

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Obesitas merupakan krisis kesehatan global yang sedang berlangsung dengan prevalensi yang terus meningkat dengan cepat, terutama di negara-negara berpendapatan rendah dan menengah (Tham et al., 2023). *World Health Organization* mendefinisikan kelebihan berat badan dan obesitas sebagai penumpukan lemak abnormal atau berlebihan yang menimbulkan risiko terhadap kesehatan (Jebeile et al., 2022). Obesitas merupakan penyebab utama berbagai penyakit tidak menular (PTM), termasuk penyakit yang mengancam jiwa dan penyakit tidak fatal, obesitas juga menyebabkan kematian dini dan kecacatan di masa dewasa (Lemamsha et al., 2019).

Tren global saat ini memperkirakan 38% orang dewasa di dunia akan mengalami kelebihan berat badan sementara 20% akan terkena obesitas pada tahun 2030 (Anekwe et al., 2020). Proyeksi terbaru dari *World Obesity Federation* (WOF) memperkirakan bahwa pada tahun 2030 sekitar satu miliar orang akan mengalami obesitas termasuk 1 dari 5 wanita dan 1 dari 7 pria (Tham et al., 2023). Sekitar lebih dari 1,9 miliar orang dewasa di seluruh dunia mengalami kelebihan berat badan, dan lebih dari 650 juta orang mengalami obesitas secara klinis (Lemamsha et al., 2019). Wilayah Asia Tenggara dan pasifik terdiri dari hampir setengah jumlah penduduk di dunia yang memiliki tiga beban malnutrisi yaitu kekurangan gizi makro, kelebihan berat badan dan kekurangan gizi mikro (Rah et al., 2021).

Permasalahan gizi di Indonesia tidak lagi didominasi oleh masalah gizi kurang tetapi juga gizi lebih. Riset kesehatan dasar (Riskesdas) mencatat prevalensi obesitas orang dewasa pada tahun 2013 di Indonesia sebesar 14,8%, di Sulawesi Selatan sebesar 13,6% dan obesitas pada orang dewasa di Makassar sebesar 18,4% (Kementrian Kesehatan, 2013). Prevalensi obesitas pada orang dewasa pada tahun 2018 di Indonesia sebesar 21,8%, di Sulawesi Selatan 19,1% dan obesitas pada orang dewasa di Makassar sebesar 24% (Kementrian Kesehatan, 2018). Hasil survei kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 data obesitas pada orang dewasa di Indonesia sebesar 23,4% dan Sulawesi Selatan sebesar 21,1% (Kemenkes, 2023b).

Berdasarkan data skrining pengukuran antropometri pada 358 pegawai kantor Gubernur Sulawesi Selatan diperoleh data 130 (36,3%) pegawai yang obesitas (Data Primer, 2024), prevalensi ini lebih tinggi dari prevalensi secara nasional. Menurut data Survei Kesehatan Indonesia 2023, proporsi obesitas tertinggi ditemukan pada kelompok PNS/TNI/Polri/BUMN/BUMD yaitu sebanyak 32%, angka tersebut lebih tinggi dibandingkan pada pegawai swasta 23,6% dan wiraswasta 24,9% (Kemenkes, 2023b). Menurut *World Health Organization* bahwa masalah Kesehatan dengan prevalensi >10% dinyatakan masalah Kesehatan yang berat. Kelompok masyarakat yang berisiko tinggi terjadinya obesitas salah satunya pekerja kantoran. Pekerjaan mereka yang cenderung tidak memperhatikan pola makan dan jarang melakukan aktivitas fisik dapat memicu terjadinya obesitas

(Annurullah et al., 2021). Obesitas akan menjadi masalah yang besar karena secara umum akan menurunkan produktivitas individu khususnya pekerja kantor. Dengan adanya kejadian seperti itu maka kegiatan sosial ekonomi pun akan menerima imbasnya seperti menurunnya kualitas kehidupan penderita, menurunnya produktivitas roda ekonomi negara, tingginya biaya kesehatan yang ditanggung negara, dan tingginya biaya yang dikeluarkan individu ketika sakit (Masrul, 2018).

Obesitas merupakan faktor predisposisi untuk terjadinya peningkatan kadar glukosa darah (Yaumil Khair et al., 2023), meningkatnya penumpukan jaringan lemak pada orang obesitas dapat menimbulkan resistensi insulin, sehingga terjadi peningkatan kadar glukosa dalam darah (Setyawati, 2021). Menurut data riset kesehatan dasar pada tahun 2018 penduduk Indonesia ≥ 15 tahun yang mengalami toleransi glukosa terganggu yaitu sebesar 19,7%, pada PNS/TNI/Polri/BUMN/BUMD sebesar 12,8% (Kementrian Kesehatan, 2018) dan pada data survei kesehatan Indonesia tahun 2023 sebesar 18,6% dan pada PNS/TNI/Polri/BUMN/BUMD sebesar 15,9% (Kemenkes, 2023b).

Faktor lain yang menyebabkan peningkatan glukosa darah adalah kurangnya aktivitas fisik (Yolanda et al., 2023). Penduduk Indonesia usia >10 tahun yang kurang melakukan aktivitas fisik pada tahun 2013 sebesar 26,1%, Sulawesi Selatan sebesar 31% dan Makassar sebesar 43% (Kementrian Kesehatan, 2013). Pada tahun 2018 prevalensi penduduk Indonesia kurang melakukan aktivitas fisik sebesar 33,5%, di Sulawesi Selatan sebesar 33,4% dan Makassar sebesar 31,9%. tingkat aktivitas fisik masyarakat Indonesia masih dalam kondisi yang mengkhawatirkan, warga Indonesia yang ada pada kriteria kurang melakukan aktivitas fisik adalah mereka yang melakukan olahraga kurang dari 150 menit dalam satu minggu (Kementrian Kesehatan, 2018). Data survei kesehatan Indonesia (SKI) sebesar 37,4% usia >10 tahun yang kurang melakukan aktivitas fisik di Indonesia dan di Sulawesi Selatan sebesar 39,6% (Kemenkes, 2023b).

Rendahnya aktivitas fisik ada kaitannya terhadap peningkatan risiko berat badan dan meningkatnya risiko terkena diabetes melitus (Fitriani & Sanghati, 2021). Aktivitas fisik dapat menjadi faktor pemicu terjadinya peningkatan kadar glukosa darah di dalam tubuh, terkendalinya kadar glukosa darah akibat melakukan aktivitas. Jika aktivitas fisik yang dilakukan individu terbilang minim akan memicu terjadinya kenaikan glukosa darah yang tinggi. Aktivitas fisik yang rendah akan berdampak pada kenaikan kadar glukosa darah yang tinggi pula dan akan terjadi kondisi pre diabetes (Karolus Siregar et al., 2023). *American Diabetes Association* merekomendasikan aktivitas fisik intensitas sedang selama 150 menit per minggu untuk meningkatkan sensitivitas insulin dan kontrol glikemik (American Diabetes Association Officers, 2018). Dalam penelitian Rahmawati pada tahun 2019 menyatakan bahwa responden yang memiliki intensitas aktivitas fisik yang kurang, memiliki kemungkinan 6,75 kali lebih besar berisiko kadar glukosa darah tidak terkontrol (Rahmawati, 2019).

Beberapa tahun terakhir, bukti telah menunjukkan bahwa obesitas juga dapat dikaitkan dengan defisiensi mikronutrien. Asupan mineral yang tidak memadai dapat berkontribusi terhadap obesitas dan gangguan metabolisme yang

tidak bergantung pada makronutrien dan konsumsi serat (Chu et al., 2023). Subjek yang mengalami obesitas sering kali kekurangan magnesium (Mg) (Morais et al., 2017). Defisit ini terutama disebabkan oleh pola makan barat (*Western style diet*) yang seringkali hanya mengandung 30–50% magnesium dari *recommended dietary allowances* (RDA). *Western style diet* didasarkan pada konsumsi besar-besaran makanan olahan, air demineralisasi, serta sayuran dan polong-polongan dalam jumlah rendah, yang sering ditanam di tanah yang kurang magnesium (Mg) (Al Alawi et al., 2018). Hubungan antara status magnesium (Mg) yang rendah dan resistensi insulin serta sindrom metabolik telah ditunjukkan berulang kali pada orang dewasa dan asupan magnesium (Mg) yang lebih tinggi telah terbukti memiliki peran protektif. Hal ini mengarah pada keterlibatan mekanistik magnesium (Mg) dalam penambahan berat badan dan resistensi insulin melalui peran pentingnya sebagai kofaktor dalam beberapa enzim dalam metabolisme karbohidrat dan energi (Chaudhary et al., 2018) (Zaakouk et al., 2016).

Penelitian yang dilakukan di Kecamatan Serenagn Kota Surakarta menunjukkan bahwa serum magnesium merupakan faktor yang paling berhubungan dengan glukosa darah pada orang dewasa *overweight* dan obesitas. Glukosa darah akan meningkat seiring dengan penurunan kadar serum magnesium (Setiawati et al., 2019). Hasil penelitian menunjukan adanya korelasi yang bermakna antara asupan magnesium dan kadar glukosa darah puasa, semakin tinggi asupan magnesium semakin menurun kadar glukosa darah puasa (Anggun Faradhita, 2014). Kekurangan magnesium menyebabkan peningkatan sekresi insulin dan mengganggu mekanisme insulin, sehingga menyebabkan resistensi insulin, hiperglikemia, dan komplikasi diabetes tipe 2 (Gabriele Piuri et al, 2021).

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai hubungan aktivitas fisik dan kadar serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas. Dari beberapa penelitian sejenis yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh masih belum konsisten sehingga peneliti tertarik untuk meneliti hal tersebut. Penelitian ini memanfaatkan uji laboratorium untuk mengukur kadar serum magnesium dalam darah. Penggunaan uji laboratorium ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan data biokimia yang akurat dan objektif, yang sangat penting dalam memahami hubungan antara kadar serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah ada hubungan aktivitas fisik dan kadar serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan aktivitas fisik dan kadar serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas.

1.3.2. Tujuan Khusus

- a. Menilai aktivitas fisik pada orang dewasa obesitas di kantor Gubernur Sulawesi Selatan
- b. Menilai serum magnesium pada orang dewasa obesitas di kantor Gubernur Sulawesi Selatan
- c. Menilai glukosa darah pada orang dewasa obesitas di kantor Gubernur Sulawesi Selatan
- d. Menilai hubungan aktivitas fisik dengan glukosa darah pada orang obesitas di kantor Gubernur Sulawesi Selatan
- e. Menilai hubungan kadar serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas di kantor Gubernur Sulawesi Selatan

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Ilmiah

Sebagai sumber pengembangan ilmu pengetahuan dan menambah informasi ilmiah serta sebagai bahan literatur ilmiah yang berkaitan dengan hubungan aktivitas fisik dan kadar serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas.

1.4.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat menjadi dasar evaluasi kesehatan rutin di lingkungan kerja pemerintahan. Pemerintah dapat menggunakan temuan ini sebagai dasar untuk mengembangkan kebijakan kesehatan kerja yang bersifat promotif dan preventif, seperti meningkatkan kesadaran pegawai untuk melakukan olahraga rutin dan penyediaan makanan sehat di lingkungan kantor.

1.5. Obesitas Pada Orang Dewasa

1.5.1. Obesitas

Obesitas dan kegemukan merupakan kondisi tidak normal tubuh yang ditandai dengan meningkatnya lemak berlebihan di dalam tubuh. Lemak yang berlebihan tersebut, umumnya disimpan pada jaringan subkutan, sekitar organ, dan kadang terinfiltrasi ke dalam organ. Penumpukan lemak tubuh yang berlebihan mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan. Remaja yang obesitas mempunyai risiko untuk mengalami obesitas juga pada masa dewasanya sehingga berpotensi menjadi penyebab penyakit metabolik dan tidak menular. Pertambahan massa lemak bersamaan dengan perubahan fisiologis tubuh yang bergantung pada distribusi regional massa lemak tersebut. Lemak yang tertimbun pada jaringan *visceral (intra abdomen)* dan digambarkan dengan penambahan lingkaran perut akan menstimulasi perkembangan peningkatan sindrom resistensi insulin, hiperlipidemia, dan hipertrigliseridemia (Raniya Suha & Amira, 2022).

Bukti yang ada menunjukkan bahwa kelebihan berat badan dan obesitas semakin menonjol sebagai tantangan gizi utama di Indonesia, di samping berbagai bentuk kekurangan gizi lain yang sudah berlangsung lama. Data yang tersedia juga menunjukkan semakin banyaknya tantangan berat seiring dengan kelebihan berat badan dan obesitas di antara orang dewasa dan anak-anak di semua kelompok usia lainnya. Antara tahun 2010-2018, terdapat pertumbuhan yang sangat cepat dalam prevalensi kelebihan berat badan (3,9% rata-rata setiap tahun) dan obesitas (rata-rata 8% setiap tahun) di antara orang dewasa usia di atas 18 tahun (Colozza, 2019). Kemapanan di usia ini membuat seseorang lebih senang mengonsumsi makanan tidak sehat seperti junk food atau fast food. Orang lebih senang melahap makanan berlemak dan berenergi tinggi, gurih, dan manis. Sementara makanan kaya serat, seperti sayuran dan buah, diabaikan. Pola hidup serba modern juga membuat seseorang malas bergerak (Pitasari, Didit Damayanti, 2008).

a. Patofisiologi Obesitas

Prinsip mendasar terjadinya obesitas adalah akibat dari ketidakseimbangan ketiga komponen energi yang berpengaruh yaitu asupan makanan, pengeluaran energi, dan penyimpanan energi. Hasil akhir dari ketidakseimbangan antara asupan energi dengan pengeluaran energi diakibatkan adanya asupan energi yang melebihi pengeluaran energi sehingga akan menghasilkan penimbunan dalam jaringan lemak dan disimpan sebagai cadangan energi di dalam tubuh. Selain ketidakseimbangan komponen energi yang ada didalam tubuh, obesitas juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor genetik, lingkungan dan kebiasaan, sosio-ekonomi dan budaya (Gadde et al., 2018).

Berdasarkan patogenesisnya, obesitas digolongkan menjadi dua bagian yaitu, *metabolic obesity* (obesitas metabolik) dan *regulatory obesity* (obesitas reguler). Obesitas metabolik (*metabolic obesity*) merupakan obesitas yang terjadi akibat kelainan metabolisme komponen nutrisi utama dalam makanan seperti karbohidrat dan lemak, misalnya obesitas yang terjadi karena kelainan genetik. Obesitas reguler (*regulatory obesity*) terjadi akibat gangguan pada pusat yang mengatur masukan makanan, seperti kerusakan hipotalamus yang kejadiannya sangat jarang (Siburian, 2019). Pada obesitas, proses penimbunan lemak dalam sel sehingga terjadi hipertrofi pada sel tersebut. Ketika hipertrofi sel lemak ini terjadi di dalam tubuh pada tingkat tertentu, maka akan terjadi rangsangan pembentukan sel lemak (adiposit) baru dari bakal sel lemak (preadiposit) yang ada sehingga terjadinya hiperplasi sel. Protein adipose differentiation related protein (ADRP) yang dihasilkan oleh retikulum endoplasmik sel lemak dan peripilin membantu proses diferensiasi bakal sel lemak (preadiposit) menjadi sel lemak (adiposit) (Lin & Li, 2021).

b. Penentuan Obesitas

Obesitas dapat diketahui dengan mengukur jumlah lemak seluruh tubuh dengan menggunakan alat pengukur ketebalan lemak. Secara sederhana obesitas dapat dihitung dengan menghitung indeks massa tubuh (IMT). Pengukuran obesitas yang paling banyak dilakukan saat ini adalah penilaian berat badan dengan menggunakan indeks massa tubuh (IMT). Hal ini disebabkan penilaian menggunakan IMT telah memperhitungkan unsur kesehatan. Oleh karena itu IMT cocok diterapkan bagi orang-orang yang ingin mengetahui kondisi berat badannya ditinjau dari segi kesehatan. Perhitungan indeks massa tubuh (IMT) yaitu (Kemenkes, 2014):

$$IMT = BB \text{ (kg)} / TB(m^2)$$

Tabel 1 :Batas Ambang Indeks Massa Tubuh (IMT)

Kategori		IMT (kg/m ²)
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	<17
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17 – 18,5
Normal		>18,5 - 25
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	>25 – 27
	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27

Sumber: (Kemenkes, 2014)

c. Determianan Obesitas pada Dewasa

Pada dasarnya obesitas terjadi karena energi yang didapat lewat makanan melebihi energi yang dikeluarkan anak. Ketidakseimbangan ini dari berlebihnya energi yang diperoleh dan atau berkurangnya energi yang dikeluarkan untuk metabolisme tubuh aktivitas fisik.

Faktor – faktor yang mempengaruhi obesitas (Purwaningrum & Wardani, 2013) :

a. Faktor genetik

Obesitas cenderung diturunkan, sehingga diduga memiliki penyebab genetik anggota keluarga tidak hanya berbagi gen, tetapi juga makanan dan kebiasaan gaya hidup, yang bisa mendorong terjadinya obesitas. Seringkali sulit untuk memisahkan faktor gaya hidup dengan faktor genetik. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa rata-rata faktor genetik memberikan pengaruh sebesar 33% terhadap berat badan seseorang.

b. Obat-obatan

Penggunaan obat-obatan tertentu (misalnya steroid dan beberapa anti depresi) bisa memicu penambahan berat badan.

c. Aktivitas fisik

Kurangnya aktivitas fisik merupakan salah satu penyebab utama dari meningkatnya angka kejadian obesitas di tengah masyarakat. Orang-orang yang tidak aktif memerlukan lebih sedikit energi. Seseorang yang cenderung mengonsumsi makanan kaya lemak dan tidak melakukan aktivitas fisik yang seimbang akan mengalami obesitas.

d. Pola Makan

Pola makan merupakan perilaku paling penting yang dapat mempengaruhi keadaan gizi. Hal ini disebabkan karena kuantitas dan kualitas makanan dan minuman yang dikonsumsi akan mempengaruhi asupan gizi sehingga akan mempengaruhi kesehatan individu dan masyarakat. Pola makan yang sehat selalu mengacu kepada gizi yang seimbang yaitu terpenuhinya semua zat gizi sesuai dengan kebutuhan. Sebagian besar penyakit tidak menular terkait gizi berasosiasi dengan kelebihan berat badan dan kegemukan yang disebabkan oleh kelebihan gizi. Perilaku konsumsi pangan bergizi seimbang dapat terganggu oleh pola kegiatan kelompok usia dewasa saat ini. Misalnya waktu kerja yang ketat, waktu di rumah yang singkat, ibu bekerja diluar rumah, peningkatan risiko terpapar polusi dan makanan tidak aman, ketersediaan berbagai makanan siap saji dan siap olah, dan ketidaktahuan tentang gizi, yang menyebabkan kelompok usia ini cenderung beraktivitas ringan atau santai (*sedentary life*), yang salah satu akibatnya adalah konsumsi pangan yang tidak seimbang dan tidak higienis. Oleh karena itu, perhatian terhadap perilaku gizi seimbang perlu ditingkatkan untuk mencapai pola hidup sehat, aktif dan produktif (Kemenkes, 2014).

Menurut (WHO, 2018) bahwa asupan energi (kalori) harus seimbang dengan pengeluaran energi. Untuk menghindari kenaikan berat badan yang tidak sehat, total lemak tidak boleh melebihi 30% dari total asupan energi dan asupan lemak jenuh harus kurang dari 10% dari total asupan energi, serta asupan translemak kurang dari 1% dari total asupan energi, dengan pergeseran konsumsi lemak dari lemak jenuh dan trans- lemak menjadi lemak tak jenuh. Adapun manfaat gizi seimbang (WHO, 2020) yaitu sebagai berikut:

- a. Memilih diet yang seimbang, memadai, dan bervariasi adalah langkah penting menuju gaya hidup bahagia dan sehat
- b. Vitamin dan mineral dalam makanan sangat penting untuk meningkatkan kekebalan dan perkembangan yang sehat

- c. Pola makan yang sehat dapat melindungi tubuh manusia dari jenis penyakit tertentu dan juga dapat berkontribusi pada berat badan yang cukup
- d. Makan sehat adalah kesempatan yang baik untuk memperkaya hidup dengan bereksperimen dengan makanan yang berbeda dari budaya yang berbeda, asal dan cara yang berbeda untuk menyiapkan makanan
- e. Manfaat makan berbagai macam makanan juga emosional, karena variasi dan warna adalah bahan penting dari diet yang seimbang.

1.5.2 Lemak Tubuh

Persentase lemak tubuh didefinisikan sebagai proporsi massa lemak individu. Persentase lemak tubuh adalah persentase dari perbandingan bobot massa jaringan lemak dan non lemak (fat free mass) pada tubuh seseorang. Persen lemak tubuh tidak hanya mempengaruhi berat badan dan bentuk tubuh, tetapi juga mempengaruhi kesehatan seseorang (Rahman, 2020). Pengukuran lemak tubuh berfungsi untuk memantau cadangan lemak tubuh sekaligus melihat tingkat obesitas seseorang karena sebagian besar penderita obesitas memiliki massa lemak yang tinggi. Ada banyak cara yang dilakukan untuk mengevaluasi lemak tubuh. Cara yang paling sederhana dan diterima secara menyeluruh di masyarakat menggunakan Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT adalah metode antropometri yang diterima secara universal untuk mengklasifikasikan kelebihan berat badan dan obesitas. Ada beberapa metode untuk mengukur lemak tubuh seperti indeks massa tubuh (IMT), pengukuran kaliper lipatan kulit, lingkaran pinggang, rasio lingkaran pinggang panggul (RLPP), densitometri, analisis impedansi bioelektrik (BIA), dan dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) (Hufadz, 2016). Mendiagnosis obesitas berdasarkan persentase lemak tubuh (%BF) akan lebih relevan, dan dapat mendeteksi subjek dengan risiko kardio-metabolik yang lebih tinggi dengan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan potongan BMI saja. (Bennouar et al., 2023).

Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap meningkatnya persentase lemak tubuh, yaitu antara lain:

1. Asupan Gizi

Tingkat lemak tubuh seseorang sangat terkait dengan tingkat asupan makanan. Asupan makanan yang meliputi konsumsi energi total, konsumsi protein, konsumsi lemak dan konsumsi karbohidrat dapat berhubungan dengan jumlah persen lemak dalam tubuh.

- a) Energi: energi adalah zat yang dibutuhkan untuk suatu proses pertumbuhan dan mempertahankan hidup dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Konsumsi makanan sangat berperan penting dalam memberi energi pada tubuh untuk melakukan aktivitas dan untuk mengatur proses didalam tubuh. Energi didalam tubuh dapat timbul karena adanya pembakaran karbohidrat, protein dan lemak,

sehingga manusia dapat melakukan aktivitasnya. Namun apabila konsumsi energi yang melebihi kecukupan dapat mengakibatkan kenaikan berat badan dan apabila terus berkelanjutan akan berdampak pada peningkatan persentase lemak tubuh (Sutrio, 2017).

- b) Protein: protein merupakan jenis makronutrimen yang berkaitan dengan obesitas. Tubuh manusia tidak dapat menyimpan protein secara berlebihan apabila asupan protein berlebih maka akan disimpan didalam tubuh dalam bentuk trigliserida dan hal inilah yang menyebabkan peningkatan jaringan lemak (Rahman, 2020).
 - c) Karbohidrat: Asupan karbohidrat mempunyai peranan lebih besar sebagai pemasok energi utama bagi tubuh. Dalam tubuh seseorang, karbohidrat berada pada sirkulasi darah dalam bentuk glukosa, sebagian pada hati dan jaringan otot dalam bentuk glikogen dan sebagian diubah menjadi lemak untuk disimpan sebagai cadangan energi didalam jaringan lemak. Karbohidrat yang lebih berarti adalah masukan glukosa yang tinggi, artinya apabila glukosa yang berlebihan akan energi itu akan menjadi lemak sehingga sangat berpengaruh dalam peningkatan persentase lemak didalam tubuh.
 - d) Lemak: lemak merupakan zat penyumbang kalori terbesar dalam makanan yaitu 1 gr lemak menghasilkan 9 kalori. Simpanan lemak didalam tubuh berasal dari asupan lemak yang berlebih atau kombinasi antara zat-zat gizi yang lainnya seperti protein dan karbohidrat. Lemak juga dapat memberikan tenaga bagi tubuh, apabila asupan lemak berlebihan, kalori di dalam tubuh yang tidak terpakai akan ditimbun di dalam tubuh.
2. Aktivitas fisik adalah setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang membutuhkan pengeluaran energi, aktivitas fisik yang teratur antara lain dapat meningkatkan kebugaran otot dan kardiorespirasi, meningkatkan kesehatan tulang dan fungsional, untuk keseimbangan energi serta kontrol berat badan. Penyebab potensial dari peningkatan kelebihan kadar lemak pada masa kini yaitu mengkonsumsi karbohidrat dan lemak berlebih yang tidak diikuti dengan aktivitas fisik yang tinggi. Aktivitas fisik merupakan kunci dari pengeluaran energi yang sangat penting untuk menyeimbangkan energi dan kontrol berat badan (Yoli Farradika, Yuyun Umniyatun, Mochamad Iqbal Nurmansyah, 2019).
 3. Pengetahuan gizi meliputi pengetahuan tentang pemilihan dan konsumsi makanan sehari-hari dengan baik dan memberikan semua zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh. Pemilihan dan konsumsi makanan berpengaruh terhadap berat badan seseorang. Tingkat pengetahuan gizi seseorang sangat berpengaruh terhadap sikap dan perilaku serta pemilihan makanan. Pengetahuan gizi yang baik harapanya dapat memberikan pengaruh yang baik sehingga tercapai status gizi yang

baik. Namun tinggi tingkat pengetahuan gizi seseorang belum tentu mengubah kebiasaan makannya, dimana pemahaman tentang asupan nutrisi yang diperlukan oleh tubuh tidak diaplikasikan didalam kehidupan sehari-hari (Rahman, 2020).

4. Kebiasaan Konsumsi Makanan Cepat Saji

Urbanisasi, globalisasi, dan industrialisasi menyebabkan perubahan gaya hidup masyarakat Indonesia yang cenderung menyukai makanan cepat saji atau fast food. Fast food adalah jenis makanan cepat saji yang mudah dikemas, disajikan dan praktis. Seiring dengan lingkungan dan alur zaman fast food juga mempengaruhi tingkat konsumsi masyarakat. Dampak buruk dari kebiasaan konsumsi makanan cepat saji ini dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan salah satunya peningkatan lemak berlebihan. Kebiasaan ini membuat pemilihan makanan yang tidak tepat dan akan berdampak buruk bagi kesehatan (Septika Sari, Agrina, 2012).

1.5.3. Usia Dewasa

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, dewasa adalah keadaan sampai akil baligh (bukan anak-anak atau remaja lagi) padanan kata yang sering digunakan untuk kedewasaan adalah telah mencapai kematangan dalam perkembangan fisik dan psikologis, kelamin, pikiran, pertimbangan, pandangan dan sebagainya. Padanan kata yang lain mandiri keadaan dapat berdiri sendiri, tidak bergantung pada orang lain. Pendewasaan adalah proses, cara, perbuatan, menjadikan dewasa dan kedewasaan adalah hal atau keadaan telah dewasa (Iswati, 2019). Usia dewasa 19—59 tahun merupakan rentang usia terpanjang dalam alur kehidupan manusia (Kemenkes, 2023a). Usia ini dikenal sebagai usia produktif, yang ditandai dengan pencapaian tingkat pendidikan, kesuksesan dalam berkarier, kemapanan hidup, dan lain-lain. Usia dewasa dibagi menjadi tiga kelompok yaitu usia 19 – 29 tahun yang disebut dewasa muda, 30 – 49 tahun disebut dewasa madya dan > 50 tahun yang sering dikenal dengan masa pra lansia (Thahir, 2018).

Kebutuhan gizi pada usia dewasa berubah sesuai kelompok usia tersebut. Peranan gizi pada usia dewasa adalah untuk pencegahan penyakit dan meningkatkan kualitas hidup yang lebih sehat. Makanan merupakan salah satu kesenangan dalam kehidupan, pemilihan makanan secara bijak di masa usia ini dapat menunjang kemampuan seseorang dalam menjaga kesehatan fisik, emosional, mental dan mencegah penyakit. Tujuan utama kesehatan dan gizi usia dewasa adalah meningkatkan kesehatan secara menyeluruh, mencegah penyakit dan memperlambat proses menua (Pitasari, Didit Damayanti, 2008).

a. Karakteristik Usia Dewasa

1. Karakteristik Usia Dewasa Awal

Dewasa awal adalah masa peralihan dari masa remaja menuju masa dewasa. Peralihan dari ketergantungan ke masa mandiri baik dari ekonomi, kebebasan menentukan diri, dan

pandangan masa depan lebih realistis (Thahir, 2018). Dewasa awal merupakan masa dimana seseorang sudah siap menerima kedudukan dalam masyarakat bersama dengan orang dewasa lainnya, dan telah menyelesaikan pertumbuhannya sehingga mencapai kematangan dalam berbagai aspek. Masa dewasa awal dilalui setelah berakhirnya masa remaja, meskipun begitu, perkembangan tidak berhenti pada waktu individu mencapai kedewasaan fisik saat remaja atau kedewasaan sosial pada saat dewasa awal (Wijaya & Muslim, 2021).

Secara fisik, seorang dewasa awal menunjukkan penampilan yang sempurna dalam arti bahwa pertumbuhan dan perkembangan aspek-aspek fisiologis telah mencapai posisi puncak. Mereka memiliki daya tahan dan taraf kesehatan yang prima sehingga dalam melakukan berbagai kegiatan tampak inisiatif, kreatif, energik, cepat, dan proaktif. Oleh sebab itu masa dewasa awal merupakan masa yang sangat penting dan berharga bagi tahapan perkembangan individu, masa yang penuh dengan masalah, ketegangan emosional, periode isolasi, periode komitmen dan ketergantungan, perubahan nilai-nilai kreativitas, dan pencarian kemandirian serta masa reproduktif yang ditandai dengan membentuk keluarga (Putri, 2018).

2. Karakteristik Usia Dewasa Madya

Masa dewasa madya merupakan masa transisi, di mana pria maupun wanita meninggalkan ciri-ciri jasmani dan perilaku dewasa dan mulai memasuki suatu periode dalam kehidupan baru. Batasan usia dewasa madya secara umum ialah 35-45 tahun. Ciri-ciri dinamika kehidupan orang dewasa madya ialah penyesuaian fisik terhadap perubahan dan penurunan daya fisik, minat, relasi keluarga, dan pasangannya. Pada sisi lain, mereka mengalami kemajuan dalam pekerjaan, perkawinan, sosial ekonomi, dan aktif mengikuti kegiatan sosial. Akan tetapi, orang dewasa madya kerap kali mengurangi kegiatan-kegiatannya yang banyak membutuhkan gerakan fisik (Thahir, 2018). Ciri-ciri perubahan fisik usia dewasa madya yakni bertambahnya berat badan, rambut mulai rontok dan tumbuh uban, penurunan kondisi kesehatan fisik (mulai rabun mata, meningkatnya kadar gula, kolesterol, asam urat, sakit jantung, awal memasuki menopause dan sebagainya (Ajhuri, 2019).

3. Karakteristik Usia Dewasa Akhir (Usia Lanjut)

Masa dewasa akhir disebut juga masa penutupan dalam rentang hidup pada seseorang, dimana masa ini bisa dikatakan masa yang beranjak jauh dari kehidupan / masa sebelumnya. Pada usia ini terjadi penurunan kekuatan fisik, dan penurunan daya ingat seseorang. Masa dewasa akhir ini merupakan proses perubahan menjadi tua atau dalam istilah lain disebut

“senescence”. Proses perubahan ini dialami dengan berubahnya fisik dan juga psikis pada seseorang. Dalam masa dewasa akhir ini keagamaan seseorang cenderung meningkat karena pada masa ini merupakan masa perenungan, persiapan dan perencanaan untuk menghadapi kematian. Perkembangan fisik merupakan menurunnya dan memburuknya fungsi dan keadaan fisik, perubahan fisik ini perubahan yang bisa kita lihat, dan kita rasakan. Banyak perubahan fungsi organ yang semakin menurun dalam masa dewasa akhir ini, seperti menurunnya beberapa sistem saraf, kemampuan berfikir otak (Khasanah et al., 2019).

b. Faktor yang Mempengaruhi Keadaan Gizi Usia Dewasa

Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi keadaan gizi pada usia dewasa yaitu (Pitasari, Didit Damayanti, 2008):

1. Perubahan Fisiologis dan Psikologis Usia Dewasa

Pada usia dewasa pertumbuhan terhenti dan beralih ke tingkat keseimbangan statis dan stabil. Keseimbangan dinamis antara bagian tubuh dan fungsinya terjadi terus menerus sepanjang hidup. Semua unsur pokok berada pada dalam kondisi konstan walaupun beberapa jaringan lebih aktif daripada yang lain. Konsep keseimbangan dinamis ini dapat dilihat pada metabolisme karbohidrat, lemak dan terutama protein. Tingkat stabilitas metabolik tubuh orang dewasa merupakan hasil keseimbangan antara tingkat pemecahan protein tubuh dan sintesis jaringan protein. Pada masa dewasa tingkat pemecahan jaringan protein secara bertahap melebihi sintesisnya.

2. Komposisi Tubuh

Komposisi tubuh orang dewasa bervariasi tergantung jenis kelamin, berat badan dan umur. Jaringan yang paling aktif secara metabolik adalah kompartemen massa tubuh tanpa lemak (lean body mass/LBM). Jaringan tersebut memerlukan jumlah energi yang paling besar untuk berfungsi dengan baik. LBM pada laki-laki lebih besar daripada perempuan yaitu antara 30% -65% dari berat badan total. Massa tanpa lemak ini lebih besar pada mereka yang senantiasa aktif secara fisik dan mengonsumsi makanan rendah lemak. Kompartemen lemak tubuh perempuan lebih besar daripada laki-laki yaitu sekitar 14%-30% dari berat badan total. Orang dewasa gemuk karena mengonsumsi makanan kaya lemak dan melakukan aktivitas relatif ringan mempunyai lemak total tubuh yang lebih besar dibandingkan dengan orang yang bekerja lebih aktif dan makanan lemak rendah. Rata rata kompartemen air dalam tubuh orang dewasa sekitar 20% dari berat badan total. Pada orang kurus lebih besar daripada orang gemuk. Kompartemen mineral

bagian terkecil dari komposisi tubuh dewasa sekitar 5%-6% dari berat badan total yang ada di dalam rangka tubuh.

3. Kematangan Fisiologis

Fungsi tubuh telah berkembang sempurna termasuk kematangan seksual dan kemampuan reproduksi. Kemampuan reproduksi pada laki-laki berlanjut sampai beberapa tahun pada usia setengah tua, sedangkan pada perempuan masa reproduksi berakhir setelah menopause sekitar usia 50 tahun. Pada usia setengah tua terjadi kehilangan sel-sel secara bertahap yang disertai dengan berkurangnya metabolisme sel dan sebagian besar sistem organ tubuh secara bertahap.

4. Kematangan Psikososial

Perkembangan psikososial pada seseorang dan polanya berubah selama usia dewasa dengan kemampuan dan pemenuhannya yang unik. Dalam siklus kehidupan manusia makanan tidak hanya diperlukan untuk memenuhi kebutuhan gizi demi pertumbuhan fisik dan pemeliharaan jaringan saja tetapi juga berkaitan dengan perkembangan psikososial seseorang.

1.6. Aktivitas Fisik

Menurut *World Health Organization* (WHO), aktivitas fisik adalah pergerakan anggota tubuh yang menyebabkan pengeluaran tenaga sebagai upaya dalam pemeliharaan kesehatan fisik dan mental serta mempertahankan kualitas hidup agar tetap sehat dan bugar dalam melakukan aktivitas sehari. Kurangnya aktivitas fisik merupakan faktor risiko independen penyakit kronis, secara keseluruhan diperkirakan menyebabkan kematian secara global (World Health Organization, 2015). Dengan melakukan aktivitas fisik, maka akan membakar kalori dalam tubuh sehingga jika asupan kalori dalam tubuh berlebihan dan tidak seimbang dengan aktivitas fisik maka tubuh akan mengalami kegemukan (Agustina et al., 2023). Aktivitas fisik secara teratur efektif dalam mencegah penambahan berat badan berlebih dan pengobatan penyakit penyerta terkait obesitas (Fulton, 2022).

Selain itu, bukti terbaru menunjukkan bahwa aktivitas fisik secara teratur meningkatkan kesehatan kardiometabolik pada remaja dan dewasa muda, terlepas dari status berat badan mereka (Dipietro et al., 2021). Manfaat melakukan aktivitas fisik bagi kesehatan sudah diketahui secara luas. Secara umum, aktivitas fisik didefinisikan sebagai gerakan tubuh apa pun, sedangkan olahraga menunjukkan tindakan terstruktur dan terencana yang dilakukan dengan tujuan kebugaran (Abadini et al., 2019). Pedoman aktivitas fisik secara global merekomendasikan agar orang dewasa melakukan aktivitas fisik intensitas sedang selama 150 menit/minggu, aktivitas intensitas tinggi 75 menit/minggu atau kombinasi keduanya. Meskipun aktivitas fisik intensitas sedang hingga berat sudah diketahui manfaatnya, hanya 21% orang dewasa (>18 tahun) yang memenuhi pedoman ini. Pada populasi usia kuliah, prevalensi ketidakaktifan fisik (yaitu tidak memenuhi pedoman) adalah antara 36 dan 50% (Fulton, 2022).

Transisi dari masa remaja ke masa dewasa muda adalah masa penting yang penuh dengan perubahan besar dalam hidup dan kewajiban yang memakan waktu yang sering kali mengganggu kemampuan untuk aktif secara fisik. Perilaku tidak sehat yang dilakukan pada masa ini menjadi lebih sulit diubah pada masa dewasa awal, sehingga meningkatkan risiko penambahan berat badan dan disregulasi metabolisme sebelum usia paruh baya (Tucker et al., 2011). Untuk membantu seseorang menjadi aktif secara fisik, perlu diketahui faktor-faktor penentu yang mendorong orang dewasa melakukan hal tersebut. Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi aktivitas fisik yaitu (Hufadz, 2016):

1. Umur

Aktivitas tertinggi seseorang atau manusia normal adalah pada usia 12- 14 tahun dan akan terjadi penurunan secara signifikan tingkat aktivitas ketika menginjak usia remaja, dewasa, dan sampai usia lebih dari 65 tahun.

2. Jenis Kelamin

Perbedaan jenis kelamin sangat mempengaruhi tingkat aktivitas seseorang. Pada umumnya aktivitas fisik seorang laki-laki akan lebih besar dibanding aktivitas fisik seorang Perempuan.

3. Etnis

Faktanya perbedaan etnis seseorang juga dapat mempengaruhi tingkat aktivitas fisik seseorang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan budaya yang ada dalam kelompok atau masyarakat tersebut. Budaya yang terdapat di setiap Negara pasti berbeda-beda, misal di negara Belanda mayoritas masyarakatnya menggunakan sepeda untuk berpergian dan di negara Indonesia mayoritas masyarakatnya menggunakan kendaraan bermotor sehingga secara garis besar tingkat aktivitas masyarakat Belanda lebih besar dibandingkan masyarakat Indonesia.

4. Tren Terbaru

Salah satu tren terbaru saat ini adalah mulai berkembangnya teknologi - teknologi yang mempermudah pekerjaan manusia. Dahulu manusia harus membajak sawah dengan kerbau, namun dengan teknologi traktor manusia lebih dipermudah dalam melakukan pekerjaan tersebut, begitu pula dengan penggunaan transportasi sebagai alat berpindah dari satu tempat ke tempat lain.

1.6.1. Jenis Aktivitas fisik

Menurut Kementrian Kesehatan aktivitas fisik dapat di bagi menjadi 3 macam (Kementerian Kesehatan RI, 2018):

1. Aktivitas Fisik Harian

Aktivitas fisik harian merupakan aktivitas yang biasa dilakukan pada sehari-hari dan dapat membakar kalori didalam tubuh. Aktivitas fisik dapat membakar kalori dari makanan yang kita makan. Contoh aktivitas fisik harian adalah jalan kaki, mencuci baju, membersihkan jendela, menyetrika pakaian, berkebun, bermain dengan teman, dan sebagainya. Untuk kalori yang terbakar berkisar 50 - 200 kkal per kegiatan.

2. Latihan Fisik

Latihan fisik merupakan aktivitas yang dilakukan secara terencana yang memiliki tujuan untuk kesehatan. Contoh latihan fisik yaitu seperti jogging, push up, peregangan, bersepeda, senam aerobik, dan sebagainya. Jika kita lihat dari kegiatan yang dilakukan, latihan fisik seringkali dikategorikan sebagai olahraga.

3. Olahraga

Olahraga merupakan suatu kegiatan aktivitas fisik yang dilakukan dengan struktur dan aturan yang benar dan memiliki manfaat untuk kesehatan dan kebugaran pada individunya. Contoh aktivitas fisik yang termasuk olahraga adalah sepak bola, basket, bulu tangkis, berenang, dan sebagainya.

1.6.2. Manfaat Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik dibutuhkan karena keuntungan yang didapatkan dalam waktu jangka panjang terutama pada tahun atau masa pertumbuhan sehingga pertumbuhannya dapat menjadi optimal. Beberapa keuntungan aktivitas fisik antara lain (Rianti, 2015):

- a. Membantu menjaga otot dan sendi tetap sehat
- b. Membantu meningkatkan mood atau suasana hati
- c. Membantu menurunkan kecemasan, stress dan depresi (faktor yang berkontribusi pada penambahan berat badan)
- d. Membantu untuk tidur yang lebih baik
- e. Menurunkan risiko penyakit jantung, stroke, dan diabetes
- f. Meningkatkan sirkulasi darah
- g. Meningkatkan fungsi organ-organ vital seperti jantung dan paru-paru
- h. Mengurangi risiko kanker yang terkait dengan kelebihan berat badan

1.6.3. Pengukuran Aktivitas Fisik

Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) merupakan instrumen untuk mengukur aktivitas fisik yang dikembangkan oleh WHO. *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) dikembangkan untuk kepentingan pengawasan aktivitas fisik di negara berkembang. GPAQ terdiri dari 16 pertanyaan yang mengumpulkan data dari partisipasi dalam aktivitas fisik pada tiga ranah yaitu aktivitas fisik saat bekerja, aktivitas perjalanan dari tempat ke tempat, dan aktivitas yang bersifat rekreasi atau waktu luang (Hamrik et al., 2014). *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) menjadi alat ukur aktivitas fisik yang tepat untuk mengetahui intensitas aktivitas fisik yang kemudian diklasifikasikan ringan, sedang atau tinggi (Angga et al., 2019). *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) memberikan informasi yang sangat berguna untuk menilai tingkat aktivitas fisik seseorang. Dengan menggunakan kuesioner ini, peneliti dan profesional kesehatan dapat memahami sejauh mana seseorang aktif dalam kehidupan sehari-hari mereka. Kuesioner ini digunakan untuk melengkapi pernyataan di atas pertanyaan yang diajukan dalam kuesioner. Pertanyaan mengarah ke

tiga area, yaitu aktivitas di tempat kerja (aktivitas meliputi aktivitas belajar, tugas, aktivitas keluarga, dll) (Dwimaswasti, 2013).

Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) mengukur aktivitas fisik dengan mengklasifikasikan berdasarkan MET (*Metabolic Equivalent*). MET (*Metabolic Equivalent*) adalah rasio laju metabolisme saat kerja dengan laju metabolisme saat istirahat. MET digambarkan dengan satuan kkal/kg/jam. Satu MET didefinisikan sebagai energi yang dikeluarkan saat duduk tenang. Perbandingan aktivitas dalam kategori moderat/sedang yaitu 4 kali lebih besar dibandingkan dengan aktivitas duduk tenang, sehingga perhitungan pada aktivitas kategori moderat/sedang dikalikan 4 MET (Singh & Purohit, 2011). Aktivitas dalam kategori berat mempunyai perbandingan 8 kali lebih besar dari duduk tenang, sehingga perhitungan pada aktivitas dalam kategori berat dikalikan 8 MET. *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) telah tervalidasi untuk mengukur aktivitas fisik pada rentang usia 16 - 84 tahun (Firtanto & Maksum, 2022).

Menurut analysis guide yang terlampir pada GPAQ versi 2, tingkat dari total aktivitas fisik dikategorikan menjadi tiga yaitu (WHO, 2012):

1. Tinggi
 - a. Melakukan aktivitas berat minimal 3 hari dengan intensitas minimal 1500 MET-menit/minggu.
 - b. Melakukan kombinasi aktivitas fisik berat, sedang, dan berjalan dalam 7 hari dengan intensitas minimal 3000 MET-menit/minggu.
2. Sedang
 - a. Intensitas aktivitas kuat minimal 20 menit/hari selama 3 hari atau lebih.
 - b. Melakukan aktivitas sedang selama 5 hari atau lebih atau berjalan minimal 30 menit/hari.
 - c. Melakukan kombinasi aktivitas fisik berat, sedang, dan berjalan dalam 5 hari atau lebih dengan intensitas minimal 600 MET-menit/minggu.
3. Rendah

Aktivitas ini masuk dalam kategori ringan jika tidak memenuhi kriteria aktivitas berat atau aktivitas sedang.

Berikut ini rumus dari instrument *global physical activity questionnaire* (GPAQ) yaitu:

Total aktivitas fisik MET menit/minggu = $[(P2 \times P3 \times 8) + (P5 \times P6 \times 4) + (P8 \times P9 \times 4) + (P11 \times P12 \times 8) + (P14 \times P15 \times 4)]$

Tabel 2 :Kategori *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ)

Kategori	METs (menit/minggu)
Tinggi	≥ 3000
Sedang	≥ 600
Rendah	< 600

Sumber: (WHO, 2012)

1.6.4. Aktivitas Fisik dan Obesitas

Penurunan aktivitas fisik akibat perubahan pola gaya hidup yang disebabkan perkembangan teknologi yang semakin maju dapat dijadikan salah satu pemicu utama terjadinya obesitas. Kegiatan berupa aktivitas ringan yang dilakukan saat waktu luang seperti duduk santai, menonton televisi dan bermain komputer dapat menyebabkan penurunan energi yang dihasilkan oleh tubuh sehingga terjadi ketidak seimbangan antara energi yang dihaikan dari makanan dengan energi yang digunakan untuk melakukan aktivitas. Hal ini dapat mengakibatkan penumpukan jaringan lemak yang mengakibatkan peningkatan risiko obesitas terutama pada usia dewasa (Elder et al., 2016).

Keseimbangan energi positif menunjukkan terjadinya asupan makanan yang berlebih dan atau kurangnya aktivitas fisik. Dengan melakukan aktivitas fisik akan membantu mempertahankan keseimbangan energi dalam tubuh sehingga dapat mencegah obesitas. Aktivitas fisik akan berdampak pada pengeluaran energi sehingga semakin tinggi tingkat aktivitas fisik seseorang maka energi yang akan dikeluarkan juga semakin banyak (Curran et al., 2023). Pengeluaran energi yang seimbang dengan energi yang dihasilkan tubuh melalui metabolisme terhadap makanan yang dimakan akan mencegah lipogenesis atau pembentukan lemak di dalam tubuh. Pengeluaran energi yang lebih besar daripada energi yang dihasilkan melalui asupan makanan akan memicu lipolisis sehingga lemak dalam tubuh teroksidasi dan menghasilkan energi. Sebaliknya, aktivitas fisik yang rendah justru akan berdampak pada pengeluaran energi yang rendah. Apabila energi yang digunakan lebih rendah daripada energi yang dihasilkan oleh tubuh melalui asupan makanan maka akan terjadi lipogenesis. Lipogenesis yang terjadi terus menerus di dalam tubuh akan meningkatkan jumlah lemak di sel-sel adiposit dan akan bermanifestasi sebagai obesitas (Christianto, 2018).

Tabel 3 :Tabel sintesa aktivitas Fisik dan Obesitas

No	Judul dan Peneliti	Metode Penelitian	Hasil	Rekomendasi
1	<i>The Effect Of Physical Activity On The Risk Of Obesity In Adulthood</i> Suryadinata dan Devitya, 2019	Tujuan: untuk mengetahui pengaruh tingkat aktivitas fisik terhadap risiko terjadinya obesitas Desain penelitian: Penelitian ini menggunakan metode case control, pengumpulan sampel dilakukan dengan teknik <i>purposive sampling</i> Sampel: Sampel penelitian berjumlah 97 orang kelompok usia dewasa dengan obesitas dan 97 orang kelompok usia dewasa non obesitas Tempat: di daerah Surabaya Selatan Waktu: Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2018 – Juli 2018	Penurunan tingkat aktivitas fisik dapat meningkatkan risiko obesitas pada usia dewasa	Pencegahan penambahan berat badan dibutuhkan untuk mengurangi faktor risiko timbulnya penyakit, dengan meningkatkan aktivitas dan mengurangi asupan yang berlebih

No	Judul dan Peneliti	Metode Penelitian	Hasil	Rekomendasi
2	<i>Physical inactivity in healthy, obese, and diabetic adults in Germany: An analysis of related socio-demographic variables</i> Linder et al, 2021	Tujuan: untuk menyempurnakan identifikasi kelompok risiko untuk intervensi yang ditargetkan pada peningkatan aktivitas fisik Desain penelitian: Data dari 13 survei kesehatan berbasis populasi yang dilakukan di Jerman dari tahun 1997 hingga 2018 digunakan Sampel: 58.311 orang dalam analisis diabetes	57% orang dewasa dengan obesitas tidak melakukan aktivitas fisik per minggu dibandingkan dengan sekitar 26% orang dewasa dengan berat badan normal, dan lebih banyak lagi hingga 90% orang dewasa dengan obesitas dianggap tidak aktif secara fisik (aktivitas fisik <150 menit/minggu)	Penelitian selanjutnya juga harus memasukkan aktivitas fisik ke dalam domain lain untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang keseluruhan tingkat aktivitas fisik yang mengingat hal ini juga dapat meningkatkan kesehatan. Secara khusus, penilaian aktivitas fisik dalam bidang pekerjaan atau transportasi akan cukup relevan dalam hal ini
3	<i>Correlates of physical activity and sedentary behavior in adults living with overweight and obesity: A systematic review</i> Curran et al, 2023	Tujuan: untuk mengidentifikasi korelasi/penentu aktivitas <i>sedentary</i> dan aktivitas fisik pada orang dewasa dengan kelebihan berat badan dan obesitas. Desain penelitian: tinjauan sistematis dan Meta-Analisis (PRISMA) dan telah terdaftar secara prospektif Sampel: 45 artikel	Tinjauan ini menunjukkan bahwa beberapa faktor yang dapat dimodifikasi berhubungan dengan aktivitas fisik pada populasi ini, dan intervensi di masa depan meningkatkan aktivitas fisik harus fokus pada mengatasi efikasi diri aktivitas fisik, preferensi olahraga, motivasi intrinsik, kurangnya waktu, energi untuk berolahraga, dukungan sosial dan medan olahraga.	Diperlukan studi longitudinal dan <i>cross-sectional</i> untuk mengidentifikasi faktor-faktor di luar tingkat individu dan diperlukan pengembangan jenis intervensi yang tepat untuk menargetkan perubahan aktivitas fisik dan <i>sedentary</i> dalam konteksnya untuk orang yang kelebihan berat badan dan obesitas

1.6.5. Aktivitas Fisik dan Glukosa Darah

Aktivitas fisik merupakan semua gerakan tubuh yang dilakukan atau dihasilkan oleh otot rangka dan sistem penunjangnya yang memerlukan energi. Istilah ini meliputi rentang penuh dari seluruh pegerakkan tubuh manusia mulai dari olahraga yang kompetitif dan latihan fisik sebagai hobi atau aktivitas yang dilakukan dalam kehidupan sehari-hari (WHO, 2018). Aktivitas fisik yang dilakukan oleh seseorang dapat meningkatkan sensitivitas reseptor insulin sehingga glukosa dapat diubah menjadi energi melalui metabolisme. Salah satu manfaat aktivitas fisik yaitu dapat menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus (Dewi et al., 2022).

Selain itu juga aktivitas fisik ini bisa membantu menurunkan berat badan penderita diabetes yang obesitas serta mencegah laju progresivitas gangguan toleransi glukosa menjadi diabetes mellitus (Rahmawati, 2019). Aktivitas fisik merupakan suatu gerakan tubuh yang dapat meningkatkan dan mengeluarkan tenaga atau energi. Aktivitas fisik ini juga merupakan satu kegiatan dalam pengelolaan diabetes mellitus yang berguna untuk memperbaiki sensitivitas insulin dan juga untuk menjaga kebugaran tubuh. Aktivitas fisik yang kurang dan pola makan tidak sehat merupakan faktor yang dapat menyebabkan peningkatan glukosa darah, aktivitas fisik yang rendah akan berdampak pada kenaikan kadar glukosa darah yang tinggi dan akan terjadi kondisi prediabetes (Karolus Siregar et al., 2023).

Tabel 4 :Tabel sintesa aktivitas Fisik dan Glukosa Darah

No	Judul dan Peneliti	Metode Penelitian	Hasil	Rekomendasi
1	Intervensi gaya hidup terhadap pencegahan diabetes melitus tipe 2 pada pasien pra diabetes Fitriani dan Sanghati, 2021	Tujuan: untuk mengetahui efektifitas intervensi gaya hidup dalam mencegah risiko terjadinya DM tipe 2 pada pasien pra diabetes. Desain penelitian: <i>literature review</i> Sampel: 5 artikel	Intervensi gaya hidup efektif dapat mencegah risiko perkembangan DM tipe 2 pada penderita pra diabetes, yang ditandai dengan peningkatan sensitivitas insulin, penurunan glukosa plasma kapiler, HbA1C, HOMA-IR, penurunan berat badan, BMI, lingkar pinggang, persentase lemak tubuh dan massa lemak peningkatan aktivitas fisik, perilaku kesehatan, dan manajemen stres. Rendahnya aktivitas fisik ada kaitannya terhadap peningkatan risiko berat badan dan meningkatnya risiko terkena diabetes melitus	Disarankan kepada penderita pra diabetes agar dapat melakukan perubahan gaya hidup melalui pengaturan pola makan atau diet serta meningkatkan aktivitas fisik sehingga dapat mencegah perkembangan pra diabetes menjadi DM tipe 2 di masa yang akan datang.

No	Judul dan Peneliti	Metode Penelitian	Hasil	Rekomendasi
2	Hubungan aktivitas fisik dengan kadar gds pada penderita dm tipe II Dewi et al, 2022	Tujuan: untuk mengetahui hubungan aktivitas fisik dengan kadar gula darah pada Penderita Diabetes Melitus Tipe II di Desa Perean Kangin Desain penelitian: Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif non eksperimental dengan pendekatan cross sectional, teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah non probability sampling dengan teknik purposive sampling Sampel: Sampel penelitian ini berjumlah 38 orang	Ada hubungan yang signifikan antara aktivitas fisik dengan kadar gula darah. Aktivitas fisik yang dilakukan oleh seseorang dapat meningkatkan sensitivitas reseptor insulin sehingga glukosa dapat diubah menjadi energi melalui metabolisme. Salah satu manfaat aktivitas fisik yaitu dapat menurunkan kadar glukosa darah	Diharapkan aktivitas fisik dapat diterapkan pada penderita DM Tipe II untuk mengelola kadar glukosa darah selain penggunaan obat-obatan dan pola makan
3	Hubungan Aktivitas Fisik Dengan Kadar Glukosa Darah Pada Pasien Diabetes Mellitus di Ruang Penyakit Dalam RSUD Koja Jakarta Karolus Siregar et al., 2023	Tujuan: untuk mengetahui hubungan aktivitas fisik dengan kadar glukosa darah pada pasien diabetes mellitus di RSUD Koja Jakarta Tahun 2022. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan desain metode penelitian survei analitik dengan pendekatan <i>cross sectional</i>, 61 responden di daerah Surabaya Selatan.	ada hubungan aktivitas fisik dengan kadar glukosa darah pada pasien diabetes mellitus di RSUD Koja Jakarta Tahun 2022. Aktivitas fisik yang kurang dan pola makan tidak sehat merupakan faktor yang dapat menyebabkan peningkatan glukosa darah, aktivitas fisik yang rendah akan berdampak pada kenaikan kadar glukosa darah yang tinggi dan akan terjadi kondisi prediabetes	Disarankan kepada pasien diabetes mellitus untuk meningkatkan aktivitas fisik yang berguna untuk menjaga kadar glukosa darah

1.7. Glukosa Darah

1.7.1. Definisi Glukosa Darah

Glukosa merupakan sumber energi utama pada organisme hidup. Glukosa darah atau kadar gula darah adalah istilah yang mengacu kepada tingkat glukosa di dalam darah. Konsentrasi glukosa darah atau tingkat glukosa serum diatur dengan ketat di dalam tubuh. Glukosa darah atau kadar gula darah adalah suatu gula monosa-karida, karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga utama dalam tubuh. Glukosa merupakan prekursor untuk sintesis semua karbohidrat lain didalam tubuh seperti glikogen, ribose, deoxiribose dalam asam nukleat, galaktosa dalam laktosa susu, glikolipid, glikoprotein dan proteoglikan (Robert K Murray, 2009). Glukosa darah merupakan gula yang terdapat dalam darah yang terbentuk dari metabolisme karbohidrat. Pemeriksaan glukosa darah merupakan salah satu pemeriksaan dalam laboratorium klinik (Fahmi et al., 2020).

Dalam darah atau serum terdapat konsentrasi glukosa yang disebut glukosa darah, batas normal konsentrasi seseorang yang tidak makan dalam waktu 3 atau 4 jam sekitar 90 mg/dl. Mengonsumsi makanan yang banyak mengandung karbohidrat sekalipun, konsentrasi ini jarang meningkat diatas 140 mg/dl kecuali orang tersebut menderita Diabetes Mellitus. Glukosa yang dialirkan melalui darah adalah sumber utama energi untuk sel - sel tubuh (Djakani et al., 2013). Nilai normal glukosa darah sewaktu (GDS) atau tanpa puasa yaitu <200 mg/dl dan nilai normal glukosa darah puasa (GDP) yaitu <126 mg/dl (Kemenkes RI, 2019).

Hipoglikemia adalah keadaan di mana kadar glukosa dalam darah penderita berada di bawah normal (<50 mg/dl). Kondisi ini lebih sering terjadi pada pengidap diabetes tipe 1. Kondisi kadar glukosa darah yang terlalu rendah ini dapat mengurangi pasokan energi yang disalurkan ke sel – sel tersebut tidak berfungsi dengan baik. (Budianto et al., 2022).

Menurut (American Diabetes Association, 2010) terdapat 3 macam pemeriksaan gula darah yaitu :

1. Glukosa darah sewaktu

Glukosa darah sewaktu merupakan hasil pemeriksaan sesaat pada suatu hari tanpa memperhatikan waktu makan terakhir.

2. Kadar glukosa darah puasa

Pemeriksaan gula darah yang dilakukan pada pasien yang puasa (tidak mendapat kalori sedikitnya 8 jam).

3. Kadar glukosa darah 2 jam PP (2 jam setelah makan)

Tes Toleransi Glukosa Oral dilakukan dengan standar WHO, menggunakan beban glukosa yang setara dengan 75 gr glukosa anhidrus yang dilarutkan ke dalam air.

1.7.2. Metabolisme Glukosa

Karbohidrat dicerna dan diproses oleh berbagai glukosidase dalam saluran pencernaan, dan monosakarida yang dihasilkan terutama glukosa heksosa, diangkut ke berbagai jaringan sebagai bahan bakar utama untuk

menghasilkan *adenosine triphosphate* (ATP). Pada sebagian besar jaringan mamalia, katabolisme glukosa menjadi piruvat, yang disebut glikolisis, dipertahankan sebagai jalur utama dalam menghasilkan ATP. Pada jaringan dengan mitokondria, piruvat sitosol diangkut ke dalam matriks mitokondria, diubah menjadi asetil-KoA oleh kompleks piruvat dehidrogenase, dan dimasukkan ke dalam siklus asam trikarboksilat bersama dengan oksaloasetat. Siklus ini menghasilkan energi yang setara dengan ATP yaitu *guanosine triphosphate* (GTP) serta *nicotinamide adenine nucleotide phosphate* (NADH dan FADH₂), yang berfungsi sebagai pembawa elektron penting untuk fosforilasi rantai transpor elektron oksidatif, yang menghasilkan ATP (Han et al., 2016)

Metabolisme glukosa sebagian besar menghasilkan energi bagi tubuh. Glukosa yang berupa disakarida, dalam proses pencernaan di mukosa usus halus akan diuraikan menjadi monosakarida oleh enzim disakaridase, enzim-enzim maltase, sukrose, laktase yang bersifat spesifik untuk satu jenis disakarida. Dalam bentuk monosakarida, gula akan diserap oleh usus halus. Glukosa dimetabolisme menjadi piruvat melalui jalur glikolisis, yang dapat terjadi secara anaerob, dengan produk akhir yaitu laktat. Glukosa dan metabolismenya juga berperan dalam beberapa proses lain, seperti konversi menjadi polimer glikogen dalam otot rangka dan hepar, jalur pentosa fosfat yang merupakan jalur alternatif dalam glikolisis untuk biosintesis molekul pereduksi (NADPH) dan sumber ribosa bagi sintesis asam nukleat, triosa fosfat membentuk gugus gliserol dari triasilgliserol, serta piruvat dan zat-zat antara struktur asam sitrat yang menyediakan kerangka karbon untuk sintesis asam amino dan asetil-KoA sebagai prekursor asam lemak dan kolesterol (Robert K Murray, 2009)

1.7.3. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kadar Glukosa

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan glukosa bervariasi adalah tergantung dari Metabolisme makanan menjadi glukosa oleh tubuh dan bagaimana tubuh mengolah glukosa darah tersebut. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kadar glukosa terdiri dari (American Diabetes Association, 2010):

a. Usia

Petambahan usia menyebabkan terjadinya perubahan fisik dan penurunan fungsi tubuh yang berpengaruh terhadap asupan serta penyerapan zat gizi sehingga dapat memicu terjadinya obesitas yang berkaitan dengan penyakit degeneratif khususnya diabetes melitus. Umur merupakan salah satu faktor mandiri terhadap peningkatan glukosa darah, terlihat dari prevalensi diabetes yang meningkat bersama dengan pertambahan umur.

b. Aktivitas fisik

Aktivitas fisik adalah setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang memerlukan energi. Aktivitas fisik dapat mengontrol gula darah. Glukosa akan diubah menjadi energi pada saat beraktivitas fisik. Aktivitas fisik mengakibatkan insulin semakin

meningkat sehingga kadar gula dalam darah akan berkurang. Pada orang yang jarang berolahraga, zat makanan yang masuk kedalam tubuh tidak dibakar tetapi ditimbun dalam tubuh sebagai lemak dan gula. Jika insulin tidak mencukupi untuk mengubah glukosa menjadi energi maka akan timbul diabetes melitus.

c. Faktor genitas

Diabetes militus dapat diwariskan dari orang tua kepada anak. Gen penyebab diabetes militus akan dibawa oleh anak jika orang tuanya menderita diabetes militus. Pewarisan gen ini dapat sampai ke cucunya bahkan cicitnya walaupun risiko sangat kecil. Berbagai faktor penelitian menunjukkan hubungan yang kuat antara faktor genetik dengan kejadian Diabetes Militus Tipe 2. Seseorang yang memiliki saudara sedarah dengan diabetes militus tipe 2 mempunyai risiko 3 kali mengalami diabetes dibandingkan dengan yang tidak diabetes.

d. Asupan makan

Makanan secara berlebihan dan melebihi jumlah kadar kalori yang dibutuhkan oleh tubuh dapat memacu timbulnya diabetes militus. Konsumsi makanan yang berlebihan dan tidak diimbangi dengan sekresi insulin dalam jumlah yang memadai dapat menyebabkan kadar gula dalam darah meningkat dan pastinya akan menyebabkan diabetes melitus.

e. Jenis kelamin

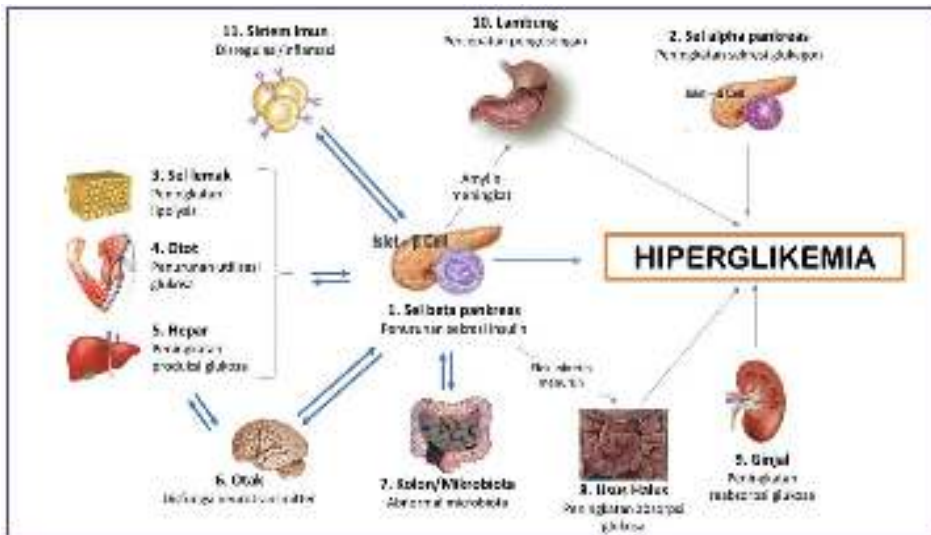
Diketahui bahwa pada wanita, pemakaian glikogen otot 25% lebih rendah daripada pria, sedangkan total oksidasi karbohidrat pada wanita 43% lebih rendah daripada pria.

f. Konsumsi alkohol

Alkohol yang konsumsi akan meningkatkan kadar gula dalam darah karena alkohol akan mempengaruhi kinerja hormon insulin. Karbohidrat merupakan kandungan yang banyak ditemui dalam alkohol sehingga pada saat dikonsumsi, pankreas akan mengeluarkan lebih banyak hormon insulin sehingga meningkatkan kadar gula dalam darah.

1.7.4. Hiperglikemia

Hiperglikemia merupakan suatu kondisi medik berupa peningkatan kadar glukosa dalam darah melebihi batas normal. Hiperglikemia menahun dan deregulasi metabolik pada diabetes melitus berhubungan dengan kerusakan jangka panjang, disfungsi atau kegagalan beberapa organ tubuh, khususnya ginjal, mata, saraf dan pembuluh darah (Christianto, 2018). Hiperglikemia merupakan salah satu tanda khas penyakit diabetes mellitus (DM), meskipun juga mungkin didapatkan pada beberapa keadaan yang lain. Diabetes adalah kelompok penyakit metabolik yang ditandai oleh hiperglikemia akibat kelainan sekresi insulin, kerja insulin atau keduanya (Perkeni, 2019).



Gambar 1 : *The Egregious Eleven*

Secara garis besar patogenesis hiperglikemia disebabkan oleh sebelas hal (*egregious eleven*) yaitu (Perkeni, 2019):

1. Kegagalan sel beta pankreas

Pada saat diagnosis DM tipe 2 ditegakkan, fungsi sel beta sudah sangat berkurang. Obat anti diabetik yang bekerja melalui jalur ini adalah sulfonilurea, meglitinid, agonis *glucagon-like peptide* (GLP-1) dan penghambat dipeptidil peptidase-4 (DPP-4).

2. Disfungsi sel alfa pankreas

Sel alfa pankreas merupakan organ ke-6 yang berperan dalam hiperglikemia dan sudah diketahui sejak 1970. Sel alfa berfungsi pada sintesis glukagon yang dalam keadaan puasa kadarnya di dalam plasma akan meningkat. Peningkatan ini menyebabkan produksi glukosa hati (*hepatic glucose production*) dalam keadaan basal meningkat secara bermakna dibanding individu yang normal. Obat yang menghambat sekresi glukagon atau menghambat reseptor glukagon meliputi agonis GLP-1, penghambat DPP-4 dan amilin.

3. Sel lemak

Sel lemak yang resisten terhadap efek antilipolisis dari insulin, menyebabkan peningkatan proses lipolisis dan kadar asam lemak bebas (*free fatty acid* (FFA)) dalam plasma. Peningkatan FFA akan merangsang proses glukoneogenesis, dan mencetuskan resistensi insulin di hepar dan otot, sehingga mengganggu sekresi insulin. Gangguan yang disebabkan oleh FFA ini disebut sebagai lipotoksitas. Obat yang bekerja di jalur ini adalah tiazolidinedion.

4. Otot

Pada penyandang DM tipe 2 didapatkan gangguan kinerja insulin yang multipel di intramioselular, yang diakibatkan oleh gangguan fosforilasi tirosin, sehingga terjadi gangguan transport glukosa dalam sel

otot, penurunan sintesis glikogen, dan penurunan oksidasi glukosa. Obat yang bekerja di jalur ini adalah metformin dan tiazolidinedion.

5. Hepar

Pada penyandang DM tipe 2 terjadi resistensi insulin yang berat dan memicu glukoneogenesis sehingga produksi glukosa dalam keadaan basal oleh hepar (*hepatic glucose production*) meningkat. Obat yang bekerja melalui jalur ini adalah metformin, yang menekan proses glukoneogenesis.

6. Otak

Insulin merupakan penekan nafsu makan yang kuat. Pada individu yang obese baik yang DM maupun non-DM, didapatkan hiperinsulinemia yang merupakan mekanisme kompensasi dari resistensi insulin. Pada golongan ini asupan makanan justru meningkat akibat adanya resistensi insulin yang juga terjadi di otak. Obat yang bekerja di jalur ini adalah agonis GLP-1, amilin dan bromokriptin.

7. Kolon/Mikrobiota

Perubahan komposisi mikrobiota pada kolon berkontribusi dalam keadaan hiperglikemia. Mikrobiota usus terbukti berhubungan dengan DM tipe 1, DM tipe 2, dan obesitas sehingga menjelaskan bahwa hanya sebagian individu berat badan berlebih akan berkembang DM. Probiotik dan prebiotik diperkirakan sebagai mediator untuk menangani keadaan hiperglikemia.

8. Usus halus

Glukosa yang ditelan memicu respons insulin jauh lebih besar dibanding kalau diberikan secara intravena. Efek yang dikenal sebagai efek inkretin ini diperankan oleh 2 hormon yaitu *glucagon-like polypeptide-1* (GLP-1) dan *glucose-dependent insulinotrophic polypeptide* atau disebut juga *gastric inhibitory polypeptide* (GIP). Pada penyandang DM tipe 2 didapatkan defisiensi GLP-1 dan resisten terhadap hormon GIP. Hormon inkretin juga segera dipecah oleh keberadaan enzim DPP-4, sehingga hanya bekerja dalam beberapa menit. Obat yang bekerja menghambat kinerja DPP-4 adalah DPP-4 inhibitor. Saluran pencernaan juga mempunyai peran dalam penyerapan karbohidrat melalui kinerja enzim alfa glukosidase yang akan memecah polisakarida menjadi monosakarida, dan kemudian diserap oleh usus sehingga berakibat meningkatkan glukosa darah setelah makan. Obat yang bekerja untuk menghambat kinerja enzim alfa glukosidase adalah acarbose.

9. Ginjal

Ginjal merupakan organ yang diketahui berperan dalam patogenesis DM tipe 2. Ginjal memfiltrasi sekitar 163 gram glukosa sehari. Sembilan puluh persen dari glukosa terfiltrasi ini akan diserap kembali melalui peran enzim *sodium glucose co-transporter* (SGLT-2) pada bagian *convulated* tubulus proksimal, dan 10% sisanya akan diabsorpsi melalui peran SGLT-1 pada tubulus desenden dan asenden,

sehingga akhirnya tidak ada glukosa dalam urin. Pada penyandang DM terjadi peningkatan ekspresi gen SGLT-2, sehingga terjadi peningkatan reabsorpsi glukosa di dalam tubulus ginjal dan mengakibatkan peningkatan kadar glukosa darah. Obat yang menghambat kinerja SGLT-2 ini akan menghambat reabsorpsi kembali glukosa di tubulus ginjal sehingga glukosa akan dikeluarkan lewat urin. Obat yang bekerja di jalur ini adalah penghambat SGLT-2. Dapaglifozin, empaglifozin dan canaglifozin adalah contoh obatnya.

10. Lambung

Penurunan produksi amilin pada diabetes merupakan konsekuensi kerusakan sel beta pankreas. Penurunan kadar amilin menyebabkan percepatan pengosongan lambung dan peningkatan absorpsi glukosa di usus halus, yang berhubungan dengan peningkatan kadar glukosa postprandial.

11. Sistem Imun

Terdapat bukti bahwa sitokin menginduksi respons fase akut (disebut sebagai inflamasi derajat rendah, merupakan bagian dari aktivasi sistem imun bawaan/*innate*) yang berhubungan kuat dengan patogenesis DM tipe 2 dan berkaitan dengan komplikasi seperti dislipidemia dan aterosklerosis. Inflamasi sistemik derajat rendah berperan dalam induksi stres pada endoplasma akibat peningkatan kebutuhan metabolisme untuk insulin. DM tipe 2 ditandai dengan resistensi insulin perifer dan penurunan produksi insulin, disertai dengan inflamasi kronik derajat rendah pada jaringan perifer seperti adiposa, hepar dan otot.

1.8. Magnesium dalam Tubuh

Magnesium merupakan kation terpenting keempat setelah natrium, kalsium dan kalium. Magnesium adalah mineral keempat yang paling umum dalam tubuh manusia dan kofaktor lebih dari 325 enzim (Lazzarin et al., 2022). Magnesium mengatur beragam reaksi biokimia, termasuk metabolisme energi, sintesis protein, fungsi otot dan saraf, glukosa darah dan kontrol tekanan darah (Blancquaert et al., 2019). Magnesium terutama disimpan di tulang, otot, dan jaringan lunak, dan kurang dari 1% terdapat di cairan ekstraseluler. Sekitar 30% magnesium yang tertelan melalui makanan atau air minum diserap oleh usus, meskipun tingkat penyerapannya bergantung pada status magnesium tubuh (meningkat jika terjadi defisiensi Mg^{2+}). Homeostasis magnesium selanjutnya diatur melalui sekresi dan reabsorpsi di ginjal, di mana sekitar 95% magnesium yang disaring diserap kembali. Perpindahan magnesium dari serum ke urin dimulai segera ketika kumpulan magnesium sudah berlebih (Blancquaert et al., 2019) (Jahnen-dechent & Ketteler, 2015).

Magnesium dapat diserap di sepanjang saluran cerna, namun segmen yang berbeda berkontribusi secara tidak merata terhadap penyerapan magnesium makanan secara keseluruhan. Penyerapan magnesium dalam kondisi fisiologis

normal yaitu duodenum menyerap 11%, jejunum 22%, ileum 56% dan kolon 11% (Workinger et al., 2018).

Tabel 5 :Distribusi Magnesium dalam Tubuh Orang Dewasa

Jaringan	Konsentrasi (mmol/kg BB)	Isi (mmol)	Total % magnesium tubuh
Serum	0,85	2,6	0,3
Sel darah merah	2,5	5,0	0,5
Jaringan	8,5	193,0	19,3
Otot	9,0	270,0	27
Tulang	43,2	530,0	52,9
Total	64,05	1000,7	100

Sumber : Jahnen-Dechent dan Ketteler, 2012 (Jahnen-dechent & Ketteler, 2015).

1..1. Sumber dan Penyerapan Magnesium

Rekomendasi konsumsi harian (RDA) untuk magnesium pada orang dewasa adalah 4,5 mg/kg/hari, lebih rendah dari sebelumnya rekomendasi 6-10 mg/kg/hari. Kebutuhan harian lebih tinggi pada masa kehamilan, menyusui dan setelah sakit. Survei diet terbaru menunjukkan bahwa asupan rata-rata di banyak negara barat kurang dari itu RDA. Asupan magnesium tergantung pada konsentrasi magnesium dalam air minum dan komposisi makanan. Magnesium banyak terdapat pada sayuran berdaun hijau seperti bayam dan brokoli (yang kaya akan magnesium mengandung klorofil), sereal, biji-bijian, kacang-kacangan, pisang, dan polong - polongan. Buah-buahan, daging, coklat, dan ikan memiliki nilai menengah, dan produk susu rendah magnesium. Asupan magnesium rata-rata orang normal dewasa adalah sekitar 12 mmol/hari. Sebagai tambahan ini, sekitar 2 mmol/hari magnesium disekresi ke dalam saluran usus dalam empedu, pankreas dan usus (Seo & Park, 2008).

Homeostasis magnesium dipertahankan oleh usus, tulang dan ginjal. Magnesium sama seperti kalsium diserap di usus dan disimpan dalam mineral tulang dan kelebihan magnesium diekskresikan oleh ginjal dan feses. Magnesium terutama diserap di usus kecil, meskipun ada juga yang diserap melalui usus besar. Dua sistem transpor magnesium dalam usus telah diketahui. Mayoritas magnesium diserap di usus kecil melalui mekanisme paraseluler pasif, yaitu didorong oleh gradien elektrokimia dan tarikan pelarut. Fraksi pengatur magnesium yang kecil namun penting diangkut melalui transporter transeluler sementara anggota saluran potensial reseptor melastatin (TRPM) 6 dan TRPM7 saluran potensial reseptor sementara yang panjang yang juga memainkan peran penting dalam penyerapan kalsium usus. Dari total makanan magnesium yang dikonsumsi, hanya sekitar 24-76% yang diserap usus dan sisanya dibuang melalui feses (Jahnen-dechent & Ketteler, 2015).

Tabel 6 :Makanan Sumber Magnesium

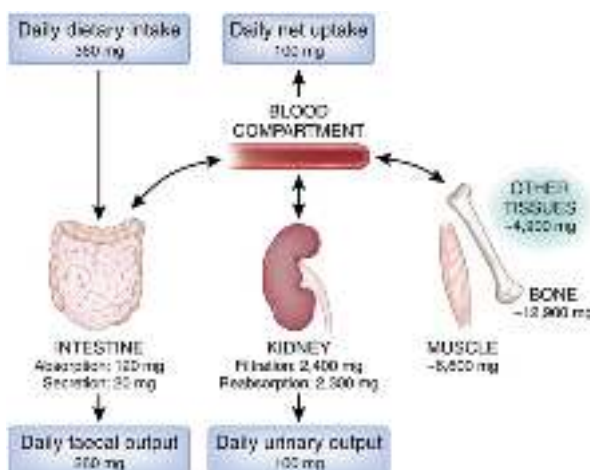
Makanan	Kandungan Magnesium (mg)
Ikan halibut (3 ons)	90
Almond (1 ons)	80
Kacang mede (1 ons)	75
Bayam (1 setengah cangkir)	75
Sereal, oatmeal (1 gelas)	55
Kentang (1 buah sedang)	50
Kacang tanah (1 ons)	50
Dedak gandum (2 sdm)	45
Yogurt, susu (200 ml)	50
Nasi, coklat (1 setengah cangkir)	40
Alpukat (satu setengah cangkir dihaluskan)	35
Kacang merah (1 setengah cangkir)	35
Pisang (1 buah sedang)	30
Susu rendah lemak (1 gelas)	27
Roti gandum utuh (1 potong)	25
Kismis (1 buah)	25
Susu murni (1 gelas)	24

Sumber: (Guerrera et al., 2009)

Perlu diperhatikan bahwa penyerapan magnesium di usus tidak berbanding lurus dengan asupan magnesium tetapi bergantung pada status magnesium. Semakin rendah kadar magnesium, semakin banyak unsur ini diserap di usus, sehingga penyerapan magnesium relatif tinggi bila asupannya rendah dan sebaliknya. Ketika konsentrasi magnesium usus rendah, transpor transeluler aktif terjadi, terutama di usus kecil bagian distal dan usus besar. Ginjal sangat penting dalam homeostasis magnesium karena konsentrasi magnesium serum terutama dikontrol oleh ekskresinya melalui urin. Ekskresi magnesium mengikuti ritme sirkadian, dengan ekskresi maksimal terjadi pada malam hari. Dalam kondisi fisiologis, 2400 mg magnesium dalam plasma disaring oleh glomeruli. Dari muatan yang disaring, 95% segera diserap kembali dan hanya 3-5% diekskresikan melalui urin, yaitu 100 mg.

Transpor magnesium berbeda dari sebagian besar ion lainnya karena tempat reabsorpsi utama bukanlah tubulus proksimal, namun pada bagian tebal lengkung Henle yang menaik. Sekitar 60–70% magnesium diserap kembali dan persentase kecil lainnya (10%) diserap di tubulus distal (Seo & Park, 2008). Akan tetapi, ginjal dapat menurunkan atau meningkatkan ekskresi dan reabsorpsi magnesium dalam kisaran yang cukup besar, ekskresi ginjal dari beban yang disaring dapat bervariasi dari 0,5 hingga 70%. Di satu sisi, ginjal mampu menghemat magnesium selama kekurangan magnesium dengan mengurangi ekskresinya, di sisi lain magnesium mungkin juga dengan cepat diekskresikan jika terjadi

kelebihan asupan. Meskipun reabsorpsi terutama bergantung pada kadar magnesium dalam plasma, hormon hanya memainkan peran kecil (misalnya hormon paratiroid, hormon antidiuretik, glukagon, kalsitonin), dengan pengecualian estrogen (Jahnen-dechent & Ketteler, 2015).



Gambar 2 :Keseimbangan magnesium

1.8.2. Penilaian Status Magnesium

Saat ini metode yang paling umum digunakan untuk menilai status magnesium adalah konsentrasi serum magnesium karena layak dan murah. Berdasarkan pola distribusi Mg^{2+} dalam darah, kisaran referensi untuk konsentrasi Mg^{2+} serum adalah 0,75-0,95 mmol/L dan hipomagnesemia secara umum didefinisikan kadar serum Mg^{2+} lebih rendah dari 0,7 mmol/L. Namun, serum magnesium hanyalah persentase kecil dari kandungan Mg^{2+} intraseluler/total dalam tubuh. Inilah salah satu alasan mengapa defisiensi Mg^{2+} merupakan ketidakseimbangan elektrolit yang paling diremehkan di negara-negara Barat, di mana terdapat risiko hipomagnesemia yang sangat tinggi (Gabriele Piuri et al, 2021).

Tabel 7 :Penilaian Status Magnesium

Penilaian magnesium	Serum
	Sel darah merah
	Leukosit
	Otot
Penilaian metabolik	Studi keseimbangan
	Analisis isotope
	Ekskresi magnesium melalui ginjal
	Retensi magnesium
Kadar magnesium bebas	Fluorescent probes
	Ion-selective electrodes
	Spektroskopi resonansi magnetik nuklir
	Pewarna metalokron

Sumber: (Jahnen-dechent & Ketteler, 2015)

Pada table 4 dapat dilihat ada ada tiga pendekatan utama yang tersedia untuk uji klinis penilaian kadar magnesium. Tes yang paling umum untuk evaluasi kadar magnesium dan status magnesium pada pasien adalah konsentrasi serum magnesium, yang membantu dalam pengobatan klinis, terutama untuk penilaian cepat terhadap perubahan akut status magnesium.

Ada beberapa penyebab hipomagnesemia dan salah satu yang paling relevan adalah asupan makanan yang tidak mencukupi. Faktanya, beberapa penelitian menunjukkan bahwa mayoritas penduduk di Eropa dan Amerika Utara mengonsumsi kurang dari tunjangan harian yang direkomendasikan (RDA) Mg^{2+} , yaitu sekitar 420 mg/hari Mg^{2+} untuk pria dewasa dan 320 mg/hari Mg^{2+} untuk wanita dewasa (Tarleton, 2018). Defisit ini terutama disebabkan oleh pola makan ala Barat yang seringkali hanya mengandung 30–50% Mg^{2+} RDA, hal ini didasarkan pada konsumsi besar-besaran makanan olahan, air demineralisasi, serta sayuran dan polong-polongan dalam jumlah rendah, yang sering ditanam di tanah yang miskin Mg^{2+} (Al Alawi et al., 2018).

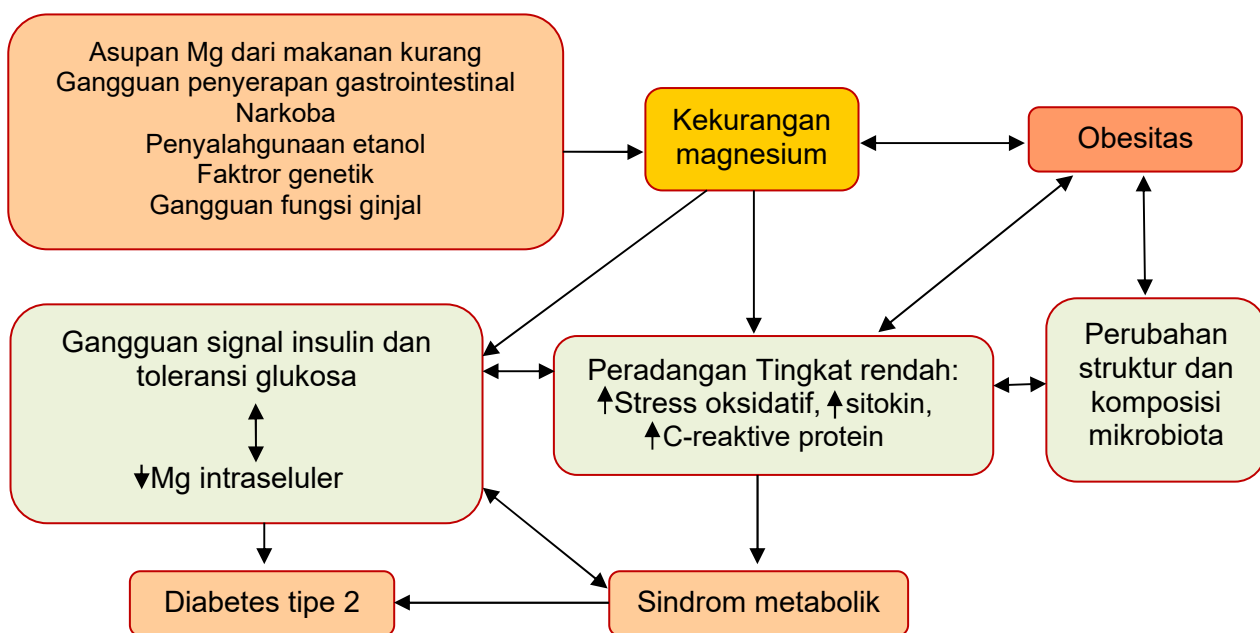
Kekurangan magnesium juga terjadi jika kekurangan protein dan energi serta berbagai kompilasi penyakit yang menyebabkan gangguan absorpsi atau penurunan fungsi ginjal, endokrin, terlalu lama mendapat makanan tidak melalui mulut (intravena). Penyakit yang menyebabkan muntah, diare, penggunaan diuretika (perangsang pengeluaran urin), juga dapat menyebabkan kekurangan magnesium (Agustini, 2019). Beberapa gejala hipomagnesemia adalah depresi, kelelahan, kejang otot, dan aritmia (Gabriele Piuri et al, 2021). Selain itu, hipomagnesemia dapat menyebabkan nafsu makan menurun, mual, muntah, kelelahan dan lemah. Pada kondisi hipomagnesemia berat dapat terjadi mati rasa, kesemutan, kontraksi otot, kram, kejang dan detak jantung abnormal (Setiawati et al., 2019).

1.9. Magnesium dan Glukosa Darah pada Orang Obesitas

Magnesium (Mg) merupakan mineral esensial yang dibutuhkan oleh tubuh manusia (Lu et al., 2021). Magnesium sangat penting sebagai kofaktor pada semua reaksi transfer ATP (Gede et al., 2011). Selain menjadi kofaktor dalam ratusan reaksi metabolik utama, magnesium memainkan peran penting sebagai kofaktor untuk beberapa enzim yang terlibat dalam metabolisme lemak, protein dan karbohidrat, dan juga membantu kerja insulin (Lu et al., 2021)(Zaakouk et al., 2016). Pada manusia, kekurangan magnesium jangka panjang diketahui menurunkan kadar serum magnesium dan meningkatkan kadar lipid serta serum glukosa (Dinicolantonio et al., 2018).

Obesitas dan penyakit penyertanya, termasuk sindrom metabolik dan diabetes tipe 2, merupakan masalah medis yang relevan di seluruh dunia. Obesitas disebabkan oleh pola makan yang tidak sehat, tinggi kalori, namun sedikit nutrisi penting. Sebagai konsekuensinya, subjek yang mengalami obesitas seringkali kekurangan Mg^{2+} (Gabriele Piuri et al, 2021). Studi Survei Pemeriksaan

Kesehatan dan Gizi Nasional (NHANES) menggaris bawahi bahwa defisit Mg^{2+} lebih banyak terjadi pada subjek dengan indeks massa tubuh (IMT) kategori obesitas dibandingkan pada populasi Amerika normal (Lu et al., 2021). Asupan Mg^{2+} terganggu pada 35% orang Perancis dengan IMT $>35 \text{ kg/m}^2$ (Gabriele Piuri et al, 2021). Studi longitudinal CARDIA selama 30 tahun yang dilakukan pada lebih dari 5000 subjek, menunjukkan bahwa asupan Mg^{2+} berbanding terbalik dengan kejadian obesitas dan kadar protein C reaktif (Lu et al., 2021). Selain itu, pada model hewan dengan obesitas yang disebabkan oleh pola makan, suplementasi Mg^{2+} mencegah akumulasi jaringan adiposa dan penelitian pada manusia melaporkan hubungan terbalik antara asupan Mg^{2+} dan penanda adipositas, seperti IMT dan lingkaran pinggang (Gabriele Piuri et al, 2021).



Gambar 3 :Skema Mekanisme Fisio-Patologi Kekurangan Magnesium pada Obesitas, Mets dan Diabetes Tipe II

Pada subjek yang mengalami obesitas, sebagian besar energi makanannya berasal dari biji-bijian olahan dan gula sederhana, sehingga katabolisme glukosa di hati menjadi sangat aktif. Beberapa enzim kunci jalur oksidasi glukosa bergantung pada Mg^{2+} dan Mg^{2+} juga diperlukan untuk aktivasi vitamin B1 menjadi tiamin difosfat (TDP) yang merupakan koenzim penting lainnya dalam metabolisme oksidatif. Enzim yang bergantung pada TDP memerlukan Mg^{2+} untuk mencapai aktivasi optimal. Oleh karena itu, konsentrasi Mg^{2+} dan/atau TDP intraseluler yang rendah dapat mengubah metabolisme oksidatif glukosa. (Gabriele Piuri et al, 2021).

Obesitas, sindrom metabolik, dan diabetes melitus tipe 2 adalah tiga kondisi peradangan sistemik. Defisit Magnesium (Mg) sering terjadi pada subjek yang mengalami obesitas dan merupakan kondisi yang sangat lazim pada pasien

diabetes atau sindrom metabolik. Selain itu, kondisi ini meningkatkan risiko diabetes tipe-2. Kekurangan Magnesium (Mg) dapat meningkatkan peradangan kronis baik secara langsung dan secara tidak langsung dengan memodifikasi mikrobiota usus (Saltiel & Olefsky, 2017). Studi epidemiologi telah menunjukkan prevalensi hipomagnesemia yang tinggi pada subjek dengan diabetes tipe 2. Kekurangan Magnesium (Mg) pada pasien dengan diabetes tipe 2 terutama disebabkan oleh asupan yang rendah dan peningkatan kehilangan Mg melalui urin, yang mungkin diakibatkan oleh gangguan fungsi ginjal (Gabriele Piuri et al, 2021).

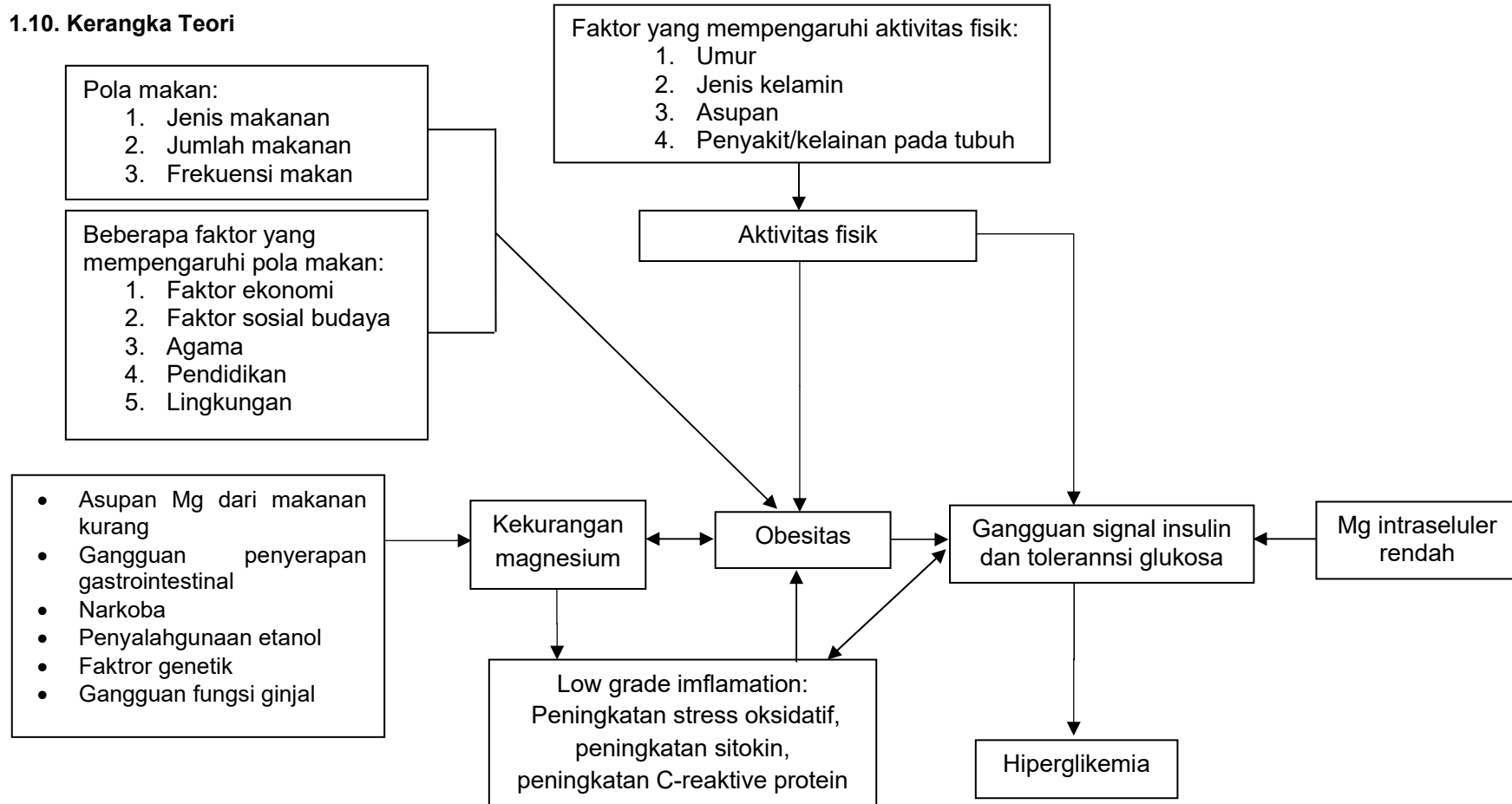
Tabel 8 :Tabel Sintesa magnesium pada orang obesitas

No	Judul dan Peneliti	Metode Penelitian	Hasil	Rekomendasi
1	Asupan magnesium dan potassium yang lebih tinggi dikaitkan dengan rendahnya lemak tubuh pada orang dengan gangguan toleransi glukosa Chu et al, 2023	Tujuan: untuk meneliti kebiasaan asupan mineral terhadap komposisi tubuh pada penderita pradiabetes. Desain penelitian: studi prospektif cross-sectional Sampel: 155 subjek Tiongkok dengan IGT [usia rata-rata: 59 (53-62) tahun] Tempat penelitian: Tiongkok	Di antara mineral yang ditargetkan, asupan magnesium dan kalium yang lebih tinggi tetap berhubungan secara signifikan dengan rendahnya lemak tubuh setelah penyesuaian usia, jenis kelamin, makronutrien, serat, dan aktivitas fisik.	Studi konfirmasi lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi hubungan magnesium dan potassium dalam makanan terhadap perkembangan obesitas dan gangguan metabolisme dengan implikasi pada desain intervensi nutrisi.
2	Asupan magnesium berbanding terbalik dengan risiko obesitas dalam penelitian prospektif lanjutan selama 30 tahun di kalangan dewasa muda Amerika Lu dkk, 2020	indikator antropometri dan biokimia terkait Desain penelitian: studi kohort longitudinal multi-pusat Sampel: 5.115 peserta berusia 18–30 tahun Waktu penelitian: 30 tahun Tempat penelitian: Amerika Serikat	Studi longitudinal ini menunjukkan bahwa asupan Mg berbanding terbalik dengan kejadian obesitas.	Karena desain penelitian observasional dan kemungkinan kesalahan pengukuran dalam pola makan, asupan Mg mungkin merupakan pengganti pola makan yang sehat. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menetapkan Kesimpulan sebab akibat

No	Judul dan Peneliti	Metode Penelitian	Hasil	Rekomendasi
3	Hubungan antara Asupan Magnesium Diet dan Sindrom Metabolik Jiao dkk, 2022	Tujuan: Studi ini menganalisis hubungan antara asupan magnesium makanan dan MetS pada orang dewasa berusia 18 tahun ke atas di 15 provinsi Tiongkok berdasarkan data longitudinal dari CHNS Desain penelitian: Penelitian ini menggunakan data dari China Health and Nutrition Survey (CHNS), sebuah studi tindak lanjut longitudinal Sampel: 6.104 subjek	Penelitian ini memberikan bukti prospektif bahwa asupan magnesium makanan berkorelasi negatif dengan MetS dan komponen tunggalnya serta menunjukkan korelasi non-linear yang signifikan. Ketika asupan magnesium makanan kurang dari 280 mg/hari, risiko MetS dan komponen tunggalnya menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan asupan magnesium dari berbagai komponen sedikit berbeda	mekanisme asupan magnesium dalam satu komponen perlu dieksplorasi lebih lanjut di masa mendatang. Selain itu, asupan magnesium makanan penduduk Tiongkok berada pada tingkat yang rendah dan menunjukkan tren menurun. Oleh karena itu, warga disarankan untuk mengonsumsi lebih makanan kaya magnesium dan menekankan peningkatan kualitas makanan secara keseluruhan untuk mengurangi risiko MetS secara efektif
4	Serum Magnesium Berhubungan Terbalik dengan Komposisi Tubuh dan Sindrom Metabolik Al shammaa dkk, 2023	Tujuan: untuk mengidentifikasi hubungan Antara magnesium serum dan ukuran adipositas tubuh yang berbeda di kalangan orang dewasa Qatar Desain penelitian: Studi QBB Sampel: 1000 orang dewasa berusia 20 tahun ke atas Tempat penelitian: Qatar	Konsentrasi serum magnesium yang rendah dikaitkan dengan lemak tubuh yang lebih tinggi. Wanita lebih rentan terhadap konsentrasi magnesium serum yang rendah	Dianjurkan untuk mendorong orang dewasa dengan obesitas untuk mengonsumsi makanan kaya magnesium dan mempertimbangkan suplementasi jika diperlukan

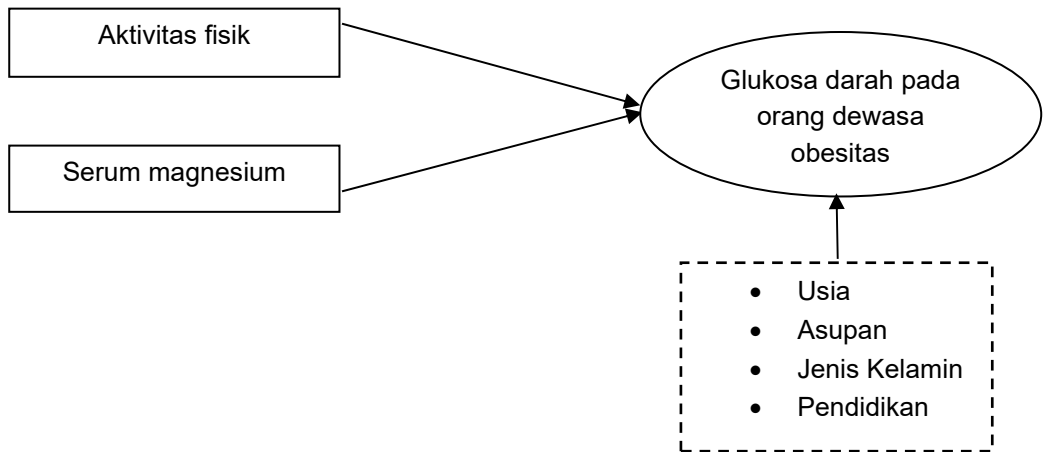
No	Judul dan Peneliti	Metode Penelitian	Hasil	Rekomendasi
5	Magnesium pada Obesitas, Sindrom Metabolik, dan Diabetes Tipe 2 Piuri et al, 2021	Tujuan: untuk memberikan wawasan mengenai mekanisme patofisiologi yang menghubungkan defisiensi Mg ²⁺ dengan obesitas dan risiko pengembangan sindrom metabolik dan diabetes tipe 2 Desain: tinjauan naratif	Defisit Mg ²⁺ sering terjadi pada subjek obesitas dan merupakan kondisi yang sangat lazim pada pasien diabetes atau sindrom metabolik. Selain itu, hal ini meningkatkan risiko terkena diabetes tipe-2. Selain itu, penipisan Mg ²⁺ dapat memicu peradangan kronis baik secara langsung dan tidak langsung dengan memodifikasi mikrobiota usus	Mempertimbangkan prevalensi obesitas, diabetes tipe 2 dan sindrom metabolic di seluruh dunia, koreksi kebiasaan pola makan yang buruk dan suplementasi magnesium dapat menjadi metode yang murah dan bermanfaat untuk mencegah terjadinya dan berkembangnya kondisi – kondisi ini

1.10. Kerangka Teori



Gambar 4 :Modifikasi kerangka teori (Almatsier et al., 2011), (Perkeni, 2021) dan (Gabriele Piuri et al, 2021)

1.11. Kerangka Konsep



Gambar 5 :Kerangka Konsep

Keterangan:

- : variabel independen yang diteliti
- : variable independent yang tidak diteliti
- : variabel dependen yang diteliti

1.12. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Tabel 9 :Tabel Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala
1	Aktivitas Fisik	Kegiatan sehari – hari yang dilakukan ataupun dilaksanakan oleh responden yang memerlukan energi dan dalam interval waktu tertentu	Wawancara menggunakan <i>global physical activity questionnaire</i> (GPAQ)	<i>Global Physical Activity Questionnaire</i> (GPAQ)	- Rendah: <600 METs - Sedang: ≥600 METs - Tinggi: ≥3000 METs (WHO, 2012)	Ordinal
2	Kadar serum magnesium	Kadar magnesium dalam serum yang diperoleh dari pengambilan darah vena dan dilakukan pemisahan antara darah dan serum/plasma	Pemeriksaan laboratorium	kolorimetri <i>end point</i>	- Rendah <1,6 mg/dl - Normal: ≥1,6 – 2,6 mg/dl (Fiorentini et al., 2021)	Ordinal
3	Glukosa darah puasa	Konsentrasi glukosa darah puasa responden dengan satuan mg/dl	Pemeriksaan laboratorium	Spektrofotometer	- Normal: ≤100 mg/dl - Hiperglikemia:>100 mg/dl (Kemenkes, 2014)	Ordinal
4	Obesitas	Status gizi yang dinyatakan dengan indeks massa tubuh (IMT)	Antropometri (BB dan TB)	Timbangan berat badan seca dan stadiometer saga	>27 kg/m ² (Kemenkes, 2014)	Nominal
5	Asupan	Gambaran asupan dan frekuensi makanan yang mengandung tinggi lemak, karbohidrat dan magnesium dilakukan wawancara dengan menggunakan SQ-FFQ	Wawancara menggunakan kuesioner SQ-FFQ	<i>Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire</i> (SQ-FFQ)	Asupan lemak dan karbohidrat - Kurang : <80% - Cukup : 80% - 110% - Lebih : >110% (Hardinsyah, Riyadi H, 2012) Asupan magnesium - Kurang : <77% - Cukup : ≥77% (Rosalind S. Gibson, 2005)	Ordinal

1.13. Hipotesis Penelitian

- a. Ada hubungan aktivitas fisik dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas.
- b. Ada hubungan kadar serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan menggunakan desain *cross sectional*. Penelitian observasional analitik merupakan penelitian yang meneliti dan mengkaji hubungan antara dua variable atau lebih dan peneliti cukup mengamati tanpa melakukan intervensi pada subjek penelitian. *Cross sectional* merupakan jenis penelitian yang mempelajari korelasi antara paparan atau faktor resiko (*independent*) dengan akibat atau efek (*dependent*), dengan pengumpulan data dilakukan bersamaan secara serentak dalam satu waktu antara faktor resiko dan efeknya (*point time approach*). Artinya semua variable baik independent dan dependent diobservasi dalam waktu yang sama (Harlan & Sutjiati, 2018). Penelitian dilakukan untuk mengetahui hubungan aktivitas fisik dan serum magnesium dengan glukosa darah pada orang dewasa obesitas.

2.2 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kantor Gubernur Sulawesi Selatan pada bulan Oktober - Desember 2024.

2.3 Subjek penelitian

2.3.2 Populasi

Populasi dari penelitian ini yaitu 130 pegawai kantor Gubernur Sulawesi Selatan yang mengalami obesitas.

2.3.2 Teknik Sampling dan Besar Sampel

Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah *simple random sampling*. Teknik *simple random sampling* adalah metode pengambilan sampel yang dilakukan secara acak tanpa memperhatikan tingkatan atau kelompok populasi. Metode ini dipergunakan jika populasinya homogen atau relatif homogen (Fauzy, 2019). Sampel pada penelitian ini adalah pegawai obesitas yang aktif bekerja di kantor Gubernur Sulawesi Selatan.

Besar sampel yang digunakan pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan sampel slovin (Notoatmodjo, 2017) yaitu:

$$n = \frac{N}{1 + N \cdot e^2}$$

Keterangan:

n = ukuran sampel

N = ukuran populasi

e = persentase toleransi ketidakteelitian karena kesalahan dalam pengambilan sampel (5%)

$$n = \frac{130}{1 + 130(0,05)^2}$$

$$n = \frac{130}{1 + 0,32}$$

$$n = \frac{130}{1,32}$$

$$n = 98,48 \approx 98$$

Dari perhitungan dengan menggunakan rumus sampel slovin di atas maka didapatkan jumlah sampel minimal pada penelitian ini berjumlah 98 orang. Namun, untuk menghindari adanya *drop out* maka jumlah sampel ditambah 10% menjadi 108 orang.

a. Kriteria inklusi

1. Pegawai yang aktif bekerja di kantor Gubernur Sulawesi Selatan
2. Berusia 19 – 59 tahun
3. Indek massa tubuh $>27 \text{ kg/m}^2$
4. Bersedia mengikuti proses penelitian

b. Kriteria eksklusi

1. Mengonsumsi suplemen magnesium secara rutin
2. Menderita penyakit/kelainan ginjal
3. Menderita gangguan saluran cerna (diare dan muntah)

2.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian digunakan dalam proses pengumpulan data untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. *Global Physycal Activity Questionnare* (GPAQ)

Kuesioner yang diguakan untuk mengukur tingkat aktivitas orang dewasa.

2. Alat timbangan berat badan

Alat yang digunakan untuk mengukur berat badan seseorang (kg) menggunakan timbangan digital seca.

3. Alat ukur tinggi badan

Alat yang digunakan untuk mengukur tinggi badan seseorang (cm) menggunakan stadiometer saga.

4. *Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire* (SQ-FFQ)

SQ-FFQ merupakan kuesioner yang digunakan untuk menilai asupan dalam jangka waktu tertentu.

5. Uji laboratorium

Digunakan dalam pengukuran serum magnesium dan glukosa darah.

2.5. Pengumpulan Data

1. Data Primer

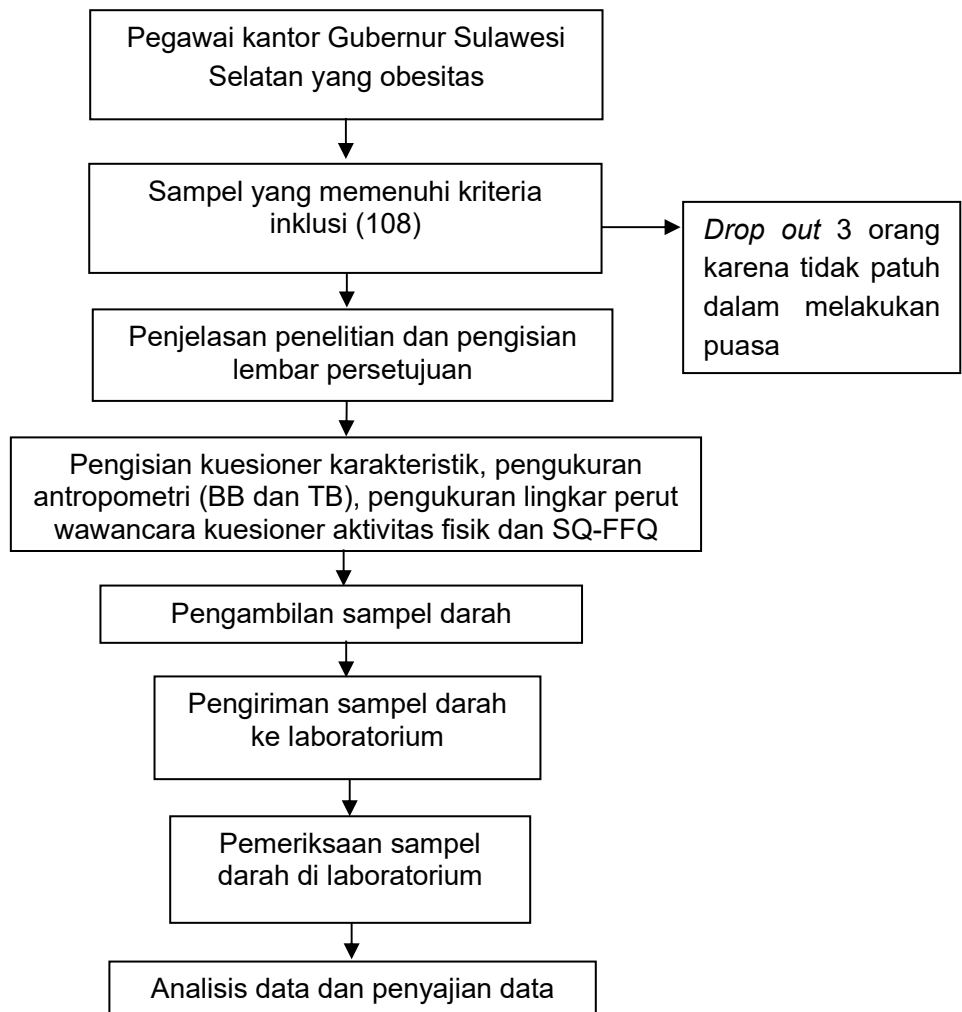
Data primer didapatkan dari hasil pengukuran dan wawancara, adapun langkah – langkah dalam pengambilan data primer yaitu sebagai berikut:

1. Wawancara aktivitas fisik
 - a. Peneliti/pewawancara memperkenalkan diri kepada responden serta menjelaskan maksud dan tujuan dari wawancara aktivitas fisik.
 - b. Meminta persetujuan dan kesediaan waktu responden untuk diwawancara
 - c. Memulai wawancara dengan responden, dengan menggunakan *global physical activity questionnaire* (GPAQ) yang terdiri dari 16 pertanyaan yang meliputi kegiatan sehari - sehari.
 - d. Mencatat hasil wawancara pada kuesioner.
2. Pengukuran berat badan
 - a. Persiapkan timbangan berat badan seca dan letakan di lantai yang datar lalu diaktifkan, tunggu hingga angka pada timbangan muncul angka 0,00 yang menunjukkan timbangan siap digunakan.
 - b. Responden yang akan ditimbang diminta untuk membuka alas kaki dan jaket, jam tangan, topi serta mengeluarkan isi kantong yang berat seperti kunci.
 - c. Responden diminta naik ke timbangan dengan posisi kaki tepat di Tengah timbangan tetapi tidak menutupi jendela baca.
 - d. Perhatikan posisi kaki responden tepat di tengah alat timbang, sikap tenang (jangan bergerak – gerak) dan kepala tidak menunduk (memandang lurus ke depan).
 - e. Angka di kaca jendela baca akan muncul dan tunggu sampai angka tidak berubah (statis).
 - f. Catat angka yang terakhir pada kuesioner yang telah disediakan.
3. Pengukuran tinggi badan
 - a. Memasang rakitan stadiometer saga sesuai dengan urutan pada lantai yang datar
 - b. Responden yang akan diukur diminta melepaskan alas kaki dan topi serta bagi perempuan diminta untuk melepas bando/ hiasan kepala dan ikatan rambut jika ada
 - c. Kemudian responden diminta berdiri tegak lurus dengan memperhatikan tumit, pantat, punggung dan kepala bagian belakang harus menempel pada tiang stadiometer dan muka menghadap lurus dengan pandangan ke depan
 - d. Menurunkan bagian siku alat sampai rapat pada kepala bagian atas lalu dibaca angka pada jendela baca
 - e. Mencatat hasil pengukuran pada kuesioner
4. Pengambilan sampel darah
 - a. Petugas laboratorium menyiapkan alat dan bahan
 - b. Petugas laboratorium menjelaskan tentang proses pengambilan darah yang akan dilakukan.

- c. Petugas laboratorium meletakkan tangan pasien lurus di atas meja dengan telapak tangan menghadap ke atas
 - d. Petugas laboratorium memasang *tourniquet* kira-kira 3 jari di atas siku untuk membendung aliran darah
 - e. Petugas laboratorium meminta pasien untuk menggenggam
 - f. Petugas laboratorium mencari lokasi pembuluh darah yang akan ditusuk dengan ujung telunjuk kiri dalam keadaan tangan pasien menggenggam
 - g. Petugas laboratorium membersihkan lokasi pengambilan darah dengan kapas alkohol 70% dengan arah melingkar ke arah luar dan membiarkan kering
 - h. Petugas laboratorium meregangkan kulit dengan ibu jari kiri diatas pembuluh darah yang akan ditusuk kemudian, tusukkan jarum dengan sisi miring menghadap ke atas membentuk sudut ± 25 derajat
 - i. Petugas laboratorium menarik jarum sedikit dan mengarahkan ke arah vena yang tepat jika darah tidak langsung keluar
 - j. Petugas laboratorium membuka genggam tangan pasien dan *tourniquet* diregangkan lalu mengambil darah vena menggunakan spuit sebanyak 5 ml
 - k. Petugas laboratorium meletakkan kapas dan menarik spuit pelan – pelan
 - l. Petugas laboratorium menekan kapas yang ada pada tusukan dan ditutup dengan plester
 - m. Petugas laboratorium menyarankan pasien untuk menekan bekas tusukan selama 2 menit untuk mencegah perdarahan bekas tusukan
 - n. Petugas laboratorium melepas jarum dari spuit dan darah di alirkan ke tabung melalui dinding tabung
 - o. Petugas laboratorium memberi label pada tabung
 - p. Petugas laboratorium membuang spuit ke dalam *safety box*
 - q. Sampel darah dikirim ke laboratorium untuk dianalisis lebih lanjut
5. Penilaian asupan
- a. Menyiapkan kuesioner SQ-FFQ dan *food picture*
 - b. Melakukan wawancara dengan menanyakan jenis, jumlah dan frekuensi dari daftar makanan dan minuman yang ada di kuesioner dengan alat bantu berupa *food picture* pada responden
 - c. Mencatat hasil jawaban responden pada kuesioner
2. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari kantor Gubernur Sulawesi Selatan berupa gambaran umum, jumlah pegawai, data pengukuran berat badan dan tinggi badan pegawai serta data sekunder lainnya yang diperoleh dari studi kepustakaan yang mendukung dalam penelitian ini. Data diperoleh dengan cara observasi langsung dan wawancara.

2.6. Alur Penelitian



Gambar 6 :Alur Penelitian

2.7. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan melalui beberapa proses. Data diolah secara manual dan komputerisasi dengan tahapan *editing*, *coding*, *entry* dan *cleaning*. Adapun langkah – langkah dalam pengolahan data dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ)
 - a. Hasil wawancara pada kuesioner GPAQ terlebih dahulu dilakukan proses *cleaning* dan *coding* kuesioner.
 - b. Hasil wawancara dientri pada form lembar kerja *microsoft excel* yang telah dibuat.
 - c. Setelah proses entri, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus total aktivitas fisik MET menit/minggu = $[(P2 \times P3 \times 8) + (P5 \times P6 \times 4) + (P8 \times P9 \times 4) + (P11 \times P12 \times 8) + (P14 \times P15 \times 4)]$

- d. Kemudian didapatkan hasil perhitungan aktivitas fisik dengan kategori ringan (<600 menit/minggu), sedang (≥ 600 menit/minggu) dan berat (≥ 3000 menit/minggu).
 - e. Setelah hasilnya didapatkan, kemudian dilakukan analisis data.
2. Indeks Massa Tubuh (IMT)
- a. Berat badan (kg) dan tinggi badan (cm) responden yang telah didapatkan dari pengukuran antropometri diinput pada form yang telah dibuat di lembar kerja *Microsoft excel*.
 - b. Indeks massa tubuh dihitung menggunakan rumus indeks massa tubuh (IMT) = $BB (kg)/TB(m^2)$
 - c. Perhitungan indeks massa tubuh menggunakan komputerisasi dengan formula yang telah di buat di lembar kerja *microsoft excel*.
 - d. Hasil perhitungan yang didapatkan kemudian dicatat di kuesioner yang telah disediakan.
3. Glukosa Darah dan Serum Magnesium
- a. Sampel darah yang telah yang dikumpulkan dan diberi label sesuai dengan data responden
 - b. Kemudian sampel darah dikirim ke laboratorium untuk dilakukan analisis selanjutnya.
 - c. Setelah hasil analisis didapatkan, selanjutnya peneliti melakukan analisis data.

2.8. Analisis Data

Pada penelitian ini data yang terkumpul dikategorikan dan dianalisis menggunakan *software Statistical Package for Social Science* (SPSS) versi 26. Adapun rancangan analisis data yang digunakan adalah:

2.8.1 Analisis Univariat

Analisis univariat dilakukan untuk mendiskripsikan masing-masing variabel independen (aktivitas fisik dan kadar magnesium) dan variabel dependen (glukosa darah pada orang dewasa obesitas). Pada analisis ini akan dilihat distribusi frekuensi dan persentase variabel.

2.8.2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan pada dua variabel yang diduga berhubungan atau berkorelasi. Pada penelitian ini dilakukan analisis bivariat pada variabel independen terhadap variabel dependen. Metode statistik yang digunakan untuk melihat kemaknaan serta besarnya hubungan antara variabel maka dilakukan uji *Chi-Square* dan uji korelasi yang dikatakan signifikan jika nilai $p = 0,05$.

2.9. Penyajian Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program komputerisasi yaitu SPSS (sebuah program komputer yang digunakan untuk membuat analisis statistika). Setelah dilakukan pengolahan data, selanjutnya data dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan narasi penjelasan.

2.10. Etika Penelitian

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari KEPK Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin dengan nomor 2026/UN4.14.1/TP.01.02/2024. Peneliti memperhatikan prinsip-prinsip etika penelitian untuk menghindari risiko yang mungkin terjadi dan dapat merugikan responden, agar responden tidak menolak dan mau berpartisipasi sebagai responden dalam penelitian ini. Adapun prinsip-prinsip dalam etika penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan kepada responden tentang penelitian yang akan dilakukan, waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini dan mempunyai kebebasan untuk menentukan keikutsertaan dalam penelitian.
2. Setiap responden penelitian terlebih dahulu diminta untuk mengisi formulir kesediaan menjadi sampel dengan menandatangani formulir persetujuan sampel yang mencakup manfaat penelitian, penjelasan kemungkinan risiko dan ketidaknyamanan yang ditimbulkan, penjelasan manfaat yang didapatkan, serta menghormati privasi dan kerahasiaan identitas dan informasi yang diberikan oleh responden.
3. Pengambilan data dilakukan setelah ada kesempatan bersama, antara peneliti dan responden.
4. Semua data yang didapatkan dari responden disimpan sebagai dokumentasi penelitian.