

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Diabetes Mellitus Tipe 2

1. Pengertian Diabetes Mellitus Tipe 2

Diabetes mellitus tipe 2 merupakan salah satu jenis penyakit diabetes dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena sebab yang bervariasi, mulai dari yang karena dominan resistensi insulin disertai defisiensi insulin relative sampai dominan defek sekresi insulin disertai resistensi insulin (Perkeni, 2015; Skyler, dkk., 2017).

Pada DM tipe 2, pankreas relatif menghasilkan insulin tetapi insulin yang bekerja kurang sempurna disebabkan karena adanya resistensi insulin akibat kegemukan. Awalnya, resistensi insulin belum menyebabkan diabetes mellitus secara klinis. Sel beta pankreas masih dapat melakukan kompensasi bahkan sampai overkompensasi, insulin disekresi secara berlebihan sehingga terjadi kondisi hiperinsulinemia dengan tujuan normalisasi kadar glukosa darah. Mekanisme kompensasi yang terus menerus menyebabkan kelelahan sel beta pankreas yang disebut dekompensasi, yang mengakibatkan produksi resistensi insulin menurun secara absolut. Kondisi resistensi insulin diperberat oleh produksi insulin yang menurun akibatnya kadar glukosa darah semakin meningkat sehingga memenuhi kriteria diagnosis DM.

2. Etiologi Diabetes Mellitus Tipe 2

Diabetes mellitus tipe 2 merupakan tipe diabetes yang lebih umum dan memiliki jumlah penderita lebih banyak dibandingkan dengan diabetes mellitus tipe 1. Mekanisme yang tepat dalam menyebabkan resistensi insulin pada DM tipe 2 masih belum sepenuhnya jelas. Faktor genetik diperkirakan memiliki kontribusi yang cukup besar dalam proses terjadinya resistensi insulin.

Selain itu, terdapat pula faktor-faktor tertentu yang berhubungan dengan proses terjadinya DM tipe 2, antara lain:

- a. Usia, angka kejadian cenderung meningkat pada usia diatas 65 tahun.
- b. Obesitas, merupakan salah satu faktor pradisposisi utama (Sulistyowati, 2019). Hasil penelitian terhadap hewan coba menunjukkan adanya hubungan antara gen-gen yang bertanggung jawab terhadap obesitas dengan gen-gen yang merupakan faktor predisposisi DM tipe 2.
- c. Riwayat keluarga, menurut Perkeni (2015), seorang anak akan 15% lebih berisiko apabila salah satu dari orang tuanya adalah penderita DM dan 75% lebih berisiko apabila kedua orang tuanya menderita DM.

3. Patofisiologi Diabetes Mellitus Tipe 2

Secara garis besar, menurut Perkeni (2015) patogenesis DM tipe 2 disebabkan oleh delapan hal yang sering disebut *omnious octet*, yaitu sebagai berikut :

- a. Kegagalan sel beta pancreas
Pada saat diagnosis ditegakkan, fungsi sel beta penderita DM tipe 2 sudah sangat berkurang.
- b. Liver
Pada penderita DM tipe 2 terjadi resistensi insulin yang berat dan memicu glukoneogenesis sehingga produksi glukosa dalam keadaan basal oleh liver (HGP, *Hepatic Glucose Production*) meningkat.
- c. Otot
Pada penderita DM tipe 2 didapatkan gangguan kinerja insulin yang multipel di intramioselular, akibat gangguan fosforilasi tirosin sehingga timbul gangguan transport glukosa dalam sel otot, penurunan sintesis glikogen, dan penurunan oksidasi glukosa.
- d. Sel lemak
Sel lemak yang resisten terhadap efek antilipolisis dari insulin, menyebabkan peningkatan proses lipolysis dan kadar asam lemak bebas (FFA, *Free Fatty Acid*) dalam plasma. Peningkatan

ini akan merangsang proses gluconeogenesis yang berdampak pada terjadinya resistensi insulin di liver dan otot. FFA juga akan mengganggu sekresi insulin.

e. Usus

Glukosa yang ditelan memicu respon insulin jauh lebih besar dibanding jika diberikan secara intravena. Efek tersebut dikenal sebagai efek incretin, diperankan oleh 2 hormon GLP-1 (*glucagon-like polypeptide-1*) dan GIP (*glucose-dependent insulinotropic polypeptide* atau disebut juga *gastric inhibitory polypeptide*). Penderita DM tipe 2 mengalami defisiensi GLP-1 dan resisten terhadap GIP. Kerja incretin hanya beberapa menit saja, karena adanya enzim DPP-4 yang menyebabkan pemecahan incretin. Organ lain yang mempunyai peran dalam penyerapan karbohidrat adalah saluran pencernaan, yaitu melalui kinerja enzim alfa-glukosidase yang memecah polisakarida menjadi monosakarida yang kemudian diserap oleh usus dan mengakibatkan glukosa darah meningkat setelah makan.

f. Sel Alpha Pancreas

Sel- α pancreas berfungsi dalam sintesis glucagon yang dalam keadaan puasa kadarnya dalam plasma akan meningkat. Peningkatan ini menyebabkan HGP dalam keadaan basal meningkat secara signifikan dibanding individu yang normal.

g. Ginjal

Pada penderita DM terjadi peningkatan ekspresi gen SGLT-2 di ginjal.

h. Otak

Asupan makanan terjadi peningkatan sebagai akibat adanya resistensi insulin yang terjadi di otak.

4. Manifestasi Klinis Diabetes Mellitus Tipe 2

Manifestasi klinis DM tipe 2 menurut Sulistyowati (2019), berdasar patofisiologi yang terjadi dan dianggap sebagai gejala klasik adalah sebagai berikut.

- a. Penurunan berat badan. Berlangsung dalam waktu yang relatif singkat disebabkan oleh glukosa dalam darah tidak dapat masuk ke dalam sel. Hal ini menyebabkan sel kekurangan bahan dalam menghasilkan energi. Sehingga pembentukan energi diambil dari cadangan lain yaitu sel lemak dan otot. Akibatnya terjadi kehilangan jaringan lemak dan otot yang menyebabkan penderita sering kali mengalami penurunan berat badan.
- b. Poliuria, polidipsia dan polifagia (3P). Poliuria merupakan peningkatan frekuensi dan volume urin yang disebabkan oleh sifat higroskopis dari glukosa sehingga banyak mengikat cairan. Peningkatan frekuensi dan volume kencing yang umumnya terjadi pada malam hari (nokturia) akan sangat mengganggu penderita. Sedangkan polidipsia merupakan peningkatan kuantitas minum yang disebabkan oleh rasa haus sebagai akibat dari banyaknya cairan yang keluar melalui kencing. Umumnya disalahtafsirkan sebagai dampak dari udara yang panas atau beban kerja yang berat. Oleh sebab itu, untuk mengurangi dan menghilangkan rasa haus penderita minum banyak.
- c. Penglihatan kabur. Patogenesis yang mendasari terjadinya penglihatan kabur adalah peningkatan glukosa dan pembengkakan lensa mata. Hal ini mengakibatkan gangguan refraksi pada lensa dan menyebabkan kabur pada penglihatan.
- d. Infeksi kulit berulang. Kelainan kulit yang biasa terjadi pada penderita DM tipe 2 adalah tinea cruris (rangen) dapat parah, tinea pedis dengan *onychomycosis* dan kandidiasis. Kelainan kulit dapat berupa gatal-gatal yang biasanya terjadi di daerah kemaluan atau daerah lipatan kulit seperti ketiak dan di bawah payudara.

5. Penegakan Diagnosis Diabetes Mellitus Tipe 2

Menurut Perkeni (2015), Diabetes Melitus (DM) ditegakkan atas dasar pemeriksaan kadar glukosa darah. Diagnosis tidak dapat ditegakkan hanya atas dasar adanya glukosuria disertai tanda-tanda klasik dari DM berupa Poliuria, polydipsia, polifagia dan penurunan berat badan tanpa

diketahui penyebabnya. Pemeriksaan yang dianjurkan adalah pemeriksaan glukosa secara enzimatik dengan bahan plasma darah vena.

Tabel 1. Kriteria Diagnosis Diabetes Melitus

Kriteria (1)	Kadar Glukosa Darah (2)
Glukosa darah puasa Puasa adalah suatu kondisi tidak adanya asupan kalori minimal 8 jam	≥ 126 mg/dl (7.0 mmol/L)
Glukosa darah 2 jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) dengan beban glukosa 75 gram.	≥ 200 mg/dl (11.1 mmol/L)
Glukosa darah sewaktu dengan keluhan klasik.	≥ 200 mg/dl (11.1 mmol/L)
Pemeriksaan HbA1c dengan menggunakan metode yang terstandarisasi oleh <i>National Glycohaemoglobin Standarization Program</i> (NGSP)	≥ 6,5% (48 mmol/mol)

Sumber: ADA, 2017

Tabel 1. menunjukkan kriteria diagnosis dari Diabetes Melitus. Kadar gula darah puasa cenderung dapat memberikan gambaran tentang homeostatis gula darah secara keseluruhan sehingga dapat memprediksi kadar HbA1c lebih baik daripada kadar gula darah 2 jam postprandial pada pasien DM tipe 2. Sedangkan untuk pemantauan hasil pengobatan dapat dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan glukosa darah kapiler dengan glukometer (Perkeni, 2015).

Tabel 2. Kadar Gula Darah Sewaktu dan Kadar Gula Darah Puasa sebagai Tes Penyaring dan Diagnosa DM (mg/dL)

		Bukan DM	Belum Pasti DM	DM
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Glukosa Darah Sewaktu (mg/dL)	Plasma Vena	<100	100-199	≥200
	Darah Kapiler	<90	90-199	≥200
Glukosa Darah Puasa (mg/dL)	Plasma Vena	<100	100-125	≥126
	Darah Kapiler	<90	90-99	≥100

Sumber: Perkeni, 2015

Tabel 2. menunjukkan acuan kadar gula darah sewaktu (GDS) dan kadar gula darah puasa (GDP) sebagai tes penyaring. Bagi penderita yang tidak mempunyai gejala DM namun mempunyai faktor risiko dapat dilakukan tes penyaring dengan tujuan untuk mengetahui apabila ada DM, toleransi glukosa terganggu (TGT), gula darah puasa terganggu (GDPT) untuk diatasi lebih dini.

Prosedur yang digunakan dalam pemeriksaan glukosa darah puasa melalui pembuluh darah vena dan pasien sudah melakukan puasa 8-12 jam sebelum pemeriksaan. Makna klinis dari GDP ini yaitu jika nilainya ≥126 bisa digunakan untuk mengindikasikan adanya DM dan dapat pula digunakan untuk melihat masalah klinis pada penderita. Peningkatan GDP seperti pada penderita DM disebabkan karena diabetik asidosis, hipofungsi kelenjar adrenal, adanya infeksi dan faktor stress. Penyebab penurunan GDP meliputi reaksi hipoglikemik syok insulin, kanker abdomen, hiperinsulinemia, paru-paru, hepar, hipofungsi kelenjar adrenal, alkoholisme, sirosis hepatitis, malnutrisi, dan latihan fisik yang terlalu berat.

6. Penatalaksanaan Diabetes Mellitus Tipe 2

Secara umum tujuan penatalaksanaan DM adalah meningkatkan kualitas hidup dari penderita DM, sedangkan tujuan khusus penatalaksanaan meliputi tujuan jangka pendek, yaitu untuk menghilangkan keluhan-keluhan yang menyertai penyakit DM yang dialami oleh penderita serta mengurangi komplikasi akut yang terjadi sehingga dapat memperbaiki kualitas hidup. Adapun tujuan jangka panjang dari

penatalaksanaan ini adalah untuk mencegah dan menghambat progresivitas penyulit mikroangiopati maupun makroangiopati, sedangkan tujuan akhir dari penatalaksanaan tentunya untuk menurunkan angka morbiditas dan mortalitas DM (Sulistyowati, 2019).

Menurut Perkeni (2015), ada 4 pilar penatalaksanaan DM yaitu terapi non farmakologis (edukasi, terapi gizi medis dan aktivitas fisik) dan terapi farmakologis dengan obat anti hiperglikemia secara oral maupun suntikan. Empat pilar penatalaksanaan DM tersebut adalah sebagai berikut.

a. Edukasi

Edukasi merupakan bagian penting dalam pengelolaan diabetes melitus. Tujuan dari edukasi ini yaitu untuk memberi motivasi dan mempromosikan hidup sehat dalam upaya pencegahan dan pengelolaan DM secara holistik. Materi edukasi terdiri dari dua tingkatan yaitu tingkat awal yang dilaksanakan pada pelayanan kesehatan primer dan tingkat lanjutan yang dilaksanakan pada pelayanan kesehatan sekunder dan tersier.

b. Terapi Gizi Medis

Prinsip pada terapi gizi medis yaitu pengaturan pola makan sesuai dengan status gizi dan kebutuhan masing-masing individu. Tidak ada diet khusus untuk penderita DM tipe 2. Jumlah energi dan zat gizi yang dikonsumsi lebih penting dibandingkan dengan jenis bahan makanan atau makanan yang dikonsumsi sehingga penderita DM dapat makan bersama dengan menu keluarga.

c. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik atau latihan jasmani juga merupakan salah satu pilar penting yang direkomendasikan dalam pengelolaan DM. Tidak perlu latihan fisik yang berlebihan karena justru akan membahayakan. Latihan fisik dapat dilakukan dengan cara teratur 3-5 kali per minggu selama 30-45 menit/kali latihan. Latihan fisik telah memberikan bukti terhadap perbaikan kadar glukosa darah, menurunkan resiko penyakit jantung, berperan dalam penurunan berat badan dan pada akhirnya mampu meningkatkan kualitas hidup penderita.

d. Obat-Obatan dan atau Insulin

Terapi farmakologis atau pemberian obat dan atau insulin diberikan jika pengelolaan tanpa obat yaitu diet dan Latihan fisik belum memberikan hasil dalam pengendalian kadar glukosa darah penderita.

B. Konsep Indeks Glikemik

1. Sejarah Indeks Glikemik

Menurut hasil penelitian yang sudah dilakukan sejak tahun 80-an, menunjukkan bahwa kecepatan pencernaan karbohidrat di saluran pencernaan berpengaruh penting pada pemahaman peran karbohidrat pada kesehatan. Masing-masing jenis karbohidrat bekerja dengan cara yang berbeda. Indeks Glikemik (IG) memberi petunjuk kepada efek faali makanan (pangan) pada kadar gula darah dan respon insulin (Rimbawan & Siagian, 2004). Indeks glikemik memberikan cara yang lebih mudah dan efektif untuk mengendalikan fluktuasi glukosa darah. Dengan mengetahui efek karbohidrat terhadap kadar glukosa darah dan respon insulin, yaitu karbohidrat menurut IG-nya, maka dapat memilih jumlah dan jenis karbohidrat (pangan) yang tepat guna meningkatkan dan menjaga kesehatan.

Konsep mengenai IG dikembangkan pertama kali pada tahun 1981 oleh Dr. David Jenkins, seorang Professor Gizi pada Universitas Toronto, Kanada, untuk membantu menentukan pangan yang terbaik bagi penderita diabetes mellitus. Pada masa itu, diet bagi penderita DM didasarkan pada sistem porsi karbohidrat. Konsep ini menganggap bahwa semua pangan karbohidrat menghasilkan pengaruh yang sama pada kadar gula darah. Sementara Jenkins adalah salah seorang peneliti pertama yang mempertanyakan hal ini dan menyelidiki bagaimana sebenarnya pangan bekerja dalam tubuh.

Indeks glikemik pangan adalah tingkatan pangan menurut efeknya (*immediate effect*) terhadap kadar gula darah (Rimbawan & Siagian, 2004). Sebagai perbandingan, IG glukosa murni adalah 100. Indeks glikemik merupakan cara ilmiah untuk menentukan makanan bagi penderita DM, orang yang sedang menurunkan berat badan, dan olahragawan. IG

menggambarkan mengenai karbohidrat dan kaitannya dengan kadar gula darah. IG membolehkan penderita DM untuk memilih jenis karbohidrat yang tepat untuk mengendalikan gula darahnya, sehingga dapat dikontrol pada tingkat yang aman.

Makanan yang memiliki IG rendah membantu orang untuk mengendalikan rasa lapar, nafsu makan, dan kadar gula darah. IG membantu orang yang sedang menurunkan berat badan dengan memilih makanan yang cepat mengenyangkan dan tahan lama. IG juga membantu seorang atlet memilih makanan yang tepat untuk menunjang penampilan menurut jenis olahraga yang ditekuninya (Miller, Powel, & Colagiuri, 1996).

2. Cara Karbohidrat Bekerja

Pada taraf tertentu, darah mempertahankan kadar glukosa untuk fungsi otak dan sistem saraf pusat. Jaringan tersebut tidak dapat berfungsi baik tanpa glukosa. Untuk menjamin suplai glukosa terus-menerus, tubuh menyimpan cadangan glukosa di hati dan otot dalam bentuk glikogen. Apabila tubuh sudah menggunakan cadangan glukosa ini, maka tubuh akan memecah protein otot untuk mensintesis glukosa. Konsumsi karbohidrat yang rendah dapat mengakibatkan kehilangan jaringan otot, bukan lemak dan air. Konsumsi karbohidrat yang rendah tidak banyak membantu menurunkan berat badan karena simpanan lemak dalam tubuh tidak bisa dipecah menjadi glukosa.

Secara tradisional karbohidrat digolongkan menurut struktur kimianya (sederhana dan kompleks). Bentuk karbohidrat sederhana dan kompleks tidak menjelaskan secara memadai bagaimana prosesnya dalam tubuh. Hingga akhir tahun 90-an, secara luas diyakini bahwa karbohidrat kompleks—misalnya beras dan kentang—dicerna dan diserap dengan lambat sehingga menyebabkan sedikit peningkatan kadar gula darah.

Karbohidrat dalam pangan yang dipecah dengan cepat selama pencernaan memiliki IG tinggi. Dengan kata lain, glukosa dalam aliran darah meningkat dengan cepat. Sebaliknya, karbohidrat yang dipecah dengan lambat memiliki IG rendah, sehingga melepaskan glukosa ke dalam darah dengan lambat (Rimbawan & Siagian, 2004).

Tabel 3. Kategori Pangan Menurut Indeks Glikemik

Kategori Pangan	Rentang Indeks Glikemik*
(1)	(2)
IG rendah	<55
IG sedang (<i>intermediate</i>)	55-70
IG tinggi	>70

*Pangan acuan adalah glukosa murni

Sumber: Miller, et al., 1996

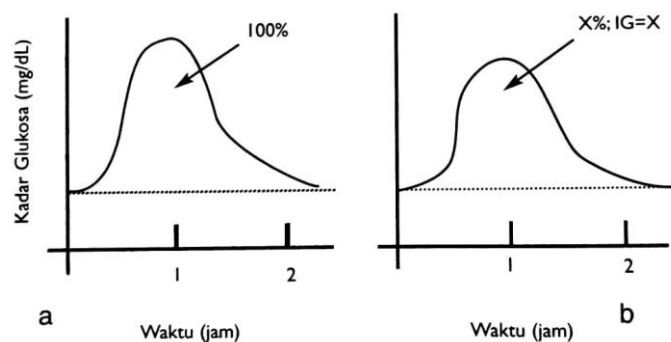
Tabel 3. menunjukkan kategori pangan menurut indeks glikemik. Pangan dengan IG rendah memiliki nilai <55, pangan dengan IG sedang memiliki nilai rentang 55-70, dan pangan dengan IG tinggi memiliki nilai >70.

3. Prosedur Penentuan Indeks Glikemik Pangan

Prosedur penentuan IG pangan adalah sebagai berikut (Miller, Powel, & Colagiuri, 1996).

- a. Pangan tunggal yang akan ditentukan IG-nya (mengandung 50 g karbohidrat) diberikan kepada relawan yang telah menjalani puasa penuh (kecuali air) selama semalam (sekitar pukul 20.00 sampai pukul 08.00 pagi besoknya). Sebagai contoh, untuk menentukan IG kentang rebus diperlukan 250 g kentang untuk menyediakan karbohidrat sebanyak 50 g (50 g karbohidrat setara dengan tiga sendok makan bubuk glukosa murni).
- b. Selama dua jam pasca-pemberian (atau tiga jam bila relawan menderita diabetes), sampel darah sebanyak 50 μL –*finger-prick capillary blood samples method*–diambil setiap 15 menit pada jam pertama, kemudian setiap 30 menit pada jam kedua untuk diukur kadar glukosanya.
- c. Pada waktu berlainan, hal yang sama dilakukan dengan memberikan 50 g glukosa murni (sebagai pangan acuan) kepada relawan. Hal ini dilakukan sebanyak dua kali (pada hari lain, minimal tiga hari setelah perlakuan pertama) dengan tujuan untuk mengurangi efek keragaman respon gula darah dari hari ke hari.

- d. Kadar gula darah (pada setiap waktu pengambilan sampel) ditebar pada dua sumbu, yaitu sumbu waktu dan kadar gula darah.
- e. Indeks glikemik kemudian ditentukan dengan membandingkan luas daerah di bawah kurva antara pangan yang diukur IG-nya dengan pangan acuan. Kurva pengukuran indeks glikemik terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Pengukuran Indeks Glikemik
(a) Pangan yang Diuji; (b) Pangan Acuan

4. Indeks Glikemik Pangan Campuran

Secara normal, makanan riil terdiri dari berbagai jenis pangan. IG pangan riil dapat diterapkan meskipun IG yang diperoleh berasal dari pengujian makanan tunggal. Para ilmuwan telah menemukan bahwa kenaikan kadar gula darah dapat diperkirakan dari makanan yang mengandung beberapa jenis pangan dengan IG berbeda. Oleh karena itu, kandungan karbohidrat total makanan dan sumbangan masing-masing pangan terhadap karbohidrat total harus diketahui. Data ini dapat diperoleh dari daftar komposisi bahan makanan. Indeks glikemik pangan campuran mencerminkan bobot karbohidrat dari tiap pangan penyusunnya.

Tabel 4. Perhitungan IG Pangan Campuran

Jenis Pangan	Kandungan KH (g)	% KH Total	IG	Sumbangan terhadap IG
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1 gelas susu (150 ml)	7	13,20	27	$13,20\% \times 27 = 3,56$

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5 keping biskuit (40 g)	32	60,37	69	$60,37\% \times 69 = 41,65$
1 potong papaya (140 g)	14	26,41	56	$26,41\% \times 56 = 14,79$
Total	53	100,00		IG campuran = 60

Sumber: Rimbawan & Siagian, 2004

IG pangan campuran berada diantara IG pangan tertinggi dan IG pangan terendah diantara komponen penyusun pangan tersebut. Dengan demikian, membuat menu makanan yang bervariasi juga berarti menurunkan IG pangan secara keseluruhan. Contoh penghitungan IG pangan campuran terdapat pada Tabel 4.

5. Indeks Glikemik Berbagai Bahan Makanan

Tabel 5. Indeks Glikemik Beras Pratanak

Perlakuan	Indeks Glikemik	Kategori
(1)	(2)	(3)
Beras sosoh	48,18	Rendah
Pratanak 0,8 kg/cm ²	44,88	Rendah
Pratanak 2,0 kg/cm ²	35,52	Rendah

Indeks glikemik nasi pratanak pada artikel Susilo, Hasbullah, & Sugiyono (2013) memiliki rata-rata sebesar 35,52 sampai dengan 48,18 pada Tabel 5. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan tekanan berpengaruh nyata terhadap indeks glikemik nasi. Pada perlakuan pratanak 0,8 kg/cm² menurunkan indeks glikemik dari 48,18 menjadi 44,88. Sedangkan pada perlakuan pratanak 2,0 kg/cm² menurunkan indeks glikemik dari 48,18 menjadi 35,52. Ketiga perlakuan termasuk dalam kategori indeks glikemik rendah.

Tabel 6. Indeks Glikemik Beras Panjang Asing dan Beras Ofada

Varietas Beras	Perlakuan	Indeks Glikemik	Kategori
(1)	(2)	(3)	(4)
Panjang Asing	Mentah	$48,40 \pm 3,67$	Rendah
	Matang	$49,00 \pm 4,03$	Rendah
Ofada	Mentah	$49,20 \pm 2,99$	Rendah
	Matang	$51,80 \pm 3,01$	Rendah

Tabel 6. menunjukkan indeks glikemik beras panjang asing dan beras ofada pada artikel Adedayo, et al. (2018). Beras panjang asing perlakuan mentah memiliki indeks glikemik sebesar $48,40 \pm 3,67$ dan perlakuan matang sebesar $49,00 \pm 4,03$. Sedangkan beras ofada perlakuan mentah memiliki indeks glikemik sebesar $49,20 \pm 2,99$ dan perlakuan matang sebesar $51,80 \pm 3,01$. Kedua perlakuan pada varietas beras termasuk dalam kategori indeks glikemik rendah.

Tabel 7. Indeks Glikemik Produk Mie

Perlakuan	Indeks Glikemik	Kategori
(1)	(2)	(3)
Rebus	$98,33 \pm 0,29$	Tinggi
Kukus	$95,55 \pm 0,11$	Tinggi
Pemanasan <i>microwave</i>	$86,93 \pm 0,86$	Tinggi
Tumis	$90,46 \pm 1,54$	Tinggi
Goreng	$86,18 \pm 0,75$	Tinggi

Tabel 7. menunjukkan indeks glikemik produk mie pada artikel Tian, et al. (2020). Mie dengan perlakuan rebus memiliki indeks glikemik sebesar $98,33 \pm 0,29$, perlakuan kukus sebesar $95,55 \pm 0,11$, perlakuan pemanasan *microwave* sebesar $86,93 \pm 0,86$, perlakuan tumis sebesar $90,46 \pm 1,54$, dan perlakuan goreng sebesar $86,18 \pm 0,75$. Kelima perlakuan pada produk mie termasuk dalam kategori indeks glikemik tinggi.

Tabel 8. Indeks Glikemik dan Beban Glikemik Produk Olahan Suweg

Jenis Pangan	Besaran Porsi (g)	Indeks Glikemik		Beban Glikemik	
		Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Suweg panggang	100	41,2	Rendah	16,3	Sedang
Suweg panggang + goreng	100	27,0	Rendah	14,0	Sedang
Suweg panggang + pendinginan	100	33,0	Rendah	15,3	Sedang

Tabel 8. menunjukkan indeks glikemik dan beban glikemik produk olahan suweg sebanyak 100 gram bahan pada artikel Nurdyansyah, dkk (2019). Suweg panggang memiliki indeks glikemik sebesar 41,2 dan beban glikemik sebesar 16,3; suweg panggang + goreng memiliki indeks glikemik

sebesar 27,0 dan beban glikemik sebesar 14,0; dan suweg panggang + pendinginan memiliki indeks glikemik sebesar 33 dan beban glikemik sebesar 15,3. Ketiga perlakuan termasuk kategori indeks glikemik rendah dan kategori beban glikemik sedang.

Tabel 9. Indeks Glikemik Produk Olahan Sukun

Produk Olahan	Besaran Porsi (g)	Nilai	Kategori
(1)	(2)	(3)	(4)
Sukun goreng	50	82	Tinggi
Sukun kukus	50	89	Tinggi
Sukun rebus	50	85	Tinggi
Kukis sukun	50	80	Tinggi

Tabel 9. menunjukkan indeks glikemik produk olahan sukun sebanyak 50 gram bahan pada artikel FKR, Rimbawan, dan Amalia (2011). Keempat perlakuan menunjukkan indeks glikemik kategori tinggi antara lain yaitu sukun goreng sebesar 82, sukun kukus 89, sukun rebus 85, dan kukis sukun 80. Hasil analisis ragam terhadap data indeks glikemik empat pangan perlakuan tersebut menunjukkan bahwa pengolahan sukun yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan respon glikemik.

Tabel 10. Indeks Glikemik Produk Olahan Jagung Manis

Perlakuan	Indeks Glikemik	Kategori
(1)	(2)	(3)
Jagung manis rebus	41,22	Rendah
Jagung manis tumis	31,088	Rendah
Jagung manis bakar	55,31	Sedang

Indeks glikemik jagung manis pada artikel Amalia, dkk, (2011) terdapat pada Tabel 10. Perlakuan jagung manis rebus memiliki indeks glikemik dengan kategori rendah yaitu sebesar 41,22. Perlakuan tumis juga memiliki indeks glikemik kategori rendah yaitu sebesar 31,088. Sedangkan perlakuan bakar memiliki indeks glikemik kategori sedang yaitu sebesar 55,31. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengolahan tidak mempengaruhi indeks glikemik.

Tabel 11. Indeks Glikemik Produk Olahan Gembili

Perlakuan	Indeks Glikemik	Kategori
(1)	(2)	(3)
Gembili rebus	85,56	Tinggi
Gembili kukus	87,56	Tinggi
Gembili goreng	83,61	Tinggi

Indeks glikemik gembili pada artikel Rimbawan dan Nurbayani (2013) terdapat pada Tabel 15. Ketiga perlakuan termasuk dalam kategori indeks glikemik tinggi. Perlakuan gembili rebus memiliki indeks glikemik sebesar 85,56. Perlakuan gembili kukus memiliki indeks glikemik paling tinggi yaitu sebesar 87,56. Sedangkan perlakuan bakar memiliki indeks glikemik sebesar 83,61. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengolahan tidak mempengaruhi indeks glikemik.

6. Beban Glikemik (*Glycemic Load*) Mencerminkan Beban Karbohidrat Aktual

Kecepatan peningkatan kadar gula darah berbeda untuk setiap jenis pangan. Oleh karena itu, dianjurkan untuk meningkatkan konsumsi pangan dengan IG rendah dan mengurangi konsumsi pangan dengan IG tinggi. Tujuannya adalah untuk mengurangi beban glikemik (*glycemic load*) pangan secara keseluruhan. Beban Glikemik (BG) bertujuan untuk menilai dampak konsumsi karbohidrat dengan memperhitungkan IG pangan. Beban glikemik memberikan informasi yang lebih lengkap mengenai pengaruh konsumsi pangan aktual terhadap peningkatan kadar gula darah.

Indeks glikemik hanya memberikan informasi mengenai kecepatan perubahan karbohidrat menjadi gula darah. IG tidak memberikan informasi mengenai banyaknya karbohidrat dan dampak pangan tertentu terhadap kadar gula darah. Untuk mengetahui jenis pangan yang baik bagi kesehatan (efek pangan terhadap kadar gula darah) maka kadar karbohidrat dan indeks glikemik pangan harus diketahui.

Kandungan karbohidrat berbeda dari pangan yang satu ke pangan yang lain. Kelemahan IG akan tampak apabila membandingkan kandungan karbohidrat pada pangan yang berbeda. Misalnya, IG kentang panggang

adalah 121 termasuk IG tinggi. Dengan demikian, menjadikan kentang sebagai pangan yang harus dihindari. Demikian juga wortel, pangan ini termasuk kategori pangan tinggi IG (IG=131). Namun tidak bijaksana menganjurkan orang untuk menjauhi wortel dan tidak mungkin orang mampu mengonsumsi 50 g karbohidrat dari wortel dalam sekali makan.

a. Cara menghitung beban glikemik

Beban Glikemik (BG) didefinisikan sebagai IG pangan dikalikan dengan kandungan karbohidrat pangan tersebut. Oleh karena itu, BG menggambarkan kualitas dan kuantitas karbohidrat dan interaksinya dalam pangan (Liu, et al., 2001). BG mengurutkan mutu pangan berdasarkan IG dan kandungan karbohidrat dalam pangan tersebut. BG dapat ditentukan dengan rumus berikut ini.

$$BG = IG \times CHO \dots (*)$$

Keterangan:

BG = beban glikemik

IG = indeks glikemik (%)

CHO = kandungan karbohidrat pangan

Dari persamaan (*) terlihat bahwa BG berbanding lurus dengan kandungan karbohidrat. Artinya semakin tinggi karbohidrat maka semakin besar pula BG pangan untuk IG yang sama. Setiap unit BG pangan mewakili 1 g karbohidrat dari pangan acuan (misalnya roti tawar). Sebagai contoh, BG dari ½ mangkok wortel (kandungan karbohidrat 8 g) adalah $8 \times 131\%$ atau 10,48.

b. Beban glikemik dan indeks glikemik menyeluruh

Telah disebutkan sebelumnya bahwa makanan riil terdiri dari beberapa jenis pangan. Indeks glikemik menyeluruh dapat memperhitungkan mutu keseluruhan karbohidrat yang dikonsumsi. Dengan mewakili setiap BG makanan per unit karbohidrat, angka ini menunjukkan kandungan karbohidrat per gram dan mewakili keseluruhan asupan karbohidrat pangan.

Perkiraan konsumsi karbohidrat menggunakan metode pencatatan frekuensi konsumsi pangan atau *food recall*. Rumus untuk menghitung IG menyeluruh adalah sebagai berikut.

$$\frac{\sum_{i=1}^n IG_i \times KHi \times fi}{\sum_{i=1}^n KHi \times fi}$$

Keterangan:

IG_i = IG pangan ke- i

KHi = kandungan karbohidrat pangan ke- i

fi = frekuensi konsumsi pangan ke- i per hari

IG menyeluruh dapat dipandang sebagai nilai IG rata-rata tertimbang dari pangan yang mengandung karbohidrat.

c. Kategori Pangan Menurut Beban Glikemik

Tabel 12. Kategori Pangan Menurut Beban Glikemik

Kategori Pangan (1)	Rentang Beban Glikemik (2)
Rendah	≤ 10
Sedang	11 – 19
Tinggi	≥ 20

Sumber: Nurdyansyah, dkk, 2019

Tabel 12. menunjukkan kategori pangan menurut beban glikemik. Pangan dengan kategori rendah memiliki nilai ≤ 10 , pangan dengan kategori sedang memiliki nilai rentang 11 – 19, dan pangan dengan kategori tinggi memiliki nilai ≥ 20 .

C. Teknik Pemasakan Bahan Makanan

Para ahli telah mempelajari faktor-faktor penyebab perbedaan IG antara pangan yang satu dengan pangan yang lain. Pengolahan dapat merubah struktur dan komposisi zat gizi penyusun pangan. Salah satu dampak perubahan struktur dan komposisi pangan ini adalah perubahan daya serap zat gizi. Semakin lambat karbohidrat diserap maka IG pangan semakin rendah. Varietas tanaman yang berbeda juga menyebabkan perbedaan pada IG.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi IG pangan adalah cara pengolahan (tingkat gelatinisasi pati dan teknik pemasakan), perbandingan amilosa dengan amilopektin, tingkat keasaman dan daya osmotik, kadar serat, kadar lemak dan protein, serta kadar anti-gizi pangan (Rimbawan & Siagian, 2004).

Pada zaman dahulu, nenek moyang hidup dengan mengonsumsi pangan berkarbohidrat tinggi dan berlemak rendah. Mereka mengonsumsi karbohidrat dalam bentuk kacang-kacangan, sayuran, dan sereal. Pengolahan pangan juga sederhana yaitu dengan cara ditumbuk dan dimasak (Miller, Powel, & Colagiuri, 1996). Dari hasil proses tersebut pangan dapat dicerna dan diserap dengan lambat. Akibatnya kadar gula darah naik secara perlahan.

Saat ini, metode pengolahan pangan menjadikan pangan tersedia dalam bentuk, ukuran, dan rasa yang lebih enak. Proses penggilingan menyebabkan struktur pangan menjadi halus sehingga pangan tersebut mudah dicerna dan diserap. Penyerapan yang cepat mengakibatkan timbulnya rasa lapar. Selain itu, berbagai rasa yang ditawarkan memungkinkan untuk mengonsumsinya dalam jumlah banyak (berlebihan).

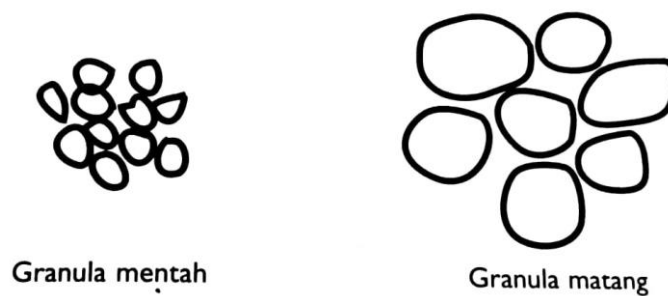
Salah satu dari metode pengolahan adalah teknik pemasakan. Pemasakan adalah suatu proses penerapan panas pada bahan makanan dari mentah menjadi makanan matang dengan tujuan tertentu (Minantyo, 2011). Pangan dengan jenis yang sama pun dapat memiliki IG berbeda apabila dimasak dengan cara yang berbeda.

Pangan yang mudah dicerna dan diserap dapat menaikkan kadar gula darah dengan cepat. Peningkatan kadar gula darah yang cepat ini memaksa pankreas untuk mensekresikan insulin lebih banyak. Dengan demikian, kadar gula darah yang tinggi juga dapat meningkatkan respon insulin.

1. Tingkat Gelatinisasi Pati

Pati dalam pangan mentah berada dalam bentuk granula (butiran kecil) yang tersusun rapat. Granula tersebut mengakibatkan pangan mentah sulit dicerna. Kebanyakan pangan berpati memerlukan proses pemasakan sebelum dikonsumsi. Selama dilakukan pemasakan, air dan panas mengakibatkan ukuran granula pati menjadi besar. Beberapa granula terpisah dari molekul pati. Apabila sebagian besar granula pati

telah mengembang maka pati tersebut dinyatakan tergelatinisasi penuh. Gambar 2. memperlihatkan perbedaan granula pati mentah dengan pati yang sudah mengalami pemasakan.



Gambar 2. Perbedaan Granula Pati Mentah dan Pati yang Sudah Dimasak

Pemanasan atau pemasakan adalah metode yang paling lazim digunakan untuk mengolah sereal. Dengan pemasakan ini, pati dapat tergelatinisasi sempurna. Namun meskipun pada tingkat gelatinisasi rendah, laju amilolisis meningkat pesat.

Granula yang mengembang dan molekul pati bebas ini sangat mudah dicerna karena enzim pencernaan pati dalam usus halus mendapatkan permukaan yang lebih luas untuk kontak dengan enzim. Reaksi yang cepat dari enzim tersebut menyebabkan peningkatan kadar gula darah yang cepat pula. Oleh karena itu, pangan yang mengandung pati tergelatinisasi penuh memiliki IG tinggi.

2. Macam-Macam Teknik Pemasakan Bahan Makanan

Proses memasak dibagi menjadi 3 kategori besar secara umum dan 1 yang merupakan proses memasak campuran yaitu sebagai berikut.

a. Pemasakan Panas Basah (*Moist Heat*)

Pemasakan panas basah adalah metode memasak makanan dengan bantuan cairan.

1) *Boiling* (merebus)

Merebus adalah mematangkan bahan makanan dalam cairan yang sedang mendidih (100°C) dengan tujuan agar

bahan makanan tersebut menjadi lunak. Ciri air mendidih yaitu cairan akan menggelembung besar dan memecah di atas permukaan. Cairan yang biasa dipakai yaitu air, *white stock*, *brown stock*, susu, santan, *fish stock*, dan *vegetable stock*.

- 2) *Simmering* (merebus di bawah titik didih dengan api kecil)
Simmering adalah merebus bahan makanan dalam cairan pada suhu 90°C sampai 95°C dengan perbandingan cairan dan bahan makanan 10:1.

Cara simmer bahan makanan ini, setelah cairan mendidih 100°C apinya dikecilkan hingga suhu berkisar 90°C-95°C. tujuannya untuk mengeluarkan zat ekstraktif pada bahan makanan.

- 3) *Poaching* (merebus di bawah titik didih 80°C-90°C)
Poaching adalah proses merebus dengan api yang sedikit kecil suhunya antara 80°C-90°C dan cairannya merupakan campuran dari air dan cuka dan bumbu lada, garam. Merebus dengan teknik ini memerlukan waktu yang lama.

- 4) *Stewing* (menggulai)
Menggulai adalah memasak bahan makanan yang lebih dahulu ditumis bumbunya (atau tidak ditumis bumbunya). Bahan yang telah dipotong-potong direbus dengan cairan yang berbumbu dengan api sedang dan sering diaduk-aduk. Pemakaian garam sebaiknya dimasukkan pada akhir proses menggulai.

- 5) *Steaming* (mengukus)
Steaming adalah memasak bahan makanan dengan uap air panas. Bahan makanan diletakkan di suatu tempat (*steamer*), lalu uap air disalurkan di sekeliling bahan makanan yang disteam/dikukus.

- 6) *Blanching* (blansir)
Blanching adalah memasak dengan cara memasukkan bahan makanan ke dalam cairan mendidih yang diberi bumbu (garam, lada, gula) dan dalam waktu yang singkat.

Makanan setelah diangkat langsung direndam dalam air dingin/air es. Teknik ini bisa juga dilakukan dalam minyak yang mendidih.

b. Pemasakan Panas Kering (*Dry Heat*)

Pemasakan panas kering adalah metode memasak makanan tanpa bantuan cairan.

1) *Baking* (mengepan)

Baking adalah memasak bahan makanan dalam oven dengan panas dari segala arah.

2) *Roasting*

Roasting adalah teknik memasak bahan makanan dengan cara memanggang, bahan makanan dalam bentuk besar di dalam oven.

3) *Grilling/Broilling* (membakar)

Grilling adalah memasak bahan makanan di atas lempengan besi panas (*griddle*) yang diletakkan di atas perapian. Suhu yang dibutuhkan sekitar 292°C. Panas ini biasanya dapat dari arang, batubara, elpiji atau alat elektrik lainnya. *Grilling* juga bisa dilakukan di atas bara api langsung dengan jeruji panggang atau alat bantu lain.

c. Pemasakan Panas dengan Minyak (*Oil Heat*)

1) *Sautening* (menumis)

Sautening adalah memasak bahan makanan dengan minyak sedikit sambil diaduk dan dilakukan secara cepat.

2) *Frying* (menggoreng)

Frying adalah memasak bahan makanan dengan minyak banyak hingga memperoleh hasil yang crispy atau kering dan berwarna kuning kecoklatan.

Teknik menggoreng dibedakan menjadi 2 yaitu *deep frying* dan *pan frying (shallow frying)*. *Deep frying* adalah teknik menggoreng bahan makanan dengan menggunakan minyak banyak. Alat penggorengan yang harus digunakan

berdasar tebal serta bahan makanan harus terendam dalam minyak seluruhnya. Sedangkan *pan frying* adalah menggoreng bahan makanan dengan minyak atau lemak yang hanya menutup/sama dengan permukaan bahan yang dimasak. Bahan makanan sebelum digoreng dapat dilapisi dengan tepung.

d. Pemasakan Panas Campuran (*Mix Heat*)

Teknik pemasakan panas campuran ini hanya dapat dilakukan di dalam oven yang mempunyai sistem yang dapat mencampur proses masak panas kering dan panas basah secara sistematis. Alat ini biasa disebut dengan *combi steamer*.

D. Indeks Glikemik dan Diabetes Mellitus Tipe 2

Penanganan menu makanan penderita diabetes mellitus pada umumnya lebih difokuskan pada porsi makanannya (terutama karbohidrat). Hal ini dikarenakan anggapan bahwa setiap karbohidrat, pada jumlah yang sama, memberikan efek yang sama pula terhadap peningkatan kadar gula darah. Penelitian terakhir menunjukkan bahwa karbohidrat yang berbeda akan memberikan efek yang berbeda pada kadar gula darah dan respon insulin, walaupun diberikan dalam jumlah (gram) yang sama (Rimbawan & Siagian, 2004). Pangan yang memiliki IG rendah pada penderita DM tipe 2 dewasa dapat memperbaiki pengendalian metabolik.

Peran kunci IG dalam penatalaksanaan makanan pada penderita diabetes mellitus adalah memberikan cara mudah untuk memilih makanan yang tidak menaikkan kadar gula darah secara drastis. Dengan dikembangkannya IG pangan tunggal, campuran, dan pangan olahan maka penderita DM secara mandiri dengan mudah dapat memilih makanan yang tidak cepat menaikkan kadar gula darah (makanan dengan IG rendah).

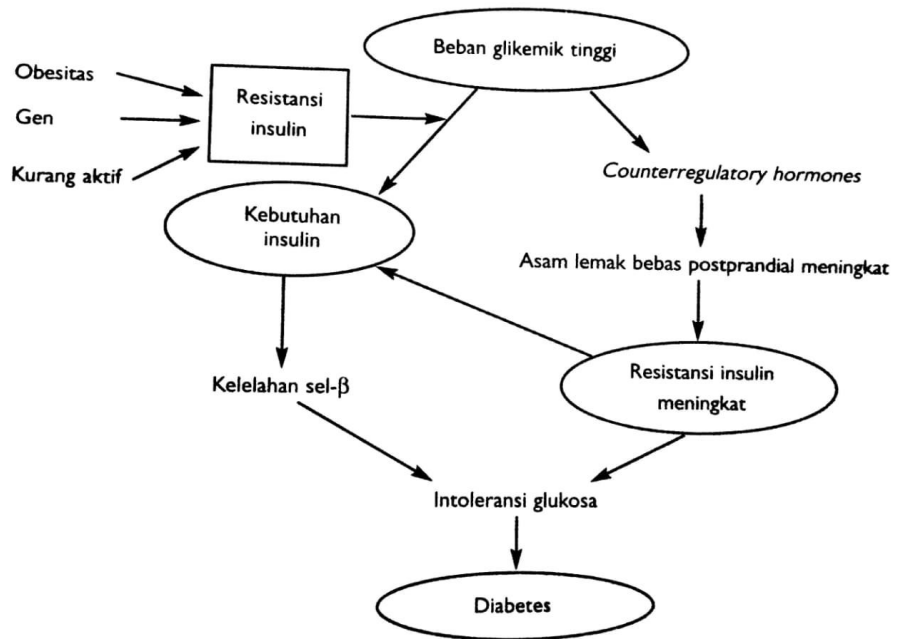
Memilih makanan dengan IG rendah, secara tidak langsung, juga berarti mengonsumsi makanan yang beraneka ragam. Hal ini akan meningkatkan mutu secara keseluruhan makanan yang dikonsumsi. Oleh karena itu, penatalaksanaan menu makanan dengan konsep IG juga mendukung upaya penganeekaragaman makanan.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, salah satu penyebab timbulnya DM tipe 2 adalah perubahan (kesalahan) pola makan. Konsumsi karbohidrat yang tinggi diduga sebagai penyebabnya. Konsep IG memperkuat sebagian dugaan tersebut. Peningkatan kadar gula darah yang cepat akan menaikkan kebutuhan insulin. Selama insulin dapat mengimbangi, peningkatan kadar gula darah jangka pendek tidak menjadi masalah. Namun, apabila peningkatan ini berlangsung lama, insulin tidak mampu lagi menjaga kadar gula darah pada taraf normal. Toleransi tubuh terhadap glukosa darah menurun dan akhirnya timbul DM tipe 2.

Pendekatan IG tidak hanya bermanfaat pada penanganan penderita diabetes, tetapi juga dapat mencegah diabetes dan komplikasi yang mungkin terjadi akibat menderita diabetes (Miller, Powel, & Colagiuri, 1996). Berbagai penelitian telah mengungkapkan kaitan antara IG pangan dengan kejadian diabetes. Dua mekanisme utama yang melaluinya adalah resistensi insulin dan kelelahan pankreatik akibat meningkatnya kebutuhan insulin (Willet, Manson, & Liu, 2002).

Pada penderita diabetes, fakta dari penelitian jangka menengah menunjukkan bahwa penggantian karbohidrat yang memiliki IG tinggi dengan pangan yang memiliki IG rendah akan memperbaiki pengendalian glikemik. Sementara pada kelompok yang memperoleh pengobatan dengan insulin akan menurunkan episode hipoglikemik.

Tujuan pokok pelaksanaan diet penderita diabetes adalah mengurangi hiperglikemia, mencegah episode hipoglikemia pada pasien yang mendapatkan pengobatan dengan insulin, dan mengurangi risiko komplikasi terutama penyakit kardiovaskuler (Willet, Manson, & Liu, 2002). Dari fakta diantara subjek non-diabetes diperoleh bahwa dengan mengonsumsi karbohidrat yang diserap secara lambat diperoleh puncak respon glukosa lebih rendah. Ini berarti karbohidrat yang memiliki IG rendah dapat memperlambat peningkatan kadar gula darah. Mekanisme peningkatan risiko diabetes oleh pangan yang memiliki IG dan beban glikemik tinggi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme Potensial Diet yang Memiliki Beban Glikemik Tinggi dapat Meningkatkan Risiko Diabetes Tipe 2