

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Diabetes Melitus

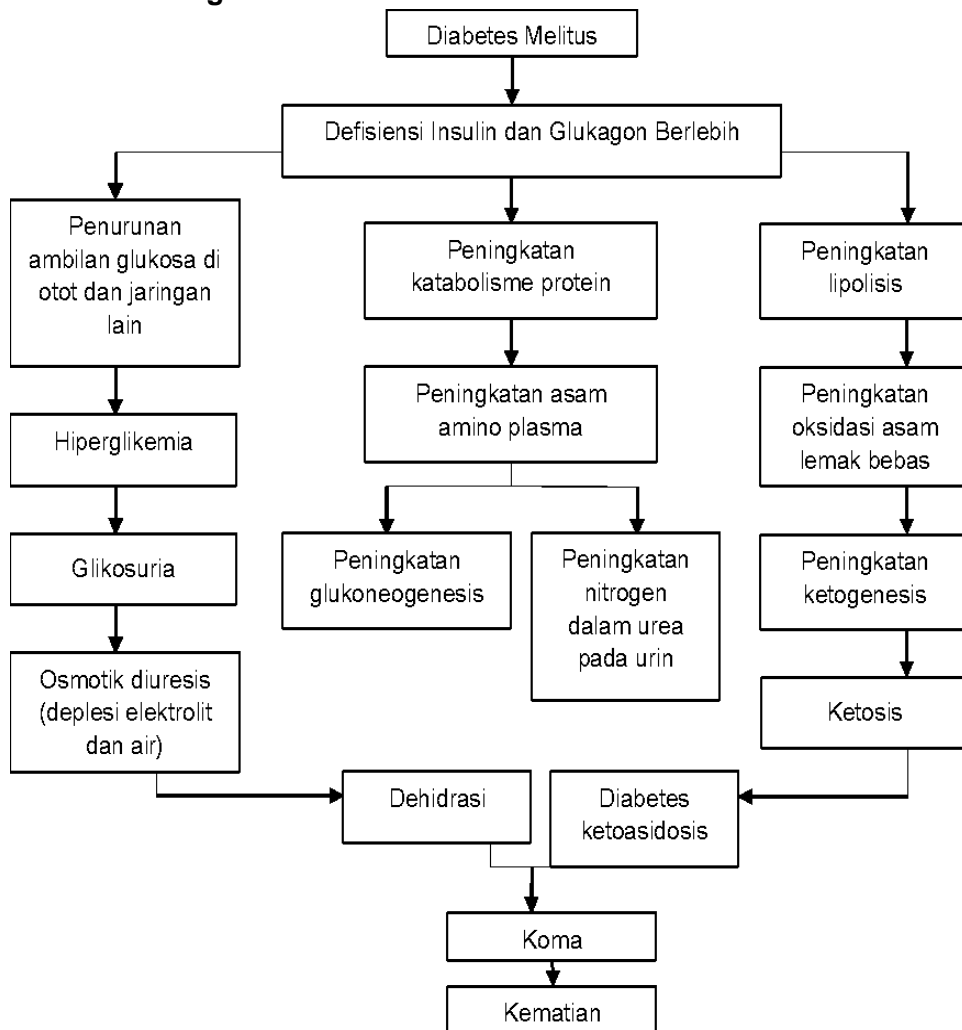
1. Pengertian

Diabetes mellitus (DM) adalah penyakit kronis yang disebabkan oleh adanya gangguan metabolisme kronis dengan berbagai penyebab yang ditandai dengan adanya peningkatan kadar gula darah disertai gangguan metabolisme karbohidrat, lemak dan protein sebagai akibat insufisiensi fungsi insulin. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (2023) diabetes mellitus didefinisikan sebagai penyakit degeneratif ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah yang terjadi sebagai akibat dari tubuh tidak menghasilkan cukup insulin atau tubuh tidak dapat menggunakan insulin yang telah dihasilkan secara efektif. Diabetes melitus menjadi penyakit serius jangka panjang yang peningkatannya dan membutuhkan pengobatan.

Penyakit ini muncul ketika sel pankreas mengalami penurunan fungsi. Penurunan sel pankreas mengakibatkan adanya defisiensi insulin dalam tubuh sehingga terjadi resistensi terhadap kerja insulin. Defisiensi insulin dapat disebabkan oleh sekresi insulin yang tidak cukup atau berkurangnya respon jaringan terhadap insulin. Sel beta pada pankreas yang bertanggung jawab memproduksi insulin tidak dapat mengimbangi keadaan resistensi sehingga terjadi defisiensi insulin. Ketidakmampuan ini jelas tampak dari berkurangnya sekresi insulin pada rangsangan glukosa di jaringan tubuh (Sulistyowati, 2016).

Kadar glukosa darah yang meningkat di atas normal yaitu ≤ 140 mg/dL dikenal sebagai gejala diabetes melitus (Nuryatno, 2019). Menurut kriteria diagnostic PERKENI (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia), seseorang dapat dikatakan mengidap DM apabila memiliki kadar gula darah puasa ≥ 126 mg/dL dan pada pemeriksaan glukosa sewaktu ≥ 200 mg/dL (PERKENI, 2021).

2. Patofisiologis



Sumber : Moini, 2019

Gambar 2. 1 Jalur Patofisiologi Diabetes Mellitus dengan Defisiensi Insulin dan Peningkatan Glukagon

Diabetes melitus merupakan sebuah kondisi yang terjadi karena berkurangnya insulin atau karena tidak adanya insulin. Proses autoimun menghancurkan sel beta pankreas, yang menghentikan produksi insulin sehingga menyebabkan diabetes tipe 1. Diabetes tipe 2 mempengaruhi resistensi akan jaringan peripheral yang berdampak pada insulin. Kondisi resistensi insulin pada penderita diabetes mellitus menyebabkan tubuh bereaksi seperti kekurangan insulin walaupun terdapat dalam jumlah cukup. Kondisi ini hampir sama dengan diabetes tipe 1, perbedaannya

hanya terdapat pada hati yang masih mampu menghasilkan glukagon dan lipolisis tetap terkontrol dengan adanya insulin. Plasma lipoprotein akan meningkat pada penderita diabetes yang disebabkan oleh asupan nutrisi yang kurang dan obesitas (Moini, 2019). Gangguan sekresi insulin dan kerusakan pada kerja insulin umumnya terjadi pada penyandang diabetes mellitus yang menyebabkan abnormalitas dan menjadi awal penyebab hiperglikemia (American Diabetes Association, 2014).

Tanda yang menunjukkan hiperglikemia diantaranya yaitu poliuri, polidipsi, polifagia, penurunan berat badan dan penglihatan buram. American Diabetes Association (2014) menjelaskan bahwa dampak yang dapat mengancam kesehatan pada diabetes yang tidak terkontrol adalah hiperglikemia dengan ketoasidosis atau sindrom nonketosis hyperosmolar. Ketoasidosis pada umumnya tidak berhubungan langsung dengan diabetes mellitus tipe 2 akan tetapi dapat diakibatkan oleh stress metabolic lain yang dapat menurunkan produksi sekresi insulin pada kegagalan kerja pankreas. Adaptasi tubuh untuk mencoba membuang kelebihan gula melalui urin terjadi pada saat ketoasidosis dan diikuti penyakit infeksi dan faktor lain (Moini, 2019).

3. Faktor Risiko

Faktor risiko diabetes mellitus menurut Kemenkes (2021) dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu:

a. Faktor risiko yang dapat diubah

1) Obesitas

Beberapa teori menjelaskan bahwa resistensi insulin dapat dikaitkan dengan obesitas. Kelebihan berat badan akan meningkatkan kebutuhan insulin karena orang dewasa yang mengalami kegemukan memiliki jaringan lemak yang lebih besar. Karena glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel dan menumpuk di pembuluh darah, jaringan lemak yang besar dapat mencegah insulin bekerja akibatnya kadar glukosa darah mengalami peningkatan. Obesitas menjadi salah satu faktor risiko terjadinya diabetes mellitus dengan 80-90% penderita yang mengalaminya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Majid Kolahdouzan

yang menjelaskan bahwa konsumsi nasi putih menyebabkan peningkatan glukosa darah postprandial dan kemungkinan dapat menyebabkan obesitas.

2) Aktivitas fisik kurang

Menurut beberapa penelitian, sensitivitas insulin dapat meningkat dengan berolahraga secara teratur dan rutin. Seseorang yang kurang aktif dalam beraktivitas memiliki kemungkinan lebih besar terserang diabetes mellitus daripada orang yang aktif bergerak. Berpartisipasi dalam aktivitas fisik atau berolahraga dapat membantu untuk mempertahankan berat badan. Secara teratur melakukan aktivitas fisik selama 30 menit dapat meningkatkan peredaran darah dan membuat sel-sel tubuh lebih sensitive terhadap insulin karena glukosa dalam darah dibakar dan dihasilkan sebagai energi.

3) Pola Makan

Kelebihan atau kekurangan berat badan dapat terjadi karena pola makan yang tidak sehat. Kedua hal ini berpotensi meningkatkan risiko diabetes mellitus. Malnutrisi atau kekurangan gizi dapat mengganggu fungsi pankreas dan menyebabkan sekresi insulin yang tidak teratur. Obesitas atau kelebihan berat badan dapat mengganggu fungsi insulin. Oleh karena itu, sangat penting untuk menjaga pola makan yang sehat dan bergizi.

b. Faktor risiko yang tidak dapat diubah

1) Usia

Manusia mengalami penurunan fisiologis setelah berusia 45-65 tahun. Orang-orang pada usia ini rentan terhadap berbagai penyakit termasuk diabetes mellitus. Semakin bertambahnya usia maka risiko menderita penyakit diabetes mellitus akan meningkat terutama pada golongan usia 45 tahun yang sering menjadi risiko tertinggi. Hal tersebut terjadi karena adanya penurunan fungsi dalam tubuh, termasuk hormon insulin yang tidak dapat bekerja secara optimal sehingga terjadi peningkatan kadar gula darah.

Usia menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kesehatan.

2) Jenis kelamin

Penderita diabetes melitus lebih banyak terjadi pada perempuan daripada laki-laki. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perempuan memiliki indeks massa tubuh yang lebih besar sehingga rentan mengalami diabetes melitus.

3) Faktor Keturunan

Menurut Hugeng dan Santos (2017) riwayat keluarga atau faktor keturunan merupakan unit informasi pembawa sifat dalam kromosom yang memengaruhi perilaku. Anggota keluarga yang memiliki diabetes melitus sebelumnya terutama orang tua atau saudara kandung, memiliki risiko lebih tinggi untuk menderita penyakit ini. Jika salah satu orang tuanya memiliki riwayat diabetes melitus maka risiko penyakit DM yang menurun adalah 15% akan tetapi jika kedua orang tua memiliki riwayat diabetes melitus, maka risiko penyakit DM yang menurun adalah 75% (Diabetes UK, 2021)

4. Gejala

Menurut Hardianto (2020), gejala khas yang dialami pasien diabetes melitus yaitu:

a. Poliuri

Poliuri atau sering buang air kecil terutama pada malam hari, disebabkan karena kadar gula darah melebihi ambang ginjal (>180 mg/dL) sehingga gula akan mengeluarkan urine. Untuk menurunkan konsentrasi urine yang dikeluarkan, tubuh akan menyerap air sebanyak-banyaknya ke dalam urine sehingga urine dalam jumlah besar dapat dikeluarkan dan sering buang air kecil.

b. Polifagi

Polifagi artinya cepat merasa lapar. Ketika nafsu makan meningkat, insulin menjadi bermasalah pada penderita DM sehingga pemasukan gula ke dalam sel-sel tubuh kurang dan energi yang dibentuk juga menjadi kurang. Hal ini menyebabkan penderita kurang bertenaga. Sel menjadi kekurangan gula sehingga otak berfikir bahwa kurang

energi itu dikarenakan kurang makan, sehingga tubuh kemudian berusaha meningkatkan asupan makanan dan menimbulkan sinyal rasa lapar.

c. Polidipsi

Polidipsi adalah keadaan mudah merasa haus. Akibat peningkatan difusi cairan dari intrasel ke dalam vaskuler menyebabkan adanya penurunan volume intrasel sehingga menimbulkan dehidrasi sel. Akibat dari dehidrasi sel yaitu mulut menjadi kering dan sensor haus teraktivasi menyebabkan seseorang harus terus menerus dan selalu ingin minum.

d. Berat badan menurun

Ketika tubuh tidak mampu mendapatkan energi yang cukup dari gula karena kekurangan insulin, maka tubuh bergegas mengolah lemak dan protein yang ada dalam untuk diubah menjadi energi. Dalam sistem pembuangan urine, penderita DM tidak terkontrol bisa kehilangan 500 gram glukosa dalam urine per 24 jam atau setara dengan 2000 kalori perhari hilang dari tubuh. Kemudian gejala lain yang timbul ditunjukkan karena adanya komplikasi yaitu kaki kesemutan, gatal-gatal, atau luka yang tak kunjung sembuh cepat merasa lelah, penglihatan yang mulai kabur dan mudah mengantuk. Pada wanita kadang disertai gatal di daerah selangkangan (pruritus vulva dan pada pria ujung penis terasa sakit (balanitis) (Simatupang, 2017).

5. Diagnosis

PERKENI (2015) menyatakan bahwa diagnosis DM didasarkan dari hasil pemeriksaan kadar gula darah. Pemeriksaan glukosa enzimatis dengan plasma darah vena adalah metode yang disarankan untuk menilai glukosa darah. Dengan adanya glukosuria, diagnosis tidak dapat ditegakkan akan tetapi hasil pengobatan dapat dipantau dengan pemeriksaan glukosa darah kapiler dengan menggunakan alat *glucometer*. Berbagai keluhan dapat ditemukan pada penyandang DM, yaitu :

- a. Keluhan klasik : Poliuria, polydipsia, polifagia dan penurunan berat badan tanpa penyebab yang jelas.
- b. Keluhan lain : lemah badan, kesemutan, gatal-gatal, pandangan mata kabur, disfungsi ereksi pria dan pruritus vulva wanita.

Tabel 2. 1 Kriteria Diagnosis DM

Pemeriksaan glukosa plasma darah >126 mg/dl. Puasa adalah kondisi dengantidak ada asupan yang masuk ke dalam tubuh selama minimal 8 jam Atau
Pemeriksaan glukosa plasma > 200 mg/dl. 2 jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) dengan beban glukosa 75 gram Atau
Pemeriksaan glukosa plasma sewaktu >200 mg/dl dengan keluhan klasik Atau
Pemeriksaan hbA1c 6,5% menggunakan metode yang telah distandarisasi oleh National Glycohemoglobin Standardization Program (NGSP)

6. Penatalaksanaan

Lima pilar pengelolaan yang digunakan dalam pengobatan diabetes melitus yaitu terapi gizi medis, latihan jasmani, pengobatan farmakologis dan pemantauan kadar gula darah (Rohman & Supriati, 2018). Penatalaksanaan DM ini dimulai dengan menjalani gaya hidup sehat dengan berolahraga, mendapatkan nutrisi medis dan menerima obat oral atau suntikan dengan obat anti hiperglikemia dan insulin. Salah satu metode untuk mencapai sasaran nutrisi medis dan pengaturan makanan yang akan mengoptimalkan control glukosa darah dan mengurangi komplikasi adalah dengan terapi gizi. Prinsip yang digunakan untuk mengatur pola makan penderita diabetes melitus hampir sama dengan yang digunakan oleh orang sehat. Akan tetapi perlu perhatian khusus mengenai pentingnya prinsip 3J (Jadwal, Jenis dan Jumlah) terutama bagi penderita DM yang mengkonsumsi obat atau terapi insulin. Untuk setiap jenis diabetes melitus, terapi yang efektif dapat mengoptimalkan kontrol glukosa darah dan mengurangi komplikasi. Beberapa pilihan terapi termasuk terapi medis dan non medis.

1) Terapi non medis

a. Manajemen diet

Rencana diet yang dimaksud adalah untuk mencapai dan mempertahankan kadar glukosa darah lipid mendekati normal dan mempertahankan berat badan dalam batas normal serta mencegah komplikasi akut dan kronik. Batas normal berat badan yaitu 10% dari berat badan idaman. Selain itu penatalaksanaan nutrisi dimulai dari menilai kondisi gizi dengan perhitungan Indeks

Massa Tubuh (IMT). Rumus yang digunakan untuk menghitung IMT yaitu $BB(kg)/TB_2(m)$. Perhitungan IMT bermanfaat untuk mengetahui apakah penderita DM mengalami kegemukan atau obesitas. Normalnya IMT pada orang dewasa berada di antara 18-25 kg/m².

b. Latihan fisik

Bertujuan untuk mengaktivasi insulin dan reseptor insulin di membran plasma sehingga dapat menurunkan kadar glukosa darah. Memperbaiki pemakaian insulin dan sirkulasi dalam darah dan mengubah kadar lemak darah sebagai peningkatan kadar HDL kolesterol dan menurunkan kolesterol total.

c. Pemantauan kadar gula darah

Pemantauan kadar gula darah dapat dilakukan secara mandiri atau *self monitoring blood glucose* (SMBG) yang digunakan sebagai deteksi dini dan mencegah hiperglikemia atau hipoglikemia untuk mengurangi komplikasi jangka panjang.

d. Penyuluhan kesehatan masyarakat rumah sakit (PKMRS)

Penyuluhan merupakan salah satu bentuk edukasi yang dilakukan untuk memberikan informasi dengan berbagai cara.

2) Terapi medis

a. Penanganan DM tipe 1

- Terapi suntik insulin yaitu perencanaan makanan dan latihan fisik. Hal ini merupakan bentuk terapi insulin yang mutakhir meliputi pelaksanaan suntikan preparat *mixed insulin*, *split mixed* dan suntikan insulin subkutan atau continue
- Transplantasi pankreas (kini menemukan terapi imunosupresi yang lama)

b. Penanganan DM tipe 2

Obat antidiabetik oral untuk menstimulasi produksi insulin endogen, meningkatkan sensitivitas terhadap insulin pada tingkat seluler, dapat menekan glukoneogenesis pada hepar dan dapat memperlambat absorpsi karbohidrat dalam traktur GI (dapat digunakan sebagai obat-obatan). Obat-obatan yang dapat dikonsumsi oleh penderita DM yaitu glimepiride dan metformin.

B. Pangan Olahan untuk Keperluan Medis Khusus (PKMK)

1. Pengertian

Pangan Olahan untuk Keperluan Medis Khusus (PKMK) merupakan pangan olahan yang secara khusus diformulasikan kepada orang dengan penyakit atau gangguan tertentu sebagai manajemen diet. Terdapat dua jenis PKMK yang dibedakan berdasarkan kelompok sasarannya, yaitu kelompok bayi dan anak serta kelompok dewasa. PKMK untuk kelompok dewasa terdiri dari PKMK untuk penyandang diabetes, ginjal kronik, hati kronik, dukungan nutrisi bagi orang dewasa gizi kurang atau gizi buruk, dan kelainan metabolik (*inborn errors of metabolism*) (BPOM RI, 2018).

2. Syarat

Beberapa persyaratan yang harus dipatuhi dalam memproduksi PKMK adalah (BPOM RI, 2018):

- PKMK bisa digunakan sebagai makanan tambahan dan makanan pengganti. Sebagai makanan tambahan, PKMK menjadi sumber lain dalam pemenuhan kebutuhan gizi pasien. Sedangkan sebagai makanan pengganti, PKMK menjadi sumber utama pemenuhan gizi pasien.
- Pemakaian PKMK harus sesuai dengan syarat yang telah dibuat atau ditetapkan oleh dokter (di bawah pengawasan)
- PKMK bisa diberikan sebagai manajemen diet enteral dengan menggunakan selang (*nasogastric tube*)

Secara spesifik, BPOM RI Nomor 1 tahun 2018 tentang Pengawasan Pangan Olahan untuk Keperluan Gizi Khusus juga membahas mengenai ketentuan PKMK untuk penyandang diabetes. PKMK diabetes atau PKMK DM merupakan pangan olahan yang diformulasikan khusus bagi penyandang DM dengan memperhitungkan kebutuhan gizi harian sebagai makanan pengganti atau makanan tambahan. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam memproduksi PKMK DM (BPOM RI, 2018) :

1. Bahan yang digunakan harus bermutu baik, bersih, aman, dan sesuai dengan persyaratan diet pasien DM
2. Persyaratan kandungan gizi sesuai dengan Tabel 2.2 berikut

Tabel 2. 2 Persyaratan Kandungan Gizi PKMK

No	Zat gizi	Perhari	Per 100 kkal
1	Protein	10-20% total kalori sehari	2,5 - 5 g
2	Karbohidrat	45-65% total kalori sehari	11,25 -16,25 g
3	Sukrosa dan glukosa	≤ 5% total kalori sehari	≤ 1,25 g
4	Serat	20-30 g per 2000 kkal	1 - 1,75 g
5	Lemak*)	20-25% total kalori sehari	2,22 – 2,78 g
6	Lemak jenuh (SAFA)	< 7% total kalori sehari	< 0,78 g
7	Lemak tidak jenuh ganda (PUFA)	≤ 10% total kalori sehari	≤ 1,11 g
8	Lemak tidak jenuh Tunggal (MUFA)	Sisa dari lemak total	Sisa dari lemak total
9	Kolesterol	< 200 mg per hari	< 10 mg
10	Natrium	< 2300 mg per hari	<115 mg

*) Hindari sumber asam lemak trans

Sumber : BPOM RI, 2018

3. Penambahan vitamin dan mineral diperbolehkan, tetapi harus mengacu pada Acuan Label Gizi (ALG) per hari. Selain itu, sebagai pangan pengganti, produk PKMK DM harus mengandung semua vitamin dan mineral sekurang-kurangnya 100% ALG sesuai peraturan perundang undangan.
4. Berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan, pemanis dan Bahan Tambahan Pangan (BTP) dapat digunakan pada PKMK DM asalkan sesuai. Akan tetapi, fruktosa tidak boleh ditambahkan dalam PKMK DM.
5. Pelabelan PKMK DM harus berisi nama jenis, informasi nilai gizi, serta untuk memenuhi kebutuhan serat, harus terdapat anjuran konsumsi buah dan sayur.

C. Indeks Glikemik

1. Pengertian

Menurut Prof Rimbawan dan Albiner Siagian (2004) indeks glikemik pangan adalah tingkatan pangan berdasarkan pengaruhnya terhadap kadar gula darah. Bahan Makanan yang dapat menaikkan kadar gula darah dengan cepat berarti memiliki indeks glikemik tinggi. Sedangkan panganyang dapat menaikkan kadar gula darah dengan lambat berarti memiliki indeks glikemik yang rendah. Indeks glikemik (IG) merupakan cara ilmiah untuk menentukan makanan yang baik dikonsumsi bagi penderita diabetes.

Pangan dengan indeks glikemik rendah adalah makanan yang baik untuk penderita diabetes mellitus. David Jenkins (1981) memperkenalkan konsep indeks glikemik yang mengelompokkan makanan berdasarkan dampak fisiologisnya terhadap kadar glukosa darah setelah makan. Studi pada konsep tersebut menjelaskan bahwa makanan dengan karbohidrat yang berbeda dapat meningkatkan kadar glukosa darah dengan jumlah yang berbeda. Pada zaman sekarang potensi peningkatan glukosa darah dari makanan yang bersumber karbohidrat dapat digolongkan dengan standar tertentu menggunakan nilai IG, umum diberikan dalam manajemen diet penderita diabetes (Ramdath, 2016). Menurut Rimbawan dan Siagian (2004) kategori indeks glikemik makanan dibagi menjadi tiga, yaitu :

Tabel 2. 3 Kategori Pangan Menurut Indeks Glikemik

Kategori pangan	Rentang indeks glikemiks*
IG rendah	< 55
IG sedang	55-70
IG tinggi	> 70

*Pangan acuan adalah glukosa murni Sumber : Miller dkk. 1996

2. Faktor yang Mempengaruhi Indeks Glikemik

Menurut Rimbawan dan Siagian (2004) faktor-faktor yang dapat memengaruhi indeks glikemik pangan yaitu kadar serat, perbandingan antara amilosa dan amilopektin. Faktor lain yang dapat memengaruhi indeks glikemik pada pangan adalah daya cerna pati,

kadar lemak dan protein serta cara pengolahannya (Ragnhild et al, 2004)

1) Kadar Serat

Serat pangan merupakan bahan utama yang membentuk dinding sel tanaman yang ditemukan dalam sereal, buah-buahan, sayuran dan berbagai jenis tanaman lainnya. Komponen serat pangan polisakarida yang tidak dapat dicerna yaitu selulosa, hemiselulosa, oligosakarida, pectin, gum, dan waxes (Marsono, 2004). Beras cokelat merupakan salah satu jenis sereal yang memiliki kadar serat 1,6 gram per 100 gram dengan indeks glikemik 51. Serat pangan memengaruhi glukosa darah (Fernandes et al., 2005). Jumlah serat dalam makanan dapat menyebabkan nilai indeks glikemik rendah.

2) Kadar Amilosa dan Amilopektin

Granula pada pati terdiri atas dua fraksi, yakni amilosa dan amilopektin yang dipisahkan dengan air panas. Amilosa (fraksi terlarut) yaitu polimer rantai lurus glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik. Amilopektin (fraksi tidak larut) merupakan polimer gula sederhana, bercabang dengan struktur terbuka (Be Miller dan Whitskey, 1996). Amilopektin dan amilosa mempunyai perbedaan pada ikatan glikosidik. Amilopektin memiliki sifat lebih rapuh (amorphous) dibandingkan amilosa yang terstruktur dan cukup dominan. Akibat kandungan amilosa yang tinggi maka proses pencernaan menjadi lebih lambat karena amilosa merupakan polimer glukosa yang lurus. Amilosa mempunyai ikatan hidrogen yang kuat dibandingkan amilopektin yang sulit untuk dilakukan hidrolisis oleh enzim pencernaan. Sehingga kandungan amilosa pada bahan pangan bagus diberikan kepada penderita diabetes mellitus.

3) Daya Cerna Pati

Proses pencernaan pati dapat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu:

- Faktor intrinsik adalah sifat alami pati seperti ukuran granula, keberadaannya pada matrik pangan dan jumlah serta ukuran pori pada permukaan pati. Faktor ini bertanggung jawab atas

kemampuan usus halus dalam mencerna pati.

- Faktor ekstrinsik adalah faktor yang memengaruhi pencernaan pati termasuk waktu pencernaan dalam lambung, aktivitas amilase usus, jumlah pati dan hadirnya bahan makanan lain seperti zat anti gizi.
- 4) Kadar lemak dan protein, pangan yang memiliki kadar lemak tinggi cenderung dapat memperlambat laju pengosongan lambung, sehingga laju pencernaan makanan pada usus halus melambat. Kadar protein yang tinggi diduga dapat merangsang sekresi insulin (Jenkins et al, 1981, Rimbawan.,2014)
 - 5) Cara pengolahan menjadi salah satu faktor yang dapat memengaruhi nilai indeks glikemik suatu produk pangan. Misalnya pengolahan dengan cara pemanasan (pengukusan, perebusan, penggorengan) dan penggilingan (penepungan) untuk memperkecil ukuran partikel. Cara pengolahan diketahui dapat mengubah sifat fisik kimia suatu bahan makanan seperti kadar lemak dan protein, daya cerna serta ukuran suatu pati maupun zat gizi lainnya (Rimbawan dan Siagian, 2004)

D. Beras Cokelat

Beras berasal dari tanaman padi (*Oryza sativa* L.) yang merupakan bahan makanan pokok hampir seluruh masyarakat Indonesia selama berabad-abad. Tanaman padi termasuk tanaman jenis rumput-rumputan dan tanaman semusim (Fauziah, 2020). Menurut USDA (2019), tanaman padi secara taksonomi lengkap, yaitu:

Kingdom : *Plantae*

Division : *Magnoliophyta*

Class : *Liliopsida*

Ordo : *Cyperales*

Family : *Gramineae*

Genus : *Oryza* L.

Species : *Oryza sativa* L.

Terdapat beberapa jenis beras yang cukup terkenal di masyarakat Indonesia, yaitu beras putih, beras merah, beras hitam, dan beras cokelat.

Beras putih, beras hitam, dan beras cokelat merupakan varietas beras dari spesies sama, yaitu *Oryza sativa L* hanya saja mengalami perbedaan pada proses pengolahan (Hernawan, 2016). Beras cokelat didapatkan dari beras putih yang diproses dengan tidak membuang lapisan terluar kulit. Beras cokelat tidak mengalami proses penggilingan dan pemolesan yang sering terjadi pada pemrosesan beras putih. Hal ini menyebabkan beras cokelat masih memiliki lapisan germ dan bran yang mengandung tinggi zat gizi, seperti serat, vitamin, dan mineral (Zahra, 2020).

Beras cokelat sering dikenal dengan istilah beras gandum utuh. Pada proses produksinya, beras cokelat hanya mengalami proses pembuangan bagian kulit terluar yang kering (sekam) yang membuat beras cokelat memiliki warna cokelat. Proses penghilangan bagian terluar tersebut dapat mempertahankan zat gizi yang banyak berkurang pada beras putih, seperti vitamin B3 yang berkurang hingga 67%, vitamin B1 yang berkurang hingga 80%, vitamin B6 yang berkurang hingga 90%, mangan dan fosfor yang berkurang hampir setengahnya, zat besi yang berkurang hingga 67%, dan hampir semua asam lemak dan serat makanan yang diperlukan hilang (Zahra, 2020). Beras cokelat ternyata mengandung indeks glikemik yang lebih rendah dibanding dengan beras putih. Indeks glikemik beras cokelat berada pada rentang 10 sampai 70, sedangkan indeks glikemik beras putih berada pada rentang 50 sampai 87 (Mohan, 2014).

Gambar 2. 2 Beras Cokelat Sumber. Freepik



Nilai yang rendah pada indeks glikemik berperan yang dalam mengontrol glukosa darah tubuh. Konsumsi bahan pangan dengan indeks glikemik yang tinggi dapat memicu resistensi insulin yang menjadi penyebab dari diabetes melitus karena indeks glikemik yang tinggi dapat meningkatkan pelepasan radikal bebas (Feliciano, 2014). Selain itu, beras cokelat memiliki kandungan serat lima kali lebih tinggi dibandingkan beras putih, yaitu sekitar 0.6 hingga 1 gram per 100 gram beras cokelat dan 0.2 hingga 0 dalam 100 gram

beras putih (Kondo, 2017). Berdasarkan Kusumastuty (2021) kandungan serat yang tinggi dapat meningkatkan thermogenesis tubuh karena kerja dari kofaktor enzim pada proses metabolisme energi. Selain itu, kandungan serat tinggi memberikan rasa kenyang lebih lama karena serat pada lambung akan menghambat pengosongan lambung yang disebabkan oleh tekstur seperti gel pada lambung (Slavin, 2013). Kandungan rendah indeks glikemik dan tinggi serat dapat menjadikan beras cokelat sebagai pangan fungsional dalam penatalaksanaan diet diabetes melitus (Kondo 2017).

E. Jamur Tiram

Jamur merupakan bahan pangan fungsional yang telah digunakan sejak bertahun-tahun lalu. Jamur tiram adalah jenis jamur yang dapat dikonsumsi, memiliki spora, tetapi tidak berklorofil (Saputra, 2014). Jamur tiram dapat ditemukan tumbuh tidak sengaja pada batang kayu yang telah melapuk secara alami. Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) banyak ditemui oleh petani jamur Indonesia. Hal ini karena Indonesia beriklim tropis yang cocok dengan tumbuh kembang jamur tiram putih. Jamur tiram dapat digunakan sebagai bahan makanan karena memiliki rasa dan fungsi yang bermanfaat bagi kesehatan (Bora and Kawantra, 2014). Jamur tiram bertekstur lembut, lunak dan memiliki cita rasa gurih sehingga potensi penerimaannya tinggi. Klasifikasi taksonomi pada jamur tiram (Deepalakshmi, 2014):

<i>Kingdom</i>	: <i>Fungi</i>
<i>Division</i>	: <i>Amastigomycota</i>
<i>Class</i>	: <i>Basidiomycetes</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Agaricales</i>
<i>Family</i>	: <i>Agaricaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Pleurotus</i>
<i>Species</i>	: <i>Pleurotus ostreatus</i>



Gambar 2. 3 Jamur Tiram Putih Sumber. BibitBunga

Ciri – ciri jamur tiram yaitu memiliki bentuk seperti payung atau tudung lebar, tipis dengan bentuk seperti tiram atau kipas berwarna putih. Jamur tiram telah digunakan sebagai makanan dan obat-obatan selama ribuan tahun (Asrafuzzaman, 2018). Hal ini karena kandungan gizi jamur tiram yang cukup tinggi, seperti protein, vitamin, dan mineral, namun memiliki kandungan rendah kalori, lemak, dan asam lemak esensial (Abdelazim, 2013).

Tabel 2. 4 Kandungan Gizi Jamur Tiram

Makronutrien	Kandungan 100 g jamur tiram kering
Energi (kkal)	41,00
Protein (g)	61,70
Karbohidrat (g)	13,80
Lemak (g)	1,41
Serat (g)	3,50
Kadar Abu (g)	3,60
Kalsium (g)	32,90
Zat Besi (g)	0,70
Fosfor (g)	0,31
Vitamin B1 (mg)	0,12
Vitamin B2 (mg)	0,64
Vitamin B3 (mg)	7,80
Vitamin C (mg)	5,00

Sumber : Kuntari, 2015

Jamur tiram juga merupakan bahan pangan yang sangat bermanfaat dalam pencegahan diabetes melitus karena mengandung polisakarida dan rendah indeks glikemik, gula dan pati. Terdapatnya polisakarida, khususnya Beta glukukan dapat menurunkan kadar glukosa darah. Beta glukukan dapat mengaktifkan sel beta pankreas untuk memproduksi insulin sehingga insulin dapat menjalankan tugasnya dengan optimal dalam menurunkan kadar glukosa darah (Purbowati, 2016).

Berdasarkan data penelitian dari Tjokrokusumo, 2015, kandungan betaglukan pada jamur tiram sebanyak 11%. Beta glukukan termasuk dalam polisakarida yang tidak mengakibatkan efek samping dan tidak beracun. Berdasarkan penelitian dari Gopal, 2022, terdapat penurunan signifikan kadar glukosa darah dan penurunan HbA1c pada pasien DMT2. Penelitian lain (Asrafuzzaman, 2018) juga menyebutkan bahwa jamur tiram dapat mengatasi hiperglikemia melalui mekanisme p-AMPK dan meningkatkan ekspresi GLUT4 di otot. P-AMPK merupakan enzim yang berfungsi untuk menjaga metabolisme energi ketika terjadi fluktuasi glukosa dalam tubuh. Selain itu, Glut4 merupakan protein transporter yang membawa glukosa dari darah

menuju otot untuk disimpan.

F. Tepung Ikan Gabus

Ikan merupakan hewan vertebrata yang hidup di air dan mengandung tinggi nilai gizi. Salah satu ikan yang cukup populer di daerah Asia, khususnya Indonesia adalah ikan gabus (Arum, 2018). Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan ikan air tawar berukuran kecil, bentuk tubuh memanjang dengan kepala bersisik. Pada bagian punggung ikan gabus memiliki warna hijau kehitaman dan pada bagian perut memiliki warna krem atau putih (Mukti, 2017).

Ikan gabus sering dimanfaatkan dan dikaji dalam beberapa penelitian medis atau pangan fungsional karena kandungan proteinnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan air tawar lainnya. Kadar protein dalam 100 gram daging ikan gabus adalah 25.2 gram (Prastari, 2017). Selain itu, ikan gabus mengandung tinggi albumin yang sangat bermanfaat dalam proses penyembuhan luka pada pasien pasca operasi, pasien luka bakar, atau pasien hipoalbumin (Mustafa, 2012). Menurut Lono (2017), klasifikasi ikan gabus sebagai berikut:

Kingdom : *Animalia*
Filum : *Chordata*
Class : *Actinopterygii*
Ordo : *Perciformes*
Family : *Channidae*
Genus : *Channa*
Species : *Channa striata*

Selain itu, ikan gabus juga memiliki kandungan antioksidan dan antidiabetes. Hal ini berkaitan dengan kandungan asam amino pada ikan gabus, yaitu arginine dan leusin yang dapat membantu regulasi kadar glukosa darah. Kadar arginin dan leusin pada ikan gabus masing-masing adalah 360 mg/g dan 470 mg/g (Mustafa, 2012). Arginin akan meningkatkan pengeluaran energi dan sensitivitas insulin melalui peningkatan fungsi sel beta. Di sisi lain, leusin akan meningkatkan sekresi insulin sehingga dapat memperbaiki kontrol glukosa darah pada penderita DMT2 (Muhtadi, 2018). Kandungan antioksidan pada ikan gabus juga dapat menurunkan efek inflamasi pada kasus DMT2 (Soniya, 2020). Untuk memperpanjang umur simpan, mempermudah proses penanganan, dan meningkatkan luas permukaan, dilakukan proses penepungan ikan gabus menjadi tepung ikan. Tepung ikan juga dapat mempermudah proses pengolahan lebih lanjut untuk menghasilkan produk pangan fungsional yang bernilai gizi lebih tinggi (Prastari, 2017). Hasil analisis kandungan gizi daging dan tepung ikan gabus disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. 5 Kandungan Gizi Daging dan Tepung Ikan Gabus

Komponen	Daging	Tepung
Air (%bb)	75,52 ± 0,03	11,12 ± 0,02
Protein (%bb)	66,67 ± 0,58	66,08 ± 0,03
Abu (%bb)	15,40 ± 0,03	14,28 ± 0,01
Lemak (%bb)	6,06 ± 0,04	6,93 ± 0,03
Karbohidrat (%bb)	11,75 ± 0,56	12,69 ± 0,08

Sumber : Prastari, 2017

G. Tepung Wortel

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan jenis sayuran umbi yang berwarna kuning atau jingga. Wortel memiliki tinggi kandungan zat gizi yaitu kandungan antioksidan α -karoten, β -karoten dan likopen. Menurut Sianturi (2018), kandungan karotenoid pada wortel sebesar 5 -15 mg/100 g wortel dan sebagian besarnya adalah β -karoten dengan kandungan 2—10mg. Berdasarkan penelitian oleh Sianturi (2018), penambahan tepung wortel juga dapat meningkatkan kandungan vitamin C dan E yang merupakan agen antioksidan. Tepung wortel yang dihasilkan memiliki kandungan aktivitas antioksidan sebesar 18,8% (Sianturi, 2018). Kandungan antioksidan wortel memiliki efek kesehatan yang baik untuk melawan kerusakan karena radikal bebas dan melindungi tubuh dari stress oksidatif. Antioksidan juga dapat melindungi sel β pankreas dari radikal bebas sehingga dapat mempertahankan fungsi sekresi insulin agar tetap optimal (Bystricka, 2015).

Wortel berpotensi dalam menurunkan glukosa darah manusia. Kumar (2020) dalam penelitiannya yang meneliti efek antidiabetes pada tikus albino dan mendapatkan hasil bahwa terdapat peningkatan glukosa darah puasa pada tikus kontrol diabetes dibandingkan dengan tikus yang diberikan intervensi. Penelitian dari Pouraboli (2015) juga mendukung pernyataan tersebut yang mendapatkan hasil bahwa terjadi penurunan yang signifikan dari kadar trigliserida, kolesterol total, dan kolesterol LDL.

H. Diabetasol

Diabetasol adalah suatu produk siap saji berbentuk susu untuk mencukupi kebutuhan nutrisi penyandang diabetes memiliki rindeks glikemik sebesar 44,76. Diabetasol termasuk kedalam kelompok pangan yang indeks glikemiknya rendah (Eliana et al., 2018). Berikut adalah tabel kandungan gizi diabetasol:

Tabel 2. 6 Kandungan Gizi Diabetasol dalam 60 gram

Kandungan Gizi	Jumlah
Energi (kkal)	260,00
Lemak (kkal)	70,00
SFA (g)	7,00
MUFA (g)	3,50
PUFA (g)	2,50
Lemak trans (g)	0,00
Kolesterol (g)	0,00
Protein (g)	16,00
Karbohidrat total (g)	13,00
Inulin (g)	2,00
Natrium (mg)	5,00
Kalium (mg)	5,00
Vitamin E (mg)	10,00

Sumber : Kemasan Produk

Kandungan yang terdapat pada diabetasol yaitu isomaltulosa, disakarida (glukosa dan fruktosa) serta komponen tahan dekstrin dan inulin yang tidak hanya termasuk dalam polisakarida tetapi juga memiliki peran sebagai prebiotik (Eliana et al.,2018) Prebiotik menunjukkan efek kontrol terhadap indeks glikemik dengan mengurangi tingkat penyerapan glukosa dan mengontrol profil lipid dengan mengurangi jumlah trigliserida serum melalui penghambatan *glycerol- 3- phosphate acyltransferase* dan sintesis asam lemak serta enzim kunci di dalamsintesis lipid de novo (Longoria-gracia et al., 2016) Isomaltulosa memiliki indeks glikemik sebesar 32 sehingga tergolong pada kelompok karbohidrat dengan indeks glikemik rendah.

I. Pemorsian Formula Prototipe dan Komersial

Pada formula prototipe dan komersial dilakukan pemorsian agar jumlah formula yang disajikan kepada subjek setara dengan 50 g kandungan karbohidrat. Jumlah karbohidrat dapat dilakukan penyesuaian setara dengan setengah dari acuan tersebut sebesar 25 g. Rumus perhitungan jumlah porsi adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah porsi (g)} = \frac{25 \text{ g} \times 100}{\text{Available carbohydrate}}$$

J. Available Carbohydrate

Menurut FAO *available carbohydrate* adalah karbohidrat dalam makanan yang dapat dicerna, diserap masuk dalam metabolisme karbohidrat. Jenis ini sering dirujuk sebagai karbohidrat bersih (karbohidrat tersedia) atau karbohidrat glikemik. Karbohidrat glikemik disebut sebagai nilai monosakarida untuk perbandingan optimal antara karbohidrat (Augustin et al., 2015). Penentuan nilai *available carbohydrate* pada suatu makanan dapat dilakukan menggunakan beberapa cara. Menurut rumus Rimbawan (2004) yang dapat digunakan untuk menghitung *available carbohydrate* adalah

$$\begin{aligned} \text{Available carbohydrate} &= \text{Total Pati} \times 1,1 - \text{Pati Resisten} \times 1,1 \\ &+ \text{Total Disakarida} \times 1,05 + \text{Total Monosakarida} - \text{Serat} \end{aligned}$$

Namun, perhitungan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$\text{Available carbohydrate} = \text{carbohydrate by difference} - \text{serat pangan}$$

K. Prinsip dan Metode Pemeriksaan Indeks Glikemik

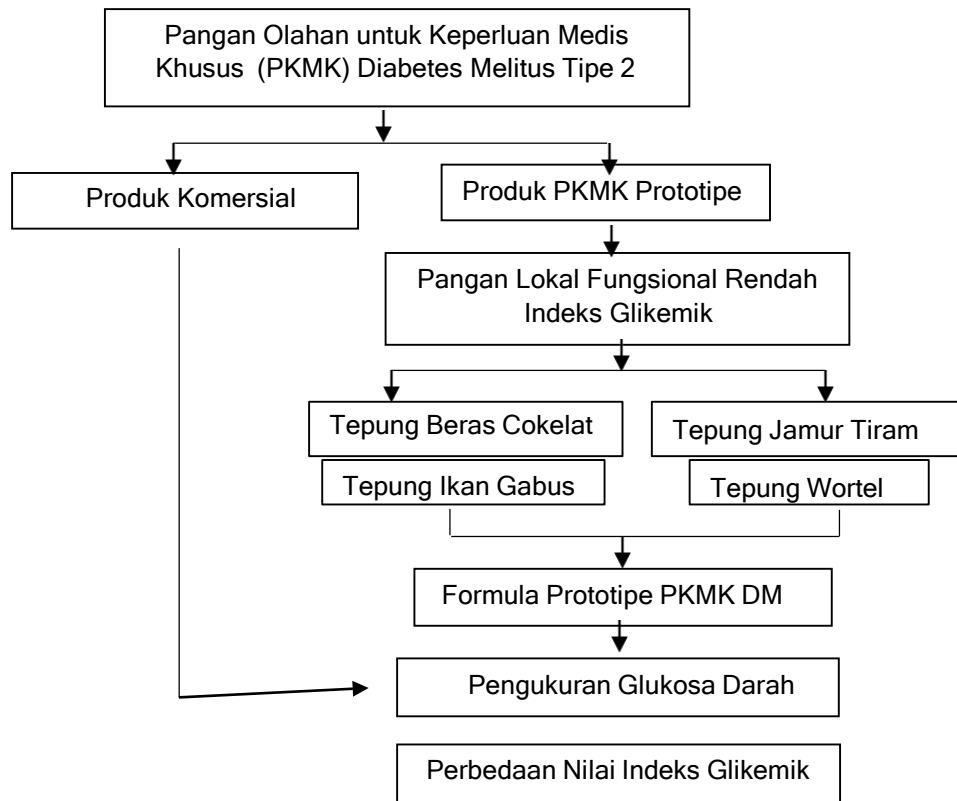
Metode pemeriksaan indeks glikemik yang langkah pertama harus dilakukan adalah menentukan jumlah subjek yang akan menjadi responden. Pemilihan subjek penelitian dapat disesuaikan dengan kriteria yang telah ditentukan. Subjek yang tersedia menjadi responden memiliki kriteria seperti IMT normal (18,5-22,9) standar WHO Asia atau (18,5-24) sesuai standar Kementerian Kesehatan (Lim et., 2017; P2PTM Kemenkes RI, 2018). Status IMT yang menunjukkan adanya obesitas atau overweight menjadi salah satu faktor penentu terhadap peningkatan glukosa darah yang dapat menyebabkan seseorang terkena diabetes melitus (Arif, Budiyanto and Hoerudin, 2013). Kriteria berikutnya yaitu subjek memiliki tekanan darah normal karena faktor risiko resistensi insulin pada diabetes melitus dapat timbul saat tekanan darah tinggi (Kumar and Mohammadnezhad, 2022).

Kriteria selanjutnya yaitu subjek tidak pernah terdiagnosis mengalami diabetes dan tidak memiliki riwayat diabetes mellitus dalam keluarga dengan pemeriksaan kadar glukosa darah puasa (GDP) normal yang didapatkan yaitu kurang dari 100 mg/dL (American Diabetes Association, 2014; WHO, 2021). Proses pengambilan data secara umum dimulai dengan enam responden yang telah memenuhi kriteria dan telah bersedia menjadi responden. Kemudian responden akan melakukan puasa selama 10 jam mulai pukul 22.00 sampai 08.00 WIB dan boleh hanya minum air putih saja. Sebelum konsumsi makanan (roti tawar putih) dilakukan pengambilan darah melalui *finger-prick* pertama kali untuk dijadikan nilai glukosa darah puasa (GDP).

Roti tawar putih menjadi pangan acuan yang diberikan dengan porsi setara 25 g *available carbohydrate*. Pengambilan sampel darah dilaksanakan pada menit ke 15, 30, 45, 60, 90, 120 setelah konsumsi asupan pertama (Brouns et al., 2005). Selang 2 hari langkah yang sama kembali dilakukan dengan memberikan formulasi 2 yang sudah dilarutkan dengan air dan dihabiskan selama 10 menit kemudian dilakukan pengambilan sampel darah pada menit ke 15, 30, 45, 60, 120. Kemudian selang 2 hari formula komersial diberikan dan dilakukan pengambilan sampel darah seperti sebelumnya. Pemberian pangan uji (formulasi prototipe atau komersial) setaradengan 25 g karbohidrat untuk menghindari bias dari setiap makanan yang diujikan (Aviantyand Ayustaningwarno, 2014).

Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan menggunakan alat glukometer *EasyTouch* GCU 3 in 1. Pengambilan sampel darah subjek penelitian dilakukan melalui pembuluh darah kapiler di ujung jari. Pengambilan darah melalui finger prick atau kapiler ujung jari sangat direkomendasikan karena mudah dilakukandan peningkatan glukosa darah lebih besar dibandingkan vena plasma serta hasil dari darah kapiler kurang beragam dibanding vena plasma. Sebagai pertimbangan perbedaan dalam respon glukosa darah diantara makanan, lebih besar dan lebih mudah untuk dideteksi secara statistik melalui glukosa darah kapiler (Ramdath, 2016). Pengambilan darah kapiler juga diyakini memiliki hasil yang jauh lebih sensitif (Brouns et al, 2005).

L. Kerangka Konsep



Gambar 2. 4 Kerangka Konsep

Perkembangan teknologi pada zaman sekarang banyak menciptakan inovasi baru dalam dunia pangan salah satunya yaitu Pangan Olahan Medis Khusus (PKMK) untuk penderita diabetes melitus. Pangan yang diciptakan berupa produk PKMK prototipe. Produk PKMK Prototipe diolah menggunakan pangan lokal fungsional yang rendah indeks glikemik. Contoh bahan-bahan yang rendah glikemik ialah beras cokelat, jamur tiram, ikan gabus dan wortel. Semua bahan-bahan tersebut dijadikan tepung dalam bentuk *meal replacement* untuk penderita diabetes mellitus. Subjek penelitian akan diminta untuk meminum formula produk prototipe PKMK dan formula produk komersial. Pengumpulan data dimulai dengan langkah pertama yaitu pengambilan darah responden pada glukosa darah puasa (GDP), lalu dilakukan pengambilan darah untuk indeks glikemik 2 jam atau *post-prandial* (GD2JPP). Selanjutnya glukosa darah yang telah didapatkan akan di rata-rata untuk mengetahui produk mana yang memiliki respon indeks glikemik rendah. Nilai glukosa darah yang telah diperoleh kemudian dihitung dan dicari kurva luas IAUC .

M. Hipotesis

Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara produk PKMK prototipeberbasis beras coklat dan jamur tiram dengan produk PKMK komersial.