

EFEK PROTEKTIF PEMBERIAN KOMBINASI TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.) DAN ZINK TERHADAP MOTILITAS DAN MORFOLOGI SPERMA TIKUS PUTIH JANTAN (*Rattus norvegicus* L.) GALUR *Sprague dawley* YANG DIINDUKSI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER

SKRIPSI

Oleh
DIAH AYU LARASATI



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

EFEK PROTEKTIF PEMBERIAN KOMBINASI TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.) DAN ZINK TERHADAP MOTILITAS DAN MORFOLOGI SPERMA TIKUS PUTIH JANTAN (*Rattus norvegicus* L.) GALUR *Sprague dawley* YANG DIINDUKSI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER

Oleh

DIAH AYU LARASATI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar SARJANA KEDOKTERAN

Pada

**Fakultas Kedokteran
Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRACT

THE PROTECTIVE EFFECT OF THE COMBINATION OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) AND ZINC TO THE MOTILITY AND MORPHOLOGY SPERM OF THE MALE RAT (*Rattus norvegicus* L.) INDUCED BY CELLULAR PHONE'S ELECTROMAGNETIC WAVES.

By

DIAH AYU LARASATI

Background: Cellular phone (cellphone) is one of radio electromagnetic wave's source. The side effect which worried by its users of radio electromagnetic wave that has oxidative stress for human's body. Tomato and zinc are high potential antioxidant which can resist oxidative stress.

Methods: Design of study by using complete randomize program. Removal technique by using randomize. Sample consist of 25 male rats divided to 5 groups, control group (K1) which no given treatment, group K2, group treatment 1 (P1), treatment 2 (P2), treatment 3 (P3) induced handphone 2 hours during 35 days. P1 given 0,135 mg zinc and 1,85 mg tomato. P2 given 0,27 mg zinc and 3,7 mg tomato. P3 given 0,54 mg zinc and 7,4 mg tomato.

Results: Analysis by using *One-Way ANOVA*, namely $p=0,001$ for sperm of motility morphology. Dosage of tomato and zinc are the most effective for sperm motility and sperm morphology amounts 0,54 zinc and 7,4 mg tomat.

Conclusion: There are protective effect of the combination of tomato and zinc to the motility and morphology sperm of the male rat induced by cellphone's electromagnetic waves.

Keywords: morphology, motility, oxidative stress , tomato, zinc.

ABSTRAK

EFEK PROTEKTIF PEMBERIAN KOMBINASI TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.) DAN ZINK TERHADAP MOTILITAS DAN MORFOLOGI SPERMA TIKUS JANTAN (*Rattus norvegicus* L.) GALUR *Sprague dawley* YANG DIINDUKSI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER

Oleh

DIAH AYU LARASATI

Latar Belakang: Telepon seluler (ponsel) merupakan salah satu sumber radiasi elektromagnetik. Efek samping bagi para penggunanya adalah paparan radiasi gelombang elektromagnetik yang memiliki efek stres oksidatif terhadap tubuh. Tomat dan zink adalah antioksidan yang memiliki efek potensial tinggi yang dapat menangkal stres oksidatif.

Metode: Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara randomisasi. Sampel terdiri dari 25 ekor tikus jantan yang dibagi dalam 5 kelompok, yaitu Kelompok kontrol normal (K1) tidak diberikan perlakuan, kelompok K2, perlakuan 1 (P1), perlakuan 2 (P2), perlakuan 3 (P3) diberi paparan ponsel 2 jam selama 35 hari. P1 diberi zink 0,135 mg dan tomat 1,85 gr, P2 diberi zink 0,27 mg dan tomat 3,7 gr dan P3 diberi zink 0,54 mg dan tomat 7,4 gr.

Hasil: Analisis menggunakan *One-Way ANOVA* menunjukkan $p=0,001$ untuk motilitas dan morfologi spermatozoa. Dosis tomat dan zink yang efektif terhadap motilitas dan morfologi spermatozoa adalah 0,54 mg dosis zink dan 7,4 gr dosis tomat.

Simpulan: Terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zink terhadap motilitas dan morfologi spermatozoa tikus jantan yang diinduksi gelombang elektromagnetik ponsel.

Kata Kunci: morfologi, motilitas, stres oksidatif, tomat, zink.

Judul Skripsi : **EFEK PROTEKTIF PEMBERIAN KOMBINASI TOMAT (*Solanum Lycopersicum L.*) DAN ZINK TERHADAP MOTILITAS DAN MORFOLOGI SPERMA TIKUS PUTIH JANTAN (*Rattus norvegicus L.*) GALUR *Sprague dawley* YANG DIINDUKSI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER**

Nama Mahasiswa : **Diah Ayu Larasati**

No. Pokok Mahasiswa : **1318011055**

Program Studi : **Pendidikan Dokter**

Fakultas : **Kedokteran**



Soraya Rahmanisa, S.Si., M.Sc
NIP 19850412 201012 2 003

dr. TA Larasati, S.Ked., M.Kes
NIP 19770618 200501 2 012

MENGETAHUI

Dekan Fakultas Kedokteran

Dr. dr. Muhartono, S.Ked., M.Kes., Sp.PA
NIP 19701208 200112 1 001

MENGESAHKAN

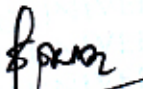
1. Tim Penguji

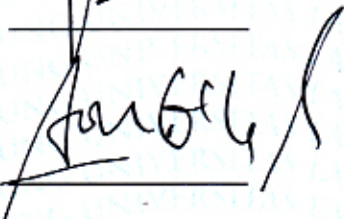
Ketua : Soraya Rahmanisa, S.Si., M.Sc


Sekretaris : dr. TA Larasati, S.Ked., M.Kes

Penguji

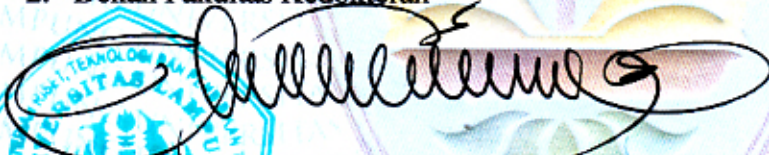
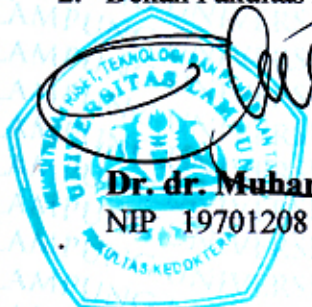
Bukan Pembimbing : dr. Rika Lisiswanti, S.Ked., M.Med.Ed







2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Muhartono, S.Ked., M.Kes., Sp.PA
NIP. 19701208 200112 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Januari 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa:

1. Skripsi dengan judul “EFEK PROTEKTIF PEMBERIAN KOMBINASI TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.) DAN ZINK TERHADAP MOTILITAS DAN MORFOLOGI SPERMA TIKUS JANTAN (*Rattus norvegicus* L.) GALUR *Sprague dawley* YANG DIINDUKSI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER” adalah hasil karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, Januari 2017

Pembuat pernyataan.



Diah Ayu Larasati

NPM 1318011055

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Selatan pada tanggal 11 Oktober 1995, sebagai anak terakhir dari 3 bersaudara dari Bapak Drs. Sriyanto dan Ibu Purnama Yanti.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) diselesaikan di TK Tunas Muda Bandar Lampung pada tahun 2001, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD N 01 Sukarame Bandar Lampung pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP N 12 Bandar Lampung pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA N 05 Bandar Lampung pada tahun 2013. Selama menjadi pelajar, penulis mengikuti organisasi Rohani Islam (Rohis), *English Club* (EC) dan Forum Kerjasama Pelajar Muslim Lampung (FORKAPMI) saat berada di bangku SMP dan SMA.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, penulis mengikuti organisasi FSI Ibnu Sina FK Unila (2014-2015), BEM FK Unila (2014-2016) dan kegiatan organisasi di luar universitas, yaitu Tenaga Kerja Dakwah Sekolah Rohis SMA N 05 Bandar Lampung (2013-sekarang).

LILLAH, MA'ALLAH, ILALLAH

Tersebab lillah, berhargalah semua lelah.

Karena sesungguhnya shalat kita, ibadah kita, hidup dan mati kita adalah untuk Allah, Rabb Semesta alam; maka aku memohon padanya untuk menganugerahkan shalat terbaik, ibadah terbaik, hidup terbaik dan mati terbaik.

Karena yang patut dipersembahkan kepadanya, hanyalah yang terbaik.

Karena Dia tak pernah menguji hambaNya melebihi batas kesanggupannya. Tugas kita dalam hidup adalah mengemudi hati di jalan lurus menujuNya, karena itulah kita berulang kali mohon ditunjukkan jalan itu di tiap rak'at kita, "Ihdinashi shirathal mustaqim."

Selama segala tujuannya Allah dan hati dimantapkan menatap ke satu arah, satu ayun langkah serasa terbang ke langit ke tujuh. Semua hamba pasti akan kembali pada Allah setelah matinya.

Maka berbahagialah yang telah menuju padanya, di sepanjang hidupnya.

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih, lagi Maha Penyayang...

*“Wahai Dzat yang Maha Membolak-balikan hati, tetapkan hati kami diatas agamaMu.”
[HR, Tirmidzi]*

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan, ada kemudahan.” [Qs. Al-Insyirah: 5]

“Maka bersabarlah kamu dengan kesabaran yang baik.” [Qs. Al-Ma’arij: 5]

*Sebuah persembahan sederhana
untuk yang tercinta...*

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah rabbil 'alamiin. Segala rasa syukur hanya kepada Allah SWT. Rabb semesta alam, atas segala nikmat, petunjuk dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi penulis dengan judul “Efek Protektif Pemberian Kombinasi Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) dan Zink terhadap Motilitas dan Morfologi Sperma Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* yang Diinduksi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler” ini, merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapat banyak saran, bimbingan, dukungan dan do'a dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung;

2. Dr. dr. Muhartono, S.Ked., M.Kes., Sp.PA., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Rektor Universitas Lampung;
3. Ibu Soraya Rahmanisa, S.Si., M.Sc., selaku Pembimbing I atas kesedian memberikan bimbingan, ilmu, kritik, saran, nasehat, motivasi dan bantuan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
4. dr. TA Larasati, S.Ked., M.Kes., selaku Pembimbing II atas kesedian memberikan bimbingan, ilmu, kritik, saran, nasehat, motivasi dan bantuan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
5. dr. Rika Lisiswanti, S.Ked., M.Med. Ed., selaku Pembahas atas kesediaan dalam memberikan koreksi, kritik, saran, nasehat, motivasi dan bantuan untuk perbaikan skripsi penulis;
6. dr. Ade Yonatha, M.Mol Biol., Sp.PD., selaku Pembimbing Akademik penulis, atas kesedian dalam memotivasi dalam bidang akademik penulis;
7. Orangtua tercinta, Papa Drs. Sriyanto dan Mama Purnama Yanti yang tidak henti-hentinya mendo'akan, mendukung, memberi semangat dan motivasi;
8. Kakak-kakak tercinta, Riyandana Fajar Nugraha, S.T, dr. Agustya Dwi Ariani, Dita Winda Vianni, S.Pd, Angga Yudistira S.Pd, dan keponakan tersayang, Arsyila Ghaissani dan Muhammad Hegira Arterinanta serta keluarga besar tercinta yang selalu membuat semangat dalam menggapai cita-cita serta senantiasa memberikan saran, dorongan dan motivasi;
9. Sahabat tersayang Wance (Ajeng, Ayang, Bunga, Hanum, Intan, Dita, Nada, Putri, Wage, Wanda) yang sejak awal kuliah selalu ada untuk saling

membantu dan mendukung dan Sahabat tersayang Lingkaran Syurga (Azrie, Destika, Dessy, Eka, Rosi, Siti) yang senantiasa saling mendo'akan, membantu dan kebersamai dalam kebaikan;

10. Sahabat Anggun Lestari yang selalu bersama dalam hadir dan do'a, senantiasa mengingatkan, kebersamai dalam taat dan mendukung;

11. Adik tercinta Quurotaa a'yun (Nadhifa, Adni, Lutfi, Elsy, Innaka, Yunna) yang selalu memberikan semangat dan do'a;

12. Teman seperjuangan skripsi (Ola, Neza, Tara, Devita, Nabila) yang selama 2 bulan saling bahu-membahu bekerja dalam tim penelitian;

13. Keluarga besar FSI Ibnu Sina dan BEM FK Unila yang telah memberikan pengalaman, pelajaran, dan rasa kebersamaan berorganisasi;

14. Keluarga Bocah-bocah KKN Sidomulyo (Kak Nia, Andre, Bang Bayu, Gilang, Toni);

15. Keluarga besar FK UNILA (Teman sejawat tercinta CEREBELUM FK Unila 2013) atas kebersamaannya selama ini, staff dan karyawan serta adik-adik angkatan 2014, 2015, 2016, atas kebersamaan dalam semangat satu kedokteran;

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Bandar Lampung, Januari 2017

Penulis

Diah Ayu Larasati

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat dan kasih sayang-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam tak lupa penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi dengan judul “*Efek Protektif Pemberian Kombinasi Tomat (*Solanum lycopersicum L.*) dan Zink terhadap Motilitas dan Morfologi Sperma Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus L.*) galur Sprague dawley yang Diinduksi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler*” bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan bagi mahasiswa program S1 Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dan untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya, yaitu ujian komprehensif skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi perbaikan skripsi ini. Semoga bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Januari 2017

Penulis

Diah Ayu Larasati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gelombang elektromagnetik.....	7
2.2 Telepon seluler.....	9
2.3 Stres.....	10
2.4 Spermatogenesis.....	11
2.4.1 Motilitas.....	13
2.4.2 Morfologi.....	15
2.5 Pengaruh Paparan Gelombang Elektromagnetik Telepon seluler	16
2.6 Tomat.....	19
2.6.1 Absorpsi dan Metabolisme.....	19
2.6.2 Mekanisme likopen sebagai antioksidan.....	21
2.7 Zinc.....	22
2.7.1 Metabolisme Zinc.....	23
2.8 Kerangka Teori.....	24
2.9 Kerangka Konsep.....	25
2.10 Hipotesis.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis dan Desain Penelitian.....	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.2.1 Waktu Penelitian.....	27
3.2.2 Tempat Penelitian.....	27
3.3 Subyek Penelitian.....	28

3.3.1 Populasi.....	28
3.3.2 Sampel.....	28
3.3.3 Kelompok Perlakuan.....	29
3.3.4 Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	30
3.4 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional.....	31
3.4.1 Variabel Penelitian.....	31
3.4.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	32
3.5 Alat dan Bahan.....	33
3.5.1 Alat Penelitian.....	33
3.5.2 Bahan Penelitian.....	33
3.6 Prosedur Penelitian.....	34
3.6.1 Pengadaan Hewan Uji.....	34
3.6.2 Pemeliharaan Hewan Uji.....	34
3.6.3 Pembuatan Puree Tomat.....	35
3.6.4 Pemberian Zinc.....	37
3.6.5 Induksi Gelombang Elektromagnetik.....	37
3.6.6 Proses Pembedahan.....	38
3.6.7 Pengambilan dan Pengamatan Spermatozoa.....	38
3.7 Analisis Data.....	40
3.8 Alur Penelitian.....	41
3.9 <i>Ethical Clearance</i>	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian.....	43
4.1.1 Motilitas Spermatozoa.....	44
4.1.2 Morfologi Spermatozoa.....	46
4.2 Pembahasan.....	49
4.2.1 Motilitas Spermatozoa.....	49
4.2.2 Morfologi Spermatozoa.....	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Likopen dalam Beberapa Buah dan Sayur	19
2. Definisi Operasional Variabel	32
3. Hasil Perhitungan Motilitas Spermatozoa	44
4. Hasil Uji Normalitas Data Motilitas Spermatozoa.....	45
5. Hasil Uji Post Hoc LSD Motilitas Spermatozoa	46
6. Hasil Perhitungan Morfologi Spermatozoa	46
7. Hasil Uji Normalitas Data Morfologi Spermatozoa.....	47
8. Hasil Uji Post Hoc LSD Morfologi Spermatozoa	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses spermatogenesis	13
2. Efek paparan gelombang elektromagnetik	18
3. Mekanisme likopen sebagai antioksidan.....	21
4. Kerangka Teori.....	24
5. Kerangka Konsep	25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terbentuk dari medan listrik dan medan magnet. Dalam kehidupan sehari-hari, gelombang elektromagnetik dapat berasal dari komputer, televisi, pengering rambut (*hair dryer*), mesin ketik elektronik, mesin fotokopi, mesin las, kompresor, telepon seluler, saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET), dan sebagainya (Ganes, 2010).

Telepon seluler merupakan contoh sumber radiasi elektromagnetik gelombang radio. Sebagai alat komunikasi, telepon seluler sangat mudah dibawa, mudah diperoleh dengan harga yang terjangkau, dan memiliki fasilitas-fasilitas hiburan. Telepon seluler dalam masyarakat bukan lagi menjadi barang mewah dan eksklusif. Hampir sebagian besar masyarakat Indonesia memilikinya. Telepon seluler dapat menimbulkan gelombang radiasi saat sedang aktif digunakan, yakni saat menerima maupun melakukan panggilan (Ganes, 2010).

Penggunaan telepon seluler yang semakin tinggi membuat para penggunanya harus lebih mencermati efek samping penggunaan telepon seluler terhadap kesehatan manusia. Efek samping yang paling dikhawatirkan bagi para

penggunanya adalah adanya paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap tubuh. Bagi para pengguna telepon seluler terutama para pria yang lebih sering meletakkan telepon seluler di dalam saku celana yang lebih dekat dengan organ reproduksi. Oleh karena itu, dapat terjadi gangguan pada sistem reproduksi yang disebabkan oleh paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler (Merhi, 2012).

Penelitian oleh Sutyarso (2010) mengamati subjek laki-laki fertil dengan penggunaan telepon seluler dalam jangka waktu lama menyatakan adanya korelasi terhadap kualitas spermatozoa, yaitu penurunan motilitas dan morfologi spermatozoa. Gelombang elektromagnetik menghasilkan *Reactive Oksigens Spesies* (ROS) yang dapat menyebabkan stres oksidatif dan peroksidasi lipid pada membran sel sehingga meningkatkan permeabilitas membran sel (Hamada *et al.*, 2011).

Penelitian lain pada manusia, gelombang elektromagnetik telepon seluler dapat menyebabkan gangguan fungsi pada sel Sertoli dan sel Leydig di dalam testis sehingga dapat menyebabkan terganggunya proses spermatogenesis (Hamada *et al.*, 2011). Hal ini sejalan dengan penelitian (Mailankot *et al.*, 2009) yang melakukan penelitian terhadap hewan coba tikus, dengan memberikan paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler menggunakan durasi 1 jam dalam 28 hari menghasilkan penurunan motilitas spermatozoa yang bermakna apabila dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Pada penelitian mengamati tikus Wistar yang terpapar telepon seluler dalam 2 jam per hari selama 35 hari menyebabkan penurunan *antioxidant enzymes*

glutathione (GSH) peroksidase dan superoksida dismutase (Merhi, 2012). Telepon seluler memiliki gelombang elektromagnetik yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan stres oksidatif. Adanya stres oksidatif tersebut akan berpengaruh pada struktur membran plasma sel sperma, rusaknya struktur *Deoxyribonucleic Acid* (DNA), dan mempercepat proses apoptosis yang akhirnya dapat menyebabkan penurunan kualitas sperma (Salama *et al.*, 2010).

Stres oksidatif adalah kondisi ketidakseimbangan antara jumlah radikal bebas yang ada dibandingkan dengan jumlah antioksidan di dalam tubuh. Radikal bebas merupakan senyawa yang mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan dalam orbitalnya. Bersifat sangat reaktif dan mampu mengoksidasi molekul di sekitarnya (lipid, protein, DNA, dan karbohidrat). (Werdhasari, 2014).

Antioksidan menurut *Panel on Dietary Antioxidant and Related Compounds of The Food and Nutrition Board* adalah bahan makanan yang secara bermakna mampu mengurangi dampak buruk senyawa oksigen reaktif, senyawa nitrogen reaktif atau keduanya dalam kondisi fungsi fisiologi normal manusia (Setiawan & Suhartono, 2005). Antioksidan secara alami berada di dalam sel manusia (endogen), diantaranya adalah superoxide dismutase (SOD), katalase (CAT) dan glutathion peroksidase (GPx) (Sulistiyowati, 2006).

Adanya mekanisme pertahanan antioksidan endogen tersebut, tubuh manusia dapat menetralkan radikal bebas bila jumlahnya tidak berlebihan. Bila antioksidan endogen tidak mencukupi, tubuh membutuhkan antioksidan dari

luar atau eksogen (Werdhasari, 2014). Sumber-sumber antioksidan eksogen dapat diperoleh dari makanan sehari-hari, diantaranya antioksidan alami yang mudah didapat dan harga relatif terjangkau, yaitu tomat. Tomat banyak mengandung likopen yang merupakan salah satu antioksidan paling potensial.

Likopen termasuk golongan karotenoid yaitu isomer β -karoten tak siklik, merupakan pigmen alami yang disintesis oleh tumbuhan (Sulistyowati, 2006). Sifat likopen sangat lipofilik dan terdapat di dalam membran sel dan komponen lipid lainnya. Oleh karena itu, di dalam lingkungan yang lipofilik tersebut, likopen memiliki kemampuan maksimum sebagai anti spesies oksigen reaktif atau radikal bebas (Febriansah *et al.*, 2012).

Antioksidan lain, seperti Zink (Zn) sendiri telah lama diketahui sangat berperan sebagai antioksidan dan terlibat dalam beberapa reaksi biokimia penting dalam tubuh yang meliputi sintesis protein, fungsi enzimatik dan metabolisme karbohidrat (Bhowmik *et al.*, 2010). Zn juga berperan untuk pertumbuhan dan pembelahan sel, perkembangan seksual, pengaktifan hormon pertumbuhan, produksi sperma, pembentukan embrio dan berperan selama kehamilan. Zn berfungsi sebagai antioksidan serta proteksi tubuh dari serangan lipid peroksidase (Widhyari, 2012). Zink merupakan elemen penting untuk pemeliharaan sel-sel germinal, mempengaruhi perkembangan spermatogenesis, dan mempengaruhi motilitas sperma (Yamaguchi *et al.*, 2009).

Berdasarkan uraian masalah diatas, tomat dan zink sama-sama memiliki efek antioksidan yang tinggi dan diharapkan akan memiliki efek yang baik jika

dikombinasikan. Peneliti ingin mengetahui efek protektif dari pemberian kombinasi zat antioksidan berupa tomat dan zinc terhadap motilitas dan morfologi spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.

1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap motilitas spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler?
2. Apakah terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap morfologi spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler?
3. Berapakah dosis tomat dan zink yang paling efektif sebagai efek protektif terhadap motilitas dan morfologi spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap kualitas (motilitas dan morfologi) spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksigelombang elektromagnetik telepon seluler.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap motilitas spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.
2. Untuk mengetahui efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap morfologi spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.
3. Untuk mengetahui besarnya dosis tomat dan zink yang paling efektif terhadap motilitas dan morfologi spermatozoa pada tikus jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti, sebagai bentuk pengaplikasian disiplin ilmu yang telah dipelajari dan digunakan sebagai sumbangan ilmiah di bidang kedokteran dasar.
2. Bagi masyarakat, menambah wawasan kepada masyarakat mengenai efek protektif dari antioksidan tomat dan zinc terhadap kualitas spermatozoa tikus putih jantan galur *Sprague dawley* yang diinduksi telepon seluler.
3. Bagi peneliti selanjutnya, memberikan gambaran penelitian selanjutnya supaya mengembangkan penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terbentuk dari usikan medan magnetik dan usikan listrik (Idayati, 2011). Kedua medan ini bergetar pada arah yang saling tegak lurus. Medan magnetik dan medan listrik pembentuk gelombang elektromagnetik adalah gelombang transversal dengan arah rambatnya yang tegak lurus dengan arah getarnya (Victorya, 2015).

Gelombang radio, sinyal televisi, sinar radar, cahaya tak terlihat, sinar-x dan sinar gamma merupakan contoh gelombang elektromagnetik. Sumber elektromagnetik lain seperti matahari, bintang, lampu, dan tornado merupakan sumber alamiah dari gelombang elektromagnetik.(Swamardika, 2009).Secara umum setiap bentuk radiasi gelombang elektromagnetik dapat berpengaruh terhadap tubuh manusia. Sel-sel tubuh yang mudah membelah adalah bagian yang paling mudah dipengaruhi oleh radiasi. Tubuh yang sebagian besar berupa molekul air, juga mudah mengalami ionisasi oleh radiasi (Soeng *et al.*. 2007).

Radiasi adalah perambatan energi dari sumber energi tanpa membutuhkan medium. Dikenal dua jenis radiasi, yaitu radiasi pengion dan radiasi

nonpengion. Radiasi pengion adalah energi radiasi yang dapat mengeluarkan elektron dari inti atom. Sisa atom ini menjadi positif dan disebut ion positif. Elektron yang dikeluarkan dapat tinggal bebas atau mengikat atom netral lainnya sehingga membentuk ion negatif. Peristiwa pembentukan ion positif dan ion negatif inilah yang disebut sebagai ionisasi. Melalui proses ionisasi ini, jaringan tubuh akan mengalami kelainan atau kerusakan pada tingkat sel (Ganes, 2010)

Radiasi non pengion mengacu pada radiasi elektromagnetik dengan energi lebih kecil daripada 10 eV, meliputi sinar ultra violet, cahaya tampak, sinar infra merah, gelombang mikro, gelombang radio, berbagai peralatan elektronik serta SUTET. Berdasarkan panjang gelombang yang berhubungan dengan frekuensi dan energi fotonnya, radiasi non pengion dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu radiasi optik dengan panjang gelombang antara 100 nm sampai 1 mm, dan radiasi gelombang radio, antara 1 mm sampai sekitar > 100 km (Ganes, 2010).

Penelitian menunjukkan bahwa potensi gangguan kesehatan yang timbul akibat paparan radiasi elektromagnetik dapat terjadi pada berbagai sistem tubuh, antara lain sistem aliran darah, sistem reproduksi, sistem saraf, sistem kardiovaskular, sistem endokrin, psikologis, dan hipersensitivitas. Sedangkan manifestasi dari hipersensitivitas dikenal pula dengan istilah *electrical sensitivity*, yang menggambarkan gangguan fisiologis berupa tanda dan gejala neurologis maupun kepekaan terhadap medan elektromagnetik dengan gejala-gejala yang khas (Idayati, 2011)

2.2 Telepon seluler

Telepon seluler adalah salah satu alat komunikasi nirkabel dengan gelombang radio sebagai medianya. Keunggulan adanya gelombang radio ini adalah kemampuannya untuk digunakan secara *mobile*, dapat digunakan dimanapun apabila terdapat sinyal. Selain itu, penggunaan telepon seluler tidak memerlukan instalasi yang rumit seperti pada pemasangan telepon rumah yang harus menggunakan kabel.

Secara garis besar, sistem yang digunakan telepon seluler atau telepon seluler terbagi menjadi dua yaitu GSM (*Global System for Mobile Telecommunication*) menggunakan frekuensi 800 MHz, 900 MHz dan 1800 MHz, dan CDMA (*Code Division Multiple Access*), yang menggunakan frekuensi 450 MHz, 800 MHz dan 1900 MHz (Idayati, 2011). Di dalam penggunaannya, telepon seluler menghasilkan gelombang elektromagnetik radio. Gelombang radio inilah yang kemudian akan menimbulkan radiasi. Radiasi tersebut yang akan menimbulkan berbagai efek bagi tubuh (Victorya, 2015).

Badan FCC (*Federal Communication Commission*) Amerika telah menguji tingkat radiasi yang dipancarkan beberapa telepon seluler. Kekuatan radiasi telepon seluler yang diterima oleh otak atau yang dinamakan SAR (*Specific Absorption Rate*) yang diukur dalam satuan watt/kg. FCC menetapkan nilai SAR sebesar 1,6 W/kg. Nilai SAR (watt/kg) didefinisikan sebagai batas jumlah maksimal radiasi gelombang elektromagnetik (watt) dari telepon

seluler jika terpapar atas 1 kilogram jaringan tubuh manusia pada saat telepon seluler sedang digunakan (Hamada *et al.*, 2011).

Menurut *The National Radiological Protection Board* (NPRB) UK, Inggris. Efek yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik dari telepon seluler dibagi menjadi dua yaitu :

1. Efek fisiologis

Efek fisiologis merupakan efek yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik tersebut yang mengakibatkan gangguan pada organ-organ tubuh manusia berupa, kanker otak dan pendengaran, tumor, perubahan pada jaringan mata, termasuk retina dan lensa mata, gangguan pada reproduksi, hingga hilang ingatan.

2. Efek psikologis

Efek psikologis merupakan efek kejiwaan yang ditimbulkan oleh radiasi tersebut misalnya timbulnya stress dan ketidaknyamanan karena penyinaran radiasi berulang-ulang (Swamardika, 2009).

2.3 Stres

Stres adalah stimulus eksternal baik fisiologis maupun psikologis yang menyebabkan respon fisiologis pada tubuh seseorang (Hokardi, 2013). Ketika kondisi tertentu diinterpretasikan sebagai stres, respon fisiologis akan menstimulus hipotalamus untuk menskresi *corticotropin-releasing hormone* (CRH). CRH dilepaskan dari hipotalamus di otak menuju aliran darah, sehingga mencapai kelenjar hipofisis anterior yang akan mengaktifasi pelepasan *adrenocorticotropin-hormone* (ACTH). Kemudian,

hormon ini mengikuti aliran darah dan sampai pada kelenjar adrenal, yang berada di atas ginjal dan melepaskan berbagai hormon, salah satunya adalah kortisol (Lisdiana, 2012).

Stres oksidatif adalah kondisi ketidakseimbangan antara jumlah radikal bebas yang ada dibandingkan dengan jumlah antioksidan di dalam tubuh. Radikal bebas merupakan senyawa yang mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan, sehingga bersifat sangat reaktif dan dapat mengoksidasi molekul di sekitarnya yang meliputi lipid, karbohidrat, asam amino, protein dan DNA, diikuti dengan kerusakan selular dan jaringan (Werdhasari, 2014).

Pada prinsipnya stres oksidatif dapat diakibatkan oleh :

1. Berkurangnya antioksidan. Misalnya, mutasi yang menurunkan pertahanan antioksidan seperti GSH atau MnSOD; diet yang kurang akan antioksidan dan unsur-unsur penting lainnya seperti zat besi, Zn, magnesium dan *copper*.
2. Peningkatan produksi spesies reaktif. Misalnya, paparan terhadap oksigen yang meningkat serta adanya toksin-toksin yang menghasilkan spesies reaktif.

2.4 Spermatogenesis

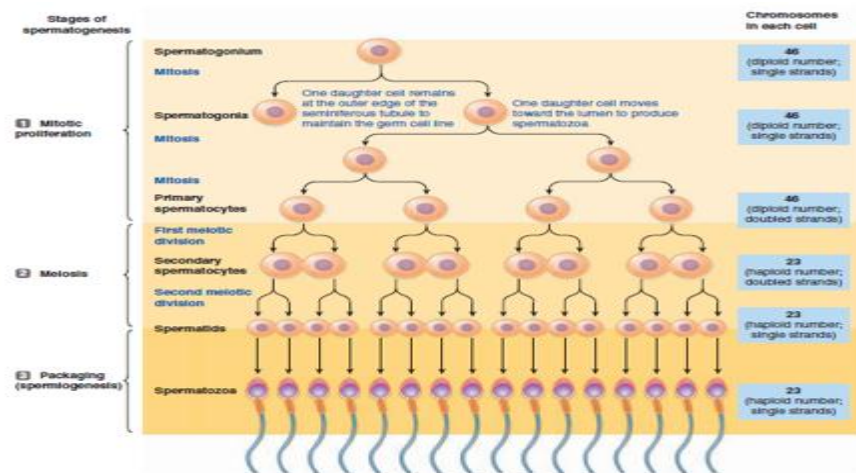
Spermatogenesis merupakan proses pembentukan spermatozoa. Spermatozoa merupakan suatu sel yang dihasilkan oleh fungsi reproduksi pria (Junqueira & Carneiro, 2007). Spermatozoa merupakan sel hasil maturasi dari sel germinal primordial yang disebut dengan spermatogonia.

Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus selama masa aktif seksual akibat adanya stimulasi oleh hormon gonadotropin yang dihasilkan di hipofisis anterior. Pada tahap pertama, spermatogonia bermigrasi di antara sel-sel sertoli menuju lumen sentral pada tubulus seminiferus (Sherwood, 2011).

Proses selanjutnya adalah pembelahan secara meiosis. Pada tahap ini, spermatogonia yang melewati lapisan pertahanan masuk ke dalam lapisan sel Sertoli akan dimodifikasi secara berangsur-angsur dan membesar untuk membentuk spermatosit primer yang besar. Setiap spermatosit tersebut akan mengalami pembelahan mitosis untuk membentuk dua spermatosit sekunder. Setelah beberapa hari, spermatosit sekunder ini juga membelah menjadi spermatid yang akhirnya menjadi spermatozoa (sperma) (Sherwood, 2011).

Selama masa pergantian dari tahap spermatosit ke tahap spermatid, 46 kromosom spermatozoa (23 pasang kromosom) dibagi sehingga 23 kromosom diberikan ke satu spermatid dan 23 lainnya ke spermatid yang kedua (Sherwood, 2011). Keseluruhan proses spermatogenesis, dari spermatogonia menjadi spermatozoa, dibutuhkan waktu sekitar 74 hari. Masing-masing spermatozoa terdiri atas kepala dan ekor. Kepala terdiri atas inti sel yang padat dengan hanya sedikit sitoplasma dan lapisan membran sel di sekeliling permukaannya. Di bagian luar, dua pertiga anterior kepala terdapat selubung tebal yang disebut akrosom yang terutama dibentuk oleh apparatus Golgi. Selubung ini mengandung sejumlah enzim yang serupa

dengan enzim yang ditemukan pada lisosom dari sel-sel yang khas, meliputi hialuronidase (yang dapat mencerna filamen proteoglikan jaringan) dan enzim proteolitik yang sangat kuat (yang dapat mencerna protein). Enzim ini memainkan peranan penting sehingga memungkinkan sperma untuk memasuki ovum dan membuahnya (Guyton & Hall, 2007).



Gambar 1. Proses spermatogenesis (Sherwood, 2011).

2.4.1 Motilitas sperma

Ekor sperma, yang disebut flagellum, memiliki tiga komponen utama yaitu (1) kerangka pusat yang secara keseluruhan disebut aksonema, yang memiliki struktur yang serupa dengan struktur silia yang terdapat pada permukaan sel tipe lain; (2) membran sel tipis yang menutupi aksonema; dan (3) sekelompok mitokondria yang mengelilingi aksonema di bagian proksimal ekor (badan ekor) (Guyton & Hall, 2007).

Gerakan maju-mundur ekor (gerakan flagella) memberikan motilitas sperma. Gerakan ini disebabkan oleh gerakan meluncur longitudinal secara ritmis di antara tubulus posterior dan anterior yang membentuk aksonema. Sperma yang normal bergerak dalam medium cair dengan kecepatan 1 sampai 4 mm/menit. Proses selanjutnya setelah pembentukan sperma adalah pematangan sperma di epididimis. Setelah terbentuk di tubulus seminiferus, sperma membutuhkan waktu beberapa hari untuk melewati tubulus epididimis yang panjangnya 6 meter. Sperma yang bergerak dari tubulus seminiferus dan dari bagian awal epididimis adalah sperma yang belum motil, dan tidak dapat membuahi ovum. Akan tetapi, setelah sperma berada dalam epididimis selama 18-24 jam, sperma akan memiliki kemampuan motilitas (Guyton & Hall, 2007).

Kemampuan bergerak maju (motilitas progresif) yang diperoleh di epididimis, melibatkan aktivasi suatu protein unik yang disebut *CatSper*, yang berada di bagian utama ekor sperma. Protein ini tampaknya adalah suatu kanal Ca^{2+} yang memungkinkan influx Ca^{2+} generalisata c-AMP. Selain itu, spermatozoa mengekspresikan reseptor olfaktorius, dan ovarium menghasilkan molekul mirip odoran. Bukti-bukti terkini mengisyaratkan bahwa berbagai molekul ini dan reseptornya saling berinteraksi, yang memperkuat gerakan spermatozoa ke arah ovarium (Ganong, 2008).

Mekanisme fertilisasi pada manusia membuktikan betapa pentingnya motilitas sperma pada proses tersebut. Motilitas sangat diperlukan oleh spermatozoa untuk mencapai ovum, mencapai membran telur dan mengadakan penetrasi dalam fertilisasi. Oleh karena itu seringkali gangguan motilitas spermatozoa menjadi penyebab infertilitas pria walaupun jumlah spermatozoa dalam batas cukup (Widodo, 2009).

2.4.1 Morfologi Sperma

Morfologi merupakan salah satu faktor penting yang diperlukan dalam menunjang kemampuan fertilisasi spermatozoa. Fertilisasi akan terjadi apabila spermatozoa memiliki bentuk yang normal. Hanya spermatozoa normal yang mampu membuahi sel telur. Walaupun jumlah spermatozoa seseorang normal, namun apabila morfologinya terganggu akan berpengaruh terhadap rendahnya kemampuan fungsional spermatozoa (Apriora *et al.*, 2015).

Spermatozoa abnormal adalah spermatozoa dengan ciri morfologi diluar batas normal. Spermatozoa dikatakan normal bila memiliki memiliki struktur kepala, ekor, dan leher yang normal. Kepala normal memiliki rasio antara panjang dengan lebar 1,5-1,75; leher merupakan bagian sempit yang menghubungkan antara kepala dan ekor; ekor kurang lebih 9 kali panjang kepala sperma yang terbagi 3 bagian, yaitu *principle piece*, *middle piece* dan *end piece* (Apriora *et al.*, 2015).

2.5 Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Telepon seluler

Telepon seluler (telepon seluler) merupakan perangkat elektronik yang memancarkan gelombang elektromagnetik (GEM). Meskipun GEM yang dipancarkan kecil, namun karena interaksi pengguna yang tinggi memungkinkan dampak radiasi yang dipancarkan akan berpengaruh pada kesehatan (Sutyarso, 2010).

Paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler juga dapat menyebabkan gangguan serius pada sistem reproduksi. Sel sperma sebagai salah satu sel yang terlibat dalam proses fertilisasi memiliki aktifitas yang dapat dipengaruhi oleh gelombang elektromagnetik. Aktifitas yang dapat dipengaruhi berupa motilitas, morfologi, dan jumlah. Dalam suatu penelitian menyebutkan bahwa sperma dapat menurun akibat kebiasaan meletakkan telepon seluler berdekatan dengan testis. Radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler dapat menyebabkan terjadinya peningkatan stres oksidatif. Adanya stres oksidatif akan mempengaruhi struktur membran plasma sel sperma, merusak struktur *Deoxyribonucleic Acid* (DNA), dan mempercepat proses apoptosis sampai akhirnya dapat mengakibatkan penurunan kualitas sperma (Wulan *et al.*, 2015).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Soeng *et al.*, 2007) didapatkan penurunan kecepatan gerak spermatozoa dari kelompok hewan uji dibandingkan dengan kelompok kontrol. Penurunan ini diperkirakan akibat dari pajanan terhadap radiasi gelombang elektromagnetik selama tujuh hari berturut-turut, yang menyebabkan proses maturasi spermatozoa dalam

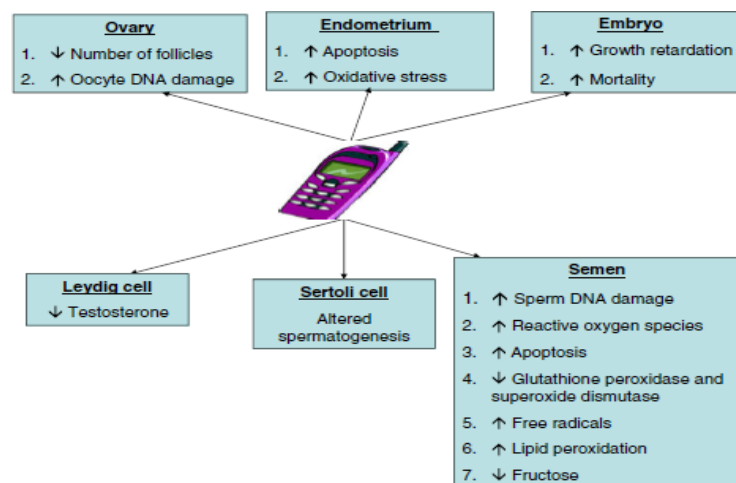
duktus epididimis menciit terganggu sehingga pematangan spermatozoa tidak mencapai tahap yang optimal.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, secara statistik didapatkan penurunan jumlah spermatozoa yang signifikan dengan semakin ditingkatkannya intensitas pajanan radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan telepon seluler. Penurunan jumlah spermatozoa pada percobaan ini diduga disebabkan oleh energi panas yang ditimbulkan gelombang elektromagnetik. Energi gelombang elektromagnetik yang diserap oleh suatu medium bahan mengakibatkan timbulnya efek panas (Soeng *et al.*, 2007).

Spermatogenesis memerlukan suhu yang lebih rendah daripada suhu bagian dalam tubuh. Testis dipertahankan dingin oleh udara yang mengitari skrotum dan mungkin oleh pertukaran panas melalui arus balik antara arteri dan vena spermatika. Bila testis berada pada suhu yang lebih tinggi akan terjadi degenerasi tubulus dan pada akhirnya sterilitas (Soeng *et al.*, 2007).

Selain itu, pajanan yang lama dan teratur pada temperatur yang lebih tinggi dapat menurunkan kemampuan testis untuk mengatur suhu yang lebih rendah sehingga spermatogenesis tidak berlangsung optimal. Pajanan gelombang elektromagnetik menurunkan kadar melatonin, sehingga menyebabkan TNF- α meningkat dan terjadi peningkatan apoptosis. Penurunan aktivitas laktat dehidrogenase C4 juga menyebabkan gangguan kapasitas spermatozoa dan reaksi akrosom (Soeng *et al.*, 2007).

Kapasitasi spermatozoa yaitu kemampuan spermatozoa untuk menyimpan energi untuk bergerak. Proses kapasitasi melibatkan dua komponen yaitu meningkatkan kecepatan gerak spermatozoa dan mempermudah persiapan spermatozoa mengalami reaksi akrosom. Terdapat hubungan yang signifikan antara kecepatan gerak spermatozoa dengan kadar enzim LDH C4 yang mempengaruhi aktivitas mitokondria spermatozoa. Mitokondria ditemukan dalam jumlah banyak pada sel yang memiliki aktivitas metabolisme tinggi yaitu sel-sel kontraktil seperti spermatozoa. Ekor sperma merupakan alat gerak yang membutuhkan energi tinggi dari mitokondria. Aktivitas LDH C4 yang tidak optimal menyebabkan gangguan pada mitokondria, hal ini menyebabkan mitokondria tidak mampu menyediakan energi yang cukup bagi sperma untuk bergerak (Soeng *et al.*, 2007).



Gambar 2. Efek potensial radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler terhadap sistem reproduksi pria dan wanita (Merhi, 2012).

2.6 Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu tanaman yang sangat dikenal oleh masyarakat Indonesia. Namun pemanfaatannya hanya sebatas sebagai lalap dan bahan tambahan dalam masakan. Kandungan senyawa dalam buah tomat di antaranya solanin (0,007 %), saponin, asam folat, asam malat, asam sitrat, bioflavonoid (termasuk likopen, α dan β -karoten), protein, lemak, vitamin, mineral dan histamin. Likopen merupakan salah satu kandungan kimia paling banyak dalam tomat (Febriansah *et al.*, 2012).

Likopen adalah salah satu pigmen alami yang disintesis oleh tumbuhan tingkat tinggi. Senyawa ini merupakan keluarga karotenoid, bentuk asiklik dari β -karoten. Sebagai suatu hidrokarbon poliena tak jenuh, likopen mempunyai 13 ikatan rangkap, 11 diantaranya ikatan rangkap terkonjugasi (n) [3-5]. Senyawa ini bertanggung jawab terhadap warna ungu, merah, oranye, dan kuning yang sering muncul pada buah dan sayur (Novita *et al.*, 2009).

Tabel 1. Kandungan Likopen dalam Beberapa Buah dan Sayur

Bahan makanan	Jumlah ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Tomat segar	3000-3100
Tomat rebus	9700
Jus Tomat	8600-9300
Saos Tomat	9900-17000
Semangka	4100-4900
Anggur merah	1500-3400
Jambu biji	5400

2.6.1 Absorpsi dan Metabolisme

Likopen tidak diproduksi oleh tubuh, melainkan hanya didapatkan dari diet yang berasal dari berbagai sumber seperti tomat, semangka,

dan jambu biji. Kandungan likopen dalam beberapa buah dan sayur bisa di lihat pada Tabel 1.

Bioavailibilitas likopen dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti proses pengolahan makanan, pemasakan dan komponen-komponen lainnya yang ada di dalam makanan seperti lemak dan serat, juga faktor-faktor fisiologik dan genetik yang mengontrol proses pencernaan dan absorpsi. Proses pemasakan biasanya membuat bioavailibilitas likopen bertambah, karena terjadi perubahan kimiawi akibat perubahan temperatur ketika mengalami pemrosesan, kemudian likopen terlepas dari matriksnya dan menjadi fase lipid dari makanan. Hal ini menyebabkan tubuh dapat mengabsorpsi likopen dengan lebih mudah (Sulistyowati, 2006).

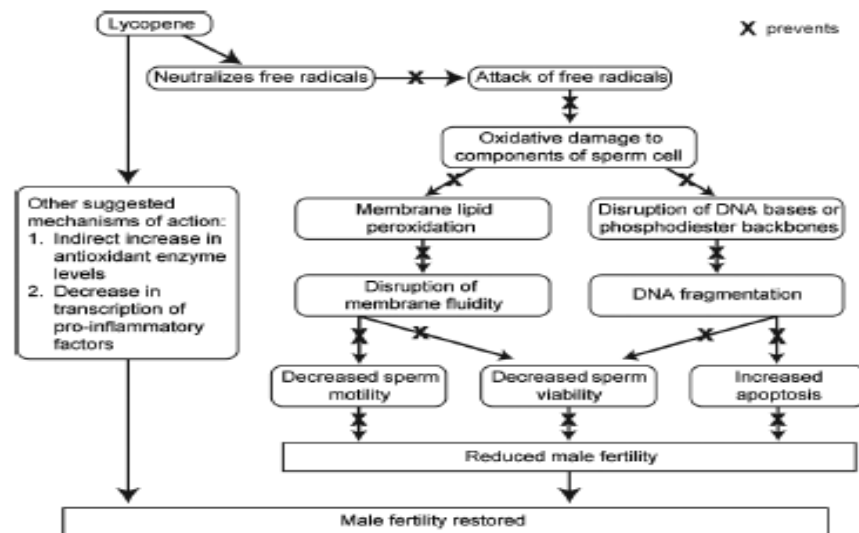
Penyerapan likopen ke sel mukosa intestinal dibantu dengan pembentukan miselle-miselle asam empedu. Karena produksi empedu di rangsang oleh diet lemak, absorpsi likopen juga dipengaruhi oleh diet yang mengandung lemak. Penyerapan likopen oleh membran *brush border* dari sel mukosa intestinal berlangsung secara difusi pasif (Sulistyowati, 2006).

Metabolisme likopen terjadi bersamaan dengan metabolisme lemak. Di dalam duodenum misel yang mengandung likopen masuk ke dalam mukosa sel usus melalui difusi pasif setelah dicerna oleh lipase pankreas dan diemulsi garam empedu. Selanjutnya dibawa ke dalam aliran darah melalui system limfatik. Likopen didistribusikan

ke jaringan terutama melalui LDL. Likopen paling banyak kandungannya pada beberapa jaringan antara lain testis, kelenjar adrenal, hati dan prostat (Febriansah *et al.*, 2012).

2.6.2 Mekanisme likopen sebagai antioksidan

Likopen adalah salah satu antioksidan yang mempunyai kemampuan untuk melawan kerusakan sel-sel tubuh akibat radikal bebas di dalam aliran darah dengan cara mengurangi efek toksik dari *reactive oxygen spesies* (ROS). Pada penelitian populasi secara *in vitro*, likopen berperan sebagai antioksidan yang bekerja melindungi DNA dari kerusakan oksidatif, menonaktifkan hidrogen peroksidase dan nitrogen dioxide, serta melindungi limfosit dari nitrogen oxide (NO) yang merusak membran dan terjadinya kematian sel dua kali lebih efisien di banding β -karoten (Sulistyowati, 2006).



Gambar 3. Mekanisme likopen sebagai antioksidan (Durairajanayagam *et al.*, 2014).

2.7 Zink

Zink (Zn) adalah mikromineral (*trace element*) sangat penting bagi tubuh. Mikro mineral adalah mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah 100 mg atau kurang setiap harinya (Agustian *et al.*, 2009). Zn dibutuhkan oleh berbagai organ tubuh, seperti kulit, mukosa saluran cerna dan hampir semua sel membutuhkan mineral ini. Zn juga berfungsi di dalam sintesis beberapa hormon seperti insulin dan glukagon, serta berperan dalam metabolisme karbohidrat, metabolisme vitamin A, keseimbangan asam basa, sintesis asam nukleat polimerase dan sintesis protein (Widhyari, 2012).

Zn juga berperan dalam pertumbuhan dan pembelahan sel, perkembangan seksual, produksi sperma yang sehat dan pembentukan embrio. Zn merupakan komponen penting pada struktur dan fungsi membran sel. Berfungsi pula sebagai antioksidan dan melindungi tubuh dari serangan lipid peroksidase (Widhyari, 2012).

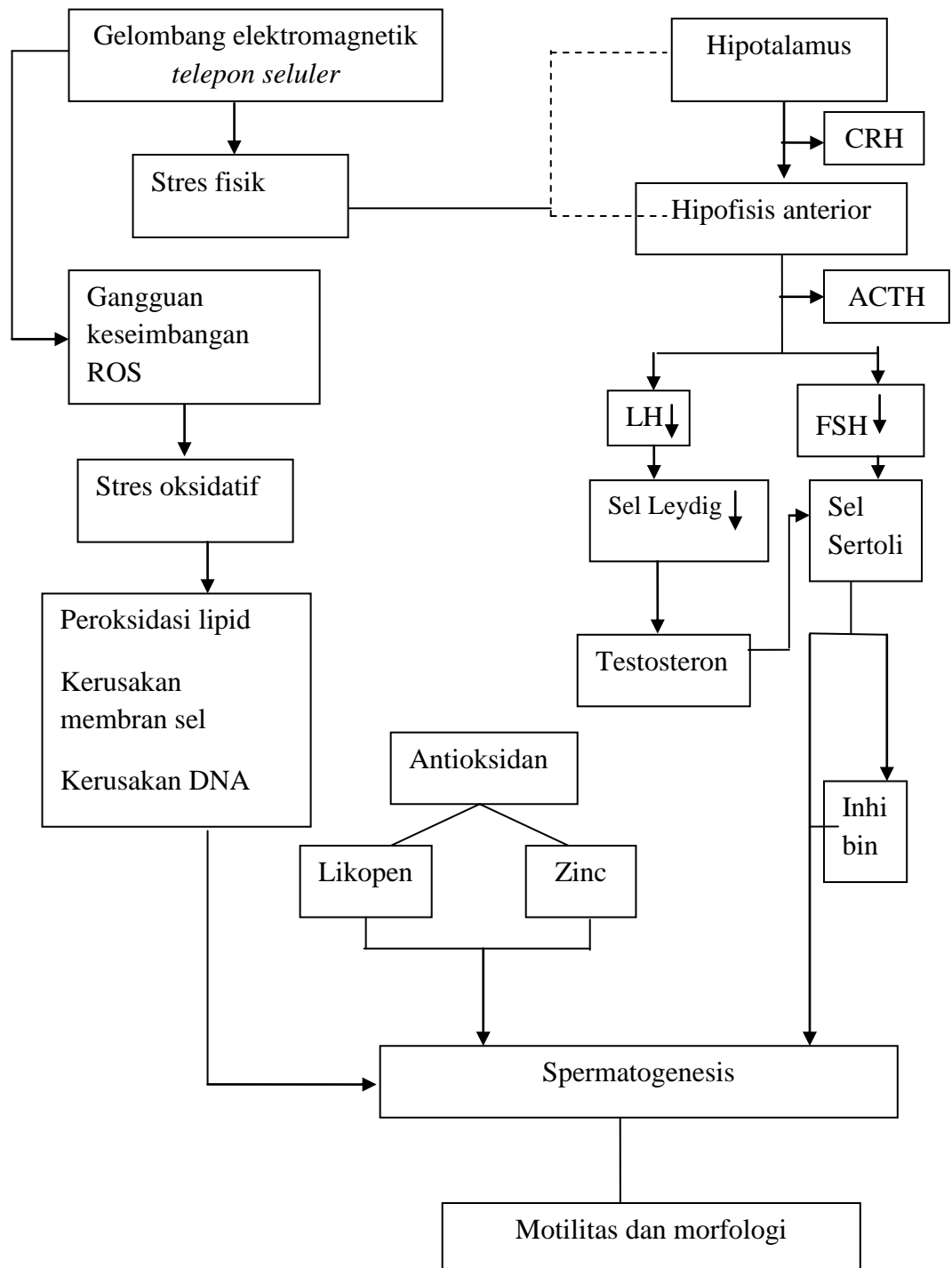
Zink pada makanan banyak dijumpai pada daging, susu, dan beberapa makanan laut, yang berasal dari sumber hewani diserap lebih baik daripada sumber nabati yang sering diikat oleh fitat. Zink dalam makanan berkorelasi dengan besi dan tembaga. Makanan dengan kadar besi tinggi akan menurunkan penyerapan Zn, namun dapat menurunkan penyerapan tembaga. Dalam sehari tubuh membutuhkan Zn 4–6 mg (Agustian *et al.*, 2009).

2.7.1 Metabolisme Zink

Transpor Zn di dalam darah diatur oleh albumin, antiprotease dan α_2 makroglobulin, dan dibawa ke berbagai jaringan. Dalam plasma, sekitar 30% Zn berikatan dengan α_2 makroglobulin, sekitar 66% berikatan dengan albumin dan sekitar 2% membentuk senyawa kompleks dengan histidin dan sistein. Komplek Zn-albumin disebut ligan Zn makromolekul utama sedangkan ligan mikromolekul adalah kompleks Zn-histidin dan Zn-sistein yang berfungsi untuk membawa Zn ke seluruh jaringan termasuk ke hati, otak dan sel-sel darah merah.

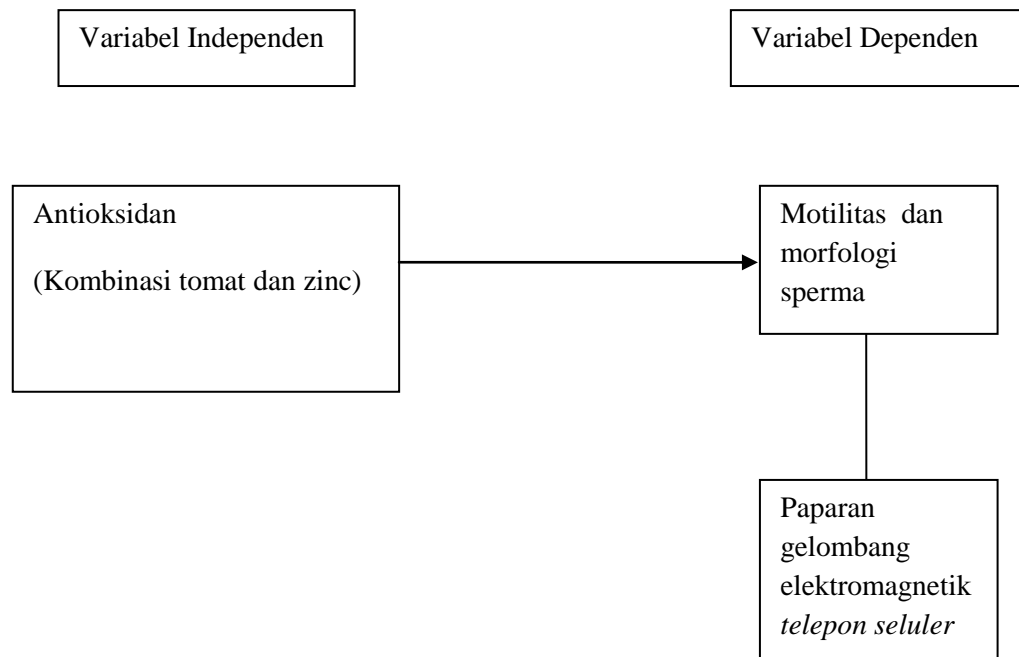
Zn tersebar secara merata pada berbagai organ tubuh. Meskipun begitu, konsentrasi tertinggi dijumpai pada jaringan tulang, hati, kulit dan rambut (bulu). Total Zn dalam tubuh tersebar pada tulang skeleton, hati, kulit, darah dan organ lain(Widhyari, 2012).

2.8 Kerangka teori



Gambar 4. Kerangka Teori (Ganes, 2010).

2.9 Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka Konsep

2.10 Hipotesis

1. H₀
 - a. Tidak terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap motilitas spermatozoa pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* setelah diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.
 - b. Tidak terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap morfologi spermatozoa pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* setelah diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.

2. Ha

- a. Terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap motilitas spermatozoa pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* setelah diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.
- b. Terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap morfologi spermatozoa pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* setelah diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental laboratorium. Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan *Post Test Only Control Group Design*. Dalam penelitian ini dilakukan randomisasi, artinya sebelum diberikan perlakuan semua kelompok kontrol dan eksperimen dianggap sama sehingga pengelompokan kelompok kontrol dan eksperimen dilakukan secara acak. Pengambilan data dilakukan pada akhir penelitian setelah selesai diberi perlakuan dengan membandingkan kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September-November 2016.

3.2.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *Animal House* dan Laboratorium Biomolekuler Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

3.3 Subyek Penelitian

3.3.1 Populasi

Populasi penelitian yang digunakan adalah tikus putih (*Rattus norvegicus* L.) dewasa jantan galur *Sprague dawley*, berumur 2,5-3 bulan dan berat 250-350 gram yang diperoleh dari Palembang Tikus Centre (PTC).

3.3.2 Sampel

Dalam penelitian ini sampel yang digunakan sebanyak 25 tikus putih dewasa jantan galur *sprague dawley* yang dipilih secara randomisasi atau acak. Kemudian, tikus-tikus itu dibagi dalam 5 kelompok dengan menggunakan rumus Frederer.

	Rumus		
$t(n-1)$	\geq		15
$5(n-1)$	\geq		15
$5n-5$	\geq		15
$5n$	\geq		20
n	\geq		4

Jadi, banyaknya ulangan setiap kelompok percobaan adalah 4 ekor. Namun, jumlah ini harus diolah untuk diperhitungkan kembali agar dapat mengantisipasi *drop out* atau hilangnya unit eksperimen, dengan rumusan sebagai berikut :

$$N = \frac{n}{1-f}$$

Keterangan :

N = besar sampel koreksi.

n = besar sampel awal.

f = perkiraan proporsi *drop out* sebesar 10%

$$N = \frac{4}{1-10\%}$$

$$N = \frac{4}{1-0,1}$$

$$N = \frac{4}{0,9}$$

$$N = 4,44$$

N = 5 (Pembulatan ke atas)

Jadi, jumlah sampel yang diperlukan untuk setiap kelompok adalah 5 ekor dan jumlah kelompok yang digunakan sebanyak 5 kelompok sehingga pada penelitian ini menggunakan 25 ekor tikus dari populasi yang ada dengan 5 ekor tikus sebagai cadangan.

3.3.3 Kelompok Perlakuan

1. Kelompok 1 : Kelompok tikus yang tidak diberikan paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler dan tanpa pemberian kombinasi tomat serta zink (Kontrol 1).

2. Kelompok 2 : Kelompok tikus yang diberikan paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler selama 2 jam/hari selama 35 hari dan tanpa pemberian kombinasi tomat serta zink (Kontrol 2).

3. Kelompok 3 : Kelompok tikus yang diberikan pemberian kombinasi tomat (1,85 gr/ekor/hari) serta zink (0,135 mg/ekor/hari) dilarutkan dalam 6 ml akuades dan diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler selama 2 jam/hari selama 35 hari (Kelompok Perlakuan 1).

4. Kelompok 4 : Kelompok tikus yang diberikan kombinasi tomat (3,7 gr/ekor/hari) serta zink (0,27 mg/ekor/hari) dilarutkan dalam 6 ml akuades dan diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler selama 2 jam/hari selama 35 hari (Kelompok Perlakuan 2).

5. Kelompok 5 : Kelompok tikus yang diberikan pemberian kombinasi tomat (7,4 gr/ekor/hari) serta zink (0,54 mg/ekor/hari) dilarutkan dalam 6 ml akuades dan diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler selama 2 jam/hari selama 35 hari (Kelompok Perlakuan 3).

3.3.4 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

1. Kriteria Inklusi

- a) Tikus sehat
- b) Berat tikus 250-350 gram
- c) Berjenis kelamin jantan
- d) Berusia sekitar 2,5-3 bulan

2. Kriteria Eksklusi

- a) Terdapat penurunan berat badan lebih dari 10% setelah masa adaptasi di laboratorium
- b) Sakit (tikus dengan rambut kusam, rontok dan aktivitas kurang atau tidak aktif)

3.4 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional

3.4.1 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- a. Puree tomat
- b. Zink

2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

- a. Motilitas spermatozoa
- b. Morfologi spermatozoa

3.4.2 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Tabel 2. Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Tomat	Buah tomat yang dibuat melalui proses pemanasan agar memperoleh puree tomat dengan kandungan 80% bahan aktif likopen	K1 : Tidak diberi puree tomat K2 : Tidak diberi puree tomat P1 : Diberikan puree tomat dosis 1,85 gr/ekor/hari P2 : Diberikan puree tomat dosis 3,7 gr/ekor/hari P3 : Diberikan puree tomat dosis 7,4 gr/ekor/hari	Sprit	gr/ekor/hari	Ordinal
Zink	Zink diberikan dalam dosis yang masing-masing akan dilarutkan dalam 6ml akuades	K1 : Tidak diberi zink K2 : Tidak diberi zink P1 : Diberikan zink dosis 0,135 mg/ekor/hari K4 : Diberikan zink dosis 0,27 mg/ekor/hari K5 : Diberikan zink dosis 0,54 mg/ekor/hari	Sprit	Mg/ekor/hari	Ordinal
Motilitas spermatozoa	Pergerakan spermatozoa yang terlihat bergerak atau tidak bergerak diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 100x.	Menilai kriteria klasifikasi motilitas	Mikroskop, kalkulator	Presentase spermatozoa motil dibandingkan dengan total spermatozoa yang diamati	Numerik

	Rumus : %motilitas = $n/N \times 100\%$				
Morfologi spermatozoa	Diamati bentuk spermatozoa dengan 5 lapang pandang mikroskop dalam jumlah 100 spermatozoa	Menilai nilai referensi normal morfologi	Mikroskop	Presentase spermatozoa bentuk normal	Numerik

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan diantaranya :

1. Neraca elektronik
2. Kandang tikus
3. Tempat makan tikus
4. Botol minum
5. Sonde lambung
6. *Object* dan *cover glass*
7. Telepon seluler
8. Alat bedah (bak paraffin, gunting, pinset, jarum, dan gelas arloji)
9. Ketamin

3.5.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan diantaranya :

1. Tikus galur *Sprague dawley*
2. Tomat
3. Zink
4. Sekam

5. Pakan tikus
6. Air minum
7. *Handskoer*
8. Masker
9. Bahan-bahan untuk pengamatan mikroskop

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Pengadaan Hewan Uji

Hewan uji berupa tikus putih jantan galur *sprague dawley* berjumlah 25 ekor diperoleh dari Palembang Tikus Centre (PTC).

3.6.2 Pemeliharaan Hewan Uji

Hewan uji tikus putih jantan galur *sprague dawley* akan menjalani masa adaptasi selama 1 minggu di kandang pemeliharaan untuk menyeragamkan cara hidup dan makanannya sebelum diberi perlakuan. Tikus ditempatkan di kandang pemeliharaan dengan tutup terbuat dari kawat dan dialasi oleh sekam padi setebal 0,5-1cm dan diganti setiap hari untuk mencegah terjadinya infeksi. Dalam 1 kelompok, 5 ekor tikus ditempatkan dalam 1 kandang. Suhu dijaga pada suhu 25°C, lingkungan kandang dijaga agar tidak lembab dan diberikan pencahayaan yang cukup. Pemberian makanan dan minuman melalui *ad libitum*. Makanan tikus diberikan berupa pelet. Pemberian makanan dan minuman diberikan secukupnya dengan wadah terpisah dan diganti setiap hari untuk menjaga kesehatan tikus agar tidak sakit atau mati.

3.6.3 Pembuatan Puree Tomat

Puree merupakan produk serupa dengan bubur yang memiliki viskositas atau kekentalan sedang. Puree diolah dengan cara memasak bubur atau *slurry* daging buah tomat sampai diperoleh kekentalan yang diinginkan. Penelitian yang dilakukan oleh badan pangan dunia FAO-WHO menunjukkan bahwa selama pemanasan, kandungan likopen tidak akan rusak dan jumlahnya tidak jauh berubah. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan tomat dengan cara direbus atau dikukus.

Alat yang digunakan dalam pembuatan puree tomat :

- a) Pisau
- b) Saringan
- c) Blender
- d) Baskom
- e) Panci
- f) Wadah / cup gelas
- g) Sealer

Bahan yang digunakan dalam pembuatan puree tomat :

- a) Tomat 1-2 kg
- b) Gula pasir 5% (b/v)

Cara pembuatan puree tomat :

- a) Buah tomat dicuci dibawah air mengalir

- b) Buah tomat dibelah menjadi 2 bagian. Biji dan air pada bagian dalam buah tomat dibuang
- c) Daging buah tomat dipanaskan pada suhu 100⁰C selama kurang lebih 3 menit
- d) Tiriskan daging buah tomat, kemudian kelupas kulitnya
- e) Daging buah tomat dihancurkan dengan blender hingga menjadi bubur tomat
- f) Bubur tomat atau *slurry* ditambahkan dengan gula secukupnya sesuai selera
- g) Campuran *slurry* dimasak dengan api kecil dan diaduk hingga mengental (kurang lebih selama 15-20 menit)
- h) Puree yang telah jadi dan dingin siap untuk dikemas atau disimpan di pendingin.

Dosis tomat didapatkan dari perhitungan tiap 100 gram tomat rebus mengandung 9700 μ g likopen. Menurut penelitian (Sulistyowati, 2006), dosis likopen yang memberikan efek antioksidan pada tikus adalah 0,36mg/KgBB. Maka dari itu, dilakukan perhitungan dosis tomat rebus agar terkandung 0,36mg/KgBB likopen. Berikut ini hasil perhitungan dosis tomat untuk tikus.

$$\frac{100gr}{x} \equiv \frac{9700\mu g}{360\mu g}$$

$$X = \frac{36000gr}{9700}$$

$$X = 3,71gr$$

Maka didapatkan dosis pertama adalah 3,7 gr, untuk kelompok P2. Dosis tersebut akan diturunkan setengah menjadi 1,85 gr untuk kelompok P1 dan dosis ketiga dinaikkan 2 kali lipat menjadi 7,4 gr untuk kelompok P3 yang masing-masing dilarutkan dalam 6 ml aquades.

3.6.4 Pemberian Zink

Zink yang digunakan dalam penelitian ini berupa zink serbuk. Angka kecukupan rata-rata zinc yang dianjurkan untuk dewasa per hari berdasarkan dosis harian manusia dengan golongan umur 10-59 tahun yaitu 15 mg. Setelah dikonversikan ke tikus menjadi $15 \times 0,018 = 0,27$ mg. Dosis tersebut akan diturunkan setengah menjadi 0,135 mg dan dinaikkan 2 kali lipat menjadi 0,54 mg yang dilarutkan dalam 6 ml aquades.

3.6.5 Induksi Gelombang Elektromagnetik

Induksi paparan gelombang elektromagnetik dilakukan dengan cara meletakkan telepon seluler dalam keadaan menyala di tiap kandang tikus yang telah dimodifikasi khusus untuk paparan. Kandang modifikasi berbentuk tabung kawat dengan tinggi 30 cm dan diameter 30 cm. Pada bagian tengah kandang dibuat sebuah lubang sebagai tempat untuk meletakkan telepon seluler sebagai sumber gelombang elektromagnetik. Telepon seluler kemudian dihubungi menggunakan telepon lain. Telepon seluler tersebut lalu diaktifkan dan dibiarkan dalam keadaan *talk mode*.

3.6.6 Proses Pembedahan

a. Pembedahan

Setelah 35 hari perlakuan, masing-masing hewan coba diterminasi dengan cara diinjeksikan ketamin. Kemudian, mempersiapkan alat bedah (bak paraffin, gunting, pinset, jarum, gelas arloji) yang digunakan.

b. Pengambilan, Penimbangan dan Pengukuran Testis

Setelah selesai proses pembedahan, dilakukan pengambilan bagian testis dengan menggunakan pinset. Kemudian, testis tikus diletakkan pada gelas ukur berisi NaCl agar dapat dengan mudah memisahkan testis dengan lemak.

3.6.7 Pengambilan dan Pengamatan Spermatozoa

Setelah dilakukan proses pembedahan, selanjutnya dilakukan prosedur sebagai berikut :

1. Pengambilan Sekresi Kauda Epididimis

Di bawah mikroskop bedah dengan pembesaran 400 kali kauda epididimis dipisahkan dengan cara memotong bagian proksimal korpus epididimis dan bagian distal vas deferens. Selanjutnya kauda epididimis dimasukkan ke dalam gelas arloji yang berisi 1 ml NaCl 0,9%, kemudian bagian proksimal kauda dipotong sedikit dengan gunting lalu kauda ditekan dengan perlahan hingga cairan sekresi epididimis keluar dan tersuspensi dengan NaCl 0,9%. Suspensi spermatozoa dari cauda epididimis yang telah diperoleh dapat

digunakan untuk pengamatan yang meliputi motilitas dan morfologi spermatozoa.

2. Motilitas spermatozoa

Untuk menentukan motilitas spermatozoa diambil spermatozoa dari kauda epididimis seperti penjelasan di atas kurang lebih 10-15 μ l ke atas gelas objek dengan ukuran 25,4 mm x 76,2 mm lalu ditutup dengan cover glass 22 mm x 22 mm. dilakukan pengamatan pada 5 lapang pandang pada pembesaran mikroskop 400x.

Perhitungan motilitas spermatozoa dilakukan dengan menghitung persentase spermatozoa di bawah mikroskop cahaya dengan pembesaran 100 kali, dihitung yang pergerakannya progresif maju ke depan dibandingkan dengan seluruh teramati (bergerak dan tidak bergerak) kemudian dikali dengan 100%.

$$\%motilitas = \frac{\text{jumlah spermatozoa bergerak (n)}}{\text{total spermatozoa yang diamati (N)}} \times 100\%$$

3. Morfologi spermatozoa

Untuk menentukan morfologi spermatozoa diambil spermatozoa dari kauda epididimis seperti penjelasan di atas, kemudian dibuat apusan menggunakan kaca objek, lalu dikeringkan. Kemudian diberi alkohol 70% selama 15 menit dikeringkan kemudian diberi pewarna giemsa selama 15 menit. Setelah itu dibilas dengan aquades lalu dikeringkan. Kemudian di bawah mikroskop cahaya dihitung dengan

jumlah 100 spermatozoa, ditentukan presentase spermatozoa normal dan abnormal (WHO).

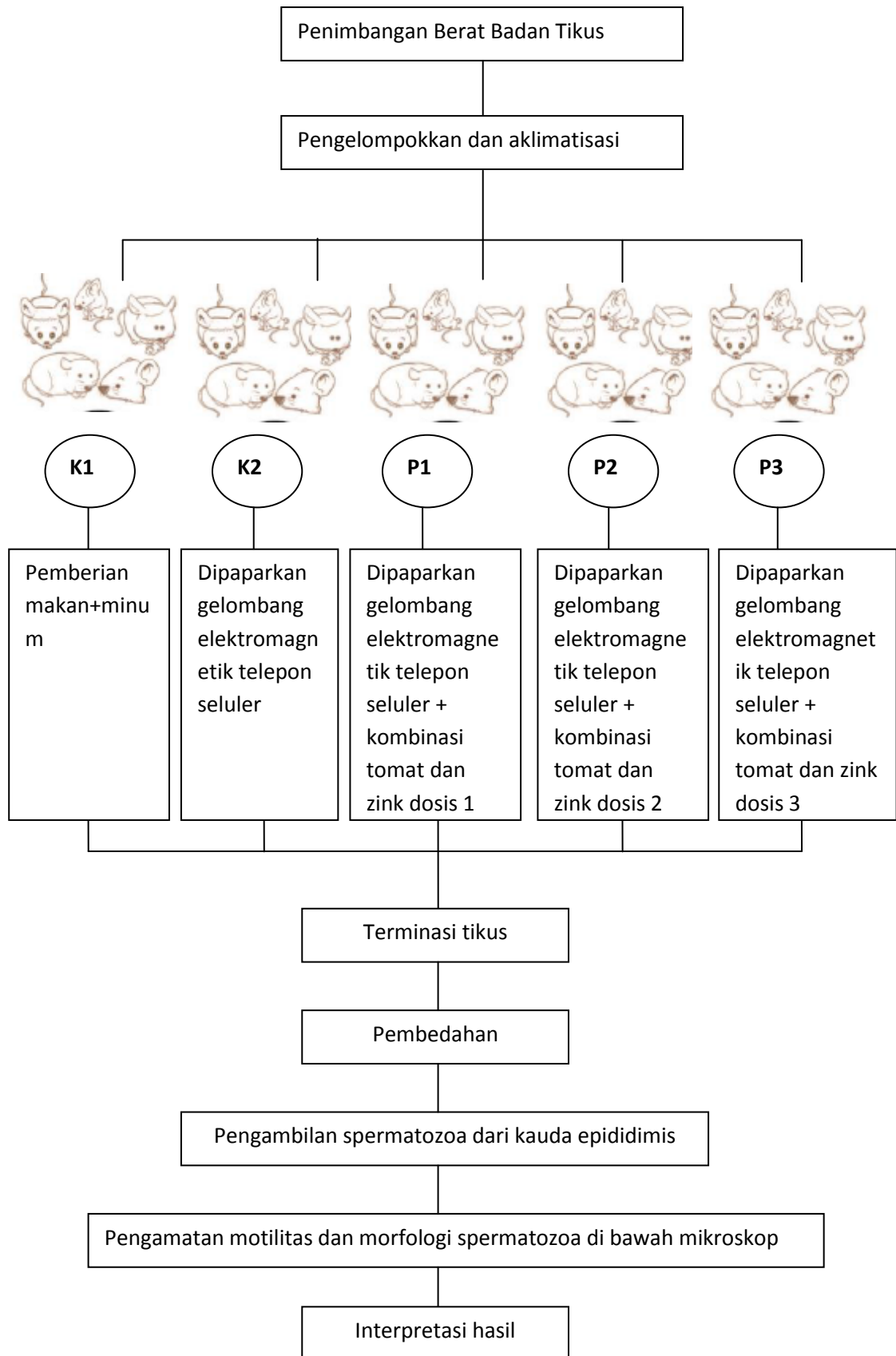
Ciri morfologi spermatozoa normal yaitu memiliki bentuk kepala seperti kait pancing dan ekor panjang lurus. Sedangkan morfologi spermatozoa abnormal yaitu memiliki bentuk kepala tidak beraturan *amorphous*, berbentuk seperti pisang, atau terlalu bengkok dan ekor tidak lurus bahkan tidak berekor atau hanya terdapat ekornya saja tanpa kepala.

3.7 Analisis Data

Analisis statistik yang digunakan untuk mengolah data diperoleh dari analisis bivariat. Analisis bivariat adalah sebuah analisis untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Data hasil penelitian dilakukan uji normalitas *Shapiro-Wilk* (jumlah sampel ≤ 50) untuk mengetahui kenormalan distribusi data.

Jika data terdistribusi normal digunakan uji parametrik. Sedangkan, jika data tidak terdistribusi normal digunakan uji non parametrik. Kemudian, dilakukan uji homogenitas data, yaitu uji *Levene* untuk mengetahui varians data. Data yang terdistribusi normal dan varians data homogen dilakukan uji parametrik *One Way Anova*. Jika hasil uji bermakna menunjukkan data signifikan ($p < 0,05$) dilanjutkan dengan melakukan analisis *Post Hoc* untuk melihat perbedaan antar kelompok perlakuan.

3.8 Alur Penelitian



3.9 *Ethical Clearance*

Ethical clearance penelitian ini telah mendapat persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan No: 3090/UN26.8/DL/2016.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap motilitas spermatozoa pada tikus jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.
2. Terdapat efek protektif pemberian kombinasi tomat dan zinc terhadap morfologi spermatozoa pada tikus jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler.
3. Dosis tomat dan zink yang efektif terhadap morfologi spermatozoa pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus* L.) galur *Sprague dawley* yang diinduksi gelombang elektromagnetik telepon seluler adalah sebesar 7,4 gr dosis tomat dan 0,54 mg dosis zink.

5.2 Saran

1. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat melanjutkan penelitian dengan menggunakan sediaan dosis tomat dan zink yang berbeda.
2. Bagi peneliti selanjutnya dapat menggunakan antioksidan dengan ekstrak tomat.

3. Bagi peneliti selanjutnya dapat melakukan induksi dengan gelombang elektromagnetik telepon seluler dalam durasi yang lebih singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian L, Sembiring T, & Ariani A. 2009. Peran Zinkum Terhadap Pertumbuhan Anak. *Sari Pediatri*, 11(4):7–12.
- Apriora VD, Amir, A & Khairisyaf O. 2015. Gambaran morfologi spermatozoa pada perokok sedang di lingkungan pe group yang datang ke Bagian Biologi Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. 4(2):425–429.
- Astuti S, Muchtadi D, Astawan M, Purwantara B & Wresdiyati T. 2009. Kualitas spermatozoa tikus yang diberi tepung kedelai kaya isoflavon, seng (Zn) dan vitamin E. 32(1):12-21.
- Bhowmik D, Kumar C & Sampath KP. 2010. A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic diseases. *Clinical Biochemistry*. 44(1):S323–S324.
- Cindy A. 2013. Pengaruh stres akademik terhadap kondisi jaringan periodontal dan kadar hormon kortisol dalam cairan krevikular gingiva (Tinjauan pada Mahasiswa Program Akademik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia) [tesis]. Jakarta:Universitas Indonesia.
- Dewi F. 2011. Jus dan puree tomat (*Solanum lycopersicum*) menurunkan persentase spermatozoa dengan morfologi abnormal pada mencit yang diberi pajanan asap rokok [skripsi]. Bandung:Universitas Kristen Maranatha.
- Durairajanayagam D, Agarwal A, Ong C, Pallavi P. 2014. Lycopene and male infertility. pp.420-425.
- Febriansah R, Indriyani L, Dyah K, Ikawati M. 2012. Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) sebagai agen kemopreventif potensial. hlm.1–8.
- Ganes D. 2010. Pengaruh pemberian ekstrak kulit buah delima merah (*Punica granatum* L.) terhadap jumlah sel spermatid dan diameter tubulus seminiferus tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang dipapar gelombang elektromagnetik ponsel [skripsi]. Semarang:Universitas Sebelas Maret.
- Ganong WF. 2008. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. Edisi ke-22. Jakarta: EGC. hlm 441-449.

- Goyal A, Chopra M, Bashir A, Lwaleed, *et al.* 2007. The effect of dietary lycopene supplementation on human seminal plasma. 99:1456-1460.
- Guyton AC, Hall JE. 2007. Textbook of medical physiology. Edisi ke-12. Singapore: Elsevier Saunders. hlm. 1049-1050.
- Hamada AJ, Singh A & Agarwal A. 2011. Cell phones and their impact on male fertility: fact or fiction. The open reproductive science journal, 3(216):125–137.
- Idayati R. 2011. Pengaruh radiasi handphone terhadap kesehatan. 11:115–120.
- Junqueira LC, Carneiro J, Robert OK. 2007. Histologi Dasar. Edisi ke-8. Jakarta: EGC. hlm. 419-432.
- Kujawska M, Ewertowska M, Adamska T, Sadowski C, Ignatowicz E & Liebert JJ. 2014. Antioxidant effect of lycopene-enriched tomato paste on *N*-nitrosodiethylamine-induced oxidative stress in rats. 70:981-990
- Lisdiana. 2012. Regulasi kortisol pada kondisi stres dan addiction. 4(1).
- Mailankot M, Kunnath AP, Jayalekshmi H. Koduru B, Valsalan R. 2009. Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. Clinics (São Paulo, Brazil), 64(6):561–5.
- Mangiagalli MG, Cesari V, Cerolini S, Luzi F, Toschi L. 2012. Effect of lycopene supplementation on semen quality and reproductive performance in rabbit. 20:141-148.
- Merhi ZO. 2012. Challenging cell phone impact on reproduction: A Review. Journal of Assisted Reproduction and Genetics. 29(4):293–297.
- Novita M, Mangimbulude J & Rondonuwu F. 2009. Karakteristik likopen sebagai antioksidan. hlm. 30–39.
- Rahadar MG. 2016. Pengaruh zink pada kadar neutrofil sputum penderita PPOK eksaserbasi [skripsi]. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Salama N, Kishimoto T & Kanayama HO. 2010. Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit. International Journal of Andrology. 33(1):88–94.
- Sankako MK, Garcia PC, Piffer RC, Dallaqua B, *et al.* 2012. Possible mechanism by which zinc protects the testicular function of rats exposed to cigarette smoke. 64:1537-1546.

- Setiawan B & Suhartono E. 2005. Stres oksidatif dan peran antioksidan pada diabetes melitus. hlm. 55.
- Sherwood L. 2011. Fisiologi manusia dari sel ke sistem. Edisi ke-6. Jakarta: EGC.
- Soeng S, Wargasetia TL & Steven A. 2007. Efek gelombang elektromagnetik telepon seluler terhadap spermatozoa mencit galur balb / c. hlm. 26–36.
- Sulistyowati Y. 2006. Pengaruh pemberian likopen terhadap status antioksidan (vitamin c , vitamin e dan gluthathion peroksidase) tikus (*Rattus norvegicus* galur Sprague Dawley) hiperkolesterolemik [tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sutyarso. 2010. Hubungan antara lama menggunakan ponsel dengan jumlah dan kualitas spermatozoa pada laki-laki fertil. *Majalah Kedokteran Indonesia*, 60(3):119–125.
- Swamardika IBA. 2009. Pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kesehatan manusia. 8(1).
- Tvrda E, Lukac N, Jambor T, Lukacova J, Hashim F, Massanyi P. 2016. In vitro supplementation of lycopene to bovine spermatozoa: effect on motility, viability and superoxide production. 34(4):319-328.
- Venktesh S, Singh G, Gupta NP, Kumar R, Deecaraman M, Dada R. 2009. Correlation of sperm morphology and oxidative stress in infertile men. 7(1):29-34.
- Victorya RM. 2015. Effects of handphone's electromagnetic wave exposure on seminiferous tubules. 4(3).
- Wdowiak A, Wdowiak L & Wiktor H. 2007. Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. pp.169–172.
- Werdhasari A. 2014. Peran antioksidan bagi kesehatan. *Jurnal biomedik medisiana indonesia*, 3(2):59–68.
- Widhyari SD. 2012. Peran dan dampak defisiensi zinc (zn). hlm.141–148.
- Widodo FT. 2009. Hubungan antara jumlah leukosit dengan motilitas sperma pada hasil analisa sperma pasien infertilitas di RSUP DR KARIADI Semarang [skripsi]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wulan AJ, Victoria RM & Ratna MG. 2015. Pengaruh paparan gelombang elektromagnetik handphone terhadap jumlah dan motilitas spermatozoa tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague dawley*. 4:1–7.

Yamaguchi S, Miura C, Kikuchi K, *et al.* 2009. Zinc is an essential trace element for spermatogenesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(26):10859–10864.

Zhao J, Dong X, Hu X, Long Z, *et al.* 2016. Zinc levels in seminal plasma and their correlation with male infertility: A systematic review and meta-analysis. 6:22386.