

TESIS

**PENGARUH BEKATUL DAN LAWI-LAWI TERHADAP
BERAT BADAN DAN GLUKOSA TIKUS WISTAR JANTAN
DIABETES**

***THE INFLUENCE RICE BRAN AND LAWI-LAWI ON BODY
WEIGHT AND BLOOD GLUCOSE IN MALE DIABETIC
WISTAR RATS***

Disusun dan diajukan oleh

**MAHFUD NOOR HUSAINI
K012191009**



**PROGRAM STUDI S2 KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENGARUH BEKATUL DAN LAWI-LAWI TERHADAP
BERAT BADAN DAN GLUKOSA TIKUS WISTAR
JANTAN DIABETES**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai gelas Magister

**Program Studi
Ilmu Kesehatan masyarakat**

**Disusun dan diajukan oleh:
MAHFUD NOOR HUSAINI**

Kepada

**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH BEKATUL DAN LAWI-LAWI TERHADAP BERAT BADAN
DAN GLUKOSA TIKUS WISTAR JANTAN D IABETES**

Disusun dan diajukan oleh

**MAHFUD NOOR HUSAINI
K012191009**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 5 April 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. dr. Burhanuddin Bahar, M.Sc
NIP. 19491015 198601 1 001

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat



Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc., Ph.D
NIP. 19720529 200112 1 001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Healthy Hidayanty, SKM., M.Kes.
NIP. 19840306 200812 2 005

Ketua Program Studi S2 Ilmu
Kesehatan Masyarakat



Prof. Dr. Masni, Apt., MSPH.
NIP. 19590605 198601 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mahfud Noor Husaini
NIM : K012191009
Program studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

PENGARUH BEKATUL DAN LAWI-LAWI TERHADAP BERAT BADAN DAN GLUKOSA TIKUS WISTAR JANTAN DIABETES

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 06 April 2023.

Yang menyatakan



Mahfud Noor Husaini

KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat, serta perlindungan dan pertolongan-Nya yang senantiasa diberikan kepada penulis. Salawat dan salam juga penulis haturkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, sang manusia pilihan Tuhan sebagai khalifah umat yang telah membawa perubahan dan peradaban pada dunia. Alhamdulillahirabbil"alamin, penulisan hasil penelitian yang berjudul "Pengaruh Lawi-Lawi Dan Bekatul Terhadap Berat Badan Dan Kadar Glukosa Tikus Diabetes" dapat terselesaikan, guna memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda Noor Shoim dan Ibunda Sri Yuniarsih yang selama ini telah mencurahkan segala cinta dan kasih sayang demi mewujudkan mimpi saya meraih pendidikan yang setinggi tingginya. Kepada istri saya Diah Nur Awaliyah tercinta yang selalu ada dan menemani dalam penyelesaian penelitian ini Kakak-kakak saya yang telah memberikan motivasi dan semangat ketika sedang dalam fase down selama mengerjakan tugas akhir ini. Terima kasih pula kepada seluruh keluarga tersayang yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang selama ini senantiasa mendukung secara moril dan materil dalam mengarungi lika liku perjalanan kemahasiswaan saya sehingga mampu

menyelesaikan hasil penelitian ini. Benar kata petuah “Keluarga adalah harta terindah bagi kita”.

Dalam penyelesaian hasil penelitian ini, penulis telah banyak mendapat bantuan, dukungan, motivasi dan doa dari berbagai pihak, baik saat menempuh pendidikan, penelitian maupun saat penulisan hasil penelitian ini dan hal ini merupakan sebuah kebahagiaan dan kegembiraan. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang tak terhingga Bapak Dr. dr. Burhanuddin Bahar, MS selaku pembimbing utama dan kepada Almarhum Prof Dr Saifuddin Sirajuddin, MS selaku pembimbing pertama saya yang telah banyak membimbing saya dari awal hingga sekarang digantikan dengan Ibu Dr. Healthy Hidayanty, SKM.,M.Kes. pembimbing pendamping yang telah banyak mencurahkan tenaga dan pikirannya, meluangkan waktunya yang begitu berharga untuk memberi bimbingan dan pengarahan dengan baik, dan memberikan dukungan serta motivasi dalam penyelesaian hasil penelitian ini. Rasa hormat dan terima kasih penulis sampaikan pula kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. dr. Budu, Ph.D.,Sp.M(K),M.MedEd. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Bapak Dr. Aminuddin Syam, S.K.M.,Mkes.,M.Med.Ed selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Ibu Prof. Dr. Masni, Apt.,MSPH selaku Ketua Program Studi Kesehatan Masyarakat

Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, beserta seluruh tim pengajar pada Konsentrasi Ilmu Gizi yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama penulis mengikuti pendidikan.

2. Bapak Dr. Abdul Salam, SKM.,M.Kes ., Bapak Dr. Irwandy, SKM., M. ScPh., M. Kes , dan Ibu Dr. dr. Syamsiar S. Russeng, MS yang telah banyak memberikan masukan serta arahan dalam penyempurnaan penyusunan dan penulisan hasil penelitian ini.
3. Teman-teman seperahu seperjuangan yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, kerjasama, kebersamaan, keceriaan, dan kenangan indah selama pendidikan dan dalam penyusunan hasil penelitian ini.

Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Tuhan yang Maha Esa. Penulis menyadari sepenuhnya hasil penelitian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik penulis sangat harapkan demi penyempurnaan penulisan ini. Akhir kata, tiada kata yang patut penulis ucapkan selain doa semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan ridho dan berkah-Nya atas amalan kita di dunia dan di akhirat. Amin.

Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 4 Januari 2023

Mahfud Noor Husaini

ABSTRAK

MAHFUD NOOR HUSAINI. *Pengaruh Bekatul dan Lawi-lawi Terhadap Berat Badan dan Gula Darah Tikus Wistar Jantan Diabetes.* (Dibimbing oleh **Burhanuddin Bahar dan Healthy Hidayanty**)

Bekatul dan rumput laut lawi-lawi bermanfaat menghambat penyakit Diabetes Militus (DM) dan mencegah obesitas, namun pemanfaatannya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bekatul dan lawi-lawi terhadap Berat Badan (BB) dan glukosa darah.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Gizi Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar untuk pembuatan ekstrak bekatul dan rumput laut lawi-lawi, dan di Laboratorium Biofarmasi Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin Makassar untuk uji pengaruh kepada tikus. Jenis penelitian ini ialah eksperimental murni. Sampel penelitian menggunakan tikus wistar jantan DM dan Obesitas berusia 8 minggu, diambil secara *Simple Random Sampling* berjumlah 30 ekor tikus wistar dibagi menjadi 5 kelompok yaitu 2 kontrol (kontrol aquades dan kontrol obat) dan 3 perlakuan (bekatul, lawi-lawi dan kombinasi keduanya) selama 14 hari perlakuan. Pengukuran menggunakan alat timbangan analitis (Sartorius) dan alat *hematology Analyzer*. Data BB dan DM yang diperoleh dan dianalisis menggunakan SPSS, dengan uji *Paired Simple T-Test* dan *One-Way Anova*.

Hasil penelitian menggunakan uji *One-Way Anova* bahwa seluruh kelompok perlakuan intervensi menunjukkan nilai $p (0.000) < 0,05$ yang berarti bahwa ada pengaruh bekatul dan lawi-lawi terhadap penurunan BB dan gula darah tikus yang signifikan. Kelompok terbaik dalam menurunkan BB adalah kelompok K3 (lawi-lawi) dengan nilai *mean difference* 11,20 dan penurunan sebesar 20% dari 189.2 g menjadi 152.2 g. Kemudian kelompok terbaik dalam menurunkan gula darah adalah kelompok K3 (lawi-lawi) dengan nilai *mean difference* 33,20 dan penurunan sebesar 53% dari 248 mg/dl menjadi 116.2 mg/dl. Disimpulkan bahwa konsumsi lawi-lawi saja lebih baik dibandingkan dengan bekatul atau kombinasi bekatul dan lawi-lawi dalam menurunkan berat badan dan gula darah pada tikus diabetes. Penelitian ini berpotensi untuk dilakukan pada subjek manusia yang diabetes.

Kata Kunci: Serbuk Bekatul, Serbuk Lawi-Lawi, Flavonoid, Serat, Oryzanol, Diabetes, Obesitas Tikus Wistar Jantan,



ABSTRACT

MAHFUD NOOR HUSAINI. *The Influence Rice Bran and Lawi-Lawi on Body Weight and Blood Glucose in Male Diabetic Wistar Rats.* (Guided By **Burhanuddin Bahar And Healthy Hidayanty**)

Rice bran and Lawi-lawi seaweed are useful in preventing diabetes mellitus (DM) and preventing obesity, but their use is still limited. This study aims to determine the effect of rice bran and Lawi-lawi on body weight (BB) and blood glucose.

This type of research is purely experimental. The research sample used DM and Obesity male wistar rats aged 8 weeks, taken by Simple Random Sampling totaling 30 wistar rats divided into 5 groups, namely 2 controls (control of distilled water and control of drugs) and 3 treatments (bran, Lawi-lawi and a combination of both) for 14 days of treatment. Measurements using an analytical balance (Sartorius) and a hematology analyzer. BB and DM data were obtained and analyzed using SPSS, with the Paired Simple T-Test and One-Way Anova tests.

The findings revealed that all intervention therapy groups had a p-value of 0.000, indicating that rice bran and Lawi-lawi had a substantial impact on the rats' weight and blood sugar levels. Group K3 (Lawi-lawi) had the best results in shedding pounds, with a mean difference of 11.20 and a 20% drop in weight from 189.2 g to 152.2 g. Then, group K3 (Lawi-lawi) performed the best in terms of lowering blood sugar, with a mean difference of 33.20 and a drop-in blood sugar of 53% from 248 mg/dl to 116.2 mg/dl to reduce body weight and blood sugar in diabetic rats. It was found that Lawi-lawi alone was superior to rice bran or Lawi-lawi with rice bran. Furthermore, this research has the potential to be carried out on diabetic human subjects.

Keywords: Rice Bran Powder, *Lawi-Lawi* Powder, Flavonoids, Fiber, Oryzanol, Diabetes, Obesity In Male Wistar Rats.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tinjauan Umum Tentang Glukosa Darah	11
B. Tinjauan Umum Tentang Berat Badan	20
C. Tinjauan Umum Tentang Diabetes.....	25
D. Tinjauan Umum tentang Bekatul.....	46
E. Tinjauan Umum Tentang Rumput Laut Lawi-Lawi.....	52
F. Tinjauan Umum Tikus Putih Galur Wistar	59
G. Kerangka Teori	61
H. Kerangka Konsep	65
I. Defenisi Operasional.....	66
J. Alur Penelitian.....	70
K. Hipotesis Penelitian	71
L. Tabel Sintesa.....	72
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian dan Lokasi Penelitian	78
B. Populasi, Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel	79
C. Vairabel Penelitian dan Defenisi Operasional	82
D. Data yang dikumpulkan	82
E. Alat dan bahan.....	82
F. Persiapan Bahan uji.....	83
G. Proses Pengujian.....	87
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Data Pengukuran Berat Badan dan Gula Darah Tikus	93
B. Analisis Data.....	104
C. Pembahasan	111
D. Keterbatasan Penelitian	121
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	123
B. Saran	124
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi BMI menurut WHO	21
Tabel 2.2 Komposisi Nutrisi Bekatul	49
Tabel 2.3 Nutrisi Rumput Laut	55
Tabel 2.4 Tabel Sintesa	72
Tabel 3.1 Nilai Konversi objek penelitian	85
Tabel 3.2 Volume ad larutan dosis perlakuan sesuai berat badan	86
Tabel 4.1 Distribusi data berat badan tikus awal dan setelah penggemukan.....	94
Tabel 4.2 Distribusi data selisih perubahan berat badan tikus awal dibandingkan dengan berat badan setelah perlakuan	96
Tabel 4.4 Distribusi data rerata selisih berat badan tikus selama 14 hari setelah perlakuan	98
Tabel 4.5 Distribusi data glukosa darah tikus awal dan setelah induksi aloksan pada kelompok perlakuan	99
Tabel 4.6 Distribusi data seilish perubahan glukosa darah tikus awal dibandingkan dengan glukosa darah setelah perlakuan	101
Tabel 4.7 Distribusi data rerata selisih glukosa darah tikus selama 14 hari setelah perlakuan	103
Tabel 4.8 Uji paired sample T-test perubahan berat badan tikus (pre-post)	104
Tabel 4.9 Uji paired sample T-test perubahan glukosa darah tikus (pre- post)	105
Tabel 4.10 Uji One way anova rerata perubahan berat badan tikus	106
Tabel 4.11 Uji One way anova rerata perubahan glukosa darah tikus ...	107
Tabel 4.12 Hasil Post hoc rerata perubahan berat badan tikus	108
Tabel 4.13 Hasil Post hoc rerata perubahan glukosa darah tikus.....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metabolisme Glukosa.....	14
Gambar 2.2 Struktur Beras	48
Gambar 2.3 Rumput Laut Lawi-Lawi.....	52
Gambar 2.4 Tikus Putih Wistar	59

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Lembar Pengamatan Adaptasi Penggemukan (14 \ Hari)
LAMPIRAN 2	Lembar Pengamatan Penurunan Berat badan dan Gula Darah(14 hari)
LAMPIRAN 3	Surat Izin Penelitian ke Lab Gizi FKM UNHAS
LAMPIRAN 4	Surat Izin Penelitian ke Fakultas Farmasi UNHAS
LAMPIRAN 5	Persetujuan Etik Penelitian
LAMPIRAN 6	Data BB Tikus
LAMPIRAN 7	Data Gula Darah Tikus
LAMPIRAN 8	Uji Normalitas Data
LAMPIRAN 9	Uji Analisis Data Simple Paired T-Test (pre-post)
LAMPIRAN 10	Uji Analisis Data One Way Anova BB Tikus
LAMPIRAN 11	Uji Analisis Data One Way Anova Gula Darah Tikus
LAMPIRAN 12	Dokumentasi Penelitian
LAMPIRAN 13	Daftar Riwayat Hidup

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kadar gula darah merupakan suatu parameter yang menunjukkan kondisi hiperglikemia ataupun hipoglikemia. Hiperglikemia merupakan keadaan atau kondisi kadar gula darah (glukosa) dalam darah tinggi, sedangkan hipoglikemia menunjukkan keadaan kadar gula darah rendah. Penyebab terjadinya hiperglikemia adalah adanya defisiensi insulin. Dalam keadaan hiperglikemia, kapasitas sekresi insulin menjadi lemah sehingga produksi insulin semakin berkurang.

Berat badan adalah ukuran tubuh dalam sisi beratnya yang ditimbang dalam keadaan berpakaian minimal tanpa perlengkapan apapun. Berat badan diukur dengan alat ukur berat badan dengan satuan kilogram. Dengan mengetahui berat badan seseorang maka kita dapat memperkirakan tingkat kesehatan atau gizi seseorang.

Diabetes Melitus (DM) merupakan suatu penyakit menahun yang ditandai dengan kadar glukosa darah (gula darah) melebihi normal yaitu kadar gula darah sewaktu sama atau lebih dari 200 mg/dl, dan kadar gula darah puasa di atas atau sama dengan 126 mg/dl (Hestiana, 2017). DM dikenal sebagai silent killer karena sering tidak disadari oleh penyandanginya dan saat diketahui sudah terjadi komplikasi (Kementrian Kesehatan RI, 2014). DM dapat menyerang hampir seluruh sistem tubuh manusia, mulai dari kulit sampai jantung yang menimbulkan komplikasi.

Adapun faktor-faktor risiko terhadap obesitas yaitu pola makan, gaya hidup, kurangnya aktivitas dan kurangnya kesadaran pola hidup baik. Pada kebanyakan penderita obesitas biasanya mempunyai kegemaran yang tidak lazim, seperti menjadi vegetarian, kesibukan yang mana menjadikan mereka memilih makanan di luar atau hanya menyantap kudapan salah satunya *junk food*.

Keadaan gula darah yang berlebih dapat menjadi suatu kondisi diabetes apabila tidak terjadi penurunan kadar gula darah dalam beberapa kali pengecekan. Menurut World Health Organization (WHO) dalam kondisi hiperglikemia kadar gula darah memiliki rentang nilai antara 100-126 mg/dL dan termasuk kedalam keadaan toleransi abnormal glukosa..

Dampak dari hiperglikemi yang terjadi dari waktu ke waktu dapat menyebabkan kerusakan berbagai sistem tubuh terutama syaraf dan pembuluh darah. Komplikasi DM yang sering terjadi antara lain penyebab utama gagal ginjal, retinopati diabetacum, neuropati (kerusakan syaraf) dikaki yang meningkatkan kejadian ulkus kaki, infeksi bahkan keharusan untuk amputasi kaki. Meningkatnya risiko penyakit jantung dan stroke dan risiko kematian penderita diabetes secara umum adalah dua kali lipat dibandingkan bukan penderita diabetes mellitus (Kementrian Kesehatan RI, 2014).

Prevalensi diabetes didunia berkembang pesat dengan jumlah proyeksi meningkat dari 171 juta pada tahun 2000 menjadi 366 juta pada tahun 2030. Amerika Serikat memperkirakan sekitar 19,3 milyar penduduknya

terdiagnosa diabetes dengan 5,8 milyar belum terdiagnosa dan sekitar 41 milyar diperkirakan masuk kondisi prediabetes (Jyaningrum, 2016). Prevalensi prediabetes di Indonesia diperkirakan sekitar 300 juta penduduk Indonesia masuk dalam kondisi prediabetes (Kristanti, Huriah, & Khoiriyati, 2016). Prediksi dari 33 provinsi di Indonesia terdapat 10% penduduk di Indonesia masuk kondisi prediabetes pada tahun 2011 (Rosha, Kumalaputri, & Suryaputri, 2019)

Menurut Data Dinas Kesehatan Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa jumlah pasien diabetes mellitus lima tahun terakhir mengalami peningkatan. Pasien diabetes mellitus yang berobat di puskesmas tahun 2010 sebesar 9,61%, 2011 sebesar 9,32%, meningkat pada tahun 2012 sebesar 12,6%. Pasien diabetes mellitus yang berobat di rumah sakit lima tahun terakhir mengalami peningkatan, tahun 2010 sebesar 14,24%, 2011 sebesar 29,38%, tahun 2012 sebesar 27,64% (Dinas Kesehatan Propinsi Sulawesi Selatan, 2013).

Data yang dipublikasikan oleh Kemenkes, (2014) penyandang Diabetes di Sulawesi Selatan sebanyak 91.823 orang. Menurut hasil Riskesdas Tahun 2013 Prevalensi Diabetes yang didiagnosis dokter atau berdasarkan gejala sebesar 3,4%. Prevalensi Diabetes yang didiagnosis dokter atau berdasarkan gejala, tertinggi di Kabupaten Tana Toraja 6,1%, Kota Makassar 5,3%, Kabupaten Luwu 5,2%, dan Kabupaten Luwu Utara 4,0% (Dinkes Prov. Sulsel, 2015). Kota Makassar merupakan salah satu daerah tertinggi jumlah penderita Diabetes di Wilayah Sulawesi Selatan, dengan

data terakhir penderita Diabetes pada tahun 2016 sebanyak 4.555 orang (Dinkes Kota Makassar, 2016)

Kelebihan berat badan adalah suatu kondisi dimana perbandingan berat badan dan tinggi badan melebihi standar yang ditentukan. Sedangkan obesitas adalah kondisi kelebihan lemak, baik di seluruh tubuh atau terlokalisasi pada bagian bagian tertentu .Pria dengan lemak tubuh lebih dari 25% dan Wanita dengan lemak tubuh lebih dari 30% dianggap mengalami obesitas. Pada penyakit diabetes, obesitas merupakan salah satu faktor resiko lingkungan yang sangat penting dalam pathogenesis diabetes mellitus tipe II (Pujiastuti, 2012).

Obesitas memiliki peran yang kurang baik dalam hal ini yaitu meningkatkan resistensi insulin oleh tubuh, sehingga glukosa yang ada di dalam darah tidak mampu dimetabolisme dengan baik oleh sel dan akhirnya terjadi peningkatan glukosa dalam darah, memang resistensi insulin berkaitan dengan obesitas. Obesitas menyebabkan terjadinya peningkatan massa adiposa yang dihubungkan dengan resistensi insulin yang mengakibatkan terganggunya proses penyimpanan lemak dan sintesa lemak. Pada obesitas kemungkinan terkena diabetes melitus 2,9 kali lebih sering bila dibandingkan yang tidak obesitas. Obesitas merupakan penyebab utama terjadinya diabetes, dimana lemak berlebih menyebabkan resistensi insulin, dan hiperglikemia berpengaruh negatif terhadap Kesehatan (Sasombo, Katuuk, & Bidjuni, 2021)

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengontrol kadar glukosa darah adalah melakukan pengaturan diet sesuai dengan anjuran diet untuk pasien diabetes mellitus yaitu mengonsumsi makanan tinggi serat, rendah kalori dan mempunyai indeks glikemik rendah. Makanan selingan mutlak dibutuhkan bagi penderita prediabetes maupun penderita diabetes diantara waktu makan besar untuk membantu memenuhi kebutuhan gizi dan mengontrol kadar gula darah. Diet cukup serat mengakibatkan terjadinya kompleks karbohidrat dan serat sehingga menyebabkan berkurangnya daya cerna karbohidrat dan mampu meredam kenaikan glukosa darah (Nurhidajah, Astuti, Sardjono, & Murdiati, 2017)

Bahan makanan dengan indeks glikemik rendah dan tinggi serat adalah rumput laut lawi-lawi dan bekatul (*rice bran*). Rumput laut adalah organisme tingkat rendah yang keberadaannya sangat melimpah dan salah satu sumberdaya alam hayati laut yang bernilai ekonomis (Ramadhini & Sugiyono, 2020). Salah satu jenis dari rumput laut yang dikembangkan di Sulawesi Selatan adalah *caulerpa racemosa* atau dikenal dengan nama lawi-lawi oleh masyarakat sekitar. Lawi-lawi telah menjadi salah-satu komoditas unggulan yang dipilih oleh para penambak untuk meningkatkan penghasilan dan taraf hidup mereka (Mukarramah, Wahyuni, Emilia, & Mufidah, 2017a)

Rumput laut merupakan makanan yang kaya serat alami, makanan rendah kalori yang baik untuk diet. Serat yang terkandung dalam rumput laut merupakan senyawa penting yang bermanfaat dapat mencegah

konstipasi, obesitas, ambeien bahkan kanker saluran pencernaan. Serat bersifat mengenyangkan dan memperlancar proses metabolisme tubuh, mengurangi trigliserida (lemak darah) dan menurunkan kadar gula darah (Rahma, 2014). Apabila dibandingkan dengan bahan pangan yang berasal dari tumbuhan darat (umbi-umbian, buah, sereal, dan kacang-kacangan), kandungan serat total rumput laut relatif lebih tinggi (Dwiyitno, 2011). Kandungan gizi *Caulerpa racemosa* dari 100 g antara lain protein (19,72) lipid (7.65), karbohidrat (48.97), serat (11.51), abu (12.15) dan kelembapan (13.57) (Alam Bhuiyan & Qureshi, 2016)

Menurut penelitian Noor dan Juli (2014) bahwa Hasil penelitian secara kualitatif terhadap ekstrak dari rumput laut lawi-lawi ini mengandung senyawa alkaloid, fenolik, flavonoid dan triterpenoid, dengan tingkat yang berbeda. Kandungan fenolik dan flavonoid menunjukkan hasil positif yang sangat kuat. Kandungan flavonoid pada rumput laut lawi-lawi dipercaya menjadi zat penting dalam fungsi sebagai anti diabetes (Alam Bhuiyan & Qureshi, 2016)

Bekatul adalah hasil samping dari pengolahan padi yang umumnya digunakan untuk makanan ternak. Penggilingan padi menghasilkan rendemen berupa sekam 20 %, 8% bekatul, lembaga 2%, dan beras sosoh 70 % (P. Dewi, Suter, & Widarta, n.d.). Proses penggilingan padi menghasilkan 70 persen beras (endosperm) sebagai produk utama, serta beberapa produk sampingan seperti sekam (20 persen) dan bekatul (8–10 persen) (Tuarita, Yuliana, Sadek, & Sukarno, 2017). Beberapa hasil

penelitian menunjukkan bahwa bekatul memiliki kualitas atau nutrisi yang baik seperti lemak, protein, serat, vitamin, mineral dan komponen bioaktif (antioksidan).

Adom et al., (2002) melaporkan bahwa antioksidan pada bekatul berupa oryzanol, tokoferol dan asam ferulat mampu menghambat penyakit diabetes militus. Pemberian dosis 200 mg/kg ekstrak bekatul beras hitam mampu menurunkan kadar glukosa darah hingga 100 mg/dL pada tikus diabetes (Dwinani, 2014).

Cengiz (2010) menunjukkan terjadinya penurunan V_{max} dan KM seiring dengan meningkatnya konsentrasi caulerpenyne (CYN) yang merupakan bagian dari kandungan flavonoid dari kelas alkaloid. Hasil yang diperoleh dari studi kinetik enzim menunjukkan CYN menghambat aktivitas alfaamilase dalam dosis tertentu. Caulerpenin yang dihasilkan dari *Caulerpa* dapat menghambat aktivitas alfa amilase, sehingga metabolit tersebut dapat digunakan sebagai anti-diabetes, anti-obesitas dan anti penyakit terkait lainnya (Ridhowati & Asnani, 2016).

Bekatul dan juga rumput laut lawi-lawi merupakan pangan yang tinggi dengan serat dan memiliki banyak manfaat bagi Kesehatan terutama memiliki kesamaan menurunkan berat badan dan juga gula darah bagi penderita diabetes. Selain serat yang tinggi yang berfungsi dalam diet, bekatul dan juga rumput laut lawi-lawi memiliki zat gamma oryzanol dan flavonoid yang berperan dalam mengatasi diabetes.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti ingin menggabungkan dan membuktikan pengaruh dari pangan darat dan laut ini yaitu rumput laut lawi-lawi dan bekatul dalam menurunkan berat badan dan kadar gula darah tikus yang diinduksi aloksan dengan menggunakan dosis bubur rumput laut lawi-lawi dan bekatul yang biasa dikonsumsi di masyarakat, serta membandingkan efeknya dengan obat antidiabetic dan antiobesitas oral yang umum digunakan di masyarakat, yaitu glibenklamid dan orlistat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Apakah pemberian bekatul dan lawi-lawi dapat menurunkan berat badan tikus yang obesitas dan kelompok perlakuan mana yang paling berpengaruh?
2. Apakah bekatul dan lawi-lawi dapat menurunkan gula darah pada tikus yang diinduksi aloksan dan kelompok perlakuan mana yang paling berpengaruh?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini dibedakan menjadi 2 tujuan yaitu, tujuan umum dan tujuan khusus:

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui pengaruh lawi-lawi dan bekatul terhadap berat badan dan kadar glukosa tikus diabetes

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dalam penelitian ini adalah untuk mencari:

- a. Untuk mengetahui pengaruh pemberian bekatul dan lawi-lawi terhadap perubahan BB tikus yang obesitas
- b. Untuk mengetahui pengaruh pemberian bekatul dan lawi-lawi terhadap perubahan kadar glukosa darah tikus yang diinduksi aloksan
- c. Untuk mengetahui kelompok yang paling berpengaruh terhadap perubahan berat badan dan perubahan glukosa darah tikus

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai ilmu pengetahuan, utamanya dalam bidang Kesehatan dan pangan fungsional.

2. Manfaat bagi institusi

Dapat dimanfaatkan bagi civitas akademik terutama Pasca Sarjana Unhas sebagai informasi dalam melakukan kajian dan penelitian berkelanjutan dibidang Kesehatan terkhusus pada pengobatan diabetes

3. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan secara praktis sebagai bahan referensi bagi masyarakat umum dan sebagai bahan informasi kepada peneliti lainnya dalam penyusunan suatu karya ilmiah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Glukosa Darah

1. Pengertian Glukosa Darah

Kadar glukosa darah merupakan parameter utama untuk menilai metabolisme karbohidrat (Widyarini, 2012). Contoh khas adalah penyakit diabetes melitus dimana terjadi gangguan metabolisme karbohidrat sehingga kadar glukosa meningkat melebihi ambang normal.

Glukosa darah adalah gula yang terdapat dalam darah yang terbentuk dari karbohidrat dalam makanan dan disimpan sebagai glikogen dihati dan otot rangka (Jiwintarum, Fauzi, Diarti, & Santika, 2018). Kadar gula darah adalah jumlah kandungan glukosa dalam plasma darah. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kadar glukosa darah antara lain, bertambahnya jumlah makanan yang dikonsumsi, meningkatnya stress dan faktor emosi, penambahan berat badan dan usia, serta berolahraga (Handayani & Harahap, 2021).

2. Sumber Glukosa Darah

a. Karbohidrat dalam makanan (glukosa, galaktosa, fruktosa)

Karbohidrat dalam makanan terdapat dalam bentuk polisakarida, disakarida, dan monosakarida. Karbohidrat dipecah oleh ptialin dalam saliva di dalam mulut. Enzim ini bekerja optimum pada pH

6,7 sehingga dihambat oleh getah lambung ketika makanan sudah sampai di lambung. Dalam usus halus, amilase pankreas yang kuat juga bekerja atas polisakarida yang dimakan. Ptyalin saliva dan amilase pankreas menghidrolisis polisakarida menjadi hasil akhir berupa disakarida, laktosa, maltosa, sukrosa.

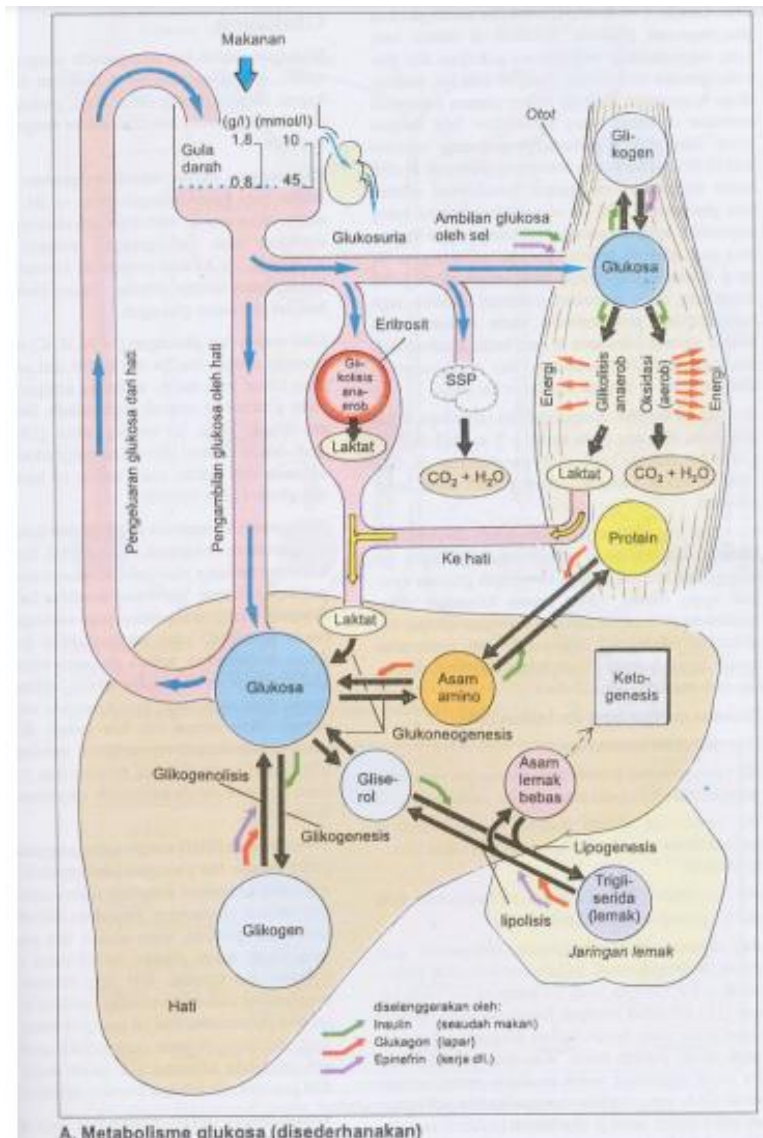
Laktosa akan diubah menjadi glukosa dan galaktosa dengan bantuan enzim laktase. Glukosa dan fruktosa dihasilkan dari pemecahan sukrosa oleh enzim sukrase. Sedangkan enzim maltase mengubah maltosa menjadi 2 molekul glukosa. Monosakarida masuk melalui sel mukosa dan kapiler darah untuk diabsorpsi di intestinum. Masuknya glukosa ke dalam epitel usus tergantung konsentrasi tinggi Na^+ di atas permukaan mukosa sel. Glukosa diangkut oleh mekanisme ko-transport aktif natriumglukosa dimana transport aktif natrium menyediakan energi untuk mengabsorpsi glukosa melawan suatu perbedaan konsentrasi. Mekanisme di atas juga berlaku untuk galaktosa. Pengangkutan fruktosa menggunakan mekanisme yang berbeda yaitu dengan mekanisme difusi fasilitasi (R. Setiawan, 2010). Unsur-unsur gizi tersebut diangkut ke dalam hepar lewat vena porta hati. Galaktosa dan fruktosa segera dikonversi menjadi glukosa di dalam hepar.

b. Glukoneogenesis

Glukoneogenesis merupakan istilah yang digunakan untuk semua mekanisme dan lintasan yang bertanggung jawab atas perubahan senyawa non karbohidrat menjadi glukosa atau glikogen. Proses ini memenuhi kebutuhan tubuh atas glukosa pada saat karbohidrat tidak tersedia dengan jumlah yang cukup di dalam makanan. Substrat utama bagi glukoneogenesis adalah asam amino glukogenik, laktat, gliserol, dan propionat. Hepar dan ginjal merupakan jaringan utama yang terlibat karena kedua organ tersebut mengandung komplemen lengkap enzim-enzim yang diperlukan (R. Setiawan, 2010)

c. Glikogenolisis

Mekanisme penguraian glikogen menjadi glukosa yang dikatalisasi oleh enzim fosforilase dikenal sebagai glikogenolisis. Glikogen yang mengalami glikogenolisis terutama simpanan di hati, sedang glikogen otot mengalami deplesi yang berarti setelah seseorang melakukan olahraga yang berat dan lama. Di hepar dan ginjal (tetapi tidak di dalam otot) terdapat enzim glukosa 6-fosfatase, yang membuang gugus fosfat dari glukosa 6-fosfat sehingga memudahkan glukosa untuk dibentuk dan berdifusi dari sel ke dalam darah



Gambar 2.1. Metabolisme Glukosa

(Atlas Berwarna & Teks Fisiologi, 1998)

3. Pengaturan glukosa dalam darah

Pengaturan kadar glukosa darah yang stabil dalam darah adalah mekanisme homeostatik yang merupakan kesatuan proses metabolisme berupa produksi insulin dari sel β pankreas dan kerja hepar dalam proses glikogenesis, glukoneogenesis, dan glikolisis

Insulin ialah suatu polipeptida dengan BM kira-kira 6000, terdiri 51 asam amino, dan tersusun dalam 2 rantai, rantai A dan rantai B yang

dihubungkan jembatan disulfida. Insulin disintesa oleh sel β pankreas. Kontrol utama atas sekresi insulin adalah sistem umpan balik negatif langsung antara sel β pankreas dengan konsentrasi glukosa dalam darah. Peningkatan kadar glukosa darah seperti yang terjadi setelah penyerapan makanan secara langsung merangsang sintesis penelitian dan pengeluaran insulin oleh sel β pankreas (Yuniastuti, Susanti, & Iswari, 2018).

Insulin menurunkan kadar gula darah dengan cara membantu uptake glukosa ke dalam otot dan jaringan lemak, penyimpanan glukosa sebagai glikogen dalam hati, dan menghambat sintesis penelitian glukosa (glukoneogenesis) di hati. Efek hormon insulin secara keseluruhan adalah mendorong penyimpanan energi dan meningkatkan pemakaian glukosa (Widyarini, 2012).

Fungsi hati dalam pengaturan kadar glukosa darah tidak lepas dari pengaruh insulin. Fungsi hati dalam metabolisme karbohidrat yaitu:

- a. Mengubah fruktosa dan galaktosa menjadi glukosa
- b. Menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen pada saat tubuh mengalami kelebihan glukosa
- c. Mengubah glikogen menjadi glukosa untuk dibebaskan ke dalam darah pada saat tubuh mengalami kekurangan glukosa
- d. Melakukan proses glukoneogenesis (mengubah asam amino dan gliserol menjadi glukosa) pada saat glikogen yang tersimpan sudah habis dan kadar gula darah menurun

- e. Mengubah glukosa menjadi lemak untuk disimpan

4. Faktor pengaruh glukosa dalam darah

- a. Enzim

Glukokinase penting dalam pengaturan glukosa darah setelah makan

- b. Hormon

Insulin bersifat menurunkan kadar glukosa darah. Glukagon, GH, ACTH, glukokortikoid, epinefrin, dan hormon tiroid cenderung menaikkan kadar gula darah, dengan demikian mengantagonis kerja insulin

- c. Sistem Pencernaan

Gangguan pada sistem pencernaan dapat mengurangi absorpsi karbohidrat di usus dan menurunkan glukosa darah

- d. Stres

Hampir semua jenis stres meningkatkan sekresi ACTH oleh kelenjar hipofise anterior. ACTH merangsang korteks adrenal untuk mengeluarkan kortisol. Kortisol ini yang meningkatkan pembentukan glukosa (Jayadilaga, 2020).

- e. Asupan Karbohidrat

Penurunan dan peningkatan asupan karbohidrat (pati) mempengaruhi kadar gula dalam darah.

5. Metode pemeriksaan glukosa dalam darah

Metode pemeriksaan glukosa darah yang sering digunakan antara lain

a. Metode kimia atau reduksi

Proses melalui kondensasi dengan akromatik amin dan asam aasetat glacial pada suasana panas, sehingga terbentuk senyawa berwarna hijau yang kemudian diukur secara fotometris. Bebera kelemahan / kekurangan dalam metode ini karena metode kimia ini memerlukan langkah pemeriksaan yang panjang dengan pemanasan, sehingga kemungkinan terjadi kesalahan lebih besar. Selain itu reagen pada metode orthotoluidin bersifat korosif .

b. Metode enzimatik

Terdiri dari dua metode yaitu :

I. Metode Glukosa Oksidase (GOD-PAP)

Metode GOD-PAP merupakan reaksi kolorimetrik enzimatik untuk pengukuran pada daerah cahaya yang terlihat oleh mata. Prinsip : enzim glukosa oksidase mengkatalisis reaksi oksidasi glukosa menjadi hydrogen peroksida. Keunggulan dari metode glukosa oksidase adalah karena murah nya reagen dan hasil yang cukup memadai.

II. Metode Heksokinase

Prinsip : heksosinase mengkatalis reaksi fosforilasi glukosa dengan ATP membentuk glukosa 6-fosfat dan ADP.

c. Reagen kering

Reagen kering adalah alat pemeriksaan glukosa darah secara invitro, dapat dipergunakan untuk mengukur kadar glukosa darah

secara kuantitatif, dan untuk screening pemeriksaan kadar glukosa darah. Sampel yang dapat dipergunakan adalah darah kapiler atau darah vena, tidak menggunakan sampel berupa plasma atau serum darah.

Prinsip : tes strip menggunakan enzim glukosa dan didasarkan pada teknologi biosensor yang spesifik untuk pengukuran glukosa, tes strip mempunyai bagian yang dapat menarik darah utuh dari lokasi pengambilan / tetesan darah kedalam zona reaksi. Glukosa oksidase dalam zona reaksi kemudian mengoksidasi glukosa di dalam darah. Intensitas arus electron terukur oleh alat dan terbaca sebagai konsentrasi glukosa di dalam sampel darah.

d. Pemeriksaan dengan strip uji

Tusukkan jarum khusus yang disediakan pada ujung jari (atau bagian tubuh lainnya) agar darah keluar. Letakkan setetes darah pada setrip uji yang mengandung suatu senyawa kimia. Pastikan jari tidak menyentuh setrip itu dan hanya darah anda yang berkontak dengannya. Tunggulah hingga setrip uji berubah warna. Cocokkan warna setrip itu dengan grafik warna standar pada botol yang menunjukkan berbagai kadar gula darah. Metode ini disebut juga pembacaan visual karena anda perlu membandingkan warna pada setrip dengan warna pada grafik warna standar.

e. Pemeriksaan dengan meteran

Ada beberapa jenis meteran glukosa darah yang tersedia. Alat ini adalah mesin kecil terkomputerisasi yang mengukur kadar gula darah. Setiap meteran ini memiliki intruksi yang terperinci tentang tatacara mencacat kadar gula darah. Anda perlu meletakkan tetes darah pada lembar itu kedalam meteran sesuai enag instruksi yang tersedia pada peralatan itu. Kadar gula darah tercatat dalam bentuk angka.

f. Pengujian *glycosylated haemoglobin*

Mengukur jumlah gula yang melekat pada hemoglobin dalam selsel darah merah. Sel-sel darah ini hidup selama empat bulan. Inilah sebabnya tes ini menunjukkan rata-rata gula darah selama beberapa bulan yang lalu. Ini sama dengan pengukuran rasio lari rata-rata seorang pemain kriket selama suatu periode waktu.

Salah satu manfaat utama *glycosylated haemoglobin* adalah bahwa pengujian ini tidak terpengaruh oleh perubahan jangka pendek atas kadar gula darah. Inilah sebabnya, bahkan jika anda memiliki kadar gula darah yang tinggi suatu waktu, hasil tes yang baik berarti bahwa pengendalian anda secara keseluruhan terhadap diabetes sudah memuaskan. Ada beberapa metode pengujian *glycosylated haemoglobin*. Setiap hasil pengujian perlu ditafsirkan secara berbeda.

B. Tinjauan Berat Badan

1. Pengertian Berat Badan

Berat badan adalah parameter antropometri yang sangat labil. Dalam keadaan normal, dimana keadaan kesehatan baik dan keseimbangan antara konsumsi dan kebutuhan zat gizi terjamin, berat badan berkembang mengikuti pertambahan umur. Sebaliknya dalam keadaan abnormal, terhadap dua kemungkinan perkembangan berat badan yaitu dapat berkembang dengan cepat atau lambat dalam keadaan normal. Berat badan harus selalu dimonitor agar memberikan informasi yang memungkinkan intervensi gizi yang preventif sedini mungkin guna mengatasi kecenderungan penurunan atau penambahan berat badan yang tidak dikehendaki. Berat badan harus selalu dievaluasi dalam konteks riwayat berat badan meliputi gaya hidup maupun status berat badan yang terakhir. Penentuan berat badan dilakukan dengan cara menimbang (Lasibei, 2019)

Berat badan merupakan salah satu parameter yang memberikan gambaran massa tubuh. Berat badan ideal adalah untuk tinggi badan tertentu secara statistik dianggap paling tepat dan menjamin umur panjang (BKKBN, 2002).

2. Kriteria

Untuk mengklasifikasi obesitas dipergunakan pengukuran:

- a) Body Mass Indeks

Metode paling berguna dan banyak digunakan untuk mengukur tingkat obesitas adalah BMI (Body Mass Index), yang di dapat dengan cara membagi berat badan (Kg) dengan kuadrat tinggi badan (m).

Tabel 2.1. Klasifikasi BMI menurut WHO (2012)

Kategori	BMI (Kg/M ²)	
	Principal cut – off points	Additional cut – off points
<i>Underweight</i>	<18.5 kg/m ²	<18.5 kg/m ²
Severe thinness	< 16 kg/m ²	< 16 kg/m ²
<i>Moderate thinness</i>	16.00 – 16.99 kg/m ²	16.00 – 16.99 kg/m ²
<i>Normal range</i>	18.50 – 24.99 kg/m ²	18.50 – 22.99 kg/m ²
		23.00 – 24.99 kg/m ²
Overweight	≥25.00 kg/m ²	≥25.00 kg/m ²
Pre-obese	25.00 – 29.99 kg/m ²	25.00 – 27.49 kg/m ²
		27.50 – 29.99 kg/m ²
Obese	≥30.00 kg/m ²	≥30.00 kg/m ²
Obese class I	30.00 – 34.99 kg/m ²	30.00 – 32.49 kg/m ²
		32.50 – 34.99 kg/m ²
Obese class II	35.00 – 39.99 kg/m ²	35.00 – 37.49 kg/m ²
		37.50 – 39.99 kg/m ²
Obese class III	≥ 40.00 kg/m ²	≥40.00 kg/m ²

b) Tes cermin

Jika swaktu bercermin dan terlihat gemuk kemungkinan mengalami kenaikan berat badan

c) Tes cubit

Cubit lengan bagian atas. Berat badan normal jika lemak 1 – 2.5 cm, kurang atau lebih menunjukkan terlalu gemuk atau terlalu kurus

d) Tes lompat

Coba melompat ditempat, jika tubuh yang seharusnya tidak ikut terguncang tetapi jika ikut terguncang maka itu adalah lemak

3. Faktor Yang Mempengaruhi Berat Badan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi berat badan antara lain:

a) Kelebihan makanan

Kegemukan terjadi jika terdapat kelebihan makan dalam tubuh, terutama bahan makanan sumber energi. Dengan kata lain, jumlah, makan yang dimakan melebihi kebutuhan tubuh

b) Kekurangan aktivitas dan kemudahan hidup

Kegemukan dapat terjadi bukan hanya karena makanan berlebih, tetapi juga karena aktivitas fisik yang berkurang, sehingga terjadi kelebihan energi. Berbagai kemudahan hidup juga menyebabkan berkurangnya aktivitas fisik, serta kemajuan teknologi di berbagai bidang mendorong masyarakat untuk menempuh kehidupan yang tidak memerlukan kerja fisik berat.

c) Factor psikologis dan genetic

Faktor psikologis sering juga disebut sebagai faktor yang mendorong terjadinya obesitas. Gangguan emosional akibat adanya tekanan psikologis atau lingkungan kehidupan masyarakat yang disarankan tidak menguntungkan. Saat seseorang cemas, sedih, kecewa, atau tertekan, biasanya cenderung mengkonsumsi makanan lebih banyak untuk mengatasi perasaan – perasaan tidak menyenangkan tersebut.

Kegemukan dapat diturunkan dari generasi sebelumnya ke generasi berikutnya dalam sebuah keluarga. Itulah sebabnya sering dijumpai orang tua gemuk cenderung memiliki anak – anak yang gemuk.

Dalam hal ini faktor genetika telah ikut campur menentukan jumlah unsur sel lemak dalam tubuh yang berjumlah besar melebihi ukuran normal, secara otomatis diturunkan bayi selama dalam kandunga. Maka tidak heran jika bayi yang terlahir memiliki lemak tubuh yang relatif sama besar.

d) Pola konsumsi makanan

Pola konsumsi makan masyarakat perkotaan yang tinggi kalori dan lemak serat rendah memicu peningkatan jumlah penderita obesitas. Masyarakat di perkotaan cenderung sibuk, biasanya lebih menyukai mengkonsumsi makanan cepat saji

dengan alasan lebih praktis. Meskipun mereka mengetahui bahwa nilai kalori yang terkandung dalam makanan cepat saji sangat tinggi, dan di dalam tubuh kelebihan kalori diubah dan disimpan menjadi lemak

e) Kebudayaan

Bayi –bayi gemuk biasanya dianggap bayi yang sehat. Banyak orang a yang berusaha membuat bayinya sehat dengan cara memberikan susu terlalu banyak, yang siasa diberikan adalah susu botol atau susu formula. Bayi yang terlalu gemuk pada usia enam minggu pertama menunjukkan bahwa 80% dari anak – anak kegemukkan tumbuh menjadi anak dewasa yang kegemukkan (Suriani, 2019).

f) Hormonal

Menurut hipotesa pada ahli, Depo Medroxy Progesteron Acetat (DMPA) merangsang pusat pengendali nafsu makan di hipotalamus yang menyebabkan akseptor makan lebih banyak dari biasanya.

Sistem pengontrol yang mengatur perilaku makanan terletak pada suatu bagian otak yang disebut hipotalamus. Hipotalamus mengandung lebih banyak pembuluh darah dari daerah lain di otak, sehingga lebih mudah dipengaruhi oleh unsur kimiawi darah. Dua bagian hipotalamus yang mempengaruhi penyerapan makan yaitu hipotalamus lateral (HL) yang

menggerakkan nafsu makan (awal atau pusat makanan), hipotalamus ventrodial (HVM) yang bertugas menggerakkan nafsu makan (pemberi pusat kenyang). Dari hasil suatu penelitian didapatkan bahwa HL rusak atau hancur maka individu menolak untuk makan atau minum (diberi infus)

Sedangkan kerusakan pada bagian HVM maka seseorang kan menjadi rakus dan kegemukkan (Ningsih, 2017). Pada penggunaan progesteron yang lama (jangka panjang) menyebabkan penambahan berat badan akibat terjadinya perubahan anabolik dan stimulasi nafsu makan.

g) Factor lingkungan

Faktor lingkungan ternyata juga mempengaruhi seseorang menjadi gemuk. Jika seseorang dibesarkan dilingkungan yang menganggap gemuk adalah simbol kemakmuran dan keindahan maka orang tersebut cenderung untuk menjadi gemuk (Salam, 2010)

C. Tinjauan Diabetes

1. Pengertian Diabetes

DM merupakan penyakit metabolik yang terjadi oleh interaksi berbagai faktor: genetik, imunologik, lingkungan dan gaya hidup. Diabetes mellitus adalah suatu kumpulan gejala yang timbul pada seseorang yang disebabkan oleh adanya peningkatan kadar glukosa

darah akibat penurunan sekresi insulin progresif dilatar belakangi oleh resistensi insulin (Heryana, 2018). Pernyataan ini selaras dengan IDF (2017) yang menyatakan bahwa diabetes mellitus merupakan kondisi kronis yang terjadi saat meningkatnya kadar glukosa dalam darah karena tubuh tidak mampu memproduksi banyak hormon insulin atau kurangnya efektifitas fungsi insulin. Menurut American Diabetes Association (ADA) diabetes sangatlah kompleks dan penyakit kronik yang perlu perawatan medis secara berlanjut dengan strategi pengontrolan indeks glikemik berdasarkan multifaktor resiko (Wijaya et al., 2023).

2. Klasifikasi Diabetes

Klasifikasi etiologis diabetes menurut American Diabetes Association 2018 dibagi dalam 4 jenis yaitu :

1. Diabetes Militus (DM) Tipe 1

DM tipe 1 terjadi karena adanya destruksi sel beta pankreas karena sebab autoimun. Pada DM tipe ini terdapat sedikit atau tidak sama sekali sekresi insulin dapat ditentukan dengan level protein c-peptida yang jumlahnya sedikit atau tidak terdeteksi sama sekali. Manifestasi klinik pertama dari penyakit ini adalah ketoasidosis.

Faktor penyebab terjadinya DM Tipe I adalah infeksi virus atau rusaknya sistem kekebalan tubuh yang disebabkan karena reaksi autoimun yang merusak sel-sel penghasil insulin yaitu sel

β pada pankreas, secara menyeluruh. Oleh sebab itu, pada tipe I, pankreas tidak dapat memproduksi insulin. Penderita DM untuk bertahan hidup harus diberikan insulin dengan cara disuntikan pada area tubuh penderita. Apabila insulin tidak diberikan maka penderita tidak sadarkan diri, disebut juga dengan koma ketoasidosis atau koma diabetic.

2. Diabetes Militus (DM) Tipe 2

Pada penderita DM tipe ini terjadi hiperinsulinemia tetapi insulin tidak bisa membawa glukosa masuk ke dalam jaringan karena terjadi resistensi insulin yang merupakan turunya kemampuan insulin untuk merangsang pengambilan glukosa oleh jaringan perifer dan untuk menghambat produksi glukosa oleh hati. Oleh karena terjadinya resistensi insulin (reseptor insulin sudah tidak aktif karena dianggap kadarnya masih tinggi dalam darah) mengakibatkan defisiensi relatif insulin. Hal tersebut dapat mengakibatkan berkurangnya sekresi insulin pada adanya glukosa bersama bahan sekresi insulin lain sehingga sel beta pankreas mengalami desensitisasi terhadap adanya glukosa

Diabetes mellitus tipe II disebabkan oleh kegagalan relatif sel β pankreas dan resisten insulin. Resistensi insulin adalah turunya kemampuan insulin untuk merangsang pengambilan glukosa oleh jaringan perifer dan untuk menghambat produksi glukosa

oleh hati. Sel β pankreas tidak mampu mengimbangi resistensi insulin ini sepenuhnya, artinya terjadi defisiensi relatif insulin. Ketidakmampuan ini terlihat dari berkurangnya sekresi insulin pada rangsangan glukosa, maupun pada rangsangan glukosa bersama bahan perangsang sekresi insulin lain (Sihaloho, 2013).

Gejala pada DM tipe ini secara perlahan-lahan bahkan asimtomatik. Dengan pola hidup sehat, yaitu mengonsumsi makanan bergizi seimbang dan olah raga secara teratur biasanya penderita berangsur pulih. Penderita juga harus mampu mempertahankan berat badan yang normal. Namun pada penderita stadium akhir kemungkinan diberikan suntik insulin

3. Diabetes Melitus Tipe Lain

DM tipe ini terjadi akibat penyakit gangguan metabolik yang ditandai oleh kenaikan kadar glukosa darah akibat faktor genetik fungsi sel beta, defek genetik kerja insulin, penyakit eksokrin pankreas, penyakit metabolik endokrin lain, iatrogenik, infeksi virus, penyakit autoimun dan sindrom genetik lain yang berkaitan dengan penyakit DM. Diabetes tipe ini dapat dipicu oleh obat atau bahan kimia (seperti dalam pengobatan HIV/AIDS atau setelah transplantasi organ)

4. Diabetes Melitus Gestasional

DM tipe ini terjadi selama masa kehamilan, dimana intoleransi glukosa didapati pertama kali pada masa kehamilan, biasanya

pada trimester kedua dan ketiga. DM gestasional berhubungan dengan meningkatnya komplikasi perinatal. Penderita DM gestasional memiliki risiko lebih besar untuk menderita DM yang menetap dalam jangka waktu 5-10 tahun setelah melahirkan.

5. Patogenesis

Secara garis besar, patogenesis dari peningkatan kadar gula darah melebihi normal disebabkan oleh delapan hal yaitu sebagai berikut (PERKENI, 2015) :

a. Kegagalan sel beta pankreas dalam memproduksi insulin.

Normalnya hormon insulin berfungsi sebagai pemicu penyerapan glukosa dari aliran darah menuju ke seluruh sel didalam tubuh termasuk hati, ginjal, otot yang mana organ-organ tersebut berfungsi dalam menyimpan glukosa yang kemudian diubah menjadi energi. Hormon insulin ini berfungsi bagaikan pintu dari sel-sel di dalam tubuh. Jadi jika produksi hormon insulin pada sel beta pankreas berkurang maka menyebabkan meningkatnya kadar gula dalam darah.

b. Hati

Resistensi insulin yang berat dan memicu gliconeogenesis sehingga hati memproduksi glukosa dalam keadaan basal.

c. Sel otot

Gangguan kinerja insulin menyebabkan glukosa didalam darah tidak dapat ditrasfer sel otot sehingga glukosa tetap

menumpuk dalam darah kemudian juga terjadi penurunan sintesis glikogen, dan penurunan oksidasi glukosa.

d. Sel lemak

Sel lemak yang resisten terhadap efek antilipolisis dari insulin, menyebabkan peningkatan lipolisis dan kadar asam lemak bebas (FFA = Free Fatty Acid) dalam plasma. Meningkatnya FFA merangsang proses glukoneogenesis dan mencetuskan resistensi insulin pada otot dan hati. FFA ini juga mengganggu sekresi insulin. Berbagai macam gangguan yang disebabkan oleh FFA ini disebut dengan lipotoxicity.

e. Gastrointestinal (usus)

Glukosa yang ditelan atau melalui oral, dapat memicu respon insulin jauh lebih besar daripada diberikan secara intravena. Efek yang dikenal sebagai efek incretin yang diperankan oleh dua hormon yaitu GLP-1 (glucagon-like peptide-1) dan GIP (glucose-dependent insulinotropic polypeptide atau disebut juga gastric inhibitory polypeptide). Incretin merupakan suatu hormone peptide yang disekresi oleh epitel usus sebagai respon terhadap makanan yang telah dimakan dan berfungsi mempertahankan homeostasis gula darah. Incretin dapat meningkatkan sekresi insulin melalui aktivasi reseptornya yang spesifik pada sel beta pankreas. Sehingga, jika terjadi defisiensi incretin maka mengakibatkan penurunan sekresi hormone insulin.

f. Sel alfa pancreas

Sel alfa berfungsi dalam sintesis penelitian glukagon, dimana glukagon ini pada saat dalam keadaan puasa kadarnya meningkat di dalam plasma. Peningkatan ini menyebabkan HGP (Hepatic glucose production) dalam keadaan basal meningkat.

g. Ginjal

Ginjal memfiltrasi 163 gram glukosa perhari. 90% glukosa yang terfiltrasi diserap kembali di tubulus proksimal ginjal melalui SGLT-2 (Sodium Glucose Co-Transporter). Kemudian 10% sisanya diserap melalui peran SGLT-1 (Sodium Glucose Transporter). Pada tubulus desenden dan asenden sehingga akhirnya tidak ada glukosa dalam ginjal. Namun pada penderita diabetes melitus terjadi peningkatan ekspresi gen SGLT-2.

h. Otak

Terjadinya resistensi insulin menyebabkan peningkatan nafsu makan.

6. Gejala Diabetes

Gejala yang muncul pada penderita diabetes mellitus diantaranya :

1. *Poliuri* (banyak kencing)

Poliuri merupakan gejala awal diabetes yang terjadi apabila kadar gula darah sampai di atas 160-180 mg/dl. Kadar glukosa darah yang tinggi dikeluarkan melalui air kemih, jika semakin tinggi kadar glukosa darah maka ginjal menghasilkan air kemih dalam jumlah

yang banyak. Akibatnya penderita diabetes sering berkemih dalam jumlah banyak.

2. *Polidipsi* (banyak minum)

Polidipsi terjadi karena urin yang dikeluarkan banyak, maka penderita merasa haus yang berlebihan sehingga banyak minum

3. *Polifagi* (banyak makan)

Polifagi terjadi karena berkurangnya kemampuan insulin mengelola kadar gula dalam darah sehingga penderita merasakan lapar yang berlebihan.

4. Penurunan Berat Badan

Penurunan berat badan terjadi karena tubuh memecah cadangan energi lain dalam tubuh seperti lemak

7. Fator Resiko

Faktor resiko dari diabetes melitus pada umumnya dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

a. Tidak dapat dimodifikasi :

1) Faktor genetic

Faktor genetik merupakan faktor resiko dari prediabetes yang tidak dapat dimodifikasi, namun belum diketahui pasti gen mana saja yang berhubungan dengan resiko terjadinya diabetes melitus. Namun dalam berbagai penelitian yang ada, diketahui bahwa adanya perbedaan nyata kejadian diabetes melitus etnik yang berbeda meskipun hidup di lingkungan yang sama

menunjukkan adanya kontribusi gen yang bermakna dalam terjadinya diabetes melitus (M. Setiawan, 2011)

2) Usia

Usia menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi prevalensi diabetes melitus maupun gangguan toleransi glukosa. Dimana prevalensinya bertambah seiring dengan berjalannya usia. Hal ini disebabkan karena seiring bertambahnya usia maka, jumlah sel yang produktif terutama sel yang mempengaruhi kadar gula dalam darah berkurang. Dalam dekade terakhir ini, prevalensi diabetes melitus maupun gangguan toleransi glukosa semakin bertambah di usia muda hal ini disebabkan oleh gaya hidup yang tidak sehat (Lestari, Zulkarnain, & Sijid, 2021)

3) Diabetes gestasional

Diabetes gestasional atau memiliki riwayat melahirkan bayi yang mempunyai berat badan lebih dari 4 kg. Kehamilan, trauma fisik, dan stress psikologis dapat menurunkan sekresi β serta kepekaan terhadap insulin, sehingga dapat menimbulkan peningkatan kadar gula dalam darah ibu hamil. Namun biasanya ibu hamil yang telah melahirkan bayinya kembali mendapatkan gula darah yang normal tetapi tidak menutup kemungkinan ibu tersebut dapat mengalami peningkatan kadar gula darah dikemudian hari

b. Dapat dimodifikasi :

1) Aktivitas fisik

Aktivitas fisik adalah segala jenis kegiatan atau gerakan yang kita lakukan, dimana kegiatan tersebut meningkatkan pengeluaran energi salah satunya adalah berolahraga. Aktivitas fisik ini sangat penting untuk dilakukan oleh semua orang, karena dengan melakukan aktivitas fisik dapat menekan timbulnya berbagai macam penyakit seperti diabetes melitus tipe 2 (Fatimah, 2015). Melakukan aktivitas fisik secara rutin dapat membantu hormon insulin untuk menyerap glukosa dan mengedarkannya kedalam seluruh sel didalam tubuh termasuk otot dan juga memperbaiki sensitivitas insulin, sehingga dapat memperbaiki kendali dari kadar gula darah. Pada saat melakukan aktivitas fisik, otot bekerja dan menggunakan glukosa sebagai energi. Sehingga glukosa tidak menumpuk didalam aliran darah. Aktivitas fisik juga dapat membantu menurunkan berat badan sehingga berat badan ada dalam batas yang ideal

Menurut PERKENI (2015) latihan fisik penting untuk dilakukan oleh semua orang termasuk orang dengan prediabetes dan diabetes melitus. Latihan fisik harus dilakukan secara teratur sebanyak 3-5 kali dalam seminggu minimal 30- 45 menit perhari. Jeda dalam melakukan latihan fisik ini tidak boleh lebih dari 2 hari berturut-turut. latihan fisik yang dianjurkan untuk anak dan

remaja yang mengalami prediabetes dan diabetes melitus adalah selama 60 menit perhari dengan melakukan latihan fisik aerobik dengan intensitas sedang dan berat dengan melatih kekuatan otot dan tulang. Selain melakukan aktivitas fisik yang sedang dan berat, kita juga harus menghindari sedentary behavior, istilah ini diartikan sebagai tidak melakukan aktivitas fisik sama sekali. Agar kita tetap melakukan pergerakan maka sebaiknya kita dapat melakukan gerakan-gerakan ringan seperti memilih untuk menaiki tangga daripada elevator, melakukan gerakangerakan seperti gerakan pemanasan disela-sela menonton televisi, berjalan kaki ketika ingin mencapai tempat yang dekat dengan lokasi kita. Salah satu program pemerintah Indonesia yang sejalan dengan hal ini adalah Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS). Program ini dapat dilakukan dimana saja, baik di sekolah, rumah maupun tempat kerja. Kemudian hal yang dianjurkan oleh program ini, diantaranya melakukan aktivitas fisik, disarankan untuk melakukan aktivitas fisik minimal 30 menit dalam sehari (Kemenkes RI, 2018)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hardjanti (2011) dalam penelitiannya tentang perbedaan pengaruh latihan interval dan jenis kelamin terhadap kadar gula penderita prediabetes. Dengan menggunakan metode penelitian

eksperimental pre dan post test desain. Penelitian ini diikuti oleh peserta senam jantung sehat Manahan Surakarta dengan jumlah populasi 60 orang yang berumur 40-60 tahun (Rahmayanti & Kristiyani, 2019). Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik purposive random sampling. Sebelum melakukan latihan interval maka peserta dilakukan pengecekan gula darah puasa dengan alat Easy Touch Cgu model ET : 301 LE.0197. Sampel diambil sebanyak 24 orang yang memiliki kadar gula darah 100- 125 mg/dL. Latihan dilakukan sebanyak tiga kali dalam seminggu selama enam minggu. Sebanyak 12 orang melakukan senam interval aerob dan sebanyak 12 orang melakukan latihan interval aerob. Seluruh peserta melakukan pengecekan kadar gula darah sebelum dan sesudah melakukan latihan. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis varians dua jalur dengan desain faktorial 2 x 2 dilanjutkan dengan Newman Keuls. Kemudian didapatkan hasil bahwa latihan interval anaerob maupun aerob dapat menurunkan kadar gula darah penderita prediabetes dengan latihan anaerob lebih efektif untuk menurunkan kadar gula darah. Latihan aerobik dapat menurunkan kadar gula dalam darah karena latihan ini berfokus pada kerja otot sehingga dapat menyebabkan jantung lebih cepat dalam memompa darah dan bernafas lebih cepat. Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Jadhav,

dkk. (2017) dalam penelitiannya *effect of physical activity intervention in prediabetes : a systematic review with meta-analysis*. Dengan hasil yang diperoleh bahwa aktivitas fisik dapat berefek pada penurunan gula darah puasa (Istiqomah & Yuliyani, 2022)

Salah satu faktor resiko dari meningkatnya kadar gula darah adalah kurangnya aktivitas fisik atau sering dikenal dengan *sedentary behavior*. *Sedentary behavior* merupakan salah satu kecenderungan perilaku orang di era modern ini. *Sedentary behavior* ini dihitung mulai dari saat kita bangun tidur dimana pada waktu tersebut kita menghabiskan waktu hanya dengan menonton televisi, bermain handphone atau sekedar duduk dan berbaring semua kegiatan ini memerlukan hanya sedikit energi, sehingga energi yang seharusnya dikeluarkan tertumpuk didalam tubuh (Amrynia & Prameswari, 2022). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Wennberg, dkk. (2013) menyatakan bahwa kebiasaan menonton televisi dan kurang melakukan aktivitas fisik di usia remaja dapat memprediksi gangguan metabolik di usia dewasa (Rochmah et al., 2014)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Auliya dkk (2016) dalam penelitiannya yang berjudul *gambaran kadar gula darah pada mahasiswa Fakultas Universitas Andalas yang memiliki*

berat badan berlebih dan obesitas. Desain penelitian yang digunakan adalah deskriptif observasional dengan pendekatan corss sectional. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode total sampling dengan jumlah sampel 25 orang mahasiswa. Pengambilan data dilakukan dengan kuisisioner aktivitas fisik, pengecekan kadar gula darah puasa, gula darah 2 jam postprandial serta pengukuran IMT. Kemudian hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah orang dengan aktivitas fisik ringan memiliki resiko peningkatan gula darah lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang memiliki aktivitas fisik berat dan rutin. Hal ini dibuktikan dengan hasil dari penelitiannya bahwa berdasarkan hasil tes gula darah puasa orang dengan aktivitas ringan dan sedang dan 2 jam postprandial didapatkan dari total 25 responden, terdapat 4 (16%) orang yang mengalami GDPT, 3 (12%) orang mengalami TGT dan 5 (20%) orang mengalami diabetes melitus. Hal ini disebabkan karena kurangnya aktivitas fisik dapat meningkatkan timbunan jaringan lemak di dalam tubuh sehingga dapat menyebabkan resistensi insulin (Auliya, Oenzil, & Rofinda, 2016)

Physical Activity Questionnaire for Adolescents (PAQ-A) merupakan kuisisioner yang digunakan untuk mengukur tingkat aktivitas fisik remaja yang berada dalam rentang usia 14-20 tahun yang mana pada usia ini merupakan usia sekolah (Rizkita,

Sekartini, & Friska, 2022). PAQ-A digunakan untuk mengetahui tingkat aktivitas fisik yang dilakukan selama berada di sekolah dan diluar sekolah dalam satu minggu terakhir. Pertanyaan dalam kuisisioner ini dibagi menjadi tiga bagian dengan keseluruhan terdapat delapan pertanyaan, yang terdiri dari aktivitas fisik pada saat jam olahraga, pada saat istirahat jam makan siang di sekolah, aktivitas fisik sepulang sekolah, aktivitas fisik yang dilakukan pada sore atau malam hari dan aktivitas fisik yang dilakukan pada akhir pekan lalu. Kemudian untuk memperoleh kategori aktivitas fisik, digunakan rata-rata skor yang didapatkan dari keseluruhan pertanyaan yang diberikan. Kategori tingkat aktivitas fisik dibagi menjadi yaitu ringan dengan kriteria rata-rata aktivitas fisik memiliki skor 1-2 dan sedang – berat dengan rata-rata aktivitas fisik memiliki skor 3-5

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Voss, Dean, Gardner, Duncombe, & Harris (2017) dalam penelitiannya yang berjudul *validity and reliability of the physical activity questionnaire for children (PAQ-C) and adolescents (PAQ-A) in individuals with congenital heart disease* disimpulkan bahwa PAQ-C dan PAQ-A merupakan kuisisioner yang valid dan reliabel untuk mengukur gambaran umum tingkat aktivitas fisik pada anak dan remaja. Kemudian berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tarigan (2014) kuisisioner ini diterjemahkan

kedalam bahasa Indonesia yang kemudian dilakukan uji validitas (correlation = 0,612) dan uji reliabilitas (cronbach's alpha = 0,798) (Voss, Dean, Gardner, Duncombe, & Harris, 2017).

2) Makanan cepat saji (*fast food*)

Fast food diartikan sebagai makanan atau minuman yang telah dikemas, cepat disajikan, praktis serta dapat diperoleh dengan cepat dan pengolahannya sederhana. Biasanya fast food identik dengan makanan tinggi energi atau kalori, lemak, kolesterol, memiliki beban glikemik yang tinggi, tinggi garam, termasuk beberapa zat aditif seperti monosodium glutamate (MSG) dan lemak trans. Jenis fast food yang biasanya kita jumpai seperti fried chicken, hamburger, hot dog, pizza, sandwich, spaghetti, french fries (kentang goreng), chicken nugget, sosis, gorengan, donat, bakso goreng/bakar, mie goreng, mie instan, siomay, serta makanan cepat saji lainnya yang biasa dijumpai di kantin sekolah maupun kampus. Sering mengkonsumsi fast food dengan segala kandungan yang terdapat didalamnya dapat menyebabkan insulin resistance yang menjadi penyebab utama dari meningkatnya kadar gula dalam darah. Penelitian membuktikan bahwa orang - orang yang mengkonsumsi fast food lebih dari 2 kali dalam seminggu beresiko terkena obesitas dan 2 kali lebih beresiko mengalami insulin resistance (Agung & Hansen, 2022)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Asghari, Yuzbashian, Mirmiran, Mahmoodi, & Azizi (2015) dalam penelitiannya yang berjudul *fast food intake increases in incidence of metabolic syndrome in children and adolescents : tharen lipid and glucose study*. Diperoleh hasil, konsumsi fast food berhubungan dengan kejadian syndrome metabolic (MetS). Metabolic syndrome (MetS) merupakan kumpulan dari kelainan metabolik atau sering juga disebut insulin resistance syndrome seperti abdominal obesity, hypertriglyceridemia, low high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-C) concentration, hypertention, hyperglycemia yang mana semua kelainan metabolik tersebut erat hubungannya dengan timbulnya peningkatan kadar gula dalam darah atau diabetes melitus tipe 2 dan berbagai masalah kardioveskuler (Asghari, Yuzbashian, Mirmiran, & Mahmoodi, 2015).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sudargo, dkk. (2017) dalam penelitiannya yang berjudul *the relationships between fried food consumption and physical activity with diabetes melitus in Yogyakarta, Indonesia*, dengan desain penelitian *observational study* dengan pendekatan *crosssectional*, dengan jumlah sampel sebanyak 179 orang staf dari Gajah Mada University yang telah melakukan check-up di Gajah Mada Medical Center. Pengambilan data dilakukan

dengan interview kuisisioner (International Physical Activity Questionnaire dan Semi Quantitative Frequency Questionnaire), pengukuran IMT serta pengecekan kadar gula darah. Kemudian analisa data dilakukan dengan uji chi square. Kemudian didapatkan hasil bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara riwayat keluarga dengan diabetes melitus, konsumsi frekuensi fast food dengan kejadian diabetes melitus tipe 2 (Sudargo, Pertiwi, Alexander, Siswati, & Ernawati, 2016).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hanum, dkk. (2015) didapatkan hasil bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara frekuensi konsumsi fast food dengan status nutrisi pada remaja. Hasil dari penelitiannya, didapatkan sebagian besar responden (55,4 % dari total 83 orang responden) memilih untuk mengkonsumsi Jenis fast food non traditional. Kemudian didapatkan juga frekuensi mengkonsumsi fast food dari responden, yaitu sebesar 55,4% menyatakan sering mengkonsumsi dan 46,6% menyatakan jarang mengkonsumsi (Hanum, Dewi, & Erwin, 2015)

Berdasarkan penelitian yang dilakuakn oleh Haftenberger, dkk. (2010) dalam penelitiannya tentang relative validation of a Food Frequency Questionnaire (FFQ) of national health and nutrition monitoring dalam penelitiannya ini didapatkan kesimpulan bahwa FFQ merupakan alat ukur yang valid

digunakan untuk mengukur konsumsi makanan di Jerman. Dimana kuisisioner ini menggambarkan frekuensi konsumsi berbagai jenis makanan dalam satu bulan terakhir (Haftenberger, Heuer, Heidemann, Kube, & Krems, 2010). Kemudian dalam penelitian yang dilakukan oleh Lim (2016) digunakan kuisisioner FFQ yang telah dimodifikasi oleh peneliti terkait dengan hanya mencantumkan daftar makanan fast food yang terdiri dari 15 jenis. Kuisisioner yang telah dimodifikasi juga telah melalui uji validasi dan reliabilitas dengan total pearson colerration 0,666 dan alpha 0,794 dan Kemudian di kategorikan ke frekusnsi konsumsi sering dan jarang.

3) Indeks massa tubuh (IMT)

Menurut Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2015) IMT merupakan suatu pengukuran (membandingkan) berat badan dalam kilogram (kg) dengan tinggi badan kuadrat dalam meter (m). IMT dapat digunakan sebagai penentu status gizi seseorang, artinya status gizi orang tersebut dalam kondisi *underweight* (kurus), normal, *overweight*, dan obesitas. Untuk anak dan remaja usia 2-20 tahun IMT terikat dengan umur dan jenis kelamin. Hal ini dikarenakan jumlah lemak tubuh berubah berdasarkan umur serta jumlah lemak tubuh antara perempuan dan laki-laki berbeda. Sehingga IMT menurut umur biasanya disimbolkan dengan IMT/U.

Untuk mendapatkan IMT anak dan remaja (IMT/U) dapat dihitung menggunakan rumus yang sama dengan rumus IMT dewasa yaitu :

$$IMT = \frac{\text{berat badan (kg)}}{\text{tinggi badan}^2 \text{ (m)}}$$

Kemudian setelah IMT dihitung, hasil perhitungan disesuaikan dengan CDC growth charts berdasarkan umur dan jenis kelamin yang terlampir dalam lampiran 6. Melalui CDC 20 growth charts diketahui persentil IMT/U, kemudian persentil ini dapat digunakan untuk menentukan status gizi remaja, apakah dikategorikan *underweight* (kurus), normal, *overweight* (gemuk) ataupun obesitas. Berikut adalah klasifikasi persentil IMT/U berdasarkan CDC growth charts :

- a) *Underweight* (kurus) : < 5 percentile
- b) Normal : 5 - < 85 percentile
- c) *Overweight* (gemuk) : 85 - < 95 percentile
- d) Obesitas : \geq 95 percentile

Overweight maupun obesitas dapat menyebabkan sel-sel lemak melepaskan zat kimia yang disebut *pro-inflammatory*, dimana zat ini dapat mengakibatkan sensitifitas sel tubuh terhadap insulin berkurang, sehingga dapat menyebabkan kadar gula dalam darah meningkat (Paleva, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amiri, dkk. (2015) dengan

penelitiannya yang berjudul *the prevalence, risk factor and screening measure prediabetes and diabetes among emirati overweight/obese children and adolescents* didapatkan hasil bahwa prevalensi prediabetes dan diabetes dominan terjadi pada anak-anak dan remaja yang mempunyai berat badan berlebih dan obesitas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Auliya, dkk. (2016) dalam penelitiannya tentang gambaran kadar gula darah pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Andalas yang memiliki berat badan berlebih dan obesitas. Desain penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan *crosssectional*. Sampel penelitian ini diambil dengan teknik *total sampling* dengan jumlah *sample* 25. Pengambilan data dilakukan dengan kuisisioner dan pengecekan kadar gula darah puasa, gula darah 2 jam *postprandial*, pengukuran IMT. Kemudian didapatkan hasil bahwa terdapat peningkatan kadar gula darah pada responden yang mengalami *overweight* sebanyak 20% yang terdiri dari GDPT 12% dan diabetes 8%. Kemudian pada responden yang mengalami obesitas mengalami peningkatan kadar gula darah sebanyak 40% yang terdiri dari 20% GDPT dan 20% diabetes (Sanjana, Widyanthari, & Utami, 2022).

D. Tinjauan Umum Bekatul

1. Pengertian Bekatul

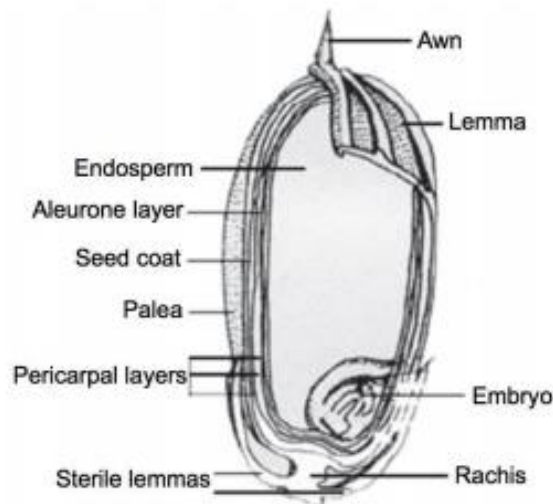
Bekatul (bran) adalah lapisan luar dari beras yang terlepas saat proses penggilingan gabah menjadi beras, berwarna krem atau coklat muda. Bekatul merupakan komoditi yang berasal dari kulit ari padi-padian merupakan hasil samping penggilingan padi yang telah disaring dan dipisahkan dari sekam (kulit luar gabah). Penggilingan padi menghasilkan beras sekitar 60-65% dan bekatul sekitar 8-12%. Selama ini penggunaan bekatul masih terbatas hanya sebagai pakan ternak, namun bekatul kaya kandungan zat gizi yang dapat berperan dalam bahan baku industri pangan. Departemen Pertanian, menyebutkan bahwa ketersediaan bekatul di Indonesia mencapai 4,5 – 5 juta ton setiap tahunnya yang dapat dimanfaatkan nilai gizinya untuk manusia (Luthfianto, Dwi Noviyanti, & Kurniawati, 2017).

Sebutir beras utuh mempunyai tiga bagian penting, yaitu endosperma, dedak, dan lembaga. Endosperma terdiri dari lapisan aleuron dan bagian berpati. Penyosohan beras utuh menghasilkan beras sosoh, dedak dan bekatul (Astawan & Febrinda, 2010). Bekatul merupakan campuran lapisan aleuron dan pericarp yang terlepas dalam proses penggilingan padi. Proses penggilingan dan penyosohan beras menghasilkan 16-28 persen sekam (hulls), 6-11 persen dedak (bran), 2-4 persen bekatul (polish), dan sekitar 60

persen endosperma (white rice). Menurut FAO dedak adalah hasil samping dari proses penggilingan padi yang terdiri dari lapisan luar butiran beras (perikarp dan tegmen) serta sejumlah lembaga. Sedangkan bekatul terdiri atas lapisan dalam butiran beras, yaitu aleuron (kulit ari) beras serta sebagian kecil endosperma. Dalam proses penggilingan padi di Indonesia, dedak dihasilkan pada proses penyosohan pertama, sedangkan bekatul pada proses penyosohan kedua (Astawan & Febrinda, 2010).

2. Kandungan Gizi Bekatul

Bekatul memiliki nilai gizi yang tinggi dan mengandung protein, mineral, lemak, serat, vitamin E serta vitamin B kompleks. Kandungan serat kasar bekatul mencapai 20,9% dan kandungan serat pangan pada bekatul dapat mencapai empat kali lipat serat kasarnya. Auliana (2011) melaporkan bahwa bekatul merupakan bahan pangan yang memiliki kandungan serat sebesar 12% lebih tinggi dari menir dan dedak. Bahan pangan yang mempunyai serat yang tinggi juga cenderung mempunyai indeks glikemik yang rendah. Indeks glikemik adalah tingkatan pangan menurut efeknya terhadap peningkatan kadar gula darah. Pangan dengan indeks glikemik yang tinggi cepat menaikkan kadar gula darah (Astawan & Febrinda, 2010).



Gambar 2.2. Struktur Beras (Esa, dkk., 2013)

Secara morfologi, bekatul terdiri atas lapisan perikarp, testa dan lapisan aleurone (Gambar 1). Lapisan-lapisan ini mengandung sejumlah nutrisi seperti protein, lemak dan serat pangan serta sejumlah vitamin dan mineral. Kandungan asam amino esensial, antara lain dalam bekatul antara lain: triptofan, histidin, sistein, dan arginin. Jenis serat pangan terdiri atas selulosa, hemiselulosa, pektin, arabinosilan, lignin, dan β -glukan. Selain itu, bekatul juga mengandung beberapa komponen bioaktif, seperti γ -oryzanol, asam ferulat, asam kafeat, tricine, asam kumarat, asam fitat, isoform vitamin E (α -tokoferol, γ -tokoferol, tokotrienol), fitosterol (β -sitosterol, stigmasterol, kampesterol), dan karotenoid (α -karoten, β -karoten, lutein, likopen) (Tuarita et al., 2017) Berbeda dengan sereal, seperti jagung, gandum, dan oat, fraksi lipid bekatul beras mengandung rasio isoform vitamin E, γ -oryzanol, dan β -sitosterol yang unik. Damayanti, dkk. (2007) menyebutkan bahwa komposisi

kimia bekatul bervariasi tergantung pada varietas padi, lingkungan tanam padi, derajat penggilingan gabah dan kontaminasi sekam pada proses penggilingan (Hartati, Marsono, SUParmo, & Santoso, 2015).

Tabel 2.2. Komposisi Nutrisi Bekatul (edible grade)

Nutrien	Kandungan (per 100 g)	Nutrien	Kandungan (per 100 g)
Analisis Proksimat		Vitamin	
Protein	16,5 g	Biotin	5,5 mg
Lemak	21,3 g	Kolin	226 mg
Mineral	8,3 g	Asam folat	83 µg
Total karbohidrat kompleks	49,4 g	Inositol	982 mg
Serat kasar	11,4 g		
Serat pangan	25,3 g	Mineral	
Serat larut air	2,1 g	Besi (Fe)	11,0 mg
Pati	24,1 g	Seng (Zn)	6,4 mg
Gula sederhana	5,0 g	Mangan (Mg)	28,6 mg
		Tembaga (Cu)	0,6 mg
Vitamin		Iodin	67 µg
Tiamin (B1)	3,0 mg	Kalsium (Ca)	80 mg
Riboflavin (B2)	0,4 mg	Fosfor (P)	2,1 g
Niasin (B3)	43 mg	Kalium (K)	1,9 g
Asam pantotenat (B5)	7 mg	Natrium (Na)	20,3 g
Piridoksin (B6)	0,49 mg	Magnesium (Mg)	0,9 g

Sumber : Rao, 2000

Adom K dan Liu R (2002) melaporkan bahwa antioksidan bekatul berupa oryzanol, tokoferol dan asam ferulat, antioksidan tersebut mampu menghambat kejadian kencing manis, penyakit Alzheimer, mencegah kejadian penyakit jantung dan kanker (Saputra, Nuh Ibrahim, & Fitri Faradilla, 2018). Menurut Laokuldilok (2011) Senyawa γ -oryzanol adalah salah satu komponen paling penting pada bekatul. Antioksidan utama dalam bekatul beras adalah γ -oryzanol (62,9%) dan asam fenolat (35,9%) (Faizah, Kusnandar, & Nurjanah, 2020). Kandungan γ -oryzanol pada bekatul beras hitam, beras merah dan beras putih berbeda-beda, yaitu 9,12; 8,58; dan 1,52 mg/g

3. Pemanfaatan Bekatul

Dedak dan bekatul merupakan limbah dalam proses penggilingan gabah dan penyosohan beras. Bagian ini memang tidak diinginkan terikut pada beras karena selain memperpendek umur simpan beras akibat ketengikan yang ditimbulkannya, juga memperburuk penampilan beras karena warna kecoklatan yang dimilikinya. Namun sesungguhnya pada dedak dan bekatul beras kaya zat-zat gizi yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Di dalam bekatul dapat ditemukan serat pangan, asam lemak tidak jenuh, sterol, protein dan juga mineral.

Beberapa penelitian telah menunjukkan manfaat dari bekatul ini antara lain :

- a. Gula darah, Penelitian yang dilakukan oleh Takakori (2007) yaitu dengan pemberian 10 gram bekatul dua kali sehari (pagi dan malam sebelum tidur) selama 30 hari dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa dan trigliserida (Sholeha, 2019). Beberapa penelitian lain telah menemukan bahwa mengkonsumsi whole grain dengan komponen-komponennya seperti serat sereal dan bekatul secara utuh dapat menurunkan resiko penyakit DM tipe 2 , CVD , dan kematian
- b. Pencernaan, Penelitian dilakukan oleh Auliana (2011) Kandungan vitamin B1 yang berfungsi sebagai koenzim dalam metabolisme karbohidrat, lemak dan protein dalam

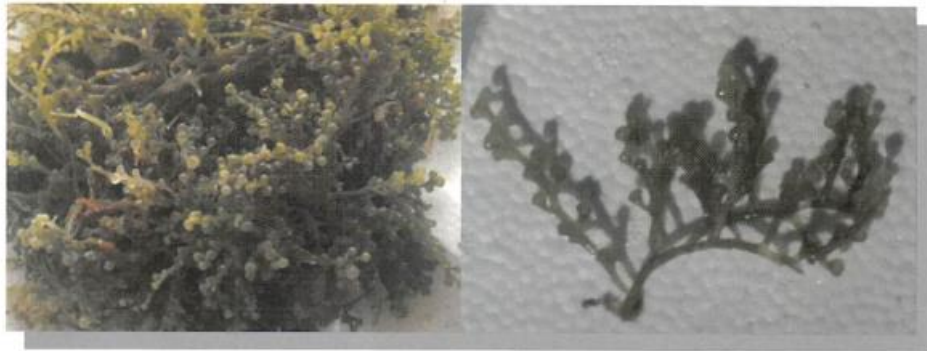
menghasilkan energi yang mendukung dalam penurunan berat badan pada penderita obesitas (Chasanah, 2010). Manfaat lain dari bekatul yaitu mampu mengatasi konstipasi karena sebangak 50g bekatul mengandung 44% serat dan 8% air. Selanjutnya bekatul juga dapat mengurangi risiko kanker usus karena serat mampu mengikat bahan karsinogenik

- c. Kolesterol, bekatul beras memiliki efek hipokolesterolemik karena mengandung banyak serat pangan dan fitosterol. Beberapa ahli gizi menyatakan bahwa kandungan fitosterol dan serat pangan dalam bekatul bersinergi kuat dalam menurunkan kolesterol dalam darah
- d. Antioksidan, Trindade (2014) menunjukkan bahwa beras hitam memiliki aktivitas antioksidan yang paling tinggi, diikuti oleh beras merah dan beras coklat (beras putih yang tidak disosoh) (Azis, Izzati, & Haryanti, 2015). Beras berpigmen juga dilaporkan memiliki kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan beras nonpigmen, di samping adanya kandungan antosianin. Jenis antosianin cyanidin-3-Oglucoside merupakan yang dominan, sedangkan peonidin-3-O-glucoside merupakan yang kedua terbanyak pada beras berpigmen (Tuarita et al., 2017)
- e. Kanker paru-paru, Dapar, dkk. (2013) menunjukkan bahwa ekstrak etanol bekatul beras putih varietas IR64 memiliki aktivitas

sitotoksik terhadap sel kanker paru-paru A549 dan kanker kolon HCT 116. Di lain pihak (Tuarita et al., 2017).

- f. L, Cara, dkk (1992), pria yang diberi diet makanan yang mengandung 70 g lemak, 756 mg kolesterol dan 10 g bekatul ternyata menunjukkan respon positif dalam penurunan kadar trigliserida serum (Tuarita et al., 2017)

E. Tinjauan Umum Rumput Laut Lawi-lawi



Gambar 2.3. Rumput Laut Lawi-Lawi (Petrus Rani Pong Masak, Abdul Mansyur, 2007)

1. Pengertian rumput laut lawi-lawi

Di Indonesia Caulerpa dikenal dengan sebutan Latoh (Jawa), Bulung Boni (Bali), Lawi-Lawi (Sulawesi), sedangkan di Jepang disebut Umi Budo. Caulerpa ini bentuk dan rasanya menyerupai telur ikan Caviar, sehingga dikenal sebagai "green caviar". Selain itu juga

karena bentuknya menyerupai anggur, sebagian orang menyebutnya sebagai “sea grape” atau anggur laut.

Distribusi dari rumput laut jenis *Caulerpa racemosa* ini tersebar luas di daerah tropis dan subtropis, seperti Filipina, Vietnam, Singapura, Malaysia, Thailand, Taiwan, Cina, Indonesia, dan daerah barat perairan Pasifik (Yudasmara, 2014). Alga jenis ini tumbuh pada perairan keruh dan permukaan substrat berlumpur lunak, tepi karang yang terbuka dan terkena ombak laut yang keras serta perairan tenang yang jernih dan bersubstrat pasir keras. Jenis ini sangat kuat melekat pada substrat karena akarnya kokoh dan bercabang pendek. Alga jenis ini pada beberapa daerah seperti Tapanuli dan Kepulauan Seribu dikonsumsi baik mentah maupun matang walaupun memiliki tekstur yang kasar dengan rasa pedas seperti lada (Yudasmara, 2014)

2. Klasifikasi lawi-lawi

Dunia	: <i>Plantae</i>
Filum	: <i>Thallophyta</i>
Kelas	: <i>Clorophyceae</i>
Ordo	: <i>Siphonales</i>
Familia	: <i>Caulerpaceae</i>
Genus	: <i>Caulerpa</i>
Spesies	: <i>Caulerpa sp.</i>

3. Morfologi

- a. Menurut Svendelius dan Borgersen (1999) *Caulerpa* berdasarkan habitatnya di bagi menjadi 3 kategori yaitu 1) Jenis yang terdapat dalam lumpur dan tumbuh epitit pada akar mangrove misalnya *Caulerpa verticilara*, 2) jenis yang terdapat pada substrat lumpur diperairan dangkal misalnya *Caulerpa crassifolia*, dan 3) jenis yang menempel pada batu karang misalnya *Caulerpa racemose* (Hasbullah et al., 2014)
- b. Bintil bintil pada *Caulerpa racemosa* yang mirip seperti anggur, merupakan ujung dari pucuk tangkai, diameter dari tiap bintilnya antara 1 hingga 3 mm.
- c. Masa panen umumnya setelah masa pemeliharaan 3 bulan, bobot mencapai 10-13 kali dari awal bobot, tetapi pada awal pemeliharaan 1 bulan pertama, bisa tumbuh 3-4 kali dari bobot awal, sehingga pada bulan tersebut juga sudah bisa dipanen.
- d. Rumput Laut Lawi-Lawi adalah bahan makanan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Rumput Laut Lawi-Lawi mengandung energi sebesar 18 kilokalori, protein 0,5 gram, karbohidrat 2,6 gram, lemak 0,9 gram, serat 12 gram, kalsium 307 miligram, fosfor 307 miligram, dan zat besi 9,9 miligram. Selain itu di dalam Rumput Laut Lawi-Lawi juga terkandung vitamin A sebanyak 0 IU, vitamin B1 0 miligram dan vitamin C 1,3 miligram (Alam Bhuiyan & Qureshi, 2016)

4. Perbandingan nutrisi dengan rumput laut lain

Nutrisi rumput laut berbeda-beda tergantung pada jenis rumput laut itu sendiri, perbedaan seperti berikut:

Tabel 2.3. Nutrisi Rumput Laut tahun 2018

Spesies	Protein	Lipid	Karbohidrat	Serat	Abu	Kelembapan
<i>Caulerpa racemosa</i> ^{a*}	19.72	7.65	48.97	11.51	12.15	15.37
<i>Caulerpa lentillifera</i> ^a	12.49	0.86	59.27	3.17	24.21	25.31
<i>Enteromorpha sp.</i> ^a	9.45	-	-	-	36.38	9.00
<i>Ulva reticulate</i> ^a	21.06	0.75	55.77	4.84	17.58	22.51
<i>Ulva rigida</i> ^a	6.40	0.30	18.10	-	52.00	-
<i>Ulva lactuca</i> ^a	7.06	1.64	14.60	-	55.40	10.60
<i>Ulva pertusa</i> ^a	15.4	4.8	-	-	27.2	6.0
<i>Ulva intestinalis</i> ^a	17.29	8.0	-	-	27.6	6.3
<i>Sargassum filipendula</i> ^b	8.72	-	3.73	6.57	44.29	-
<i>Sargassum vulgare</i> ^b	15.76	0.45	67.80	7.73	14.20	14.66
<i>Gracilaria changgi</i> ^c	6.9	3.3	-	24.7	22.7	-
<i>Gracilaria cornea</i> ^c	5.47	-	36.29	5.21	29.06	-
<i>Gracilaria cervicornis</i> ^c	22.96	0.43	63.12	5.65	7.72	14.33
<i>Gelidium pristoides</i> ^c	11.80	0.90	43.10	-	14.00	-
<i>Hypnea japonica</i> ^c	19.00	1.42	4.28	-	-	9.95
<i>Porphyra tenera</i> ^c	34.20	0.70	40.70	4.80	8.70	-

Catatan : ^a Alga Hijau, ^b Alga Coklat, ^c Alga Merah, * Alga intervensi

sumber :(Alam Bhuiyan & Qureshi, 2016)

Berdasarkan tabel 2.2 menunjukkan bahwa kandungan serat pada rumput laut secara umum, yang tertinggi berturut-turut adalah *Gracilaria changgi* (24,7) , *Caulerpa racemosa* (11,51), *Sargassum vulgare* (7,73), *Sargassum filipendula* (6,57), *Gracilaria cervicornis* (5,65), *Gracilaria cornea* (5,21), *Ulva reticulate* (4,84), *Porphyra tenera* (4,80), dan *Caulerpa lentillifera* (3,17). Berdasarkan serat secara umum, rumput laut *Caulerpa racemosa* menempati peringkat tertinggi kedua kandungan seratnya setelah *Gracilaria changgi*. Sedangkan, untuk spesies alga hijau, *Caulerpa racemosa* menempati peringkat pertama yang mengandung tinggi serat. Berdasarkan kandungan serat tersebut maka rumput laut ini cocok untuk dikonsumsi sebagai pelangsing tubuh.

5. Manfaat

Lawi-lawi terbukti sangat bermanfaat bagi kesehatan. Di antara beberapa manfaat lawi-lawi di samping sebagai bahan makanan segar juga memiliki hasiat sebagai obat untuk beberapa penyakit tertentu. Manfaat lainnya adalah: meningkatkan nafsu makan, obat kanker, penyembuh luka, meningkatkan daya tahan dan kekebalan tubuh. Selain itu lawi-lawi juga merupakan sumber nutrisi tubuh (mengandung vitamin A, B, C dan antioksidan), melancarkan peredaran darah, obat awet muda, meningkatkan vitalitas, anti alergi dan anti jamur, pencegahan rematik, dan pencegah tumor. Dalam dunia perikanan dapat digunakan sebagai

obat bius yang aman untuk mobilisasi dan transportasi dalam sistem pengiriman ikan

Rumput Laut banyak digunakan sebagai produk makanan dan kesehatan. Tidak hanya itu, tumbuhan ini juga digunakan sebagai pupuk taman dan pertanian. Untuk pengembangan selanjutnya, dapat digunakan sebagai bahan bio diesel (Ekspor, 2013)

6. Toksisitas

Secara sederhana dan ringkas, toksikologi dapat didefinisikan sebagai kajian tentang hakikat dan mekanisme efek berbahaya (efek toksik) berbagai bahan kimia terhadap makhluk hidup dan sistem biologik lainnya. Ia dapat juga membahas penilaian kuantitatif tentang berat dan kekerapan efek tersebut sehubungan dengan terpejannya (exposed) makhluk (Irianti, Sugiyanto, & Sindu, 2017)

Apabila zat kimia dikatakan beracun (toksik), maka kebanyakan diartikan sebagai zat yang berpotensi memberikan efek berbahaya terhadap mekanisme biologi tertentu pada suatu organisme. Sifat toksik dari suatu senyawa ditentukan oleh: dosis, konsentrasi racun di reseptor "tempat kerja", sifat zat tersebut, kondisi bioorganisme atau sistem bioorganisme, paparan terhadap organisme dan bentuk efek yang ditimbulkan. Sehingga apabila menggunakan istilah toksik atau toksisitas, maka perlu untuk

mengidentifikasi mekanisme biologi di mana efek berbahaya itu timbul (Sihono, Kustiariyah, Maduppa, & Januar, 2018)

Menurut Iqbal (2015) Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ekstrak Metanol Rumput laut *C. Racemosa* memiliki bahan aktif yang efektif yang dapat dijadikan sebagai Antibakteri terhadap bakteri patogen *Vibrio harveyi*. Selanjutnya dari pengujian sitotoksisitas ekstrak metanol *C. Racemosa* menunjukkan tidak memperlihatkan efek toksik terhadap nauplius *Artemia salina*, karena ekstrak menunjukkan $LC_{50} > 1000$ ppm (Iqbal, 2015)

Menurut Khatimah (2016) hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kandungan logam Pb pada *C. racemosa* di masing-masing stasiun penelitian. Hasil analisis menunjukkan semakin jauh jarak lokasi budidaya dari pemukiman warga maka semakin kecil konsentrasi logam Pb yang terserap oleh *C. racemosa*. Konsentrasi logam Pb yang ditemukan di kolom perairan areal budidaya rumput laut Dusun Puntondo berada pada kisaran 0,45-0,55 ppm yang telah melebihi standar batas perairan yang ditetapkan yaitu $> 0,008$ ppm sedangkan konsentrasi logam Pb pada *C. racemosa* berada pada kisaran 0,008-0,013 ppm yang masih dalam kategori aman untuk dikonsumsi ($< 0,5$ ppm) (Khatimah, Samawi, & Ukkas, 2016)

F. Tinjauan Umum Tikus Putih Galur Wistar



Gambar 2.4. Tikus Putih Wistar

1. Tikus Putih Wistar

Menurut Adiyati (2011), hewan coba merupakan hewan yang dikembang biakkan untuk digunakan sebagai hewan uji coba. Tikus memiliki karakteristik genetik yang unik, mudah berkembang biak, murah, serta mudah untuk mendapatkannya, oleh karena itu tikus sering digunakan pada berbagai macam penelitian medis. Tikus merupakan hewan yang melakukan aktivitasnya pada malam hari (nocturnal).

Tikus putih (*Rattus norvegicus*) atau biasa dikenal dengan nama lain Norway Rat berasal dari wilayah Cina dan menyebar ke Eropa bagian barat. Pada wilayah Asia Tenggara, tikus ini berkembang biak di Filipina, Indonesia, Laos, Malaysia, dan Singapura. Tikus digolongkan ke dalam Ordo Rodentia (hewan pengerat), Famili Muridae dari kelompok mamalia (hewan menyusui). Tikus putih merupakan strain albino dari *Rattus*

norvegicus. Tikus memiliki beberapa galur yang merupakan hasil pembiakkan sesama jenis atau 15 persilangan.

Galur tikus yang sering digunakan untuk penelitian adalah galur Wistar dan Sprague dawley. Tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Sprague dawley dikembangkan dari tikus putih galur Wistar. Ciri-ciri galur Wistar, yaitu bertubuh panjang dengan kepala lebih sempit, telinga tebal dan pendek dengan rambut halus, mata berwarna merah, dan ekornya tidak pernah lebih panjang dari tubuhnya. Bobot badan tikus jantan pada umur dua belas minggu mencapai 240 gram sedangkan betinanya mencapai 200 gram. Tikus memiliki lama hidup berkisar antara 4 – 5 tahun dengan berat badan umum tikus jantan berkisar antara 267 – 500 gram dan betina 225 – 325 gram. Galur ini berasal dari peternakan Institut Wistar pada tahun 1906 (Fauziyah, 2016)

2. Klasifikasi

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Mamalia
Ordo	: Rodentia
Subordo	: Sciurognathi
Famili	: Muridae
Sub-Famili	: Murinae
Genus	: Rattus

Spesies : *Rattus norvegicus*

Galur/Strain : Wistar

3. Karakteristik

Tikus putih sebagai hewan percobaan relatif resisten terhadap infeksi dan sangat cerdas. Tikus putih tidak begitu bersifat fotofobik seperti halnya tikus dan kecenderungan untuk berkumpul dengan sesamanya tidak begitu besar. Aktifitasnya tidak terganggu oleh adanya manusia di sekitarnya. Ada dua sifat yang membedakan ii tikus putih dari hewan percobaan yang lain, yaitu bahwa tikus putih tidak dapat muntah karena struktur anatomi yang tidak lazim di tempat esofagus bermuara ke dalam lubang dan tikus putih tidak mempunyai kandung empedu. Tikus laboratorium jantan jarang berkelahi seperti tikus jantan. Tikus putih dapat tinggal sendirian dalam kandang dan hewan ini lebih besar dibandingkan dengan tikus, sehingga untuk percobaan laboratorium, tikus putih lebih menguntungkan daripada tikus (Frianto, Fajriaty, & Riza, 2015).

G. Kerangka Teori

Menurut Gibney (2008), faktor resiko terjadinya diabetes melitus terdiri dari faktor genetik dan lingkungan. Faktor genetik menunjukkan bahwa riwayat keluarga yang menderita DM lebih berisiko daripada orang yang tidak memiliki riwayat DM. Diabetes Melitus merupakan

suatu kelainan patofisiologi dimana berkurangnya sekresi insulin akibat kerusakan sel β -pankreas yang didasari proses autoimun. Sekresi insulin yang menurun membuat kadar glukosa darah meningkat (hiperglikemia), dan jika terus berlanjut menyebabkan diabetes melitus (Kekenusa, Ratag, & Wuwungan, 2018).

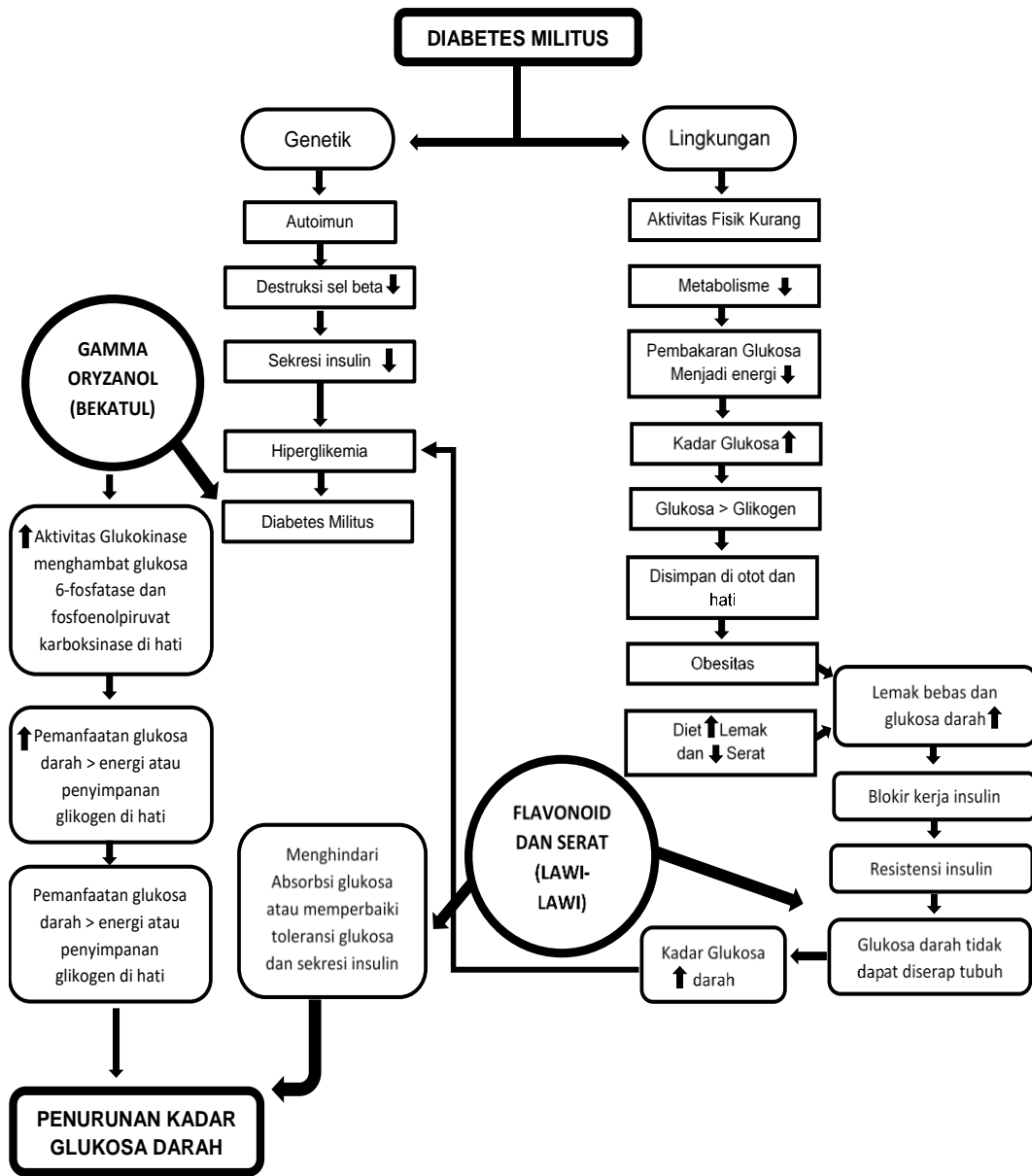
Kemudian faktor lingkungan, kurangnya latihan fisik atau olahraga juga merupakan salah satu faktor terjadinya diabetes melitus tipe II. Menurut penelitian yang telah dilakukan di Cina beberapa waktu yang lalu, jika seseorang dalam hidupnya kurang melakukan latihan fisik ataupun olahraga maka cadangan glikogen ataupun lemak tetap tersimpan di dalam tubuh, hal inilah yang memicu terjadinya berbagai macam penyakit degeneratif salah satu contohnya diabetes melitus tipe II. Aktivitas yang kurang menyebabkan menurunnya proses metabolisme yaitu pembakaran glukosa menjadi energi berkurang.

Menurut kurdanti (2015), Glukosa merupakan sumber energi bagi tubuh, dimana bila terjadi kelebihan energi dan konsumsi energi makanan melebihi energi yang dikeluarkan maka kelebihan energi ini diubah menjadi lemak tubuh. Akibatnya, terjadi berat badan lebih atau kegemukan (obesitas). Kondisi obesitas dan konsumsi makanan tinggi lemak dan rendah serat mengakibatkan lemak bebas dan glukosa darah meningkat. Penumpukan lemak dan glukosa dalam darah menghambat kinerja insulin, sehingga terjadi resistensi dan glukosa darah tidak dapat diserap tubuh. Hal ini yang membuat kadar glukosa

darah meningkat (hiperglikemia), dan jika terus berlanjut menyebabkan diabetes militus (Kurdanti, Suryani, & Syamsiatun, 2015).

Kandungan flavonoid dan serat lawi-lawi mempromosikan masuknya glukosa ke dalam sel, menstimulasi enzim glikolitik dan enzim glikogenik, dan sebaliknya menghambat glukosa 6-fosfatase dalam hati, sehingga menurunkan glukosa dalam darah.

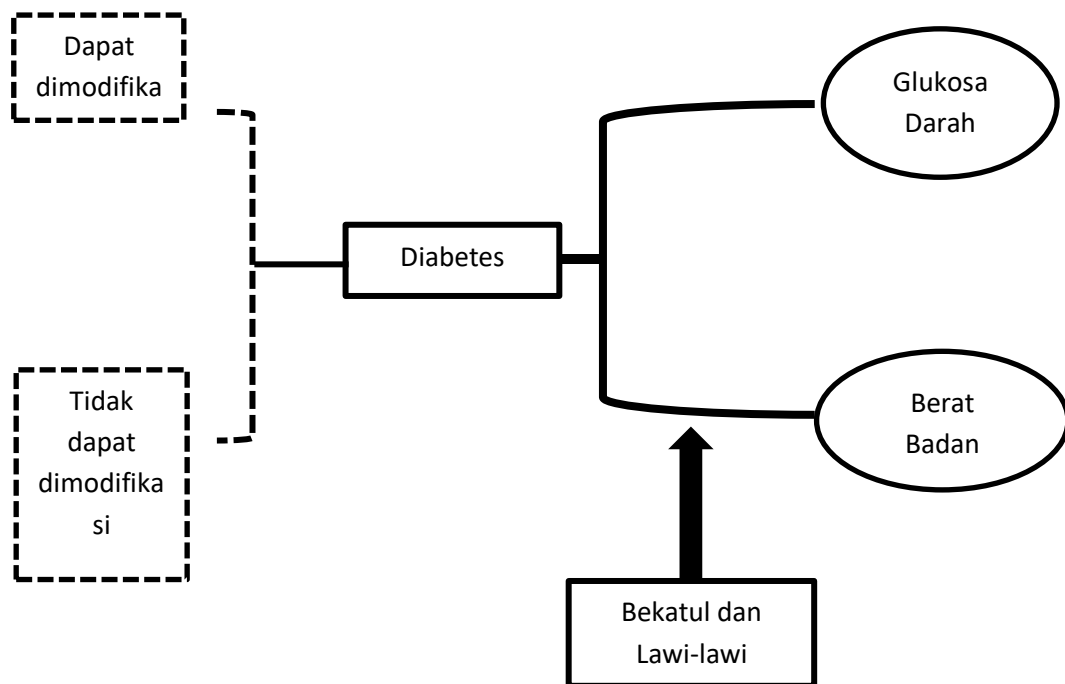
Sedang kandungan gamma oryzanol dalam bekatul dapat meningkatkan aktivitas glukokinase dalam menghambat glukosa 6-fosfatase dan fosfoenolpiruvat karboksinase di hati sehingga pemanfaatan glukosa darah menjadi energi atau penyimpanan glikogen di hati pun ikut meningkat dan menurunkan kadar glukosa darah.



Sumber. Gibney (2008), Berkowitz (2013), Yunir & Soebardi, (2008) dan Kurdanti (2015)

H. Kerangka Konsep

Ada beberapa faktor risiko yang mempengaruhi terjadinya DM tipe 2 yang terdiri dari faktor yang dapat dimodifikasi dan faktor yang tidak dapat dimodifikasi. Faktor- faktor tersebut tidak semuanya diteliti. Dalam penelitian ini, tikus dibuat menjadi DM dengan diinduksi aloksan. Kemudian tikus DM diberikan bubur instant rumput laut lawi-lawi dan bekatul yang mengandung serat, flavonoid, dan gamma oryzanol untuk melihat pengaruhnya dalam menurunkan berat badan dan kadar glukosa darah.



Keterangan :

: Variabel yang diteliti (Independen)

: Variabel yang tidak diteliti

: Variabel dependen

I. Defenisi Operasional

a. Tikus Diabetes Melitus

Hewan coba adalah Tikus Wistar jantan, sehat dengan umur berkisar antara 2-3 bulan. Tikus Diabetes Melitus adalah tikus yang diinduksi dengan aloksan. Tikus dinyatakan DM apabila kenaikan gula darah puasanya >140 mg/dl setelah 3 hari induksi aloksan.

Alat : Hematology analyzer

Skala pengukuran : Rasio

b. Berat Badan Tikus

Berat badan ideal tikus antara 140 – 175 gram. Tikus dikatakan obesitas jika berat badan lebih dari 175 gram. Dilakukan penimbangan sebelum masa adaptasi (penggemukan), setelah adaptasi, dan setelah pemberian rumput laut lawi-lawi dan bekatul

Alat : Timbangan Digital

Skala pengukuran : Rasio

c. Kadar Glukosa

Kadar glukosa darah puasa diukur secara enzimatik sebelum dan sesudah induksi serta setelah pemberian rumput laut lawi-lawi dan bekatul. Darah diperoleh melalui pembuluh vena ekor tikus.

Kadar normal gula darah berkisar 80-140 mg/dl

Alat : Hematology analyzer

Skala pengukuran : Rasio

d. Induksi Aloksan

Induksi aloksan merupakan cara untuk mendestruksi sel β pankreas untuk mendapatkan kadar glukosa darah yang tinggi. Teknik induksi dengan cara melarutkan aloksan dengan NaCl 0,9% kemudian disuntikan melauai peritoneal tikus. Pemberian aloksan adalah cara yang cepat untuk menghasilkan kondisi diabetik eksperimental (hiperglikemik) pada binatang percobaan. Aloksan dapat menyebabkan Diabetes Melitus tergantung insulin pada binatang tersebut (aloksan diabetes) dengan karakteristik mirip dengan Diabetes Melitus tipe 1 pada manusia

Alat : Neraca Analitik

Skala pengukuran : Rasio

e. Induksi Orlistat dan glibenklamid

Mekanisme kerja orlistat menghambat lipase lambung dan pankreas secara reversibel. Lipase ini memiliki peran penting dalam pencernaan lemak makanan. Lipase bekerja dengan memecah trigliserida menjadi asam lemak bebas dan monogliserida yang dapat diserap. Orlistat secara kovalen mengikat residu serin dari situs aktif lipase dan menonaktifkannya. Inaktivasi lipase mencegah hidrolisis trigliserida, sehingga asam lemak bebas tidak diserap. Dosis orlistat yang dianjurkan adalah 120mg kapsul secara oral tiga kali sehari (Nugroho, 2021) Dosis orlistat untuk dewasa adalah 3

kali sehari 120 mg 1 jam sebelum makan, jadi pemberian untuk 1 ekor tikus sebanyak $120 \text{ mg} \times 0.018 = 21,6 \text{ mg/BB}$

Glibenklamid merupakan salah satu obat antidiabetik oral yang sering digunakan. Glibenklamid bekerja merangsang sel β pankreas untuk mengeluarkan insulin. Glibenklamid dan orlistat aman digunakan Bersama (Muliawan, 2019). Dosis glibenklamid untuk dewasa adalah 3 kali sehari 15 mg 1 jam sebelum makan, jadi pemberian untuk 1 ekor tikus sebanyak $15 \text{ mg} \times 0.018 = 0,27 \text{ mg/BB}$

Alat : Neraca Analitik

Skala pengukuran : Rasio

f. Rumput Laut Lawi-lawi dan Bekatul

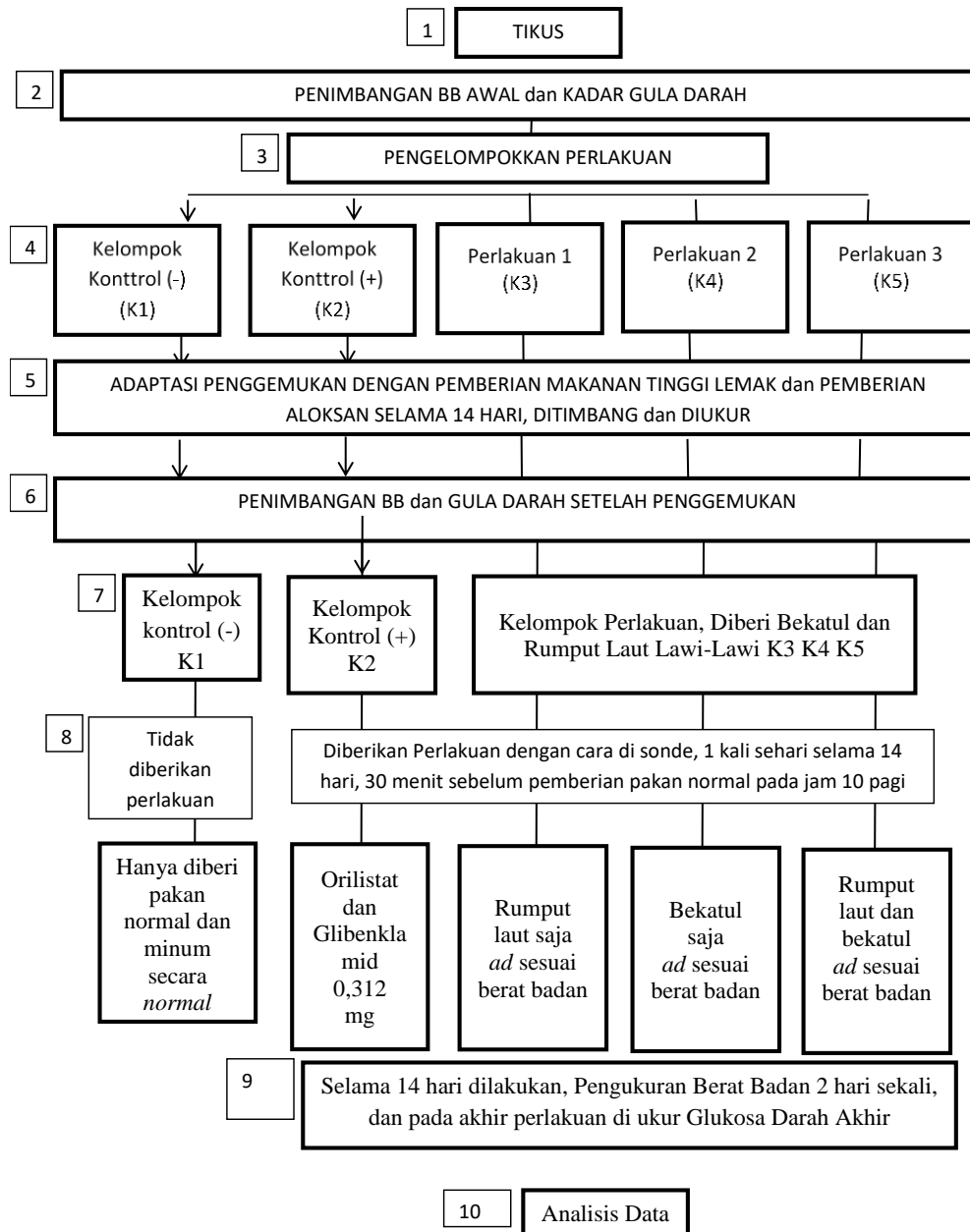
Rumput laut lawi-lawi dan bekatul didapatkan dengan rumput laut dan bekatul dikeringkan di bawah sinar matahari kemudian setelah kering, dilakukan penghalusan menggunakan blender agar bisa di ayak dengan menggunakan ayakan 70 mesh. Setelah serbuk rumput laut lawi-lawi dan bekatul jadi lalu ditimbang kedalam 3 kelompok yaitu lawi-lawi, bekatul dan kombinasi keduanya. Kemudian diberikan kepada tikus yang telah diinduksi aloksan melalui sonde. Perhitungan dosis konversi berdasarkan tabel konversi, pada manusia dengan berat 70 kg maka sebanding dengan tikus dengan berat 200 gram yaitu 0,018. Sedangkan konsumsi serat bagi penderita diabetes militus yang memiliki berat rata-rata 50 kg adalah 25 gr. sehingga jika dikonversikan

didapatkan dosis tikus adalah $25000 \times 0,018 \times 70/50) / 200$ grBB tikus, yaitu 3,15/200 grBB tikus. Jadi, pemberian serbuk pada tiap kelompok berturut-turut, Lawi-lawi 3,15 gr/BB, Bekatul 3,15 gr/BB dan Kombinasi 3,15 gr/BB

Alat : Neraca Analitik, sonde

Skala pengukuran : Rasio

J. Alur Penelitian



K. Hipotesis Penelitian

1. Ada pengaruh pemberian bekatul dan lawi-lawi terhadap berat badan tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang obesitas dan hasilnya jika dibandingkan dengan orlistat
2. Ada pengaruh pemberian bekatul dan lawi-lawi terhadap kadar gula darah tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi aloksan dan hasilnya jika dibandingkan dengan glibenklamid
3. Kelompok yang paling berpengaruh adalah kelompok K5 yaitu kombinasi antara bekatul dan lawi-lawi terhadap perubahan berat badan dan glukosa darah tikus

G. Tabel Sintesa

Tabel 2.4. Tabel Sintesa

No	Peneliti/ Tahun	Judul	Variabel		Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			Independen t	Dependent		
1	Mukarramah, dkk/2017	Low Fat High Protein Sosis Berbahan Dasar Lawi-Lawi (Caulerpa Racemosa) sebagai Inovasi Kuliner Sehat Khas Makassar dan Makanan Alternatif bagi Anak Penderita Obesitas	Sosis berbahan Dasar Lawi-Lawi (Caulerpa Racemosa)	Anak penderita Obesitas	<ul style="list-style-type: none"> - Eksperimental, produk - Populasi dan sampel, rumput laut lawi-lawi yang diambil dari Takalar 	Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa formulasi Low Fat High Protein Sosis yang paling baik adalah formula ke 2 (F2) dengan komposisi utama tepung tapioka substitusi bubur lawi-lawi (Caulerpa racemosa) dibandingkan dengan F1 dengan komposisi serbuk lawi-lawi (Caulerpa racemosa). Presentasi kesukaan panelis secara umum adalah F1: 65%; F2: 75%, dan kadar protein F1 : 3,87%; F2 : 3,93%, dan kadar lemak F1 : 5,02%; F2 : 7,89%. Formula Low Fat High Protein Sosis perlu dimodifikasi kembali untuk memperoleh karakteristik sosis yang diinginkan. (Mukarramah, Wahyuni, Emilia, & Mufidah, 2017b)
2	Wardhani, Eryca Ayu/2013	Aktivitas Serbuk Lidah Buaya sebagai	Serbuk lidah buaya	Penurunan berat badan pada tikus	<ul style="list-style-type: none"> - Eksperimental, perlakuan - Populasi dan sampel, Lidah 	Diberikan perlakuan yang berbeda antara satu dengan lainnya pada masing – masing kelompok. Untuk kelompok A dikarenakan kelompok ini merupakan kontrol dan tidak

		Penurun Berat Badan pada Tikus			buaya yang diambil dari Malang	dikenai pemberian serbuk lidah buaya maka berat badan tetap naik seperti pada saat masa adaptasi. Sedangkan untuk kontrol positif yang diberi obat pelangsing orlistat hewan uji mengalami penurunan berat badan. Sedangkan untuk kelompok C,D, dan E yang dikenai perlakuan dengan beberapa variasi dosis memiliki rata – rata penurunan sebesar 2,8 g, 3,6 g, dan 4,9 g. Hasil rata – rata berat badan pada hewan uji yang dihasilkan dari dosis pertama hingga ketiga mengalami penurunan. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin tinggi dosis semakin tinggi pula penurunan berat badan pada hewan uji. (Wardhani, 2013)
3.	Devis Resita Dewi, Aulanni'am, Anna Rosdiana 2013	Studi Pemberian Ekstrak Rumput laut Coklat (<i>Sargassum Prismaticum</i>) Terhadap Kadar MDA dan Histologi Jaringan Pancreas Pada Tikus <i>Rattus Norvegicus</i> Diabetes	Ekstrak Rumput laut Coklat(<i>Sargassum Prismaticum</i>)	Kadar MDA dan Histologi Jaringan Pancreas Pada Tikus <i>Rattus Norvegicus</i>	Eksperimental, perlakuan	Hasil penelitian ini didapatkan rata-rata kadar MDA masing-masing kelompok perlakuan berturut-turut yaitu sebesar 2,507; 6,770; 5,543; 4,444; 3,734 dan 2,980 µg/mL. Pemberian terapi ekstrak <i>Sargassum prismaticum</i> selama 7 hari mampu menurunkan kadar MDA tikus DM tipe 1 sebesar 55,98% yaitu dari (6,770 ± 0,027) mg/dL menjadi (2,980 ± 0,017) mg/dL serta mampu memperbaiki gambaran histologi jaringan pankreas tikus DM tipe 1 (D. R. Dewi, Aulanni'am, & Roosdiana, 2013)

		Mellitus Tipe 1 Hasil Induksi MLD-STZ (Multiple Low Dose – Streptozotocin)				
4.	Julyasih, K.Sri Marheini/ 2013	Potensi Beberapa Jenis Tepung Rumput Laut untuk Meningkatkan Kadar HDL (High Density Lipoprotein) Plasma Tikus Wistar Hiperkolesterolemia	Tepung Rumput Laut	Peningkatan Kadar HDL Plasma Tikus Wistar Hiperkolesterolemia	Eksperimental, perlakuan	Kadar HDL (high density lipoprotein) plasma tikus wistar hiperkolesterolemia yang diberikan tepung rumput laut <i>Caulerpa</i> spp., <i>Gracilaria</i> spp., dan <i>E.spinosum</i> dengan dosis 1 g/100 g bb tikus/hari maupun 1,5 g/100 g bb tikus/hari lebih tinggi secara bermakna dibandingkan dengan tikus hiperkolesterolemia tanpa pemberian rumput laut. Pemberian tepung <i>E.spinosum</i> . dengan dosis 1,5 g/100 g bb tikus/hari mempunyai kadar HDL plasma tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, tetapi tidak berbeda bermakna dengan pemberian tepung <i>Caulerpa</i> spp. dosis 1,5 g/ 100 g bb tikus/hari (Julyasih, 2013)
5.	Julyasih, K.Sri Marheini/ 2013	Tepung Rumput Laut Menurunkan Kadar LDL (Low Density Lipoprotein) Plasma Tikus Wistar	Tepung Rumput Laut	Penurunan Kadar LDL Plasma Tikus Wistar Hiperkolesterolemia	Eksperimental, Perlakuan	Kadar LDL (low density lipoprotein) plasma tikus wistar hiperkolesterolemia yang diberikan tepung rumput laut <i>Caulerpa</i> spp., <i>Gracilaria</i> spp., dan <i>E.spinosum</i> dengan dosis 1 g/100 g bb tikus/hari maupun 1,5 g/100 g bb tikus/hari lebih rendah secara bermakna dibandingkan dengan tikus hiperkolesterolemia tanpa pemberian rumput laut.

		Hiperkolesterolemia				Pemberian tepung <i>Caulerpa</i> spp. dengan dosis 1,5 g/100 g bb tikus/hari mempunyai kadar LDL plasma terendah dibandingkan perlakuan lainnya, tetapi tidak berbeda bermakna dengan pemberian tepung <i>Caulerpa</i> spp. dosis 1 g, dan <i>E.spinosum</i> 1,5 g/ 100 g bb tikus/hari
6.	Patonah, Elis Susilawati, Ahmad Riduan/2017	Aktivitas Antiobesitas Ekstrak Daun Katuk (<i>Sauropus Androgynus L.Merr</i>) Pada Model Tikus Obesitas	Ekstrak daun katuk	Penurunan Berat Badan Tikus Obesitas	Eksperimental, Perlakuan	Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun katuk mempunyai aktivitas antiobesitas. Ekstrak daun katuk dapat menurunkan bobot badan dan indeks makan, meningkatkan bobot fekes dan konsistensinya yang sebanding dengan orlistat, menurunkan indeks lemak retroperitoneal, mempengaruhi indeks organ dengan meningkatkan bobot organ hati dan testis. Dosis ekstrak daun katuk terbaik dalam menurunkan bobot badan adalah 400 mg/kg.(Patonah, Elis, & Ahmad, 2017)
7.	Kartika Hastarina Putri/2011	Pemanfaatan Rumput Laut Coklat (<i>Sargassum</i> sp.) Sebagai Serbuk Minuman Pelangsing Tubuh	Serbuk Rumput Laut Coklat	Penurunan Berat Badan Tikus dan berat fekes	Eksperimental, Perlakuan	Secara in vivo minuman ekstrak rumput laut coklat (<i>Sargassum</i> sp.) sebesar 3 % dapat menurunkan bobot badan tikus secara rata-rata pada akhir masa perlakuan yaitu sebesar 31,02 gram, yang mendekati nilai rata-rata bobot badan tikus normal yaitu sebesar 30,96 gram. Pemberian minuman ekstrak rumput laut coklat (<i>Sargassum</i> sp.) tidak berpengaruh terhadap konsumsi makanan minum tikus, namun berpengaruh terhadap berat fekes dan kadar lemak eses tikus. Kelompok tikus yang

						diberikan minuman ekstrak rumput laut cokelat (<i>Sargassum</i> sp.) sebesar 3 % memiliki berat fekes dan kadar lemak fekes tertinggi yaitu sebesar 18,98 gram dan 1,29 %.
8	Hasim,dkk /2020	Aktivitas Penurunan Kadar Glukosa pada Tikus yang Diinduksi Aloksan dari Ekstrak Air Angkak, Bekatul dan Kombinasinya	Angkak dan bekatul	Penurunan kadar gula darah	Laboratorium	Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar glukosa darah tikus paling rendah adalah pada tikus kelompok V (angkak 2) dengan pemberian ekstrak air angkak 100 mg/Kg bb, dengan penurunan 61,43% lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok III, tikus yang diberi obat glibenklamid yang turun sebesar 40,88%. Pada kelompok V, kadar glukosa darah pada hari ke-3 sebesar $256,67 \pm 174,77$ mg/dL dan turun pada hari ke-12 hingga mencapai glukosa darah normal sebesar $99,00 \pm 9,64$ mg/dL. Penurunan kadar glukosa darah tikus baik kelompok pemberian ekstrak bekatul maupun dengan kombinasi ekstrak air angkak dan ekstrak air bekatul tidak menunjukkan penurunan kadar glukosa darah yang signifikan.
9	Wahyuni, Arifah Sri, dkk	Antidiabetic Mechanism Of Ethanol Extract Of Black Rice Bran On Diabetic Rats	Bekatul beras hitam	Kadar gula darah tikus	Laboratorium	Ekstrak etanol bekatul beras hitam (EEBRB) mampu menghambat aktivitas enzim α -glukosidase pada glukosa . Dosis ekstrak EEBRB 100 mg/kg adalah mampu menurunkan kadar gula darah hingga $151 \pm 38,58$ mg/dL. Tingkat insulin pada tikus diabetes yang diberikan oleh EEBRB dosis 50, 100, dan 200 mg/kg masing-masing diperoleh $6,52 \pm 5,94$, $11,5 \pm 3,5$, dan $15,20 \pm 9,5$ ng/mL.

10	Bintanah, Sufiati Dan Hapsari, Kusuma / 2010	Pengaruh Pemberian Bekatul Dan Tepung Tempe Terhadap Profil Gula Darah Pada Tikus Yang Diberi Alloxan	Bekatul dan Tepung tempe	Penurunan Gula darah Tikus	Eksperimental, Perlakuan	Hasil penelitian menunjukkan hasil penurunan yang signifikan, Pemberian perlakuan tempe, bekatul, dan campuran selama 3 minggu secara umum cenderung terjadi penurunan kadar gula darah, masing-masing sebesar 54,9%, 51,8%, dan 70,18%. Pada Tabel 5, perlakuan tempe dan bekatul 50% dapat menurunkan kadar gula darah 206,3 mg/dl menjadi 61,5 mg/dl.
11	Kurniawan, Yuniar dan Puji, Indriyani / 2018	In VIVO Pengaruh Vitamin B-15 Dan Bekatul Organik Terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah	Vitamin B-15 dan Bekatul Organik	Penurunan Gula darah Tikus	Eksperimental, Perlakuan	Dari hasil pengujian untuk mendapatkan kadar protein dan kadar serat didapatkan hasil bahwa semakin tinggi menit. Kadar serat mempunyai nilai yang paling tinggi, parameter proses yang tepat adalah 10 menit, waktu oven 10 menit dan suhu 60 o C. Berdasarkan uji Anova dapat disimpulkan bahwa perlakuan pemberian bekatul dan campuran bekatul dan vitamin B15 pada tikus diabetes, kadar glukosa darah tikus menurun dibandingkan kelompok kontrol pada hari ke-7, hari ke-14 dan hari ke-15 ($p < 0,005$). Berdasarkan post hoc test didapatkan hasil antar kelompok perlakuan tidak menurunkan kadar glukosa darah tikus secara signifikan ($P > 0,005$)