325	0,015 - 0,150	0,010 - 0,125
Lampu TL	41	100 - 1540	10 - 420	3 - 160	0,015 - 1,550	0,012 - 0,495	0,015 - 0,400
Setrika	20	11 - 1680	10 - 660	7 - 550	0,011 - 1,080	0,015 - 0,071	0,012 - 0,055
Pendingin ruangan	17	10 - 625	64 - 255	3 - 53	0,035 - 1,375	0,020 - 0,787	0,016 - 0,100
Radio	6	197 - 800	20 - 220	30 - 150	0,036 - 0,387	0,022 - 0,060	0,017 - 0,041
Microwave oven	11	3 - 1060	1 - 440	1 - 150	0,016 - 8,250	0,016 - 4,450	0,016 - 0,725
Kipas Angin	12	71 - 530	30 - 270	8 - 600	0,064 - 0,700	0,020 - 0,362	0,016 - 0,035
Mesin Cuci	5	17 - 350	7 - 150	3 - 140	0,031 - 0,387	0,017 - 0,212	0,016 - 0,062
Hair Dryer	4	160 - 760	30 - 110	1 - 60	0,040 - 0,246	0,017 - 0,137	0,015 - 0,044
Magic jar	4	490 - 1000	8 - 190	8 - 320	0,016 - 0,079	0,016 - 0,084	0,016 - 0,079
Komputer	30	320 - 1058	9 - 321	2 - 130	0,035 - 1,000	0,019 - 0,259	0,016 - 0,162

Keterangan : n = jumlah sampel peralatan rumah tangga/kantor
z = jarak pengukuran.

(Sumber : Athena, 1999: 174).

Medan magnet selain berada disekitar elektronik juga berada disekitar arus AC dan di sekitar kawat berarus. Medan listrik dan medan magnet muncul disekitar rangkaian arus listrik baik AC maupu DC. AC merupakan arus bolak-balik dan merupakan arus yang secara konstan berubah dalam ampiltudo, serta memiliki arah bolak-balik (Jackson, 1989: 1). Arus bolak-balik memiliki keunggulan dalam hal energy listrik yang dapat disalurkan dalam jarak jauh pada tegangan yang tinggi dan arus rendah untuk menghindari kerugian dalam bentuk kalor joule. Lebih dari 99 persen energy listrik yang digunakan sekarang dihasilkan oleh generator listrik dalam bentuk arus bolak-balik. Arus tegangan yang tinggi dapat diubah hampir tanpa kehilangan energy ke tegangan yang lebih rendah dan arus yang tinggi yang disesuaikan dengan penggunaan sehari-hari (Tripler, 2001: 348).

Medan listrik dan medan magnet muncul disekitar rangkaian arus listrik pada listrik AC maupun DC. Medan ini memiliki frekuensi yang dinyatakan dalam Hz (putaran per detik). Medan magnet yang terdapat di sekitar arus AC merupakan medan magnet bervariasi terhadap waktu yang memiliki frekuensi (Samuelsson, 2015: 14). Menurut ICNIRP (2009) bahwa medan magnet disekitar arus DC merupakan medan magnet statis. Medan magnet statis merupakan medan konstan yang tidak bervariasi terhadap arah dan waktu sehingga frekuensi medan ini adalah 0 Hz. Sedangkan untuk medan magnet di sekitar kawat berarus merupakan Medan magnet akibat adanya arus dalam kawat lurus, secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^2} dx \cos\theta \quad (2.50)$$

Dengan $dx = \frac{r^2 d\theta}{y}$, maka

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{y} \cos\theta d\theta \quad (2.51)$$

Dengan menjumlahkan seluruh elemen dengan mengintegrasikan $\theta = 0$ hingga $\theta = \theta_1$ dengan θ_1 merupakan sudut antar garis tegak lurus terhadap kawat, maka diperoleh

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \int_{\theta}^{\theta_1} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{y} \cos\theta \, d\theta \\
 &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{y} \int_{\theta}^{\theta_1} \cos\theta \, d\theta \\
 &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{y} \sin\theta_1
 \end{aligned} \tag{2.52}$$

dengan \mathbf{B} adalah medan magnet, dan y adalah sumbu yang dilalui.

Medan magnet total yaitu jumlah antara B_1 dan B_2 serta menuliskan R bukan y maka diperoleh medan magnetic B akibat potongan kawat lurus yaitu

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{R} (\sin\theta_1 + \sin\theta_2) \tag{2.53}$$

Jika kawat yang digunakan sangat panjang, sudut hampir 90° . Maka untuk kawat yang diperpanjang dengan menetapkan $\theta_1 = \theta_2 = 90^\circ$ diperoleh persamaan

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{R} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \tag{2.54}$$

Pada sembarang titik dalam ruang, garis-garis medan magnetic akibat sembarang kawat panjang, lurus yang menyalurkan arus ternyata menyinggung suatu lingkaran yang berjari-jari R merupakan jarak tegak lurus kawat ke titik medan tersebut (Tipler, 2001: 257-258).

2.6.3 Karakteristik Medan Magnet ELF

Radiasi elektromagnetik adalah kombinasi medan listrik dan medan magnet yang berosilasi dan merambat melewati ruang dan membawa energy dari satu tempat ke tempat lain. Menurut Ministry of Health (2013) bahwa medan listrik dan medan magnet terdapat disekitar arus listrik yang mengalir seperti disaluran listrik dan kabel perumahan maupun pada peralatan listrik. Medan listrik timbul karena adanya muatan listrik, diukur dalam (V/m) dan terlindung oleh bahan umum seperti logam dan kayu, sedangkan medan magnet muncul karena adanya gerakan muatan listrik yakni berupa arus listrik. Medan magnet dinyatakan dalam tesla (T) atau pada umumnya militesla (mT) atau microtesla (μT). Satuan lain yang biasa digunakan adalah Gauss (G). pada umumnya digunakan $10.000 \text{ G} = 1 \text{ T}$. medan magnet ini berbeda dengan medan listrik, karena pada medan ini tidak terlindung oleh sebagian besar bahan umum seperti pada medan listrik, dan dapat

menembusnya dengan mudah. Masing-masing menjadi semakin kuat ketika mendekati sumber dan berkurang ketika menjauhi sumber.

Gelombang elektromagnetik ELF berada pada frekuensi 1-300 Hz. Gelombang elektromagnetik ini dihasilkan tidak hanya ketika aliran listrik dihantarkan melalui kabel listrik, tetapi juga ketika digunakan dalam alat elektronik (OSHA, 2010). Medan magnet ELF merupakan sub-kelas dari medan elektromagnetik (EMF) yang memiliki frekuensi di bawah spectrum gelombang elektromagnetik. Radiasi medan magnet ELF merupakan radiasi non-ionizing yang menggunakan energy listrik untuk langsung ke media biologis. Paparan radiasi medan magnet ELF menghasilkan efek non-termal pada target biologi yang diaplikasikan (Ahmed, 2013: 2). Menurut Tarigan (2013), medan magnet ELF termasuk dalam spectrum gelombang elektromagnetik yang berada pada frekuensi kurang dari 300 Hz yang tergolong dalam non ionizing atau radiasi non pegan. Radiasi non pegan dapat didefinisikan sebagai penyebaran atau emisi energy yang bila melalui suatu media dan terjadi proses penyerapan, berkas energy radiasi tersebut tidak akan mampu menginduksi terjadinya proses ionisasi dalam media tersebut (Alatas, 2003). Sehingga dapat disimpulkan bahwa medan magnet ELF memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Termasuk dalam gelombang elektromagnetik
- b. Bersifat non-ionizing dan non termal
- c. Berada pada frekuensi 0-300 Hz
- d. Medan magnet dan medan listrik dapat diukur terpisah
- e. Medan magnet tidak terhalangi oleh material biasa
- f. Sumber medan magnet mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari seperti saluran listrik, kabel listrik, peralatan elektronik, dan sebagainya.

2.7 Hasil Penelitian Medan magnet dan Dampak Radiasi

Tabel 2.5 Hasil Penelitian Medan Magnet dan Dampak Radiasi terhadap Kesehatan

No	Penelitian Sebelumnya	Metode	Hasil
1.	Pengaruh Medan Magnet ELF pada Kelainan Konginental Bayi Tikus Putih Stain Wistar (Fajri, 2015).	Paparan medan magnet ELF dilakukan selama 10 hari dengan lama paparan 1 jam. Intensitas paparan medan magnet ELF yang digunakan 150, 300 dan 450 μ T.	Pada intensitas 150 μ T sebanyak 3 ekor yaitu tikus putih no 1 dan 2 mati pada hari ke 6 sedangkan bayi tikus no 4 mati pada hari ke 12. Intensitas 300 μ T bayi tikus putih yang mati sebanyak 3 ekor dengan no 1, 2 dan 3 pada hari yang sama yaitu hari ke 6 Intensitas 450 μ T bayi tikus yang mati sebanyak 4 ekor dengan nomer 1, 2, 3, dan 4 mati pada hari yang sama yaitu hari ke 6. Bayi tikus yang mati mencapai setengahnya dari sampel yang ada. Sedangkan untuk kelainan anggota tubuh pada kelas control dan eksperimen tidak memiliki perbedaan. Paparan medan magnet terhadap hispatologi otak tikus putih pada kelompok eksperimen I intensitas 150 μ T = 5,6 sel saraf mengalami kerusakan, kelompok eksperimen II intensitas 300 μ T = 9,6 dan kelompok eksperimen III intensitas 450 μ T = 10. Sedangkan untuk
2.	Pengaruh Medan Magnet ELF pada Massa Jenis tak Tikus Putih (Masyuroh, 2005).	Paparan medan magnet ELF intensitas 150, 300 dan 450 μ T	

No	Penelitian Sebelumnya	Metode	Hasil
			kelompok control = 6,6 sel saraf mengalami kerusakan.
3.	Effects Of Handphone's Elektromagnetic Wave Exposure On Seminiferous Tubules (Victorya, 2015).	Paparan ponsel 800 MHz keadaan menyala selama 8 jam dalam 2 minggu pada kelinci Paparan gelombang elektromagnetik selama 3 jam dalam 3 minggu pada tikus putih	Paparan pada intensitas 800 MHz pada kelinci menunjukkan penurunan signifikan terhadap diameter tubulus seminiferous Menunjukkan gambaran degenerasi pada tubulus seminiferous dengan bentuk ireguler serta memiliki banyak ruang kosong akibat sel yang mengalami peluruhan
4.	Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet terhadap Fungsi Jantung dan Pembuluh Darah Pekerja Operasi dan Pemeliharaan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) Jawa-Bali (Athena, 2008).	Pengukuran dan wawancara pada 166 sampel baik pekerja yang terpajan dan tidak terpajan	Proporsi responden dengan kadar kolesterol dan trigliserid tidak normal pada kelompok pekerja tidak terpajan lebih tinggi dibandingkan yang terpajan. Hasil pemeriksaan EKG terdapat 9,8% mengalami gangguan fungsi jantung (7,4 % gangguan iskemik dan 2,4% gangguan irama jantung, dengan proporsi responden kelompok pekerja terpajan lebih tinggi.
5.	Analisis Kecenderungan Keluhan Kesehatan pada Paparan Medan Elektromagnetik (Budijanto, 2000).	Penelitian merupakan penelitian cross sectional dengan menganalisa gambaran kecenderungan peningkatan proporsi dan wawancara langsung terhadap gangguan kesehatan	Pajanan medan magnet dan medan listrik berkaitan erat dengan keluhan vertigo, jantung berdebar dan sakit kepala. namun kepekaan pada medan elktromagnetik memiliki nilai yang berbeda pada tingkatan

No	Penelitian Sebelumnya	Metode	Hasil
		disekitar sutet 500 KV Sidoarjo pada 229 orang dengan rentang umur 15-49 tahun	usia dan jenis kelamin.
6.	Tingkat Elektromagnetik Laptop dan Pengaruhnya terhadap Keluhan Kesehatan (Thandung, 2013).	Penelitian survey deskriptif dengan cara potong lintang pada beberapa merk laptop dan tipe laptop sebanyak 35 laptop disertai kuesioner	Tingkat radiasi terbanyak pada 35 jenis laptop adalah 0,01-0,10 μ T dengan keluhan terbanyak adalah mata lelah dengan total responden 29 orang (83%).
7.	Analysis Of Extremely Low Frequency Magnetic Field Emission From Laptop Komputers (Brodic, 2016).	Pengukuran pada 10 laptop berbeda pada 6 posisi bagian atas pada kondisi normal di dalam kantor dengan AARONIA NF-5035	Laptop 2 sampai laptop 8 memiliki cluster yang sama dan dianggap aman, Laptop 1 merupakan kategori laptop paling berbahaya, laptop 9 dianggap dalam cluster normal, dan laptop 10 dikategorikan laptop kurang berbahaya. Emisi medan magnet bergantung pada 3 karakteristik laptop yaitu CPU passmark, CPU TPD, dan Max TD
8.	Range Detectetion of the Extremely Low-Frequency Magnetic Field Produced by Laptop's AC Adapter (Brodic, 2017).	Mengukur pada 17 AC adaptor laptop yang berbeda pada kondisi normal dan under stress pada 6 posis bagian atas, bawah , dan 30 cm secara horizontal dan vertikal.	Sisi atas adaptor AC komputer laptop memancarkan emisi medan magnet yang lebih rendah daripada sisi bagian bawah.
9.	Classification of the Extemely Low Frequency Magnetic Field Radiation Measurement from the Laptop Komputers	Mengklasifikasikan lptop berdasarkan aplikasi yang berjalan pada 13	Klasifikasi menunjukkan bahwa medan magnet dari komputer laptop yang

No	Penelitian Sebelumnya	Metode	Hasil
	(Brodic, 2015).	laptop berbeda dan ukuran berbeda, pengukuran dilakukan saat laptop di pasok AC dan baterai saja.	dipancarkan sangat kuat terutama saat sedang dipasok arus AC (charger)
	Measurement of the Extremely Low Frequency Magnetic Field in the Laptop Neighborhood (Brodic, 2015).	Pengukuran pada 10 laptop yang berbeda pada kondisi normal dan under stress	6 laptop diukur pada kondisi normal dan under stree, 4 laptop diukur dalam kondisi normal saja karena tidak memenuhi syarat. Medan magnet pada layar diabaikan. Tingkat radiasi bagian atas laptop memiliki resiko 3 sampai 5 kali lipat dari batas aman saat komputer dalam operasi under stress.

2.8 Batas Ambang Radiasi Medan Listrik dan Medan Magnet

Gelombang elektromagnetik merupakan gabungan dari medan magnet dan medan listrik yang merambat dan membawa energy. Gelombang elektromagnetik tidak pernah lepas dari kehidupan kita. Maka dari itu beberapa Negara membuat standar atau ambang batas sesuai standar nasionalnya sendiri untuk melindungi kesehatan manusia dari pengaruh tingkat medan elektromagnetik di lingkungan kita. Sebagian Negara menggunakan ketentuan yang telah ditetapkan oleh *International Commision Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)* yang diakui secara resmi oleh *World Health Organization (WHO)*. ICNIRP menghasilkan pedoman rekomendasi batas paparan yang ditinjau dari secara berkala dan diperbarui. Berikut tabel pedoman paparan pada tiga wilayah yang menjadi fokus perhatian

Tabel 2.6 Pedoman radiasi oleh ICNIRP

<i>Frequency</i>	<i>European power Frequency</i>		<i>Mobile phone base station frequency</i>		<i>Microwave oven frequency</i>
	<i>50 Hz</i>	<i>50 Hz</i>	<i>900 MHz</i>	<i>1.8 GHz</i>	<i>2.45GHz</i>
	<i>Electri field (V/m)</i>	<i>Magnetik field (μT)</i>	<i>Power density (W/m²)</i>	<i>Power density (W/m²)</i>	<i>Power density (W/m²)</i>
<i>Public exposure limits</i>	5000	100	4.5	9	10
<i>occupational exposure limits</i>	10000	500	22.5	45	

(Sumber: WHO, 2012).

Tabel 2.7 Paparan maksimum medan elektromagnetik

<i>Source</i>	<i>Typical maximum public exposure</i>	
	<i>Electric Field (V/m)</i>	<i>Magnetik flux density (μT)</i>
<i>Natural fields</i>	200	70 (Earth's magnetic field)
<i>Mains power (in homes not close to power lines)</i>	100	0.2
<i>mains power (beneath large power lines)</i>	10000	20
<i>Electric trains and trams</i>	300	50
<i>TV and komputer screens (at operator position)</i>	10	0.7
	<i>Typical maximum public exposure (W/m²)</i>	
<i>TV and radio transmitters</i>	0.1	
<i>Mobile phone base station</i>	0.1	
<i>Radars</i>	0.2	
<i>Microwave ovens</i>	0.5	

(Sumber: WHO, 2012).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan salah satu jenis penelitian dari penelitian kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif adalah salah satu jenis penelitian yang bertujuan mendeskripsikan secara sistematis, factual, atau mencoba menggambarkan fenomena secara detail. Penelitian deskriptif ini dimaksudkan untuk mendeskripsikan situasi atau kejadian secara tepat dan akurat, bukan untuk mencari hubungan atau sebab akibat (Yusuf, 2014: 62-63).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penentuan daerah penelitian menggunakan metode *purposive sampling area*. Tempat Penelitian dilakukan di ruang yang memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Adapun kriteria penentuan tempat penelitian yaitu ruang yang terdapat sedikit peralatan elektronik menyala selama pengambilan data atau tempat terisolir dan tidak ada jangkauan internet. Hal ini agar data yang diperoleh benar-benar berasal dari ELF pada laptop dan tidak ada interverensi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari peralatan elektronik lain salah satunya tidak adanya wifi. Tempat penelitian yang dipilih adalah tanah yang berada di Desa Karangrejo Kecamatan Sumbersari. Tempat ini dipilih karena termasuk kategori pedesaan yang memiliki area yang cukup luas dan jauh dari sumber gelombang elektromagnetik buatan yang dapat mengganggu pembacaan pengukuran, untuk memperoleh nilai intensitas medan magnet.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada semester genap bulan Maret-Mei tahun 2018.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Klasifikasi Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah daya laptop
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah intensitas medan magnet laptop berdasarkan daya laptop.

3.3.2 Definisi Operasional Variabel

Definisi Operasional adalah definisi yang dirumuskan oleh peneliti tentang istilah-istilah yang ada pada masalah peneliti dengan maksud untuk menyamakan persepsi antara peneliti dengan orang-orang yang terkait dengan penelitian (Sanjaya, 2013: 287). Secara operasional variabel penelitian ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan bagian gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang rendah (0-300Hz). Intensitas Medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) merupakan kuat lemahnya suatu medan magnet pada gelombang elektromagnetik frekuensi rendah. Medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak. Intensitas medan magnet dihasilkan dari muatan yang bergerak.
- b. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) arti kata dari *ergonomis* adalah suatu sifat dari kenyamanan. Ergonomis merupakan ilmu pengetahuan dan teknologi yang menekankan pada keamanan, kenyamanan, dan kemudahan pengguna mesin yang dijalankan oleh manusia seperti komputer (Preece, 2002).
- c. Penelitian ini menentukan intensitas medan magnet ELF di sekitar laptop. Jenis laptop yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan kategori semerk, ukuran sama (14 inc) dengan system operasi 64 bit dan daya berbeda. Daya dilihat dari spesifikasi masing-masing laptop. Penelitian ini tidak memperhatikan system Windows yang digunakan pada masing-masing laptop karena windows hanya berkaitan dengan *usabilitas* (tingkat penerimaan) yang mengacu kepada pengguna bisa mempelajari dan menggunakan produk untuk

tujuan tertentu dengan efektif, efisien, dan memperoleh kepuasan dalam penggunaannya (Dumas,1999).

- d. Pengukuran intensitas medan magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan tinggi pengukuran 0,75 m yang didasarkan pada tingi meja yang ideal, dan jarak pengukuran 30 cm. Menurut Wardhana (1997) bahwa meja komputer yang baik adalah 55-75 cm. Menurut Albani (2016) bahwa jarak baca mata normal sekitar 25-35 cm. Pengukuran dilakukan dalam dua kondisi yaitu on dan Stanby menuju Off. Kondisi On dilakukan setelah penggunaan 30 menit. Menurut Kumarsela (2013) menyatakan seseorang mulai mengalami keluhan kurang dari 60 menit, dan seseorang maksimal mengistirahatkan mata dengan melihat objek lain selama 20 menit.

3.4 Subjek Penelitian

3.4.1 Populasi Penelitian

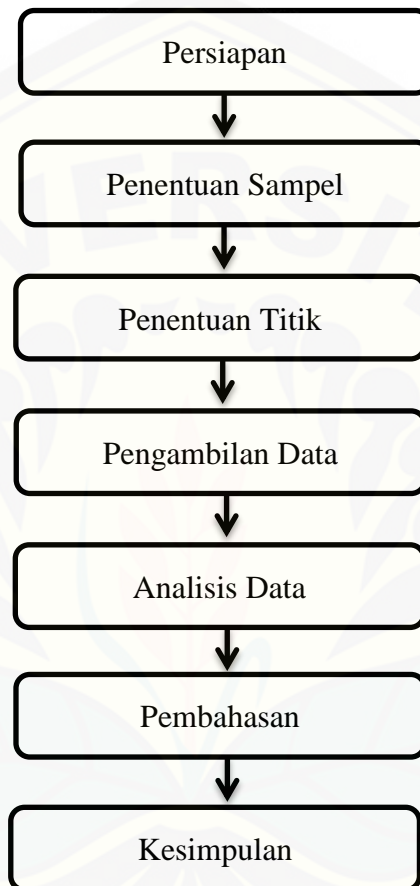
Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri dari objek/subjek yang memiliki kualitas dan kuantitas tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiono, 2015:117). Populasi dari penelitian ini adalah mahasiswa FKIP Pendidikan Fisika. Adapun mahasiswa pada populasi ini adalah mahasiswa yang memiliki laptop. Laptop yang digunakan dalam penelitian ini ada 13 laptop yang sama (merk) dengan ukuran sama yaitu 14 inc namun daya berbeda (konsumsi daya). Daya dari setiap laptop diketahui berdasarkan dari spesifikasi masing-masing laptop.

3.4.2 Sample Penelitian

Menurut Purwanto (2008: 141) sampel merupakan sebagian dari populasi yang memiliki ciri sama dengan populasi. Penentuan sampel menggunakan metode *purposive sampling area*. Pada populasi mahasiswa setelah dilakukan observasi maka dipilih beberapa mahasiswa yang memenuhi kriteria untuk dijadikan sampel. Kriteria mahasiswa untuk sampel terpilih adalah yang memiliki laptop yang semerk, ukuran sama (14 inc dengan system operasi 64 bit) dan daya berbeda (dilihat dari tipe processor), laptop dalam keadaan baik (bisa internetan, dan baterai tidak rusak). Pengukuran dilakukan di titik-titik dimana mahasiswa

menggunakan laptop dalam keadaan digunakan normal seperti melakukan pekerjaan Office, menonton video, dan sebagainya.

3.5 Alur Penelitian



Gambar 3.1 alur penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

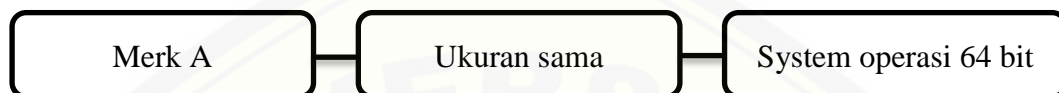
Prosedur penelitian ini merupakan rangkaian kegiatan yang disusun sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Berikut prosedur penelitian yang akan digunakan.

3.6.1 Tahap Persiapan

Tahapan ini meliputi observasi mahasiswa FKIP Pendidikan Fisika di Universitas Jember. Pada tahap ini dilakukan pendataan untuk mengetahui jumlah laptop, jenis laptop, tipe, spesifikasi, windows, ukuran dan tahun keluaran laptop yang dimiliki mahasiswa FKIP Pendidikan Fisika Universitas Jember.

3.6.2 Tahap Penentuan Sampel

Berdasarkan hasil observasi kemudian penentuan sampel penelitian. Penentuan sampel penelitian menggunakan teknik *purposive sampling*. Sampel dikelompokkan menjadi 1 bagian, setiap bagian berisi 13 sampel. 13 sampel merupakan laptop dengan daya berbeda. Sampel penelitian terpilih adalah mahasiswa yang masuk dalam kategori sebagai berikut:



Gambar 3.2 Kategori sampel penelitian

Sampel minimal memenuhi kriteria sebagai berikut:

Merk	ASUS
Jenis Battery	Lithium
Jenis Layar	14 inc (LCD , LED)
System Operasi	64 bit
Spesifikasi	
Processor	Intel or AMD
Tahun	2010-2018
RAM	2 GB – 4 GB
Hardisk	500 GB – 1000GB
Komponen penunjang	Wifi, Kamera, DVD player, dll

Tabel 3.1 Spesifikasi Penelitian

3.6.3 Tahap Penentuan Titik

Tahapan ini dilakukan setelah sampel terpilih. Penentuan titik pengukuran mengacu pada tempat-tempat dimana sedikit interferensi gelombang elektromagnetik. Pengukuran akan dilakukan di 6 titik (bagian depan, belakang, kanan, kiri, atas, dan bawah) pada kondisi on dan kondisi Stanby menuju Off pada jarak 30 cm. Berikut ini merupakan desain penelitian yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.3 ilustrasi titik pengukuran pada laptop

Keterangan :

1. Setiap pengukuran diambil 5 kali pengambilan data pada jarak 30 cm
 2. Pengukuran dilakukan setelah laptop digunakan selama 30 menit
 3. AT = bagian atas laptop (*keyboard*)
 4. BW = bagian bawah laptop
 5. KN = bagian samping kanan laptop
 6. KR = bagian samping kiri laptop
 7. DP = bagian depan layar
 8. BL = bagian belakang layar
 9. L1 – L13 = nomer laptop 1 sampai 13
 10. TDP = Thermal Design Power mewakili daya rata-rata dalam watt
 11. Pt (W) = (Performance (Watt)) (kinerja per watt)
 12. TPC = Typical Power Consumption (khas konsumsi daya)
- b. Pengukuran Intensitas medan magnet ELF pada saat kondisi On dan Standby menuju Off jarak 30 cm bagian atas laptop.

Laptop	Nilai Intensitas Medan Magnet ELF (μT)				
	Pengukuran 1 (μT)	Pengukuran 2 (μT)	AT Pengukuran 3 (μT)	Pengukuran 4 (μT)	Pengukuran 5 (μT)
L1					
L2					
L3					
L4					
L6					
L7					
L8					
L9					
L10					
L11					
L12					
L13					

Keterangan :

1. Setiap pengukuran diambil data 5 kali dan dirata-rata.
2. Pengukuran dilakukan jarak 30 cm saja pada kondisi Standby menuju Off

3. AT = bagian atas laptop (*keyboard*)
4. Awal = waktu pengukuran pertama kali laptop dimatikan
5. L1-L13= laptop 1 sampai laptop 13
6. TDP = Thermal Design Power mewakili daya rata-rata dalam watt
7. Pt (W) = (Performance (Watt)) (kinerja per watt)
8. TPC = Typical Power Consumption (khas konsumsi daya)
9. Karena yang diukur dua kondisi jadi ada 2 tabel lagi

3.6.6 Tahap Pembahasan

Hasil data yang telah didapat saat pengukuran dimasukkan kedalam tabel diatas selanjutnya akan dilakukan perbandingan sesuai dengan literatur yang ada. Pembahasan tersebut meliputi data hasil pengukuran, intensitas medan magnet pada dua kondisi (On dan Stanby menuju Off) dan posisi terbesar intensitas medan magnet, serta perbandingan hasil pengukuran dan nilai batas ambang yang telah ditentukan.

3.6.7 Tahap Kesimpulan

Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan dari seluruh penelitian. Kesimpulan harus berisi jawaban singkat dari rumusan masalah yang telah ditentukan.

3.7 Metode Pengambilan Data

3.7.1 Alat Ukur Medan Magnet ELF

Electromagnetic Radiation Tester atau biasa disebut *EMR tester* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas medan magnet dan medan listrik. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat pengukur digital *Electromagnetic Radiation Tester* versi 3120-EN-00 atau alat Benetech GM-3120.



Gambar 3.4 EMR tester 3120

<https://www.ebay.com/itm/Electromagnetic-EMF-Magnetic-Electric-Field-MicroTesla-V-m-Tester-Meter-Detector-/151677616942>

Berikut spesifikasi alat *Electromagnetic Radiation Tester (EMR tester) 3120-EN-00* atau alat Benetech GM-3120:

Elektromagnetic Tadiation Tester	GM3120
Satuan	Medan listrik (V/m) ; Medan magnet (μ T)
Keakuratan	Medan listrik : 1 V/m ; Medan magnet : 0,01 μ T
Jarak	Medan listrik : 1 V/m – 1999 V/m ; Medan Magnet: 0,01 μ T – 19,99 μ T
Ambang alarm	Medan listrik : 40 V/m; Medan magnet ; 0,4 μ T
Jarak frekuensi	5 Hz – 350 MHz
Operasional suhu	0-50°C
Operasional tegangan	9V
Ukuran	63.3 x 31 x 125.8 mm
Power	6F22 9V battery

Tabel 3.3 Spesifikasi EMR Tester 3120

Langkah-langkah dalam pengambilan data medan magnet di sekitar laptop berdasarkan tahun pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik pengukuran yang akan dilakukan.
2. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 75 cm.
3. Menyalakan alat EMR tester GM 3120 dengan menekan tombol power.
4. Melakukan pengukuran pertama pada laptop pertama pada waktu pertama laptop dihidupkan selama 30 menit dan diukur dengan jarak 30 cm pada 6

posisi sebanyak 5 kali pengukuran, selama pengukuran tekan tombol “HOLD” mengunci pembacaan alat. Jika nilai radiasi sebenarnya berada dalam indeks teknis alat, akan ada nilai yang ditampilkan, namun jika alat tidak menampilkan bacaan, maka hal ini menunjukkan bahwa nilai medan magnet dari sumber lebih kecil dari pada pembacaan minimum alat yaitu 0,01 μT .

5. Dengan menekan “AVG/VPP” selama pengukuran pada kondisi tidak mengunci pembacaan, kita dapat mengganti antara nilai rata-rata atau nilai puncaknya.
6. Melakukan pengukuran pada kondisi Stanby menuju Off dengan jarak 30 cm pada posisi atas saja.
7. Melakukan pengukuran pada laptop yang berbeda.
8. Mencatat hasil yang ditunjukkan oleh layar, keyboard, dan semua posisi, ketika objek yang diukur selama pengukuran mendekati angka nol (0), jika tidak hal ini berarti ada EM yang terdeteksi.
9. Pengukuran diambil rata-rata pada setiap kondisi laptop.
10. Pengukuran dilakukan saat laptop melakukan pekerjaan normal seperti melakukan pekerjaan Office, menonton video, dan mendengarkan musik.

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Nilai intensitas medan magnet berdasarkan daya menunjukkan hasil yang signifikan yang terbukti berbanding lurus. Semakin besar daya pada tipe processor laptop maka semakin besar juga nilai intensitas medan magnetnya, dan sebaliknya semakin kecil daya pada tipe processor laptop maka semakin kecil juga nilai intensitas medan magnetnya
- b. Nilai intensitas medan magnet pada kondisi On dan Stanby menuju Off memiliki nilai yang berbeda, saat kondisi On nilai medan magnet cenderung stabil, sedangkan pada kondisi Stanby menuju Off nilai medan magnet terus mengalami penurunan.
- c. Nilai rata-rata intensitas medan magnet pada setiap posisi masing-masing laptop memiliki nilai berbeda yang artinya semua posisi masing-masing laptop rata-rata memancarkan intensitas medan magnet yang berbeda, hal ini karena letak komponen laptop dalam motherboard terbuat dari bahan dan jenis yang mengeluarkan medan magnet dengan frekuensi berbeda pada setiap laptop.

5.2 Saran

- a. Perlu dilakukan penelitian dan kajian lebih lanjut mengenai nilai intensitas medan magnet selain berdasarkan daya, kondisi, posisi.
- b. Berdasarkan analisis nilai intensitas rata-rata medan magnet ELF setiap posisi atas, bawah, kanan, kiri, depan, dan belakang dan nilai intensitas rata-rata medan magnet ELF semua posisi (6 posisi) menunjukkan bahwa semua posisi (atas, bawah, kanan, kiri, depan dan belakang) laptop memancarkan medan magnet dengan nilai yang tidak terlalu berbeda. Sebaiknya pengguna laptop tidak menggunakan laptop terlalu lama dengan memperhatikan jarak dan

posisi penggunaan laptop yang baik dan benar untuk mengurangi keluhan kesehatan.

- c. Sebaiknya istirahatkan mata untuk mengurangi efek CVS seperti mata tegang, mata kering, sakit kepala, insomnia (susah tidur), sakit leher dan punggung, dan lainnya.
- d. perhatikan peletakan laptop (jangan dipangku), perhatikan posisi tangan saat berada didekat keyboard, gunakan perangkat portabel seperti *Keyboard* dan *mouse* portabel dengan jarak aman minimal 30 cm untuk mengurangi intensitas paparan medan magnet secara langsung. Dan perhatikan posisi laptop dengan anggota tubuh yang lain Karena semua posisi laptop rata-rata memancarkan medan magnet yang sama besar.
- e. Perlu dikembangkan hasil penelitian yang menjadi sumber materi atau bahan ajar radiasi medan magnet pada pembelajaran fisika di sekolah.
- f. Sebaiknya saat mematikan laptop beri waktu beberapa menit untuk menurunkan medan magnet (jangan langsung dimasukkan kedalam tas) karena semua posisi laptop memancarkan medan magnet walaupun pada jarak 30 cm kondisi Stanby menuju Off.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, I., T. Istivam. I. Cosic, dan E. Pirogova. 2013. Evaluation of the Effects of Extremely Low Frequency (ELF) Pulsed Electromagnetic Fields (EMF) on Survival of the Bacterium *Staphylococcus aerus*. *EPJ Nonlinear Biomedical Physics* 2013. 1 (5): 1-17.
- Alatas, Z., dan Y. Lusiyanti. 2001. *Efek Kesehatan Radiasi Non Pexion pada Manusia. Prosiding Seminar Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan*. 23-24 Oktober 2001.
- Albani, Arifin. 2016. Alarm Penanda Jarak Baca dan KURang Cahaya untuk Aktivitas Membaca. Yogyakarta: UNY.
- Almadjikpe, L. A., G. E. Pouchak., dan J. Papapolymerou. 2009. Proximity Effects of Plastic Laptop Covers on Radiation Characteristics of 60-GHz Antennas. *Jurnal Electrical and Komputer Engineering*. USA: Georgia Institute of Technology. (8). 763-766.
- Alonso, M., dan E. J. Finn. 1992. *Dasar-dasar Fisika Universitas (Jilid 2) Medan dan Gelombang*. Terjemahan Lea Prasetyo dan Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Anies. 2003. *Gangguan Kesehatan pada Keluarga yang Bertempat Tinggal di Bawah Saluran Udara Extra Tinggi 500 kV*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Anies. 2005. *Penyakit Akibat Kerja, Berbagai Penyakit Akibat Lingkungan Kerja dan Upaya Penanggulangan, gangguan kesehatan Akibat radiasi Elektromagnetik*. Elex Media Komputundo. Jakarta.
- Asus.com. 2012. Panduan Penggunaan Notebook. https://dlsvr04.asus.com/pub/ASUS/nb/X301A/ID7169_eManual_X301AZ104.pdf [Diakses tanggal 7 Mei 2018].
- Athena., A. T. Tugaswati. Sukar, dan S. S. Soesanto. 1999. Kuat Medan Listrik dan Medan Magnet pada Peralatan Rumah Tangga dan Kantor. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 27 (1): 170-177.

- Athena., Hendro. M., dan Freddy. K. 2008. *Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet terhadap Fungsi Jantung dan Pembuluh Darah Pekerja Operasi dan Pemeliharaan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) Jawa-Bali*. Media Litbang Kesehatan. 18 (4): 202-212.
- Baafai, U. S. 2004. Sistem Tenaga Listrik: Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Kesehatan Masyarakat. *Makalah Orasi Ilmiah*. Medan: Pengukuran Jabatan Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Brodic. D., dan A. Amelio. 2015. Classification of the Extremely Low Frequency Magnetic Field Radiation Measurement from the Laptop Computers. *Measurement Science Review*. 15 (4): 202-209.
- Brodic. D., dan A. Amelio. 2015. Measurement of the Extremely Low Frequency Magnetic Field in the Laptop Neighborhood. *Measurement Science Review*. (76): 39-45
- Brodic. D., dan A. Amelio. 2016. Analysis Of Extremely Low Frequency Magnetic Field Emission From Laptop Computers. *Measurement Science Review*. 8 (1): 143-154.
- Brodic. D., dan A. Amelio. 2017. Range Detectetion of the Extremely Low-Frequency Magnetic Field Produced by Laptop's AC Adapter. *Measurement Science Review*. 17 (1): 1-8.
- Brodic, D. 2017. The Influence of The Extremely Low Frequency Magnetic Field Emission to The Enviromental Neighborhood of The Laptop Users. *Jurnal Technical*. Serbia: University of Belgrade. 5: 21-28.
- Bujianto, D., dan Sudarti. 2000. Ananlisis Kecenderungan Keluhan Kesehatan pada Pajanan Medan Elektromagnetik. Jember: Pusat Penelitian dan Pengembangan Pelayanan Kesehatan Badan Litbang Kesehatan Universitas Jember. 27 (2): 212-223.
- Darwis, A. 2004. *Pedoman Pertolongan Pertama*. Palang Merah Indonesia. Jakarta.

- Dumas, J. S., dan Redish, J. 1999. *A Practical Guide to Usability Testing*, Intellect Ltd. European Commission. 2005. *Health and Electromagnetic Fields*. Luxembourg: Stanby menuju Office for Stanby menuju Official Publications of the Commission 8pp. ISBN 92-79-00187-6.
- Fajri, M. D. 2015. Analisis Dampak Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Intensitas $> 100 \mu\text{T}$ Terhadap Kelainan Konginetal Bayi Tikus Putih Winstar. *Skripsi*. Jember: Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Febian. 2017. Evolusi Laptop dari Masa ke Masa. <https://winpoin.com/seperti-inilah-evolusi-laptop-dari-masa-ke-masa/>. [Diakses pada 7 November 2017].
- Giancoli, D. C. 2014. *PHYSICS Principles with Application*. Seventh Edition. Boston: Pearson Education. Terjemahan oleh Hari, Bayu Sapta dan Sulistiyani, Kiki. 2014. *FISIKA Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Gibilisco, S. 2005. *Electricity Demystified*. New York: McGraw-Hill.
- Gornick, L. 2005. Kartun Fisika. Jakarta: KPG. Hal: 149-156, 117-122.
- Griffiths, D J. 1999. *Introduction to Electromagnetic*. New Jersey: Prentice-Hal, Inc.
- Grotel, E. G. K. Peter, H. Grobinski. 1992. EMF dan ELF Fact Sheet. *Electronok*. 77: 255-260.
- Guenther, R. D. 1990. *Modern Optics*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Halliday, D., dan Robert. Resnick. 1990. *Physics 3rd Edition*. Third Edition. USA. John Wiley & Sons, Inc. Terjemahan oleh Pantur Silaban. 1990. *Fisika Edisi ke 3 Jilid 2*. Cetakan Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Halliday, Resnick and Krane. 1994. *Physics 4th Edition*. Singapore: John Willey and Sans (SEA).
- Halliday, D. 1977. *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

- Halliday, Resnick and Krane. 2008. *Fundamental of Physics 8th Edition*. Danvers: Clearance Center Inc.
- Hewitt, P. G. 2008. *Conceptual Physics Fundamental*. San Fransisco: Pearson Education, Inc.
- Hidayah, N. 2016. Analisis Intensitas Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) di Ruang Kerja. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Humaidi, S. 2014. Radiasi Layar Monitor Komputer Pribadi. *Skripsi*. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Sumatera Utara.
- ICNIRP. 2009. ICNIRP Guidelines on Limits of Static Magnetic Fields. *Health Physics*. 96 (4): 504-514.
- IARC. 2002. *IARC Monographs on The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 80 Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*. France: IARC Press.
- Ishaq, M. 2007. *Fisika Dasar Elektisitas dan Magnetisme*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jackson, R. A. 1998. *Introduction to Alternating Current and Transformers*. USA: NAVAL Education and Training Professional Development and Technology Center.
- Juraida. 2016. Survey Perilaku Mahasiswa dalam Menggunakan Komputer Portabel. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*. 3(1): 37-45.
- Kompas. 2010. *Prospek Pasar Laptop Semakin Top*. <http://nasional.kompas.com/read/2010/07/30/1338421/Prospek.Pasar.Laptop.Semakin.Top> [Diakses pada 3 November 2017].
- Kurmasela. 2013. Hubungan Waktu Penggunaan Laptop dengan Keluhan Penglihatan pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal e-Biomedik (eBM)*. 1 (1): 291-299.

- Lau, A. 2011. 5 Electromagnetic Spectrum. <http://www.jadeitejade.com/2011/07/electromagnetic-spectrum/> [diakses 3 Desember 2017].
- Loeksmanto, W. 1993. Medan Elektromagnet. Bandung: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi FMIPA-ITB.
- Maysuroh, E. I. 2005. *Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) 150 μ T, 300 μ T, 450 μ T Terhadap Massa Jenis Otak pada Tikus Putih*. Jember: Universitas Jember.
- Ministry of Health. 2013. *Electric and Magnetic Fields and Your Health 2013 Edition*. Wellington: Ministry of Health.
- Nguyen, D. N., Guertin, J. D. Patterson. 2005. The Effect of Total Ionizing Dose Degradation on Laptop Hard Disk. *Jurnal Technology*. California: California Institute of Technology. 1-4.
- Ningsih, W. 2015. Analisis Hubungan Lama Interaksi Komputer terhadap Terjadinya Gejala *Komputer Vision Syndrome* pada Mahasiswa Jurusan Keperawatan Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nugroho, S. A. 2014. Nama dan Fungsi Komponen Motherboard. <http://ilmuti.org/wp-content/uploads/2014/03>Nama-dan-Fungsi-Komponen-Motherboard.pdf> [Diakses 8 Mei 2018].
- OSHA. 2010. *Extremely Low Frequency (ELF) Radiation*. [Serial Online] <https://www.osha.gov/SLTC/elfradiation/> [Diakses 3 Desember 2017].
- Permana, M. A., Koesyanto, H., Mardiana. 2015. Faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Komputer Vision Syndrome (CVS) pada Pekerja Rantal Komputer di Wilayah UNNES. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*.(3). 48-57.
- Plante, M. 2011. *The Power System and Health Electric and Magnetic Fields*. Library and Archives Canada: Hydro-Quebe ISBN 978-2-550-63334-1.

- Preece, R. S. 2002. *Interaction Design: Beyond Human Komputer Interaction*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Purwanto. 2008. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Samuelsson, A. 2015. *Bioelectromagnetics for Improved Crop Productivity*. Swedia: Swedish University of Agricultural Science.
- Sanjaya, W. 2013. *Kurikulum dan Pembelajaran: Teori dan Praktik Pengembangan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Grup.
- Septiansyah, Randy. 2014. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kelelahan Mata pada Pengguna Komputer di PT Duta Astakona*. Jakarta : UIN Syarif Hidayatullah.
- Serway, R. A & Jewett, J. W. 2004. *Physics for Scientists and Engineers 6th Edition*. Pomona: Thomson Brooks/cole.
- Sudarti, dan D. Helianti. 2005. The Effect of Alteration 11-10 the to Immuno Modulation Response on Bul/C Mice Exposed Extremely Low Frequency Magnetic Field 20 μ T. *Jurnal saintifika*. Jember: Universitas Jember. 6 (1): 46-44.
- Sudaryanto. 2009. *Medan Elektromagnetik*. Jember: Jember University Press.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Suhatin. D., Sudarti, dan T. Prihandono. 2017. Analisis Intensitas Medan Magnet ELF (Extremely Low Frequency) di Sekitar Peralatan Elektronik dengan Daya ≥ 1000 W. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 6 (2) : 203-209.
- Sukar., W. Riyadina. 2008. Radiasi Medan Listrik dan Medan Magnet dalam Kaitannya dengan Kejadian Hipertensi dan Distres di Lingkungan Kerja. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. E-ISSN. 7 (3) : 829-837.

Sutrisno dan T.I. Gie. 1979. *Fisika Dasar I: Listrik Magnet dan Termofisika*. Bandung: ITB.

Sutrisno. 1979. *Fisika Dasar: Gelombang dan Optik*. Bandung: ITB.

Swerdlow, A. J. 2006. *Power Frequency Electromagnetic Fields, Melatonin, and The Risk of Breast Cancer (Report of An Independent Advisory Group on Non-Ionizing Radiation). Series B: Radiation, Chemical and Environmental Hazards*. London: The Health Protection Agency.

Tarigan, T. R. P. 2013. Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik yang Ditimbulkan oleh Telepon Seluler. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1 (1):

Thandung. T. R. P. 2013. Studi Tingkat Radiasi Elektromagnetik Beberapa Laptop dan Pengaruhnya Terhadap Keluhan Kesehatan. *Jurnal e-Biomedik (eBM)*. 1 (2) : 1058-1063.

Tipler, P. A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Alih Bahasa oleh Bambang Soegijono. Jakarta: Erlangga.

Tipler, P. A. 2008. *Physics for Scientists and Engineers 6th Edition*. New York: W. H Freeman and Company.

Tribuana, Ir. Nana. 2000. *Pengukuran Medan Listrik dan Medan Magnet di bawah SUTET 500kV*. [Serial Online] Nomor 32, Tahun VI, Agustus 2000. <http://elektroindonesia.com/elektro/ener32a.html> [Diakses pada 3 November 2017].

Valentina. 2009. Pengaruh Pemanjangan Gelombang Elektromagnetik Terhadap Infertilitas Mencit BULB/C. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Victorya, R. M. 2015. Effects of Handphone's Electromagnetic Wave Exposure on Seminiferous Tubules. *J Majority*. 4 (3): 99.

Wardhana, A. W. 1997. <https://www.elektroindonesia.com/elektro/komput6.html> [Diakses 3 Desember 2017]

WHO. 1984. *Environments Health Criteria 35 Extremely Low Frequency (ELF) Fields*. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc35.htm> [Diakses 3 Desember 2017].

WHO. 2007. *Elektromagnetic Field and Public Health*. <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/en/> [Diakses pada 7 November 2017].

WHO. 2012. *What Are Elektromagnetic Fields?*. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> [Diakses 3 Desember 2017].

Young, H. D. 2012. *College Physics 9th Edition*. San Fransisco: Person Education, Inc.

Yusuf, M. 2014. *Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif & Penelitian Gabungan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.

LAMPIRAN A. Matriks Penelitian

MATRIKS PENELITIAN

NAMA : SHANTI DEWI AGUSTINA

NIM : 140210102041

RG : Electromagnetics Learning

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	JENIS PENELITIAN	SUMBER DATA	TEKNIK PENGAMBILAN DATA	ANALISIS DATA	ALUR PENELITIAN
Analisis intensitas Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) di Sekitar Laptop	a. Mendeskripsikan intensitas rata-rata paparan medan magnet di sekitar laptop berdasarkan dayanya. b. Mendeskripsikan intensitas rata-rata paparan medan magnet di sekitar laptop berdasarkan kondisinya. c. Mendeskripsikan intensitas rata-rata paparan medan magnet di	Penelitian Deskriptif	1. Subyek penelitian : jenis dan system operasi laptop mahasiswa FKIP Universitas Jember 2. Buku / Referensi 3. Jurnal 4. Dokumentasi	1. Pengukuran 2. Dokumentasi	1. Pengukuran intensitas medan magnet	1. Pesiapan 2. Penentuan sampel 3. Penentuan titik 4. Pengambilan data 5. Analisis data 6. Pembahasan 7. kesimpulan

	sekitar laptop berdasarkan posisinya.					
--	---	--	--	--	--	--

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Anggota

Drs. Sri Handono Budi P, M.Si
NIP. 19580318 198503 1 004

Drs. Sudarti, M.Kes
NIP. 19620123 198802 2 001

LAMPIRAN B. Data Keseluruhan

Daya				
no	tahun	TDP	Pt (W)	TPC
L1	2017	6 W	10.99	4.88 W
L2	2016	6 W	11.31	4.88 W
L3	2015	7.5 W	7.03	6.09 W
L4	2012	9 W	3.94	7.31 W
L5	2016	15 W	5.56	12.19 W
L6	2014	15 W	10.63	12.19 W
L7	2014	15 W	31.79	12.19 W
L8	2014	15 W	50.39	12.19 W
L9	2012	17 W	6.94	13.81 W
L10	2012	18 W	2.97	14.63 W
L11	2012	18 W	1.49	30.2 W
L12	2012	35 W	3.55	28.44 W
L13	2012	35 W	3.68	28.44 W

Keterangan:

1. L1-L13= laptop 1 sampai laptop 13
2. TDP = Thermal Design Power mewakili daya rata-rata dalam watt
3. Pt (W) = (Performance (Watt)) (kinerja per watt)
4. TPC = Typical Power Consumption (khas konsumsi daya)

Intensitas Medan Magnet (μT)																		
AT							BW						KN					
NO	P1	P2	P3	P4	P5	rata-rata	P1	P2	P3	P4	P5	rata-rata	P1	P2	P3	P4	P5	rata-rata
L1	0.44	0.44	0.49	0.47	0.44	0.456	0.52	0.42	0.44	0.42	0.47	0.454	0.42	0.42	0.47	0.42	0.4	0.43
L2	0.59	0.44	0.59	0.42	0.44	0.496	0.49	0.54	0.63	0.57	0.74	0.594	0.39	0.34	0.44	0.34	0.4	0.376
L3	0.37	0.44	0.42	0.47	0.44	0.428	0.47	0.42	0.44	0.44	0.42	0.438	0.44	0.52	0.42	0.44	0.4	0.448
L4	0.42	0.47	0.47	0.52	0.52	0.48	0.49	0.54	0.47	0.52	0.52	0.508	0.42	0.47	0.44	0.42	0.4	0.434
L5	0.49	0.42	0.44	0.44	0.44	0.446	0.47	0.44	0.42	0.47	0.49	0.458	0.52	0.42	0.44	0.44	0.4	0.452
L6	0.47	0.42	0.44	0.44	0.42	0.438	0.44	0.47	0.42	0.47	0.42	0.444	0.49	0.52	0.57	0.57	0.6	0.548
L7	0.42	0.42	0.42	0.47	0.44	0.434	0.44	0.42	0.52	0.42	0.44	0.448	0.42	0.44	0.42	0.44	0.4	0.428
L8	0.42	0.52	0.42	0.37	0.39	0.424	0.42	0.44	0.44	0.47	0.42	0.438	0.47	0.47	0.69	0.52	0.5	0.524
L9	0.52	0.52	0.42	0.42	0.39	0.454	0.49	0.47	0.44	0.44	0.47	0.462	0.42	0.47	0.49	0.47	0.5	0.464
L10	0.54	0.42	0.42	0.42	0.47	0.454	0.44	0.47	0.42	0.47	0.52	0.464	0.47	0.47	0.47	0.52	0.5	0.48
L11	0.49	0.49	0.54	0.44	0.44	0.48	0.52	0.52	0.44	0.52	0.44	0.488	0.39	0.42	0.44	0.39	0.4	0.406
L12	0.44	0.52	0.52	0.47	0.59	0.508	0.44	0.54	0.49	0.52	0.59	0.516	0.44	0.64	0.67	0.62	0.6	0.592
L13	0.69	0.67	0.67	0.54	0.57	0.628	0.59	0.52	0.49	0.59	0.57	0.552	0.44	0.42	0.42	0.52	0.4	0.448

Intensitas Medan Magnet (μT)																		
NO	KR						DP						BL					
	P1	P2	P3	P4	P5	rata-rata	P1	P2	P3	P4	P5	rata-rata	P1	P2	P3	P4	P5	rata-rata
L1	0.67	0.74	0.62	0.59	0.62	0.648	0.49	0.49	0.47	0.47	0.49	0.482	0.39	0.34	0.37	0.39	0.4	0.372
L2	0.59	0.39	0.44	0.34	0.37	0.426	0.44	0.47	0.44	0.34	0.42	0.422	0.34	0.42	0.37	0.34	0.4	0.368
L3	0.42	0.47	0.44	0.44	0.42	0.438	0.52	0.62	0.69	0.57	0.57	0.594	0.52	0.52	0.42	0.42	0.4	0.464
L4	0.44	0.47	0.49	0.47	0.44	0.462	0.47	0.47	0.44	0.49	0.47	0.468	0.42	0.44	0.42	0.42	0.4	0.428
L5	0.47	0.44	0.47	0.42	0.47	0.454	0.77	0.59	0.69	0.59	0.72	0.672	0.29	0.27	0.29	0.34	0.3	0.302
L6	0.44	0.52	0.42	0.44	0.47	0.458	0.49	0.52	0.57	0.57	0.49	0.528	0.34	0.37	0.39	0.34	0.4	0.362
L7	0.74	0.69	0.64	0.87	0.69	0.726	0.47	0.49	0.47	0.42	0.44	0.458	0.37	0.39	0.34	0.34	0.3	0.352
L8	0.64	0.52	0.49	0.52	0.47	0.528	0.52	0.52	0.54	0.52	0.69	0.558	0.37	0.37	0.39	0.34	0.4	0.372
L9	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.478	0.57	0.59	0.62	0.47	0.57	0.564	0.42	0.42	0.44	0.44	0.4	0.428
L10	0.52	0.67	0.62	0.74	0.77	0.664	0.47	0.47	0.49	0.52	0.54	0.498	0.39	0.39	0.34	0.34	0.4	0.376
L11	0.64	0.67	0.54	0.57	0.64	0.612	0.87	0.82	0.69	0.62	0.64	0.728	0.34	0.34	0.42	0.42	0.4	0.382
L12	0.49	0.79	0.52	0.64	0.87	0.662	0.42	0.42	0.44	0.42	0.47	0.434	0.44	0.42	0.44	0.44	0.4	0.432
L13	0.52	0.74	0.62	0.62	0.62	0.624	0.44	0.42	0.47	0.57	0.59	0.498	0.44	0.39	0.42	0.44	0.6	0.452

Nilai Intensitas Medan Magnet ELF (μT) Kondisi Stanby menuju Off							
AT							
Laptop	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	rata-rata	
L1	0.44	0.35	0.22	0.09	0.07	0.234	
L2	0.47	0.34	0.19	0.17	0.02	0.238	
L3	0.42	0.29	0.19	0.17	0.09	0.232	
L4	0.52	0.35	0.27	0.12	0.04	0.26	
L5	0.42	0.34	0.22	0.17	0.09	0.248	
L6	0.47	0.35	0.19	0.17	0.07	0.25	
L7	0.47	0.37	0.22	0.17	0.02	0.25	
L8	0.42	0.34	0.29	0.12	0.09	0.252	
L9	0.47	0.34	0.27	0.12	0.09	0.258	
L10	0.47	0.37	0.29	0.17	0.04	0.268	
L11	0.49	0.34	0.27	0.19	0.09	0.276	
L12	0.47	0.39	0.29	0.19	0.09	0.286	
L13	0.52	0.37	0.29	0.17	0.09	0.288	

Nilai Intensitas Medan Magnet ELF (μT) Kondisi On							
AT							
Laptop	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	rata-rata	
L1	0.44	0.42	0.49	0.47	0.44	0.452	
L2	0.59	0.44	0.59	0.42	0.44	0.496	
L3	0.37	0.44	0.42	0.47	0.44	0.428	
L4	0.42	0.47	0.47	0.52	0.52	0.48	
L5	0.49	0.42	0.44	0.44	0.44	0.446	
L6	0.47	0.42	0.44	0.44	0.42	0.438	
L7	0.42	0.42	0.42	0.47	0.44	0.434	
L8	0.42	0.52	0.42	0.37	0.39	0.424	
L9	0.52	0.52	0.42	0.42	0.39	0.454	
L10	0.54	0.42	0.42	0.42	0.47	0.454	
L11	0.49	0.49	0.54	0.44	0.44	0.48	
L12	0.44	0.52	0.52	0.47	0.59	0.508	
L13	0.69	0.67	0.67	0.54	0.57	0.628	

LAMPIRAN C. Data Hasil SPSS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

			laptop	TDP	Pt/W	TPC	ATAS	BAWA H	KANA N	KIRI	DEPA N	BELAK ANG	Intensitas Rata-rata Medan Magnet Semua Posisi
N			13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Normal Parameters ^{a,b}	Mean		7.00	16.269 2	11.5592	14.418 5	.4712	.4818	.4638	.5565	.5326	.3888	.4825
	Std. Deviation		3.894	9.3777 6	14.0108 6	8.9647 5	.05381	.04819	.05945	.10283	.09014	.04212	.02606
Most Differences	Extreme Absolute		.087	.273	.353	.260	.227	.260	.194	.167	.188	.209	.305
	Positive		.087	.273	.353	.260	.227	.260	.194	.162	.188	.179	.305
	Negative		-.087	-.138	-.236	-.172	-.190	-.181	-.119	-.167	-.110	-.209	-.143
Test Statistic			.087	.273	.353	.260	.227	.260	.194	.167	.188	.209	.305
Asymp. Sig. (2-tailed)			.200 ^{c,d}	.009 ^c	.000 ^c	.017 ^c	.066 ^c	.017 ^c	.192 ^c	.200 ^{c,d}	.200 ^{c,d}	.125 ^c	.002 ^c

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Correlations

		TDP	Pt/W	TPC	Intensitas Rata-rata Medan Magnet Semua Posisi
TDP	Pearson Correlation	1	-.188	.877**	.888**
	Sig. (2-tailed)		.539	.000	.000
	N	13	13	13	13
Pt/W	Pearson Correlation	-.188	1	-.264	-.287
	Sig. (2-tailed)	.539		.384	.341
	N	13	13	13	13
TPC	Pearson Correlation	.877**	-.264	1	.941**
	Sig. (2-tailed)	.000	.384		.000
	N	13	13	13	13
Intensitas Medan Magnet Semua Posisi	Rata-rata Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	.888** .000 13	-.287 .341 13	.941** .000 13	1 13

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Laptop	65	1	13	7.00	3.771
TDP	65	6.00	35.00	16.2692	9.07997
kinerja	65	1.49	50.39	11.5592	13.56596
TPC	65	4.88	30.20	14.4185	8.68008
AT	65	.37	.69	.4712	.06875
BW	65	.42	.74	.4818	.06100
KN	65	.34	.69	.4638	.07132
KR	65	.34	.87	.5523	.12318
DP	65	.34	.87	.5311	.10273
BL	65	.27	.57	.3915	.05374
Valid (listwise)	N 65				

Uji ANOVA

ANOVA

MM

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.224	5	.045	9.204	.000
Within Groups	.351	72	.005		
Total	.575	77			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: mm

LSD

(I) posisi	(J) posisi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
atas	bawah	-.01062	.02737	.699	-.0652	.0440
	kanan	.00738	.02737	.788	-.0472	.0620
	kiri	-.08523*	.02737	.003	-.1398	-.0307
	depan	-.06138*	.02737	.028	-.1160	-.0068
	belakang	.08246*	.02737	.004	.0279	.1370
bawah	atas	.01062	.02737	.699	-.0440	.0652
	kanan	.01800	.02737	.513	-.0366	.0726
	kiri	-.07462*	.02737	.008	-.1292	-.0200
	depan	-.05077	.02737	.068	-.1053	.0038

	belakang	.09308*	.02737	.001	.0385	.1476
kanan	atas	-.00738	.02737	.788	-.0620	.0472
	bawah	-.01800	.02737	.513	-.0726	.0366
	kiri	-.09262*	.02737	.001	-.1472	-.0380
	depan	-.06877*	.02737	.014	-.1233	-.0142
	belakang	.07508*	.02737	.008	.0205	.1296
kiri	atas	.08523*	.02737	.003	.0307	.1398
	bawah	.07462*	.02737	.008	.0200	.1292
	kanan	.09262*	.02737	.001	.0380	.1472
	depan	.02385	.02737	.387	-.0307	.0784
	belakang	.16769*	.02737	.000	.1131	.2223
depan	atas	.06138*	.02737	.028	.0068	.1160
	bawah	.05077	.02737	.068	-.0038	.1053
	kanan	.06877*	.02737	.014	.0142	.1233
	kiri	-.02385	.02737	.387	-.0784	.0307
	belakang	.14385*	.02737	.000	.0893	.1984
belakang	atas	-.08246*	.02737	.004	-.1370	-.0279
	bawah	-.09308*	.02737	.001	-.1476	-.0385
	kanan	-.07508*	.02737	.008	-.1296	-.0205
	kiri	-.16769*	.02737	.000	-.2223	-.1131
	depan	-.14385*	.02737	.000	-.1984	-.0893

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

LAMPIRAN D . Dokumentasi



