

**ANALISIS PRODUKSI SEL CD4 DENGAN KULTUR PHERIPHERAL BLOOD
MONONUCLEAR CELL (PBMC) AKIBAT PAPARAN GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK FREKUENSI RADIO**

TESIS

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister**



Oleh:

**Anis Sulalah
176090300111014**

**PROGRAM STUDI S2 FISIKA
MINAT FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA**

**PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2019





HALAMAN PENGESAHAN
TESIS

ANALISIS PRODUKSI SEL CD4 DENGAN KULTUR PHERIPHERAL BLOOD
MONONUCLEAR CELL (PBMC) AKIBAT PAPARAN GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK FREKUENSI RADIO

Oleh:

Anis Sulalah
176090300111014

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 31 Januari 2019
dan dinyatakan lulus

KOMISI PEMBIMBING

Ketua

Anggota

Chomsin S. Widodo., S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 196910201995121002

Dr. Eng. Agus Naba., S.Si., MT
NIP. 197208061995121001

Mengetahui
Ketua Program Studi S2 Fisika

Mauludi Ariesto Pamungkas, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197304122000031013

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL TESIS:

ANALISIS PRODUKSI SEL CD4 DENGAN KULTUR PHERIPHERAL BLOOD MONONUCLEAR CELL (PBMC) AKIBAT PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK FREKUENSI RADIO

Nama Mahasiswa : Anis Sulalah

NIM : 176090300111014

Program Studi : S2 Fisika

Minat : Biofisika dan Fisika Medis

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Chomsin S. Widodo, S.Si, M.Si, Ph.D

Anggota : Dr. Eng. Agus Naba., S.Si., MT

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Sri Herwiningsih, S.Si., M.App.Sc, Ph.D

Dosen Penguji 2 : Ahmad Nadhir, S.Si., M.T., Ph.D

Tanggal Ujian : Januari 2019

SK Penguji :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan (plagiat) tesis, saya bersedia Tesis (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, Januari 2019

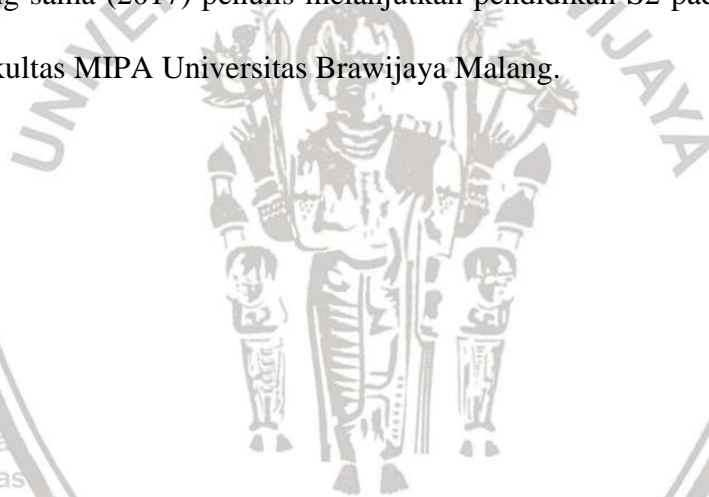
Anis Sulalah
NIM. 176090300111014



RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Anis Sulalah, lahir di kabupaten Pamekasan, Madura Jawa Timur pada tanggal 15 Desember 1995. Anak ke-4 dari (Alm) K. Subli dan Ny. Musyarrofah Hasi.

Riwayat pendidikan penulis dimulai di SDN Buddagan II kabupaten Pamekasan Jawa Timur tahun 2001 – 2007, lalu dilanjutkan ke SMP Negeri 5 Pamekasan, Jawa Timur tahun 2007 – 2010, dan dilanjutkan ke SMA Negeri 3 Pamekasan, Jawa Timur tahun 2010 – 2013. Lulus dari SMA, penulis melanjutkan studi ke Universitas Brawijaya Malang Jurusan Fisika Fakultas MIPA pada tahun 2013-2017. Pada tahun yang sama (2017) penulis melanjutkan pendidikan S2 pada program studi Ilmu Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Chomsin Sulistya Widodo, S.Si., M.Si., Ph.D selaku pembimbing I atas waktu dan bimbingan serta motivasi yang telah diberikan selama pengerjaan tesis ini.
2. Bapak Dr. Eng. Agus Naba., S.Si., MT selaku pembimbing II atas waktu dan bimbingan serta motivasi yang telah diberikan selama pengerjaan tesis ini.
3. Bapak Mauludi A. Pamungkas, Ph.D selaku Ketua Program Studi S2 Fisika, Program Pascasarjana FMIPA Universitas Brawijaya.
4. Ibu Sri Herwiningsih, S.Si., M.App.Sc, Ph.D selaku penguji pertama yang telah memberikan saran dan motivasi kepada saya.
5. Bapak Ahmad Nadhir, S.Si., M.T., P.hD selaku penguji kedua yang telah memberikan saran dan motivasi kepada saya.
6. Dokter Maimun Zulhaidah Arthamin selaku pembimbing pendamping atas waktu dan bimbingan serta motivasi yang telah diberikan selama pengerjaan tesis ini.
7. Orang tua dan saudara-saudara tercinta yang telah memberikan dorongan semangat serta doa yang tak henti-hentinya selama penulisan tesis ini.
8. Bapak dan Ibu dosen jurusan Fisika Universitas Brawijaya yang telah memberikan ilmunya.
9. Tim Penelitian Radiofrekuensi (Kak Vina, Choiratul, Elma dan Imad) yang selalu memberikan dorongan semangat, penghiburan, motivasi, nasehat, dan saran.
10. Seluruh teman-teman seperjuangan magister fisika dari berbagai angkatan, yang memberikan dukungan dan pemikiran dalam menyelesaikan tesis ini dengan baik.
11. Semua pihak yang telah banyak membantu secara langsung maupun tidak langsung selama penelitian dan penulisan tesis ini.

Malang, Januari 2019

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Berkah dan RahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“ANALISIS PRODUKSI SEL CD4 DENGAN KULTUR PHERIPHERAL BLOOD MONONUCLEAR CELL (PBMC) AKIBAT PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK FREKUENSI RADIO”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Sains dalam bidang Fisika di Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik, dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan tesis ini. Semoga segala yang tertulis dalam tesis ini dapat bermanfaat untuk dipahami bagi penulis dan semua orang yang membacanya serta dapat dikembangkan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Desember 2018

Penulis

RINGKASAN

Penelitian ini untuk menganalisis produksi sel CD4 dalam limfosit akibat paparan

gelombang elektromagnetik frekuensi radio. Sampel menggunakan limfosit dari darah

donor manusia normal. Limfosit diperoleh dari proses isolasi PBMC. Proses paparan

dilakukan dalam kotak paparan yang dilapisi oleh aluminium dan timbal. Frekuensi

yang digunakan adalah 900 MHz dan 1800 MHz. Variabel pengukuran menggunakan

variasi jarak dan waktu. Perhitungan produksi sel CD4 menggunakan flowcitometry.

Proses kultur dan pewarnaan PBMC dengan sel staining buffer CD4 dilakukan pada

limfosit. Perhitungan produksi sel CD4 menggunakan flowcitometry. Hasilnya

menunjukkan bahwa semakin lama waktu paparan RF, produksi sel CD4 meningkat.

Pada frekuensi 900 MHz, perubahan sel CD4 tertinggi terjadi pada jarak 2,5 cm. Pada

frekuensi 1800 MHz, perubahan sel CD4 tertinggi terjadi pada jarak 6,25 cm.



Analysis of CD4 Cell Production Using PBMC Culture after Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Waves

This research was analyze of CD4 cell production in lymphocytes after exposure radiofrequency electromagnetic waves. The sample uses lymphocytes from normal human donor blood. Lymphocytes obtained from the PBMC isolation process. Exposure process is carried out in a box exposure. frequencies used were 900 MHz and 1800 MHz. The measurement variable uses variation in distance and time. The culture and staining process with cell staining buffer CD4 were carried out on lymphocytes. CD4 cell production was calculated using flowcytometry. The results showed that the longer of exposure time, CD4 cell production increased. At frequency 900 MHz, the highest CD4 cell changes occur at a distance of 2.5 cm. At frequency 1800 MHz, the highest CD4 cell changes occur at a distance of 6.25 cm.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
RIWAYAT HIDUP	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Medan dan GEM	5
2.2 Efek GEM	10
2.3 Limfosit dan CD4	13
2.4 Flowcitometry	18
2.5 Trendline	20
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN	22
3.1 Konsep berpikir	22
3.2 Kerangka Konseptual	23





BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	24
4.1 Tempat dan waktu Penelitian.....	24
4.2 Alat dan Bahan.....	24
4.3 Metode Penelitian.....	25
4.4 Alat Pemancar RF.....	30
4.6 Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
5.1 Hasil penelitian.....	32
5.2 Pembahasan.....	40
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	47
6.1 Kesimpulan.....	47
6.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Medan listrik & magnet dalam GEM.....5

Gambar 2.2. Spektrum GEM.....9

Gambar 2.3. Bentuk sel Limfosit.....14

Gambar 2.4. Sirkulasi Limfosit.....16

Gambar 2.5. Prinsip kerja Flowcitometry.....19

Gambar 3.1. Kerangka Konsep Penelitian.....23

Gambar 4.1. Prosedur Penelitian.....25

Gambar 4.2. Tabung sentrifuse sebelum isolasi.....27

Gambar 4.3. Tabung sentrifuse setelah isolasi.....27

Gambar 4.4. Proses pengambilan data.....28

Gambar 4.5. Pemancar RF.....30

Gambar 4.6. Hubungan antara waktu dengan rerata sel CD4 (900MHz).....31

Gambar 4.7. Hubungan antara waktu dengan rerata sel CD4 (1800MHz).....31

Gambar 5.1. Hubungan perubahan limfosit akibat paparan RF terhadap waktu untuk variabel jarak (900MHz).....33

Gambar 5.2. Hubungan perubahan limfosit akibat paparan RF terhadap waktu untuk variabel jarak (1800MHz).....34

Gambar 5.3. Hubungan jumlah sel CD4 akibat paparan RF terhadap waktu untuk variabel jarak (900MHz).....38

Gambar 5.4. Hubungan jumlah sel CD4 akibat paparan RF terhadap waktu untuk variabel jarak (1800MHz).....39



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Pembagian Kelompok Perlakuan 28



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat, memberikan banyak manfaat dalam melakukan sesuatu dengan cepat dan tepat. Manfaat perkembangan teknologi tidak lepas dari pemanfaatan gelombang elektromagnetik. Paparan gelombang elektromagnetik harus di waspadai karena efeknya yang berbahaya ketika berinteraksi dengan tubuh. Salah satu dari jenis gelombang elektromagnetik yang sering kita temui sehari-hari adalah gelombang radio (Aly dkk, 2011).

Berbagai penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa radiasi dari paparan gelombang elektromagnetik mempengaruhi organisme hidup. Penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa paparan gelombang elektromagnetik mengganggu sistem energi tubuh sendiri sehingga menyebabkan berbagai gangguan kesehatan (Tuschl dkk, 2006). Penelitian yang telah dilakukan oleh (Kumari, 2016) tentang pengaruh paparan gelombang elektromagnetik pada frekuensi radio khususnya frekuensi *Global System for Mobile communication* (GSM) yakni 900 MHz dan 1800 MHz yang diuji terhadap parameter biologi sel darah menyebabkan terjadinya peningkatan pada produksi sel darah merah serta terjadi penurunan pada produksi sel darah putih dan jumlah produksi sel trombosit. Penelitian lain telah dilakukan oleh (Olatunde, 2011) terhadap jumlah limfosit pada sel darah akibat paparan gelombang elektromagnetik frekuensi GSM (frekuensi 850 MHz) dengan lama paparan 20 menit serta jarak paparan sejauh 2,5 cm menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah limfosit dibandingkan ketika tidak diberi paparan gelombang elektromagnetik frekuensi radio (GSM).

Salah satu komponen pada sel darah putih yang memiliki persentase terbanyak adalah limfosit. Limfosit mempunyai peranan penting untuk memberikan informasi tentang kondisi sel yang masih sehat atau yang sudah rusak maupun sudah mati. Peyusun limfosit darah terdiri dari sel T dan sel B dan sel *Natural killer* (NK). Sel T yang terdapat pada limfosit dapat memberikan informasi tentang disregulasi pada sistem kekebalan dalam tubuh. Sel T yang memproduksi sitokin sangat vital perannya, karena apabila sel tersebut terganggu maka akan mempengaruhi aktifitas produksi sel dalam tubuh (Wessapan dan Rattanadecho, 2016).

Sel-sel T suppressor, atau yang sering disebut sebagai sel-sel T regulator, sangat berperan untuk membatasi respons imun dalam tubuh. Sel T regulator mengandung populasi sel CD4 yang dapat membentuk dan memelihara toleransi perifer dalam tubuh, sehingga produksi sel CD4 dalam tubuh dapat dijadikan acuan terhadap kondisi sel dalam keadaan baik atau tidak (Stam, 2010). Eksperimen yang dilakukan terhadap pengaruh paparan radiasi gelombang elektromagnetik menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik memodifikasi ion calcium fluxes pada membran sel darah mononuclear dan menginduksi perubahan-perubahan pada metabolisme dan ekspresi tanda perubahan. Peningkatan dan penurunan sel-sel CD4 yang sangat drastis mengindikasikan kondisi sel yang tidak stabil sehingga harus diteliti lebih jauh lagi mengenai trend-nya untuk dapat diketahui pengaruhnya pada kondisi sel dalam tubuh (Bain, 2004).

Pheripheral Blood Mononuclear Cell (PBMC) merupakan sel darah putih yang memiliki inti tunggal berbentuk bulat, terdiri atas sel limfosit T, sel limfosit B, sel NK, dan monosit. Sel-sel tersebut merupakan komponen penting dari sistem

kekebalan tubuh yang terlibat dalam imunitas humoral dan seluler. Sel mononuklear banyak digunakan dalam penelitian dan aplikasi klinis seperti dalam bidang mikrobiologi, virologi, onkologi, pengembangan vaksin, transplantasi dan biologi regeneratif, dan toksikologi (Arosio dkk, 2014).

Eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan pengaruh paparan radiasi RF dapat menyebabkan perubahan jumlah sel darah putih. CD4 merupakan bagian dari limfosit yang mengindikasikan stabilitas kondisi sel, sehingga harus diteliti lebih jauh lagi bagaimana pengaruh RF terhadap produksi sel CD4 pada limfosit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh paparan gelombang elektromagnetik frekuensi radio (berdasarkan parameter frekuensi, jarak dan waktu) pada sel limfosit darah terhadap Jumlah produksi sel CD4 dengan kultur *Peripheral Blood Mononuclear Cells* (PBMC).

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh paparan gelombang elektromagnetik frekuensi radio 900 MHz dan 1800 MHz pada sel limfosit darah terhadap produksi sel CD4 dengan kultur *Peripheral Blood Mononuclear Cell* (PBMC) menggunakan variabel jarak dan waktu.

1.4. Batasan Masalah

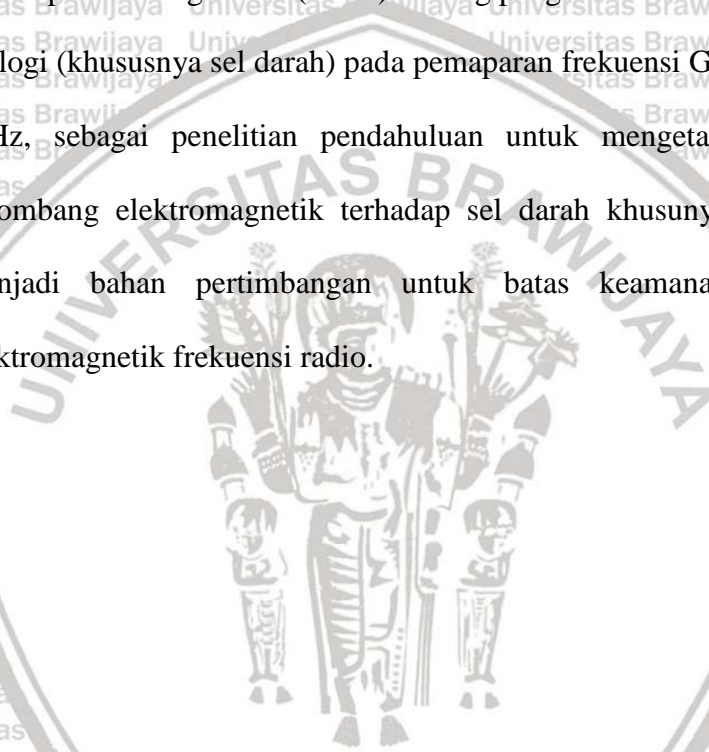
Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Tidak menghitung dan menganalisis eritrosit dan trombosit.

2. Pengukuran hanya dilakukan pada jarak 0 cm, 2,5 cm, 5 cm, 6,25 cm, dan 25 cm.
3. Pengukuran hanya dilakukan waktu selama durasi 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit.

1.5 Manfaat Penelitian

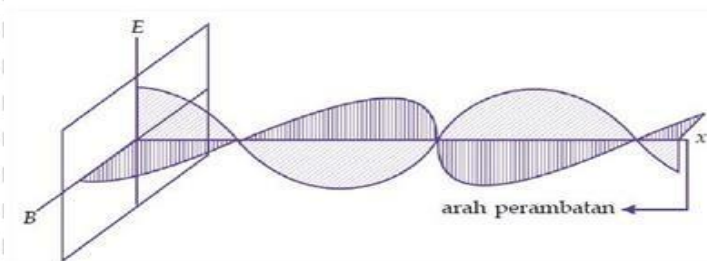
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi ilmiah pada bidang medis (klinis) tentang pengaruh radiasi EMRF terhadap materi biologi (khususnya sel darah) pada pemaparan frekuensi GSM 900 MHz dan 1800 MHz, sebagai penelitian pendahuluan untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang elektromagnetik terhadap sel darah khususnya limfosit, serta dapat menjadi bahan pertimbangan untuk batas keamanan radiasi gelombang elektromagnetik frekuensi radio.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MEDAN DAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Pengenalan teori tentang gelombang elektromagnetik pertama kali diperkenalkan oleh James Clerk Maxwell. Dasar pengenalan tentang teori gelombang elektromagnetik adalah adanya beberapa hukum dasar yang telah diketahui sebelumnya seperti Hukum Coulomb, Hukum Biot-Savart ataupun Hukum Ampere serta Hukum Faraday. Hukum Coulomb membahas bagaimana muatan listrik dapat menghasilkan medan listrik, sedangkan Hukum Biot-Savart atau Hukum Ampere menjelaskan bagaimana arus listrik dapat menghasilkan medan magnet, serta Hukum Faraday menyatakan bahwa perubahan medan listrik dapat menghasilkan *gaya gerak listrik* (GGL) induksi. Maxwell melihat adanya keterkaitan yang sangat erat antara gejala kelistrikan dan kemagnetan. Maxwell mengemukakan bahwa jika perubahan medan magnetik menghasilkan medan listrik, seperti yang dikemukakan oleh hukum Faraday, dan hal sebaliknya dapat terjadi, yakni perubahan medan listrik dapat menimbulkan perubahan medan magnet (Zhurbenko, 2011).



Gambar 2.1. Medan listrik dan medan magnet dalam gelombang elektromagnetik (Zhurbenko, 2011)

Gambar 2.1 merupakan medan listrik dan medan magnet dalam gelombang elektromagnetik. Maxwell mengemukakan bahwa jika terjadi perubahan medan listrik (E), maka akan terjadi perubahan pada medan magnet (B). Perubahan ini akan terjadi secara terus-menerus, dimana ketika terjadi perubahan medan magnet, maka akan terjadi perubahan medan listrik kembali dan seterusnya. Maxwell menganalisa bahwa perubahan medan listrik dan perubahan medan magnetik ini menghasilkan gelombang medan listrik dan gelombang medan magnetik yang dapat merambat di ruang hampa. Gelombang medan listrik (E) dan medan magnetik (B) inilah yang kemudian dikenal dengan nama gelombang elektromagnetik. Secara matematis, Maxwell menghitung kecepatan perambatan gelombang elektromagnetik bergantung pada dua besaran, yaitu permitivitas listrik ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$) dan permitivitas magnet $\times 10^{-7} \text{ wb}/\text{A}\cdot\text{m}$) (Joshi, 2006).

Setiap muatan listrik yang memiliki percepatan memancarkan radiasi elektromagnetik. Waktu kawat menghantarkan sama dengan arus listrik. Bergantung pada situasi, gelombang elektromagnetik dapat bersifat seperti gelombang atau seperti partikel. Sebagai gelombang, dicirikan oleh kecepatan, panjang gelombang, dan frekuensi (Elachi dkk, 2006). Apabila dipertimbangkan sebagai partikel, mereka diketahui sebagai foton, dan masing-masing mempunyai energi berhubungan dengan frekuensi gelombang ditunjukkan oleh hubungan Planck pada persamaan (1)

$$E = hf \quad (1)$$

E adalah energi foton, h ialah konstanta Planck ($6,626 \times 10^{-34}$) J·s, dan f adalah frekuensi gelombang.

Penentuan hipotesis dan perhitungan Maxwell dilakukan oleh Heinrich Rudolph Hertz dengan membangkitkan dan mendeteksi gelombang elektromagnetik dengan menggunakan sumber-sumber listrik. Hasil percobaan Hertz mendukung hipotesis Maxwell tentang gelombang elektromagnetik. Selain itu Hertz juga menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik memiliki sifat cahaya, yaitu pemantulan, pembiasan, polarisasi, difraksi, dan merambat dalam ruang hampa. Dengan demikian terbukti bahwa cahaya merupakan gelombang elektromagnetik (Angelis, 2012).

Laju dan kecepatan gelombang elektromagnetik sama dengan laju cahaya diruang hampa. Akan tetapi, panjang gelombang dan frekuensi gelombang elektromagnetik tidak sama dengan panjang gelombang dan frekuensi cahaya.

Hubungan frekuensi dan panjang gelombang ditunjukkan oleh persamaan (2)

$$C = f\lambda \quad (2)$$

C = cepat rambat di udara (3×10^8 m/s)

f = frekuensi gelombang (Hz)

λ = panjang gelombang (m)

Medan elektromagnetik merupakan pergerakan arus listrik yang menimbulkan terjadinya medan. Medan listrik yang diam akan menimbulkan terjadinya medan listrik. Namun, apabila medan listrik tidak statis (dinamis) maka akan menimbulkan medan magnet. Pergerakan medan magnet dapat menginduksi arus listrik bolak-balik Alternative Current (AC). Selain dapat menginduksi arus listrik bolak-balik, arus listrik juga dapat menimbulkan munculnya medan magnet.

Munculnya medan elektromagnetik terjadi karena adanya interaksi antara medan listrik dan medan magnet (Markov, 2014).

Energi radiasi gelombang elektromagnetik yang diterima oleh benda disekitarnya dipengaruhi oleh posisi benda terhadap sumber radiasi.

Umumnya, intensitas radasinya dinyatakan seperti pada persamaan (3) :

$$I = \frac{P}{A} \quad (3)$$

dimana : I = besar intensitas radiasi (W/m^2)

P = besar daya yang diterima (W)

A = luas permukaan yang ditembus oleh radiasi (m^2)

Jarak dapat mempengaruhi intensitas radiasi yang diterima oleh benda.

Hubungan intensitas radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak paparan

antara sumber radiasi dan benda, yang dinyatakan dengan $I \sim \frac{1}{r^2}$. Intensitas radiasi

akan berkurang jika jarak paparan yang digunakan semakin besar, begitupun sebaliknya (Kuntoro, dkk. 2005).

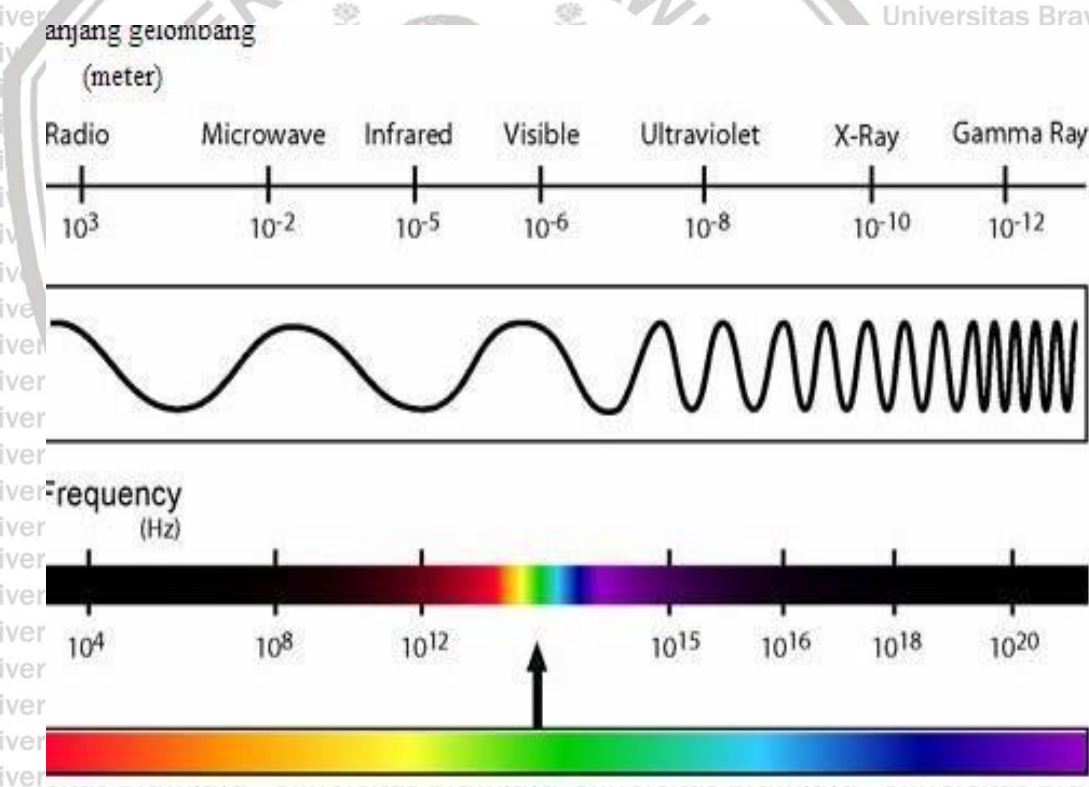
Gelombang elektromagnetik dapat dikelompokkan berdasarkan frekuensi dan panjang gelombang. Klasifikasi medan elektromagnetik berdasarkan frekuensinya adalah sebagai berikut (Surya, 2010).

1. Medan elektromagnetik statik sebesar 0 Hertz (Hz). Tipe ini sumbernya antara lain medan elektromagnet alam, MRI, elektrolisis industrial.
2. Medan elektromagnet *Extremely Low-frequency* (ELF) yang memiliki range frekuensi sebesar 0-300 Hz. Terutama dihasilkan oleh alat listrik yang digunakan dalam keseharian.
3. Medan elektromagnet *intermediate frequency* sebesar 300 Hz – 1000 KHz.

Yang masuk dalam kategori ini adalah detektor metal, hands free, layar komputer, alat anti maling dan alat sistem keamanan.

4. Medan elektromagnet radiofrequency sebesar 100 KHz – 300 GHz. Sumbernya dari kategori ini adalah gelombang televisi, radio, microwave, antenna telepon selular dan radar.

Gelombang elektromagnetik dapat diklasifikasikan berdasarkan besar energinya. Klasifikasi tersebut antara lain adalah radiasi pengion dan radiasi non pengion. Radiasi pengion adalah radiasi yang mana efeknya menyebabkan pemecahan ikatan antar molekul dari energi yang dimiliki. Sedangkan radiasi non pengion adalah radiasi yang tidak dapat memecah ikatan antar molekul dari suatu partikel. Gambar 2.2 merupakan spektrum gelombang elektromagnetik berdasarkan besar frekuensi dan panjang gelombang (August, 2013).



Gambar 2.2 : Spektrum GEM (August, 2013).

2.2 Efek Gelombang Elektromagnetik

Contoh dari sumber gelombang elektromagnetik dapat dengan mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu contoh yang paling sering ditemui dalam pemanfaatan medan elektromagnetik adalah telepon portabel (auto telepon dan telepon seluler atau handphone). Handphone (HP) merupakan salah satu penghasil medan elektromagnetik dengan tipe frekuensi radio. Selain HP, *Radiofrequency* (RF) juga dapat ditemukan pada telepon nirkabel dan menara penyinaran yang memiliki frekuensi pada range MegaHertz (MHz). Contoh-contoh yang sudah disebutkan diatas merupakan gelombang radiasi non-ionisasi, energi radiasi dari gelombang elektromagnetik RF dapat menyebabkan proses vibrasi dan rotasi molekul pada atom. Medan gelombang elektromagnetik memiliki ciri-ciri gelombang frekuensi pendek namun medan magnet yang digunakan adalah dengan frekuensi panjang. Penggunaan dari HP yang menyebabkan radiasi elektromagnetik akan menyebabkan efek jangka pendek, selain itu adanya radiasi gelombang elektromagnetik dapat memberikan pengaruh pada sistem darah, sistem reproduksi, sistem saraf, sistem kardiovaskuler, dan sistem endokrin (Varghese, 2017).

Perkembangan dan inovasi teknologi juga memiliki dampak yang positif karena akan membuat hidup menjadi lebih mudah. Namun efek negatifnya akan mulai dirasakan ketika penggunaannya dilakukan secara terus menerus. Gelombang elektromagnetik dapat dihasilkan dari sumber alam dan buatan manusia. Dari penggunaan teknologi secara terus-menerus, akan meningkatkan penggunaan medan elektromagnetik secara bertahap pula. Sumber utama medan elektromagnetik adalah perangkat elektromagnetik seperti HP. HP biasanya digunakan dalam posisi

yang sangat dekat dengan tubuh manusia dan membutuhkan sejumlah antena stasiun pangkalan (Idayati, 2011).

Gelombang elektromagnetik menciptakan ketidakseimbangan dalam fungsi sel. Hal ini diketahui dari terdapatnya magnetohidrodinamika dimana ketika medan magnet stasioner dan transversal diterapkan secara eksternal ke listrik yang bergerak, arus listrik diinduksi dalam cairan (fluida), akan terjadi interaksi dari arus listrik yang diinduksi oleh medan magnet sehingga menghasilkan kekuatan tubuh (gaya lorentz) yang cenderung menghambat perkembangan darah (Hayat dkk, 2010).

Ciri-ciri/sifat gelombang elektromagnetik (Idayati, 2011)

1. Perubahan medan listrik dan medan magnetik terjadi pada saat yang bersamaan, sehingga kedua medan memiliki harga maksimum dan minimum pada saat yang sama dan pada tempat yang sama.
2. Arah medan listrik dan medan magnetik saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.
3. Dari ciri no 2 diperoleh bahwa gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal.
4. Seperti halnya gelombang pada umumnya, gelombang elektromagnetik mengalami peristiwa pemantulan, pembiasan, interferensi, dan difraksi, juga mengalami peristiwa polarisasi karena termasuk gelombang transversal.
5. Cepat rambat gelombang elektromagnetik hanya bergantung pada sifat-sifat listrik dan magnetik medium yang ditempuhnya.

Penggunaan HP sangat pesat perkembangannya hampir di seluruh dunia, terutama di Asia. Asia merupakan pasar yang sangat konsumtif untuk pemasaran handphne apalagi asia tenggara (indonesia). Saat ini sudah berkembang dalam teknologi dari HP , hingga muncul istilah “smartphone”. Smartphone merupakan sejenis HP yang memiliki kemampuan lebih tinggi dari HP biasa. Smartphone telah diklasifikasi sebagai sebuah komputer kecil yang mampu mengolah data, dapat melakukan browsing. Keutamaan dari smartphone sendiri adalah akses internet yang sangat cepat dan begitu canggih dan dapat menunjang aktivitas orang yang menggunakannya dalam melakukan interaksi sosial melalui fitur media sosial atau networking media (Nastria Sari, 2016).

Pada saat ini, ekspansi besar-besaran dari jaringan komunikasi menyebabkan meningkatnya radiasi gelombang elektromagnetik terhadap lingkungan. Ekspansi jaringan komunikasi yang tengah meningkat antara lain berasal dari WLAN, Wi-Fi, Wi-Max. Jaringan seperti bluetooth yang tersedia secara global sekarang ini mempunyai frekuensi sebesar 2400 MHz yang saling terhubung dengan jarak hingga 100 meter dengan kecepatan hingga 3 Mbps yang bergantung pada perangkat kelas dari bluetooth itu sendiri (Sriskanthan dkk, 2002). Perangkat bluetooth juga dapat meningkatkan paparan pada tempat yang berbeda dari tubuh manusia termasuk pada bagian testis dan sel telur ketika ponsel diletakkan dalam saku dan dalam keadaan stand-by mode ((Husneni dan Mughtadi, 2009).

GSM dan *Code Division Multiple Acces* (CDMA) merupakan teknologi-teknologi generasi 2G yang paling sering digunakan oleh masyarakat. Jaringan telepon utama yang digunakan masyarakat dunia adalah GSM. Telepon dengan teknologi GSM biasanya beroperasi pada setengah dari seluruh keluaran radiasi

maksimumnya. Berbeda dengan CDMA yang beroperasi sedikit dari keluaran radiasi maksimumnya. Penggunaan telepon seluler GSM menimbulkan efek yang lebih besar pada otak dibandingkan dengan telepon seluler berteknologi CDMA (Stam, 2010).

Berbagai penelitian telah dilakukan sebelumnya, yang mengamati tentang efek non thermal dari radiofrequency dalam sel dan jaringan yang mana efek tersebut dimediasi oleh generasi 'ROS' (Reactive Oxygen Review). Gelombang elektromagnetik yang masuk ke dalam sel akan mempengaruhi potensial membran sel sehingga menyebabkan munculnya radikal bebas serta mempengaruhi kinerja enzim antioksidan seperti CAT dan c-GPx pada organ. Pembentukan ROS yang disebabkan oleh gelombang elektromagnetik akan membentuk *Heat Shock Protein* (HSP) dan fosforilasi yang dapat mengakibatkan sekresi dari *growth hormon* (GH) (Tuschl dkk, 2006).

Penelitian lain tentang pengaruh gelombang elektromagnetik dengan frekuensi GSM 900 MHz dan durasi paparan 2 jam menyebabkan produksi Reactive Oxygen Species (ROS) pada monosit dan limfosit darah meningkat secara signifikan, dibandingkan dengan produksi ROS pada sel darah yang tidak dipapari radiasi (Kazemi, 2015)

2.3 Limfosit dan CD4

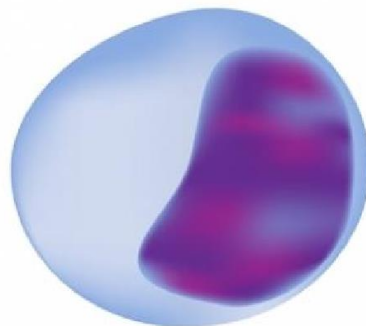
a. Limfosit

Sistem imun merupakan semua jenis atau proses mekanisme yang digunakan untuk mempertahankan kekebalan tubuh terhadap bahaya yang datang pada tubuh akibat bahan-bahan dalam lingkungan hidup. Sistem imun yang spesifik yakni

meliputi sel limfosit, yang merupakan sejenis sel darah putih pada sistem kekebalan makhluk vertebrata. Limfosit memiliki peranan penting dan terpadu dalam sistem pertahanan tubuh (Ika Wahyuniari dkk, 2015).

Sel limfosit memiliki beberapa komponen yakni sel B (membentuk antibodi) dan sel T (T-helper, T-sitotoksik, T-supresor, dan sel T delayed hypersensitivity) serta NK. Kedua sistem imun (sel T dan sel B) akan bekerja sama dengan saling melengkapi secara humoral, seluler, dan sitokin dalam mekanisme yang kompleks dan rumit (Tyastuti, 2013).

Limfosit adalah bagian dari sel darah putih yang berperan dalam proses kekebalan tubuh. Dua puluh persen dari total jumlah leukosit dalam tubuh merupakan limfosit. Berdasarkan dari ukuran, limfosit diklasifikasikan menjadi dua bagian yakni ukuran besar dan ukuran kecil. Limfosit berukuran kecil memiliki diameter 9-12 μm , sedangkan limfosit yang berukuran besar memiliki diameter 12-16 μm . Perbedaan ukuran sel limfosit disebabkan oleh aktivitas dan posisi pada preparat hapusan darah tepi. Berdasarkan dari ukurannya, limfosit yang besar biasanya terletak di limfosit B, sedangkan limfosit yang berukuran kecil terletak di limfosit T (Nuraini, 2015).



Gambar 2.3 Bentuk Sel Limfosit (Denman, 2013)

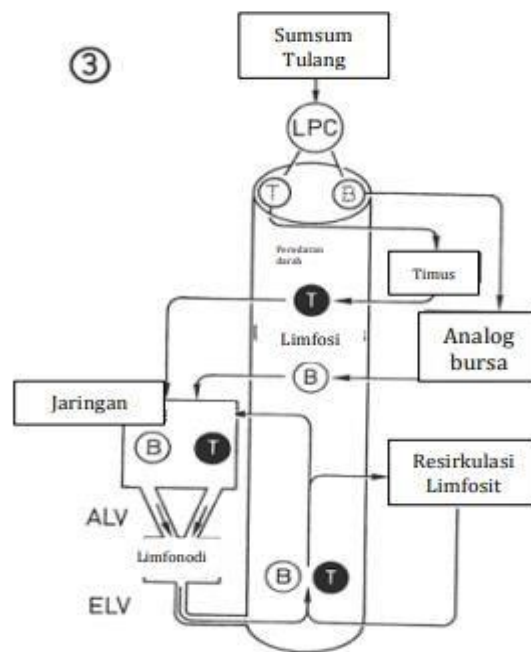
Gambar 2.3 merupakan bentuk limfosit dalam sel darah putih (leukosit).

Limfosit memiliki fungsi utama dalam tubuh untuk meregulasi sistem imun. Sel-sel asing seperti antigen ketika dimusnahkan oleh fagosit akan menyebabkan tidak dapat dibangkitkannya sistem imun. Respon imun sangat dibutuhkan tubuh, sebagai bentuk pertahanan dan perlindungan diri ketika tubuh terkena infeksi atau virus (Denman, 2013).

Limfosit berasal dari diferensiasi *lymphoid progenitor cells* (LPC) yang berasal dari hematopoietic stem cells bagian dari adult stem cells yaitu sel yang mampu melakukan pembaharuan diri dan diferensiasi sepanjang kehidupan organisme. Tahap maturasi limfosit terbagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan yang pertama yaitu limfoblas. Memiliki ukuran 15-20 μm , limfoblas memiliki karakteristik yang mirip dengan limfosit kecuali tidak adanya granula dan warna yang lebih gelap dengan 1- 2 buah nukleoli. Tahapan kedua yang nantinya akan berkembang menjadi limfosit matur adalah prolimfosit. Prolimfosit berukuran 15-18 μm . Sama seperti limfoblas, prolimfosit memiliki karakteristik yang mirip dengan limfosit kecuali, prolimfosit tidak memiliki granula azurofilik, dapat memiliki sebuah nukleoli, kromatin mulai memadat, dan sitoplasmanya berwarna lebih gelap dengan bagian tipis di tepi yang berwarna lebih gelap lagi (Kareva dan Mironska, 2016).

Sirkulasi limfosit yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 merujuk pada proses migrasi limfosit dari darah menuju ke organ limfoid dan non-limfoid dan sebaliknya melalui sistem limfatik dan pembuluh darah khususnya venule. Limfosit T bermigrasi melalui aliran darah menuju ke organ timus dan mengalami maturasi dikarenakan kontak dengan epitel sel retikuler timus. Limfosit B tetap berada di

sumsum tulang dan menjalankan fungsi pembaharuan diri, namun sebagian juga bermigrasi menuju ke organ analog dengan bursa pada unggas yaitu apendiks, yaitu plak Peyeri dan tonsil melalui aliran darah. Dari timus dan analog bursa tersebut limfosit kembali bermigrasi melalui aliran darah untuk menuju ke jaringan. Limfosit mencapai limfonodi melalui pembuluh limfe aferen atau *afferent lymphatic vessel* (ALV) dan kemudian disalurkan kembali menuju pembuluh darah melalui pembuluh limfe eferen atau *efferent lymphatic vessel* (ELV) dan siklus kembali berulang. Sirkulasi limfosit membutuhkan waktu beberapa minggu lamanya (Pedersen dkk, 2010).



Gambar 2.4 Sirkulasi Limfosit (Pedersen, 2010)

B. CD4

Peran sel T pada limfosit dibagi menjadi dua, yakni sebagai fungsi regulator dan sebagai fungsi efektor. Salah satu subsel T adalah CD4 yang dapat mengeluarkan molekul sitokin (protein berberat molekul rendah yang disekresikan

oleh sel-sel sistem imun agar dapat melaksanakan fungsi regulatorinya). Sitokin dari sel CD4 ini akan mengendalikan proses imun seperti pembentukan imunoglobulin oleh sel B (Jamil, 2014).

CD4 adalah sebuah marker (penanda) yang terdapat dalam permukaan sel-sel darah, utamanya pada limfosit. Sel yang memiliki marker CD4 permukaannya berfungsi untuk melawan berbagai macam infeksi. Jika CD4 berkurang, mikroorganisme yang bersifat patogen akan dengan mudah masuk dan menyerang tubuh serta akan menimbulkan berbagai penyakit (Sanjaya dkk, 2015).

CD4 pada orang dengan sistem kekebalan yang menurun menjadi sangat penting, karena berkurangnya nilai CD4 dalam tubuh manusia menunjukkan berkurangnya sel-sel darah putih atau limfosit yang seharusnya berperan dalam memerangi infeksi yang masuk ke tubuh manusia. Sel yang mempunyai marker CD4 di permukaannya berfungsi untuk melawan berbagai macam infeksi (Aberle dkk, 2018).

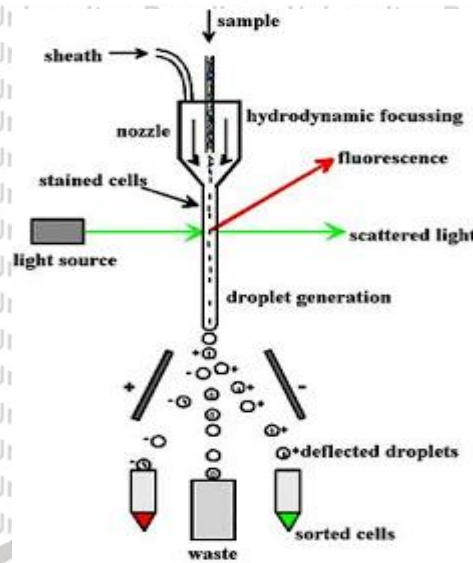
Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi jumlah CD4 seperti perubahan diurnal yang menunjukkan bahwa nilai terendah adalah pada pukul setengah satu siang sedangkan nilai puncak pada pukul setengah sembilan malam. Penurunan dapat terjadi juga pada penderita infeksi akut dan operasi mayor. Pemberian kortikosteroid pada penyakit akut dapat menurunkan jumlah CD4, tetapi pemakaian lama untuk penyakit kronik menunjukkan tidak terlalu berpengaruh. Perubahan pada penyakit mungkin disebabkan redistribusi leukosit antara sirkulasi perifer dengan sumsum tulang, limpa, dan nodus limfoid. Jenis kelamin, usia pada orang dewasa, stres, psikologi, stres fisik dan kehamilan mempunyai efek minimal terhadap jumlah CD4. Pemakaian obat antiviral dapat meningkatkan jumlah CD4

sebanyak ≥ 50 sel/mm³ . setelah pemakaian 4 sampai 8 minggu dan meningkat 50-100 sel/mm³ tiap tahunnya (Julia Schwaiger dkk, 2014).

2.4 Flowcitometry

Flowcitometry merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk menghitung dan menganalisa mikropartikel seperti sel dan kromosom yang telah dirubah dalam bentuk suspensi yang kemudian dialirkan dalam suatu cairan dan dilewatkan melalui suatu alat pendeteksi elektronik. Flowcytometri juga dapat diartikan sebagai metode analisa multiparameter yang dapat dikerjakan secara bersamaan yakni menganalisa sifat kimia dan/atau fisika dari ribuan partikel tiap detiknya (Jahan-tigh dkk, 2016).

Prinsip analisa dengan flowcitometry adalah adanya sumber sinar (umumnya sinar laser) atau suatu sinar dengan panjang gelombang tunggal yang dipancarkan menuju suatu pemfokusan hidrodinamik aliran cairan. Sinar laser akan terfluoresensi sehingga memiliki panjang gelombang yang dapat terukur dan terekam (biasanya dilakukan pada dua sudut yang berbeda). Kombinasi dari sinar yang tersebar dan fluoresensi akan ditangkap oleh detektor sehingga dapat dianalisis fluktuasi yang terjadi pada intensitas cahaya pada setiap detektor, hal ini dapat memberikan informasi mengenai struktur fisika dan kimia di setiap individu partikel yang diamati seperti pada Gambar 2.5 (Technol dan Silveira 2015).



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Flowcitometry (Silveira, 2015)

Penelitian tentang pengaruh paparan radiasi frekuensi GSM 850 MHz selama waktu paparan 1 jam dan menggunakan jarak sejauh 2,5 cm telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan produksi ROS, sedangkan motilitas sperma menurun. Perbedaan bentuk Deoxyribo Nucleic Acid (DNA) dengan tingkat TAC (salah satu rantai DNA) tidak teridentifikasi akibat paparan radiasi 850 MHz (Agarwal dkk, 2009).

Paparan gelombang elektromagnetik dengan menggunakan HP pada frekuensi 850 MHz selama 20 menit pada dan pada jarak 2,5 cm menyebabkan penurunan nilai volume sel (PCV) dan monosit sel. Jumlah sel darah putih teridentifikasi lebih tinggi ketika terpapar radiasi HP tersebut. Jumlah neutrofil, eosinofil, dan basofil tidak mengalami perubahan yang signifikan saat terpapar radiasi HP (Aseweje dan Akinola, 2011).

2.5 Trendline

Analisa Trendline adalah sebuah metode peramalan deret berkala karena memiliki karakteristik bahwa data yang dianalisis bersifat deret yang menunjukkan waktu berkala. Periode waktu dari data deret berkala dapat berupa tahunan, mingguan, bulanan, dan lain-lain. Dari 18 analisa trendline dapat menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke kejadian di masa mendatang, contoh memprediksi gempa bumi. Dari grafik trendline, maka akan didapatkan nilai R square (R^2) dan persamaan dari masing-masing jenis trendline. Nilai R square yang digunakan dalam peramalan atau pendugaan suatu kejadian adalah nilai R square yang mendekati 1 atau yang mempunyai nilai paling besar Terdapat 6 jenis trendline, yaitu (Buchori, et al. 2007):

1. Polinomial. Penggunaan trendline fungsi polinomial, apabila data memiliki puncak dan lembah yang banyak serta memerlukan tingkat akurasi yang tinggi. Polinomial merupakan kombinasi dari eksponensial dan linear. Khusus pada polynomial dapat dipilih hingga pangkat ke-sekian (orde).
2. Eksponensial Penggunaan trendline fungsi eksponensial lebih diutamakan jika data yang memiliki karakter meningkat atau menurun secara berpangkat contohnya 1, 4, 16, dan seterusnya.
3. Power Trendline fungsi power hanya digunakan pada data yang meningkat secara drastic.
4. Logarithmic Penggunaan trendline fungsi logarithmic, apabila data pertama dan data kedua memiliki hubungan logaritmik sehingga penggunaan pendekatan ini akan lebih sesuai.

5. Linear Penggunaan trendline fungsi linear adalah pendekatan yang paling sering digunakan. Sebaran data didekati dengan menggunakan garis lurus yang mewakili data. Pendekatan linear cukup sederhana dan paling mudah untuk diinterpretasikan

6. Moving Average. Penggunaan trendline fungsi moving average, apabila persebaran atau pergerakan data sesuai dengan rata-rata periode sebelumnya.

Jenis trendline yang paling sering digunakan adalah Polynomial dan Linear.

Fungsi polinomial adalah fungsi yang diperoleh dari fungsi konstanta dan fungsi identitas dengan menggunakan operasi penambahan, pengurangan, dan perkalian



BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

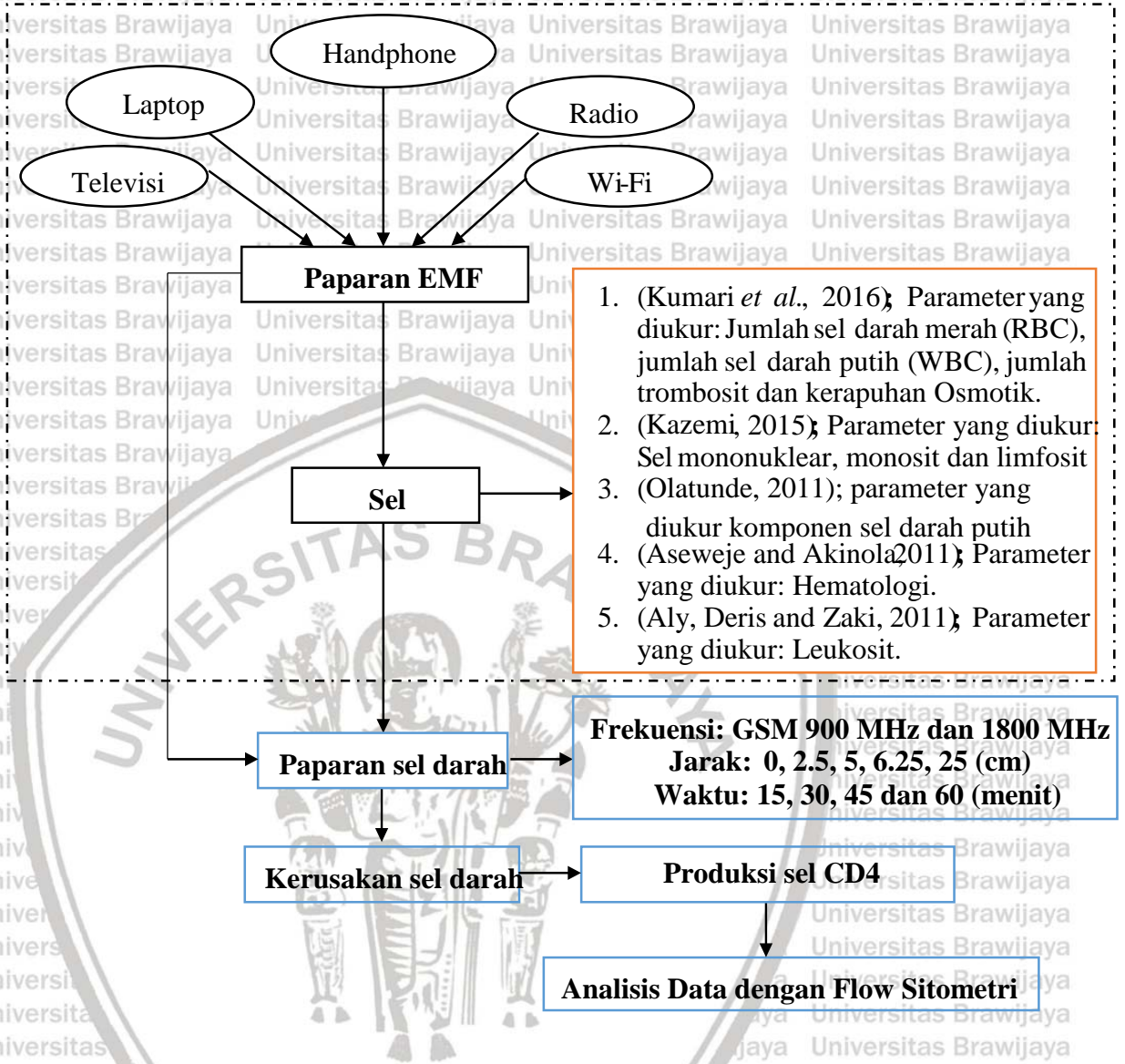
3.1. Konsep Berpikir

Perkembangan teknologi saat ini banyak melibatkan gelombang elektromagnetik, contoh dari hal tersebut adalah beberapa perangkat elektronik yang banyak digunakan dewasa ini. Paparan gelombang elektromagnetik yang terlalu pada materi biologis dalam tubuh, salah satunya berdampak pada kesehatan.

Salah satu materi biologi tubuh yang terpapar oleh gelombang elektromagnetik adalah sel darah. Sel darah yang terpapar radiasi gelombang elektromagnetik pada frekuensi radio dapat menyebabkan rotasi dan vibrasi molekul pada setiap komponen selnya. Salah satu komponen darah yang paling penting fungsinya dalam tubuh adalah leukosit (sel darah putih), fungsinya adalah sebagai imunitas tubuh serta menghancurkan antigen dan virus yang masuk ke dalam tubuh. Komponen penyusun limfosit terdiri atas neutrofil, eosinofil, basofil, monosit, dan limfosit..

Limfosit berperan sebagai respon utama dalam tubuh. Limfosit terdiri dari sel T dan sel B. Sel T yang merupakan sel yang mengatur respons tubuh dan kekebalan tubuh dengan cara mengenali dan mengaktifkan penyusun limfosit yang lain. Sel T regulator mengandung populasi sel CD4 yang dapat membentuk dan memelihara toleransi perifer dalam tubuh. Perubahan jumlah sel CD4 yang sangat drastis mengindikasikan ketidakseimbangan kondisi sel akibat rangsang yang masuk ke dalam tubuh.

3.2. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 3.1 Kerangka konsep penelitian

Gambar 3.1 merupakan kerangka konsep penelitian untuk mengetahui jumlah produksi sel CD4 akibat paparan gelombang elektromagnetik frekuensi radio 900 MHz dan 1800 MHz (frekuensi GSM) dengan kultur PBMC menggunakan variabel pengukuran jarak dan waktu. Perhitungan produksi sel CD4 menggunakan flowcitometry. Produksi sel CD4 yang dianalisa untuk mengetahui respon sel akibat paparan gelombang elektromagnetik frekuensi radio.



BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

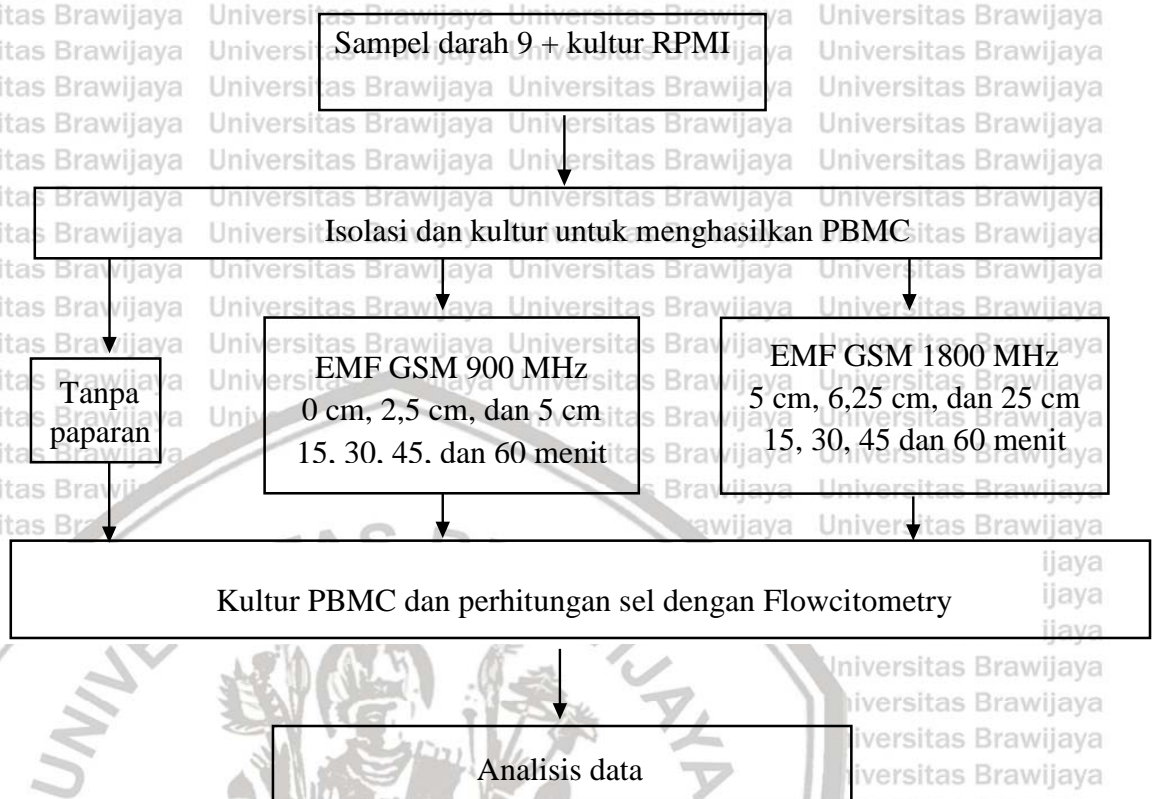
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai bulan November 2018 bertempat di Instalasi Laboratorium Sentral RSSA, Laboratorium Biofisika Fakultas MIPA, Laboratorium Patologi klinik, laboratorium Parasitologi, laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.

4.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber radiasi VSG25A dan antena pemancar, laptop, software VSG25A, plat aluminium yang berbentuk kubus (32cm × 32cm) dan di lapisi timbal, well plate, micropipette, swing centrifuge, inkubator, tabung eppendorf 1.5 ml, sentrifus dingin, tabung sentrifus 50 ml; 15 ml; dan 1.5 ml, blue tip, yellow tip, dan white tip, TC Well 96, disposable syringe filter 0.45 μ m dan 0.2 μ m, disposable spuit 10 ml dan 5 ml.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel darah donor, ficoll-hipaque 1077, Phosphat Buffer Saline (PBS), EDTA, golgi plug, FBS, Penicillin Streptomycin Culture Grade, hepes, FITC anti human CD4 (>1 vial), Cell Staining Buffer, Fixation Buffer, Permeable Wash Buffer, Fixation/Permeabilization FoxP3 buffer set. Dan media kultur yang digunakan RPMI 1640 dengan L-Glutamine, Natrium bicarbonat 0,2%, Buffer Hepar 0,28%, Penstrep 0,25%, dan PBS 10% .

4.3. Metode Penelitian



Gambar 4.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan seperti pada Gambar 4.1 , dengan rincian perlakuan seperti berikut :

1. Persiapan Sampel Darah

Sampel darah yang digunakan dalam penelitian ini adalah darah sehat dari 24 donor manusia. Masing-masing pendonor diambil 12 ml. Setelah pengambilan sampel, darah dicampur dengan media kultur RPMI 1640 agar dapat memperpanjang usia sel. Hal ini dikarenakan kultur RPMI-140 merupakan media kultur jangka panjang limfosit darah perifer dan akan membantu varietas sel yang luas pada suspensi seperti jumlah pertumbuhan sel pada monolayer.

2. Isolasi untuk menghasilkan PBMC

a. Tabung sentrifus 25 ml dan Ficoll-Hipaque 1,077 dipersiapkan.

b. Sampel darah dalam vacutainer berisi nutrisi EDTA dibolak-balik secara perlahan

agar homogen kemudian dicampur PBS dengan perbandingan 1:1. Kemudian

diambil dengan mikropipet dan dicampurkan pada tabung yang sudah diisi

Ficoll-Hipaque 1.077. Perbandingan volume antara Ficoll-Hipaque dengan

sampel darah adalah 1:1. Sehingga akan terbentuk 2 lapisan (Gambar 4.2).

c. Ficoll-Hipaque diberikan pada darah yang telah tercampur media kultur,

kemudian disentrifus dengan suhu ruang dan kecepatan 1000 rpm selama 30

menit

d. Hasil proses sentrifus menyebabkan terjadinya pemisahan menjadi 4 lapisan,

yaitu plasma, PBMC, Ficoll-Hipaque, dan eritrosit (Gambar 4.3).

e. Cincin PBMC yang terbentuk diambil secara perlahan menggunakan

mikropipet dan diletakkan dalam tabung sentrifus 15 ml yang baru.

f. Larutan PBMC kemudian dicuci dengan PBS 10 ml dan disentrifus suhu

ruang dengan kecepatan 1200 rpm selama 10 menit + RCS

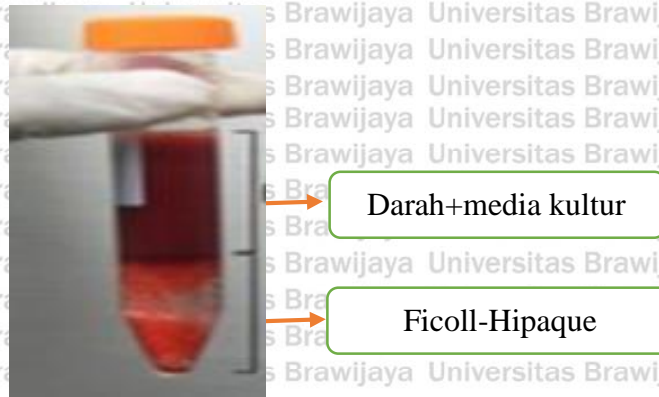
g. Supernatan dibuang dan pelet yang terbentuk dicuci kembali dengan PBS

dan disentrifus kembali pada suhu ruang 1200 rpm (1000-1600 rpm) selama

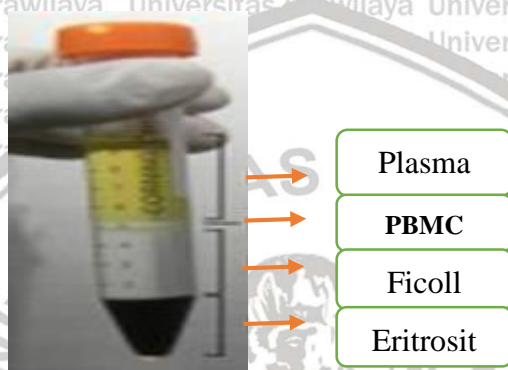
10 menit dan dilakukan dua kali.

h. Setelah disentrifus maka akan terbentuk pellet (sel PBMC) pada tabung

sentrifus 15 ml.



Gambar 4.2 : Tabung sentrifuse sebelum dilakukan pemisahan bagian-bagian sel



Gambar 4.3 : Tabung sentrifuse setelah dilakukan pemisahan bagian-bagian sel

3. Pemaparan gelombang elektromagnetik frekuensi radio

a. Sampel limfosit dipersiapkan untuk diberikan paparan

b. Laptop di setting sesuai dengan frekuensi paparan yang akan diberikan

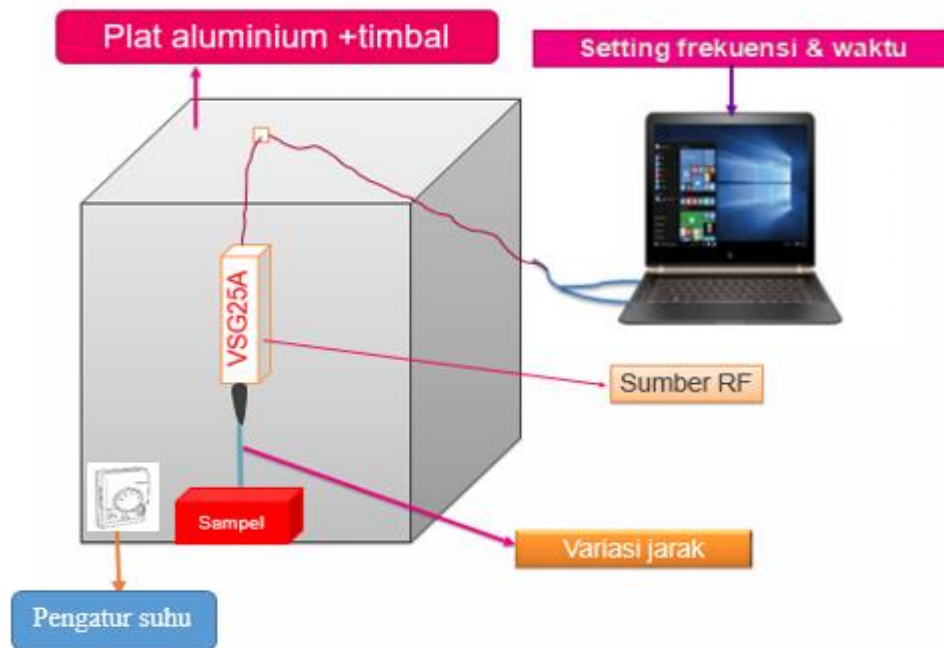
(GSM 900 MHz dan 1800 MHz) dan pengaturan waktu paparan yang digunakan seperti Gambar 4.4.

c. Paparan terhadap sampel dilakukan sesuai variabel pengukuran yang digunakan (berdasarkan frekuensi, jarak dan waktu). Sampel sel darah kemudian di bagi menjadi 24 kelompok perlakuan :

Tabel 5.1 Pembagian kelompok perlakuan

Waktu Jarak	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit
0 cm	900 MHz	900 MHz	900 MHz	900 MHz
2,5 cm	900 MHz	900 MHz	900 MHz	900 MHz
5 cm	900 & 1800 MHz	900 & 1800 MHz	900 & 1800 MHz	900 & 1800 MHz
6,25 cm	1800 MHz	1800 MHz	1800 MHz	1800 MHz
25 cm	1800 MHz	1800 MHz	1800 MHz	1800 MHz

Total dari seluruh kelompok sampel adalah 24 kelompok, 24 kelompok perlakuan pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz (Tabel 5.1).



Gambar 4.4 Proses paparan GEM

4. Kultur dan pemanenan PBMC

Setelah proses Pemaparan Gelombang elektromagnetik RF, dilakukan proses kultur untuk PBMC dengan cara diinkubasi selama 48 jam dalam inkubator 37°C.

Diberikan media kultur yakni Pemberian Brefeldin A (Golgiplug) yang bertujuan untuk mempertahankan kondisi sitokin agar tidak tersekresi oleh sel. Saat pemanenan PBMC, sel PBMC diambil dengan micropipette dan dimasukkan ke dalam tabung eppendorf 1,5 ml, kemudian di sentrifus pada 2500 rpm selama 3 menit sehingga terbentuk pellet PBMC yang siap untuk dilakukan pewarnaan.

5. Pewarnaan PBMC

Sel Limfosit diberikan paparan RF dengan variasi perlakuan yang digunakan ditambahkan dengan *cell staining buffer* dan dibagi dalam beberapa eppendorf (sesuai banyak kelompok perlakuan), *Cell staining buffer* merupakan larutan yang dibuat dari 2% *Fetal Bovine Serum* (FBS) dalam PBS. Kemudian pellet PBMC distaining dengan antibodi CD4. Pellet yang telah diberi antibodi diinkubasi selama 20 menit sebelum dilakukan pembacaan dengan flowcitometry.

6. Perhitungan flowcitometry

Pellet yang tidak diberikan paparan RF dan yang telah diberikan paparan RF dilakukan pemeriksaan dan perhitungan produksi sel CD4 dengan *flowcytometry*. Pertama kali sampel dilakukan pemeriksaan terhadap jumlah limfosit. Kemudian ditentukan persentase dari sel-sel CD4.

4.4 Alat Pemancar radiofrequency

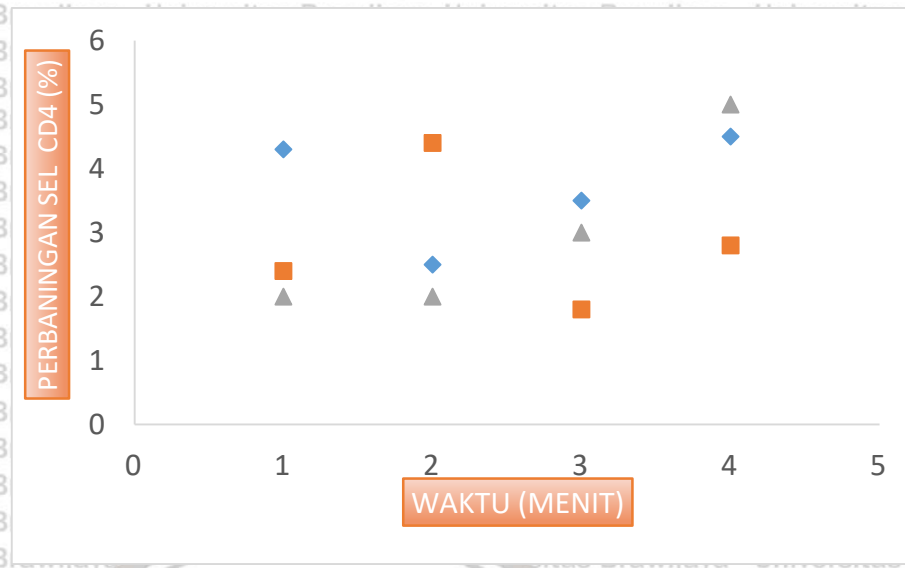
VSG25A (Gambar 4.5) adalah generator sinyal vektor dari Signal Hound yang menampilkan generator gelombang baseband I / Q 12-bit yang dirancang untuk dengan mudah menghasilkan bentuk gelombang analog, digital, dan sembarang. Dengan kemampuan untuk clock pada frekuensi dari 54 kHz hingga 180 MHz, dan dengan rentang frekuensi operasi 100 MHz hingga 2,5 GHz, perangkat ini juga mencakup penyangga pola 4096 x 16 bit untuk modulasi built-in atau kustom.



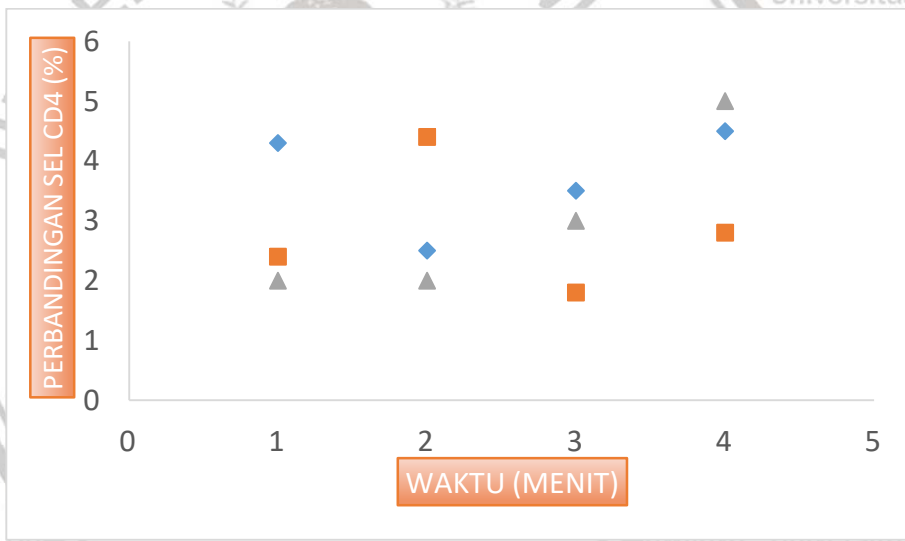
Gambar 4.5 Pemancar RF VSG25

4.6 Analisis Data

Perhitungan jumlah sel CD4 dengan flowsitometri. Dimulai dengan perhitungan perubahan sel : $x = \frac{B}{A} * 100$, dimana x merupakan persentase perbandingan jumlah sel limfosit/CD4, B merupakan jumlah sel limfosit/CD4 setelah dipapari RF, dan A merupakan jumlah sel limfosit/CD4 sebelum dipapari RF. Hubungan antara waktu dengan x disajikan dalam bentuk plot grafik seperti pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7



Gambar 4.6 Hubungan antara waktu paparan dengan x pada frekuensi 900 MHz



Gambar 4.7 Hubungan antara waktu paparan dengan x pada frekuensi 1800 MHz

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan data berupa persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan. Setelah mengetahui persentase perbandingan sel limfosit, dilakukan perhitungan terhadap perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan.

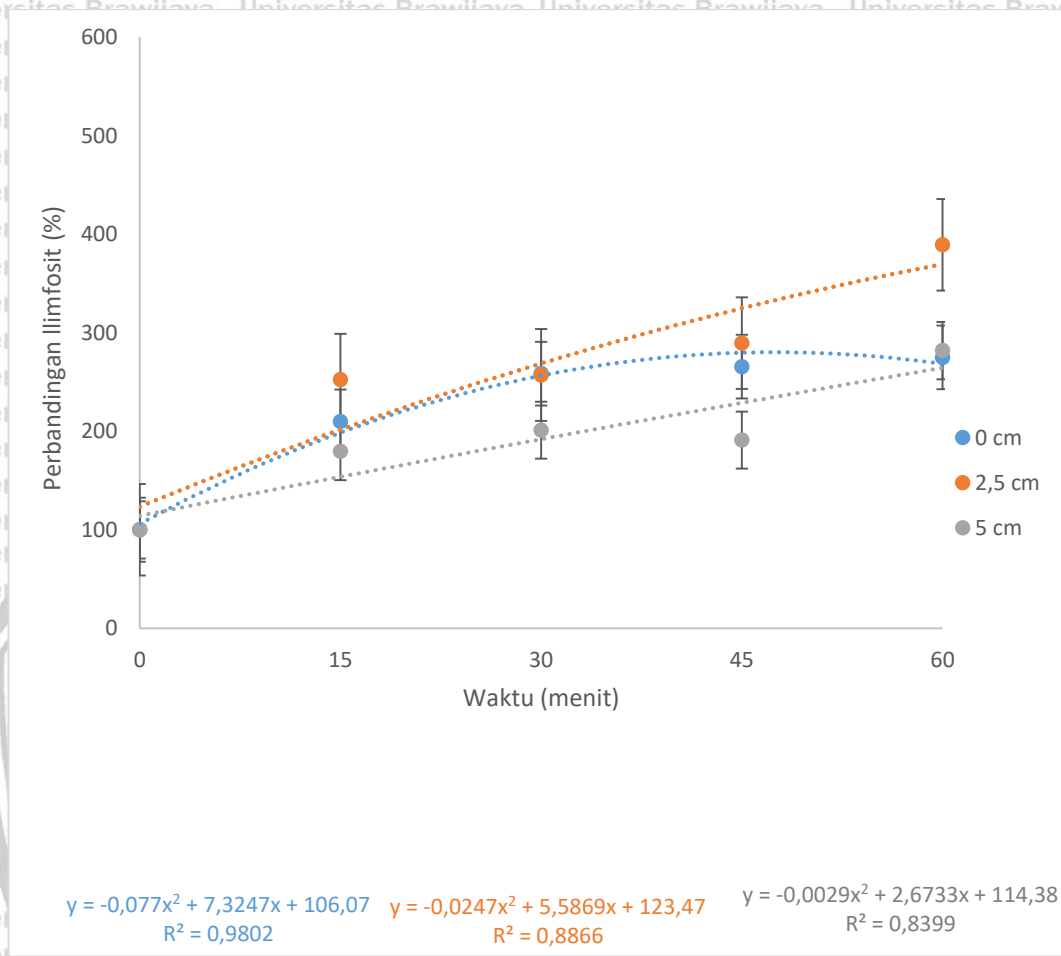
Jumlah sel limfosit yang diberikan perlakuan dihitung agar diketahui bagaimana perbandingan jumlah sel limfosit saat diberikan paparan maupun tidak diberikan paparan RF. Peningkatan jumlah sel limfosit dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti aktifitas fisik, pengobatan dan pemberian vitamin dalam tubuh. Jumlah sel CD4 setelah paparan diperoleh dari perhitungan flowcitometry.

Jumlah sel CD4 dapat berubah seiring dengan proses metabolisme di dalam tubuh.

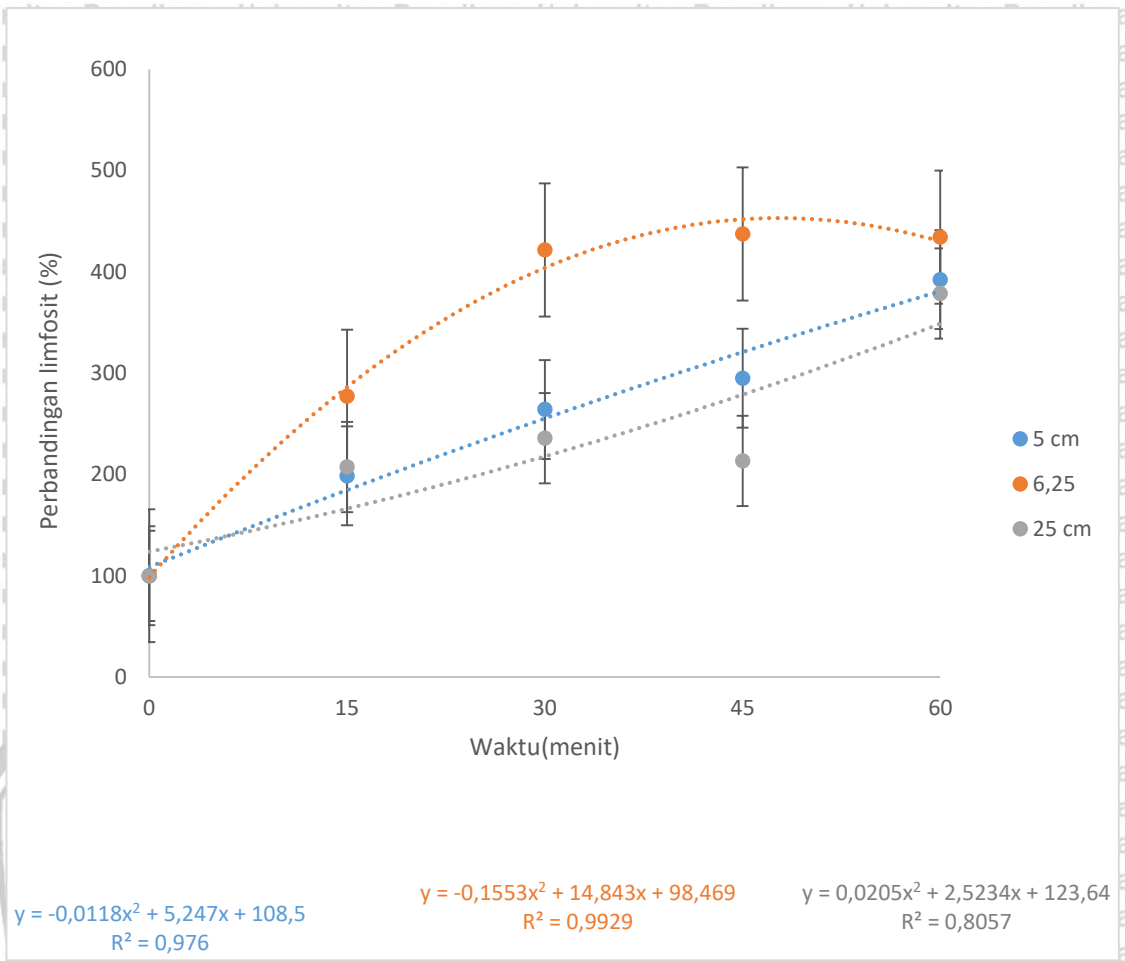
Jumlah sel CD4 sebagai respon imun tubuh sangat diperlukan untuk memberikan sinyal pada antibodi di dalam tubuh agar dapat melakukan perlawanan terhadap zat asing yang dapat membahayakan tubuh. Sel CD4 mempunyai fungsi lain yakni sebagai sel yang dapat bekerjasama dengan antibodi untuk melawan zat asing yang masuk ke dalam tubuh melalui sitokin yang dihasilkannya.

Dari proses perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terhadap waktu yang digunakan untuk berbagai jarak pada setiap frekuensi. Proses perhitungan juga dilakukan untuk mendapatkan nilai

perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan terhadap waktu untuk berbagai jarak pada setiap frekuensi.



Gambar 5.1 Hubungan perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terhadap waktu untuk berbagai jarak pada frekuensi 900 MHz.



Gambar 5.2 Hubungan perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terhadap waktu untuk berbagai jarak pada frekuensi 1800 MHz.

Persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terhadap waktu yang digunakan untuk berbagai jarak pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz ditampilkan pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2. Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 merupakan persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terhadap waktu yang dihubungkan dengan kurva berbentuk polinomial dan ditandai dengan gradient dari persamaan berpangkat kuadrat.

Pada frekuensi 900 MHz, persentase perbandingan jumlah sel limfosit cenderung meningkat seiring semakin lama waktu paparan radiasi yang diberikan.

Peningkatan persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terjadi pada semua variabel jarak yang digunakan. Persentase perbandingan jumlah sel limfosit tertinggi terjadi pada jarak 2,5 cm.

Pada frekuensi 900 MHz, energi radiasi dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan (1), energinya sebesar $59,63 \times 10^{-26}$ Joule, artinya besar energi yang dipaparkan tersebut dapat meningkatkan perbandingan sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan pada setiap waktu yang digunakan. Perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terhadap waktu paparan yang digunakan menunjukkan nilai yang berbeda-beda untuk setiap jarak dan waktu. Berdasarkan rumus teori foton pada persamaan (1), semakin besar frekuensi paparan yang digunakan, maka energi radiasinya akan semakin besar. Energi radiasi yang dipaparkan pada sel dapat menyebabkan kondisi sel tidak stabil (terganggu).

Pada frekuensi 900 MHz, diperoleh nilai persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan berbeda-beda untuk setiap jarak dan waktu yang digunakan. Persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan terhadap waktu yang digunakan, diperoleh nilai paling tinggi pada jarak 2,5 cm, sedangkan persentase perbandingan jumlah sel limfosit paling kecil diperoleh pada jarak 5 cm.

Secara teori, jarak mempengaruhi perbandingan jumlah sel limfosit sesudah

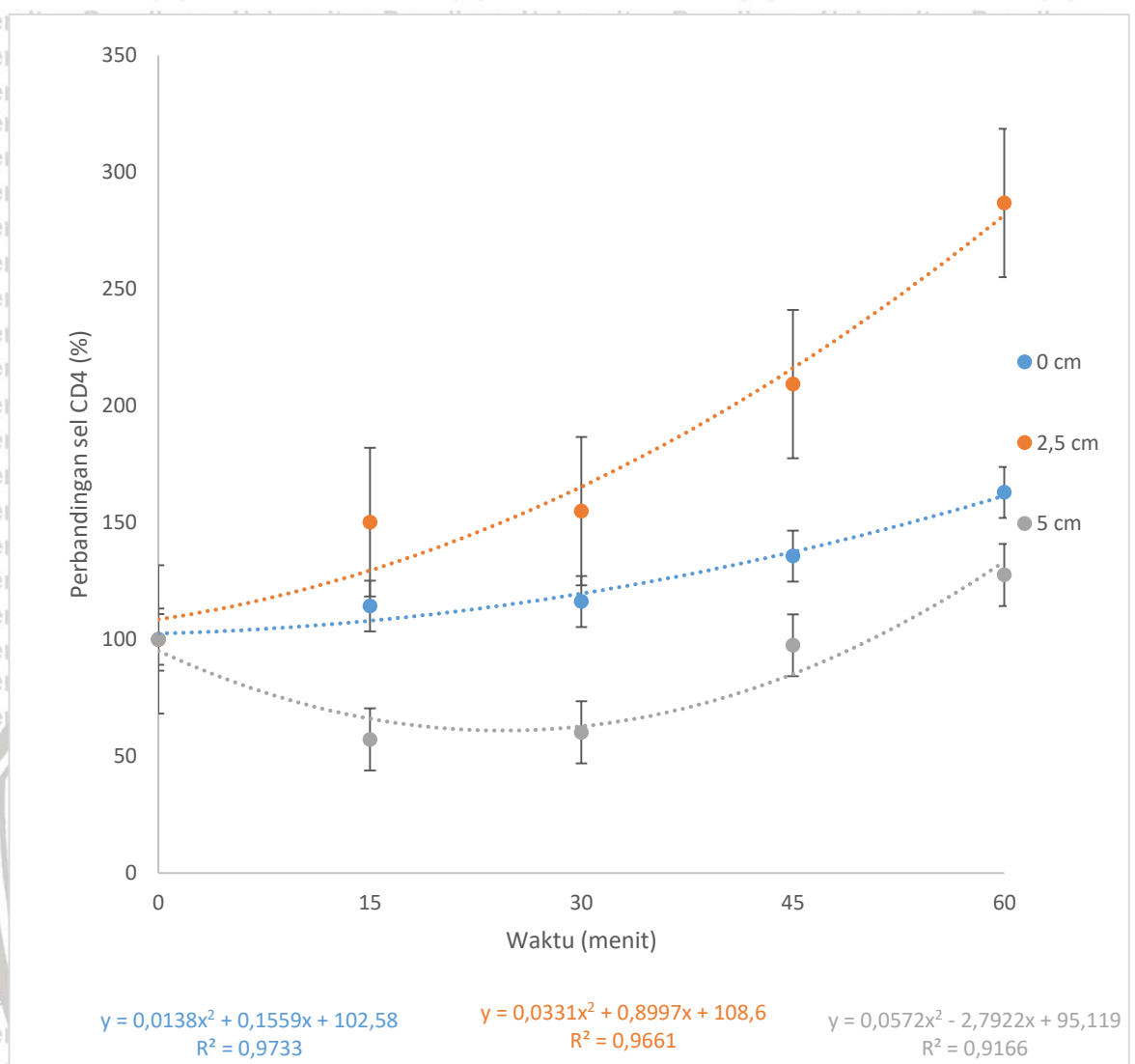
paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan. Pada penelitian, diperoleh nilai perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan paling kecil adalah pada jarak terjauh yakni 5 cm, hal ini sesuai dengan teori yang menyebutkan semakin jauh jarak sumber radiasi dengan sel, intensitasnya akan semakin berkurang. Pada jarak 5 cm, intensitas radiasi yang diterima sel limfosit lebih kecil dibandingkan intensitas radiasi yang diterima pada jarak 0 cm dan 2,5 cm. Nilai persentase perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan paling tinggi terdapat pada jarak 2,5 cm untuk masing-masing waktu yang digunakan. Hal tersebut tidak sesuai teori, dimana jarak terdekat untuk frekuensi 900 MHz adalah 0 cm, namun pada jarak tersebut nilai perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan tidak menghasilkan nilai yang paling besar. Berdasarkan penelitian ini, intensitas radiasi paling besar terdapat pada jarak 2,5 cm.

Pada frekuensi 1800 MHz, perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan cenderung meningkat ketika semakin lama waktu paparan radiasi yang diberikan. Secara teori, semakin lama waktu paparan radiasi yang diberikan, akan menyebabkan gangguan terhadap sel semakin besar, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan sel yang lebih banyak. Energi radiasi pada frekuensi 1800 MHz adalah sebesar $119,27 \times 10^{-24}$ Joule. Pada frekuensi 1800 MHz, energi radiasi yang dipaparkan lebih besar daripada energi radiasi pada frekuensi 900 MHz. Semakin besar energi radiasi gelombang radio yang dipaparkan, menyebabkan gangguan pada sel akan semakin meningkat.

Limfosit sebagai kontrol imun tubuh akan meningkatkan produksinya ketika sel

limfosit dikenai paparan radiasi radiofrequency. Pada frekuensi 1800 MHz, perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan lebih besar dibandingkan pada frekuensi 900 MHz. Perbandingan jumlah sel limfosit paling tinggi dengan waktu paparan yang digunakan adalah pada jarak 6,25 cm. Sedangkan perbandingan jumlah sel limfosit paling kecil adalah pada jarak 25 cm.

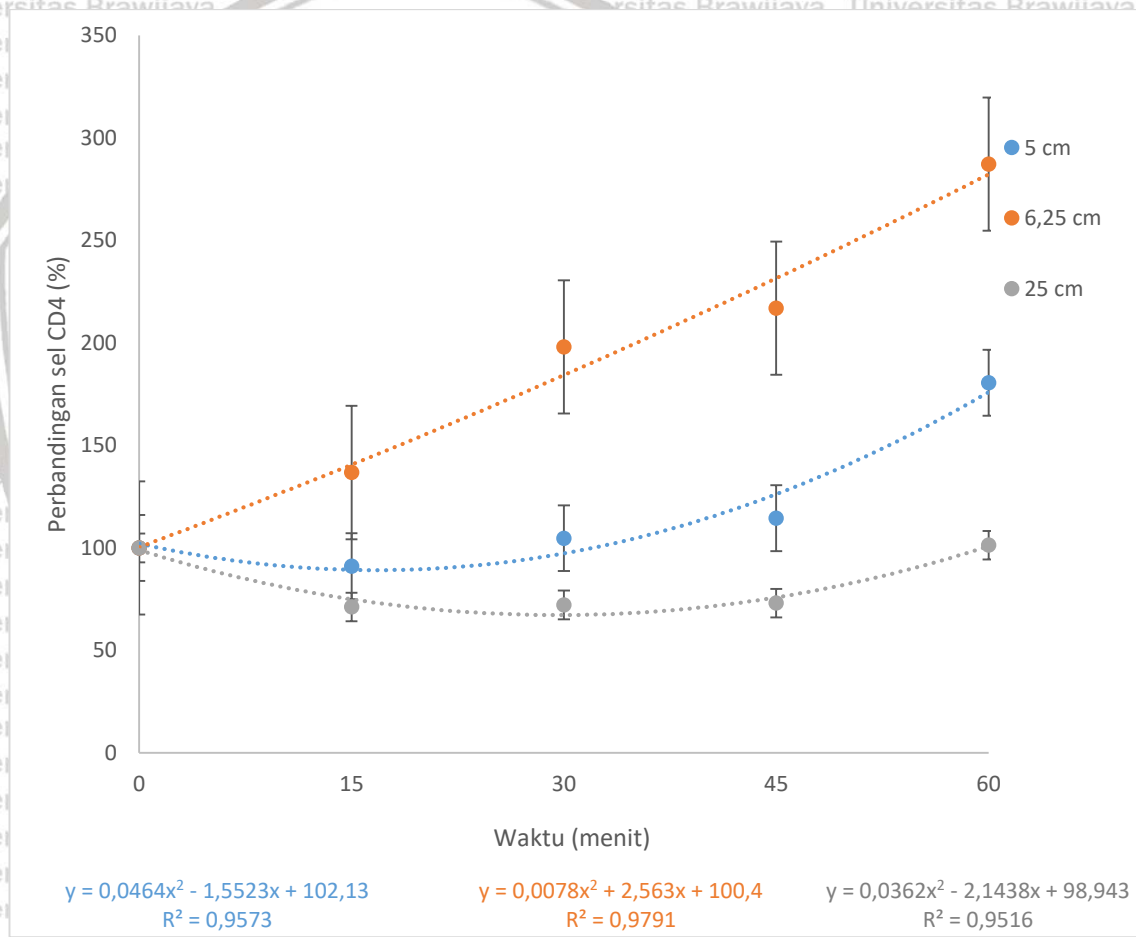
Waktu paparan yang digunakan pada frekuensi 900 MHz dan 1800 Mhz adalah sama. Pada variasi waktu tersebut perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan cenderung meningkat. Jarak paparan yang digunakan pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz berbeda. Pada 1800 MHz menggunakan kuadrat jarak dari jarak yang digunakan pada frekuensi 900 MHz. Waktu paparan 5 cm sama-sama digunakan pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz. Nilai perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan pada jarak 5 cm lebih besar pada frekuensi 1800 MHz dari pada frekuensi 900 MHz. Pada frekuensi 900 MHz dan jarak 5 cm dengan waktu paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit nilainya berturut turut adalah 57,2%, 60,3%, 97,5%, 127,7%, sedangkan pada frekuensi 1800 MHz dengan waktu paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit nilainya berturut turut adalah 91,1%, 104,7%, 114,6%, 180,6%. Dari data tersebut, nilai perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan lebih besar pada frekuensi 1800 MHz.



Gambar 5.3 Hubungan perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan terhadap waktu untuk berbagai jarak pada frekuensi 900 MHz.

Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 menampilkan hubungan perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan. Perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan berbeda pada setiap frekuensi yang digunakan. Pada frekuensi 900 MHz, perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan terhadap waktu yang digunakan menunjukkan hasil yang cenderung meningkat. Peningkatan

perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan dapat disebabkan sel CD4 merespon energi radiasi yang masuk ke dalam sel limfosit. Sel CD4 adalah salah satu komponen pada limfosit T yang memiliki peran sebagai resptor imun. Sel CD4 sebagai reseptor imun artinya sel CD4 bertugas sebagai pemberi signal pada antibodi dalam tubuh ketika sel mendapat usikan atau gangguan dari benda lain baik berupa bakteri atau virus (kondisi sel tidak stabil).



Gambar 5.4 Hubungan perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan terhadap waktu untuk berbagai jarak pada frekuensi 1800 MHz.

Jarak paparan yang sama untuk kedua frekuensi adalah 5 cm. Pada jarak tersebut, nilai perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan berbeda. Hasil yang lebih besar diperoleh pada frekuensi 1800 MHz untuk setiap waktu yang digunakan. Pada frekuensi 900 MHz dengan variasi waktu 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit nilai perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan berturut-turut adalah 57,2%, 60,3%, 97,6%, 127,6%. Pada frekuensi 1800 MHz, nilai perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan pada waktu 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit berturut-turut adalah 91,1%, 104,7%, 114,6%, dan 180,6%. Nilai perbandingan jumlah sel limfosit lebih tinggi pada 1800 MHz disebabkan energi radiasi pada frekuensi tersebut lebih besar dibandingkan dengan energi radiasi pada frekuensi 900 MHz.

5.2 Pembahasan

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang dapat merambat tanpa melalui medium. Gelombang elektromagnetik terbentuk dari perpaduan medan listrik dan medan magnet. Besar energi gelombang elektromagnetik dipengaruhi oleh panjang gelombang, frekuensi dan amplitudo (Idayati, 2011).

Pada telepon seluler GSM, frekuensi yang digunakan adalah 900 MHz dan 1800 MHz. Frekuensi pada telepon seluler GSM termasuk dalam klasifikasi radiasi non pengion (khususnya gelombang mikro). Radiasi gelombang mikro saat berinteraksi dengan sel dapat menyebabkan efek panas, karena sel akan menyerap radiasi yang melewatinya (Surya, 2010).

Waktu paparan radiasi dapat mempengaruhi tingkat kerusakan sel. (Fajariyah, 2012). Sel yang terpapar radiasi gelombang radio dalam waktu yang lama menyebabkan terjadinya perubahan perilaku molekul sel. Dalam penelitian ini, perbandingan jumlah limfosit sesudah paparan dan sebelum paparan cenderung meningkat, hal tersebut dikarenakan limfosit merupakan sel yang mengatur respon imun dalam tubuh. Tubuh akan meningkatkan imunnya ketika terjadi gangguan pada sel-sel dalam tubuh, sehingga paparan RF dapat di definisikan sebagai gangguan bagi sel-sel dalam tubuh. Energi RF dapat menyebabkan efek panas dalam tubuh, sehingga mobilitas molekul dalam sel cenderung lebih cepat.

Jarak paparan radiasi radiofrekuensi mempengaruhi perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel limfosit sebelum paparan. Sesuai dengan persamaan (3), intensitas radiasi yang diterima akan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara benda yang menerima radiasi dengan sumber radiasi, semakin besar jarak dengan sumber, maka intensitas radiasi akan semakin berkurang, semakin dekat dengan sumber radiasi maka intensitas yang diterima akan semakin besar.

Kemampuan darah untuk mempertahankan kondisi stabilnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti temperatur, kelembaban, dan pemberian nutrisi-nutrisi khusus seperti EDTA dan Heparin (Fitria dkk, 2016). Penelitian ini menggunakan ketiga faktor tersebut untuk mempertahankan kondisi darah ketika berada diluar tubuh, yakni mengatur suhu dan kelembaban pada 37°C serta memberikan nutrisi EDTA sebelum dilakukan prosedur pembacaan nilai produksi sel CD4. Pemilihan nutrisi EDTA pada sel darah dikarenakan efek yang didapat cenderung lebih stabil dibandingkan menggunakan Heparin (Fitria dkk, 2016).

Dalam tubuh, terdapat sistem kekebalan (imun) yang merespon ketika sel dalam tubuh rusak akibat benda asing masuk ke dalam tubuh. Peran sistem imun dalam tubuh dilakukan oleh sel darah putih (leukosit). Limfosit merupakan penyusun dari leukosit yang melakukan peran sebagai kontrol imun dengan cara mensekresi dan mensintesis antibodi ke dalam jaringan pada sel darah akibat adanya benda asing seperti bakteri atau virus. Kadar limfosit dalam tubuh dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar limfosit dalam darah adalah aktivitas fisik, aktivitas fisik yang terus menerus atau dilakukan dengan intensitas maksimal dapat menyebabkan terganggunya sistem imun tubuh. Jumlah sel limfosit dapat meningkat apabila terjadi kerusakan sel-sel pada jaringan atau organ tubuh, sehingga tubuh akan merespon untuk destruksi sel-sel yang mengalami kerusakan atau apoptosis (Tiara dkk, 2016).

Ketika sel limfosit dipapari oleh radiasi gelombang mikro, maka antigen akan mengaktifasi sel limfosit T. Saat teraktifasi, limfosit T akan memproduksi antibodi untuk melawan kerusakan sel akibat paparan radiasi gelombang radio. Antibodi akan bereaksi dengan limfokin yang dihasilkan oleh sel CD4 untuk bekerja sama dalam melawan antigen. Kemudian sitokin dari CD4 akan bereaksi dengan limfosit T memori. Limfosit T memori akan membelah diri untuk menghasilkan antibodi yang lebih banyak untuk melawan antigen.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Olatunde, 2011), paparan radiasi gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 850 MHz selama 20 menit dan jarak paparan yang digunakan sejauh 2,5 cm menyebabkan jumlah sel darah putih dan jumlah sel limfosit lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sel yang tidak dipapari radiasi. Menurut (Kazemi, 2015), jumlah ROS (*Reactive Oxygen Species*) pada

limfosit dan monosit meningkat secara signifikan ketika dipapari radiasi dengan frekuensi 900 MHz selama 15 menit dan sejauh 5 cm. ROS adalah radikal bebas yang bersifat reaktif untuk merusak sel lain dalam tubuh. Paparan radiasi gelombang elektromagnetik dapat menyebabkan jumlah ROS dalam tubuh meningkat.

Radiasi radiofrequency ketika berinteraksi dengan sel memiliki sifat tidak tersebar atau terserap sewaktu penetrasi ke dalam jaringan kulit tubuh, tidak terpengaruh oleh jenis kulit, serta radiasi radiofrequency dapat menembus ke dalam lapisan kulit dalam. Radiasi radiofrequency dapat mentransfer energi yang dimilikinya ke dalam molekul sehingga molekul di dalam sel memiliki energi untuk melakukan mobilitas didalamnya. RF dapat menyalurkan nutrisi ke dalam jaringan kulit, bentuk energi dari RF dapat menyebabkan efek panas dan menstimulasi pergerakan sel-sel dalam tubuh. Arus listrik yang beresilasi dalam gelombang RF menyebabkan efek panas sehingga menstimulasi reproduksi sel akibat tabrakan molekul atau ion.

RF bekerja dengan melewatkan radiasi gelombang mikro pada molekul air, protein, mineral dan garam sebagai penyusun sel darah. Molekul molekul tersebut akan menyerap energi elektromagnetik yang diinduksi. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (dielectric heating) molekul-molekul pada sel darah bersifat elektrik dipol (electric dipoles), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Medan elektrik yang berubah-ubah akibat induksi gelombang RF pada masing-masing sisi akan berputar untuk menyejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan energi panas akibat gesekan antar molekul (Surya, 2010).

Tidak seperti imunoglobulin yang dapat berinteraksi dengan patogen dan juga bahan toksik yang dihasilkannya pada daerah ekstraselluler, sel T hanya dapat mengenali antigen asing yang telah dipresentasikan pada permukaan sel. Antigen itu dapat berasal dari virus patogen atau bakteri intraselluler yang melakukan replikasi di dalam sel. Antigen juga dapat berasal dari patogen atau produk dari patogen yang telah diinternalisasi sel dengan mekanisme endositosis. Sel T dapat mendeteksi adanya patogen intraselluler setelah sel yang terinfeksi mempresentasikan fragmen peptida asing yang berasal dari protein patogen.

Peptida asing ini diangkat ke permukaan sel oleh glikoprotein yang merupakan molekul khusus pada host yang fungsinya telah terspesialisasi. Glikoprotein ini disandi oleh gen yang sangat panjang yang pertama kali teridentifikasi pada transplantasi organ. Glikoprotein ini mempunyai efek sangat kuat pada reaksi imunitas pada kasus transplantasi organ. Oleh karena itulah gen penyandi itu dinamakan major histocompatibility complex (MHC), dan glikoprotein yang mengikat peptida itu disebut molekul MHC. Pengenalan antigen dalam bentuk fragmen peptida kecil yang terikat oleh molekul MHC dan dipresentasikan pada permukaan sel merupakan ciri khusus yang dimiliki sel T dan tidak pada sel B. Sel T mempunyai reseptor (TCR~T cell receptor) yang sangat besar variasinya sehingga sel T dapat diandalkan perannya dalam membantu eliminasi berbagai macam patogen. Struktur gen yang menyandi TCR mempunyai hubungan yang sangat dekat dengan gen yang menyandi molekul antibodi. Namun demikian ada perbedaan yang sangat penting antara TCR dan imunoglobulin yang terefleksi pada cara pengenalan antigen oleh TCR, dan TCR tidak pernah menjadi molekul efektor sebagaimana yang terjadi pada molekul imunoglobulin.

Salah satu bagian penyusun sel limfosit T adalah sel CD4. Susunan dari limfosit terdiri dari 3%-21% sel B dan 60%-80% sel T. Sel T tersusun atas 34%-67% sel CD4 dan 10%-42% sel CD8 (Wilson, 2008). Sel CD4 merupakan bagian dari limfosit yang berperan dalam proses kekebalan tubuh. Limfosit terdiri dari dua bagian subsel penting yakni sel T dan sel B. Secara fungsional, sel limfosit T dibagi atas limfosit regulator dan dan limfosit efektor. Limfosit regulator terdiri atas Limfosit T penolong (T-Helper/Th = CD4) yang berfungsi untuk meningkatkan aktivasi sel imunokompeten lainnya. Sel CD4 bersifat imunopatogenesis, yang merupakan target utama virus atau bakteri ketika masuk ke dalam tubuh. Sehingga CD4 merupakan salah satu penyebab terjadinya efek immunosupresif pada tubuh (Wang dan Burke, 2015).

Sel CD4 berperan sebagai pengatur utama respon imun dalam tubuh. Ketika sel ini diaktifkan oleh kontak dengan antigen, mereka akan merespons melalui pembelahan sel dan menghasilkan limfokin seperti interferon, interleukin dan *Tumour Necrosis Factor* (TNF). Limfokin ini berfungsi sebagai mediator dalam respon imun yang mengendalikan pertumbuhan dan maturasi sel limfosit tipe lainnya seperti sel T sitotoksik (CD8) dan limfosit B penghasil antibodi. Limfokin 38 juga memicu maturasi dan fungsi monosit dan makrofag jaringan (Blann, 2014).

Perubahan produksi sel CD4 dalam tubuh dapat menginformasikan berbagai proses respon imun tubuh. Jumlah CD4 yang rendah mengindikasikan kekebalan tubuh yang menurun, sehingga patogen penyebab infeksi dapat masuk ke dalam tubuh secara bersama-sama (Eltoweissy, 2012). Sedangkan peningkatan produksi sel CD4 yang dipengaruhi perlakuan suatu variabel mengindikasikan bahwa respon imunologis sel (reseptor imun) dalam tubuh berfungsi dengan benar yakni

memberikan sinyal pada antibodi untuk melakukan destruksi pada sel-sel akibat ada jaringan yang mengalami kerusakan atau apoptosis. Peningkatan produksi sel CD4 tidak selalu mengindikasikan keadaan respon tubuh dalam keadaan baik, karena harus diuji lebih lanjut lagi seberapa besar limfokin yang dihasilkan oleh CD4.

Respons imun seseorang terhadap unsur-unsur patogen sangat bergantung pada kemampuan sistem imun untuk mengenal molekul-molekul asing atau antigen yang terdapat pada permukaan unsur patogen dan kemampuan untuk melakukan reaksi yang tepat untuk menyingkirkan antigen.

Metabolisme juga berkaitan dengan daya tahan tubuh, zat yang berfungsi menjaga stabilitas imunitas tubuh juga berasal dari proses metabolisme. Hasil dari metabolisme protein berfungsi menjaga daya tahan tubuh. Zat protein yang berasal dari makanan yang diasup kemudian masuk dalam tubuh dan diproses melalui proses metabolisme protein. Peningkatan CD4 yang merupakan bagian dari sistem daya tahan tubuh yang termasuk dampak dari metabolisme protein (Yasirin dkk, 2014).



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan terhadap variabel waktu yang digunakan cenderung meningkat. Perlakuan dengan waktu paparan radiasi RF mempengaruhi nilai produksi sel CD4.

Frekuensi gelombang elektromagnetik frekuensi radio yang digunakan pada penelitian ini dapat mempengaruhi perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan. Pada jarak yang sama (5cm), nilai perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan lebih tinggi pada frekuensi 1800 MHz dibandingkan dengan frekuensi 900 MHz.

Jarak paparan mempengaruhi perbandingan jumlah sel CD4 setelah paparan dengan jumlah sel CD4 sebelum paparan. Nilai perbandingan jumlah sel CD4 paling kecil diperoleh pada jarak terjauh, namun nilai perbandingan jumlah sel paling tinggi diperoleh pada jarak 2,5 cm untuk frekuensi 900 MHz dan pada jarak 6,25 cm untuk frekuensi 1800 MHz.

6.2 SARAN

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut seberapa besar CD4 dapat mengekspresikan sitokin, untuk mengetahui seberapa besar Radiofrequency 900 MHz dan 1800 MHz dapat merusak sel limfosit dalam tubuh.



DAFTAR PUSTAKA

Aberle, Judith H, Maximilian Koblischke, and Karin Stiasny. 2018. "CD4 T Cell Responses to FI Aviruses." *Journal of Clinical Virology* 108(September): 126–31. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2018.09.020>.

Agarwal, Ashok et al. 2009. "Male factor Effects of Radiofrequency Electromagnetic Waves (RF-EMW) from Cellular Phones on Human Ejaculated Semen : An in Vitro Pilot Study." *Fertility and Sterility. Journal of Applied Sciences*. 92(4): 1318–25

Aly, Ashraf A, Safaai Bin Deris, and Nazar Zaki. 2011. "The Effects on Cells Mobility Due to Exposure to EMF Radiation." *International Journal of SIMULATION: Systems, Journal Science & Technology* 2(4): 1–7.

Andrew Blann. 2014. "Functions and Diseases of Red and White Blood Cells." *University of Birmingham. Journal of Engineering Science and Technology Review*. 110(8): 16–18.

Angelis, Alessandro De. 2012. "Waves and Electromagnetism Lecture Notes." *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences. University of Udine*.

Arosio, Beatrice et al. 2014. "Peripheral Blood Mononuclear Cells as a Laboratory to Study Dementia in the Elderly." *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*

Aseweje, Ife Fortunate, and Felicia Adeola Akinola. 2011. "A Pilot study of the effects of GSM radiofrequency radiation on blood parameters." *Maejo International Journal of Science and Technology*, 9(December): 464–66.

August, A Ghustam. 2013. "Sensor RF Pada Pengendali Jarak Jauh Tanpa Kabel (Remote Control) Dengan Menggunakan Amplitude Shift Keying (ASK)."

ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences : 5–23.

Bain, Barbara J. 2004. *A Beginner's Guide to Blood Cells*. J. cliii. Path., 32, Suppl.

(Roy. Coll. Path.), Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology (13, 39-47)

Denman, A M. 2013. "Lymphocyte Function and Virus Infections." International

Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS)(13,

39-47) *Lymphocyte*: 39–47.

El-abd, Sabah F, Marwa Y Eltoweissy, and Sabah F El-abd. 2012. "Cytogenetic

Alterations in Human Lymphocyte Culture Following Exposure to

Radiofrequency Field of Mobile Phone." *Journal of Applied Pharmaceutical*

Science 02 (02); 2012: 16-20 02(02): 16–20.

Elachi, By C, and J Van Zyl. 2006. "Nature and Properties of Electromagnetic

Waves 2-1." *Sadhana- Academy Proceedings in Engineering Sciences* (23–

50).

Erinda, Nonie. 2011. Formulasi Sediaan Lipstik Menggunakan Ekstrak Daun Jati

(*Tectona grandis* L.f.) Sebagai Pewarna. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.

Medan.

Fajariyah, Aviana. 2012. "Pengaruh Radiasi Gelombang Radio Wi-fi Pada

Kandungan Protein Telur Ayam RAS." *Journal Natural B-Science* : 5–23.

Fitria, L., Illiy, L. L. dan Dewi, I. R. (2016) "Pengaruh Antikoagulan

dan Waktu Penyimpanan terhadap Profil Hematologis Tikus

(*Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769) Galur Wistar," *Biosfera*,

33(1), hal. 22–30. doi: 10.20884/1.mib.2016.33.1.321.

Hayat, Tasawar, Muhammad Qasim, and Zaheer Abbas. 2010. “Radiation and Mass Transfer Effects on the Magnetohydrodynamic Unsteady Flow Induced by a Stretching Sheet.” *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen*. <http://znaturforsch.com>.

Husneni, M, and Farida I Muchtadi. 2009. “Simulasi Terapi Termal Menggunakan Radio Frequency Ablation Pada Tumor Hati Berdasarkan Solusi Numerik Persamaan Kalor- Bio.” *Universitas Negeri Yogyakarta*: 137–43.

Idayati, Ratna. 2011. “Pengaruh radiasi handphone terhadap kesehatan.” *Jurnal koedokteran syiah kuala volume 11 nomor 2 agustus 2011* 11: 115–20.

Ika Wahyuniari, Marsetyawan HNE Soesatyo, Muhammad Ghufon, Yustina, Andwi Ari Sumiwi, Sri Wiryawan. 2015. “Minyak Buah Merah Meningkatkan Aktivitas Proliferasi Limfosit Limpa Mencit Setelah Infeksi *Listeria Monocytogenes*.” *Jurnal Veteriner, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta* 10(3): 143–49.

Jahan-tigh, Richard R, Caitriona Ryan, Gerlinde Obermoser, and Kathryn Schwarzenberger. 2016. “Flow Cytometry.” *Journal of Investigative Dermatology* 132(10): e1-6. <http://dx.doi.org/10.1038/jid.282>.

Jamil, Kumia Fitri. 2014. “Profil kadar CD4 terhadap infeksi oportunistik pada penderita human immunodeficiency virus / acquired immunodeficiency syndrome (hiv/ aids).” *Fakultas Kedokteran Universitas Syiah Kuala/RSUD dr. Zainoel Abidin Banda Aceh*: 76–80.

Joshi, Narahari V. 2006. “Energy Conversion from the Vacuum Field to Electromagnetic Fields.” *Department of Physics, Faculty of Science,*

University of Los Andes, La Hechicera, Merida 1: 61–68.

Julia Schwaiger (1), Judith H. Aberle (1), Karin Stiasny (1), Bernhard Knapp (2, 3),

12. 2014. “Specificities of Human CD4 + T Cell Responses to an Inactivated
Flavivirus Vaccine and Infection.” American Society for Microbiology. Vol
105

Kareva, Lidija, and Kristina Mironska. 2016. “Values of lymphocyte
subpopulations in healthy macedonian children under the age of five.”

Department of Immunology, Clinic for Children’s Diseases, Medical Faculty,
Skopje, Macedonia 22(4): 1407–10.

Kazemi, E et al. 2015. “Effect of 900 MHz Electromagnetic Radiation on the
Induction of ROS in Human Peripheral Blood Mononuclear Cells.” *Journal
of biomedical physics & engineering* 5(3):10514. [http://www.pubmedcentral.
nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4576871&tool=pmcentrez&rendertype=abs
trac.](http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4576871&tool=pmcentrez&rendertype=abstract)

Kumari, Priyanka, S D Manjula, Kundaje Gautham, and July August. 2016. “In
Vitro Study Of Effect Of Radiation Emitted By Mobile Phone On Osmotic
Fragility And Other Blood Parameters .” *Research Journal of Pharmaceutical
, Biological and Chemical Sciences* 7(1283): 1283–92.

Kuntoro, Tri priyambodo. Heriadi, Dodi. 2005. Jaringan WI-FI. Yogyakarta, Andi,
<https://www.belbuk.com/jaringan-wifi-teori-dan-implementasi-p3027.html>.
diakses pada tanggal 2 Oktober 2018 pukul 18.45 WIB.

Markov, Marko S. 2014. “Electrical & Electronic Systems Electromagnetic Fields
and Life.” *Research International, Williamsville, NY, USA* 3(1): 1–5.

Nastria Fitriana Sari. 2016. "Pengaruh Penggunaan Smartphone Terhadap Ketergantungan Mahasiswa Pada Smartphone (Studi Pada Mahasiswa Jurusan Psikologi Universitas Muhammadiyah Lampung). <http://digilib.unila.ac.id/23161/3/skripsi%20tanpa%20bab%20pembahasan.pdf>. diakses pada tanggal 29 Oktober 2018 pukul 09.25WIB.

Nuraini, Tuti. 2015. "Fisiologi Sistem Pertahanan Tubuh." *National medical Journal* : Vol.25 No 6, 341-51. <https://www.coursehero.com> > IIT Kanpur > BIOLOGY > BIOLOGY 112. diakses pada tanggal 26 September 2018 pukul 14.20WIB.

Olatunde Micheal Oni, dkk.2011. A Pilot Study Of The Effects Of GSM Radiofrequency Radiation On Blood Parameters. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*. Ogbomoso, Nigeria.

Pedersen, Bente Klarlund, Anders Dyhr Toft, Bente Klarlund Pedersen, and Anders Dyhr Toft. 2010. "Effects of Exercise on Lymphocytes and Cytokines E V Ects of Exercise on Lymphocytes and Cytokines". *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*.

Sanjaya, Ardo et al. 2015. "Korelasi antara total lymphocyte count dan CD4 count pada pasien HIV / aids correlation of total lymphocyte count with CD4 count in hiv/ aids patients." 4(65). Fakultas Kedokteran, Universitas Kristen Maranatha. https://repository.maranatha.edu/12088/9/1010008_Journal.pdf. diakses pada tanggal 22 november 2018 pukul 18.50

Sriskanthan, N, F Tan, and A Karande. 2002. "Bluetooth Based Home Automation System." *School of Computer Engineering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue, Singapore, Singapore 639798* 26: 281-89.

Stam, Rianne. 2010. "Electromagnetic Fields and the Blood-Brain Barrier." *Brain Research Reviews* 65(1): 80–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainresrev>. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20550949>.

Surya, Yohanes. 2010. *Listrik Dan Magnet*. Tangerang: PT. Kandel

Silveira, F Guilherme. 2015. "Microbial & Biochemical Technology Evolution of Flow Cytometry Technology". *Winstrobe's Clinical Hematology*, 13th edition. Philadelphia: Lippincott William and Wilkins, 1061-1604.

Tiara, D., Tiho, M. dan Mewo, Y.M. 2016. "Gambaran kadar limfosit pada pekerja bangunan". *Jurnal e-Biomedik (eBm)*, 4(2), hal 2-5.

Tuschl, Helga, Waltraud Novak, and Hamid Molla-djafari. 2006. "In Vitro Effects of GSM Modulated Radiofrequency Fields on Human Immune Cells." *Journal of Universal Science*. 196: 188–96.

Tyastuti, Erma Musbita. 2013. "Efek Immunostimulator Propolis Terhadap Proliferasi Limfosit T Dan Viabilitas Sel Tumor Mammae Mencit Secara in Vitro." *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering* 3(1): 1–7.

Varghese, A. 2017. "Effect of Handphone Radiation . third ed., edited by Frank S. Barnes and Ben Greenebaum, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300.

Wang, Yanchang, and Daniel J Burke. 2015. "Checkpoint Genes Required To Delay Cell Division in Response to Nocodazole Respond to Impaired Kinetochores Function in the Yeast *Saccharomyces Cerevisiae*." *Department of Biology, University of Virginia, Charlottesville, Virginia* 15(12): 6838–44.

Wessapan, Teerapot, and Phadungsak Rattanadecho. 2016. "Flow and Heat Transfer in Biological Tissue Due to Electromagnetic Near-Field Exposure

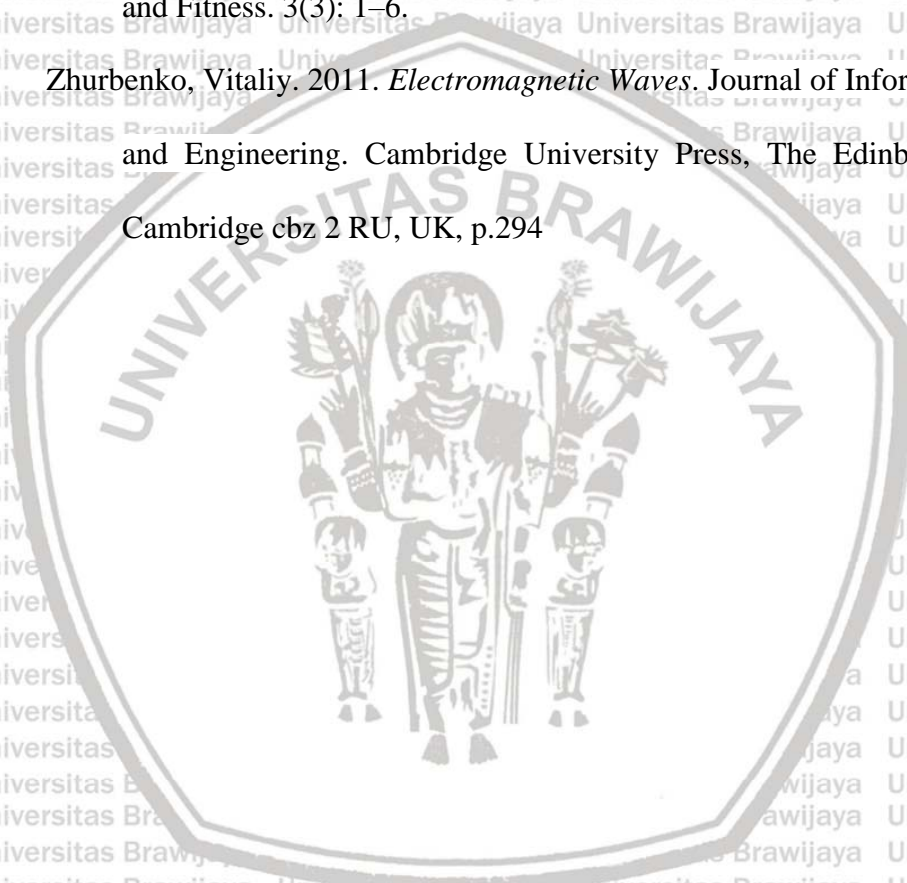
Effects.” *International Journal of Heat and Mass Transfer* 97: 174–84.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer>.

Wilson DD. 2008. *Manual of Laboratory & diagnostic tests*. New York: The McGraw-Hill’s Companies

Yasirin, Ahmad, Setya Rahayu, Said Junaidi, and Info Artikel. 2014. " Peningkatan limfosit CD4 (kekebalan tubuh) pada penderita hiv". *Journal of Sport Sciences and Fitness*. 3(3): 1–6.

Zhurbenko, Vitaliy. 2011. *Electromagnetic Waves*. *Journal of Information Science and Engineering*. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge cbz 2 RU, UK, p.294



LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil penelitian

Rata-rata jumlah limfosit kelompok kontrol (darah lengkap)/mm³

900 MHz	0 cm	2,5 cm	5 cm
15	2824,8	2407,9	3587,5
30	2607,8	2248,4	3247,5
45	2356,4	2407,9	3150,6
60	2126,7	1644,5	2438,1
1800 MHz	5 cm	6,25 cm	25 cm
15	2534,4	2163,8	3150,6
30	2289,6	1700,3	2995,2
45	2126,7	1750,7	2953,8
60	1734,2	1423,1	1788,6

Rata-rata jumlah limfosit setelah paparan RF/mm³

900 MHz	0 cm	2,5 cm	5 cm
15	5934,3	6081,1	6442,8
30	6740,9	5782,1	6529,6
45	6258,8	6970,9	6019,5
60	5849,4	6400,8	6872,6
1800 MHz	5 cm	6,25 cm	25 cm
15	5033,4	5999,6	6533,9
30	6047,3	7167,4	7062,2
45	6272,5	7659,2	6305,8
60	6803,8	6181,4	6770,3

Perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel sebelum paparan (%)

900 MHz	0 cm	2,5 cm	5 cm
0	100	100	100
15	210,1	252,6	179,6
30	258,5	257,2	201,1
45	265,6	289,5	191,1
60	275,1	389,3	281,8
1800 MHz	5 cm	6,25 cm	25 cm
0	100	100	100
15	198,6	277,3	207,4
30	264,2	421,5	235,7
45	294,9	437,4	213,5
60	392,3	434,4	378,5

Rata-rata jumlah sel CD4 setelah paparan/mm³

900 MHz	0 cm	2,5 cm	5 cm
15	1630,8	1826,9	1036,1
30	1487,8	1758,8	988,2
45	1614,9	2545,7	1551,8
60	1725,1	2381,9	2143,1
1800 MHz	5 cm	6,25 cm	25 cm
15	1566,3	1494,8	1132,6
30	1393,1	1700,8	1030,7
45	1340,9	1918,1	1089,6
60	1581,4	2064,3	915,2

Rata-rata jumlah sel T sebelum paparan/mm³

900 MHz	0 cm	2,5 cm	5 cm
15	2259,8	1926,3	2869,9
30	2086,2	1798,7	2598
45	1885,1	1926,3	2520,5
60	1701,4	1315,6	1950,5
1800 MHz	5 cm	6,25 cm	25 cm
15	2027,5	1731,1	2520,5
30	1831,7	1360,2	2396,2
45	1701,4	1400,6	2363,1
60	1387,4	1138,5	1430,8

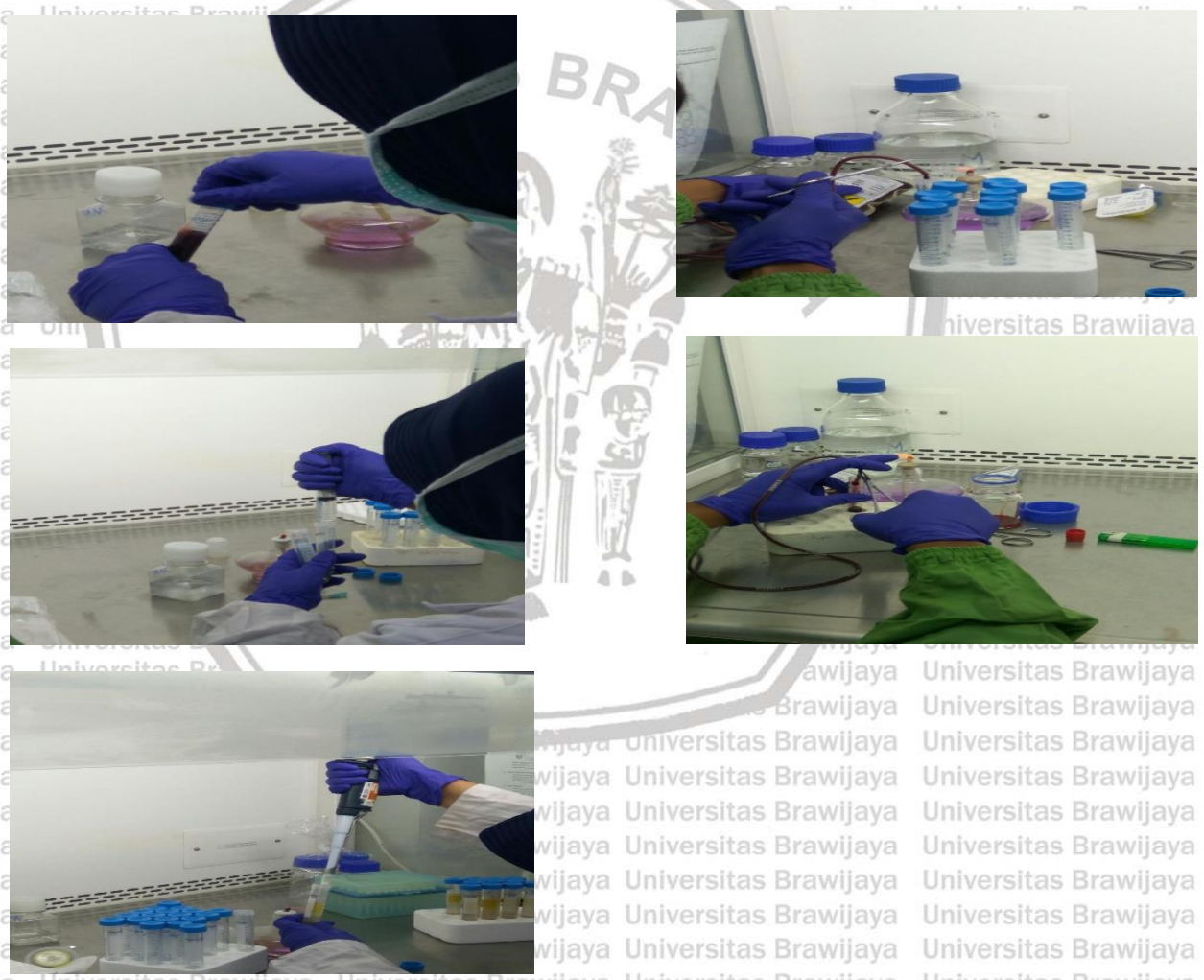
Rata-rata jumlah sel CD4 sebelum paparan/mm³

900 MHz	0 cm	2,5 cm	5 cm
15	1426,5	1215,9	1811,6
30	1316,9	1135,4	1639,9
45	1189,9	1215,9	1591,1
60	1073,9	830,4	1231,2
1800 MHz	5 cm	6,25 cm	25 cm
15	1279,8	1092,7	1591,1
30	1156,3	858,6	1512,5
45	1073,9	884,2	1491,6
60	875,7	718,6	903,3

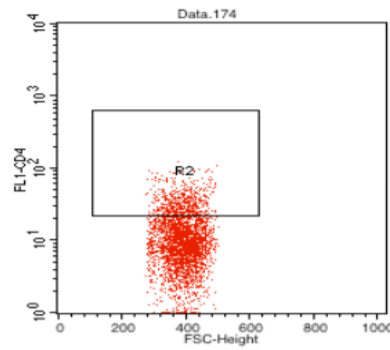
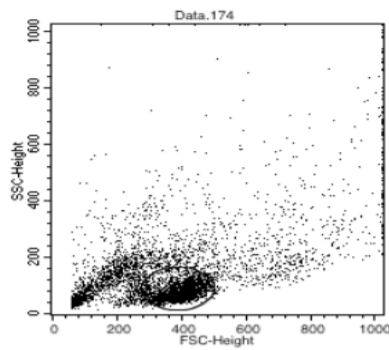
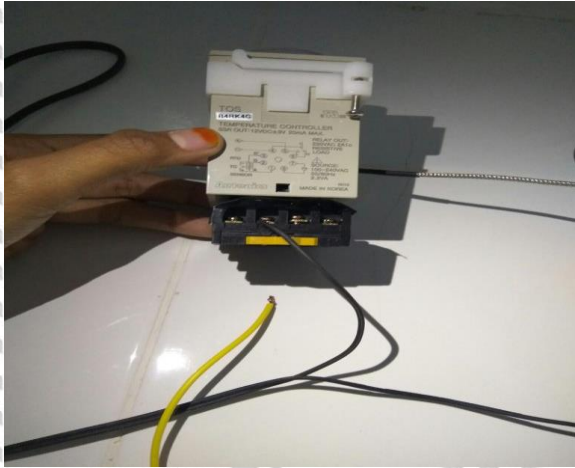
Perbandingan jumlah sel limfosit setelah paparan dengan jumlah sel sebelum paparan (%)

900 MHz	0	0 cm	2,5 cm	5 cm
	0	100	100	100
	15	114,3	150,2	57,2
	30	116,	154,9	60,3
	45	135,7	209,3	97,5
1800 MHz	60	162,9	286,8	127,6
	0	5 cm	6,25 cm	25 cm
	0	100	100	100
	15	91,1	136,7	71,1
	30	104,7	198,1	72,2
45	114,5	216,9	73,1	
60	180,5	287,3	101,4	

Lampiran 2 Proses Isolasi dan kultur untuk PBMC



Lampiran 3 Proses pemaparan dan perhitungan sel CD4



Sample ID: 1A.1

Region	Events	% Gated	% Total
R1	10513	100.00	47.92
R2	1890	17.98	8.62



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS KEDOKTERAN
KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN

Jalan Veteran Malang - 65125, Telp. 0341-841111, 841112
Telp. 0341-841113, 841114, 841115 - Fax. 0341-841140, 841141
http://www.kemdikti.go.id e-mail: ktp@brawijaya.ac.id

KETERANGAN KELAIKAN ETIK
("ETHICAL CLEARANCE")

No. 209 / EC / KEPK / 08 / 2018

KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA, SETELAH MEMPELAJARI DENGAN SEKSAMA RANCANGAN PENELITIAN YANG DIUSULKAN, DENGAN INI MENYATAKAN BAHWA PENELITIAN DENGAN

- JUDUL** : Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Frekuensi Radio terhadap Sel Darah Putih (Leukosit).
- PENELITI UTAMA** : Resvina
Anis Sulalah
M. Imaddudin R
Elma Dwi Puspitasari
Choirul Attaiyani M
- UNIT / LEMBAGA** : Prodi Fisika - Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan - Universitas Brawijaya Malang.
- TEMPAT PENELITIAN** : Laboratorium Farmakologi Patologi Klinik, Biomedik, Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya dan Instalasi Laboratorium Sentral Rumah Sakit Umum dr. Saiful Anwar Malang.

DINYATAKAN LAIK ETIK:



Prof. Dr. dr. Aoch Istiadid ES, SpS, SpBS(K), SH, M Hum, Dr.H.
NIP. 195740083

Catatan :

Keterangan Laik Etik Ini Berlaku 1 (satu) Tahun Sejak Tanggal Dikeluarkan Pada Akhir Penelitian, Laporan Hasil Pelaksanaan Penelitian Wajib Diserahkan Kepada KEPK-FKUB Dalam Bentuk Soft Copy. Jika Ada Perubahan Protokol Dan / Atau Perpanjangan Penelitian, Harus Mengajukan Kembali Permohonan Kajian Etik Penelitian (Amendemen Protokol).

Lampiran 5 Plagiasi Tesis

19 0044 T



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PASCASARJANA**

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI
Nomor: 175/JUN10.F40/PNI/2019
Sertifikat ini diberikan kepada:

Nama : Anis Sulalah
NIM : 176090300111014
Program Studi : Program Magister Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas : Universitas Brawijaya

Dengan Judul Tesis
Analisis Produksi Sel Cd4 Dengan Kultur Pheripheral Blood Mononuclear Cell (PBMC) Akibat Paparan Gelombang Elektromagnetik Frekuensi Radio

Telah dideteksi tingkat plagiasinya secara online pada tanggal 21 Januari 2019 dan dinyatakan bebas plagiasi dengan kriteria toleransi $\leq 5\%$.

Direktur
Prof. Dr. Abdul Hakim, M.Si
NIP. 19610202 198503 1 006

Malang, 22 Januari 2019
Ketua Badan Penerbitan Jurnal
Lukman Hakim, S.Si, M.Sc, Dr, Sc.
NIP. 19820412 200312 1 002

