

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Diabetes Melitus

##### 1. Definisi

Diabetes melitus merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin atau kedua-duanya, dan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak dan protein. (WHO, 2019). Diabetes adalah penyakit kronis serius yang terjadi karena pankreas tidak menghasilkan cukup insulin (hormon yang mengatur gula darah atau glukosa), atau ketika tubuh tidak dapat secara efektif menggunakan insulin yang dihasilkannya (WHO Global Report, 2016).

Hiperglikemia jangka panjang mempengaruhi sistem pembuluh atau pembuluh darah kecil pada mata, ginjal, dan saraf yang dapat mengarah pada penyakit aterosklerosis (Bilous, 2014). Seseorang dikatakan menderita diabetes melitus apabila pemeriksaan glukosa darah puasa  $\geq 126$  mg/dl, pemeriksaan glukosa darah 2 jam postprandial  $\geq 200$  mg/dl, pemeriksaan glukosa darah sewaktu  $\geq 200$  mg/dl, dan pemeriksaan HbA1c  $\geq 6,5\%$  (konsensus PERKENI 2015).

##### 2. Klasifikasi

Klasifikasi etiologis Diabetes Melitus menurut American Diabetes Association 2016 (ADA 2016), dibagi dalam 4 jenis yaitu:

##### a. Diabetes Melitus Tipe 1 atau Insulin Dependent Diabetes Mellitus/IDDM

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

##### b. Diabetes Melitus Tipe 2 atau Insulin Non-dependent Diabetes Mellitus/NIDDM

Pada penderita DM tipe ini terjadi hiperinsulinemia tetapi insulin glukosa masuk ke dalam jaringan karena terjadi resistensi insulin

yang merupakan turunya kemampuan insulin untuk merangsang pengambilan glukosa oleh jaringan perifer dan untuk menghambat produksi glukosa oleh hati. Oleh karena terjadinya resistensi insulin (reseptor insulin sudah tidak aktif karena dianggap kadarnya masih tinggi dalam darah) akan mengakibatkan defisiensi relatif insulin. Hal tersebut dapat mengakibatkan berkurangnya sekresi insulin pada adanya glukosa bersama bahan sekresi insulin lain sehingga sel beta pankreas akan mengalami desensitisasi terhadap adanya glukosa. Onset DM tipe ini terjadi perlahan-lahan karena itu gejalanya asimtomatik. Adanya resistensi yang terjadi perlahan-lahan akan mengakibatkan sensitivitas reseptor akan glukosa berkurang. DM tipe ini sering terdiagnosis setelah terjadi komplikasi.

c. Diabetes Melitus Gestasional

DM tipe ini terjadi selama masa kehamilan, dimana intoleransi glukosa didapati pertama kali pada masa kehamilan, biasanya pada trimester kedua dan ketiga. DM gestasional berhubungan dengan meningkatnya komplikasi perinatal. Penderita DM gestasional memiliki risiko lebih besar untuk menderita DM yang menetap dalam jangka waktu 5-10 tahun setelah melahirkan.

d. Diabetes Melitus Tipe Lain

DM tipe ini terjadi karena etiologi lain, misalnya pada defek genetik fungsi sel beta, defek genetik kerja insulin, penyakit eksokrin pankreas, penyakit metabolik endokrin lain, iatrogenik, infeksi virus, penyakit autoimun dan kelainan genetik lain.

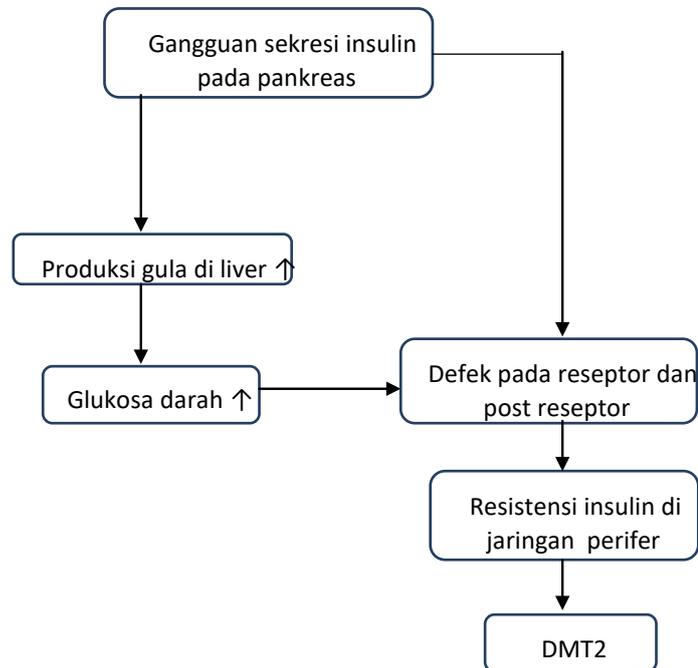
### **3. Patofisiologi Diabetes Melitus Tipe 2**

Pada diabetes melitus tipe 2 terdapat dua masalah yang berhubungan dengan insulin, yaitu resistensi insulin dan disfungsi sel beta pankreas. Resistensi insulin adalah adanya konsentrasi insulin yang lebih tinggi dari normal yang dibutuhkan untuk mempertahankan normoglikemia atau kadar glukosa darah normal. Pada orang normal insulin akan terikat dengan reseptor khusus pada permukaan sel, setelah itu akan terjadi suatu rangkaian reaksi dalam metabolisme glukosa di dalam sel. Resistensi insulin yang terjadi pada DM tipe II disertai dengan penurunan reaksi intrasel, yang berakibat insulin

menjadi tidak efektif untuk menstimulasi pengambilan glukosa oleh jaringan. Insulin tidak dapat bekerja secara optimal di sel otot, lemak, dan hati sehingga memaksa pankreas mengkompensasi untuk memproduksi insulin lebih banyak. Ketika produksi insulin oleh sel beta pankreas tidak adekuat guna mengkompensasi peningkatan resistensi insulin, maka kadar glukosa darah akan meningkat, pada saatnya akan terjadi hiperglikemia kronik. Hiperglikemia kronik pada diabetes melitus tipe 2 semakin merusak sel beta di satu sisi dan memperburuk resistensi insulin di sisi lain, sehingga penyakit diabetes melitus tipe 2 semakin progresif (Decroli, 2019).

Hiperglikemia kronik juga dapat memperburuk disfungsi sel beta pankreas. Pada kondisi normal, sel beta pankreas dapat memproduksi insulin secukupnya untuk mengkompensasi peningkatan resistensi insulin. Sedangkan saat kondisi DM tipe II sel beta pankreas tidak dapat memproduksi insulin yang adekuat untuk mengkompensasi peningkatan resistensi insulin, fungsi sel beta pankreas dapat menurun menjadi 50% dari fungsi normalnya. Sel beta pankreas yang terpajan dengan hiperglikemia akan memproduksi reactive oxygen species (ROS). Peningkatan ROS yang berlebihan akan menyebabkan kerusakan sel beta pankreas. Hiperglikemia kronik merupakan keadaan yang dapat menyebabkan berkurangnya sintesis dan sekresi insulin di satu sisi dan merusak sel beta secara gradual(Decroli, 2019).

Patofisiologi penyakit diabetes melitus tipe 2 dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 1 Patofisiologi Diabetes Melitus Tipe 2**

(Sumber : Ozougwu, dalam Prawitasari, 2019)

#### 4. Etiologi dan Faktor Risiko

##### A. Riwayat Diabetes Melitus Keluarga

Pada hasil penelitian Isnaini dan Ratnasari tahun 2018, orang yang memiliki riwayat DM pada keluarga berpeluang 10,938 kali lebih besar menderita Diabetes Mellitus tipe dua daripada orang yang tidak mempunyai riwayat DM pada keluarga karena risiko seseorang untuk menderita DM Tipe dua lebih besar jika orang tersebut mempunyai orang tua yang menderita DM tipe dua. Keluarga dalam penelitian tersebut hanya keluarga dekat seperti ibu ayah, dan saudara sekandung. Faktor genetik pada kasus DM bersumber dari keselarasan (concordance) DM yang itu bisa meningkat pada kondisi kembar monozigot, prevalensi kejadian DM yang tinggi pada anak-anak dari orang tua yang menderita diabetes, dan prevalensi kejadian DM yang tinggi pada kelompok etnis tertentu. DM tipe dua merupakan kelainan poligenik dan tidak memiliki hubungan yang jelas dengan gen human leucocytes antigen (HLA).

## B. Gaya hidup

Gaya hidup yang tidak sehat dapat menyebabkan obesitas yang merupakan faktor risiko utama pada diabetes melitus tipe 2. Banyak orang yang tidak memperhatikan kandungan zat gizi bahan makanan yang dikonsumsi serta tidak mempedulikan porsi makannya. Gaya hidup yang terjadi di masa sekarang ini semuanya serba instan. Semakin banyaknya orang yang malas melakukan sesuatu dan ingin mendapatkannya secara instan. Semakin banyaknya juga makanan fast food dan minuman tinggi kalori menjadikan orang tidak mengontrol pola makan sehat. Sedikit aktivitas sedikit pula energi yang dikeluarkan, semakin banyak makan makanan cepat saji dan minum minuman tinggi kalori semakin banyak energy yang masuk ke tubuh. Energi yang masuk lebih banyak daripada energi yang dikeluarkan dan energy yang tersisa di dalam tubuh disimpan menjadi lemak yang berlebih.

## C. Usia

Pada usia  $\geq 50$  tahun dapat meningkatkan kejadian DM tipe 2 karena penuaan menyebabkan menurunnya sensitivitas insulin dan menurunnya fungsi tubuh untuk metabolisme glukosa (Kurniawaty dan Yanita, 2016). Semakin bertambahnya usia menyebabkan perubahan metabolisme karbohidrat dan perubahan pelepasan insulin yang dipengaruhi oleh glukosa dalam darah dan terhambatnya pelepasan glukosa yang masuk ke dalam sel karena dipengaruhi oleh insulin. Jika dilihat dari umur responden saat pertama kali menderita DM maka dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya umur seseorang maka semakin besar kejadian DM tipe dua (Brunner and Suddarth, 2013). Faktor usia mempengaruhi penurunan pada semua sistem tubuh, tidak terkecuali sistem endokrin. Penambahan usia menyebabkan kondisi resistensi pada insulin yang berakibat tidak stabilnya level gula darah sehingga banyaknya kejadian DM salah satu diantaranya adalah karena faktor penambahan usia yang secara degenerative menyebabkan penurunan fungsi tubuh (Isnaini dan Ratnasari, 2018).

## D. Jenis Kelamin

Pada beberapa penelitian, prevalensi diabetes melitus pada perempuan lebih tinggi daripada laki-laki. Perempuan lebih

berisiko mengidap diabetes karena secara fisik perempuan memiliki peluang peningkatan indeks masa tubuh yang lebih besar. Sindroma siklus bulanan (premenstrual syndrome), pasca-menopause yang membuat distribusi lemak tubuh menjadi mudah terakumulasi akibat proses hormonal tersebut sehingga berisiko menderita diabetes mellitus tipe 2 (Irawan, 2010). Peningkatan dan penurunan kadar hormon estrogen yang dapat mempengaruhi kadar glukosa darah. Pada saat kadar hormon estrogen mengalami peningkatan maka tubuh menjadi resisten terhadap insulin (Brunner & Suddarth, 2014; Pelt & Beck, 2012)

#### E. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik seseorang berkontribusi 30-50% mengurangi perkembangan dari DM tipe 2. Aktivitas fisik dapat meningkatkan toleransi glukosa dalam darah dan mengurangi faktor risiko kejadian DM tipe 2 (Wu dkk, 2014:1194). Berolahraga dan beraktifitas secara fisik akan membantu untuk mengontrol berat badan. Dengan beraktifitas fisik akan dapat terjadi pembakaran gula darah menjadi energi serta sel tubuh akan lebih sensitif dan lebih banyak menghasilkan insulin. Dengan aktifitas juga akan menimbulkan lancarnya peredaran darah serta akan menurunkan kemungkinan terkena DM tipe dua turun sampai 50 persen. Aktifitas fisik dan olahraga rutin dapat mempengaruhi aksi insulin dalam metabolisme glukosa dan lemak pada otot rangka. Aktifitas fisik akan menstimulasi penggunaan insulin dan pemakaian glukosa dalam darah serta dapat meningkatkan kerja otot. Adaptasi fisiologis meliputi peningkatan pasokan kapiler ke otot skeletal, peningkatan aktifitas enzim dari rantai transpor elektron mitokondria, dan peningkatan secara bersamaan pada volume dan kepadatan mitokondria (Isnaini, 2018).

#### F. Pola Makan

Faktor diet terlebih lagi gaya hidup modern yang sering mengkonsumsi makanan siap saji saat ini mengakibatkan peningkatan terhadap pengaruh risiko munculnya penyakit diabetes melitus tipe-2, konsumsi minuman yang mengandung pemanis gula berlebihan juga berhubungan dengan peningkatan

risiko diabetes melitus tipe 2. pola makan yang tidak sehat menyebabkan gangguan metabolisme zat-zat makanan baik berupa karbohidrat, protein dan lemak yang menyebabkan penyakit diabetes melitus tipe II. (Frankilawati, 2014).

#### G. Status Gizi

Status gizi yang diklasifikasikan dari Indeks Massa Tubuh (IMT) dapat menjadi risiko diabetes melitus. Status gizi lebih (IMT >25) merupakan penyebab dari peningkatan Indeks masa tubuh yang dipengaruhi oleh faktor gaya hidup seperti kelebihan berat badan atau tidak berolahraga sangat terkait dengan perkembangan diabetes tipe dua dan adanya pengaruh indeks massa tubuh terhadap diabetes mellitus ini bisa disebabkan oleh kurangnya aktifitas fisik serta tingginya konsumsi protein, karbohidrat dan lemak yang merupakan faktor risiko dari obesitas. Kondisi tersebut dapat menyebabkan meningkatnya asam lemak atau Free Fatty Acid (FFA) dalam sel. Peningkatan FFA ini akan menyebabkan menurunnya pengambilan glukosa kedalam membran plasma, dan akan menyebabkan terjadinya resistensi insulin pada jaringan otot dan adipose (Isnaini, 2018).

### 5. Tanda dan Gejala

Tanda dan gejala diabetes melitus dibedakan menjadi dua yaitu gejala akut dan kronik.

Gejala akut diabetes melitus yaitu:

- Poliphagia (banyak makan)
- Polidipsia (banyak minum),
- Poliuria (banyak kencing/sering kencing di malam hari),
- Nafsu makan bertambah namun berat badan turun dengan cepat (5-10 kg dalam waktu 2-4 minggu),
- Mudah lelah.

Gejala kronik diabetes melitus yaitu :

- Kesemutan,
- Kulit terasa panas atau seperti tertusuk tusuk jarum,
- Rasa kebas di kulit,
- Kram,
- Kelelahan,
- Mudah mengantuk,
- Pandangan mulai kabur,
- Gigi mudah goyah dan mudah lepas,
- Kemampuan seksual menurun bahkan pada pria bisa terjadi impotensi,
- Pada ibu hamil sering terjadi keguguran atau kematian janin dalam kandungan atau dengan bayi berat lahir lebih dari 4kg.

## **6. Diagnosis**

Diagnosis DM ditegakkan atas dasar pemeriksaan kadar glukosa darah. Pemeriksaan glukosa darah yang dianjurkan adalah pemeriksaan glukosa secara enzimatik dengan bahan plasma darah vena. Pemantauan hasil pengobatan dapat dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan glukosa darah kapiler dengan glukometer (PERKENI, 2015). Diagnosis diabetes melitus juga bisa dari kecurigaan gejala umum diabetes melitus seperti poliuria, poliphagia, polidipsia, serta nafsu makan yang bertambah namun berat badan malah menurun dalam waktu singkat.

**Tabel 1 Kadar Tes Laboratorium Darah Untuk Diagnosis Diabetes**

	<b>HbA1c (%)</b>	<b>Glukosa darah puasa (mg/dL)</b>	<b>Glukosa plasma 2 jam setelah TTGO (mg/dL)</b>
<b>Diabetes</b>	≥6,5	≥126	≥200
<b>Prediabetes</b>	5,7-6,4	100-125	140-199
<b>Normal</b>	<5,7	<100	<140

Sumber : PERKENI, 2015

Cara pelaksanaan Tes Toleransi Glukosa Oral atau TTGO (menurut WHO, 1994):

1. Tiga hari sebelum pemeriksaan, pasien tetap makan (dengan karbohidrat yang cukup) dan melakukan kegiatan jasmani seperti kebiasaan sehari-hari.
2. Berpuasa paling sedikit 8 jam (mulai malam hari) sebelum pemeriksaan, minum air putih tanpa glukosa tetap diperbolehkan .
3. Dilakukan pemeriksaan kadar glukosa darah puasa.
4. Diberikan glukosa 75 gram (orang dewasa), atau 1,75 gram/kgBB (anakanak), dilarutkan dalam air 250 mL dan diminum dalam waktu 5 menit.
5. Berpuasa kembali sampai pengambilan sampel darah untuk pemeriksaan 2 jam setelah minum larutan glukosa selesai.
6. Dilakukan pemeriksaan kadar glukosa darah 2 (dua) jam sesudah beban glukosa.
7. Selama proses pemeriksaan, subjek yang diperiksa tetap istirahat dan tidak merokok.

## **7. Penatalaksanaan Diabetes Melitus**

Dalam mengobati pasien diabetes melitus dibutuhkan penatalaksanaan diabetes melitus. Tujuan penatalaksanaan diabetes melitus meliputi tujuan jangka pendek, jangka panjang, dan tujuan akhir. Adapun tujuan penatalaksanaan diabetes melitus yaitu :

- Tujuan jangka pendek : untuk menghilangkan keluhan DM, memperbaiki kualitas hidup, dan mengurangi risiko komplikasi akut
- Tujuan jangka panjang : mencegah dan menghambat komplikasi makrovaskuler dan mikrovaskuler
- Tujuan akhir : turunnya morbiditas dan mortalitas akibat penyakit diabetes melitus.

Untuk mencapai tujuan diatas, maka diperlukan penatalaksanaan mulai dini dan lebih cepat agar kadar glukosa darah, berat badan, profil lemak, dan tekanan darah dapat dikendalikan sehingga tidak menimbulkan komplikasi penyakit lainnya. Terdapat empat pilar penatalaksanaan diabetes melitus yang meliputi :

#### A. Terapi Gizi

Pada penatalaksanaan diabetes melitus terapi gizi (diet diabetes melitus) memegang peranan penting dalam mengontrol asupan makanan serta zat gizi yang nantinya akan berhubungan dengan kadar glukosa darah. Terapi gizi dilakukan untuk memberikan penekanan mengenai pentingnya keteraturan jadwal makan, jenis bahan makanan yang dikonsumsi, dan jumlah asupan zat gizi seimbang yang sesuai dengan kebutuhan. Tujuan terapi gizi yaitu agar kerja insulin dan kadar glukosa darah menjadi normal sehingga meminimalisir penggunaan terapi obat-obatan. Diet diabetes melitus yang sering digunakan yaitu diet dm dari Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PERKENI) tahun 2015. Pada prinsip pengaturan makan pada pasien diabetes melitus umumnya hampir sama dengan anjuran makan masyarakat umum yang bergizi seimbang dan sesuai kebutuhan. Namun, untuk pasien diabetes melitus diperlukan perhatian khusus dalam pengaturan dan keteraturan jadwal makan, jenis bahan makanan, dan jumlah energi dan zat gizi yang dikonsumsi. Adapun komposisi zat gizi yang dianjurkan menurut PERKENI tahun 2015 yaitu :

a. Tujuan diet

Tujuan diet diabetes melitus yaitu membantu pasien memperbaiki kebiasaan makan untuk mendapatkan kontrol metabolik yang lebih baik dengan cara :

- 1) Memberikan cukup energi untuk mempertahankan atau mencapai berat badan normal dan status gizi normal
- 2) Mempertahankan kadar glukosa darah agar mendekati normal dengan menyeimbangkan asupan makanan dengan insulin dengan obat penurun glukosa oral dan aktivitas fisik
- 3) Mencapai dan mempertahankan kadar lipida serum normal
- 4) Menghindari atau menangani komplikasi akut dan komplikasi jangka pendek pada pasien
- 5) Meningkatkan derajat kesehatan secara keseluruhan melalui pemenuhan gizi seimbang dan optimal.

b. Perhitungan Kebutuhan Energi

Untuk menentukan jumlah energi total yang dibutuhkan pasien diabetes melitus dilakukan dengan memperhitungkan kebutuhan kalori basal yaitu 25-30 kkal/kg BB ideal. Perhitungan berat badan ideal (BBI) didapat dengan melalui rumus Broca Modifikasi yaitu:

$$\text{BBI} = 90\% \times (\text{Tinggi Badan (dalam cm)} - 100) \times 1 \text{ kg}$$

Bagi laki-laki dibawah 160 cm dan wanita dibawah 150 cm, rumus dimodifikasi menjadi:

$$\text{BBI} = (\text{Tinggi Badan (dalam cm)} - 100) \times 1 \text{ kg}$$

Selain itu faktor-faktor lain yang menentukan kebutuhan energi yaitu:

a) Jenis kelamin

Kebutuhan energi basal perhari untuk perempuan yaitu sebesar 25 kkal/kgBB sedangkan untuk laki-laki yaitu 30 kkal/kgBB.

b) Umur

- Penderita diabetes melitus diatas 40 tahun, kebutuhan kalori dikurangi 5% untuk setiap dekade antara 40-59 tahun.
- Pasien usia diantara 60-69 tahun dikurangi sebanyak 10%.
- Dan pasien usia diatas 70 tahun dikurangi sebanyak 20%.

c) Aktifitas fisik

Penambahan kebutuhan energi ditentukan oleh intensitas aktifitas fisik, yaitu:

- Penambahan sebanyak 10% pada saat istirahat
- Penambahan sebanyak 20% untuk pasien dengan aktifitas ringan.
- Penambahan sebanyak 30% untuk pasien dengan aktifitas sedang.
- Penambahan sebanyak 40% untuk pasien dengan aktifitas berat.

d) Stress metabolic

Penambahan energi untuk stress metabolic yaitu sebanyak 10-30% tergantung dari beratnya stress metabolik yang dialami (Perkeni, 2015).

c. Komposisi Zat Gizi

a. Karbohidrat

- a) Karbohidrat yang dianjurkan sebesar 45-65% total asupan energi. Terutama karbohidrat yang berserat tinggi.
- b) Pembatasan karbohidrat total <130 g/hari tidak dianjurkan.
- c) Glukosa dalam bumbu diperbolehkan sehingga penyandang diabetes dapat makan sama dengan makanan keluarga yang lain.
- d) Sukrosa tidak boleh lebih dari 5% total asupan energi.

- e) Pemanis alternatif dapat digunakan sebagai pengganti glukosa, asal tidak melebihi batas aman konsumsi harian (Accepted Daily Intake/ADI).
- f) Dianjurkan makan tiga kali sehari dan bila perlu dapat diberikan makanan selingan seperti buah atau makanan lain sebagai bagian dari kebutuhan kalori sehari.

b. Lemak

- Asupan lemak dianjurkan sekitar 20- 25% kebutuhan kalori, dan tidak diperkenankan melebihi 30% total asupan energi.
- Komposisi yang dianjurkan:
  - lemak jenuh < 7 % kebutuhan kalori.
  - lemak tidak jenuh ganda < 10 %.
  - selebihnya dari lemak tidak jenuh tunggal.
- Bahan makanan yang perlu dibatasi adalah yang banyak mengandung lemak jenuh dan lemak trans antara lain: daging berlemak dan susu fullcream.
- Konsumsi kolesterol dianjurkan < 200 mg/hari.

c. Protein

- Kebutuhan protein sebesar 10 – 20% total asupan energi.
- Sumber protein yang baik adalah ikan, udang, cumi, daging tanpa lemak, ayam tanpa kulit, produk susu rendah lemak, kacang-kacangan, tahu dan tempe.
- Pada pasien dengan nefropati diabetik perlu penurunan asupan protein menjadi 0,8 g/kg BB perhari atau 10% dari kebutuhan energi, dengan 65% diantaranya bernilai biologik tinggi. Kecuali pada penderita DM yang sudah menjalani hemodialisis asupan protein menjadi 1-1,2 g/kg BB perhari.

d. Natrium

- Anjuran asupan natrium untuk penyandang DM sama dengan orang sehat yaitu <2300 mg perhari(B).
- Penyandang DM yang juga menderita hipertensi perlu dilakukan pengurangan natrium secara individual(B).
- Sumber natrium antara lain adalah garam dapur, vetsin, soda, dan bahan pengawet seperti natrium benzoat dan natrium nitrit.

e. Serat

- Penyandang DM dianjurkan mengonsumsi serat dari kacang-kacangan, buah dan sayuran serta sumber karbohidrat yang tinggi serat.
- Anjuran konsumsi serat adalah 20-35 gram/hari yang berasal dari berbagai sumber bahan makanan.

f. Pemanis Alternatif

- Pemanis alternatif aman digunakan sepanjang tidak melebihi batas aman (Accepted Daily Intake/ADI).
- Pemanis alternatif dikelompokkan menjadi pemanis berkalori dan pemanis tak berkalori.
- Pemanis berkalori perlu diperhitungkan kandungan kalorinya sebagai bagian dari kebutuhan kalori, seperti glukosa alkohol dan fruktosa.
- Glukosa alkohol antara lain isomalt, lactitol, maltitol, mannitol, sorbitol dan xylitol.
- Fruktosa tidak dianjurkan digunakan pada penyandang DM karena dapat meningkatkan kadar LDL, namun tidak ada alasan menghindari makanan seperti buah dan sayuran yang mengandung fruktosa alami.
- Pemanis tak berkalori termasuk: aspartam, sakarin, acesulfame potassium, sukralose, neotame.

g. Vitamin C

- Anjuran vitamin C yaitu 100 mg per hari (Askandar, 2002).
- Apabila asupan dari makanan cukup, penambahan vitamin dalam bentuk suplemen tidak diperlukan.

- Sumber vitamin C yang baik sebagian besar dari buah-buahan dan sayuran seperti : jeruk, nanas, jambu, pisang, apel, bayam, brokoli, dan kubis.

d. Prinsip diet

Prinsip yang digunakan dalam diet diabetes melitus yaitu prinsip tepat 3J, yaitu :

a) Tepat jumlah

Prinsip jumlah makanan yang dianjurkan pada penderita diabetes melitus adalah makan dengan porsi kecil namun sering. Tujuan makan dengan porsi kecil namun sering yaitu agar jumlah Jumlah porsi makanan pada penderita diabetes melitus harus diperhatikan dan harus sesuai kebutuhan serta bergizi seimbang. Kebutuhan energi pada penderita diabetes melitus dapat dihitung dengan memperhitungkan kebutuhan energi basal yang besarnya 25-30 kkal/kg BBI(berat badan ideal).

b) Tepat jadwal

Menurut Tjokroprawiro (2012) diet harus diikuti dengan intervalnya yaitu tiga jam. Penderita diabetes melitus hendaknya mematuhi waktu makan sesuai jadwal secara teratur dan tetap agar reaksi insulin selaras dengan datangnya makanan dalam tubuh. Makanan selingan atau snack diperlukan untuk mencegah terjadinya hipoglikemia (turunnya kadar gula darah). Pemberian jadwal diet diabetes melitus diberikan tiga kali makanan utama dan tiga kali makanan selingan (snack) dengan jarak antara tiga jam yang dapat dilihat sebagai berikut :

- Makan pagi pukul 06.30
- Snack pagi/buah pukul 09.30
- Makan siang pukul 12.30
- Snack siang pukul 15.30
- Makan malam pukul 18.30
- Snack malam pukul 21.30

c) Tepat jenis

Yang dimaksud dengan tepat jenis yaitu pemilihan jenis bahan makanan yang tidak menyebabkan kadar glukosa darah naik. Penderita diabetes melitus harus mengetahui dan memahami jenis bahan makanan yang boleh dikonsumsi secara bebas, makanan yang harus dibatasi, dan makanan yang harus dihindari. Jenis bahan makanan yang dianjurkan untuk penderita diabetes melitus yaitu yang kaya akan serat seperti sayuran dan buah-buahan. Indeks glikemik dalam bahan makanan juga harus diperhatikan. Bahan makanan yang mempunyai indeks glikemik tinggi mengalami proses pencernaan yang cepat. Laju pengosongan perut, pencernaan karbohidrat, dan penyerapan glukosa yang berlangsung cepat sehingga fluktuasi kadar glukosa darah menjadi tinggi (Arif dkk, 2013).

Ada beberapa bahan makanan yang dianjurkan dan tidak dianjurkan atau dibatasi bagi penderita diabetes melitus menurut Sunita Almatsier (2004) dalam buku Penuntun Diet yaitu :

ii. Jenis bahan makanan yang dianjurkan :

- Sumber karbohidrat kompleks seperti : nasi, roti, kentang, ubi, singkong, dan sagu
- Sumber protein rendah lemak seperti ikan, ayam tanpa kulitnya, susu skim, tempe, tahu dan kacang-kacangan.
- Sumber lemak dalam jumlah terbatas yaitu bentuk makanan yang mudah dicerna. Makanan terutama mudah diolah dengan cara dipanggang, dikukus, disetup, direbus dan dibakar.

iii. Jenis bahan makanan yang tidak dianjurkan :

- Mengandung banyak gula sederhana, seperti gula pasir, gula jawa, sirup, jelly, buah-buahan yang diawetkan, susu kental manis, soft drink, es krim, kue-kue manis, dodol, cake dan tarcis.

- Mengandung banyak lemak seperti cake, makanan siap saji (fastfood), goreng-gorengan.
- Mengandung banyak natrium seperti ikan asin, telur asin dan makanan yang diawetkan

#### B. Latihan Jasmani

Kegiatan yang dilakukan sehari-hari berbeda dengan latihan jasmani. Latihan jasmani merupakan salah satu pilar yang sangat penting untuk penatalaksanaan diabetes melitus. Latihan jasmani dilakukan untuk menjaga kebugaran tubuh, selain itu juga dapat menurunkan berat badan serta memperbaiki sensitivitas insulin, sehingga akan memperbaiki kendali glukosa darah dalam tubuh (PERKENI, 2015). Latihan jasmani yang dianjurkan bagi penderita diabetes melitus yaitu jogging, jalan cepat, berenang, dan bersepeda yang baiknya dilakukan secara teratur sebanyak 3-5 kali perminggu selama 30-45 menit. Hal yang perlu diperhatikan saat akan melakukan latihan jasmani yaitu melakukan pemeriksaan kadar glukosa darah, apabila kadar glukosa darah <100mg/dL pasien harus mengkonsumsi karbohidrat dahulu sedangkan apabila kadar glukosa darah >250 mg/dL maka diharuskan untuk menunda latihan jasmani sampai kadar glukosa darah menurun. Latihan jasmani sebaiknya dilakukan sesuai umur dan status kesehatan jasmani, apabila penderita sehat dan mampu melakukan latihan jasmani maka perlu ditingkatkan, namun apabila memiliki komplikasi sebaiknya latihan dapat dikurangi sesuai kemampuan.

#### C. Edukasi

Pemberian edukasi sangat penting perlu dilakukan sebagai upaya pencegahan diabetes melitus. Tujuan utama pemberian edukasi sebagai salah satu cara perubahan perilaku untuk menerapkan pola hidup sehat. Keberhasilan perubahan perilaku membutuhkan edukasi dan pendampingan dari tenaga kesehatan agar menunjukkan hasil yang optimal. Adapun materi edukasi yang diberikan dimuali dari perjalanan penyakit diabetes melitus, penulis DM dan risikonya, intervensi farmakologis dan non-farmakologis diabetes melitus, pola makan yang sesuai gizi

seimbang dan sesuai prinsip diet DM, interaksi antara asupan makanan, aktivitas fisik, insulin, dan obat-obatan di dalam tubuh, cara pemantauan kadar glukosa darah mandiri serta cara yang benar untuk memeriksa kadar glukosa darah secara mandiri, pentingnya perawatan kaki dan juga aktivitas fisik (PERKENI, 2015). Selain diberikan edukasi sebaiknya juga diberikan motivasi agar pasien lebih menyadari tentang diabetes melitus dan juga manfaat dari pola hidup sehat.

#### D. Terapi Farmakologis

Selain penatalaksanaan diabetes melitus dari pengaturan diet dan latihan jasmani, diperlukan terapi obat-obatan untuk mengontrol kadar glukosa darah. Terapi farmakologis terdiri dari pemberian obat oral dan bentuk suntikan. Obat yang diberikan biasanya termasuk obat antihiperqlikemia yang berfungsi untuk meningkatkan sekresi insulin seperti sulfonilurea dan glinid, menambah sensitifitas insulin seperti metformin.

### 8. Metabolisme Zat Gizi Penderita Diabetes Melitus Tipe 2

Penderita diabetes melitus tipe 2 mengalami gangguan metabolisme zat gizi seperti metabolisme karbohidrat, lemak dan protein (WHO, 2019). Gangguan metabolisme zat gizi disebabkan karena adanya kerusakan produksi maupun sistem kerja insulin (Suriani, 2012). Insulin adalah hormon kunci yang mengatur glukosa seluruh tubuh, lipid, dan metabolisme protein melalui efek terkoordinasi pada beberapa jaringan (Burgos *et al*, 2016). Berikut adalah metabolisme zat gizi pada penderita diabetes melitus tipe 2 :

#### a. Metabolisme Karbohidrat

Penderita diabetes melitus mengalami gangguan metabolisme karbohidrat yang disebabkan oleh keberadaan hormon insulin akibat kerusakan dalam produksi insulin maupun sistem kerja insulin, sedangkan insulin tersebut sangat dibutuhkan dalam regulasi metabolisme karbohidrat. Sel pankreas melepaskan insulin sebagai respons terhadap peningkatan kadar glukosa yang bersirkulasi dan selanjutnya menurunkan konsentrasi glukosa plasma dengan secara terkoordinasi menekan produksi glukosa hepatic dari asam amino dan zat antara metabolisme lainnya

(glukoneogenesis) dan glikogen (glikogenolisis), dan meningkatkan pengambilan glukosa ke dalam otot (Lam, 2019).

Insulin mengatur metabolisme glukosa dengan memfosforilasi substrat reseptor insulin (IRS) melalui aktivitas tirosin kinase subunit  $\beta$  pada reseptor insulin. IRS terfosforilasi memicu serangkaian reaksi kaskade yang efek nettonya adalah mengurangi kadar glukosa dalam darah. Hormon insulin meningkatkan glikolisis sel-sel hati dengan cara meningkatkan aktivitas enzim-enzim yang berperan termasuk glukokinase, fosfofruktokinase dan piruvat kinase. Bertambahnya glikolisis akan meningkatkan penggunaan glukosa dan dengan demikian secara tidak langsung menurunkan pelepasan glukosa ke plasma darah. Insulin juga menurunkan aktivitas glukosa-6-fosfatase yaitu enzim yang ditemukan di hati dan berfungsi mengubah glukosa menjadi glukosa 6-fosfat. Rendahnya hormon insulin pada penderita diabetes melitus tipe 2 menyebabkan penumpukan glukosa 6-fosfat dalam sel dan mengakibatkan retensi glukosa yang mengarah pada hiperglikemia (Suriani, 2012).

b. Metabolisme Protein

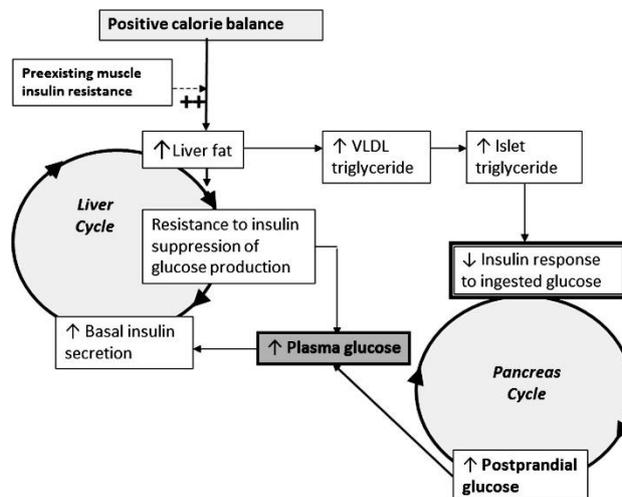
Metabolisme protein diatur sebagian oleh insulin. Sintesis protein dirangsang oleh peningkatan insulin dalam pengambilan intraseluler alanin, arginin, dan glutamin (asam amino rantai pendek) dan ekspresi gen albumin dan myosin otot alfa rantai berat. Regulasi pemecahan protein dipengaruhi oleh penurunan regulasi insulin dari enzim sel hati dan otot yang bertanggung jawab untuk degradasi protein. Enzim yang terpengaruh termasuk protease yang bergantung pada ATP-ubiquitin, dan protease lisosom yang tidak bergantung pada ATP, dan hidrolase (Vargas dan Joy, 2020).

Selain efek insulin pada masuknya glukosa ke dalam sel, insulin juga merangsang penyerapan asam amino, sehingga berkontribusi pada efek anaboliknya secara keseluruhan. Kekurangan insulin pada penderita diabetes melitus secara absolut akan menyebabkan peningkatan laju katabolisme protein. Peningkatan laju proteolisis menyebabkan peningkatan konsentrasi asam amino plasma. Asam amino ini berfungsi sebagai prekursor

untuk hati dan ginjal dalam proses glukoneogenesis (Adinortey, 2017). Pada penderita diabetes melitus, proses glukoneogenesis akan terjadi secara terus menerus dikarenakan insulin yang berfungsi untuk menghambat proses glukoneogenesis tidak tercukupi sehingga kadar glukosa darah akan meningkat (Suriani, 2012).

c. Metabolisme Lemak

Kelainan metabolisme lemak pada penderita diabetes tipe II terjadi akibat efek insulin yang terjadi terhadap metabolisme lemak. Asupan energi yang berlebih dibandingkan dengan energi yang dikeluarkan, menyebabkan karbohidrat mengalami lipogenesis de novo yang secara khusus meningkatkan akumulasi lemak di hati. De novo lipogenesis (DNL) adalah proses di mana karbohidrat (terutama setelah konsumsi karbohidrat tinggi) dari sirkulasi diubah menjadi asam lemak, yang selanjutnya dapat diubah menjadi trigliserida atau lipid lainnya. Proses metabolisme lemak di hati dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 2. Metabolisme Lemak**

(Sumber : Taylor, 2013)

Insulin berperan untuk merangsang lipogenesis de novo, oleh karena itu seseorang yang mengalami resistensi insulin akan lebih mudah mengalami penumpukan lemak di hati karena kadar insulin plasma yang tinggi. Peningkatan lemak hati menyebabkan peningkatan ekspor VLDL triasilgliserol, yang akan meningkatkan pengiriman lemak ke semua jaringan, termasuk pulau Langerhans.

Ketersediaan asam lemak berlebih di pulau pankreas diperkirakan akan mengganggu sekresi insulin akut sebagai respons terhadap makanan yang dicerna, dan pada tingkat paparan asam lemak tertentu, hiperglikemia postprandial akan terjadi. Hiperglikemia selanjutnya akan meningkatkan tingkat sekresi insulin, dengan konsekuensi peningkatan lipogenesis hati, memutar siklus hati lebih cepat dan mendorong siklus pankreas (Taylor, 2013).

d. Metabolisme Vitamin C

Metabolisme vitamin C terdiri atas oksidasi, ekskresi, dan regenerasi. Proses oksidasi akan menghasilkan radikal bebas askorbil yang bisa berubah kembali menjadi vitamin C atau akan mengalami oksidasi irreversibel menjadi dehydro-L-ascorbid acid. Vitamin C akan bekerja secara ekstraselular di pembuluh darah dibawah 1 jam, selebihnya vitamin C akan memasuki sel endotel dan bekerja intraselular. Vitamin C yang merupakan antioksidan dapat meredam radikal superoksida yang dihasilkan pada proses autooksidasi glukosa. Stres oksidatif merupakan salah satu penyebab terjadinya disfungsi endotel atau vaskulopati diabetik (Mampuk, 2010).

Peran vitamin C dalam menghambat stres oksidatif yaitu dengan meregenerasi vitamin E dalam mendonorkan ion hidrogen. Mekanisme dimulai dengan vitamin E yang akan menangkap radikal bebas, vitamin E akan berubah menjadi vitamin E radikal dengan mekanisme  $\alpha$ -tokoferol radikal yang berubah menjadi  $\alpha$ -tokoferol peroksida. Dari dua  $\alpha$ -tokoferol radikal berubah menjadi  $\alpha$ -tokoferol dimer dan akhirnya menjadi  $\alpha$ -tocoquinone. Vitamin C dapat mencegah reaksi oksidasi dengan mengikat vitamin E radikal yang terbentuk pada proses pemutusan reaksi radikal bebas oleh vitamin E menjadi vitamin E bebas ( $\alpha$ -tokoferol) yang berfungsi sebagai antioksidan. Vitamin C akan mengurangi oksigen radikal dan menghambat proses oksidatif (Traber, 2011 dalam Dini, et al 2018).

## C. Glukosa Darah

### 1. Pengertian Glukosa Darah

Glukosa darah atau yang biasa disebut gula darah adalah gula yang terdapat dalam darah yang berasal dari karbohidrat dalam makanan dan dapat disimpan dalam bentuk glikogen di dalam hati dan otot rangka (Joyce, 2007). Kadar glukosa darah digunakan dalam penegakan diagnosis penyakit diabetes melitus. Pada pasien diabetes melitus kadar glukosa darah puasa  $\geq 126$  mg/dL sedangkan kadar glukosa darah 2 jam Post Prandial mencapai  $\geq 200$  mg/dL. Kadar glukosa darah yang tinggi

(Hiperglikemia) pada diabetes melitus terjadi karena berkurangnya penyerapan glukosa oleh sel. Selain itu, proses glikogenolisis dan glukoneogenesis yang menghasilkan glukosa berlangsung tanpa terkendali karena tidak adanya insulin, mengakibatkan pengeluaran glukosa oleh hati menjadi meningkat (Sherwood, 2012).

### 2. Macam – macam Pemeriksaan Glukosa Darah

Berdasarkan PERKENI tahun 2015, beberapa macam pemeriksaan kadar glukosa darah untuk diagnosis diabetes melitus yaitu:

#### a. Pemeriksaan Glukosa Darah Sewaktu

Pemeriksaan glukosa darah yang dilakukan setiap waktu, tanpa memperhatikan waktu terakhir pasien makan.

**Tabel 2 Klasifikasi Kadar Glukosa Darah Sewaktu.**

<b>Kadar Glukosa Darah Sewaktu (mg/dL)</b>	<b>Kategori</b>
<100	Baik
100-199	Sedang
$\geq 200$	Buruk

Sumber : PERKENI, 2015.

#### b. Pemeriksaan Glukosa Darah Puasa

Pemeriksaan glukosa yang dilakukan saat pasien dalam kondisi puasa yaitu tidak ada asupan kalori minimal 8 jam. Pasien juga diminta untuk tidak minum air putih.

**Tabel 3 Klasifikasi Kadar Glukosa Darah Puasa**

<b>Kadar Glukosa Darah Puasa (mg/dL)</b>	<b>Kategori</b>
<100	Baik
100-125	Sedang
≥126	Buruk

Sumber : PERKENI, 2015.

c. Pemeriksaan Glukosa Darah 2 jam Post Prandial

Pemeriksaan Glukosa Darah 2 jam Post Prandial merupakan kelanjutan dari pemeriksaan kadar glukosa darah puasa. Setelah diambil sampel darah untuk pemeriksaan kadar glukosa darah puasa, maka pasien akan diminta untuk makan seperti biasanya. Kemudian selang 2 jam setelah makan, pasien akan kembali diambil sampel darah untuk pemeriksaan kadar glukosa darah 2 jam post prandial.

**Tabel 4 Klasifikasi Kadar Glukosa Darah 2 Jam Post Prandial**

<b>Kadar Glukosa Darah 2 Jam Post Prandial (mg/dL)</b>	<b>Kategori</b>
<140	Baik
140-199	Sedang
≥200	Buruk

Sumber : PERKENI, 2015.

d. Pemeriksaan HbA1c (Hemoglobin glikosilat)

HbA1c merupakan ikatan molekul glukosa pada hemoglobin secara non-enzimatik melalui proses glikasi post translasi. HbA1c digunakan sebagai patokan untuk pengendalian penyakit diabetes melitus karena HbA1c dapat menggambarkan kadar glukosa darah dalam rentang 1-3 bulan. Usia sel darah merah yang terikat oleh molekul glukosa pada HbA1c adalah 120 hari (Ramadhan dan Marissa, 2015 ).

**Tabel 5 Klasifikasi Kadar HbA1c**

<b>Kadar HbA1c (%)</b>	<b>Kategori</b>
< 5,7	Baik
5,7-6,4	Sedang
≥6,5	Buruk

Sumber : PERKENI, 2015.

## **D. Hubungan Asupan Zat Gizi dengan Kadar Glukosa Darah**

Asupan zat gizi adalah jumlah zat gizi yang diperoleh dari makanan dan minuman yang dikonsumsi sehari-hari guna mendapatkan energi untuk beraktivitas setiap hari. Zat Gizi (nutrients) diperlukan tubuh untuk melakukan fungsinya, yaitu menghasilkan energi, membangun dan memelihara jaringan serta mengatur proses-proses kehidupan. Asupan makanan dengan jumlah berlebih khususnya asupan lemak dan karbohidrat dapat menjadi faktor terjadinya obesitas yang nantinya akan berubah menjadi sindrom metabolik (Sargowo, 2011). Sindrom metabolik merupakan kumpulan faktor risiko yang terdiri dari obesitas, hipertensi, dislipidemia aterogenik, dan peningkatan kadar glukosa darah yang dapat menyebabkan peningkatan risiko diabetes melitus tipe 2 dan penyakit kardiovaskuler (Rini, 2015). Asupan makanan yang memenuhi zat gizi seimbang yaitu karbohidrat, lemak, protein, vitamin dan mineral yang sesuai kebutuhan berperan penting dalam penatalaksanaan dan pencegahan diabetes melitus.

### **1. Karbohidrat**

Karbohidrat merupakan zat gizi makro yang terdiri dari gula, pati, dan serat. Gula dan pati akan memasok energi berupa glukosa yang merupakan sumber energi utama untuk sel-sel darah merah, sistem saraf pusat, otak, janin, dan plasenta. Sedangkan serat membantu memberikan perasaan kenyang, menurunkan risiko penyakit jantung koroner, dan membantu melancarkan buang air besar (Pritasari dkk, 2017). Sumber karbohidrat antara lain : beras, nasi, singkong, umbi-umbian, jagung, gandum, sagu, kentang. Orang yang mempunyai konsumsi karbohidrat harian lebih dari yang dianjurkan mempunyai risiko sebesar 4,4 kali lebih besar untuk mengalami diabetes mellitus tipe II dibandingkan dengan orang yang mengkonsumsi karbohidrat harian tidak lebih dari yang dianjurkan (Ana Sari,2016). Karbohidrat yang dianjurkan sebesar 45-65% total asupan energi. Terutama karbohidrat yang berserat tinggi.

Karbohidrat akan diubah menjadi glukosa 100% dengan tingkat kecepatan 1-1,5 jam(Werdani dan Triyanti,2014). Karbohidrat akan dipecah dan diserap dalam bentuk monosakarida, terutama glukosa. Penyerapan glukosa menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah dan meningkatkan sekresi insulin. Sekresi insulin yang tidak mencukupi dan resistensi insulin yang terjadi pada Diabetes Mellitus Tipe 2 menyebabkan terhambatnya proses penggunaan glukosa oleh jaringan sehingga terjadi peningkatan glukosa di dalam aliran

darah (Fitri dan Yekti, 2014). Asupan tinggi karbohidrat dapat meningkatkan simpanan glikogen dalam hati dan otot. Sebaliknya, asupan karbohidrat yang rendah dapat menurunkan kadar glikogen. Karbohidrat yang dikonsumsi akan dipecah oleh tubuh menjadi glukosa monosakarida, yang merupakan cadangan energi dalam tubuh (Putri, 2016).

## **2. Protein**

Protein merupakan salah satu zat gizi makro serta komponen struktur utama seluruh sel tubuh. Fungsi dari protein yaitu sebagai zat pembangun tubuh. Sumber protein dibagi menjadi dua yaitu sumber protein hewani yang diperoleh dari telur, daging, ikan, unggas, dan susu. Sedangkan protein nabati diperoleh dari biji-bijian dan kacang-kacangan seperti tempe, tahu. Komposisi protein pada penderita diabetes melitus yang dianjurkan adalah 10-20% dari total asupan energi, dengan angka kebutuhan harian adalah 0,8 gr/kg berat badan yang berasal dari sumber protein berkualitas baik. Asupan protein yang lebih dari 20% dari total energi dapat mengurangi konsentrasi glukosa dan insulin, mengurangi nafsu makan, serta meningkatkan perasaan cepat kenyang (Tumiwa dan Langi, 2010).

Protein akan diubah menjadi glukosa 60% dengan tingkat kecepatan 2-2,5 jam (Werdani dan Triyanti, 2014). Hasil dari penelitian Usdeka Muliani tahun 2013 bahwa 90,5% responden dengan asupan protein yang baik akan mengalami penurunan kadar glukosa darah. Sedangkan 36,1% responden dengan asupan protein yang kurang baik mengalami kenaikan kadar glukosa darah. Asupan protein yang cukup sesuai kebutuhan akan merangsang sekresi insulin terutama pada penderita diabetes melitus. Saat protein diberikan bersamaan dengan glukosa, insulin dapat menangkap glukosa dengan baik sehingga glukosa di dalam darah dapat berkurang (Purnama, dkk, 2018). Respon insulin di dalam tubuh akan sejalan dengan protein yang dikonsumsi, protein dapat merangsang peningkatan konsentrasi insulin pada pasien diabetes melitus tipe 2 (Edy E, 2017).

## **3. Lemak**

Lemak merupakan zat gizi makro yang mencakup asam-asam lemak dan trigliserida. Fungsi lemak di dalam tubuh sebagai bahan bakar untuk proses metabolisme tubuh serta mempermudah penyerapan vitamin larut lemak yaitu vitamin A, D, E, K. Berdasarkan ikatan rantai karbon asam lemak dibagi menjadi

3 yaitu : ikatan rangkap (asam lemak jenuh [SFA]), mengandung satu ikatan rangkap (asam lemak tak jenuh tunggal [MUFA]), atau mengandung lebih dari satu ikatan rangkap (asam lemak tak jenuh ganda [PUFA]). Konsumsi asupan lemak yang berlebihan dapat berpengaruh pada pasien diabetes melitus karena asupan lemak jenuh memberikan efek terhadap metabolisme lemak (meningkatkan kolesterol LDL), resistensi insulin dan tekanan darah (Azrimaidaliza, 2011). Asupan lemak bagi penderita diabetes melitus dianjurkan sekitar 20- 25% kebutuhan energi, dan tidak diperkenankan melebihi 30% total asupan energi.

Lemak akan diubah menjadi glukosa sebanyak 10% dengan tingkat kecepatan 5-6 jam (Werdani dan Triyanti,2014). Pengaruh dari asupan lemak yang tinggi terhadap penyakit diabetes dapat dibuktikan dengan penurunan kadar adiponektin. Asupan lemak mempunyai peranan yang penting dalam mempertahankan sensitivitas insulin. Asupan lemak yang tinggi akan menurunkan kadar adiponektin dalam darah yang bertugas untuk mengontrol sensitivitas insulin (Luntungan dkk, 2014).

Tingginya kadar lemak diperut merupakan salah satu faktor yang dapat mengganggu kerja insulin. Semakin banyak lemak yang dikonsumsi dari makanan sehari-hari, semakin banyak pula lemak tersimpan di tubuh. Meningkatnya metabolisme lemak akan menyebabkan produksi Reactive Oxygen Species (ROS) meningkat, meningkatnya ROS di dalam sel adipose akan menyebabkan keseimbangan reaksi reduksi oksidasi (redoks) terganggu sehingga enzim antioksidan menurun. Keadaan ini disebut dengan stres oksidatif. Stres oksidatif menghambat pengambilan glukosa di sel otot dan sel lemak dan menurunkan sekresi insulin (Rini, 2015). Timbunan lemak dapat membuat sel-sel tubuh menjadi tidak peka terhadap insulin (Suhaema, 2015).

#### **4. Vitamin C**

Vitamin C atau asam askorbat termasuk dalam vitamin yang larut air dan juga sebagai antioksidan penting bagi tubuh. Sumber vitamin C sebagian besar terdapat di sayuran dan juga buah-buahan seperti jeruk, nanas, jambu, pisang, apel, bayam, brokoli, dan kubis. Antioksidan berfungsi menghambat produksi radikal bebas intraseluler atau meningkatkan kemampuan enzim pertahanan terhadap radikal bebas guna mencegah munculnya stres oksidatif dan komplikasi vaskular terkait diabetes (Prawitasari, 2018).

Hasil penelitian dari Wulandari,dkk (2012) menyatakan bahwa ada hubungan yang signifikan antara asupan vitamin C dengan kadar gula darah penderita diabetes tipe 2. Hal ini disebabkan vitamin C dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan dapat menurunkan kadar glukosa darah oleh karena itu vitamin C mengurangi toksisitas glukosa dan berkontribusi dalam pencegahan penurunan massa sel beta dan jumlah insulin. Dalam peran menurunkan kadar glukosa darah,vitamin C memainkan peran dalam memodulasi aksi insulin pada penderita DM, terutama dalam metabolisme glukosa non oksidatif.

Vitamin C sebagai antioksidan tinggi yang dapat mengurangi stress oksidatif. Stress oksidatif mengakibatkan penurunan fungsi endotel sehingga transport vesikel yang terjadi tidak dapat bekerja secara maksimal (Indrajat dkk, 2018). Ketika terjadi penurunan fungsi atau disfungsi endotel, maka akan menurunkan salah satu fungsi endotel yang berperan dalam pertukaran zat-zat yang ada dalam darah ke sel dan jaringan sekitar melalui transport vesikel (Sherwood, 2011). Selain itu, vitamin C juga dapat membantu mencegah komplikasi DM-2 dengan penghambatan produksi sorbitol. Sorbitol adalah hasil sampingan dari metabolisme gula yang akan diakumulasikan di dalam sel dan berperan terhadap perkembangan neuropati dan katarak (Widowati, 2008).

Vitamin C sendiri memiliki sifat yang larut air sehingga dapat cepat diserap oleh tubuh. Namun ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kadar vitamin C menurun pada bahan makanan ataupun saat sudah dimetabolisme di dalam tubuh. Beberapa faktor yang dapat menurunkan kadar vitamin C adalah :

a. Kafein

Kafein merupakan kandungan senyawa kimia yang berasal dari tanaman seperti kopi, teh, dan kakao. Kafein memberikan efek fisiologis bagi tubuh, salah satunya yaitu menstimulasi efek diuretik. Efek diuretik merupakan suatu kondisi meningkatnya laju dan volume pengeluaran urine dan cairan elektrolit tubuh yang memungkinkan vitamin C keluar melalui urin sebelum tubuh dapat menyerap vitamin C. Karena sifat vitamin C yang mudah larut dalam air maka kemungkinan vitamin C ikut keluar bersama air dalam bahan makanan (Rahmasari dan Susanto, 2014). Selain itu, kafein merupakan stimulan yang membangunkan sistem pencernaan dengan mendorong kontraksi otot di sepanjang saluran usus. Hal ini memungkinkan limbah dihilangkan lebih cepat dibandingkan jika tidak

mengonsumsi minuman berkafein yang dapat menghilangkan vitamin dan mineral bersama dengan limbah lainnya sebelum sempat terserap sepenuhnya ke dalam tubuh.

b. Alkohol

Konsumsi alkohol berlebihan (>30 gram/hari) sering dikaitkan dengan penyakit pankreatitis atau peradangan pada pankreas. Hal ini disebabkan sel asinar pankreas memetabolisme alkohol menjadi produk sampingan beracun yang merusak saluran pankreas dan enzim yang dihasilkan oleh pankreas untuk membantu penyerapan zat gizi di saluran pencernaan (Kalizewski, 2019). Sel asinar sendiri merupakan sekelompok sel khusus di dalam pankreas yang menghasilkan enzim pencernaan yang nantinya dieksresikan ke usus kecil melalui saluran pankreas, enzim ini membantu pencernaan karbohidrat, protein, memecah lemak, dan penyerapan zat gizi lain seperti mineral dan vitamin.

c. Proses oksidasi

Reaksi oksidasi yang terjadi pada vitamin C yaitu ada 2 macam yaitu oksidasi spontan dan oksidasi tidak spontan. Oksidasi spontan yaitu proses oksidasi yang disebabkan oleh molekul oksigen. Asam askorbat yang teroksidasi oleh oksigen akan menghasilkan radikal anion askorbat dan H<sub>2</sub>O lalu diikuti pembentukan hidrogen peroksida dan dehidro asam askorbat. Dehidro asam askorbat bersifat labil dan dapat berubah menjadi 2,3-Ldiketogulonat (DKG). Apabila DKG sudah terbentuk, maka dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan kandungan vitamin C pada bahan makanan (Adarwulan dalam Sine, 2013). Sedangkan reaksi oksidasi tidak spontan yaitu dengan menggunakan penambahan enzim atau katalisator.

d. Suhu

Vitamin C akan mengalami degradasi pada rentang temperatur 40-60°C dan degradasi tersebut tidak dipengaruhi oleh konsentrasi awal dari asam askorbat (Herbig & Renard, 2017). Selain itu lama waktu pemanasan dengan suhu 100°C dapat merusak vitamin C di bahan makanan sehingga terjadi penurunan kadar vitamin C. Hal tersebut disebabkan karena vitamin C mudah mengalami reaksi oksidasi terutama oleh proses pemanasan. Degradasi pada vitamin C akan semakin besar apabila dilakukan pengolahan dalam suhu tinggi dan waktu pemanasan yang lama (Ameliya, 2018). Saat pemanasan, terjadi degradasi pada suhu tinggi sehingga

molekul-molekul penyusun vitamin C akan terputus ikatannya dan mengakibatkan vitamin C menjadi terurai atau rusak(Hok, 2007).

e. Lama Penyimpanan

Waktu penyimpanan yang terlalu lama dapat mengurangi kandungan vitamin C dalam bahan makanan karena sifat vitamin C yang mudah larut dalam air dan mudah teroksidasi oleh panas. Suhu yang tinggi juga dapat menurunkan dan menghilangkan kandungan vitamin C di bahan makanan dengan cepat (Purwantiningsih, 2012). Pada penyimpanan hari ke-0 enzim-enzim yang terdapat pada buah masih memiliki keaktifan yang rendah dan karbohidrat masih dalam bentuk gula sederhana, pati dan polisakarida yang belum mengalami perubahan menjadi vitamin C atau mungkin sudah terbentuk, tapi masih sangat sedikit. Setelah 6 hari dan 9 hari penyimpanan akan mengalami penurunan kadar vitamin C yang selanjutnya akan terjadi proses biokimiawi disebabkan oleh adanya aktivitas metabolisme (Karsapoetra dalam Purwantiningsih, 2015). Vitamin C atau asam askorbat termasuk dalam asam organik. Umumnya, kandungan asam organik berkurang selama proses pemasakan dan pematangan buah. Ini karena asam organik diubah menjadi gula. Asam organik dapat dianggap sebagai sumber cadangan energi pada buah-buahan dan diperkirakan akan menurun karena metabolisme selama pematangan berlangsung (Utami, 2016). Hal inilah yang menyebabkan semakin lama waktu penyimpanan bahan makanan, maka kadar vitamin C yang terkandung dalam bahan makanan tersebut akan menurun.