

**PENGARUH RANGSANGAN KELISTRIKAN OTOT
TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT**

SKRIPSI

Oleh:

EVA NAWANGWULAN

NIM. 14640034



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

**PENGARUH RANGSANGAN KELISTRIKAN OTOT
TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT**

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:

**EVA NAWANGWULAN
NIM. 14640034**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

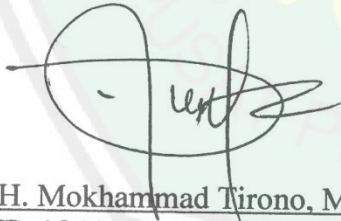
**PENGARUH RANGSANGAN KELISTRIKAN OTOT
TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT**

SKRIPSI

Oleh:
Eva Nawangwulan
NIM. 14640034

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal 24 Agustus 2018

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



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

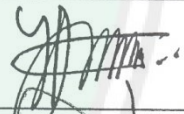

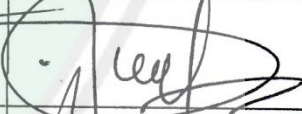
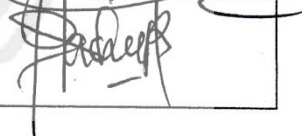
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH RANGSANGAN KELISTRIKAN OTOT TERHADAP UKURAN LINGKAR PERUT

SKRIPSI

Oleh:
Eva Nawangwulan
NIM. 14640034

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 28 Agustus 2018

Penguji Utama	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
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>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

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 : Eva Nawangwulan

NIM : 14640034

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Rangsangan Kelistrikan Otot terhadap Ukuran Lingkar Perut

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, 05 September 2018
Yang Membuat Pernyataan,



Eva Nawangwulan
NIM. 14640034

MOTTO

Bersemangatlah, ingat perjuangan orangtua yang bekerja keras demi hidup kita

Yakinlah, dibalik kegagalan selalu ada keberhasilan

Usaha tidak akan mengkhianati hasil, terus berusaha hingga Allah memberi keputusan yang terbaik



HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Karya Ini Untuk:

Allah SWT dan Rasulullah Saw.

Semoga lembaran karya ini dapat menjadi amal shaleh

Ayah dan Ibu tercinta yaitu Bapak Wuliyono dan Ibu Rofiatiningsih

Atas kasih sayang yang selalu tercurah serta do'a yang selalu terpanjatkan untuk ananda.

Sahabat-sahabatku

Atas dukungan, do'a, serta semangat yang selalu kalian berikan.

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 besar 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 Rangsangan Kelistrikan Otot terhadap Ukuran Lingkar Perut** 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. Bapak Ahmad Abtokhi, M.Pd 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 Wuliyono dan Ibu Rofiatiningsih 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. *Aamiin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 26 Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACK	xvi
المخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat	6
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 EMS (<i>Electrical Muscle Stimulation</i>).....	7
2.2 Arus Listrik.....	8
2.3 Mekanisme Pembangkitan Arus Listrik	12
2.4 Arus DC (<i>Direct Current</i>)	13
2.5 Listrik Berfrekuensi Rendah.....	15
2.6 Mekanisme Arus Listrik yang Mengalir dalam Tubuh.....	18
2.7 Hukum Joule.....	23
2.8 <i>Overweight</i>	25
2.9 Mekanisme Lemak di Jaringan Adiposa	26
2.10 Lipid.....	31
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	37
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
3.3 Variabel Penelitian.....	37
3.4 Populasi dan Sampel.....	37
3.5 Alat dan Bahan Penelitian	38
3.5.1 Alat	38
3.5.2 Bahan	39
3.6 Alur Penelitian	39
3.7 Langkah-Langkah Penelitian	41
3.7.1 Persiapan Hewan Coba.....	41
3.7.2 Rangsangan Kelistrikan Otot.....	41
3.7.3 Pengukuran Lingkar Perut	41

3.7.4 Pengambilan Sampel Darah dan Pengukuran Kadar Lipid Darah....	42
3.8 Teknik Pengolahan Data.....	42
3.9 Analisis Data.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Penelitian	44
4.1.1 Kalibrasi Alat	44
4.1.2 Pengaruh Stimulasi Arus Listrik terhadap Perubahan Lingkar Perut	44
4.1.2.1 Data Hasil	44
4.1.2.2 Analisis.....	46
4.1.3 Pengaruh Stimulasi Arus Listrik terhadap Perubahan Kadar Trigliserida dalam Darah.....	47
4.1.3.1 Data Hasil	47
4.1.3.2 Analisis.....	49
4.2 Pembahasan	50
4.3 Kajian Integrasi Aplikasi Rangsangan Kelistrikan Otot.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kawat Logam Dialiri Arus Listrik	9
Gambar 2.2	Muatan yang Mengalir Melalui Sebuah Kawat Penghantar Mengilustrasikan Definisi Coloumb	11
Gambar 2.3	Grafik Nilai Sesaat dari Muatan Total $q(t)$ yang Melewati Sebuah Titik Referensi sejak Waktu $t=0$	12
Gambar 2.4	Simbol Tahanan Listrik.....	13
Gambar 2.5	Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan DC.....	14
Gambar 2.6	Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus pada Arus DC	14
Gambar 2.7	Arus Faradik Murni.....	16
Gambar 2.8	Arus Faradik dari Gulungan <i>Smart-Bristow</i>	16
Gambar 2.9	Arus Faradik dari Alat Stimulator Elektronika	16
Gambar 2.10	Tipe-Tipe Impuls yang Telah Dimodifikasi: (1) <i>Rectangular</i> , (2) <i>Trapezoidal</i> , (3) <i>Triangular</i> , (4) <i>Saw-Tooth</i> , dan (5) <i>Depolarised</i>	17
Gambar 2.11	Ilustrasi Tubuh jika Dikenai Arus Listrik	21
Gambar 2.12	Konduktor Dialiri Arus I, Bagian ab Mempunyai Resistansi R..	24
Gambar 2.13	Pengaturan HSL di Jaringan Adiposa	29
Gambar 2.14	Sintesis Lemak dengan Cara Dehidrasi.....	32
Gambar 2.15	Molekul Lemak	32
Gambar 2.16	Lemak Makanan.....	34
Gambar 2.17	Trigliserida	36
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4.1	Grafik Ukuran Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan .	46
Gambar 4.2	Grafik Kenaikan Kadar Trigliserida Darah.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Lingkar Perut	42
Tabel 3.2 Data Trigliserida	42
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan ...	45
Tabel 4.2 Rerata Perubahan Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan....	45
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kadar Trigliserida Sebelum dan Sesudah Perlakuan	48
Tabel 4.4 Rerata Perubahan Trigliserida Darah Sebelum dan Sesudah Perlakuan	48



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Perhitungan Kalibrasi Alat
- Lampiran 2 Data Ukuran Lingkar Perut Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)
- Lampiran 3 Data Kadar Trigliserida Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)
- Lampiran 4 Gambar Alat dan Bahan Penelitian



ABSTRAK

Nawangwulan, Eva. 2018. **Pengaruh Rangsangan Kelistrikan Otot terhadap Ukuran Lingkar Perut**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si, (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: Arus Listrik, *Overweight*, Lingkar Perut, Trigliserida.

Penumpukan lemak di tubuh secara berlebihan disebut dengan *overweight*. *Overweight* jika dibiarkan dapat menyebabkan penyakit. Berbagai cara dilakukan untuk mengatasi *overweight*, seperti diet dan operasi. Operasi tidak menjamin penurunan berat badan bisa dipertahankan dalam jangka panjang, karena bergantung pada pola hidup pasien. Diet memiliki kekurangan bahwa masyarakat sulit untuk menahan rasa lapar. Salah satu alternatif untuk menanggulangi *overweight* dengan menggunakan terapi rangsangan kelistrikan otot. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rangsangan kelistrikan otot terhadap ukuran lingkar perut dan kadar trigliserida dalam darah. Stimulasi arus listrik dilakukan pada tikus putih (*Rattus Norvegicus*) galur Wistar berjenis kelamin jantan yang berumur 6-8 minggu. Hewan uji diaklimatisasi terlebih dahulu selama 1 minggu agar mengurangi stres karena perjalanan. Tikus diberi pemaparan 6 hari berturut-turut dengan durasi 4 menit perhari. Variasi pemaparan arus listrik yang digunakan diantaranya 0,55 mA, 0,62 mA, dan 0,68 mA. Pengukuran lingkar perut menggunakan pita pengukur yang dilakukan hari pertama sebelum stimulasi dan hari terakhir sesudah stimulasi. Sedangkan pengukuran trigliserida menggunakan alat baca trigliserida *multicare 3 in 1* dilakukan sehari sebelum stimulasi dan sehari sesudah stimulasi. Data yang telah diperoleh dianalisis menggunakan grafik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan ukuran lingkar perut yaitu 0,07 cm terjadi pada stimulasi arus 0,68 mA. Stimulasi arus listrik juga dapat meningkatkan ukuran lingkar perut sebesar 1,74 cm pada stimulasi arus 0,55 mA. Stimulasi arus 0,55 mA dapat digunakan untuk meningkatkan massa otot. Stimulasi kelistrikan otot dapat meningkatkan kadar trigliserida dalam darah. Hasil analisis menunjukkan bahwa kenaikan kadar trigliserida terbesar terjadi pada stimulasi arus 0,68 mA sebesar 44%.

ABSTRACT

Nawangwulan, Eva. 2018. **Effect of Electrical Muscles Stimulation to Abdominal Circumference**. Thesis. Physics Department. Faculty of Science and Technology the State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si, (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Key Words: Electric Current, Overweight, Abdominal Circumference, Triglycerides.

Accumulation of grease in the body is called overweight. Overweight can cause illness. Various method are done to resolve overweight, such as diet and surgery. Surgery does not guarantee weight loss can be sustained over the long term, because depends on the patient's lifestyle. The diet has a shortage that society is difficult to restrain hunger. One alternative to ward off overweight by using electrical muscles stimulation therapy. This research has aim to determine the effect of electrical muscle stimulation toward the size of the abdominal circumference and blood triglyceride levels. Electrical current stimulation was performed on the white mouse (*Rattus Norvegicus*) Wistar furrow gender male and have aged 6-8 weeks. The mouse were acclimatized for 1 week to reduce stress cause travel. The mouse had stimulation 6 days with duration 4 minute. Variations of electrical current are 0.55 mA, 0.62 mA, and 0.68 mA. Measurement of abdominal circumference using a measuring tape was performed the first day before stimulation and the last day after stimulation. While the measurement of triglycerides using a multicare 3 in 1 was performed the one day before stimulation and one day after stimulation. The data that have been obtained is analyzed using graph. The results show that the decrease in the size of abdominal circumference was 0.07 cm occurred in the current stimulation 0.68 mA. Stimulation of electric current can also increase the size of the abdominal circumference, that is 1.74 cm in the current stimulation of 0.55 mA. 0,55 mA current stimulation can be used to increase muscle mass. Electrical muscle stimulation can increase triglyceride levels in the blood. The result of analysis show that the highest increase triglyceride occurred at 0.68 mA current stimulation, which was 44%.

المخلص

ناوانغولان، إيفا. 2018. تأثير تحفيز العضلات الكهربائية على حجم محيط المعدة. رسالة الليسانس. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية ، مالانج. المشرف: (I) الدكتور الحاج محمد تيرونو، الماجستير، (II) أحمد أبطاخي، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: التيار الكهربائي ، البدانة ، محيط المعدة ، الشحوم الثلاثية.

يسمى التراكم المفرط للدهون في الجسم هو البدانة. البدانة إذا تركت دون مراقبة يمكن أن تسبب المرض. يتم القيام بطرق مختلفة للتغلب على البدانة، مثل الحميات والجراحة. الجراحة لا تضمن الحفاظ على فقدان الوزن على المدى الطويل، لأنه يعتمد على أسلوب حياة المريض. في حين أن البدانة لديه عيوبه التي يجد الناس صعوبة في مقاومة الجوع. ومن بديل لعلاج البدانة عن طريق استخدام العلاج تحفيز العضلات الكهربائية. تهدف هذا البحث إلى تحديد تأثير التحفيز الكهربائي العضلي على حجم محيط البطن ومستويات الدهون الثلاثية في الدم. تم تنفيذ التحفيز الكهربائي على أبيض الفئران (*Rattus Norvegicus*) سلالة الذكور الذين تتراوح أعمارهم بين 6-8 أسابيع. تم تأقلم حيوانات التجارب لمدة أسبوع واحد لتقليل الإجهاد بسبب السفر. تم إعطاء الفئران التعرض لمدة 6 أيام متتالية لمدة 4 دقائق في اليوم. وتشمل الاختلافات في تعرض التيارات الكهربائية المستخدمة 0.55 مللي أمبير ، و 0.62 مللي أمبير ، و 0.68 مللي أمبير. قياس محيط البطن باستخدام شريط قياس تم تنفيذه في اليوم الأول قبل التحفيز واليوم الأخير بعد التحفيز. وتم إجراء قياس الدهون الثلاثية باستخدام جهاز القراءة 3 في 1 ثلاثي الغليسريد في اليوم قبل التحفيز وبعد يوم التحفيز. يتم تحليل البيانات التي تم الحصول عليها باستخدام الرسوم البيانية. أظهرت النتائج أن انخفاض حجم محيط البطن الذي كان 0.07 سم حدث عند تحفيز 0.68 مللي أمبير. التحفيز الكهربائي الحالي يمكن أن يزيد أيضا من حجم محيط البطن ، وهو 1.74 سم في التحفيز الحالي من 0.55 مللي أمبير. يمكن استخدام التحفيز الحالي 0.55 مللي أمبير لزيادة كتلة العضلات. يمكن أن تحفيز العضلات الكهربائي زيادة مستويات الدهون الثلاثية في الدم. وأظهرت نتائج التحليل أن أعلى زيادة في مستويات الدهون الثلاثية حدثت عند تحفيز 0.68 مللي أمبير الحالي ، والذي كان 44 %.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, manusia membutuhkan makanan. Hal ini dikarenakan manusia membutuhkan kalori dari makanan untuk menjalankan aktivitas sehari-hari. Makanan yang sehat harus mengandung karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan serat. Akan tetapi saat ini makanan yang tersedia di sekitar masyarakat tidak hanya makanan yang sehat, akan tetapi makanan yang tidak menyehatkan.

Makanan yang tidak menyehatkan tersebut salah satunya seperti makanan yang mempunyai kadar lemak dan kolesterol yang tinggi, serta memiliki kandungan gizi yang sangat sedikit. Makanan seperti ini jika dikonsumsi secara berlebihan akan menyebabkan *overweight*. *Overweight* diperoleh karena asupan lemak yang masuk ke dalam tubuh tidak sesuai dengan jumlah lemak yang dibutuhkan. Hal ini mengakibatkan ketidakseimbangan tubuh dalam mengolah dan memproses lemak. Sesungguhnya Allah SWT menciptakan sesuatu dalam kondisi yang seimbang. Sebagaimana yang tercantum dalam (Q.S. Al-Infithar [82]: 6-8):

يَأْتِيهَا الْإِنْسَانُ مَا عَرَّفَكَ الْكَرِيمِ ٦ الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّلَكَ فَعَدَلَكَ ٧ فِي أَيِّ صُورَةٍ مَا شَاءَ
رَجَبَكَ 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 saja yang Dia kehendaki, Dia menyusun tubuhmu." (Q.S. Al-Infithar [82]: 6-8)

Ayat tersebut menjelaskan tentang pentingnya menjaga keseimbangan seperti dalam kalimat **فَعَدَّلَكَ** yang secara bahasa mengandung makna “dan menjadikan (susunan tubuh) mu seimbang”. Kata **فَعَدَّلَكَ** berasal dari kata **عدل** yang artinya seimbang. Dari makna tersebut dapat dijelaskan bahwa keseimbangan adalah hal yang sangat penting, termasuk keseimbangan dalam mengonsumsi makanan. Secara keseluruhan, tubuh harus mempertahankan keseimbangan tertentu dalam utilitas karbohidrat, lemak, dan protein sebagai sumber energi. Setiap hari kita dianjurkan untuk mengonsumsi makanan yang termasuk empat sehat lima sempurna, misalnya sayur, buah, nasi, lauk, dan susu agar senantiasa tubuh tetap sehat. Pola makan yang tidak sehat atau berlebihan dapat menyebabkan penyakit, seperti *overweight*. Selain dilarang secara klinis, makan berlebihan juga dilarang oleh agama. Islam mengatur pola makan sehat seperti yang dijelaskan dalam sebuah hadits Rasulullah Saw:

حَدَّثَنَا هِشَامُ بْنُ عَبْدِ الْمَلِكِ الْحِمَاصِيُّ حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ حَرْبٍ حَدَّثَنَا ثَنِيَّةُ أُمِّي عَنْ أُمِّهَا أَنَّهَا سَمِعَتْ الْمُقَدَّامَ بْنَ مَعْدٍ يَكْرِبُ يَقُولُ سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ مَا مَلَأَ آدَمِيَّ وَعَاءٌ شَرًّا مِنْ بَطْنٍ حَسْبُ الْآدَمِيِّ لَقِيمَاتٌ يُقَمَّنُ صُلْبُهُ فَإِنْ غَلَبَتْ الْآدَمِيَّ نَفْسُهُ فَتُلْتُ لِلطَّعَامِ وَتُلْتُ لِلشَّرَابِ وَتُلْتُ لِلنَّفْسِ (روى ابن ماجه)

“Tidaklah anak Adam memenuhi tempat yang lebih buruk daripada perutnya, ukuran bagi (perut) anak Adam adalah beberapa suapan yang hanya dapat menegakkan tulang punggungnya. Jika jiwanya menguasai dirinya, makan sepertiga untuk makanan, sepertiga untuk minum, dan sepertiga untuk bernafas” (HR.Ibnu Majah).

Hadits di atas menjelaskan bahwa makanan yang dikonsumsi tidak boleh berlebihan dengan memuaskan rasa lapar, tetapi membagi porsi makanan yang masuk ke dalam tubuh dengan air dan udara. Menurut Adriani (2016), prevalensi

overweight dan obesitas meningkat sangat tajam di kawasan Asia Pasifik. Sebagai contoh, 20,5% dari penduduk Korea Selatan tergolong *overweight* dan 1,5% tergolong obesitas. Di Thailand, 16% penduduknya mengalami *overweight* dan 4% mengalami obesitas. Di daerah perkotaan Cina, prevalensi *overweight* adalah 12% pada laki-laki dan 14,4% pada perempuan, sedangkan di daerah pedesaan prevalensi *overweight* pada laki-laki dan perempuan.

Banyaknya penderita *overweight* membuat masyarakat melakukan banyak cara untuk menanggulangi *overweight*, seperti dengan cara diet, operasi, olahraga, dan terapi. Diet dilakukan dengan menggunakan cara alami maupun obat-obatan. Diet memiliki kekurangan, yaitu kebanyakan masyarakat susah untuk menahan rasa lapar. Operasi merupakan salah satu alternatif bagi orang yang ingin mengurangi berat badan dalam waktu singkat. Kekurangan dari operasi yaitu tidak menjamin bahwa penurunan berat badan dapat dipertahankan dalam jangka panjang, karena semua bergantung pada pola hidup pasien. Olahraga dapat dilakukan oleh siapa pun dan dimana pun, akan tetapi masyarakat zaman sekarang tidak suka bersusah payah untuk mendapatkan sesuatu. Terapi yang dilakukan untuk mengurangi berat badan salah satunya adalah akupunktur. Terapi ini memberi dampak negatif seperti kelelahan, infeksi, memar, dan lain-lain.

Adanya suatu terapi yang menggunakan listrik (*electrical muscle stimulation*) untuk menurunkan lemak dalam tubuh dapat memberikan pengetahuan bahwa ternyata kandungan lemak dapat dikurangi menggunakan listrik. Hal ini dikarenakan tubuh merupakan hambatan listrik. Ketika arus listrik melewati suatu hambatan, energi listrik tersebut diubah menjadi energi panas.

Energi panas ini yang memfasilitasi terjadinya lipolisis pada lemak. Sehingga membuat lemak pada jaringan subkutan berkurang.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik. Sharma (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh stimulasi *electrical muscle stimulation* (EMS) terhadap kadar lemak tubuh. Frekuensi yang digunakan 4000 Hz dan durasi *pulse* 12 detik. Perlakuan dibagi menjadi 4 kelompok, kelompok pertama sebagai kontrol, kelompok kedua diberi IFT (*Interferential Therapy*), kelompok ketiga diberi IFT dan terapi botol air panas di bagian perut, kelompok keempat diberi latihan aerobik. Kelompok kedua dilakukan dalam waktu 20-30 menit selama 3 hari/minggu. Kelompok keempat dilakukan 3 kali setiap satu minggu selama 4 jam. Perlakuan yang paling efektif terjadi pada kelompok aerobik, yaitu lemak tubuh menjadi 36,48%. Perlakuan efektif selanjutnya yaitu pada pemberian IFT dan terapi botol air panas (38,04%).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Mustafa (2016) tentang EMS menggunakan frekuensi 80 Hz. Rangsangan kelistrikan dilakukan dengan 4 detik stimulasi dan 4 detik istirahat. Arus listrik yang digunakan menyesuaikan pada daerah mana yang akan diberi stimulasi arus listrik. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu berat badan, indeks massa tubuh, jumlah persentase lemak, massa lemak total, dan persentase lemak / massa lemak mengalami penurunan.

Penelitian tentang EMS juga dilakukan oleh Wittmann (2016). Pembangkit listrik yang digunakan mempunyai spesifikasi 85 Hz, waktu rangsangan 4 detik dan waktu istirahat 4 detik. Penelitian dilakukan dengan membagi menjadi 3 kelompok perlakuan, yaitu pemberian WB-EMS (*Whole Body*

Electromyostimulation), WB-EMS dengan protein, dan kontrol. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa stimulasi menggunakan WB-EMS dengan protein mampu menurunkan berat badan sebesar 1-1.1 kg/hari.

Kim (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan frekuensi 0.5 MHz, 0,7 detik stimulasi, 0,3 detik istirahat, serta arus listrik yang digunakan 6-7 mA. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu lingkaran pinggang, obesitas di perut, persentase lemak tubuh mengalami penurunan. Sedangkan BMI (*Body Mass Index*) mengalami kenaikan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Sharma menunjukkan bahwa dengan durasi *pulse* 12 detik dan terapi botol air panas mampu mengurangi lemak tubuh. Penelitian yang dilakukan oleh Kim menunjukkan dengan arus listrik 6-7 mA mampu mengurangi lemak tubuh, namun BMI mengalami kenaikan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Mustafa dan Wittmann menunjukkan dengan frekuensi yang kecil sudah mampu menurunkan berat badan, namun arus listrik yang digunakan tidak ditetapkan dengan konstan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai stimulasi arus listrik terhadap perubahan lingkaran perut dengan variasi arus listrik. Diharapkan dengan pemakaian parameter tersebut mampu mengecilkan lingkaran perut yang merupakan dampak dari *overweight*. Berdasarkan latar belakang di atas akan dilakukan penelitian tentang "Pengaruh Rangsangan Kelistrikan Otot terhadap Ukuran Lingkaran Perut".

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh stimulasi arus listrik (ordo 0,55 mA, 0,62 mA, dan 0,68 mA) terhadap perubahan ukuran lingkaran perut?

2. Bagaimana pengaruh stimulasi arus listrik terhadap perubahan kadar trigliserida dalam darah?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik terhadap perubahan ukuran lingkaran perut.
2. Untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik terhadap perubahan kadar trigliserida dalam darah.

1.4 Manfaat

1. Memberikan informasi mengenai stimulasi arus listrik terhadap perubahan ukuran lingkaran perut.
2. Memberikan informasi mengenai stimulasi arus listrik terhadap perubahan kadar trigliserida dalam darah.

1.5 Batasan Masalah

1. Objek penelitian yang digunakan adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*).
2. Stimulasi arus listrik dilakukan selama enam hari.
3. Stimulasi arus listrik dilakukan satu kali sehari dengan durasi waktu 4 menit.
4. Alat yang digunakan berupa *Electrical Muscle Stimulation* tipe JR309.
5. Pengukuran kadar trigliserida dalam darah dilakukan menggunakan strip trigliserida.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 EMS (*Electrical Muscle Stimulation*)

Stimulasi listrik adalah modalitas obat fisik yang menggunakan arus listrik untuk menurunkan nyeri dan memperbaiki tonus otot. Dalam kedokteran olahraga, bentuk yang paling umum adalah *transcutaneous electrical nerve stimulation* (TENS) dan *electrical muscle stimulation* (EMS). Stimulasi kelistrikan otot (EMS) atau stimulasi listrik neuromuskular digunakan untuk mengurangi kejang otot, meningkatkan massa otot, dan memperkuat otot, terutama setelah imobilisasi yang berkepanjangan. EMS juga digunakan untuk melatih otot serta meningkatkan berbagai gerakan. Unit EMS menggunakan 1000 Hz untuk tegangan rendah, serta 4000 sampai dengan 4100 Hz untuk arus interferensial. Kedua teknik ini dapat menstimulasi saraf motorik perifer yang menyebabkan stimulasi otot perifer atau mereka langsung merangsang otot perifer. Elektroda ditempatkan di area kejang otot atau otot yang lemah (Karageanes, 2005).

Mesin EMS terdiri dari elektrode, kabel, dan bagian kontrol. Elektrode ditempelkan pada kulit pasien di kedua ujung dari otot. Kabel yang melekat pada elektrode ini dihubungkan unit kontrol. Unit kontrol digunakan untuk mengatur intensitas dan durasi terapi. EMS tidak boleh digunakan pada nadi, arteri, jantung, area bercairan tinggi, dan pada orang hamil. Durasi terapi biasanya 10 sampai 20 menit (Clover, 2007).

Stimulasi listrik ke otot tangan melalui bantalan elektrode yang melekat pada lengan dapat menyebabkan kontraksi otot sehingga dapat menyebabkan

gerakan. Jenis terapi ini tampaknya menarik untuk subjek yang memiliki kekurangan kekuatan otot bagian lengan (Nowak, 2009).

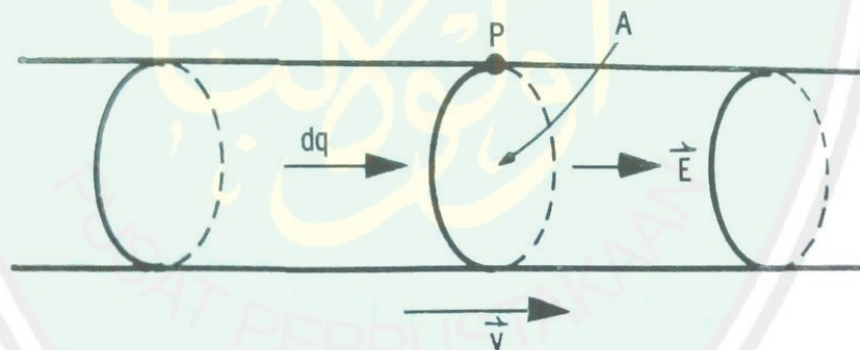
Untuk membuat hasil yang lebih efektif, terapi harus menjadi bagian dari program untuk mengembangkan efek penuh dalam otot. Ini sangat bermanfaat bagi klien yang tidak menyukai latihan fisik atau yang dikontraindikasikan tidak boleh melakukan kegiatan fisik yang berat. Mesin NEMS menggunakan arus DC dari frekuensi rendah dan lebar pulsa yang relatif sangat kecil. Arus DC dilepaskan ke dalam tubuh melalui elektrode konduktor yang terhubung ke unit faradik melalui kabel listrik. Mayoritas EMS menawarkan fasilitas untuk menggunakan peralatan pada wajah dan tubuh dengan menggunakan elektrode yang berbeda dan dengan memvariasikan parameter arus. Perawatan faradik sangat populer untuk program perbaikan terutama ketika dikombinasikan dengan perawatan salon lainnya seperti pijat *gyratory* dan *galvanic* sepanjang dengan saran perawatan di rumah pada diet dan olahraga (Ward, 2004).

2.2 Arus Listrik

Gagasan "transfer muatan" atau "pergerakan muatan" merupakan hal yang sangat penting bagi kita dalam mempelajari rangkaian listrik, karena dalam menggerakkan muatan dari suatu titik ke titik lain akan terjadi transfer atau perpindahan energi. Saluran transmisi daya antar negara merupakan sebuah contoh praktis peralatan yang berfungsi memindahkan energi. Hal yang sama pentingnya adalah kemungkinan variasi laju atau kecepatan transfer muatan dalam mengomunikasikan atau mentransfer informasi. Proses ini merupakan dasar dari sistem komunikasi seperti radio, televisi, dan telemetri (Hayt, 2005).

Yang dimaksud arus listrik ialah arus muatan listrik, yaitu banyaknya muatan listrik yang melintasi penampang persatuan waktu. Rapat arus listrik merupakan arus listrik yang terdistribusi secara terus-menerus, misalnya gerakan ion-ion yang berserakan di udara didefinisikan sebagai muatan yang melintas penampang seluas satu satuan luas per satuan waktu (Soedoyo, 1999).

Agar lebih jelas, perhatikan gambar 2.1. Gambar ini melukiskan suatu kawat logam dengan medan listrik berkekuatan E di dalamnya. Walaupun di dalam logam yang mengalir ialah elektron bebas yang bermuatan negatif, sudah menjadi kebiasaan orang untuk menyatakan arah arus listrik berlawanan dengan gerak muatan negatif. Jadi arah arus searah dengan gerak muatan positif seandainya dapat bergerak.



Gambar 2.1 Kawat Logam Dialiri Arus Listrik (Sutrisno, 1979)

Arus listrik di dalam cairan khususnya larutan elektrolit, adalah ion-ion yang bergerak dari elektrode ke elektrode lainnya, dan di dalam cairan tidak ada elektron bebas. Arus listrik di dalam gas dihantarkan baik oleh elektron-elektron bebas hasil ionisasi, maupun oleh ion-ion ionisasi molekul-molekul gas yang ditumbuk baik oleh elektron maupun oleh ion-ion yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Sudah tentu daya hantar yang memberikan ukuran mudah

sukarnya arus listrik mengalir ditentukan sepenuhnya oleh mudah sukarnya pembawa-pembawa muatan listrik, yakni elektron ataupun ion-ion yang bergerak di dalam medium (Soedjo, 1999).

Arus yang muncul pada sebuah lintasan diskrit, misalnya kawat logam, memiliki nilai numerik sekaligus arah yang merupakan ukuran laju pergerakan muatan melewati sebuah titik referensi dalam suatu arah tertentu. Setelah kita menentukan sebuah arah referensi, kita dapat mengandaikan bahwa $q(t)$ adalah muatan total yang melewati titik referensi sejak waktu $t=0$, dan bergerak dalam arah yang telah didefinisikan. Kontribusi pada muatan total akan bernilai negatif jika muatan negatif bergerak pada arah referensi, atau jika muatan positif bergerak dalam arah yang berlawanan. Sebagai contoh, gambar 2.2 menunjukkan riwayat dari muatan total $q(t)$ yang melewati suatu titik referensi di dalam sebuah kawat penghantar (Hayt, 2005).

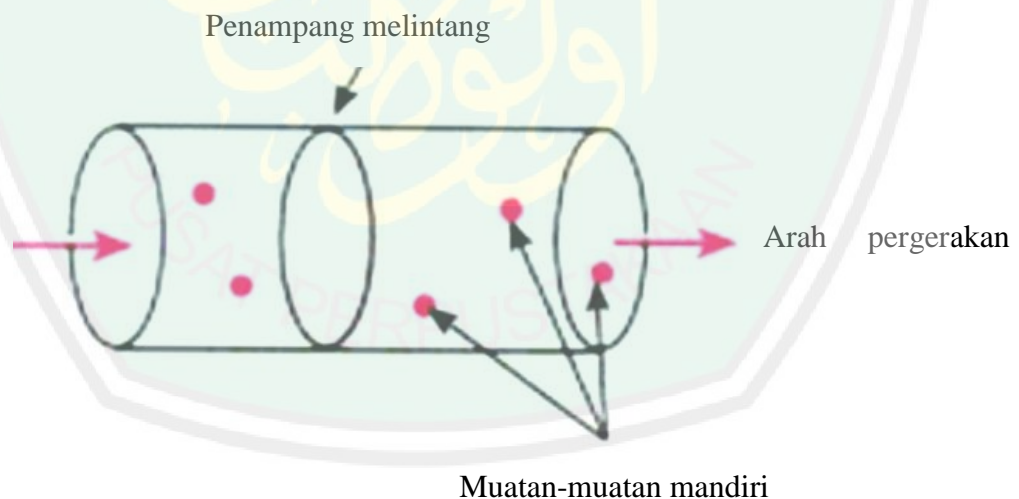
Kelistrikan dapat dihasilkan oleh proses pada magnet, dan sebaliknya kemagnetan dapat dihasilkan oleh proses pada listrik. Oleh karena itu kelistrikan dan kemagnetan dipandang sebagai satu fenomena yang sekarang dinamai dengan elektromagnet (Abdullah, 2006). Elektromagnet dijelaskan dalam (Q.S. An Nur [24]: 35):

﴿اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَلَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ۝ ۳۵﴾

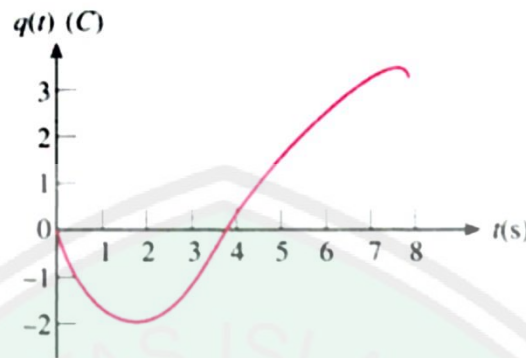
“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang

berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu” (Q.S. An Nur [24]: 35).

Dalam surat An Nur ini menjelaskan bahwa pelita di dalam kaca dapat memancarkan cahaya. Pelita dalam kaca ini pada zaman sekarang disebut dengan bola lampu. Pelita ini dapat bercahaya karena dinyalakan oleh minyak dari pohon zaitun yang tidak tumbuh di sebelah timur dan barat, yang berarti di sebelah utara dan selatan. Arah utara dan selatan adalah kutub-kutub yang berada di bumi, dan merupakan kutub magnet. Kutub tersebut sangat erat kaitannya dengan elektromagnet yang berguna sebagai pembangkit listrik dengan cara induksi.



Gambar 2.2 Muatan yang Mengalir Melalui Sebuah Kawat Penghantar Mengilustrasikan Definisi Coloumb (Hayt, 2005)



Gambar 2.3 Grafik Nilai Sesaat dari Muatan Total $q(t)$ yang Melewati Sebuah Titik Referensi sejak Waktu $t=0$ (Hayt, 2005)

Lebih tepat lagi, arus listrik pada kawat didefinisikan sebagai jumlah total muatan yang melewatinya persatuan waktu pada suatu titik. Dengan demikian, arus rata-rata I didefinisikan sebagai:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Dimana Δq adalah jumlah muatan yang melewati konduktor pada suatu lokasi selama jangka waktu Δt . Arus listrik diukur dalam coulomb per detik; satuan ini diberi nama khusus, ampere (disingkat amp atau A), dari nama fisikawan Perancis André Ampere (1775-1836). Berarti, $1 \text{ A} = 1 \text{ C/det}$ satuan-satuan terkecil yang sering kali digunakan adalah seperti miliampere ($1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$) dan mikroampere ($1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$) (Giancoli, 2001).

2.3 Mekanisme Pembangkitan Arus Listrik

Pada hakikatnya pembawa muatan listrik di dalam kawat tahanan adalah elektron-elektron bebas, yaitu elektron-elektron yang lepas dari ikatan atom-atom penyusun bahan konduktor itu. Elektron bersikap seperti molekul-molekul gas sehingga disebut gas elektron (Soedjo, 1999).

Muatan listrik dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lain karena adanya beda potensial. Tempat yang memiliki potensial tinggi melepaskan muatan ke tempat yang memiliki potensial rendah. Besarnya arus yang mengalir (Kesebandingan di atas selanjutnya dapat ditulis):

$$I = \frac{1}{R} \quad (2.2)$$

dengan:

V = Beda potensial (V)

R = Tahanan listrik (Ω)

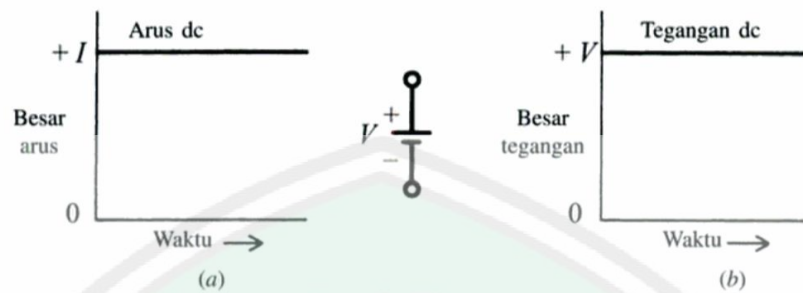
Persamaan (2.2) dinamakan hukum Ohm. Simbol untuk tahanan listrik tampak pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Simbol Tahanan Listrik (Abdullah, 2006)

2.4 Arus DC (*Direct Current*)

Arus searah (DC) adalah arus yang berpindah melalui konduktor atau rangkaian hanya dalam satu arah. Aliran arus satu arah dihasilkan oleh sumber tegangan arus searah (DC) yang tidak mengubah polaritas tegangan keluarannya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan DC (Gussow, 2004)

Tegangan DC selamanya tetap. Jika tegangan itu berpotensi positif maka seterusnya positif dan jika tegangan itu berpotensi negatif maka seterusnya negatif tanpa ada perubahan-perubahan yang bersifat periodik. Gambaran kurvanya adalah lurus sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus pada Arus DC (Sandi, 2014)

Pada gambar 2.6(1) tampak bahwa tegangan terus menerus sebesar +3V selama waktu t . Pada gambar 2.6(2) tampak bahwa tegangan terus menerus sebesar -3V selama waktu t . Potensial DC bisa positif ataupun negatif terhadap

nol Volt, sebagaimana tampak pada gambar 2.6(1) dan 2.6(2). Jika pada dua elektrode yang satunya terdapat potensial positif dan satunya lagi berpotensi negatif (bukan nol Volt), maka besar tegangan di antara kedua elektrode itu adalah hasil penjumlahan keduanya. Contoh kurvanya diperlihatkan pada gambar 2.6(3). Pada gambar 2.6(3) terlihat bahwa antara titik +3V dan titik nol Volt terdapat tegangan DC sebesar 3V, dan antara titik nol Volt dan titik -3V terdapat tegangan DC sebesar 3V juga. Jadi diantara titik +3V dan titik -3V terdapat tegangan DC sebesar 6V.

Pada sistem DC dikenal polaritas + (positif) atau - (negatif) yang dalam penerapannya tidak boleh terbalik. Sistem DC adalah sistem tegangan rendah, dan tidak bisa dinaikkan tegangannya secara langsung dengan trafo. Sehingga untuk transfer daya yang besar diperlukan kabel-kabel hantaran yang besar karena arusnya besar (Sandi, 2014).

Rangkaian arus searah merupakan rangkaian yang arah arus tidak berubah seiring waktu. Lampu senter dan sistem sambungan kawat mobil adalah contoh-contoh rangkaian arus searah (Young, 2003).

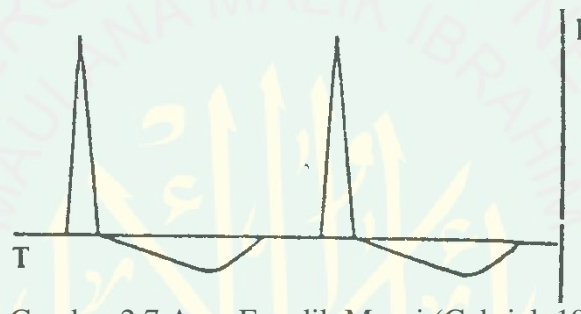
2.5 Listrik Berfrekuensi Rendah

Listrik berfrekuensi rendah memiliki batas frekuensi antara 20 Hz sampai dengan 500.000 Hz. Frekuensi rendah ini mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot. Alat-alat yang menghasilkan listrik berfrekuensi rendah yaitu stimulator yang rangkaianannya terdiri dari *multivibrator* dan *astable multivibrator*. Selain frekuensi yang diperhatikan, pengulangan dalam pemakaian sangat penting serta pemilihan bentuk gelombang manakah yang

dipakai. Untuk pemakaian dalam jangka waktu singkat dan bersifat merangsang persarafan otot, maka dipakai arus faradik (Gabriel, 1996).

Untuk frekuensi rendah dalam beberapa Hz dapat digunakan kapasitor elektrolitik dengan nilai tinggi, R1 dalam K Ω dan R2 dalam M Ω . Nilai R dan C ditentukan menurut persamaan (3) (Rahmawati, 2009):

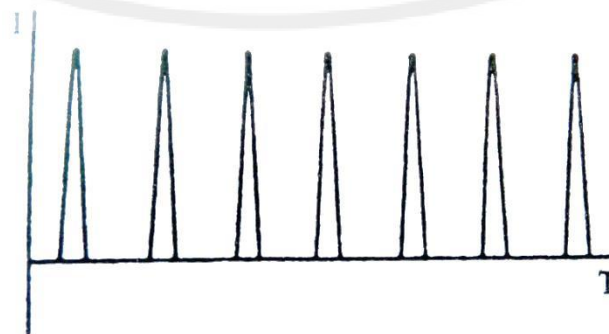
$$\frac{1}{f} = 0.69 * C * (R1 + 2 * R2) \quad (2.3)$$



Gambar 2.7 Arus Faradik Murni (Gabriel, 1996)

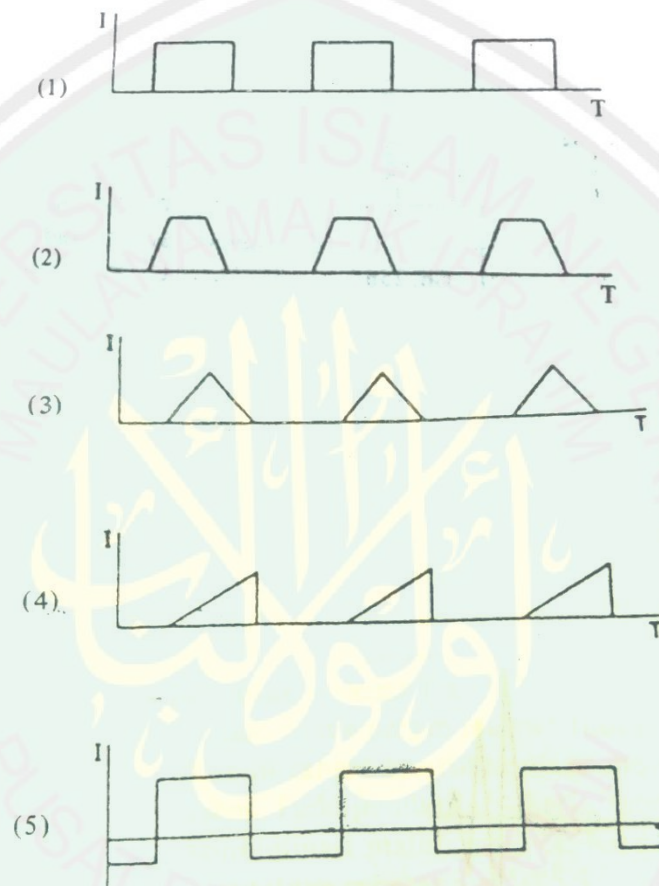


Gambar 2.8 Arus Faradik dari Gulungan *Smart-Bristow* (Gabriel, 1996)



Gambar 2.9 Arus Faradik dari Alat Stimulator Elektronika (Gabriel, 1996)

Untuk pemakaian dalam jangka waktu lama dan bertujuan untuk merangsang otot dan saraf, maka dipakai arus listrik yang *interrupt* / terputus-putus atau arus DC yang telah dimodifikasikan.



Gambar 2.10 Tipe-Tipe Impuls yang Telah Dimodifikasi: (1) *Rectangular*, (2) *Trapezoidal*, (3) *Triangular*, (4) *Saw-Tooth*, dan (5) *Depolarised* (Gabriel, 1996)

Selain arus DC ada pula menggunakan arus AC dengan frekuensi 50 Hz. Arus AC ini serupa dengan arus DC, mempunyai kemampuan:

- a. Merangsang saraf sensoris
- b. Merangsang saraf motoris
- c. Berefek kontraksi otot

Walau kemampuan maupun efek yang ditimbulkan arus AC serupa dengan arus DC, namun dalam pemakaian di klinik, arus AC (sinusoidal) sudah banyak ditinggalkan (Gabriel, 1996).

2.6 Mekanisme Arus Listrik yang Mengalir dalam Tubuh

Bila dua buah batu digosok-gosok di dalam air, kerja yang dilakukan untuk melawan gesekan diubah menjadi energi internal yang cenderung menimbulkan kenaikan temperatur batu itu. Namun, begitu temperatur batu naik lebih tinggi daripada temperatur air sekelilingnya, timbullah aliran kalor ke dalam air. Jika massa air cukup besar atau air terus menerus mengalir, tidak akan timbul kenaikan temperatur yang berarti, dan air dapat dianggap sebagai tandon kalor. Karena keadaan batu pada akhir proses sama dengan pada awal proses, hasil bersihnya hanyalah merupakan konversi kerja mekanis menjadi kalor. Demikian juga bila arus listrik dipertahankan mengalir dalam hambatan yang ditenamkan dalam air yang mengalir atau pun dalam air yang massanya besar, maka akan ada konversi dari kerja listrik menjadi kalor, tanpa mengubah koordinat termodinamik kawat itu. Pada umumnya, kerja jenis apa pun W dapat dilakukan pada sistem yang bersentuhan dengan tandon, sehingga menimbulkan aliran kalor Q tanpa mengubah keadaan sistem. Sistem itu hanya berlaku sebagai perantara. Jelaslah, dari pandangan hukum pertama bahwa kerja W sama dengan kalor Q . Dengan perkataan lain, perubahan bentuk dari kerja menjadi kalor dilaksanakan dengan efisiensi 100 persen. Lagi pula, perubahan bentuk dapat berlangsung terus menerus (Zemansky, 1986).

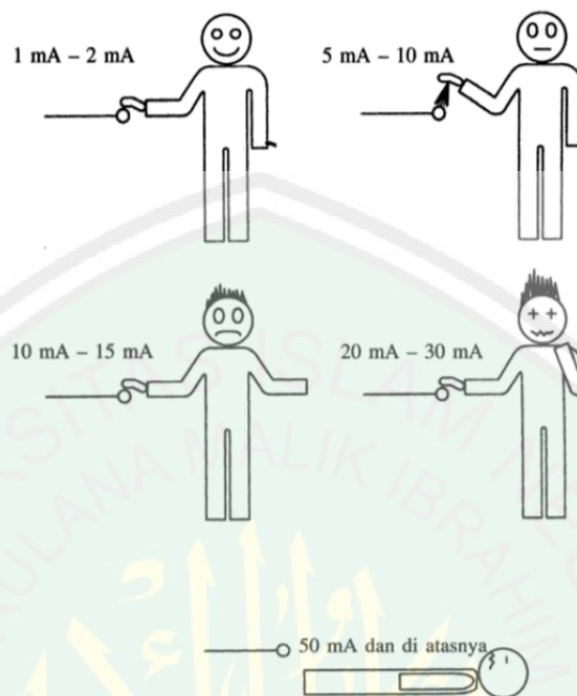
Otot dimisalkan terdiri dari banyak unit motor. Sebuah unit motor terdiri dari sebuah neuron bercabang tunggal dari batang otak atau kabel spinal dan 25-2000 serat otot (sel) yang terhubung ke ujung pelat motor. Potensial istirahat pada membran serat otot mirip dengan potensial istirahat di serat saraf. Tindakan otot dimulai oleh potensial aksi yang bergerak sepanjang akson dan ditransmisikan melalui ujung pelat motorik ke serat otot, sehingga menyebabkan serat otot saling berkontraksi. Hubungan antara dua buah saraf disebut *sinapsis*. Berakhirnya saraf pada sel otot atau hubungan saraf otot disebut *neuromyal junction*. Baik *sinapsis* maupun *neuromyal junction* mempunyai kemampuan meneruskan gelombang depolarisasi dengan cara lompat dari satu sel ke sel yang berikutnya. Gelombang depolarisasi ini penting pada sel membran otot, karena pada waktu terjadi depolarisasi, zat kimia yang terdapat pada otot akan *trigger* / bergetar / berdenyut sehingga menyebabkan kontraksi otot dan setelah itu akan terjadi repolarisasi sel otot, hal mana otot akan mengalami relaksasi. Saraf dan otot bergaris memerlukan rangsangan supaya ion Na masuk ke dalam sel, proses masuknya ion Na ke dalam sel disebut proses depolarisasi (Asriwati, 2017).

Tegangan sendiri tidak berbahaya. Sebuah tegangan 10.000 volt mungkin terasa tidak lebih dari tusukan jarum, tetapi kita bisa terkejut setengah mati ketika tersengat listrik dari sebuah aki 12 volt. Yang berbahaya adalah banyak arus listrik yang mengalir melalui tubuh kita akibat tegangan. Sebuah arus listrik, sebagaimana pasti telah kita ketahui, adalah aliran elektron. Tegangan adalah besar dorongan yang memaksa elektron mengalir dari satu tempat ke tempat lain. Jika elektron tidak diberi arahan atau tempat untuk mengalir, dorongan sebesar

apa pun tidak akan membuat elektron-elektron mengalir. Tegangan dapat disamakan dengan ketinggian. Tidak peduli berapa tinggi tebing yang kita pijak, ketinggian itu tidak berbahaya selama kita tidak berniat terjun langsung ke dataran di bawahnya. Pengamanan dalam kelistrikan pada hakekatnya didasarkan pada upaya agar elektron-elektron dapat mencapai tanah lewat jalur yang bukan melewati tubuh. Listrik tegangan tinggi tidak berbahaya bagi kita asalkan tidak mengalir melewati tubuh (Wolke, 2004).

Kejut listrik merupakan gejala terjadinya aliran arus listrik melalui tubuh dengan *magnituda* tertentu yang dapat memberikan efek-efek yang membahayakan / mencederai. Gambar 2.11 mengilustrasikan efek-efek umum yang muncul jika arus listrik mengalir pada tubuh manusia.

- a. 1 mA-2 mA : masih dapat ditahan, tidak ada efek yang mencederai
- b. 5 mA-10 mA : terpentak dan ada rasa sakit
- c. 100 mA-15 mA : kontraksi otot
- d. 20 mA-30 mA : pernafasan melemah
- e. 50 mA dan di atasnya : detak jantung yang cepat, tidak beraturan, dan kematian



Gambar 2.11 Ilustrasi Tubuh jika Dikenai Arus Listrik (O'hare, 2007)

Karena tubuh memiliki hambatan listrik, kuat arus yang mengalir di dalamnya bergantung pada tegangan. Ia juga bergantung pada kelembaban kulit dan di bagian tubuh mana arus masuk kemudian keluar. Itu sebabnya sulit sekali menentukan tegangan yang aman untuk semua keperluan listrik di *International Electrotechnical Committee*. Namun variabel yang begitu banyak menyebabkan urusan menjadi rumit. Ada mekanisme lain yang dapat menyebabkan kematian dari kejutan atau sengatan listrik. Satu di antaranya adalah kontraksi otot. Ketika sebuah arus merambat melalui dada, ia dapat menghalangi pernapasan dan berlanjut dengan *asfiksia* (kondisi kekurangan oksigen). Sekali lagi, faktor yang kritis adalah kuat arus, bukan tegangan.

Sebagai contoh, kulit yang kering memberi hambatan listrik sebesar 500.000 ohm. Namun kulit yang basah menguranginya menjadi 1000 ohm, hanya

dua kali lebih besar dari udara garam. Maka kulit basah yang membuat kita lebih rentan terhadap bahaya listrik. Jalur yang dilalui oleh arus listrik juga penting. Ini sebabnya berdiri menggunakan alas kaki dari bahan isolator dan mengerjakan dengan satu tangan di belakang. Sehingga arus yang akan membumi tidak melintasi dada melainkan langsung ke kaki, mengurangi peluang arus merambat melewati jantung. Jantung dapat berhenti ketika arus listrik mengalir melaluinya, dan kita dapat menderita luka bakar serius ketika energi listrik berubah menjadi panas (O'hare, 2007).

Dampak dari setrum tergantung pada hambatan efektif dari tubuh. Jaringan hidup memiliki keterbatasan yang cukup rendah karena fluida sel berisi ion-ion yang dapat menghantar dengan baik. Namun, lapisan luar kulit jika kering memberikan hambatan besar. Hambatan efektif antara dua titik yang berlawanan dengan tubuh pada kulit kering antara 10^4 sampai $10^6 \Omega$. Bagaimana pun, jika kulit basah, hambatan mungkin sebesar $10^3 \Omega$ atau lebih kecil lagi. Orang yang bersentuhan dengan tanah, yang menyentuh jalur DC 120 V dengan tangan yang basah dapat menerima arus (Giancoli, 2001):

$$I = \frac{120 \text{ V}}{1000 \Omega} = 120 \text{ mA} \quad (2.4)$$

Tubuh manusia bekerja seakan-akan mempunyai kapasitansi yang paralel terhadap hambatannya. Arus DC dapat melewati hambatan, tetapi tidak dapat melewati kapasitansi. Arus AC seperti arus yang berubah-ubah juga bisa ada pada cabang kapasitif. Karena adanya cabang tambahan yang memungkinkan arus mengalir, arus AC untuk v_{rms} tertentu akan lebih besar daripada tegangan DC

yang sama. Dengan demikian tegangan AC lebih berbahaya dari tegangan DC yang sama (Giancoli, 2001).

Arus listrik (elektron) akan menghadapi rintangan atau gesekan dari bahan yang dilaluinya, sehingga gerakan elektron berkurang. Energi listrik berubah menjadi energi panas selama proses tersebut. Tahanan listrik kulit manusia dewasa adalah 5000Ω . Besar tahanan listrik tersebut menjadi 1 juta Ω jika kulit kering dan terdapat jaringan kalus, namun besar tahanan listrik menjadi 1000Ω jika kulit tersebut basah. Tahanan listrik merupakan variabel penting pada peristiwa perjalanan arus listrik karena arus listrik cenderung melewati jalur yang tahanan listriknya paling rendah. Urutan besar tahanan listrik beberapa jaringan tubuh dari nilai tertinggi ke terendah adalah sebagai berikut: tulang, lemak, tendon, kulit, otot, darah, dan saraf. Setiap sel memiliki membran dari lapisan lemak yang merupakan tahanan listrik. Syok sengatan listrik akan lebih berat jika kulit korban basah. Kulit yang basah atau berkeringat akan memudahkan arus listrik melewati kulit penderita. Hal ini karena kulit yang basah atau berkeringat memiliki tahanan yang lebih kecil bila dibandingkan kulit yang kering (Kartono, 2014).

2.7 Hukum Joule

Kita telah membahas gerak pembawa muatan dalam logam. Sudah kita ketahui bahwa pada waktu bergerak di dalam logam, pembawa muatan bertumbukan dengan atom logam dan kehilangan energi. Akibatnya pembawa muatan bergerak dengan kecepatan konstan, dan kita sampai pada hukum Ohm (Sutrisno, 1979).

Sekarang marilah kita alihkan perhatian kita pada logam yang dialiri arus listrik. Karena tumbukan oleh pembawa muatan, logam mendapat energi. Logam menjadi panas, atom didalamnya makin keras bergetar. Marilah kita hitung berapa besar daya yang hilang menjadi getaran atom dalam logam, atau dengan kata lain hilang sebagai kalor. Perhatikan gambar 2.12, antara a dan b ada beda potensial V , atau $V_A - V_B = V$. Potensial V_A haruslah lebih besar daripada potensial V_B agar arus mengalir ke kanan. Karena arus I tetap harganya, laju di A dan di B sama pula besarnya. Bila sejumlah muatan dq bergerak di bawah pengaruh beda potensial V , muatan ini haruslah mendapat tambahan energi $dU = (dq)V$.



Gambar 2.12 Konduktor Dialiri Arus I , Bagian ab Mempunyai Resistansi R (Sutrisno, 1979)

Aliran arus listrik dalam sebarang tahanan diikuti oleh perubahan energi listrik, dengan kata lain, transformasi energi listrik menjadi energi termal. Perubahan energi ini akan menaikkan temperatur bahan penghantar, kecuali jika energi yang jumlahnya sama diambil oleh perpindahan kalor. Dengan hukum ohm, $V = IR$. Laju pemanasan Joule adalah (Harahap, 1988):

$$Q_J = IV = I^2 R \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) menyatakan daya yang hilang atau daya disipasi pada konduktor dengan resistansi R bila dialiri arus i .

Kalor disipasi dalam waktu dt adalah:

$$dQ = I^2 R dt \quad (2.6)$$

Kalor ini disebut kalor Joule (Sutrisno, 1979).

2.8 *Overweight*

Overweight adalah penumpukan jaringan lemak tubuh yang abnormal, dengan batasan berat badan antara 10-20% dari berat badan normal. Sedangkan obesitas adalah penumpukan jaringan lemak tubuh yang abnormal, dengan batasan berat badan di atas 20% dari berat badan normal. Hal yang bisa menyebabkan *overweight* dan obesitas adalah asupan kalori dalam tubuh yang tidak sesuai (berlebihan) dengan kalori yang dikeluarkan. Dari asupan kalori yang tak sesuai itu, terjadilah penimbunan lemak yang nantinya disebarkan dan disimpan di tempat-tempat tertentu, seperti pinggang, perut, lengan bagian atas, paha, dan bagian tubuh lainnya. Lemak dalam tubuh kita sangat dibutuhkan untuk menyimpan energi, penyekat panas, penyerap guncangan, dan lainnya (Nur'afni, 2009).

Obesitas (kegemukan) adalah suatu keadaan dimana terjadi penumpukan lemak yang berlebih dalam tubuh, sehingga berat badan seseorang jauh di atas normal dan dapat membahayakan kesehatan. Sementara *overweight* (kelebihan berat badan) adalah keadaan dimana berat badan seseorang melebihi berat badan normal, tetapi belum sampai kategori obesitas. Obesitas terjadi karena ketidakseimbangan antara energi yang masuk dan energi yang keluar (Astawan, 2009).

Kelebihan berat badan (*overweight*) bisa disebabkan oleh secara sendiri atau bersama timbunan lemak, otot, maupun tulang yang menyebabkan berat badan seseorang melebihi berat badan orang rata-rata. Umumnya, kelebihan berat badan (*overweight*) adalah permulaan dari kegemukan (obesitas) (MHA, 2005).

2.9 Mekanisme Lemak di Jaringan Adiposa

Pembentukan timbunan lemak di jaringan adiposa melalui proses yang panjang, yaitu melalui reaksi lipogenesis dengan melibatkan enzim dan hormon. Bahan bakunya berasal dari makanan berkalori yang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak yang tidak habis diubah menjadi energi keton (pemisahan lemak tubuh). Teori sederhana mengatakan bahwa timbunan lemak tubuh terbentuk akibat asupan kalori melebihi penggunaannya.

Sisa kalori yang tidak digunakan oleh tubuh akan disimpan ke dalam kantong jaringan adiposa dalam bentuk lemak. Namun kenyataannya tidak sesederhana itu. Orang-orang yang terbiasa makan banyak, tetapi lemak di tubuhnya sedikit. Alasannya adalah adanya perbedaan metabolisme dalam setiap individu. Maka dari itu, proses penimbunan lemak merupakan peristiwa rumit yang tidak mudah dipahami orang awam. Jika laju metabolisme seseorang berjalan cepat, maka lemak yang dirombak melalui reaksi lipolisis semakin banyak sehingga mengimbangi jumlah yang terbentuk melalui reaksi lipogenesis. Jadi, banyaknya lemak yang tertimbun dalam jaringan adiposa akan terjadi apabila proses lipogenesis (penumpukan lemak) lebih besar dibandingkan dengan lipolisis (perombakan lemak) (Lingga, 2011).

Lipolisis dan proteolisis otot menyebabkan penurunan berat badan dan lingkaran perut. Kadar asam lemak bebas dan gliserol dalam darah meningkat. Kelebihan asetil KoA dihasilkan dalam hati dan diubah menjadi asam asetoasetat yang kemudian mengalami reduksi menjadi asam β -hidroksibutirat atau mengalami dekarboksilasi menjadi aseton. Badan keton ini terakumulasi dalam darah dan menyebabkan asidosis (ketoasidosis) (Neal, 2006).

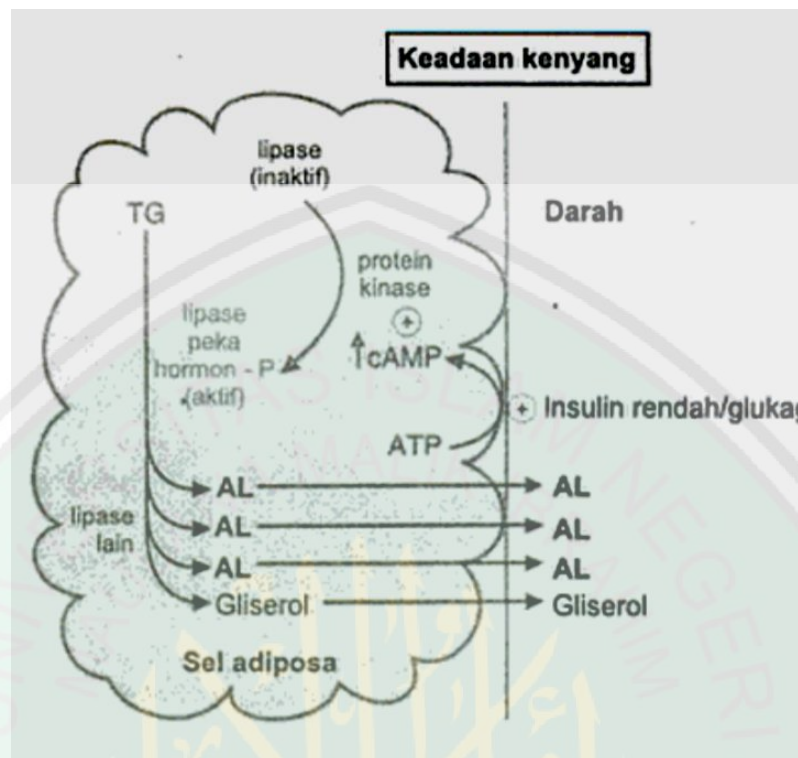
Pada puasa yang singkat, simpanan glikogen diubah menjadi glukosa dengan bantuan hormon glukagon dan protein untuk didistribusikan menuju asam-asam amino. Asam-asam amino ini oleh hati akan diubah menjadi glukosa lewat glukoneogenesis. Melalui lipolisis, lemak akan diuraikan menjadi gliserol dan asam-asam lemak. Gliserol dan laktat yang merupakan hasil metabolisme glukosa dalam keadaan anaerob dapat diubah oleh hati menjadi glukosa. Asam-asam lemak tidak bisa diubah menjadi glukosa, tetapi ditukar dengan asam-asam amino dari otot. Otot dapat menggunakan asam lemak sebagai sumber energi dengan menghasilkan limbah metabolik berupa *keton bodies*. Asam-asam amino dari otot akan diubah lewat glukoneogenesis dalam hati menjadi glukosa. Kini otak dapat hidup dan bekerja dengan mengandalkan glukosa yang dihasilkan oleh hati dari asam-asam amino, gliserol, dan laktat (Hartono, 2006).

Selama puasa, sewaktu kadar insulin darah turun dan kadar glukagon meningkat, kadar cAMP di dalam sel adiposa meningkat. Akibatnya, protein kinase A diaktifkan dan menyebabkan fosforilasi lipase peka-hormon (*hormone-sensitive lipase*, HSL). Enzim bentuk terfosforilasi ini menjadi aktif dan memutuskan asam lemak dari triasilgliserol (ditunjukkan pada gambar 2.13).

Hormon lain (misalnya epinefrin, hormon adrenokortikotropik (ACTH), dan hormon pertumbuhan) juga mengaktifkan enzim ini.

Setelah dibebaskan dari jaringan adiposa selama puasa, asam lemak mengalir dalam darah dalam bentuk kompleks dengan albumin. Asam lemak ini dioksidasi oleh berbagai jaringan, terutama otot. Di hati, asam lemak dipindahkan ke dalam mitokondria karena asetil KoA karboksilase inaktif, kadar malonil KoA rendah, dan CPTI (karnitin asiltransferase I) aktif. Asetil KoA yang dihasilkan oleh oksidasi- β diubah menjadi badan keton.

Sewaktu berolahraga, bahan bakar yang digunakan oleh sel otot mula-mula adalah glikogen otot. Apabila olahraga berlanjut, pasokan darah ke jaringan meningkat dan glukosa diserap dari darah dan dioksidasi. Glikogenolisis dan glukoneogenesis yang terjadi di hati memulihkan pasokan glukosa darah tersebut. Setelah asam lemak tersedia karena terjadi peningkatan lipolisis triasilgliserol di jaringan adiposa, sel otot mulai mengoksidasi asam lemak. Oksidasi- β menghasilkan NADH dan asetil KoA, yang memperlambat aliran karbon dari glukosa melalui reaksi yang dikatalisis oleh *piruvat dehydrogenase*.



Gambar 2.13 Pengaturan HSL di Jaringan Adiposa (Marks, 2000)

Begitu Earl Sutherland mengemukakan bahwa epinefrin yang dengan cara bagaimanapun menyebabkan pemecahan glikogen tanpa melewati membran plasma, pencarian dimulai untuk *mesenjer* kedua (ia memberi istilah ini) yang meneruskan sinyal dari membran plasma ke mesin metabolik dalam sitoplasma. Sutherland menemukan bahwa pengikatan epinefrin pada membran plasma sel hati akan meningkatkan konsentrasi senyawa adenosin monofosfat siklik, yang disingkat AMP siklik atau cAMP.

Suatu enzim yang ada di dalam membran plasma, adenilil siklase, mengubah ATP menjadi cAMP sebagai respon terhadap sinyal ekstraseluler, dalam hal ini, epinefrin. Adenilil siklase menjadi aktif hanya setelah epinefrin terikat pada protein reseptor spesifik. Dengan demikian *mesenjer* pertama, hormon tersebut, menyebabkan enzim membran mensintesis cAMP, yang

memancarkan sinyal ke sitoplasma. cAMP ini tidak dapat bertahan lama dalam ketiadaan hormon, karena enzim lain mengubah cAMP ini menjadi produk yang inaktif, yaitu AMP.

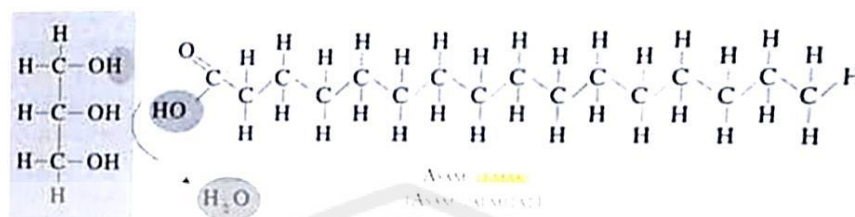
Resistensi insulin terjadi pada obesitas terjadi pelepasan asam lemak bebas ke dalam sirkulasi darah. Asam lemak bebas berasal dari lipolisis trigliserida jaringan adiposa. Makin banyak jaringan adiposa maka asam lemak bebas yang dilepaskan juga makin meningkat. Pada obesitas tetap terjadi pelepasan asam lemak bebas berlebih, meskipun kadar insulin juga meningkat. Hal ini disebabkan meski kadar insulin tinggi dapat menekan lipolisis jaringan adiposa, namun tetap tidak mampu menekan pelepasan asam lemak hingga mencapai normal pada obesitas.

Asam lemak bebas merupakan sumber utama energi pada keadaan puasa, pada obesitas masuknya asam lemak bebas ke jaringan melebihi dari kebutuhan. Masuknya asam lemak bebas berlebih ke dalam otot mengakibatkan resistensi insulin. Mekanisme yang lengkap mengenai peningkatan asam lemak ke dalam otot sehingga berakibat resistensi insulin masih belum dimengerti, diduga bahwa masuknya asam lemak bebas menghambat oksidasi glukosa. Penelitian yang dilakukan Shulman pada tahun 2000 menunjukkan bahwa pada otot terjadi peningkatan kadar diasilgliserol yang akan merangsang fosforilasi serin reseptor insulin dan akhirnya akan menghambat kerja insulin normal. Resistensi insulin di otot merupakan faktor predisposisi hiperglikemia, yang akhirnya akan muncul gejala klinik pada orang yang mengalami defek sekresi insulin (Sargowo, 2015).

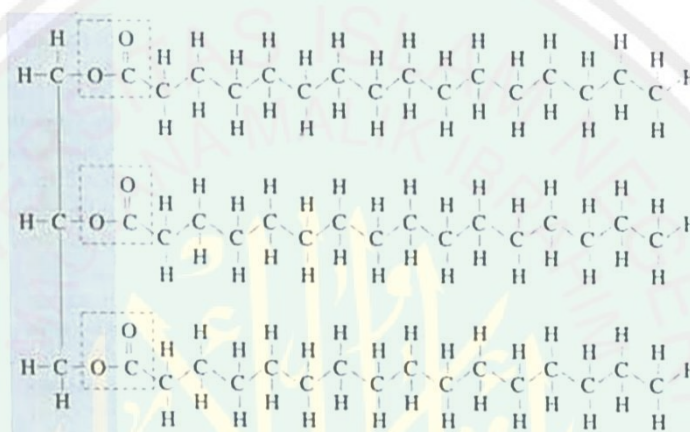
2.10 Lipid

Lipid merupakan molekul biologis berukuran besar yang tidak mencakup polimer. Senyawa yang disebut lipid memiliki satu ciri penting, yaitu lipid tidak memiliki atau sedikit sekali afinitasnya terhadap air. Perilaku hidrofobik lipid didasarkan pada struktur molekulnya. Meskipun lipid bisa memiliki beberapa ikatan polar yang berikatan dengan oksigen, sebagian besar lipid terdiri atas hidrokarbon. Lipid lebih kecil jika dibandingkan dengan makromolekul (polimerik) sesungguhnya, dan merupakan gugus yang sangat beragam bentuk maupun fungsinya. Lipid meliputi *waks* (lilin) dan pigmen-pigmen tertentu.

Meskipun lemak bukan merupakan polimer, senyawa ini adalah molekul besar yang terbentuk dari molekul yang lebih kecil melalui reaksi dehidrasi. Lemak disusun dari dua jenis molekul yang lebih kecil: gliserol dan asam lemak (gambar 2.14 dan 2.15). Gliserol adalah sejenis alkohol yang memiliki tiga karbon, yang masing-masing mengandung sebuah gugus hidroksil. Asam lemak memiliki kerangka karbon yang panjang, umumnya 16 sampai 18 atom karbon panjangnya. Salah satu ujung asam lemak itu adalah "kepala" yang terdiri atas suatu gugus karboksil dan gugus fungsional. Yang berikatan dengan gugus karboksil itu adalah hidrokarbon panjang yang disebut "ekor". Ikatan C-H nonpolar yang terdapat pada ekor asam lemak itu menyebabkan lemak bersifat hidrofobik. Lemak terpisah dari air karena molekul air membentuk ikatan hidrogen satu sama lain, sehingga menyingkirkan lemak. Contoh umum fenomena ini adalah pemisahan minyak goreng (suatu lemak cair dari larutan asam cuka dalam botol bumbu salad (*salad dressing*)).



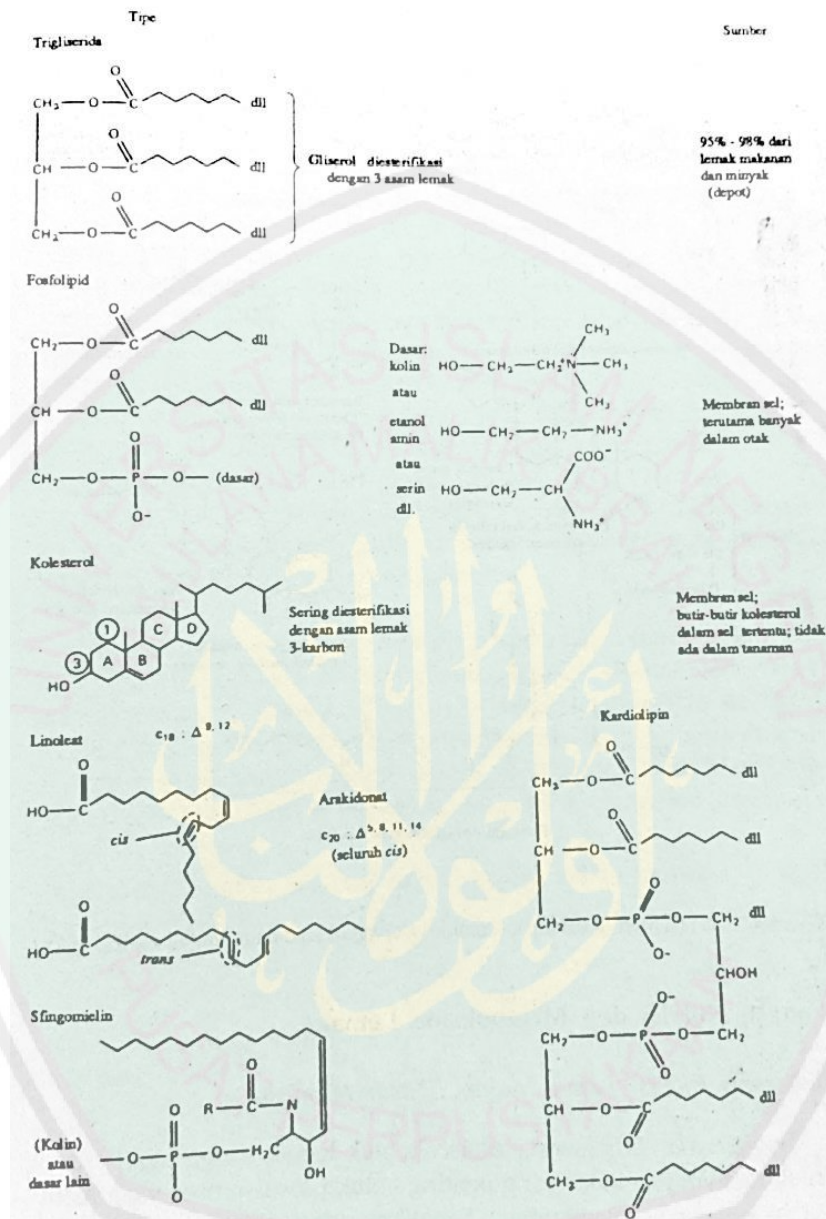
Gambar 2.14 Sintesis Lemak dengan Cara Dehidrasi (Campbell, 2002)



Gambar 2.15 Molekul Lemak (Campbell, 2002)

Ada 3 bentuk utama lemak yang didapatkan dalam diet manusia dan mamalia lainnya: (1) Gliserida, terutama trigliserida (*triacylglycerol*). Bentuk ini adalah bentuk lemak yang disimpan untuk energi dan merupakan bentuk yang paling banyak berada dalam bahan-bahan makanan dan jaringan, ditunjukkan pada gambar 2.15, (2) Fosfolipid, dan (3) sterol, terutama kolesterol. Trigliserida dapat merupakan 95%-98% dari seluruh bentuk lemak yang dikonsumsi pada semua bentuk makanan dan persentasenya sama dengan yang berada dalam tubuh manusia. Fosfolipid dan kolesterol dikonsumsi dalam jumlah sedikit, dan merupakan komponen utama dinding dan sampul mielin. Kolesterol didapatkan dari bahan makanan nabati dan dinding sel tanaman tidak mengandung kolesterol maupun lipid yang serupa (*phytosterol*) dalam jumlah yang banyak.

Sifat-sifat trigliserida (dan fosfolipid) sangat banyak, tergantung pada komponen asam lemaknya. Trigliserida yang berasal dari tanaman cenderung relatif cair pada temperatur kamar, terutama karena mengandung asam lemak tidak jenuh (mono maupun majemuk) dan rantai asam lemak yang lebih pendek (dibanding dengan trigliserida yang biasa didapatkan dalam tubuh hewan. Rantai pendek dan asam lemak jenuhnya lebih sedikit dan terutama ikatan tidak jenuh akan menurunkan titik cair dari asam lemak tersebut). Lemak babi mengandung trigliserida dengan ikatan tidak jenuh (ikatan rangkap) yang lebih sedikit dengan rantai yang lebih panjang (16 karbon atau lebih). Oleh karena itu aspeknya lebih keras. Lemak manusia sifatnya lebih tidak jenuh daripada hampir semua lemak hewani. Hidrogenasi sebagian dari minyak nabati, misalnya dalam produksi margarin akan meningkatkan titik cair karena ikatan rangkap menjadi jenuh. Di alam, pada tanaman maupun hewan, karbon-karbon di sisi lain pada ikatan rangkap biasanya dalam konformasi *cis* yang menyebabkan membengkoknya rantai asam lemak tersebut. Lemak nabati terhidrogenasi yang dijual secara komersial banyak mengandung asam lemak *trans* dengan rantai yang lebih panjang (ditunjukkan pada gambar 2.16). Komposisi lemak yang dikonsumsi mempengaruhi komposisi lemak yang terakumulasi (disimpan sebagai trigliserida) dalam jaringan lemak. Oleh karena itu diet yang mengandung banyak lemak tidak jenuh cenderung akan menyebabkan deposit trigliserida tidak jenuh dan sebaliknya, walaupun banyak modifikasi (proses saturasi / penjenuhan dari perpanjangan rantai) terjadi pada asam lemak dikonsumsi tersebut.

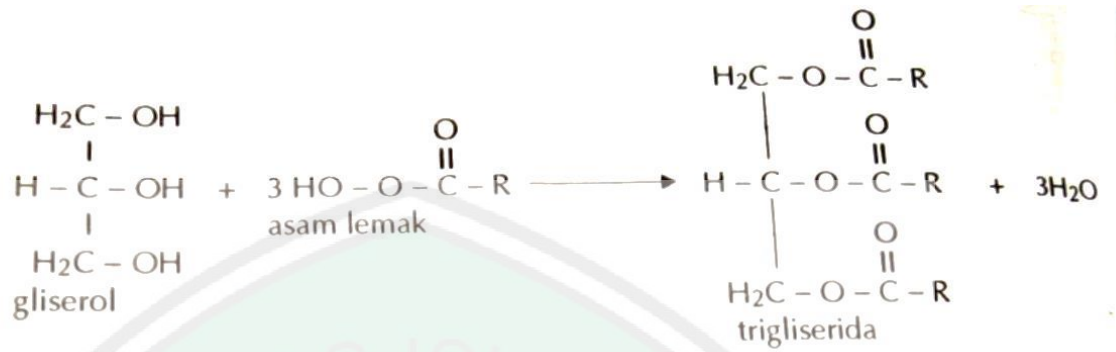


Gambar 2.16 Lemak Makanan (Linder, 1992)

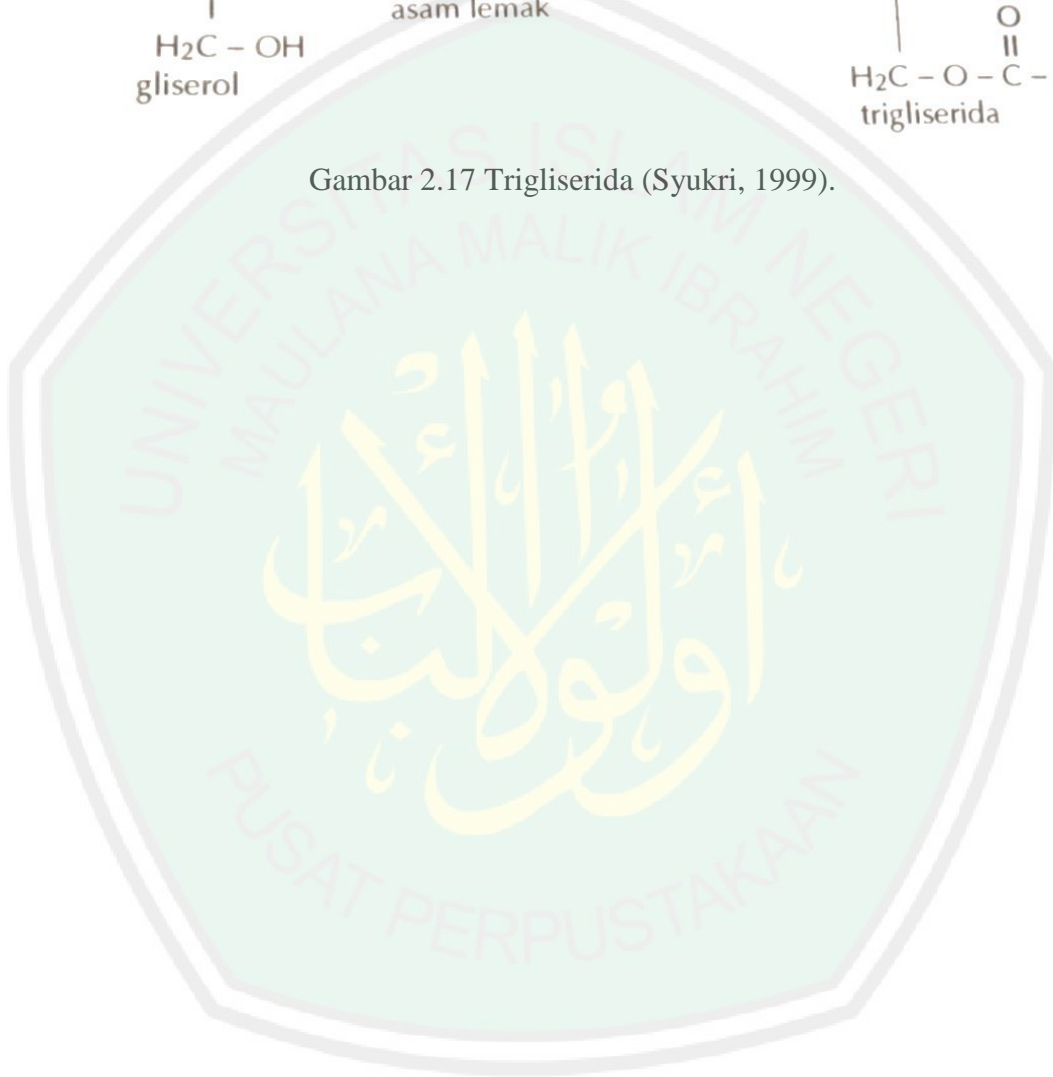
Trigliserida adalah bentuk lemak yang paling efisien untuk menyimpan kalor yang penting untuk proses-proses yang membutuhkan energi dalam tubuh. Berbeda dengan glikogen yang merupakan karbohidrat utama yang dapat disimpan, trigliserida bersifat tidak banyak membutuhkan tempat (*nonhydrated*), kurang teroksidasi dengan hasil 9 kkal/g (bandingkan dengan hanya 4 kkal/g

untuk karbohidrat atau protein). Triglicerida banyak didapatkan dalam sel-sel lemak, dan merupakan 99% dari volume sel (kecuali pada masa kanak-kanak, yang jumlahnya kurang). Adiposit didapatkan sebagai jaringan bebas dalam berbagai bagian tubuh atau terdispersi dalam urat daging dan tenunan pengikat. Jumlah adiposit ditentukan pada saat masa kanak-kanak, dimana *overfeeding* akan meningkat jumlahnya. Beberapa triglicerida juga berada dalam bentuk butir-butir lipid kecil dalam jaringan nonlemak (*nonadipose*), seperti hati dan urat daging yang akan segera digunakan untuk metabolisme energi. Di samping digunakan sebagai sumber energi, triglicerida dapat dikonversi menjadi kolesterol, fosfolipid, dan bentuk lipid lain jika dibutuhkan. Sebagai jaringan lemak, triglicerida juga mempunyai fungsi fisik yaitu sebagai bantalan tulang dan organ vital, sehingga melindungi organ-organ dalam dari guncangan atau kerusakan. Jantung, ginjal, epididimis, dan kelenjar air susu dibungkus oleh lapisan jaringan lemak. Lemak bawah kulit (subkutan) juga berfungsi sebagai insulator dari panas maupun dingin (Linder, 1992).

Triglicerida adalah triester yang terbentuk dari gliserol dengan asam lemak. Ketiga asam lemak tersebut boleh sama atau berbeda, baik jenuh maupun tak jenuh. Bila hanya ada dua asam lemak disebut digliserida, dan dengan satu asam lemak disebut monogliserida. Sifat fisika triglicerida bergantung pada jenis asam lemaknya. Bila asam lemaknya jenuh, maka trigliseridanya berwujud padat dan disebut lemak, yang banyak terdapat pada hewan. Tetapi, bila asam lemaknya tak jenuh, maka triglicerida berwujud cair dan disebut minyak, yang umumnya terdapat pada tumbuhan.



Gambar 2.17 Trigliserida (Syukri, 1999).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dasar dengan metode eksperimental. Penelitian yang digunakan yaitu penelitian jenis *in vivo* dengan hewan coba berupa tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh stimulasi listrik terhadap ukuran lingkaran perut dan kadar trigliserida dalam darah.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hewan Uji dan Laboratorium Elektronika Dasar Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sedangkan waktu penelitian di mulai pada bulan Mei sampai selesai.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang ada dalam penelitian ini ada 3, yaitu variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu variasi arus listrik pada tikus putih (*Rattus norvegicus*). Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu jenis tikus, jenis kelamin tikus, pakan, dan minum tikus. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini yaitu lingkaran perut dan kadar trigliserida.

3.4 Populasi dan Sampel

Hewan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah 12 ekor tikus putih (*Rattus Norvegicus*) galur Wistar yang berjenis kelamin jantan. Hewan uji rata-

rata berumur 6-8 minggu, dengan berat rata-rata 100 gram. Tikus dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kelompok kontrol dan 3 kelompok perlakuan. Kelompok perlakuan diberi stimulasi arus listrik dengan arus sebesar 0,55 mA, 0,62 mA, dan 0,68 mA.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Electrical muscle stimulation*
2. Alat baca trigliserida *Multicare 3 in 1*
3. Multi meter
4. Kabel penghantar
5. Lampu pijar
6. Pita pengukur
7. Kandang hewan coba
8. Tempat makan dan minum
9. Neraca digital
10. Spidol
11. Sarung tangan
12. Tali pengikat tangan dan kaki hewan coba
13. Tempat mengikat tikus (pipa *stainless*)
14. Strip trigliserida
15. Gunting
16. Kapas

17. Baskom
18. *Sterile blood lancets*
19. Tisu
20. Masker
21. Pisau
22. Kertas label

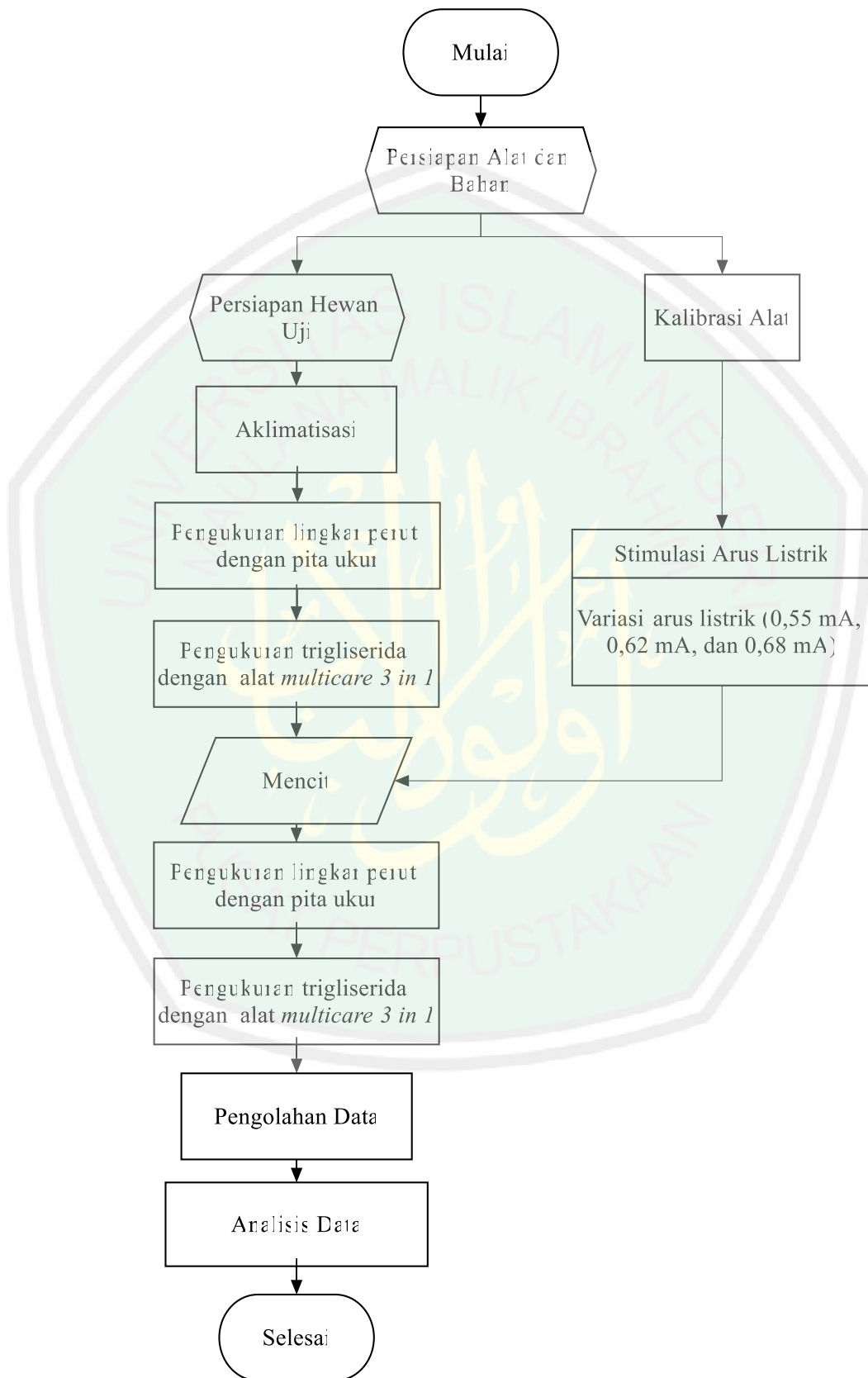
3.5.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Sekam
2. BR1
3. Jagung
4. Air
5. Alkohol 70 %
6. *Conducting gel*

3.6 Alur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan rangsangan kelistrikan otot pada tikus putih pada bagian perut dengan variasi arus listrik. Pengujian yang digunakan adalah *pre test and post test control design* untuk membandingkan ukuran lingkaran perut dan kadar trigliserida darah sebelum dan sesudah perlakuan. Untuk tahapan penelitian lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.7 Langkah-Langkah Penelitian

3.7.1 Persiapan Hewan Coba

Hewan uji dipelihara di 12 kandang yang terbuat dari kawat berukuran 25 cm x 19 cm x 30 cm. Sebelum diberi perlakuan dilakukan proses aklimatisasi terlebih dahulu selama tujuh hari. Keadaan selama aklimatisasi dan perlakuan dikontrol pada kisaran lingkungan yang tetap, yaitu di luar ruangan yang memiliki kondisi pencahayaan 12 jam terang oleh sinar matahari dan 12 jam oleh sinar pijar. Hal ini dilakukan untuk mengurangi tingkat stres selama perjalanan. Bagian alas kandang diberi sekam yang diganti setiap 1 sampai 2 hari sekali. Tikus diberi pakan jagung 10 gram dan BR1 10 gram. Tikus juga diberi minum dengan jumlah yang sama, yaitu 100 ml setiap hari.

3.7.2 Rangsangan Kelistrikan Otot

Kandang untuk tikus diberi label yang terdiri dari 4 kelompok. Saat diberi stimulasi, tikus tetap diberi pakan dan minum yang sama seperti saat diaklimatisasi. Tikus diikat untuk mengurangi gerakan yang terlalu berlebihan. Stimulasi listrik dilakukan 4 menit setiap hari selama 6 hari berturut-turut.

3.7.3 Pengukuran Lingkar Perut

Pengukuran lingkar perut pada tikus dilakukan dengan cara melingkarkan pita pengukur pada perut tikus. Pengukuran ini dilakukan pada saat sebelum pemberian stimulasi pertama dan setelah pemberian stimulasi terakhir.

3.7.4 Pengambilan Sampel Darah dan Pengukuran Kadar Lipid Darah

Pengambilan sampel darah dilakukan pada 1 hari sebelum stimulasi pertama dan 1 hari sesudah stimulasi terakhir. Hewan coba dipuasakan selama 10 jam sebelum pengambilan sampel darah. Langkah-langkah pengambilan sampel darah dan pengukuran kadar trigliserida darah:

- a. Hewan uji diikat.
- b. Disiapkan alat pengukur trigliserida dengan strip yang sudah dipasang.
- c. Ekor hewan uji dipijat dengan menggunakan air hangat sampai berwarna kemerahan agar darah keluar banyak saat dilukai.
- d. Ujung ekor hewan uji diberi alkohol.
- e. Ekor hewan uji dilukai menggunakan jarum.
- f. Darah yang keluar diteteskan ke permukaan strip trigliserida sebanyak 3 tetes.
- g. Nilai trigliserida akan muncul setelah pemrosesan selama 30 detik.

3.8 Teknik Pengolahan Data

Tabel 3.1 Data Lingkar Perut

No	Arus Listrik (mA)	Lingkar Perut (cm)	
		Sebelum Stimulasi	Sesudah Stimulasi
1	Kontrol		
2	0,55		
3	0,62		
4	0,68		

Tabel 3.2 Data Trigliserida

No	Arus Listrik (mA)	Trigliserida (mg/dL)	
		Sebelum Stimulasi	Sesudah Stimulasi
1	Kontrol		
2	0,55		
3	0,62		
4	0,68		

3.9 Analisis Data

Setelah diperoleh data dari hasil pengukuran lingkar perut dan trigliserida darah, data tersebut dirata-rata untuk setiap perlakuan. Kemudian dibuat grafik hubungan antara stimulasi arus listrik dengan lingkar perut dan grafik hubungan antara stimulasi arus listrik dengan kadar trigliserida. Grafik tersebut kemudian dianalisis dan dideskripsikan.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat dilakukan di laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pemaparan dilakukan dengan alat *Electrical Muscle Stimulation* (EMS) tipe JR309. Besar arus dan tegangan diukur menggunakan multimeter. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tegangan 0,05 V, sedangkan arus bernilai 0,55 mA, 0,62 mA, dan 0,68 mA.

4.1.2 Pengaruh Stimulasi Arus Listrik terhadap Perubahan Lingkar Perut

4.1.2.1 Data Hasil

Hewan uji yang digunakan adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar berumur rata-rata 6-8 minggu. Tikus yang akan diberi stimulasi diaklimatisasi terlebih dahulu selama 1 minggu di luar ruangan dengan kondisi pencahayaan 12 jam sinar matahari dan 12 jam lampu pijar. Lingkar perut hewan uji diukur pada hari pertama sebelum stimulasi dan hari terakhir setelah stimulasi.

Tikus yang digunakan berjumlah 3 ekor pada setiap perlakuan. Perlakuan pertama diberi stimulasi arus 0,55 mA, perlakuan kedua diberi stimulasi arus 0,62 mA, dan perlakuan ketiga diberi rangsangan 0,68 mA. Tikus diberi pemaparan 6 hari berturut-turut dengan durasi 4 menit perhari. Tabel 4.1 adalah data hasil pengukuran lingkar perut sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No	Arus	Lingkar Perut (cm)	
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1	Kontrol	10,47	11,40
2	0,55 mA	9,73	11,47
3	0,62 mA	11,57	12,03
4	0,68 mA	11,07	11,00

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami pertambahan ukuran lingkar perut. Kelompok perlakuan pertama juga mengalami pertumbuhan lingkar perut yang lebih besar daripada kelompok kontrol. Kelompok perlakuan kedua masih mengalami pertumbuhan ukuran lingkar perut, akan tetapi lebih kecil dari pertumbuhan lingkar perut kelompok kontrol. Kelompok perlakuan ketiga mengalami pengurangan ukuran lingkar perut. Perubahan ukuran lingkar perut diperoleh dari perhitungan:

$$\text{Perubahan ukuran lingkar perut} = l - l_0 \quad (4.1)$$

Dengan l adalah lingkar perut sesudah perlakuan dan l_0 adalah lingkar perut sebelum perlakuan. Sedangkan nilai standar deviasi diperoleh dengan menggunakan fungsi pada Microsoft Excel:

$$\text{Standar deviasi} = \text{stdev.p}(\text{data yang dipilih}) \quad (4.2)$$

Tabel 4.2 Rerata Perubahan Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan

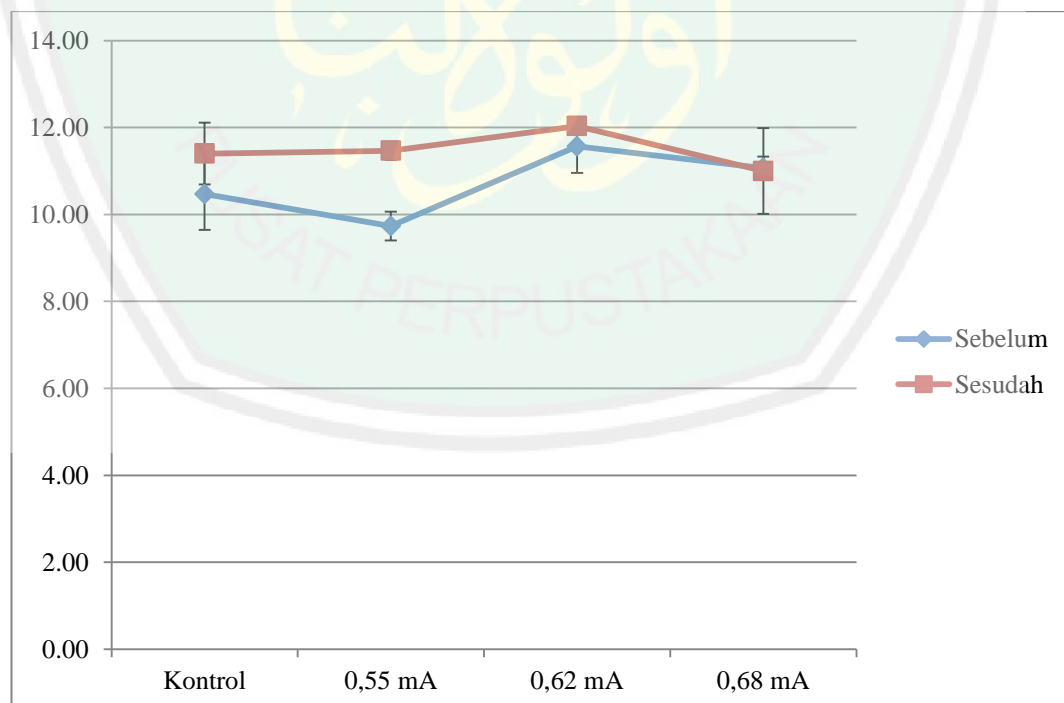
No	Arus	Perubahan Ukuran Lingkar Perut (cm)	Standar Deviasi	
			Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1	Kontrol	0,93	0,82	0,71
2	0,55 mA	1,74	0,33	0,21
3	0,62 mA	0,46	0,61	0,05
4	0,68 mA	-0,07	0,26	0,99

*tanda minus menunjukkan penurunan

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami pertambahan ukuran lingkar perut sebesar 0,93 cm. Kelompok perlakuan pertama juga mengalami pertambahan ukuran lingkar perut dengan nilai yang lebih besar dari pada kelompok kontrol, yaitu 1,74 cm. Kelompok perlakuan kedua mampu menghambat pertambahan ukuran lingkar perut, dengan perubahan lingkar perut hanya sebesar 0,46 cm. Adapun kelompok perlakuan ketiga dapat mengecilkan ukuran lingkar perut sebesar 0,07 cm.

4.1.2.2 Analisis

Hasil pengamatan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terdapat pengaruh stimulasi arus listrik terhadap ukuran lingkar perut yang ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Ukuran Lingkar Perut Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kelompok kontrol mengalami kenaikan ukuran lingkaran perut. Hal ini dikarenakan hewan uji yang digunakan masih berumur rata-rata 6-8 minggu, sehingga masih mengalami pertumbuhan fisik. Kenaikan ukuran lingkaran perut juga terjadi pada tikus yang distimulasi dengan menggunakan arus 0,55 mA dan 0,62 mA. Kelompok perlakuan dengan arus 0,55 mA mengalami kenaikan ukuran lingkaran perut yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol, sedangkan kelompok perlakuan dengan arus 0,62 mA mengalami kenaikan yang lebih kecil dibandingkan dengan kelompok kontrol. Adapun pada kelompok perlakuan dengan arus 0,68 mA mengalami penurunan ukuran lingkaran perut. Standar deviasi pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa jumlah variasi ukuran lingkaran perut pada 3 tikus dalam setiap perlakuan nilainya mendekati rata-rata. Hal ini dibuktikan dengan nilai standar deviasi yang nilainya kecil.

4.1.3 Pengaruh Stimulasi Arus Listrik terhadap Perubahan Kadar Triglicerida dalam Darah

4.1.3.1 Data Hasil

Kadar triglicerida dalam darah hewan uji pada setiap perlakuan diukur menggunakan alat baca *Multicare 3 in 1* dan strip triglicerida. Pengukuran dilakukan sehari setelah aklimatisasi, yaitu pada saat sehari sebelum stimulasi. Pengukuran kadar triglicerida dalam darah juga diukur sehari setelah stimulasi. Hewan uji dipuasakan terlebih dahulu selama 10 jam agar kandungan triglicerida dalam darah tidak dipengaruhi oleh makanan. Tabel 4.3 adalah data hasil pengukuran kadar triglicerida darah tikus putih sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kadar Trigliserida Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No	Arus	Trigliserida (mg/dL)	
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1	Kontrol	85,00	143,30
2	0,55 mA	74,30	127,70
3	0,62 mA	71,70	123,00
4	0,68 mA	84,00	149,70

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kadar trigliserida darah tikus putih mengalami peningkatan pada setiap perlakuan. Persentase kenaikan trigliserida diperoleh menggunakan persamaan:

$$\text{Persentase kenaikan trigliserida} = \frac{T_g - T_{g_0}}{T_g} \times 100\% \quad (4.3)$$

dengan:

T_g = Trigliserida sesudah perlakuan

T_{g_0} = Trigliserida sebelum perlakuan

Tabel 4.4 Rerata Perubahan Trigliserida Darah Sebelum dan Sesudah Perlakuan

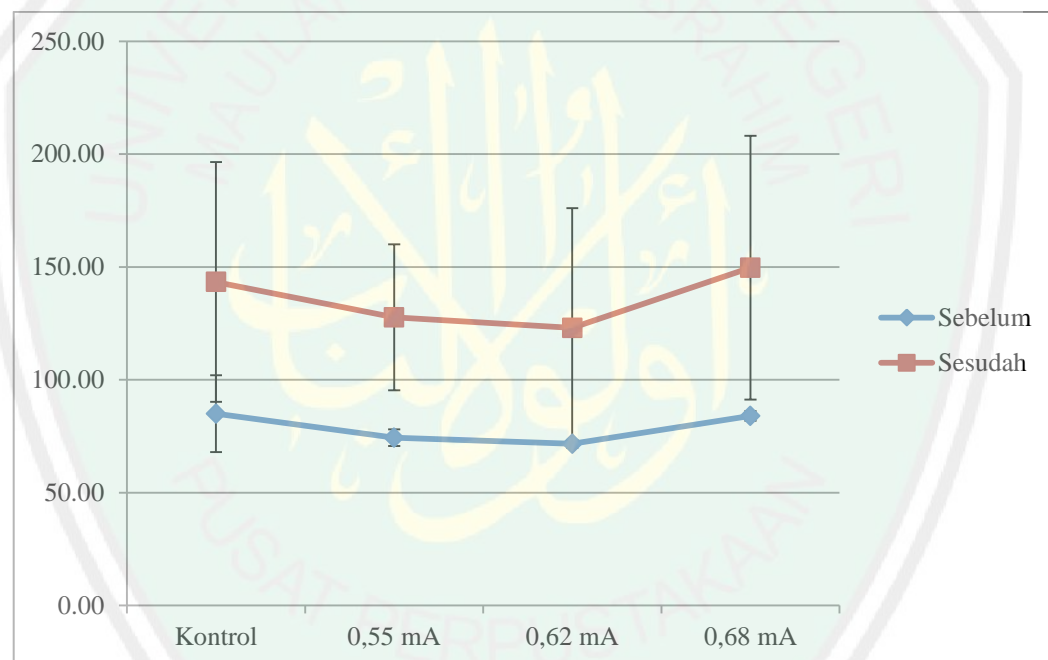
No	Arus	Persentase Kenaikan Trigliserida	Standar Deviasi	
			Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1	Kontrol	41%	16,97	53,11
2	0,55 mA	42%	3,68	32,31
3	0,62 mA	42%	1,70	53,07
4	0,68 mA	44%	2,16	58,45

Persentase kenaikan trigliserida ditunjukkan pada tabel 4.4. Persentase kenaikan trigliserida pada kelompok kontrol mencapai 41 %. Persentase kenaikan trigliserida pada saat diberi stimulasi 0,55 mA dan 0,62 mA memiliki nilai yang sama, yaitu sebesar 42 %. Sedangkan persentase kenaikan kadar trigliserida pada saat diberi stimulasi arus 0,68 mA sebesar 44 %. Semakin besar arus yang

diberikan, maka kadar trigliserida dalam darah akan semakin besar. Standar deviasi menunjukkan bahwa rentang kadar trigliserida darah antar tikus yang digunakan pada setiap perlakuan nilainya sangat beragam.

4.1.3.2 Analisis

Data yang telah diperoleh pada tabel 4.2 dibuat dalam bentuk diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik Kenaikan Kadar Trigliserida Darah

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa kadar trigliserida darah sebelum dan sesudah stimulasi arus listrik. Kadar trigliserida dalam darah mengalami kenaikan pada setiap perlakuan. Kenaikan kadar trigliserida darah pada hewan uji disebabkan oleh terjadinya proses lipolisis pada lemak. Proses ini dapat memecah lemak di jaringan adiposa menjadi asam lemak dan gliserol. Asam lemak dan

gliserol akan masuk ke dalam aliran darah dan mengalir menuju jaringan-jaringan yang membutuhkan.

Kenaikan trigliserida pada kelompok kontrol diakibatkan oleh hewan uji yang masih dalam masa pertumbuhan. Pada masa pertumbuhan, hewan uji akan mengalami pertumbuhan fisik berupa bertambahnya ukuran tubuh dan berat badan. Semakin besar lingkaran perut dan berat badan hewan uji, maka energi yang diperlukan untuk beraktivitas juga semakin besar, sehingga membuat tubuh secara alami memproses lemak di jaringan adiposa.

Standar deviasi yang ditampilkan pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai trigliserida darah tikus pada setiap perlakuan memiliki rentang yang besar. Perbedaan ini paling dominan terjadi pada kadar trigliserida darah sesudah perlakuan.

4.2 Pembahasan

Electrical Muscle Stimulation (EMS) merupakan alat yang dapat merangsang otot. EMS disebut juga sebagai *Neuromuscular Electrical Stimulation* (NEMS). Ward (2004) menyebutkan bahwa mesin NEMS menggunakan lebar *pulse* yang relatif kecil. Arus DC dilepaskan ke dalam tubuh melalui elektrode konduktor yang terhubung ke unit faradik.

Arus listrik pada kawat didefinisikan sebagai jumlah total muatan yang melewatinya per satuan waktu pada suatu titik. Dengan demikian, arus rata-rata I didefinisikan sebagai (Giancoli, 2001):

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (4.3)$$

Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat pengaruh rangsangan listrik terhadap ukuran lingkaran perut. Kelompok kontrol mengalami kenaikan ukuran lingkaran perut sebesar 0,93 cm, sedangkan kelompok perlakuan dengan arus 0,55 mA mengalami kenaikan sebesar 1,74 cm. Dengan demikian, arus 0,55 mA dinilai efektif untuk meningkatkan ukuran lingkaran perut.

Stimulasi kelistrikan otot atau stimulasi listrik *neuromuscular* digunakan untuk mengurangi kejang otot, meningkatkan massa otot, dan memperkuat otot (Karageanes, 2005). Stimulasi listrik melalui bantalan elektroda yang melekat pada lengan dapat menyebabkan kontraksi otot yang menimbulkan gerakan (Nowak, 2009).

Gerakan otot dimulai oleh potensial aksi yang bergerak sepanjang akson. Potensial aksi ini disebabkan oleh elektroda negatif yang menempel di permukaan tubuh sehingga terjadi proses depolarisasi. Pada proses ini terjadi pertukaran ion Na^+ dan K^+ yang akan menghasilkan rangsangan pada unit motor neuron. Unit motor neuron akan meneruskan rangsangan menuju otak. Kemudian rangsangan tersebut akan kembali ke jaringan otot, sehingga otot mengalami kontraksi. Setelah itu, terjadi repolarisasi yang menyebabkan otot berelaksasi. Depolarisasi dan repolarisasi yang terjadi secara berulang-ulang akan meningkatkan tonus otot (William dalam Praditya, 2005). Hal itulah yang menyebabkan ukuran lingkaran perut tikus pada perlakuan arus 0,55 mA mengalami kenaikan sebesar 1,74 cm.

Pada kelompok perlakuan kedua yaitu dengan arus 0,62 mA menunjukkan bahwa rangsangan kelistrikan otot dapat menghambat kenaikan ukuran lingkaran perut. Ini dibuktikan dengan nilai perubahan ukuran lingkaran perut

yang lebih kecil dibandingkan dengan kelompok kontrol. Adapun kelompok perlakuan dengan arus 0,68 mA mampu menurunkan ukuran lingkar perut sebesar 0,07 cm. Hal ini menunjukkan bahwa stimulasi dengan arus 0,68 mA dinilai efektif untuk menurunkan ukuran lingkar perut.

Listrik yang mengalir melewati tubuh akan diubah menjadi energi panas. Giancoli (2001) menjelaskan bahwa jaringan sel memiliki hambatan yang cukup rendah karena fluida sel berisi ion-ion yang dapat menghantar dengan baik. Namun, lapisan luar kulit jika kering memiliki hambatan yang besar. Hambatan efektif pada kulit kering antara 10^4 sampai $10^6 \Omega$.

Aliran arus listrik yang melewati hambatan dikuti oleh perubahan energi listrik menjadi energi termal. Transformasi energi ini akan menaikkan temperatur bahan penghantar. Dengan hukum ohm, $V = IR$. Laju pemanasan Joule adalah (Harahap, 1988):

$$Q_J = IV = I^2R \quad (4.4)$$

Energi panas yang dihasilkan oleh arus listrik dapat meningkatkan temperatur pada daerah subkutan. Kim (2015) menjelaskan bahwa kenaikan temperatur ini dapat menyebabkan dilatasi pada pembuluh subkutan, sehingga terjadi proses lipolisis. Sel-sel lemak yang mengalami lipolisis akan terurai menjadi asam lemak dan gliserol dan dialirkan ke dalam pembuluh darah. Dengan demikian, asam lemak dan gliserol pada pembuluh darah akan meningkat. Adapun lemak pada daerah subkutan akan menurun sehingga berat badan lingkar perut menjadi berkurang (Neal, 2006).

Hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan trigliserida pada setiap perlakuan. Guyton (2007) mengemukakan 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. Hal tersebut yang menyebabkan kelompok kontrol mengalami peningkatan trigliserida sebesar 41 %.

Tikus yang diberi stimulasi arus 0,55 mA dan 0,62 mA mengalami kenaikan trigliserida yang sama, yaitu sebesar 42%. Hal ini dikarenakan kadar trigliserida pada kelompok stimulasi arus 0,55 mA juga dipengaruhi oleh metabolisme lemak secara alami. Metabolisme ini disebabkan oleh ukuran lingkaran perut kelompok arus 0,55 mA lebih besar daripada kelompok arus 0,62 mA, sehingga menyebabkan proses lipolisis yang terjadi juga lebih besar. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Sargowo (2015), Asam lemak bebas berasal dari lipolisis trigliserida di jaringan adiposa. Semakin banyak jaringan adiposa, maka asam lemak bebas yang dilepaskan juga makin meningkat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tikus yang diberi stimulasi listrik mengalami peningkatan kadar trigliserida yang lebih besar daripada kelompok kontrol. Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa rangsangan kelistrikan otot sebesar 0,68 mA dinilai paling efektif untuk meningkatkan kadar trigliserida dalam darah, yang mana kenaikannya mencapai 44 %. Sehingga stimulasi dengan arus 0,68 mA tidak efektif penggunaannya pada segi kesehatan.

Standar deviasi pada pengukuran lingkaran perut tikus putih menunjukkan bahwa nilai ragam antar sampel pada setiap perlakuan mendekati rata-rata, karena

nilainya dibawah angka 1. Arias (2009) mengemukakan bahwa standar deviasi merupakan kuantitas yang tidak negatif. Jika nilai-nilai di dalam suatu kumpulan data mendekati mean, standar deviasinya akan menjadi kecil (jika nilai-nilai didistribusikan dekat di sekitar mean). Jika nilai-nilai di dalam suatu kumpulan data tidak dekat dengan mean, standar deviasinya akan menjadi besar.

Sedangkan nilai standar deviasi pada pengukuran kadar trigliserida dalam darah menunjukkan bahwa nilai antar sampel pada setiap perlakuan memiliki perbedaan yang cukup besar. Hal ini ditunjukkan pada nilai standar deviasi sesudah perlakuan mencapai angka di atas 50. Perbedaan kadar trigliserida darah pada setiap tikus disebabkan karena metabolisme dalam setiap tubuh berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Lingga (2001), orang-orang yang terbiasa makan banyak, tetapi lemak di tubuhnya sedikit. Alasannya adalah adanya perbedaan metabolisme dalam setiap individu. Maka dari itu, proses penimbunan lemak merupakan peristiwa rumit yang tidak mudah dipahami orang awam. Jika laju metabolisme seseorang berjalan cepat, maka lemak yang dirombak melalui reaksi lipolisis semakin banyak sehingga mengimbangi jumlah yang terbentuk melalui reaksi lipogenesis.

4.3 Kajian Integrasi Aplikasi Rangsangan Kelistrikan Otot

Tubuh merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia. Tanpa tubuh, manusia tidak akan mampu menjalankan aktivitas sehari-hari dengan sempurna. Oleh karena itu, menjaga tubuh adalah hal yang sangat penting untuk dilakukan. Menjaga tubuh dapat dilakukan dengan cara menjaga berat badan menjadi ideal. Berat badan yang ideal dapat diperoleh dengan menjaga pola

makan. Pola makan yang baik seperti memakan makanan yang bergizi, sehat, dan tidak berlebih-lebihan. Pola makan yang berlebihan akan menyebabkan tubuh mengalami *overweight*. Selain itu, Allah SWT telah memerintahkan untuk memakan makanan dengan cara yang tidak berlebihan, sebagaimana Allah SWT berfirman (Q.S. Al A'raf [7]: 31):

﴿يٰٓاٰدَمُ خُذُوْا زِيْنَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوْا وَشَرِبُوْا وَّلَا تُسْرِفُوْا اِنَّهٗ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِيْنَ ۝۳۱﴾

“Hai anak Adam, pakailah pakaianmu yang indah di setiap (memasuki) masjid, makan dan minumlah, dan janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan” (Q.S. Al A'raf [7]: 31).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT memerintahkan umat-Nya untuk makan dengan tidak berlebihan. Indikasi ini berdasarkan dari kata *وَلَا تُسْرِفُوْا* (dan janganlah berlebih-lebihan). Pola kesehatan tubuh akan terganggu jika terlalu banyak ataupun terlalu sedikit makan. Terlalu banyak makan akan membuat tubuh menjadi kelebihan lemak dan menyebabkan penyakit.

Ibnu Jarir mengatakan sehubungan dengan makna firman-Nya pada ayat di atas yakni yang melampaui batasan Allah SWT dalam masalah halal atau haram, yang berlebih-lebihan terhadap apa yang diharamkan-Nya, yaitu dengan menghalalkan yang diharamkan-Nya atau mengharamkan yang diharamkan-Nya. Tetapi Allah menyukai sikap yang menghalalkan apa yang diharamkan-Nya dan mengharamkan apa yang diharamkan-Nya, karena yang demikian itulah sifat pertengahan yang diperintahkan oleh-Nya (Abdullah, 2007).

Tidak hanya pola makan yang harus diperhatikan dalam menjaga kesehatan, akan tetapi kandungan makanan yang dimakan harus seimbang dan sesuai dengan asupan yang dibutuhkan oleh tubuh. Allah SWT telah

memerintahkan untuk memakan makanan yang baik, sebagaimana Allah SWT berfirman (Q.S. Al Anfal [8]: 69):

فَكُلُوا مِمَّا غَنِمْتُمْ حَلَالًا طَيِّبًا وَاتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ ٦٩

”Maka makanlah dari sebagian rampasan perang yang telah kamu ambil itu, sebagai makanan yang halal lagi baik, dan bertakwalah kepada Allah; sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang“ (Q.S. Al Anfal [8]: 69).

Berdasarkan tafsir oleh Kementerian Agama RI, diriwayatkan bahwa:

“Pada mulanya kaum Muslimin tidak mau mempergunakan harta tebusan yang dibayar oleh kaum musrikin, karena takut akan tersalah lagi apabila belum ada wahyu yang mengizinkan mereka memanfaatkannya, maka turunlah ayat ini.” Ini adalah suatu bukti lagi bagi mereka atas rahmat dan kasih sayang Allah kepada mereka. Sesudah mereka melakukan kesalahan, mereka diampuni dan dibebaskan dari siksaan atas kesalahan itu, kemudian diizinkan pula memakan dan memiliki hasil dari tindakan salah itu, yaitu uang tebusan yang mereka terima dari para tawanan itu adalah halal dan baik bukan seperti daging babi dan bangkai. Kemudian Allah SWT menyuruh mereka agar selalu bertakwa kepada-Nya dengan mengerjakan segala perintah-Nya dan menjauhi semua larangan-Nya, karena Dialah Yang Maha Pengampun dan Penyayang

Berbagai cara telah dilakukan untuk mengatasi *overweight*, salah satunya dengan diet. Diet dapat mengurangi berat badan dan membuat tubuh menjadi proporsional. Akan tetapi dalam pelaksanaannya sangat sulit menahan rasa lapar, dan jika diet dilakukan tidak sesuai aturan akan menyebabkan penyakit. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dikembangkan metode alternatif dengan menggunakan listrik. Energi listrik akan diubah menjadi energi panas, sehingga

lemak yang berada di jaringan adiposa menjadi berkurang. Energi panas telah dijelaskan dalam Q.S. Al Mukmin [40]: 71-72:

إِذِ الْأَغْلَالُ فِي أَعْنَاقِهِمْ وَالسَّلْسُلُ يُسْحَبُونَ ۗ فِي الْحَمِيمِ ثُمَّ فِي النَّارِ يُسْجَرُونَ ۗ ۷۲

“Ketika belunggu dan rantai dipasang di leher mereka, seraya mereka diseret ke dalam air yang sangat panas, kemudian mereka dibakar dalam api” (Q.S. Al Mukmin [40]: 71-72)

Berdasarkan tafsir Al Jalalain, *الْحَمِيمِ* yang memiliki arti *air panas* adalah neraka jahannam. Neraka ini mempunyai energi panas yang sangat besar sehingga mampu membakar partikel-partikel sekecil apapun. Sehingga energi panas dapat membakar partikel lemak dan menipiskan lemak di jaringan adiposa. Salah satu penghasil energi panas adalah energi listrik yang dihasilkan oleh EMS (*Electrical Muscle Stimulation*).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh rangsangan kelistrikan otot terhadap lingkaran perut maka disimpulkan bahwa:

1. Rangsangan kelistrikan otot dengan arus sebesar 0,62 mA dapat menekan pertumbuhan lingkaran perut tikus putih (*Rattus Norvegicus*). Titik maksimum penurunan ukuran lingkaran perut terjadi pada arus 0,68 mA dengan penurunan sebesar 0,07 cm.
2. Rangsangan kelistrikan otot dengan arus 0,55 mA dapat mempercepat pertumbuhan lingkaran perut tikus putih (*Rattus Norvegicus*) sebesar 1,74 cm.
3. Persentase kadar trigliserida dalam darah meningkat seiring dengan bertambahnya arus listrik yang distimulasikan. Titik maksimum persentase trigliserida terjadi pada stimulasi arus 0,68 mA. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar arus listrik yang distimulasikan akan memberi dampak negatif bagi tubuh, sehingga tidak cocok penggunaannya pada segi kesehatan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka disarankan:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan hewan uji yang digunakan agar sesuai dengan kaidah statistik.

2. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode sonde oral pada saat pemberian makan hewan uji. Agar jumlah makanan yang masuk ke dalam setiap tubuh tikus sama.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, DR.Eng. Mikrajuddin. 2006. *Diktat Kuliah Fisika Dasar II Tahap Persiapan Bersama ITB*. Bandung: ITB.
- Abdullah, M. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Adriani, Merryana, Bambang Wijatmadi. 2016. *Pengantar Gizi Masyarakat*. Jakarta: Kencana.
- Al-Qur'an dan Terjemahannya. 2010. Departemen Agama RI. Jabal: Bandung.
- Arias, Kathleen Meehan. 2009. *Investigasi dan Pengendalian Wabah di Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta: EGC.
- Asriwati. 2017. *Fisika Kesehatan dalam Keperawatan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Astawan, Made, Andreas Leomitro. 2009. *Khasiat Whole Grain Makanan Berserat untuk Hidup Sehat*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Campbell, Nell A, Jane B Reece, Lawrence G. Mitchell. 2002. *Biologi Edisi Kelima Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Clover, Jim. 2007. *Sports Medicine Essentials: Core Concepts in Athletic Training & Fitness Instruction, 2nd Edition*. USA: Library of Congress Cataloging.
- Gabriel, J.F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Gussow, Milton. 2004. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Guyton, A.C dan Hall J.E. 2007. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Harahap, Zulkifli. 1988. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Hartono, Andry. 2006. *Terapi Gizi dan Diet Rumah Sakit*. Jakarta: EGC.
- Hayt, William H, Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin. 2005. *Rangkaian Listrik Edisi Keenam Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Karageanes, Steven J. 2005. *Principles of Manual Sports Medicine*. USA: Library of Congress Cataloging.

- Kartono, Muhammad. 2014. *Dampak Arus Listrik Terhadap Tubuh Manusia*. <https://muhammadkartono.wordpress.com/2014/07/25/dampak-arus-listrik-terhadap-tubuh-manusia-2/>. Tanggal akses 29 Januari 2018.
- Kementrian Agama RI. 2010. *Al-Qur'an dan Tafsirnya*. Jakarta: Lentera Abadi.
- Kim, Jin Seop, Duck won Oh. 2015. Effects of High-Frequency Current Therapy on Abdominal Obesity in Young Women: A Randomized Controlled Trial. *J. Phys. Ther. Sci.* Vol. 27, No. 1.
- Linder, Maria C, 1992. *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*. Jakarta: UI-Press.
- Lingga, Lanny. 2011. *Gampang & Pasti Langsing*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- Marks, Dawn B. 2000. *Biokimia Kedokteran Dasar: Sebuah Pendekatan Klinis*. Jakarta: EGC.
- MHA, Erik Tapan. 2005. *Kesehatan Keluarga Penyakit Degeneratif*. Jakarta: Elexmedia Komputindo.
- Mustafa, Ozdal, Bostanci Osgur. 2016. Effect of Whole-Body Electromyostimulation and Without Voluntary Muscular Contractions on Total and Regional Fat Mass of Women. *Arch. Appl. Sci. Res.* Vol. 8, No. 3.
- Neal, Michael J. 2006. *Farmakologi Medis*. Jakarta: Erlangga.
- Nowak, Dennis A, dan Joachim Hermsdorfer. 2009. *Sensorimotor Control of Grasping*. US: Cambridge University Press.
- Nur'afni, Heni. 2009. *Diet for Muslimah*. Bandung: MIZAN.
- O'hare. 2007. *Mana yang Lebih Banyak, Orang Mati Atau Orang yang Hidup? & Mengapa Rambut Menjadi Uban?*. Jakarta: UFUK Press.
- Praditya, Zia Yucca. *Pengaruh Penambahan Electrical Muscle Stimulation (EMS) Terhadap Peningkatan Tonus Otot pada Penderita Delayed Development*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rahmawati. 2009. Pengaruh Stimulasi Listrik Terhadap Pembuluh Darah dan Jaringan Ikat Fibrous pada Penyembuhan Luka. *Prosiding SENTIA*.
- Sandi, SB. 2014. *Arus DC*. <http://www.sandielektronik.com/2014/05/gelombang-listrik.html>. Tanggal pada 6 Maret 2018.
- Sargowo, Djanggan. 2015. *Disfungsi Endotel*. Malang: UB Press.

- Sharma, Lehri A, dan Verma S.K. 2011. Effect of Electrical Muscle Stimulation on Reducing Fat from the Body. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy*. Vol. 7, No. 1.
- Soedjo, Peter. 1999. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: ANDI.
- Sutrisno, Tan Ik Gie. 1979. *Fisika Dasar: Listrik, Magnet, dan Termofisika*. Bandung: Penerbit ITB.
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar Jilid 3*. Bandung: ITB.
- Ward, Dawn Mernagh, dan Jennifer Cartwright. 2004. *Health and Beauty Therapy*. UK: Nelson Thomas Ltd.
- Wittmann, Katharina, dkk. 2016. Impact of Whole Body Electromyostimulation on Cardiometabolic Risk Factors in Older Women With Sarcopenic Obesity: The Randomized Controlled FORMOsA-Sarcopenic Obesity Study. *Clinical Interventions in Aging*. Vol. 11, No. 1.
- Wolke, Robert L. 2004. *Kalo Einstein Lagi Cukuran Ngobrolin Apa Ya?*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Young & Freedman. 2003. *Fisika Universitas Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Zemansky, Mark W, Richard H. Dittman. 1986. *Kalor dan Termodinamika*. Bandung: Penerbit ITB.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Perhitungan Kalibrasi Alat

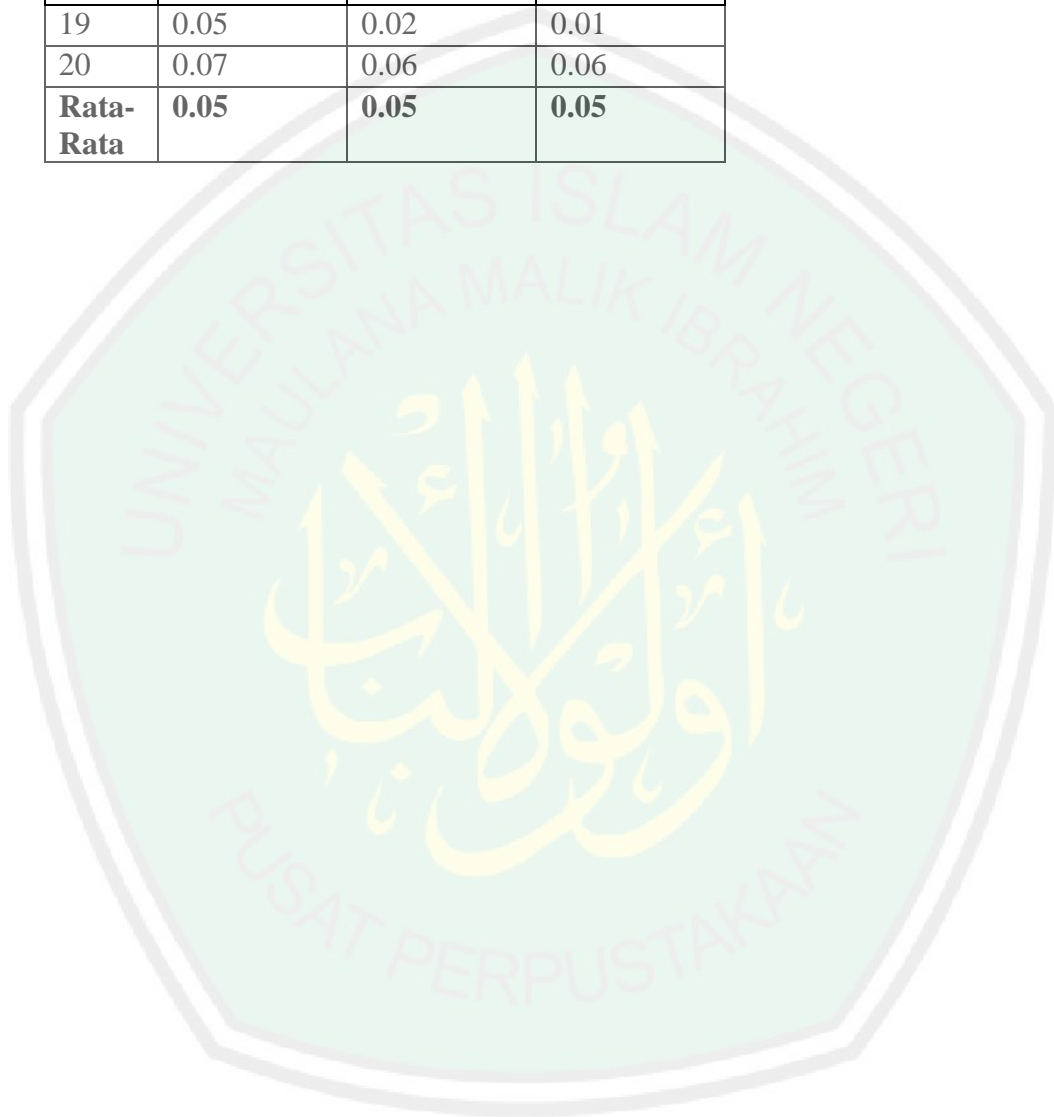
Perhitungan Arus

No	Arus (mA)		
	Intensitas 1	Intensitas 2	Intensitas3
1	0.7	0.71	0.76
2	0.71	0.72	0.69
3	0.67	0.73	0.74
4	0.23	0.72	0.76
5	0.39	0.71	0.75
6	0.55	0.73	0.76
7	0.66	0.6	0.75
8	0.69	0.21	0.75
9	0.7	0.41	0.43
10	0.71	0.59	0.15
11	0.32	0.67	0.53
12	0.27	0.7	0.66
13	0.51	0.72	0.73
14	0.64	0.71	0.76
15	0.68	0.73	0.75
16	0.7	0.72	0.59
17	0.71	0.29	0.76
18	0.45	0.33	0.75
19	0.16	0.71	0.75
20	0.47	0.71	0.76
Rata-Rata	0.55	0.62	0.68

Perhitungan Tegangan

No	Tegangan (V)		
	Intensitas 1	Intensitas 2	Intensitas 3
1	0.06	0.07	0.07
2	0.07	0.02	0.08
3	0.06	0.04	0.05
4	0.01	0.06	0.01
5	0.06	0.07	0.06
6	0.05	0.06	0.08
7	0.07	0.07	0.07
8	0.02	0.02	0.08
9	0.03	0.06	0.07
10	0.06	0.07	0.02
11	0.07	0.04	0.05
12	0.03	0.01	0.07

13	0.01	0.05	0.08
14	0.06	0.06	0.03
15	0.07	0.07	0.02
16	0.06	0.02	0.07
17	0.04	0.04	0.08
18	0.01	0.07	0.04
19	0.05	0.02	0.01
20	0.07	0.06	0.06
Rata-Rata	0.05	0.05	0.05



Lampiran 2 Data Ukuran Lingkar Perut Tikus (*Rattus norvegicus*)

Perlakuan		Lingkar Perut (cm)			Rata-Rata (cm)
		1	2	3	
Kontrol	Sebelum Perlakuan	10,10	9,70	11,60	10,47
	Sesudah Perlakuan	11,80	10,40	12,00	11,40
0,55 mA	Sebelum Perlakuan	9,50	9,50	10,20	9,73
	Sesudah Perlakuan	11,70	11,50	11,20	11,47
0,62 mA	Sebelum Perlakuan	10,80	12,30	11,60	11,57
	Sesudah Perlakuan	12,10	12,00	12,00	12,03
0,68 mA	Sebelum Perlakuan	11,20	11,30	10,70	11,07
	Sesudah Perlakuan	12,30	10,80	9,90	11,00



Lampiran 3 Data Kadar Trigliserida Darah Tikus (*Rattus norvegicus*)

Perlakuan		Trigliserida (mg/dL)			Rata-Rata (mg/dL)
		1	2	3	
Kontrol	Sebelum Perlakuan	73,00	73,00	109,00	85,00
	Sesudah Perlakuan	77,00	146,00	207,00	143,30
0,55 mA	Sebelum Perlakuan	74,00	79,00	70,00	74,30
	Sesudah Perlakuan	100,00	173,00	110,00	127,67
0,62 mA	Sebelum Perlakuan	74,00	71,00	70,00	71,70
	Sesudah Perlakuan	83,00	88,00	198,00	123,00
0,68 mA	Sebelum Perlakuan	87,00	82,00	83,00	84,00
	Sesudah Perlakuan	164,00	213,00	72,00	149,67



Lampiran 4 Gambar Alat dan Bahan Penelitian



Kalibrasi alat menggunakan multimeter



Aklimatisasi hewan uji



Pengukuran lingkaran perut



Pemberian stimulasi kelistrikan otot



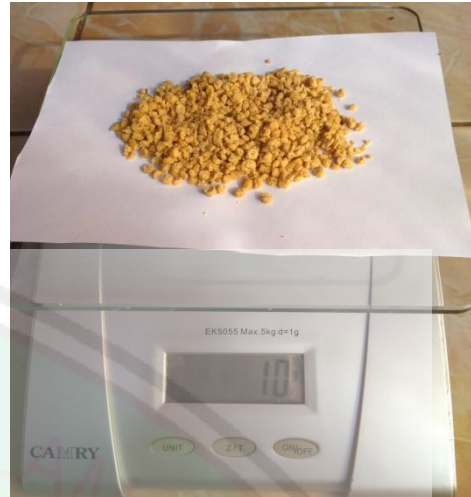
Pemberian stimulasi kelistrikan otot



Pemijatan ekor untuk mengambil darah



Pengukuran kadar trigliserida



Penakaran pakan BR1



Penakaran pakan jagung



**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 : Eva Nawangwulan
NIM : 14640034
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Rangsangan Kelistrikan Otot Terhadap Ukuran Lingkar Perut
Pembimbing I : Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd

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 Bab IV dan V	
6	18 Juli 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
7	23 Juli 2018	Konsultasi Integrasi Agama	
8	27 Juli 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
9	27 Juli 2018	Acc Integrasi Agama	
10	31 Juli 2018	Konsultasi Semua Bab dan Abstrak	
11	1 Agustus 2018	Acc Semua Bab dan Abstrak	

Malang, 24 Agustus 2018
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

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