

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK
TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT SERTA KADAR
TRIGLISERIDA DARAH**

SKRIPSI

Oleh:
ISNANNIAH
NIM. 14640036



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK
TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT SERTA KADAR
TRIGLISERIDA DARAH**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**ISNANNIAH
NIM. 14640036**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

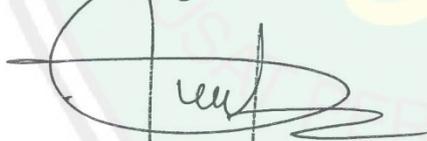
**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK
TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT SERTA KADAR
TRIGLISERIDA DARAH**

SKRIPSI

Oleh:
Isnanniah
NIM. 14640036

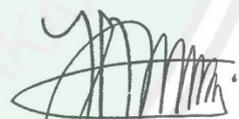
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal 21 Agustus 2018

Pembimbing I,



Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si
NIP. 19641211 199111 1 001

Pembimbing II,



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

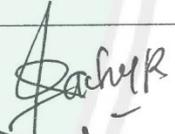
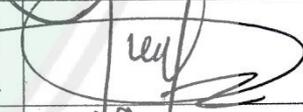
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK
TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT SERTA KADAR
TRIGLISERIDA DARAH

SKRIPSI

Oleh:
Isnanniah
NIM. 14640036

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
pada Tanggal 06 Agustus 2018

Penguji Utama	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Ketua Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si.</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	



Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Isnanniah
NIM : 14640036
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Ukuran Lingkar Perut serta Kadar Trigliserida Darah

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa pada hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini serta disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti adanya unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 01 Agustus 2018
Yang Membuat Pernyataan,



Isnanniah
NIM. 14640036

MOTTO

Man Jadda Wajada

Barang siapa bersungguh- sungguh pasti akan berhasil

Man Shabara Shafira

Barang siapa bersabar pasti akan beruntung

Man Sara 'Ala Darbi Washala

Barang siapa menepati jalan-Nya pasti akan sampai tujuan



HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Syukur Alhamdulillah hamba panjatkan kepada-Mu Ya Allah
Yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah, memberikan nikmat kesehatan,
kesabaran, serta ilmu pengetahuan.

Karya Sederhana Ini Kupersembahkan Untuk:

Kedua orang tua tercinta

Bapak Hanafi dan Ibu Ida Wati

Yang senantiasa memberikan kasih sayang, menyebut namaku dalam setiap do'a, serta mendidikku dengan sepenuh hati. Kalian adalah pelita hidupku yang sangat berharga.
Semoga Allah mengumpulkan keluarga kita di syurga-Nya kelak.

Adik-adikku tersayang

Muhammad Izhar dan Ahmad Dailami

Yang menjadi penyemangatku, menghiburku, dan selalu mendoakanku.
Semoga Allah SWT menjadikan kita anak sholeh dan sholehah, serta menjadi kebanggaan kedua orang tua.

Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Khususnya Dosen Pembimbing yaitu Bapak Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si dan Bapak Dr. Imam Tazi, M.Si

Yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta ilmu pengetahuan yang sangat berharga. Semoga Allah membalasnya dengan sebaik-baik balasan.

Sahabat-sahabatku seperjuangan

Khususnya Fisika angkatan 2014

Berbagai pengalaman telah kita lalui bersama baik suka maupun duka.
Terima kasih atas canda, tawa, semangat, serta doa yang kalian hadirkan hingga saat ini.
Dari kalianlah aku banyak belajar dan saling berbagi ilmu pengetahuan. Semoga Allah menjadikan kita orang-orang yang sukses kedepannya di dunia maupun di akhirat.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan pengikut-pengikut beliau hingga akhir zaman. Atas ridho dan kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Ukuran Lingkar Perut serta Kadar Trigliserida Darah** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah khairan katsir* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan nasihat dan motivasi demi keberhasilan penulisan skripsi.
4. Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dalam memberikan bimbingan, bantuan, serta arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam bidang integrasi Sains dan Al-Qur'an serta Hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya,

membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

7. Kedua orang tua Bapak Hanafi dan Ibu Ida Wati serta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Seluruh teman-teman khususnya dari jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan semangat, dukungan serta kebersamaan.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kemajuan bersama di masa mendatang.

Pada akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Malang, 01 Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Masalah	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Gelombang Ultrasonik	9
2.1.1 Mekanisme Pembangkitan Gelombang Ultrasonik	10
2.1.2 Energi dan Intensitas Gelombang Ultrasonik.....	12
2.1.3 Sifat Gelombang Ultrasonik.....	15
2.1.4 Kerusakan Jaringan oleh Gelombang Ultrasonik	17
2.1.5 Proses Terjadinya Kavitasi.....	18
2.2 Lemak.....	21
2.2.1 Struktur Lemak	22
2.2.2 Jaringan Lemak Tubuh	24
2.3 Obesitas	26
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis dan Subjek Penelitian	28
3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian.....	28
3.3 Variabel Penelitian.....	28
3.4 Populasi dan Sampel	28
3.5 Desain dan Alur Penelitian.....	29
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.6.1 Alat.....	31
3.6.2 Bahan.....	31
3.7 Langkah-langkah Penelitian	32
3.7.1 Persiapan Hewan Coba	32
3.7.2 Pemaparan Gelombang Ultrasonik pada Hewan Coba	32
3.7.3 Pengukuran Kadar Trigliserida Darah dan Lingkar Perut	33

3.8 Teknik Pengolahan Data	33
3.9 Teknik Analisa Data.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Penelitian.....	35
4.1.1 Pengaruh Intensitas Gelombang Ultrasonik terhadap Ukuran Lingkar Perut Tikus Putih (<i>Rattus norvegicus</i>)	35
4.1.1.1 Data Hasil	35
4.1.1.2 Analisis Hasil Pengukuran Lingkar Perut Tikus Putih.....	38
4.1.2 Pengaruh Intensitas Gelombang Ultrasonik terhadap Kadar Trigliserida Darah Tikus Putih (<i>Rattus norvegicus</i>)	40
4.1.2.1 Data Hasil	40
4.1.2.2 Analisis Hasil Pengukuran Kadar Trigliserida Darah	41
4.2 Pembahasan	43
4.3 Kajian Keislaman Terkait Hasil Penelitian	46
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Pembangkit Gelombang Ultrasonik.....	11
Gambar 2.2 Ilustrasi Intensitas Gelombang Bunyi dalam Bentuk Tiga Dimensi .	13
Gambar 2.3 Gelombang Ultrasonik datang Normal pada Bidang Batas Medium 1 dan Medium 2.....	16
Gambar 2.4 Mekanisme Kavitasi	19
Gambar 2.5 Diagram Pertumbuhan dan Pecahnya Gelembung Kavitasi	20
Gambar 2.6 Struktur Molekul Triglisierida.....	23
Gambar 2.7 Struktur Asam Lemak	23
Gambar 2.8 Sel Lemak pada Tubuh	25
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Grafik Ukuran Lingkar Perut Tikus Putih dengan Variasi Intensitas	38
Gambar 4.2 Grafik Persentase Perubahan Ukuran Lingkar Perut	39
Gambar 4.3 Grafik Perubahan Kadar Triglisierida Darah Tikus Putih dengan Variasi Intensitas	42
Gambar 4.4 Grafik Persentase Perubahan Kadar Triglisierida Darah	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Lingkar Perut Tikus Putih.....	33
Tabel 3.2 Data Kadar Trigliserida Darah Tikus Putih	34
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan	37
Tabel 4.2 Rerata Perubahan Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan	37
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kadar Trigliserida Darah Sebelum dan Sesudah Perlakuan.....	40
Tabel 4.4 Rerata Perubahan Kadar Trigliserida Darah Sebelum dan Sesudah Perlakuan.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Gambar Penelitian
- Lampiran 2 Perhitungan Persentase Perubahan Lingkar Perut
- Lampiran 3 Perhitungan Persentase Perubahan Kadar Trigliserida Darah
- Lampiran 4 Data Hasil Penelitian
- Lampiran 5 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Isnanniah. 2018. **Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Ukuran Lingkar Perut serta Kadar Trigliserida Darah.** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Dr. Imam Tazi, M.Si

Kata Kunci: Gelombang Ultrasonik, Lingkar perut, Trigliserida.

Lemak yang menumpuk di dalam tubuh menimbulkan dampak buruk dari segi kesehatan maupun penampilan terutama pada kejadian obesitas. Berbagai teknologi pengobatan telah banyak dilakukan, diantaranya adalah penggunaan obat pelangsing dan operasi sedot lemak. Penggunaan obat pelangsing memiliki banyak efek samping yang mengganggu keseimbangan hormon di dalam tubuh, sedangkan operasi sedot lemak membutuhkan biaya yang mahal dan prosedur yang rumit. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang ultrasonik terhadap ukuran lingkar perut serta kadar trigliserida darah. Metode yang dilakukan adalah dengan memapari hewan coba yaitu tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar menggunakan gelombang ultrasonik dengan variasi intensitas. Ada tiga variasi mode intensitas yang digunakan yaitu mode 1, mode 2, dan mode 3. Pengukuran lingkar perut dan kadar trigliserida awal dilakukan satu hari sebelum pemaparan. Tikus diberi paparan gelombang ultrasonik dengan durasi 4 menit perhari selama 6 hari berturut-turut. Kemudian dilakukan pengukuran lingkar perut dan kadar trigliserida akhir satu hari sesudah pemaparan terakhir. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dianalisis menggunakan grafik. Hasil analisis menunjukkan nilai persentase pengurangan ukuran lingkar perut terbesar yaitu 6,50% pada intensitas mode 2. Gelombang ultrasonik dapat menekan kenaikan kadar trigliserida darah tikus putih yang berada dalam fase pertumbuhan. Hasil analisis menunjukkan kenaikan kadar trigliserida darah pada intensitas mode 3 hanya 0,02% atau hampir tidak mengalami kenaikan.

ABSTRACT

Isnanniah. 2018. **The Effect of Ultraonic Wave on the Size of Abdominal Circumference and Blood Triglycerides** . Thesis. Departement of Phisic, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim, Malang. Advisors: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Dr. Imam Tazi, M.Si

Keywords: Ultrasonic Wave, Abdominal Circumference, Triglycerides.

Fat accumulates in the body cause adverse effects in terms of health and appearance, especially on the incidence of obesity. Various medical technologies have been done, including the use of slimming drugs and liposuction surgery. The use of slimming drugs has many side effects associated with hormones in the body, while liposuction surgery requires expensive and complicated procedures. This study was conducted with the aim to determine the effect of ultrasonic wave exposure on the size of abdominal circumference and blood triglyceride levels. The method used by giving exposure to experimental animals, that 's white rat (*Rattus novergicus*) from Wistar strain using ultrasonic waves with intensity variations. There are three variations of intensity mode used: mode 1, mode 2, and mode 3. Measurement of abdominal circumference and initial triglyceride levels is done one day before exposure. Measurement of abdominal circumference and triglyceride levels were performed one day before exposure. Rats are exposed ultrasonic waves with a duration of four minutes for one day in the six conservative days. Then measured abdominal circumference and triglyceride levels one day after the last exposure. The data obtained from the measurement results were analyzed using graphs. The results of the analysis showed percentage value of the reduction in the size of the largest abdominal circumference is 6.50% on the intensity of mode 2. Ultrasonic waves can suppress the increase in triglyceride levels of blood of white rats in the growth phase. The results of the analysis showed that the increase in blood triglyceride levels in mode 3 intensity was only 0.02% or almost did not increase.

المخلص

إثنى النية. 2018. **التعرض بالموجات فوق الصوتية على حجم محيط البطن و مستويات الدهون الثلاثية في الدم.** البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم التكنولوجية في جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (I) الدكتور ترونو الماجستر (II) الدكتور إمام تازي الماجستر.

كلمات الرئيسية : الموجات فوق الصوتية , حجم محيط البطن , الدهون الثلاثية.

الدهن الذي يحتفن في الجسم يثير سوء الآثار من الصحة أو من المظهر، الأول في مسألة بدانة قد استعمل كل تكنولوجيا العلاج بينهم أدوية التخسيس و جراحة شفط الدهون. في استعمال ادوية التخسيس عندها آثار جانبية التي تعطل توازن الهرمونات في الجسم ، أما تتطلب عمليات شفط الدهون إجراءات مكلفة ومعقدة. هذه البحث هدفه لمعرفة تحديد تأثير التعرض للموجات فوق الصوتية على حجم محيط البطن ومستويات الدهون الثلاثية في الدم في الكائنات الحية. الطريقة التي يتم بها تعريض الحيوان التجريبي الذي هو فأر أبيض (*Rattus norvegicus*) سلالة ويستر استخدام الموجات فوق الصوتية مع اختلافات شدة، هناك ثلاثة أشكال في شدة يعني شكل الأول و شكل الثاني و شكل الثالث ، أجريت قياسات محيط البطن ومستويات الدهون الثلاثية الأولى قبل التعرض بيوم واحد. تعرضت الفأر للموجات فوق الصوتية مع مدة 4 دقائق يوميا لمدة 6 أيام على التوالي. ثم ينتهي قياس محيط البطن ومستويات الدهون الثلاثية بعد يوم من التعرض الأخير. تم تحليل البيانات التي تم الحصول عليها من نتائج القياس باستخدام الرسوم البيانية. أظهرت نتائج التحليل أكبر انخفاض في حجم محيط البطن عند 6,50% عند شدة في شكل الثاني، يمكن الموجات فوق الصوتية قمع ارتفاع مستويات الدهون الثلاثية في دم الفأر التي هي في مرحلة النمو. نتائج التحليل يظهر الارتفاع مستويات الدهون الثلاثية من الدم عند شدة في شكل الثالث هي 0,02 فقط أو تقريبا ليس فيه زيادة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lemak merupakan salah satu zat yang dibutuhkan oleh tubuh. Lemak berperan sebagai bahan pembentukan jaringan adiposa dan sumber energi tertinggi dalam tubuh. Energi yang dihasilkan oleh lemak dapat mencapai 9 kkal energi untuk setiap gramnya. Ini setara dengan 2,5 kali energi yang dihasilkan oleh karbohidrat dan protein dalam jumlah yang sama (Almatsier, 2010). Meskipun demikian, timbunan lemak di dalam tubuh yang terlalu banyak justru berdampak buruk dari segi kesehatan maupun penampilan (Rahmawati 2012). Salah satu masalah kesehatan yang sering terjadi akibat penimbunan lemak berlebih dalam tubuh adalah obesitas.

Obesitas didefinisikan sebagai kondisi kelebihan lemak, baik di seluruh tubuh maupun terlokalisir pada bagian tertentu (Ganong dalam Widjajakusumah, 2003). Penumpukan lemak pada tubuh dapat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Yang termasuk faktor intrinsik adalah faktor genetik dan hormon. Adapun yang termasuk faktor ekstrinsik adalah kondisi psikologis, pola hidup, kebiasaan makan, aktivitas fisik, serta penggunaan obat-obatan (Purwati, 2005).

Obesitas merupakan salah satu masalah utama kesehatan dunia, baik di negara maju maupun di negara berkembang. Bertambahnya produk makanan cepat saji, perkembangan teknologi, penggunaan kendaraan bermotor dan berbagai media elektronik memberi dampak pada ketidakseimbangan energi

akibat berkurangnya aktivitas fisik yang diikuti asupan kalori tinggi (Damayanti, 2011). Dalam sebuah studi dikatakan bahwa orang dengan obesitas tipe abdominal dengan lemak berkumpul di sekitar pinggang dan perut mempunyai faktor risiko lebih tinggi dibandingkan lemak yang berkumpul di bawah pinggang, sekitar panggul, dan paha (Luibov dalam Sulistianingrum, 2010).

Menurut WHO pada tahun 2008, setengah miliar orang dewasa dari seluruh penduduk dunia mengalami obesitas. Prevalensi obesitas seluruh dunia meningkat dua kali lipat sejak tahun 1980. Pada tahun 2014, lebih dari 1,9 miliar orang dewasa di atas 18 tahun mengalami kelebihan berat badan dan 600 diantaranya mengalami obesitas (WHO, 2014). Bahkan, obesitas dinyatakan sebagai salah satu penyakit mematikan (Apriliana, 2016). Peningkatan kejadian obesitas berimplikasi pada peningkatan berbagai macam penyakit degeneratif, seperti penyakit kardiovaskular, hipertensi, DM tipe II, batu empedu, dan beberapa jenis kanker (Sudoyo, 2009).

Di Indonesia, menurut Riset Kesehatan Dasar yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2013, prevalensi obesitas penduduk laki-laki dewasa sebanyak 19,7%. Ini menunjukkan terjadinya peningkatan dibanding tahun 2007 (13,9%) dan tahun 2010 (7,8%). Adapun prevalensi obesitas penduduk perempuan dewasa pada tahun 2013 adalah 32,9%, lebih tinggi dari tahun 2007 (13,9%) dan tahun 2010 (15,5%) (Kemenkes, 2013).

Allah SWT telah menciptakan segala sesuatu dalam keadaan seimbang sebagaimana firman Allah yaitu:

يَأْتِيهَا الْإِنْسَانُ مَا غَرَّكَ بِرَبِّكَ الْكَرِيمِ ﴿٦﴾ الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ ﴿٧﴾ فِي أَيِّ صُورَةٍ
مَا شَاءَ رَكَّبَكَ ﴿٨﴾

Artinya: “Hai manusia, apakah yang telah memperdayakan kamu (berbuat durhaka) terhadap Tuhanmu yang Maha Pemurah? Yang telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh) mu seimbang. Dalam bentuk apa yang Dia kehendaki, Dia menyusun tubuhmu.” (Q.S. Al-Infithar [82]: 6-8).

Ayat di atas menunjukkan pentingnya menjaga keseimbangan tubuh sebagaimana yang telah Allah SWT ciptakan, termasuk menjaga keseimbangan lemak dalam tubuh. Solusi yang sering ditawarkan untuk mengatasi kelebihan lemak dalam tubuh adalah olahraga teratur dan diet ketat. Namun, tak jarang orang mencari alternatif tambahan untuk pengurangan lemak tubuh yang lebih cepat. Ini sangat dibutuhkan terutama bagi mereka yang sudah mengalami berbagai penyakit akibat akumulasi lemak berlebih. Metode praktis yang sedang berkembang dan populer akhir-akhir ini adalah dengan penggunaan obat pelangsing dan operasi sedot lemak.

Penggunaan obat pelangsing memang dapat menurunkan lemak tubuh, namun penggunaan obat ini justru menimbulkan keluhan lain seperti seringnya buang air yang dapat menyebabkan tubuh kekurangan cairan serta masalah pada ginjal. Penggunaan obat pelangsing juga akan menurunkan nafsu makan. Hal ini akan berdampak pada gangguan keseimbangan hormon tubuh serta perbaikan sel tubuh karena kekurangan nutrisi yang diperlukan. Selain itu, efek yang

ditimbulkan adalah ketergantungan terhadap obat tersebut karena nafsu makan akan meningkat ketika konsumsi obat dihentikan.

Adapun operasi sedot lemak, meskipun tergolong cepat metode ini memiliki kekurangan yaitu memerlukan prosedur yang rumit dan harus dengan bantuan ahli atau tenaga medis. Disamping itu, metode ini harus dilakukan di rumah sakit, serta memerlukan biaya yang tidak murah. Operasi sedot lemak juga memiliki dampak buruk yaitu dapat menyebabkan kerusakan jaringan saraf bawah kulit sehingga terjadi mati rasa.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengurangi penumpukan lemak adalah dengan terapi *ultrasound*. Terapi ini merupakan suatu terapi menggunakan getaran mekanik dari gelombang suara berfrekuensi sangat tinggi yaitu di atas 20 kHz atau disebut gelombang ultrasonik (Aswita, 2016). Gelombang ini dapat merambat pada medium padat, cair, maupun gas. Hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul yang dilaluinya (Bueche, 1986).

Kerusakan jaringan oleh gelombang ultrasonik bisa disebabkan oleh salah satu atau kombinasi efek termal, mekanik, dan kavitasi (Sabbagha, 1982). Kavitasi adalah proses terbentuknya rongga-rongga kecil akibat pecahnya molekul dalam tubuh karena adanya tekanan yang sangat rendah. Pecahnya molekul-molekul tersebut membentuk rongga-rongga kecil, hampir berbentuk bola-bola yang disebut *cavity* dan menyebabkan kerusakan sel biologis (Ackerman, 1988).

Terapi dengan menggunakan gelombang ultrasonik atau terapi *ultrasound* memiliki kelebihan yaitu bersifat *non-invasive* (minim efek samping) sehingga aman digunakan dan mudah diadaptasikan dengan berbagai aplikasi. Proses terapi *ultrasound* juga cepat dan mudah karena dapat dilakukan sendiri tanpa bantuan ahli sehingga tidak memerlukan biaya yang tinggi (Williams, 1993).

Saber *et al* (2013) telah melakukan penelitian tentang efek kavitasi ultrasonik terhadap ketebalan jaringan lemak atau yang disebut jaringan adiposa. Objek penelitian ini terdiri dari 60 orang wanita yang mengalami obesitas. Gelombang ultrasonik yang digunakan menggunakan frekuensi 40 kHz dan intensitas 2,5 watt/cm². Terapi *ultrasound* dilakukan selama 6 minggu dengan lama pemaparan 15 menit perharinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terapi *ultrasound* dapat membantu mengurangi ketebalan jaringan adiposa hingga 15,3 mm.

Mosaab *et al* (2015) juga telah melakukan penelitian mengenai terapi *ultrasound* terhadap lingkaran perut pria yang obesitas. Pengujian dilakukan terhadap 50 orang penderita obesitas yang terbagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama yaitu 25 orang melakukan diet rendah kalori, senam aerobik, dan terapi *ultrasound*, sedangkan kelompok kedua hanya melakukan diet rendah kalori dan senam aerobik saja. Terapi *ultrasound* yang digunakan yakni dengan intensitas 2,4 watt/cm² dengan lama pemaparan 45 menit perhari yang dilakukan selama dua minggu. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengurangan lingkaran perut sebesar 17,3 % pada kelompok pertama dan 5,16 % persen pada kelompok kedua. Ini menunjukkan bahwa adanya penambahan terapi *ultrasound* pada

program diet dapat membantu menurunkan lingkar perut lebih banyak dibandingkan tanpa terapi.

Penelitian lain tentang pengaruh terapi *ultrasound* terhadap penurunan lemak juga dilakukan oleh Zhou *et al* (2017) yakni mengenai pengaruh USG intensitas rendah terhadap ketebalan jaringan lemak subkutan dan kadar lipid darah (kolesterol, trigliserida, dan HDL) pada tikus. Penelitian ini dilakukan dengan pemberian paparan gelombang ultrasonik terhadap 13 ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*). Frekuensi yang digunakan yaitu 1 MHz dengan intensitas 3 Watt/cm². Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan gelombang ultrasonik dengan intensitas rendah dapat mengurangi ketebalan lemak subkutan dengan nilai rata-rata 0,5 mm. Hasil penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan kadar lipid darah (kolesterol, trigliserida, dan HDL). Hal ini disebabkan karena lemak pada jaringan adiposa yang hancur akibat efek kavitasi oleh gelombang ultrasonik dialirkan ke dalam pembuluh darah yang nantinya akan dibuang keluar tubuh melalui proses metabolisme.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan mengenai terapi *ultrasound* telah membuktikan adanya pengurangan ketebalan jaringan lemak pada tubuh. Penelitian tentang paparan gelombang ultrasonik dengan variasi intensitas perlu dilakukan dengan harapan dapat mengetahui efek penurunan ketebalan lemak yang lebih besar. Salah satu bagian tubuh yang menyimpan banyak timbunan lemak adalah pada bagian perut. Pengukuran lingkar perut dapat digunakan sebagai alternatif klinis karena berhubungan dengan besarnya risiko gangguan kesehatan. Sugondo dalam Sudoyo (2009) menjelaskan bahwa ukuran

lingkar perut >102 cm pada laki-laki dan >88 cm pada perempuan meningkatkan risiko obesitas dan komplikasi metabolik. Berdasarkan latar belakang di atas, dilakukan penelitian tentang pengaruh gelombang ultrasonik terhadap perubahan ukuran lingkar perut dan kadar trigliserida darah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh intensitas gelombang ultrasonik terhadap ukuran lingkar perut?
2. Bagaimana perbandingan kadar trigliserida pada darah sebelum dan sesudah pemaparan gelombang ultrasonik?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh intensitas gelombang ultrasonik terhadap ukuran lingkar perut.
2. Untuk mengetahui perbandingan kadar trigliserida pada darah sebelum dan sesudah pemaparan gelombang ultrasonik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pengaruh intensitas untuk mengurangi kegemukan akibat penumpukan lemak pada tubuh.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar sebagai hewan coba.

2. Alat pembangkit gelombang ultrasonik yang digunakan adalah *Ultrasound Therapy* dengan frekuensi 1 MHz.
3. Variasi perlakuan yang diberikan adalah variasi intensitas.
4. Pemaparan dilakukan satu kali sehari saat sebelum pemberian makan tikus.
5. Durasi pemaparan yaitu 4 menit, dan dilakukan selama 6 hari berturut-turut.
6. Pengukuran trigliserida menggunakan metode strip.



BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Ultrasonik

Gelombang Ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi sangat tinggi yaitu di atas 20 kHz. Gelombang ini merupakan gelombang suara yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik dan dapat menjalar pada medium padat, cair, maupun gas. Hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik, sehingga dapat merambat sebagai interaksi dengan molekul yang dilaluinya (Bueche, 1986). Gelombang ini sering disebut gelombang elastis karena rambatannya bergantung pada elastisitas bahannya (Bolondi, 1984).

Gelombang ultrasonik yang melalui udara mengakibatkan getaran partikel udara. Pada getaran tersebut, arah amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal. Hal ini menyebabkan partikel udara mengalami rapat yang disebut sebagai rapatan dan menjadi regang atau yang disebut regangan. Jarak antar rapatan atau antar regangan disebut panjang gelombang (λ). Proses kontinyu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh perubahan udara secara periodik selama gelombang ultrasonik melaluinya (Giancoli, 2001).

Energi suara telah disebutkan dalam beberapa ayat dalam Al-Qur'an diantaranya firman Allah SWT yaitu:

فَأَخَذَتْهُمُ الصَّيْحَةُ مُشْرِقِينَ ﴿٧٣﴾

Artinya: “Maka mereka dibinasakan oleh suara keras yang mengguntur, ketika matahari akan terbit”(Q.S. Al-Hijr [15]:73).

Ayat di atas menunjukkan bahwa energi suara atau bunyi dapat digunakan untuk merusak sel atau jaringan yang tidak diinginkan, termasuk menggunakan suara ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan salah satu sumber radiasi yang aman untuk keperluan medis, karena gelombang ini bersifat *non-invasive* sehingga tidak perlu pembedahan karena penggunaannya di luar tubuh. Sifat gelombang ultrasonik yang lain yaitu *non-traumatic* yang artinya tidak menimbulkan rasa sakit (Syafudin, 2008). Gelombang ultrasonik mempunyai daya tembus yang kuat sehingga sering digunakan untuk diagnosis, penghancuran, dan pengobatan dalam bidang kedokteran (Cameron, 1978). Metode perusakan sel dan jaringan oleh gelombang ultrasonik sudah banyak dimanfaatkan untuk menghancurkan sel kanker, tumor, serta batu ginjal (Giancoli, 2001).

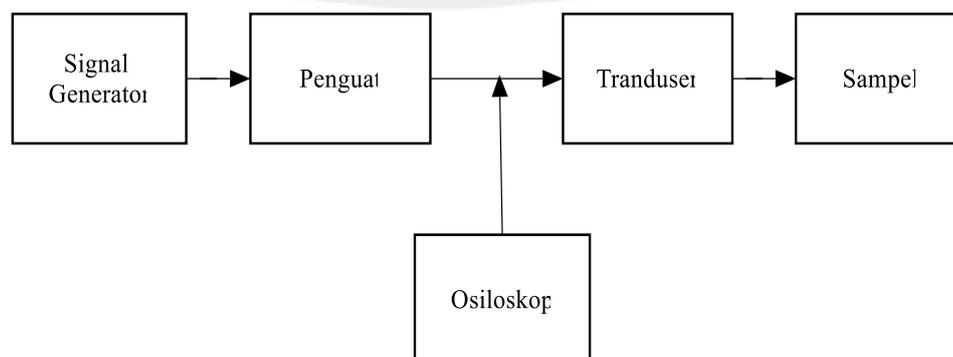
2.1.1 Mekanisme Pembangkitan Gelombang Ultrasonik

Umumnya sebuah sistem yang menggunakan gelombang ultrasonik memiliki dua komponen dasar yaitu *ultrasonic generator* dan transduser. *Ultrasonic generator* dipakai untuk membangkitkan sinyal listrik dengan frekuensi di atas 20 KHz hingga 1 GHz dan power tertentu sesuai dengan kebutuhan. Adapun transduser berfungsi untuk mengubah sinyal listrik dari *ultrasonic generator* menjadi gelombang mekanik (Zubair, 2015).

Saat memancarkan gelombang ultrasonik, transduser berfungsi seperti *speaker* yang merubah gelombang listrik berfrekuensi tinggi seperti frekuensi ultrasonik menjadi gelombang suara ultrasonik. Transduser bekerja atas dasar perubahan tegangan listrik yang masuk menggetarkan kristal pembentuk piezoelektrik. Getaran kristal yang terjadi akan menekan diafragma kristal yang

menyebabkan udara bergetar sehingga terjadi gelombang suara. Jadi, untuk mendapatkan gelombang ultrasonik diperlukan frekuensi perubahan tegangan listrik yang sesuai dengan frekuensi gelombang ultrasonik (Sumardi, 2010).

Transduser ultrasonik dapat dibagi menjadi dua berdasarkan bentuk energi yang diubahnya yaitu transduser mekanik dan transduser elektromekanik. Pada umumnya, transduser mekanik digunakan untuk membangkitkan gelombang ultrasonik baik dalam fluida maupun dalam padatan (Bolondi, 1984). Transduser yang paling banyak digunakan untuk membangkitkan gelombang ultrasonik adalah transduser elektromekanik. Metode pembangkitannya yaitu dengan mengubah energi listrik (baik secara langsung maupun tidak langsung) menjadi gelombang mekanik (getaran mekanik). Pada proses ini, besaran yang kekal dan merupakan penjumlahan energi kinetik serta energi potensial selalu konstan selama tidak ada gaya non-konservatif yang bekerja. Getaran yang dihasilkan kemudian diubah menjadi energi akustik (radiasi gelombang akustik) yaitu getaran yang merambat melalui suatu medium dan dapat menghasilkan bunyi. Diagram blok pembangkit gelombang ultrasonik ditunjukkan pada gambar 2.1 (Yahya, 2005):



Gambar 2.1 Diagram Blok Pembangkit Gelombang Ultrasonik (Yahya, 2005)

2.1.2 Energi dan Intensitas Gelombang Ultrasonik

Jika gelombang ultrasonik merambat dalam suatu medium, maka partikel medium mengalami perpindahan energi. Besarnya energi gelombang yang dimiliki partikel medium adalah (Giancoli, 1998):

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \quad (2.1)$$

Dengan:

$$k = \text{konstanta} = 4\pi^2 m/T^2 = 4\pi^2 mf^2$$

T = periode (s)

A = amplitudo gelombang (m)

m = massa partikel dalam medium (kg)

Dengan demikian, energi gelombang ultrasonik dapat dituliskan sebagai berikut (Giancoli, 1998).

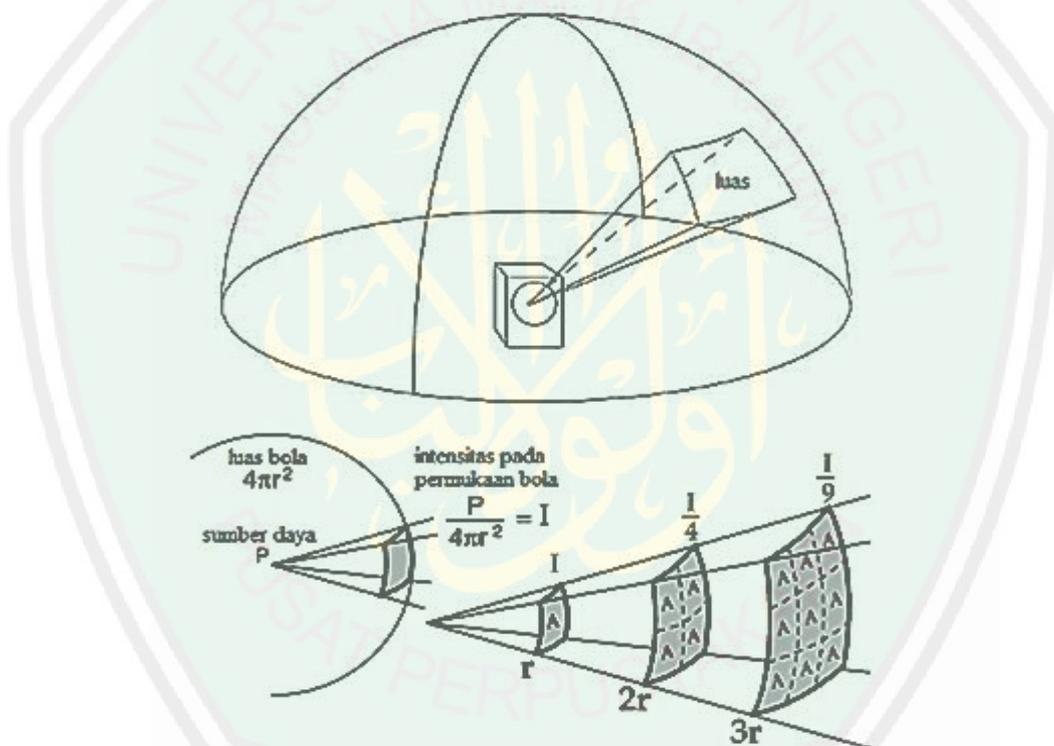
$$E = 2\pi^2 mf^2 A^2 \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 di atas menunjukkan hubungan secara eksplisit bahwa intensitas gelombang ultrasonik sebanding dengan kuadrat amplitudo (A) serta kuadrat frekuensi (f).

Aliran energi yang dibawa gelombang dalam suatu daerah persatuan luas disebut intensitas bunyi. Intensitas bunyi dalam arah tertentu pada suatu titik merupakan laju energi bunyi rata-rata yang ditransmisikan dalam arah tersebut melewati satuan luasan dengan posisi tegak lurus. Secara umum, intensitas bunyi dapat dituliskan dengan persamaan berikut (Doelle, 1993).

$$I = \frac{P}{A} \quad (2.3)$$

Sumber bunyi merupakan suatu sumber titik yang memancarkan bunyi secara isotropis, yaitu dengan intensitas yang sama ke semua arah. Hal ini dapat diilustrasikan sebagai sebuah bangun ruang tiga dimensi seperti gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Ilustrasi Intensitas Gelombang Bunyi dalam Bentuk Tiga Dimensi (John, 2015)

Gelombang bunyi merupakan gelombang tiga dimensi karena dapat mengalir ke segala arah. Dengan demikian, gelombang tersebut dapat dikatakan berbentuk bola. Sementara gelombang merambat keluar, energi yang dibawanya akan tersebar ke area yang makin lama makin luas. karena permukaan bola

dengan radius r adalah $4\pi r^2$, intensitas gelombang dapat dituliskan dengan persamaan (Giancoli, 2001):

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) ini menunjukkan bahwa intensitas (I) berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (r^2). Dari sini, dapat diketahui bahwa semakin jauh sumber bunyi maka efek gelombang bunyi tersebut terhadap daerah sekitarnya semakin kecil. Jika besar keluaran daya P dari sumber konstan, maka dapat dituliskan sebagai persamaan berikut (Giancoli, 2001):

$$I \approx \frac{1}{r^2} \quad (2.5)$$

Adapun frekuensi yang diasosiasikan dengan gelombang ultrasonik pada aplikasi elektronik dihasilkan oleh getaran elastis dari sebuah kristal kuarsa. Getaran tersebut diinduksikan oleh resonans dengan suatu medan listrik bolak-balik yang dipakaikan atau yang disebut efek piezoelektrik (Sumardi, 2010). Untuk sebuah permukaan, intensitas gelombang ultrasonik (I) diberikan dalam bentuk persamaan (Cameron, 1978):

$$I = \frac{1}{2} \rho v A^2 (2\pi f)^2 = \frac{1}{2} Z (A \omega)^2 \quad (2.6)$$

Dimana :

ρ = massa jenis medium/jaringan (Kg/m^3)

f = frekuensi (Hz)

v = kecepatan gelombang ultrasonik (m/s^2)

V = volume (m^3)

$Z = r v$ = impedansi akustik (Kg/m^2s)

$\omega = 2\pi f$ = frekuensi sudut (rad/s)

Intensitas gelombang ultrasonik juga dapat ditulis dengan persamaan (Pain, 2005):

$$I = \frac{1}{2} \rho_0 c \dot{\eta}_m^2 = \frac{1}{2} \rho_0 c \omega^2 \eta_m^2 = \rho_0 c \dot{\eta}_{rms}^2 = \frac{\Delta P_{rms}^2}{\rho_0 c} = \Delta P_{rms} \dot{\eta}_{rms} \quad (2.7)$$

Dimana:

$\dot{\eta}_m$ = kecepatan maksimum partikel

η_m = amplitudo maksimum saat perpindahan

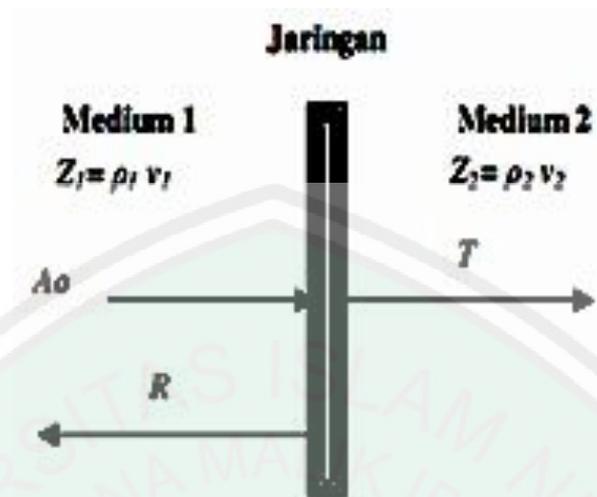
P = tekanan

ρ_0 = kerapatan medium

Rumus di atas menunjukkan adanya pengaruh intensitas gelombang ultrasonik terhadap perubahan tekanan pada molekul. Perubahan tekanan akan menyebabkan terjadinya peristiwa kavitasi yang akan merusak jaringan.

2.1.3 Sifat Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik mempunyai sifat dapat dipantulkan, diteruskan dan diserap oleh medium perambatannya termasuk oleh jaringan. Jika gelombang ini mengenai permukaan jaringan, maka sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diteruskan (Cameron, 1978).



Gambar 2.3 Gelombang Ultrasonik Datang Normal pada Bidang Batas Medium 1 dan Medium 2 (Cameron, 1978)

Akibat adanya peristiwa-peristiwa pemantulan, hambatan dan penyerapan, gelombang ultrasonik mengalami attenuasi (berkurangnya intensitas) selama perambatannya dalam medium. Besarnya penurunan intensitas gelombang ultrasonik pada kedalaman diberikan oleh (Isaacs, 1997):

$$I_d = I_0 e^{-\mu d} \quad (2.8)$$

Dimana:

I_d = intensitas bunyi pada kedalam d

I_0 = intensitas bunyi awal

μ = koefisien attenuasi (dB/cm)

Ada dua faktor yang mempengaruhi peristiwa attenuasi gelombang ultrasonik yaitu (Syafudin, 2008):

a) Hamburan

Apabila suatu energi dari gelombang ultrasonik menabrak dimensi-dimensi permukaan yang lebih kecil dari panjang gelombang, maka gelombang yang datang akan tersebar ke segala arah (Heagen, 1978). Hamburan yang terjadi bergantung pada perubahan impedansi akustik pada sasaran atau partikel, ukuran partikel dari medium serta panjang gelombang energi datang. Nilai intensitas gelombang yang terhambur akan meningkat dengan cepat bersama frekuensi dan sebanding dengan kuadrat frekuensi. Oleh karena itu, frekuensi tinggi lebih mudah mengalami hamburan dari pada frekuensi rendah (Syafudin, 2008).

b) Penyerapan (Absorpsi)

Penyerapan gelombang ultrasonik dalam medium merupakan hasil dari gaya gesekan yang berlawanan dengan gerakan partikel-partikel di dalamnya. Energi mekanik dari suara ultrasonik berubah menjadi energi panas. Selama mengalami absorpsi, intensitas dan amplitudo gelombang ultrasonik berkurang secara eksponensial (Syafudin, 2008).

2.1.4 Kerusakan Jaringan oleh Gelombang Ultrasonik

Kerusakan jaringan oleh gelombang ultrasonik bisa disebabkan oleh salah satu atau kombinasi efek termal, mekanik, dan kavitasi (Sabbagha, 1982). Kavitasi adalah proses terbentuknya rongga-rongga kecil akibat pecahnya molekul

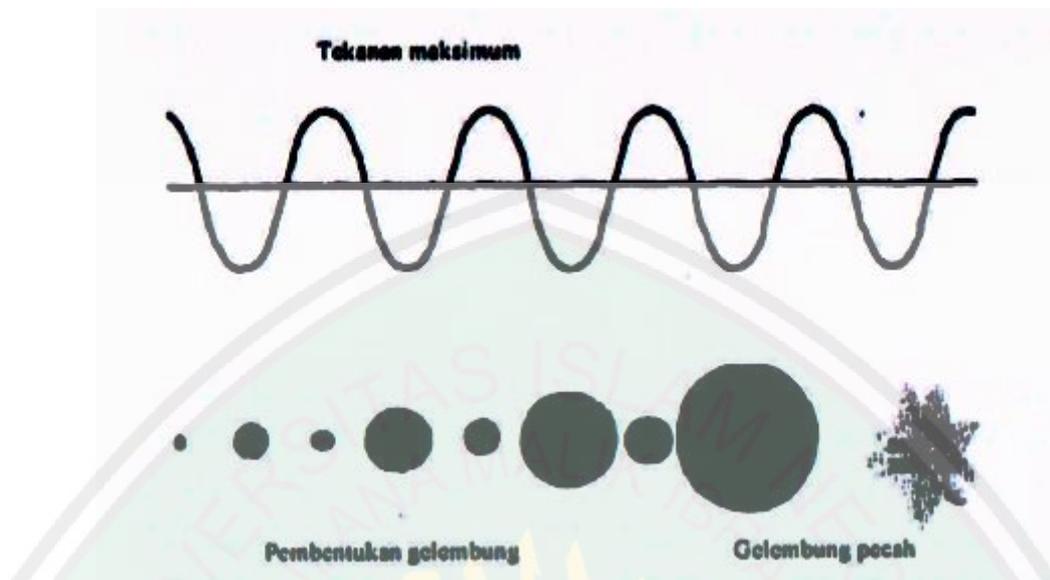
karena adanya tekanan yang sangat rendah. Pecahnya molekul-molekul tersebut membentuk rongga-rongga kecil, hampir berbentuk bola-bola yang disebut *cavity* dan menyebabkan kerusakan sel biologis (Ackerman, 1988).

Ada dua macam kavitasi yang terjadi akibat pemaparan gelombang ultrasonik yaitu kavitasi stabil dan kavitasi tidak stabil. Jika gelembung gas mikro tumbuh sampai ukuran tertentu lalu beresonansi pada frekuensi gelombang ultrasonik maka disebut kavitasi stabil. Pada kavitasi ini, amplitudo osilasinya jauh lebih besar dari pada amplitudo getaran partikel di dalam zat cair sebelum ada gelembung mikro. Jaringan di sekitar gelembung mikro akan mengalami tegangan (*stress*) yang sangat besar sehingga menyebabkan kerusakan molekul dan membran sel (Sabbagha, 1982). Kavitasi stabil biasanya terjadi pada intensitas ultrasonik yang cukup rendah yakni antara 1-3 watt/cm² (Martinez, 2008).

Kavitasi tidak stabil sering disebut juga kavitasi transien. Kavitasi ini terjadi jika amplitudo osilasinya lebih kecil dari pada amplitudo getaran partikel dalam zat sebelum ada gelembung mikro. Efek kavitasi yang tidak stabil lebih merusak jaringan sel (Sabbagha, 1982). Kavitasi ini bisa terjadi pada intensitas yang cukup tinggi yaitu di atas 10 watt/cm² (Martinez, 2008).

2.1.5 Proses Terjadinya Kavitasi

Saat gelombang ultrasonik menyalurkan amplitudo positif, tekanan di dalam gelembung akan bertambah dan ukurannya mengecil. Sebaliknya, saat gelombang ultrasonik menyalurkan amplitudo negatif, jaringan akan terekspansi sehingga ukurannya membesar (Susilo, 2009).

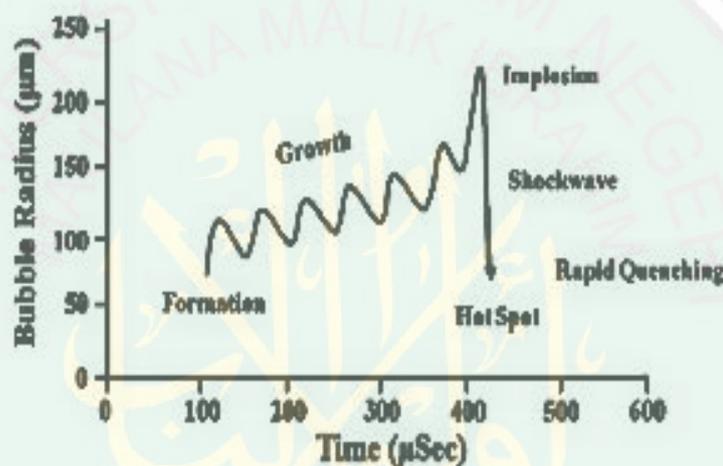


Gambar 2.4 Mekanisme Kavitasi (Mason, 1999)

Gambar 2.4 menggambarkan proses terjadinya kavitasi oleh gelombang ultrasonik. Ada tiga tahap utama terjadinya kavitasi ultrasonik pada jaringan, yaitu tahap nukleasi atau tahap pembentukan gelembung, tahap pertumbuhan gelembung, dan tahap pecahnya gelembung (*implosive collapse*). Pada tahap pertama, terbentuk inti (nukleus) kavitasi dari partikel gelembung mikro yang terperangkap dalam celah-celah mikro yang terbentuk akibat getaran molekul. Gelembung-gelembung mikro ini terbentuk pada saat amplitudo akustik cukup besar dan menyebabkan terjadinya siklus perenggangan (Nurfitriyana, 2012).

Pada tahap kedua, gelembung-gelembung mikro akan tumbuh dan membesar dan mengecil (berosilasi) mengikuti regangan dan rapatan gelombang ultrasonik yang dipancarkan. Pertambahan ukuran gelembung saat membesar lebih banyak dibanding pengurangan ukuran saat gelembung mengecil sehingga ukuran gelembung akan tumbuh menjadi semakin besar. Adapun tahap ketiga dari kavitasi terjadi apabila pertumbuhan gelembung mencapai saat di mana

gelembung tersebut tidak dapat lagi menyerap energi yang dihasilkan oleh gelombang secara efisien dan akhirnya gelembung pecah. Tahap ini disebut tahap *catastrophic collapse* (Nurfitriyana, 2012). Proses pertumbuhan dan pecahnya gelembung kavitasi dapat dilihat pada gambar 2.5 yang menunjukkan hubungan antara waktu dan ukuran radius atau jari-jari gelembung (Guo, 2012).



Gambar 2.5 Diagram Pertumbuhan dan Pecahnya Gelembung Kavitasi (Guo, 2012)

Ada tiga teori berbeda mengenai kavitasi, yaitu teori *hot-spot*, teori plasma, dan teori elektrik. Teori *hot-spot* merupakan teori paling populer diantara ketiga teori tersebut. Teori ini menyatakan bahwa pecahnya gelembung mikro berlangsung dalam waktu yang sangat singkat sehingga kompresi dari gas dan uap di dalam gelembung terjadi secara adiabatik. Akibatnya, temperatur dan tekanan sangat tinggi pada saat gelembung pecah. Kondisi *hot-spot* lokal dihasilkan karena pecahnya gelembung berlangsung dalam waktu yang sangat singkat ($< 10 \mu s$) (Ince *et al.*, 2001).

Tidak semua gelembung yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik bisa pecah. Agar gelembung bisa pecah, maka diameter gelembung tidak boleh terlalu besar dan tidak boleh terlalu kecil. Batas diameter gelembung yang bisa pecah disebut sebagai daerah kavitasi. Batas bawah daerah kavitasi disebut jari-jari kritis. Adapun batas atas daerah kavitasi disebut batas resonansi (Trisnobudi, 2001).

Jari-jari kritis adalah jari-jari awal gelembung terkecil dimana gelembung tersebut masih bisa pecah. Apabila jari-jari awal (R_0) lebih besar dari pada jari-jari resonansi maka gelembung tersebut tidak akan pecah dan hanya terus menerus melakukan osilasi. Aktivitas kavitasi ditentukan oleh banyaknya gelembung yang berada pada kisaran jari-jari kritis dan jari-jari resonansi. Semakin tinggi daerah kavitasi, maka semakin tinggi pula aktivitas kavitasi pada jaringan yang dikenai gelombang ultrasonik (Susilo, 2009).

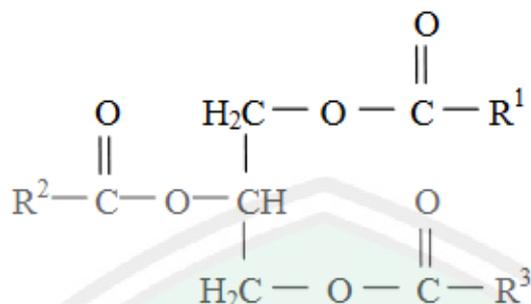
2.2 Lemak

Lemak adalah salah satu kelompok yang termasuk pada golongan lipid, yaitu senyawa organik yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar. Peranan lemak yaitu sebagai sumber energi yang tinggi serta sebagai pelarut vitamin yang tidak larut dalam air seperti vitamin A, D, E, dan K. Selain itu, lemak juga berperan dalam penyusunan membran sel, hormon steroid, pembentukan insulator untuk mengurangi kehilangan panas tubuh, dan mengurangi dampak benturan pada organ tubuh (Nuriyah, 2013).

Lemak juga merupakan senyawa trigliserida dari gliserol. Dalam pembentukannya, trigliserida merupakan hasil proses kondensasi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak (umumnya ketiga asam lemak tersebut berbeda-beda), yang membentuk satu molekul trigliserida dan satu molekul air (Herlina, 2002). Lemak yang berasal dari sistem pencernaan dikemas bersama protein dan disekresikan dalam sistem limfe. Kemudian, lemak menuju aliran darah sebagai kilomikron, yaitu lipoprotein plasma terbesar. Kilomikron juga mengandung nutrisi larut serta lipid lainnya. Triagliserol kilomikron tidak diserap oleh hati. Senyawa ini mula-mula dimetabolisme oleh jaringan yang mengandung lipoprotein lipase yang menghidrolisis triagliserol dan membebaskan asam lemak. Triagliserol dan asam lemak ini kemudian masuk ke dalam lipid jaringan atau dioksidasi sebagai bahan bakar. Lemak yang dibakar akan menghasilkan energi, karbon dioksida (CO_2), dan air (H_2O). Adapun lemak yang masuk ke dalam jaringan akan diubah menjadi trigliserida sebagai cadangan energi. Sumber lain asam lemak rantai-panjang adalah sintesis (lipogenesis) dari karbohidrat pada jaringan adiposa hati (Mayes, 2012).

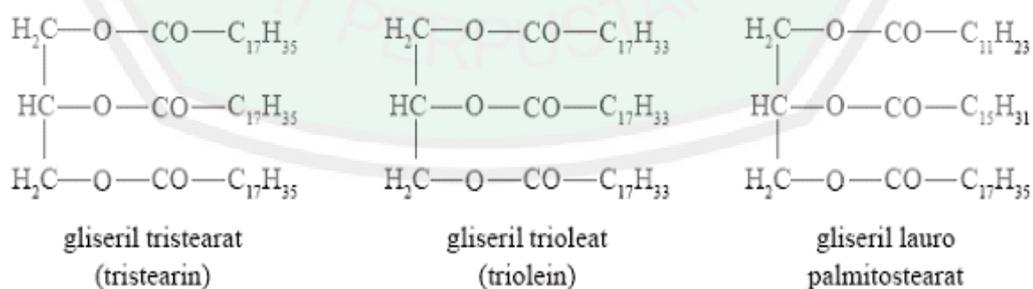
2.2.1 Struktur lemak

Ada tiga elemen penyusun lemak yaitu karbon (C), oksigen (O), dan hidrogen (H). Lemak disebut trigliserida karena tiga molekul asam lemak diikat oleh satu molekul gliserol. Asam penyusun lemak umumnya berfase padat atau cair pada suhu ruang dan sering disebut sebagai asam lemak (Renata, 2009).



Gambar 2.6 Struktur Molekul Trigliserida (Pomeranz dan Meloan, 2000)

$\text{R}_1\text{-COOH}$, $\text{R}_2\text{-COOH}$, dan $\text{R}_3\text{-COOH}$ pada rumus di atas adalah molekul-molekul asam lemak yang terikat pada gliserol. Ketiga molekul asam lemak tersebut bisa sama dan bisa berbeda. Apabila molekulnya sama maka disebut asam lemak sederhana, sedangkan jika berbeda maka disebut asam lemak campuran. Secara umum, molekul lemak terbentuk dari dua macam atau lebih asam lemak. Lemak juga sering disebut sebagai trigliserida. Penamaan lemak dimulai dengan kata gliseril yang diikuti oleh nama asam lemak seperti pada gambar 2.5 berikut (Dirgantari, 2013).



Gambar 2.7 Struktur Asam Lemak (Dirgantari, 2013)

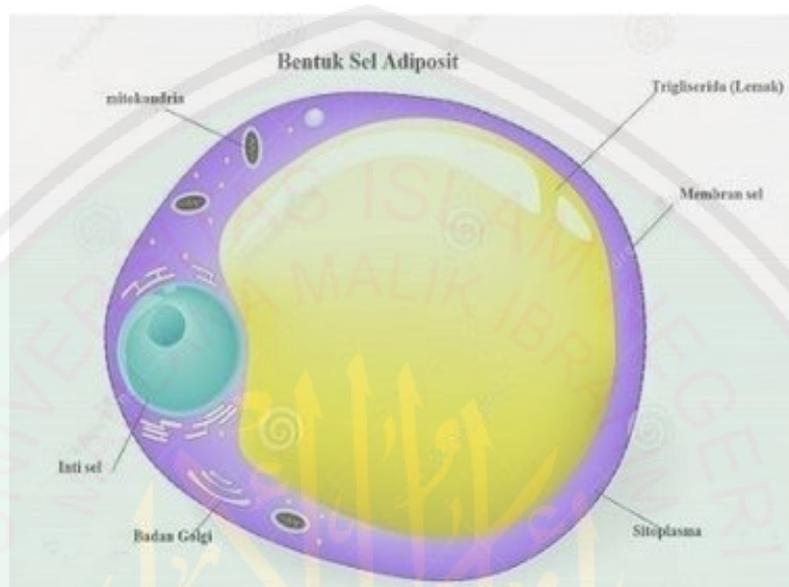
2.2.2 Jaringan Lemak Tubuh

Di dalam tubuh manusia, lemak disimpan di dalam jaringan adiposa atau disebut juga jaringan lemak (Almatsier, 2010). Jaringan ini dapat dijumpai dalam semua jaringan subkutan, kecuali pada penis, kelopak mata, dan rongga tengkorak (Pearce, 2009). Jaringan adiposa merupakan depot penyimpanan energi terbesar bagi mamalia (Sugondo dalam Sudoyo, 2009). Di dalam jaringan inilah triaglisierol disintesis dari asam lemak lalu disimpan dalam tetesan lemak besar. Tetesan-tetesan tersebut memenuhi hingga 96% ruang seluler dalam suatu sel lemak. Adapun Asam lemak yang diperoleh dari hidrolisis lipoprotein berperan sebagai bahan bakar atau bisa disimpan sebagai trigliserida (Ngili, 2009).

Jaringan lemak berfungsi sebagai penyimpan energi dalam bentuk trigliserida melalui proses lipogenesis (sintesis lemak). Proses ini merupakan respon terhadap kelebihan energi. Selain itu, jaringan ini juga memobilisasi energi melalui proses lipolisis (pemecahan lemak) yang merupakan respon terhadap kekurangan energi. Keseimbangan dari kedua proses ini menentukan jumlah akumulasi lemak tubuh (Sudoyo, 2009).

Sel-sel adiposa merupakan sel yang membentuk jaringan lemak. Fungsi utama sel ini adalah sebagai tempat menyimpan lemak. Sel adiposa merupakan jaringan ikat longgar yang mengisi ruang antar organ dengan jaringan. Kebanyakan sel yang ditemukan di dalam jaringan adiposa merupakan sel yang mengandung tetesan lemak (trigliserida) dan kolesteril ester. Sama seperti kebanyakan sel di dalam tubuh, sel lemak mempunyai inti sel (nukleus),

sitoplasma, serta membran sel. Struktur sel ini dapat membengkak atau menyusut, tergantung jumlah lemak yang disimpan dan digunakan (Arlina, 2017).



Gambar 2.8 Sel Lemak pada Tubuh (Arlina, 2017)

Di dalam tubuh, ada dua bentuk jaringan lemak yaitu (Arlina, 2017) :

- 1) *White adipose tissue* atau jaringan adiposa putih, merupakan jaringan adiposa yang berperan dalam penyimpanan energi dalam bentuk lipid/lemak. Sel lemak putih memiliki satu vakuola lemak yang besar dan satu inti yang terletak pada perimeter. Jaringan ini memiliki ciri-ciri yaitu tidak mempunyai glikogen dan jumlah mitokondrianya relatif sedikit.
- 2) *Brown adipose tissue* atau disebut jaringan adiposa coklat, merupakan jaringan adiposa yang berperan dalam pengeluaran energi karena mempunyai kemampuan untuk mengoksidasi glukosa dan asam lemak untuk mempertahankan panas tubuh. Ciri-ciri sel lemak coklat yaitu memiliki banyak vakuola lemak di sekeliling inti sel, berisi glikogen, mengandung

banyak mitokondria, serta mempunyai banyak vaskularisasi dan sel saraf. Aktivitas jaringan adiposa coklat ini akan menurun seiring pertambahan usia.

Di dalam tubuh, lemak tidak terdistribusi secara merata. Deposit terbesar lemak terletak di area subkutan yakni mencapai 80% dari lemak tubuh, sedangkan sisanya adalah lemak viseral. Lemak subkutan merupakan lemak yang berada tepat di bawah permukaan kulit. Lemak ini biasanya tampak dari luar tubuh jika jumlahnya berlebihan sehingga akan mengganggu penampilan. Penumpukan lemak subkutan biasanya berada di daerah pinggang, perut, paha, dan juga lengan (Puspitasari, 2015). Adapun lemak viseral adalah lemak yang terdapat di rongga abdomen dan rongga dada. Penumpukan lemak viseral memungkinkan terjadinya komplikasi metabolik yang meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular.

2.3 Obesitas

Menurut Ganong dalam Widjajakusumah (2003), obesitas adalah kondisi kelebihan lemak, baik di seluruh tubuh maupun terlokalisir pada bagian tertentu. Obesitas merupakan keadaan patologis karena penimbunan lemak melebihi batas yang diperlukan oleh tubuh (Wijayanti, 2013). Obesitas terjadi akibat energi yang masuk melalui makanan lebih banyak dari pada yang digunakan untuk beraktivitas sehingga energi tersebut disimpan dalam bentuk timbunan lemak dalam tubuh (Djausal, 2015). Gangguan keseimbangan energi disebabkan oleh 90% faktor eksogen (obesitas primer) dan 10% faktor endogen (obesitas sekunder). Faktor eksogen meliputi nutrisi dan lingkungan, sedangkan faktor endogen terdiri dari kelainan hormonal, sindrom, atau faktor genetik (Sulistianingrum, 2010).

Bentuk fisik obesitas menurut distribusi lemak dibedakan menjadi dua yaitu *Apple Shape Body* dan *Pear Shape Body*. Tipe obesitas *Apple Shape Body* atau android terjadi bila lemak lebih banyak terdistribusi pada bagian atas tubuh. Adapun *Pear Shape Body* terjadi bila lemak lebih banyak terdistribusi di bagian bawah tubuh (pinggul dan paha) (Damayanti, 2011).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Subjek Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang ultrasonik terhadap lingkaran perut serta kadar trigliserida darah. Penelitian yang dilakukan berupa penelitian *in vivo*, yakni menggunakan hewan coba tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar sebagai objek penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai bulan Mei tahun 2018 di Laboratorium Hewan Coba dan Laboratorium Fisika Atom Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas : Intensitas gelombang ultrasonik.

Variabel terikat : Kadar trigliserida darah dan ukuran lingkaran perut tikus putih.

Variabel kontrol : Jenis tikus, jenis kelamin tikus, pakan dan minum tikus.

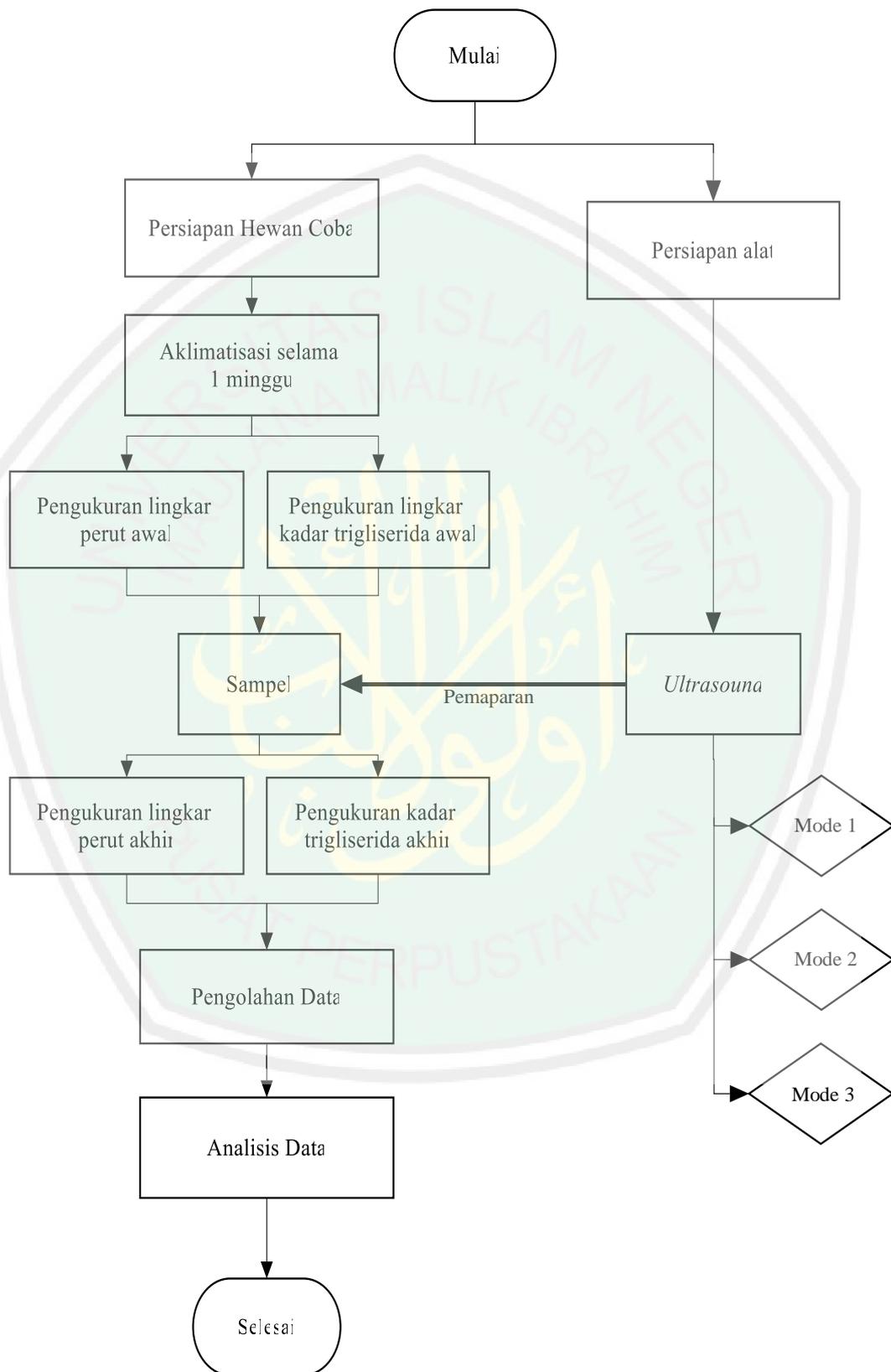
3.4 Populasi dan Sampel

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah 12 ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar, jenis kelamin jantan, umur rata-rata 7 minggu, dengan berat badan rata-rata 100 gram. Tikus dibagi dalam 4 kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan yang terbagi 3 yang akan diberi perlakuan dengan intensitas berbeda.

3.5 Desain dan Alur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pemaparan ultrasonik pada tikus putih bagian perut dengan variasi intensitas. Pengujian yang digunakan adalah *pretest and post test control design* untuk membandingkan perbedaan kadar trigliserida darah dan lingkaran perut tikus sebelum dan sesudah perlakuan. Adapun tahapannya dapat dilihat pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat

1. *Ultrasound Therapy*
2. *Sterile blood lancets*
3. Alat pembaca kadar trigliserida (*Multicare in Multi Parameter*)
4. Strip trigliserida
5. Kapas
6. Kandang hewan coba
7. Nipel (tempat minum hewan coba)
8. Neraca digital
9. Masker
10. Sarung tangan
11. Pita pengukur
12. Spidol permanen
13. Kertas label
14. Tali pengikat tangan dan kaki tikus
15. Tempat mengikat tikus (pipa *stainless*)

3.6.2 Bahan

1. Sekam
2. *USG gel*
3. Alkohol 70 %
4. Pakan tikus (Jagung manis dan BR 1)
5. Minuman tikus (air putih)

3.7 Langkah-langkah Penelitian

3.7.1 Persiapan Hewan Coba

Hewan coba diaklimatisasi selama satu minggu (7 hari) sebelum perlakuan untuk beradaptasi dengan lingkungan baru. Tikus ditempatkan pada kandang, dimana terdapat satu tikus untuk satu kandang. Setelah aklimatisasi, kandang tikus diberi label yang terdiri dari 4 kelompok. Kelompok tersebut yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan dengan 3 variasi intensitas. Bagian alas kandang diisi dengan sekam yang diganti setiap 1 sampai 2 hari sekali. Tikus diberi pakan jagung dan BR 1 satu kali sehari dengan porsi yang sama pada semua tikus. Porsi jagung yaitu 10 gram dan porsi BR 1 10 gram. Tikus juga diberi minum air putih dengan jumlah yang sama yakni 100 ml perhari dan ditempatkan pada botol minum tikus atau nipel.

3.7.2 Pemaparan Gelombang Ultrasonik pada Hewan Coba

1. Kelompok kontrol

Sebagai kontrol atau pembandingan, tikus tidak diberi pemaparan gelombang ultrasonik.

2. Sampel yang diberi terapi ultrasonik

- a. Kandang untuk kelompok tikus perlakuan diberi label I, II, dan III untuk perlakuan dengan variasi intensitas.
- b. Tangan dan kaki tikus diikat pada pipa *stainless* yang sudah dirancang sesuai dengan badan tikus.
- c. Bagian perut tikus yang akan diterapi diolesi *gel* terlebih dahulu.

- d. Tikus diberi terapi satu persatu yaitu satu kali perhari dengan durasi 4 menit.

3.7.3 Pengukuran Kadar Trigliserida Darah dan Lingkar Perut

Pengukuran trigliserida darah tikus putih dilakukan menggunakan metode strip. Caranya adalah dengan melukai ekor tikus menggunakan jarum steril (*Sterile Blood Lancets*). Untuk mempermudah keluarnya darah, ekor tikus direndam air hangat terlebih dahulu sambil dipijat ke arah ujung. Bagian yang akan ditusuk disterilkan menggunakan alkohol, begitu pula setelah ditusuk. Darah yang keluar kemudian diteteskan pada strip trigliserida yang sudah terpasang pada alat baca. Pada alat akan muncul angka yang menunjukkan nilai trigliserida darah. Data kadar trigliserida yang terukur kemudian dicatat. Adapun pengukuran lingkar perut yaitu dengan melingkarkan pita pengukur pada perut tikus dan diamati lalu dicatat hasil pengukurannya.

Pengukuran kadar trigliserida darah dan lingkar perut awal dilakukan satu hari sebelum perlakuan. Adapun pengukuran lingkar perut dan kadar trigliserida darah akhir dilakukan satu hari setelah perlakuan (terapi terakhir). Dengan demikian dapat diamati perubahan sebelum dan sesudah terapi ultrasonik.

3.8 Teknik Pengolahan Data

Tabel 3.1 Data lingkar perut tikus putih

No	Mode Intensitas	Lingkar Perut (cm)	
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1	Kontrol		
2	Mode 1		
3	Mode 2		
4	Mode 3		

Tabel 3.2 Data kadar trigliserida darah tikus putih

No	Mode Intensitas	Kadar Trigliserida Darah (mg/dl)	
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1	Kontrol		
2	Mode 1		
3	Mode 2		
4	Mode 3		

3.9 Teknik Analisa Data

Setelah diperoleh data hasil pengukuran kadar trigliserida darah lingkaran perut tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar, dilakukan perhitungan nilai rata-rata untuk setiap pengulangan. Data yang sudah dirata-rata kemudian dibuat grafik, yaitu grafik hubungan intensitas dengan kadar trigliserida darah serta grafik hubungan intensitas dengan ukuran lingkaran perut. Grafik kemudian dianalisis dan dideskripsikan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *in vivo* yang menggunakan hewan coba tikus putih (*Rattus norvegicus*) sebagai objek penelitian. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang ultrasonik terhadap ukuran lingkaran perut serta kadar trigliserida darah. Alat yang digunakan sebagai pembangkit gelombang ultrasonik adalah *Ultrasound Therapy* dengan frekuensi tetap yaitu 1 MHz. Pembangkit tersebut memiliki arus tetap dengan daya yang dapat divariasikan. Adapun intensitas gelombang yang dipancarkan adalah daya per satuan luas. Ada 3 variasi intensitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu intensitas mode 1, intensitas mode 2, dan intensitas mode 3.

4.1.1 Pengaruh Intensitas Gelombang Ultrasonik terhadap Ukuran Lingkaran Perut Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)

4.1.1.1 Data Hasil

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tikus putih (*Rattus norvegicus*) dengan galur yang sama yakni Wistar. Tikus yang digunakan berjenis kelamin jantan sebanyak 12 ekor. Rata-rata usia tikus yaitu 7 minggu dengan berat badan rata-rata 100 gram. Sebelum diberi perlakuan, tikus diaklimatisasi terlebih dahulu untuk menyesuaikan dengan lingkungan baru. Masa aklimatisasi berlangsung selama satu minggu. Tikus diberi pencahayaan 12 jam sinar matahari dan 12 jam sinar lampu pijar. Pakan dan minum tikus mulai dari masa aklimatisasi

hingga perlakuan selesai sama, yaitu jagung dan BR 1 untuk pakannya dan air putih untuk minumannya. Takaran makanan dan minuman tikus juga sama yaitu jagung sebanyak 10 gram, BR 1 sebanyak 10 gram, dan air putih sebanyak 100 ml perharinya.

Setelah masa aklimatisasi selesai, dipastikan tikus dalam keadaan sehat dengan melihat kondisi dan tingkah laku tikus. Kemudian untuk mempermudah proses pengamatan, dilakukan pengelompokan tikus-tikus tersebut. Tikus dibagi menjadi 4 kelompok yang terdiri dari 3 ekor tikus pada setiap kelompok. Satu kelompok merupakan kelompok kontrol, sedangkan 3 kelompok lainnya adalah kelompok perlakuan.

Pengukuran lingkar perut dilakukan menggunakan pita ukur. Data lingkar perut sebelum perlakuan akan dibandingkan dengan data setelah perlakuan. Lama terapi atau pemaparan sama pada setiap perlakuan yaitu 4 menit. Untuk lebih memudahkan proses ini, tangan dan kaki hewan coba diikat pada pipa aluminium yang telah dirancang sehingga ukurannya sesuai dengan tubuh tikus. Sebelum terapi, dioleskan *gel* pada ujung alat untuk menghilangkan kantong udara antara transduser dan kulit. Dengan demikian, penyerapan gelombang saat mengenai perut tikus menjadi lebih maksimal. Selain itu, *gel* ini juga berfungsi sebagai pelumas yang akan memudahkan proses terapi. Setelah terapi selama 6 hari berturut-turut, dilakukan pengukuran lingkar perut akhir. Tabel 4.1 adalah data hasil pengukuran lingkar perut sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran lingkaran perut sebelum dan sesudah perlakuan

No	Mode Intensitas	Lingkaran Perut Sebelum Perlakuan (cm)		Lingkaran Perut Sesudah Perlakuan (cm)	
		Rata-rata	Stdev	Rata-rata	Stdev
1	Kontrol	10,47	0,82	11,40	0,71
2	Mode 1	10,53	0,05	11,43	0,12
3	Mode 2	12,30	0,73	11,50	0,36
4	Mode 3	11,17	0,78	11,03	0,39

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami peningkatan ukuran lingkaran perut. Kelompok perlakuan pertama juga masih mengalami peningkatan ukuran lingkaran perut, namun tidak sebanyak kelompok kontrol. Adapun kelompok kedua dan ketiga mengalami penurunan ukuran lingkaran perut. Data pada tabel 4.1 menunjukkan nilai standar deviasi yang kecil, yang artinya nilai sampel dengan nilai reratanya tidak berbeda jauh.

Perubahan lingkaran perut tikus didapatkan dari pengurangan nilai rata-rata lingkaran perut setelah perlakuan (l) dengan nilai rata-rata lingkaran perut sebelum perlakuan (l_0). Jika lingkaran perut bertambah maka akan bernilai positif, dan jika lingkaran perut berkurang maka akan bernilai negatif. Persentase perubahan rata-rata ukuran lingkaran perut diperoleh menggunakan persamaan:

$$\% \text{ Perubahan lingkaran perut} = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100\% \quad (4.2)$$

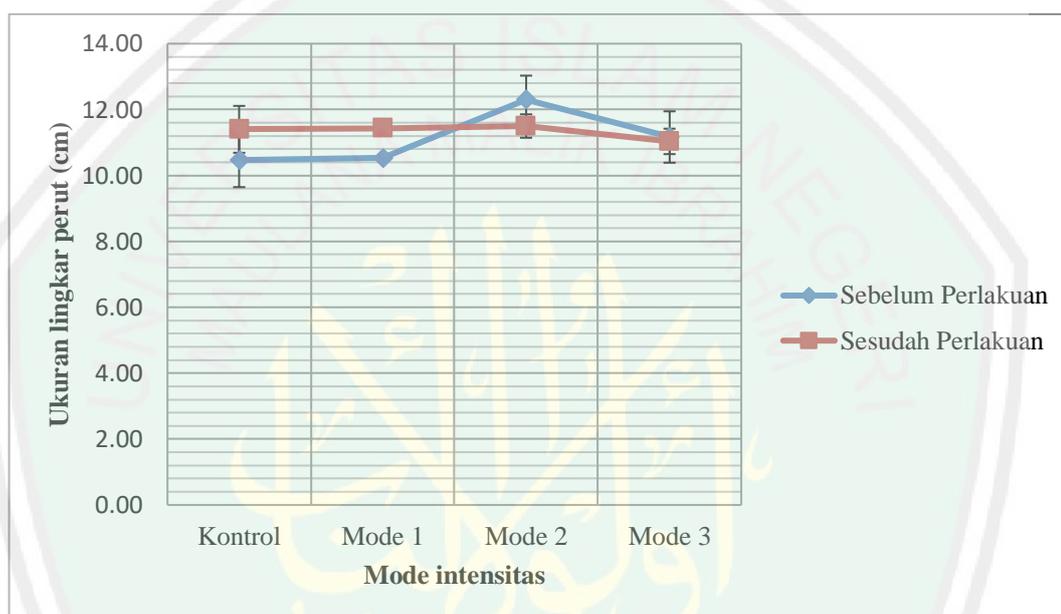
Tabel 4.2 Rerata perubahan lingkaran perut sebelum dan sesudah perlakuan

No.	Mode Intensitas	Selisih Rata-rata Lingkaran Perut (cm)	Persentase Perubahan Rata-rata(%)
1	Kontrol	0,93	8,88
2	Mode 1	0,90	8,55
3	Mode 2	-0,80	-6,50
4	Mode 3	-0,14	-0,01

*Tanda negatif menunjukkan penurunan lingkaran perut tikus

4.1.1.2 Analisis Hasil Pengukuran Lingkar Perut Tikus Putih

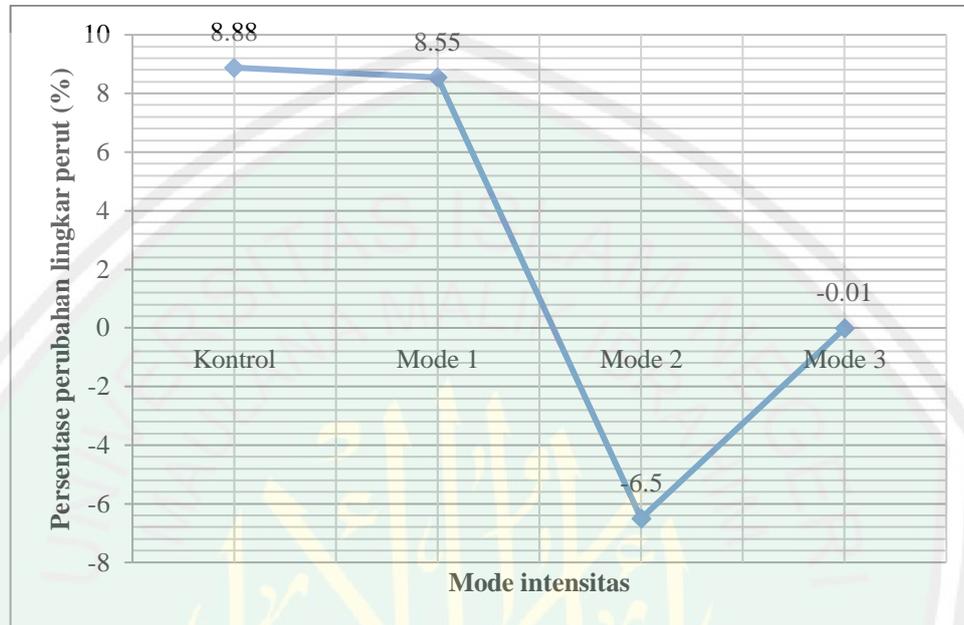
Grafik perubahan ukuran lingkar perut tikus sebelum dan sesudah perlakuan berdasarkan data pengukuran pada tabel 4.1 ditunjukkan dalam gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Grafik Ukuran Lingkar Perut Tikus Putih dengan Variasi Intensitas.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami penambahan ukuran lingkar perut. Hal ini disebabkan karena semua tikus yang digunakan masih berusia rata-rata 8 minggu pada saat pengukuran lingkar perut awal. Ukuran lingkar perut tikus bertambah seiring bertambahnya usia tikus karena proses pertumbuhan yang terjadi. Pemberian terapi *ultrasound* dengan intensitas mode 1 dapat menghambat kenaikan ukuran lingkar perut. Pada intensitas mode 2 dan mode 3, terapi *ultrasound* dapat mengurangi ukuran lingkar perut.

Persentase perubahan lingkar perut tikus putih (*Rattus norvegicus*) berdasarkan tabel 4.2 ditunjukkan dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Persentase Perubahan Ukuran Lingkar Perut

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa terapi gelombang ultrasonik dengan intensitas mode 1 sudah mampu menghambat penambahan ukuran lingkar perut tikus, namun nilainya masih tidak jauh berbeda dengan kelompok tanpa perlakuan (kelompok kontrol). Adapun terapi dengan intensitas mode 2 dapat mengurangi ukuran lingkar perut tikus sebanyak 6,50%. Pada ketiga kelompok ini, tikus masih bertahan dan dalam keadaan sehat. Adapun kelompok terakhir yakni terapi *ultrasound* dengan intensitas mode 3 penurunannya memang sangat kecil yaitu 0,01%, namun sampel tikus ketiga mati setelah perlakuan terakhir dan uji kadar trigliserida darah.

4.1.2 Pengaruh Intensitas Gelombang Ultrasonik terhadap Kadar

Trigliserida Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)

4.1.2.1 Data Hasil

Pengukuran kadar trigliserida darah menggunakan metode strip, yaitu dengan alat baca merk *Multicare in Multi Parameter* dan strip trigliserida. Tikus dipuasakan terlebih dahulu selama 10 jam agar kandungan trigliserida di dalam darah tidak bercampur dengan trigliserida yang berasal dari makanan. Tangan dan kaki tikus diikat dan ekor tikus di rendam dengan air hangat agar pembuluh darah melebar. Setelah itu, ekor diberi alkohol dan ditusuk dengan jarum steril (lancet) kemudian ekor dipijat ke arah ujung yang dilukai untuk mengeluarkan darahnya. Darah yang keluar diletakkan pada strip yang telah disiapkan dan dipasang pada alat baca. Setelah ditunggu beberapa saat, akan ditampilkan nilai kadar trigliserida darah yang terdeteksi. Tabel 4.3 adalah data hasil pengukuran kadar trigliserida darah tikus sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran kadar trigliserida darah sebelum dan sesudah perlakuan

No	Mode Intensitas	Kadar Trigliserida Darah Sebelum Perlakuan (mg/dl)		Kadar Trigliserida Darah Sesudah Perlakuan (mg/dl)	
		Rata-rata	Stdev	Rata-rata	Stdev
1	Kontrol	85,00	16,97	143,33	53,11
2	Mode 1	94,67	4,03	100,00	2,45
3	Mode 2	114,00	6,38	118,67	35,46
4	Mode 3	83,00	4,08	84,33	15,92

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami kenaikan kadar trigliserida darah. Ketiga kelompok perlakuan juga mengalami kenaikan kadar trigliserida darah. Nilai standar deviasi sebelum perlakuan menunjukkan angka yang kecil, sedangkan standar deviasi setelah perlakuan cukup besar. Hal ini diduga karena faktor metabolisme lipid darah tikus yang berbeda-beda sehingga perbedaan nilai sampel dengan nilai reratanya cukup besar.

Perubahan kadar trigliserida darah tikus didapatkan dari pengurangan nilai rata-rata kadar trigliserida setelah perlakuan (Tg) dengan nilai rata-rata kadar trigliserida sebelum perlakuan (Tg_o). Persentase perubahan rata-rata kadar trigliserida darah tikus dihitung dengan persamaan:

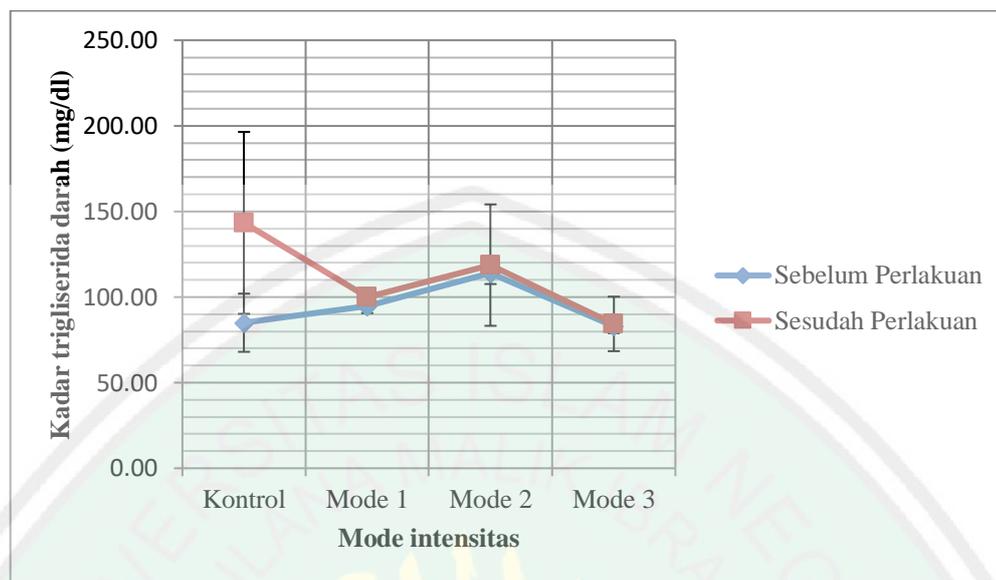
$$\% \text{ Perubahan kadar trigliserida} = \frac{Tg - Tg_o}{Tg_o} \times 100\% \quad (4.3)$$

Tabel 4.4 Rerata perubahan kadar trigliserida darah sebelum dan sesudah perlakuan

No.	Mode Intensitas	Selisih Rata-rata TG (mg/dl)	Persentase Perubahan Rata-rata (%)
1	Kontrol	58,33	68,62
2	Mode 1	5,33	5,63
3	Mode 2	4,67	0,04
4	Mode 3	1,33	0,02

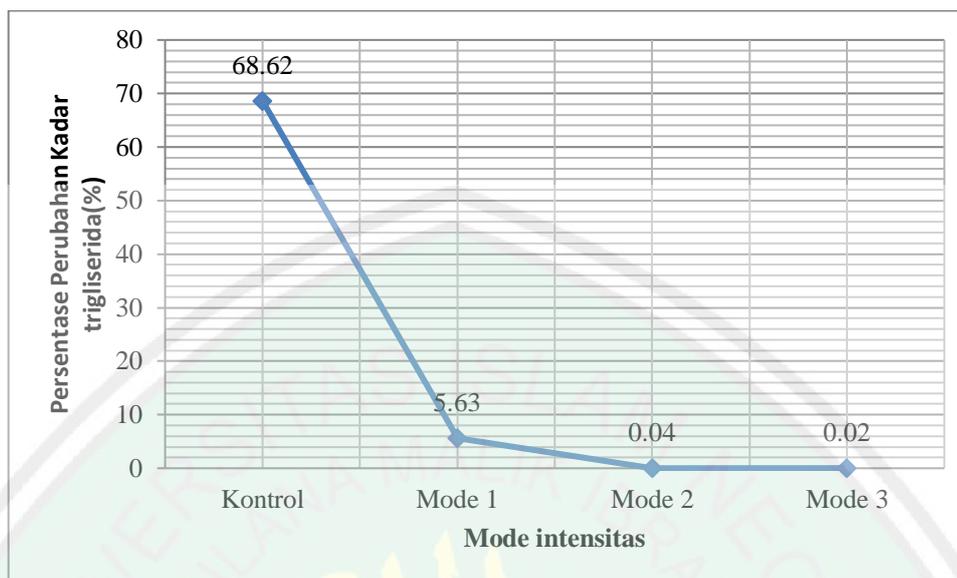
4.1.2.2 Analisis Hasil Pengukuran Kadar Trigliserida Darah

Diagram perubahan kadar trigliserida darah tikus sebelum dan sesudah perlakuan berdasarkan data pengukuran pada tabel 4.3 ditunjukkan dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Perubahan Kadar Trigliserida Darah Tikus Putih dengan Variasi Intensitas.

Gambar 4.3 menunjukkan adanya kenaikan kadar trigliserida darah setelah 6 hari baik pada kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan. Kenaikan kadar trigliserida darah tikus kontrol menunjukkan kenaikan yang normal dimana tidak ada perlakuan lain yang mempengaruhinya selain faktor bertambahnya usia. Adapun kenaikan kadar trigliserida darah pada kelompok perlakuan jauh lebih sedikit dibanding kelompok kontrol. Ini menunjukkan bahwa terapi *ultrasound* dapat menghambat kenaikan kadar trigliserida di dalam darah. Gambar 4.4 menunjukkan persentase perubahan kadar trigliserida darah tikus putih setelah perlakuan.



Gambar 4.4 Grafik Persentase Perubahan Kadar Trigliserida Darah

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa tikus pada kelompok kontrol mengalami kenaikan kadar trigliserida darah hingga 68,62%. Hal ini karena faktor usia tikus yang bertambah selama masa percobaan yakni 6 hari. Adapun tikus yang diberi paparan gelombang ultrasonik mengalami perubahan kadar trigliserida darah yang berbeda dari kelompok kontrol. Pada setiap perlakuan terjadi kenaikan kadar trigliserida darah yaitu pada intensitas mode 1 terjadi kenaikan rata-rata sebesar 5,63%; intensitas mode 2 terjadi kenaikan rata-rata sebesar 0,04%; dan intensitas mode 3 terjadi kenaikan rata-rata sebesar 0,02%.

4.2 Pembahasan

Penjelasan deskriptif hasil penelitian membuktikan adanya pengaruh intensitas gelombang ultrasonik terhadap ukuran lingkaran perut tikus putih (*Rattus norvegicus*). Kelompok perlakuan pertama menunjukkan bahwa pemberian terapi *ultrasound* dengan intensitas mode 1 dapat menghambat penambahan ukuran

lingkar perut tikus yang masih dalam masa pertumbuhan. Kelompok kontrol mengalami kenaikan ukuran lingkar perut sebanyak 8,88% sedangkan kelompok perlakuan dengan intensitas mode 1 mengalami kenaikan sebanyak 8,85%. Nilai ini tidak jauh berbeda sehingga intensitas mode 1 dinilai kurang efektif dalam mengurangi ukuran lingkar perut.

Pada intensitas mode 2 dan mode 3, terapi *ultrasound* dapat mengurangi ukuran lingkar perut sehingga ukurannya lebih kecil dibandingkan sebelum terapi. Terapi *ultrasound* dengan intensitas mode 2 dapat mengurangi ukuran lingkar perut sebanyak 6,50% dan intensitas mode 3 mengurangi ukuran lingkar perut sebanyak 0,01%. Dengan demikian, intensitas mode 2 dinilai paling efektif untuk mengurangi lemak pada area subkutan sehingga ukuran lingkar perut berkurang.

Zhou et al (2017) menjelaskan bahwa pengaruh gelombang ultrasonik yang difokuskan pada daerah subkutan dapat menyebabkan penipisan jaringan lemak. Hal ini terjadi karena adanya peristiwa kavitasi yang diakibatkan oleh energi gelombang ultrasonik sehingga menyebabkan hancurnya sel-sel lemak. Kavitasi merupakan proses terbentuknya rongga-rongga kecil akibat pecahnya molekul dalam tubuh karena adanya tekanan yang sangat rendah. Pecahnya molekul-molekul tersebut membentuk rongga-rongga kecil, hampir berbentuk bola-bola yang disebut *cavity* dan menyebabkan kerusakan sel biologis (Ackerman, 1988).

Mekanisme kerusakan sel lemak akibat peristiwa kavitasi bermula dari pembentukan inti gelembung mikro akibat getaran molekul pada jaringan lemak. Gelembung mikro akan menyerap dan melepas energi secara bergantian sehingga

ukurannya akan membesar dan mengecil. Penambahan ukuran gelembung saat membesar lebih banyak dibandingkan pengurangan ukuran gelembung saat mengecil. Hal ini karena energi yang diserap lebih besar dibandingkan dengan energi yang dilepaskan, dengan demikian ukuran gelembung akan semakin besar hingga mencapai batas ambang dimana gelembung tidak dapat lagi menyerap energi dari gelombang ultrasonik. Pada kondisi ini gelembung akan pecah (*collapse*) dan mengakibatkan kerusakan sel pada jaringan lemak (Nurfitriyana, 2012).

Lemak di dalam tubuh disimpan dalam bentuk trigliserida dan berfungsi sebagai sumber energi. Apabila tubuh memerlukan energi, enzim lipase dalam sel lemak akan memecah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak, kemudian melepaskannya ke dalam pembuluh darah. Komponen lemak tersebut akan dibakar oleh sel-sel yang membutuhkannya sehingga menghasilkan energi, karbondioksida (CO₂), dan air (H₂O) (Guyton, 2007).

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kadar trigliserida darah pada semua kelompok tikus baik kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan. Ini sesuai dengan teori yang dijelaskan Guyton (2007) bahwa usia merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kadar lipid darah termasuk trigliserida. Semakin tua usia seseorang, maka kadar trigliserida darah cenderung lebih mudah meningkat. Itulah sebabnya tikus yang dirawat selama satu minggu mengalami peningkatan kadar trigliserida darah yaitu sebanyak 68,62%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tikus yang diberi terapi *ultrasound* mengalami peningkatan kadar trigliserida darah yang jauh lebih sedikit dibanding

dengan kelompok kontrol. Artinya, terapi *ultrasound* dapat menurunkan risiko kenaikan kadar trigliserida dalam plasma darah. Berdasarkan grafik hubungan intensitas gelombang ultrasonik terhadap kadar trigliserida darah tikus putih (*Rattus norvegicus*), semakin besar intensitas yang diberikan, kenaikan kadar trigliserida darah semakin sedikit. Terapi *ultrasound* dengan intensitas mode 3 dinilai paling efektif untuk menekan kenaikan kadar trigliserida darah dimana kenaikannya hanya sebesar 0,02%.

Dewasa ini, penyakit yang diakibatkan oleh kenaikan lipid darah terus meningkat, salah satunya adalah penyakit aterosklerosis. Penyakit ini disebabkan oleh tingginya kadar trigliserida darah hingga melebihi batas normal. Oleh karena itu, upaya pencegahan dan pengobatan sangat penting sebelum terjadi akibat yang fatal. Anwar dalam Nuriyah (2013) menjelaskan bahwa kadar trigliserida darah yang tinggi dapat diturunkan dengan melakukan terapi, baik terapi farmakologi (menggunakan obat-obatan) maupun terapi non-farmakologi (diet, olah raga, pengaturan berat badan). Terapi *ultrasound* merupakan terapi non-farmakologi yang aman karena sifatnya yang *non-invasive* (minim efek samping) dan mudah diadaptasikan dengan berbagai aplikasi.

4.3 Kajian Keislaman Terkait Hasil Penelitian

Pada dasarnya, Allah SWT telah menciptakan tubuh manusia dalam keadaan seimbang. Akan tetapi, karena berbagai sebab telah mengakibatkan keseimbangan tersebut terganggu sehingga menimbulkan berbagai penyakit. Pola hidup yang tidak sehat dan konsumsi makanan berlemak yang semakin meningkat mengganggu keseimbangan energi di dalam tubuh. Keadaan ini akan

menyebabkan penimbunan lemak di dalam tubuh yang berdampak pada risiko kegemukan atau obesitas. Dalam jangka waktu yang lama obesitas akan memicu terjadinya komplikasi seperti penyakit kardiovaskular, hipertensi, hiperlipidemia dan aterosklerosis (Sudoyo, 2009). Oleh karena itu, perlu pengkajian untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Manusia hendaknya menggunakan akalnya untuk berfikir serta mengkaji segala sesuatu baik yang ada di langit maupun di bumi, karena Allah tidak menciptakan sesuatu apapun dengan sia-sia, termasuk menciptakan suara ultrasonik yang tidak dapat didengar oleh manusia karena frekuensinya yang sangat tinggi. Allah SWT berfirman dalam QS Ali-Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “*Sesungguhnya, dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang, terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.”* (QS. Ali-‘Imran [3] : 190-191).

Mengenai energi suara, Allah SWT berfirman di dalam surat Hud ayat 94:

...وَأَخَذَتِ الَّذِينَ ظَلَمُوا الصَّيْحَةَ فَأَصْبَحُوا فِي دِيَارِهِمْ جَاثِمِينَ ﴿٩٤﴾

Artinya: “*...dan orang-orang yang zalim dibinasakan oleh satu suara yang mengguntur, lalu jadilah mereka mati bergelimpangan di rumahnya.*” (Q.S. Hud [11]: 94).

Ayat di atas menjelaskan kehancuran orang-orang zhalim pada masa nabi Syuaib as. yang ditimpa oleh suara keras yang mengguntur. Sekarang, energi gelombang suara ini digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk penghancuran jaringan atau sel-sel yang tidak diinginkan (Cameron, 10978). Efek kavitasi gelombang ultrasonik dapat merusak jaringan lemak yang menumpuk di dalam tubuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terapi menggunakan gelombang ultrasonik dapat mengurangi lemak yang menumpuk pada bagian perut. Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya ukuran lingkaran perut tikus putih yang diberi terapi *ultrasound*. Tidak hanya itu, hasil penelitian juga menunjukkan adanya penghambatan dalam peningkatan kadar trigliserida darah tikus putih yang diberi terapi *ultrasound*. Dengan demikian, terapi *ultrasound* cocok digunakan untuk penderita obesitas yang mengalami kegemukan dan memiliki kadar lipid darah yang tinggi.

Gelombang merupakan energi yang merambat. Teori Louis de Broglie menjelaskan adanya sifat dualisme gelombang-materi, yaitu gelombang dapat bersifat sebagai materi dan materi dapat bersifat sebagai gelombang (Purwanto, 2015). Teori fisika ini digunakan oleh para ilmuwan untuk mengkaji peristiwa Isra' dan Miraj yang dialami oleh Rasulullah SAW yang dijelaskan dalam surah Al-Isra' ayat 1:

سُبْحَانَ الَّذِي أَسْرَىٰ بِعَبْدِهِ لَيْلًا مِّنَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ إِلَى الْمَسْجِدِ الْأَقْصَى الَّذِي بَارَكْنَا حَوْلَهُ
لِئْرِيهِ مِنْ آيَاتِنَا إِنَّهُ هُوَ السَّمِيعُ الْبَصِيرُ (١)

Artinya: "Maha Suci Allah, yang telah memperjalankan hamba-Nya pada suatu malam dari Al Masjidil Haram ke Al Masjidil Aqsha yang telah Kami berkahi

sekelilingnya agar Kami perlihatkan kepadanya sebagian dari tanda-tanda (kebesaran) Kami. Sesungguhnya Dia adalah Maha Mendengar lagi Maha Mengetahui.”(Q.S. Al Isra’ [17]:1).

Ayat di atas menjelaskan peristiwa perjalanan Isra’ Mi’raj Nabi Muhammad SAW. Isra’ yaitu perjalanan Nabi dari Masjidil Haram di Makkah menuju Masjidil Aqsha di Palestina. Jarak kedua kota tersebut yaitu 1.500 km, namun beliau bersama buraq (*burqun*=kilat) dan malaikat menempuhnya dalam waktu yang singkat dengan kecepatan yang sangat tinggi yaitu kecepatan cahaya (Purwanto, 2015).

Mustofa (2004) menjelaskan bahwa ada kemungkinan Allah SWT mentransformasi tubuh Rasulullah SAW dalam bentuk gelombang, sehingga beliau dapat mengikuti kecepatan buraq dan malaikat jibril. Ini didasarkan pada teori mengenai materi yang akan terurai atau hancur ketika berjalan dengan kecepatan cahaya. Jika tubuh Rasulullah SAW ditransformasi dalam bentuk gelombang oleh Allah SWT, beliau dapat melintas dengan kecepatan cahaya tanpa merusak tubuhnya (Mustofa, 2004).

Maha Suci Allah, segala sesuatu yang Allah ciptakan tidak ada yang sia-sia, semua bermanfaat bagi kesejahteraan dan kemaslahatan manusia. Umat Islam yang beriman pada Al-Qur’an hendaknya terus mengkaji dan mengembangkan manfaat penggunaan gelombang terutama gelombang ultrasonik, karena belajar mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan salah satu bagian dari keimanannya sebagaimana tertulis dalam Firman Allah SWT dalam surat Al-Mujadilah ayat 11 berikut.

... يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴿١١﴾

Artinya: “Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antarmu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.” (Q.S. Al Mujadilah [58]: 11).



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh intensitas gelombang ultrasonik, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Terapi gelombang *ultrasound* dapat menekan pertambahan lingkaran perut tikus putih (*Rattus norvegicus*) pada intensitas mode 1. Pada intensitas mode 2 dan mode 3 terjadi penurunan lingkaran perut. Penurunan ukuran lingkaran perut paling banyak yaitu pada intensitas mode 2 dengan persentase penurunan 6,50%.
2. Semua kelompok tikus baik kontrol maupun perlakuan mengalami kenaikan kadar trigliserida darah. Akan tetapi, terapi gelombang *ultrasound* dapat menghambat peningkatan kadar trigliserida darah tikus putih (*Rattus norvegicus*) dimana semakin besar intensitas yang diberikan, semakin efektif dalam menekan kenaikan kadar trigliserida darah. Nilai kenaikan kadar trigliserida darah tikus putih (*Rattus norvegicus*) pada intensitas mode 3 menunjukkan persentase yang paling kecil yaitu 0,02%.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan penelitian dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar agar hasil yang didapat lebih bermakna secara statistik. Hal ini karena semakin banyak jumlah sampel, maka semakin tinggi pula tingkat representativitasnya.

2. Untuk pemberian pakan sebaiknya dengan pemberian oral (sonde) sehingga takaran makanan yang masuk ke dalam pencernaan tikus benar-benar sama.



DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman. E. Lynda B. & Lawrence E. W. 1988. *Ilmu Biofisika*. (Terjemahan; Redjani & Abdulbasir). Surabaya: Airlangga University Press.
- Almatsier, S. 2010. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Al-Qur'an dan Terjemahannya. 2010. *Departemen Agama RI*. Jabal: Bandung.
- Aprilliana, Fitri K. 2016. *Pengaruh Pemberian Tempe Terhadap Gambaran Histopatologi Pankreas Mencit (Mus Musculus L.) Obesitas*. Skripsi. Bandar Lampung: Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
- Arlina. 2017. *Sel Adiposa (Lemak): Pengertian, Struktur, & Fungsi*. <https://www.ilmudasar.com/2017/03/Pengertian-Struktur-Fungsi-dan-Proses-Pembentukan-Sel-Lemak-Adiposa-adalah.html>. Tanggal akses 3 Mei 2018.
- Aswita, Maulida N. 2016. *Ultrasound Therapy*. <http://fisioterapi-lydaaswita.blogspot.co.id/2016/01/Ultrasound-therapy.html>. Tanggal akses 19 Desember 2017.
- Bolondi, L., Labo G. & Gondolfi L. 1984. *Diagnostic Ultrasound in Gastroentology*. Italia: Fotocromo Emiliana Bologna.
- Bueche, R. J. 1986. *Introduction to Physics for Scientist and Engineers*. New York: MC Graw Hill.
- Cameron John R., and Skofronick James G. 1978. *Medical Physics*. New York: John Wiley & Son Inc.
- Damayanti R, dkk. 2011. *Buku Ajar Nutrisi Pediatrik dan Penyakit Metabolik*. Jakarta: Badan Penerbit IDAI.
- Dirgantari, Arvyn Pravita. 2013. *Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh*. <https://dokumen.tips/documents/asam-lemak-jenuh-dan-tak-jenuh.html>. Tanggal akses 3 Mei 2018.
- Doelle, Lestie L. 1993. *Environment Acoustic*. New York: MC Graw Hill.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. (terjemahan; Hanum, Yuhilza). Jakarta: Erlangga.
- Guo, Ningqun & Ta Yeong Wu et al. 2012. *Advances in Ultrasound Technology for Environmental Remediation*. New York: Springer.

Guyton, A.C & Hall, J.E. 2007. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 9*. Jakarta: EGC.

Heagen. 1978. *Text Book of Diagnostic Ultrasonography*. St Louis: Mosby Company

Herlina, N. Ginting. 2002. *Lemak dan Minyak*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.

Ince, N. H., G. Tezcanli, R.K. Belen, I. G. 2001. *Ultrasound as a catalyzer of aqueous reaction systems: the state of the art and environmental applications*. Applied Catalysis B: Environmental Journal. 29. 167-176.

Isaacs, Alan. 1997. *Kamus Lengkap Fisika*. Jakarta: Erlangga.

John, Muradeli. 2015. *Inverse Square Law - A Visual Explanation*. <https://brilliant.org/discussions/thread/inverse-square-law-a-visual-explanation/>. Tanggal akses 5 Mei 2018.

Kementrian Kesehatan RI. 2013. *Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*. Jakarta: Riset Kesehatan Dasar.

Martinez, Jose Luis Capelo. 2008. *Ultrasound in Chemistry: Analytical Application*. Portugal: WILEY-VCH.

Mason, T. J. 1999. *Sonochemistry*. New York: Oxford University Press.

Mayes P.A, Botham KM. *Sintesis, Transpor, & Ekskresi Kolesterol*. Jakarta: EGC.

Mosaab, R. Al Said et. al. 2015. *Effect of Focused Ultrasound Cavitation on Cholesterol in Prehypertensive Centrally Obese Men*. Medical Journal. 83 (2) :149-158.

Mustofa, Agus. 2004. *Terpesona di Sidratul Muntaha*. Sidoarjo:Padma Press.

Ngili, Yohanis. 2009. *Biokimia Metabolisme & Bioenergetika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Nurfitriyana, Annisa. 2012. *Signifikansi Kavitas ultrasonik dan Hidrodinamik terhadap Karakteristik Produk Oksidasi Penyisihan Limbah Fenol dengan Proses Oksidasi Lanjut Berbasis Ozzon*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Nuriyah, Aini F.N. 2013. *Efek Pemberian Alpukat (Persea americana Mill.) terhadap Kadar Trigliserida Serum Darah Tikus Putih (Rattus*

norvegicus) Selama Pemberian Diet Tinggi Lemak). Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.

- Pain, J. H. 2005. *The Physic of Vibration and Wave*. London: John Willey LTd.
- Pearce, Evelyn C. 2009. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Pomeranz, Y., C.E. Meloan. 2000. *Food Analysis Theory and Practice 3 rd edition*. Mayland: Aspen Publisher.
- Purwanto, Agus. 2015. *Nalar Ayat-ayat Semesta*. Bandung: Mizan.
- Purwati, Susi. 2005. *Perencanaan Menu untuk Penderita Kegemukan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahmawati. 2012. *Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS)*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Renata, L. Astrida. 2009. *Profil Asam Lemak dan Triglisrida biji-bijian*. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sabbagha, R. E. 1982. *Diagnostic Ultrasound Applied to Obstetrics and Gynecology*. London: Haper & Row.
- Saber, Maha et al. 2013. *Effect of Ultrasound Cavitation Therapy as a Non-invasive Approach on Adipose Tissue Thickness in Egyptian Women*. Journal of Applied Sciences Research 9(11): 5964-5969.
- Syafrudin, Agus dkk. 2008. *Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik dan Implementasinya untuk Pengukuran Jarak Antara Dua Obyek*. Jurnal Berkala Fisika 11(2): 29-37.
- Sudoyo, A. W. 2009. *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*. Jakarta: Interna Publishing.
- Sulistianingrum, D. N. 2010. *Hubungan Indeks Massa Tubuh dan Rasio Lingkar Pinggang dan Pinggul dengan Kadar Gula Darah Puasa*. Skripsi. Surakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.
- Sumardi, Ferry. 2010. *Studi Scanner Sidik Jari Ultrasonik Dengan Menggunakan Cermin Akustik*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Susilo, B. 2009. *Kinetic Model of Biodiesel Processing with Ultrasound*. Prociding of International Seminar. Bogor: ISAE.
- Trisnobudi, A., T.L. Hoei, dan E.R. Nugraha. 2001. *Pengukuran Rendemen Tebu Menggunakan Gelombang Ultrasonik*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 9(1): 77-82.

- Widjajakusumah, Djauhari. 2003. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta. EGC.
- Williams, A. R. 1983. *Ultrasound: Biological Effect and Protein Hazards*. Cambridge : Academic Press.
- World Health Organization. 2012. *Obesity and Overweight*. World Health Organization Media Centre Fact Sheet. No. 311.
- Yahya, Arfian. 2005. *Pengaruh Lama Pemaparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Glukosa Darah Marmut (Cavia Prcellus)*. Skripsi. Surabaya: Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga.
- Zhou, Bill et al. 2017. *The Effects of Low-Intensity Ultrasound on Fat Reduction of Rat Model*. BioMed Research International Journals. (1): 1-8.
- Zubair, Ahmad & Faizal A. S. 2015. *Pembangkit Gelombang Ultrasonik denga Frekuensi 40 KHz dan Daya 200 Watt Berbasis Mikrkontroler*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Energi dan Ketenagalistrikan SNTEK. Ujung Pandang: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

The logo is a shield-shaped emblem with a light green background and a white border. It features the text "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM" in a circular arrangement at the top and "PUSAT PERPUSTAKAAN" at the bottom. In the center, there is a yellow calligraphic design. The word "LAMPIRAN" is written across the center in a large, bold, black serif font.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Penelitian



Alat Ultrasound Therapy



Penimbangan pakan (jagung)



Multicare in Multi Parameter



Penimbangan pakan (Br)



Kandang hewan coba



Terapi *ultrasound* pada hewan coba



Pengukuran lingkaran perut



Pengambilan sampel darah untuk uji
Trigliserida



Pemijatan ekor dalam air hangat

Lampiran 2 Perhitungan Persentase Perubahan Lingkar Perut

Rumus: $\% \text{Perubahan Lingkar Perut} = \% \Delta l = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%$

$$1. \quad \% \Delta l_{\text{Kontrol}} = \frac{l_{\text{Kontrol}} - l_{\text{Kontrol},0}}{l_{\text{Kontrol},0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_{\text{Kontrol}} = \frac{11,40 - 10,47}{11,40} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_{\text{Kontrol}} = 8,88 \%$$

$$2. \quad \% \Delta l_1 = \frac{l_1 - l_{1,0}}{l_{1,0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_1 = \frac{11,43 - 10,53}{10,53} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_1 = 8,55 \%$$

$$3. \quad \% \Delta l_2 = \frac{l_2 - l_{2,0}}{l_{2,0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_2 = \frac{11,50 - 12,30}{12,30} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_2 = -6,50 \%$$

$$4. \quad \% \Delta l_3 = \frac{l_3 - l_{3,0}}{l_{3,0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_3 = \frac{11,03 - 11,17}{11,17} \times 100\%$$

$$\% \Delta l_3 = -0,01 \%$$

Catatan: Tanda minus (-) menunjukkan pengurangan.

Lampiran 3 Perhitungan Persentase Perubahan Kadar Triglicerida Darah

Rumus: $\% \text{Perubahan Kadar Triglicerida} = \% \Delta \text{TG} = \frac{\text{TG} - \text{TG}_0}{\text{TG}_0} \times 100\%$

$$1. \quad \% \Delta \text{TG}_{\text{Kontrol}} = \frac{\text{TG}_{\text{Kontrol}} - \text{TG}_{\text{Kontrol},0}}{\text{TG}_{\text{Kontrol},0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_{\text{Kontrol}} = \frac{143,33 - 85,00}{85,00} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_{\text{Kontrol}} = 68,62 \%$$

$$2. \quad \% \Delta \text{TG}_1 = \frac{\text{TG}_1 - \text{TG}_{1,0}}{\text{TG}_{1,0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_1 = \frac{100,00 - 94,67}{94,67} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_1 = 5,63 \%$$

$$3. \quad \% \Delta \text{TG}_2 = \frac{\text{TG} - \text{TG}_{2,0}}{\text{TG}_{2,0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_2 = \frac{118,67 - 114,00}{114,00} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_2 = 0,04 \%$$

$$4. \quad \% \Delta \text{TG}_3 = \frac{\text{TG}_3 - \text{TG}_{3,0}}{\text{TG}_{3,0}} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_3 = \frac{84,33 - 83,00}{83,00} \times 100\%$$

$$\% \Delta \text{TG}_3 = 0,02 \%$$

Lampiran 4 Data Hasil Penelitian

1. Hasil Pengukuran Lingkar Perut Sebelum Perlakuan

No.	Mode Intensitas	Ukuran Lingkar Perut (cm)				
		Tikus			Nilai Rata-rata	Standar Deviasi
		1	2	3		
1.	Kontrol	10,10	9,70	11,60	10,47	0,82
2.	Mode 1	10,50	10,50	10,60	10,53	0,05
3.	Mode 2	11,60	13,30	12,00	12,30	0,73
4.	Mode 3	11,20	10,20	12,10	11,17	0,78

2. Hasil Pengukuran Lingkar Perut Setelah Perlakuan

No.	Mode Intensitas	Ukuran Lingkar Perut (cm)				
		Tikus			Nilai Rata-rata	Standar Deviasi
		1	2	3		
1.	Kontrol	11,80	10,40	12,00	11,40	0,71
2.	Mode 1	11,40	11,30	11,60	11,43	0,12
3.	Mode 2	11,20	12,00	11,30	11,50	0,36
4.	Mode 3	11,20	10,50	11,40	11,03	0,39

3. Hasil Pengukuran Kadar Trigliserida Darah Sebelum Perlakuan

No.	Mode Intensitas	Kadar Trigliserida Darah (mg/dl)				
		Tikus			Nilai Rata-rata	Standar Deviasi
		1	2	3		
1.	Kontrol	73,00	73,00	109,00	85,00	16,97
2.	Mode 1	89,00	98,00	97,00	94,67	4,03
3.	Mode 2	105,00	118,00	119,00	114,00	6,38
4.	Mode 3	78,00	83,00	88,00	83,00	4,08

4. Hasil Pengukuran Kadar Trigliserida Darah Setelah Perlakuan

No.	Mode Intensitas	Kadar Trigliserida Darah (mg/dl)				
		Tikus			Nilai Rata-rata	Standar Deviasi
		1	2	3		
1.	Kontrol	77,00	146,00	207,00	143,33	53,11
2.	Mode 1	97,00	100,00	103,00	100,00	2,45
3.	Mode 2	71,00	156,00	129,00	118,67	35,46
4.	Mode 3	65,00	104,00	84,00	84,33	15,92



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Isnanniah
NIM : 14640036
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
**Judul Skripsi : Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap
Ukuran Lingkar Perut serta Kadar Trigliserida Darah**
Pembimbing I : Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si
Pembimbing II : Dr. Imam Tazi, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	20 Maret 2018	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	14 Mei 2018	Acc Bab I, II, dan III	
3	25 Mei 2018	Konsultasi Data dan Bab IV	
4	30 Mei 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
5	11 Juli 2018	Konsultasi Integrasi Agama	
6	11 Juli 2018	Konsultasi Bab IV ,V dan Acc	
7	17 Juli 2018	Konsultasi Semua Bab dan Abstrak	
8	18 Juli 2018	Acc Semua Bab dan Abstrak	
9	23 Juli 2018	Acc Integrasi Agama	

Malang, 06 September 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003