

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Diabetes Mellitus**

##### **1. Pengertian**

Diabetes adalah penyakit yang ditandai dengan berkembangnya hiperglikemia dan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak dan protein, disertai defisiensi absolut atau relatif kerja dan/atau sekresi insulin. Gejala yang dilaporkan pasien diabetes antara lain polidipsia, poliuria, polifagia, penurunan berat badan, dan kesemutan. 2 Federasi Diabetes Internasional (IDF) memperkirakan bahwa prevalensi global diabetes adalah 1,9 dan DM merupakan penyebab kematian ketujuh di seluruh dunia, dengan 371 juta orang di seluruh dunia menderita diabetes pada tahun 2012. Persentase kasus diabetes tipe 2 adalah 95% penduduk dunia hidup dengan diabetes. Hasil Survei Kesehatan Dasar tahun 2008 menunjukkan bahwa prevalensi DM di Indonesia meningkat menjadi 57%.

Diabetes adalah kelainan metabolisme heterogen secara genetis dan klinis yang bermanifestasi dalam hilangnya toleransi karbohidrat. Dalam perkembangan klinis penuh, diabetes ditandai dengan hiperglikemia puasa dan postprandial, aterosklerosis, dan mikroangiopati. Diabetes tipe 2 adalah hiperglikemia yang disebabkan oleh ketidakpekaan seluler terhadap insulin. Kadar insulin mungkin sedikit menurun atau tetap dalam kisaran normal. Karena insulin masih diproduksi oleh sel beta pankreas, diabetes tipe II yang dianggap diabetes non-insulin-dependent. Diabetes tipe 2 adalah penyakit metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar gula darah akibat penurunan sekresi insulin oleh sel beta pankreas. Dan disfungsi insulin (resistensi insulin).

##### **2. Penyebab**

Diabetes melitus merupakan penyakit yang disebabkan oleh adanya kekurangan insulin secara relatif maupun absolut. Defisiensi insulin dapat terjadi melalui 3 jalan, yaitu:

- a. Rusaknya sel-sel B pankreas karena pengaruh dari luar (virus, zat kimia, dll)

- b. Desensitasi atau penurunan reseptor glukosa pada kelenjar pankreas
- c. Desensitasi atau kerusakan reseptor insulin di jaringan perifer.

DMT1 ditandai dengan rusaknya sel-sel penghasil insulin (sel  $\beta$  pankreas) karena autoimun pada organ pankreas oleh sel T (CD4+ dan CD8+) dan makrofag. Karakteristik DMT1 sebagai penyakit autoimun antara lain:

- (1) Adanya sel imuno dan asesoris dalam sel pancreas serta adanya autoantibodi spesifik dalam sel pankreas,
- (2) Perubahan imunoregulasi yang dimediasi sel T,
- (3) Keterlibatan monokin dan sel TH1 untuk memproduksi interleukin dalam proses penyakit,
- (4) Respon terhadap imunoterapi,
- (5) Sering terjadi penyakit autoimun pada organ spesifik lain pada individu atau keluarganya (Baynest 2015).

Tingkat kerusakan sel  $\beta$  pankreas tiap individu berbeda. DMT1 umumnya terjadi pada anak-anak tetapi dapat juga terjadi pada orang dewasa. Pasien anak-anak dan remaja menunjukkan gejala ketoasidosis sedangkan pada orang dewasa dapat mempertahankan fungsi sel  $\beta$  pancreas untuk mencegah ketoasidosis selama bertahun-tahun. Rendah atau tidak terdeteksinya kadar C-peptida dalam darah atau urin merupakan manifestasi klinis untuk mendeteksi sedikit atau tidak adanya sekresi insulin pada DMT1. Sekitar 70-90% DMT1 memberikan diagnosis positif terhadap reaksi autoimun untuk asam glutamat dekarboksilase, antigen islet 2, dan transporter Zn (WHO 2019). Sekitar 85% pasien DMT1 memiliki antibody sel islet pancreas yang bersirkulasi dan mayoritas memiliki antibodi anti-insulin yang dapat dideteksi sebelum menerima terapi insulin (Baynest2015).

Ciri lain DMT1 adalah abnormalitas sel  $\alpha$  pankreas dan sekresi glukagon yang berlebihan. Biasanya hiperglikemia menyebabkan berkurangnya sekresi glukagon tetapi pada penderita DMT1 sekresi glukagon tidak tertekan oleh hiperglikemia. Kadar glukagon yang meningkat akan memperburuk gangguan metabolit karena defisiensi insulin. Penyebab DMT1 adalah gangguan genetic dan faktor lingkungan, seperti infeksi virus, racun, dan makanan dapat mempengaruhi perkembangandan autoimun pada sel  $\beta$  pankreas (Forbes dan Cooper 2013, Forouhi dan Wareham 2014). DMT2 terjadi karena resistensi insulin dan gangguan sekresi insulin karena kelainan fungsi sel  $\beta$ . Resistensi insulin ditandai dengan berkurangnya

kemampuan insulin untuk menyeimbangkan kadar glukosa darah karena berkurangnya sensitivitas jaringan sehingga meningkatkan produksi insulin oleh sel  $\beta$  pancreas (Baynest 2015, Kumar 2017, Basukala 2018, WHO 2019). Resistensi insulin dan hyperinsulinemia menyebabkan gangguan toleransi glukosa. Sel islet akan meningkatkan jumlah insulin yang disekresi untuk mengatasi resistensi insulin.

Hiperinsulinemia yang terjadi pada tahap awal dan menengah penyakit merupakan pendorong DMT2 (Bolla 2015, Crofts 2015). Umumnya penderita DMT2 mempunyai berat badan berlebih atau obesitas sehingga insulin tidak dapat bekerja secara optimal dan sebagai kompensasinya diproduksi insulin yang lebih banyak. Kelainan fungsi sel  $\beta$  pada DMT2 pada orang Asia lebih banyak dibandingkan dengan orang Eropa. DMT2 sering tidak terdiagnosis karena hiperglikemia yang tidak cukup parah untuk menunjukkan gejala diabetes (Bolla 2015, Kabel 2017, WHO 2019). Faktor yang meningkatkan risiko DMT2 antara lain usia, obesitas, gaya hidup, ras, dan penderita diabetes gestasional (WHO 2019). Obesitas berkontribusi sebesar 55% dari kasus DMT2. Peningkatan obesitas pada rentang tahun 1960 sampai dengan tahun 2000 menyebabkan kasus DMT2 pada anak-anak dan remaja. Racun/toksin yang berasal dari lingkungan, seperti adanya senyawa bisfenol A sebagai komponen plastikdi dalam urin dapat menginduksi terjadinya DMT2 (Olokoba 2012)

### **3. Patofisiologi**

Dalam patofisiologi DM tipe 2 terdapat beberapa keadaan yang berperan yaitu :

1. Resistensi insulin
2. Disfungsi sel B pancreas

Diabetes melitus tipe 2 bukan disebabkan oleh kurangnya sekresi insulin, namun karena sel sel sasaran insulin gagal atau tidak mampu merespon insulin secara normal. Keadaan ini lazim disebut sebagai "resistensi insulin". Resistensi insulin banyak terjadi akibat dari obesitas dan kurangnya aktivitas fisik serta penuaan. Pada penderita diabetes melitus tipe 2 dapat juga terjadi produksi glukosa hepatic yang berlebihan namun tidak terjadi kerusakan sel-sel B langerhans secara autoimun seperti diabetes melitus tipe 1. Defisiensi fungsi insulin pada penderita diabetes melitus tipe 2 hanya bersifat relatif dan tidak absolut. Pada awal perkembangan diabetes melitus tipe 2, sel B menunjukkan gangguan pada sekresi insulin fase pertama,

artinya sekresi insulin gagal mengkompensasi resistensi insulin. Apabila tidak ditangani dengan baik pada perkembangan selanjutnya akan terjadi kerusakan sel-sel B pankreas. Kerusakan sel-sel B pankreas akan terjadi secara progresif seringkali akan menyebabkan defisiensi insulin, sehingga akhirnya penderita memerlukan insulin eksogen. Pada penderita diabetes melitus tipe 2 memang umumnya ditemukan kedua faktor tersebut, yaitu resistensi insulin dan defisiensi insulin.

#### 4. Gejala

Gejala diabetes melitus dibedakan menjadi 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 4 kg.

Pada tahap awal DMT2 biasanya tidak menunjukkan gejala diabetes. Gejala umum penderita diabetes adalah sebagai berikut:

- (1) Meningkatnya rasa haus karena air dan elektrolit dalam tubuh berkurang (polidipsia),
- (2) Meningkatnya rasa lapar karena kadar glukosa dalam jaringan berkurang (polifagia),
- (3) Kondisi urin yang mengandung glukosa biasanya terjadi ketika kadar glukosa darah 180 mg/dL (glikosuria),
- (4) Meningkatkan osmolaritas filtrat glomerulus dan reabsorpsi air dihambat dalam tubulus ginjal sehingga volume urin meningkat (poliuria),
- (5) Dehidrasi karena meningkatnya kadar glukosa menyebabkan cairan ekstraselular hipertonic dan air dalam sel keluar,
- (6) Kelelahan karena gangguan pemanfaatan CHO mengakibatkan kelelahan dan hilangnya jaringan tubuh walaupun asupan makanan normal atau meningkat,
- (7) Kehilangan berat badan disebabkan oleh kehilangan cairan tubuh dan penggunaan jaringan otot dan lemak akan diubah menjadi energi,

(8) Gejala lain berupa daya penglihatan berkurang, kram, konstipasi, dan penyakit infeksi candidiasis (Mane 2012, Baynest 2015, Kharroubi dan Darwish 2015).

Pada beberapa penderita diabetes tidak ada gejala sehingga memperburuk kondisi penderita diabetes dan diperkirakan 30-80% penderita diabetes tidak terdiagnosis. Penderita diabetes yang tidak diobati dengan tepat dapat menyebabkan pingsan, koma, dan kematian (Kharroubi dan Darwish 2015).

## **5. Cara mengatasi**

Prinsip penatalaksanaan diabetes melitus secara umum ada lima sesuai dengan Konsensus Pengelolaan DM di Indonesia tahun 2006 adalah untuk meningkatkan kualitas hidup pasien DM. Tujuan Penatalaksanaan DM adalah :

Jangka pendek : Hilangnya keluhan dan tanda DM, mempertahankan rasa nyaman dan tercapainya target pengendalian glukosa darah.

Jangka panjang: Tercegah dan terhambatnya progresivitas penyulit mikroangiopati, makroangiopati dan neuropati.

Tujuan akhir pengelolaan adalah turunya morbiditas dan mortalitas DM. Untuk mencapai tujuan tersebut perlu dilakukan pengendalian glukosa darah, tekanan darah, berat badan dan profil lipid, melalui pengelolaan pasien secara holistik dengan mengajarkan perawatan mandiri dan perubahan perilaku.

### **1. Diet Prinsip**

Pengaturan makan pada penyandang diabetes hampir sama dengan anjuran makan untuk masyarakat umum yaitu makanan yang seimbang dan sesuai dengan kebutuhan kalori dan zat gizi masing-masing individu. Pada penyandang diabetes perlu ditekankan pentingnya keteraturan makan dalam hal jadwal makan, jenis dan jumlah makanan, terutama pada mereka yang menggunakan obat penurun glukosa darah atau insulin. Standar yang dianjurkan adalah makanan dengan komposisi yang seimbang dalam hal karbohidrat 60-70%, lemak 20-25% dan protein 10-15%. Untuk menentukan status gizi, dihitung dengan BMI (Body Mass Indeks). Indeks Massa Tubuh (IMT) atau Body Mass Index

(BMI) merupakan alat atau cara yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa, khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan. Untuk mengetahui nilai IMT ini, dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat Badan (Kg)}}{\text{Tinggi Badan (m)} \times \text{Tinggi Badan (m)}}$$

2. Exercise (latihan fisik/olahraga)

Dianjurkan latihan secara teratur (3-4 kali seminggu) selama kurang lebih 30 menit, yang sifatnya sesuai dengan Continuous, Rhythmical, Interval, Progressive, Endurance (CRIPE). Training sesuai dengan kemampuan pasien. Sebagai contoh adalah olahraga ringan jalan kaki biasa selama 30 menit. Hindarkan kebiasaan hidup yang kurang gerak atau bermalas-malasan.

3. Pendidikan Kesehatan

Pendidikan kesehatan sangat penting dalam pengelolaan. Pendidikan kesehatan pencegahan primer harus diberikan kepada kelompok masyarakat resiko tinggi. Pendidikan kesehatan sekunder diberikan kepada kelompok pasien DM. Sedangkan pendidikan kesehatan untuk pencegahan tersier diberikan kepada pasien yang sudah mengidap DM dengan penyulit menahun.

4. Obat : oral hipoglikemik, insulin

Jika pasien telah melakukan pengaturan makan dan latihan fisik tetapi tidak berhasil mengendalikan kadar gula darah maka dipertimbangkan pemakaian obat hipoglikemik

## 6. Pencegahan

Pencegahan penyakit diabetes melitus dibagi menjadi empat bagian yaitu:

1. Pencegahan Premordial

Pencegahan premordial adalah upaya untuk memberikan kondisi pada masyarakat yang memungkinkan penyakit tidak mendapat dukungan dari kebiasaan, gaya hidup dan faktor risiko lainnya. Prakondisi ini harus diciptakan dengan multimitra. Pencegahan premordial pada penyakit DM misalnya adalah menciptakan prakondisi sehingga masyarakat merasa bahwa konsumsi makan kebarat-baratan adalah suatu pola makan yang kurang baik, pola hidup santai atau kurang aktivitas, dan obesitas adalah kurang baik bagi kesehatan.

## 2. Pencegahan Primer

Pencegahan primer adalah upaya yang ditujukan pada orang-orang yang termasuk kelompok risiko tinggi, yaitu mereka yang belum menderita DM, tetapi berpotensi untuk menderita DM diantaranya :

- a. Kelompok usia tua (>45tahun)
- b. Kegemukan ( $BB(kg) > 120\% BB$  idaman atau  $IMT > 27 (kg/m^2)$ )
- c. Tekanan darah tinggi ( $> 140/90$  mmHg)
- d. Riwayat keuarga DM
- e. Riwayat kehamilan dengan BB bayi lahir  $> 4000$  gr.
- f. Dislipidemia (HvL Trigliserida  $> 250$  mg/dl).
- g. Pernah TGT atau glukosa darah puasa terganggu (GDPT)

Pencegahan primer harus dikenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbulnya DM dan upaya untuk menghilangkan faktor-faktor tersebut, oleh karena itu sangat penting dalam pencegahan ini. Sejak dini hendaknya telah ditanamkan pengertian tentang pentingnya kegiatan jasmani teratur, pola dan jenis makanan yang sehat menjaga badan agar tidak terlalu gemuk, dan risiko merokok bagi kesehatan.

## 3. Pencegahan Sekunder

Pencegahan sekunder adalah upaya mencegah atau menghambat timbulnya penyulit dengan tindakan deteksi dini dan memberikan pengobatan sejak awal penyakit. Dalam pengelolaan pasien DM, sejak awal sudah harus diwaspadai dan sedapat mungkin dicegah kemungkinan terjadinya penyulit menahun. Pilar utama pengelolaan DM meliputi:

- a. penyuluhan
- b. perencanaan makanan
- c. latihan jasmani
- d. obat berkhasiat hipoglikemik.

## 4. Pencegahan Tersier

Pencegahan tersier adalah upaya mencegah terjadinya kecacatan lebih lanjut dan merehabilitasi pasien sedini mungkin, sebelum kecacatan tersebut menetap. Pelayanan kesehatan yang holistik dan terintegrasi antar disiplin terkait sangat diperlukan, terutama di rumah sakit rujukan, misalnya para ahli sesama disiplin ilmu seperti ahli penyakit jantung, mata, rehabilitasi medis, gizi dan lain-lain.

Pencegahan untuk DMT1 masih sulit karena terbatasnya pengetahuan proses metabolisme, genetik, dan imunologi pada perkembangan DMT1 (Chatterjee dan Davies 2015). Pencegahan DMT2 dapat dilakukan dengan intervensi gaya hidup dan intervensi farmakologi (Chatterjee dan Davies 2015, Messina 2017, Wang 2018, Uusitupa 2019).

Pencegahan DMT2 dilakukan dengan gaya hidup atau perilaku hidup sehat dengan diet dan olah raga. Diet dilakukan dengan penurunan kalori individu dan memonitor penanda kardiometabolik seperti tekanan darah, lemak, dan peradangan. Diet dapat membantu mengontrol kadar glukosa darah, menjaga tekanan darah, kadar lemak darah dan berat badan normal, tidur yang cukup dan meningkatkan kualitas kesehatan (Marin-Penalver 2016, Russell 2016). Olahraga dapat meningkatkan sensitivitas insulin, mengontrol kadar glukosa darah, memperbaiki profil lemak dan tekanan darah, menurunkan berat badan, mengurangi risiko penyakit kardiovaskular, dan mengurangi depresi (Marin-Penalver 2016).

Penurunan berat badan terstruktur, aktivitas fisik, dan diet sangat penting untuk mereka yang berisiko tinggi menderita DMT2 dengan memiliki berat badan berlebih atau obesitas. Pola makan bermanfaat bagi penderita pradiabetes meliputi pola makan rendah kalori dan rendah lemak. Penelitian tambahan diperlukan untuk rencana pola makan rendah karbohidrat bagi penderita pradiabetes. Pola makan yang terukur dengan mengonsumsi makanan berserat tinggi, biji-bijian, kacang-kacangan, buah-buahan dan sayuran, dan mengurangi makanan olahan juga penting. Asupan kacang, beri, yogurt, kopi, dan the dapat menurunkan risiko DMT2, tetapi daging merah dan gula meningkatkan risiko obesitas dan DMT2. Pola makan yang menurunkan kadar HbA1C penting bagi penderita pradiabetes (Olokoba 2012, Kolb dan Martin 2017). Berikut ini adalah gaya hidup yang berhubungan dengan tingkat risiko diabetes menurut ahli epidemiologi (Kolb dan Martin 2017):

- (1) Rutin memakan makanan yang tidak atau kurang berserat meningkatkan risiko diabetes 3 kali lipat,
- (2) Konsumsi minuman manis dengan gula meningkatkan risiko diabetes sebesar 20-30%,

- (3) Sedikit aktivitas fisik meningkatkan risiko 40%,
- (4) Menonton TV berkepanjangan (meningkatkan risiko 3% per jam menonton televisi),
- (5) Paparan lalu lintas (kebisingan dan partikel halus) meningkatkan risiko 20-40%, untuk kebisingan lebih dari 10 dB atau 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lebih banyak debu halus,
- (6) Merokok meningkatkan risiko 30-60% untuk perokok berat,
- (7) Durasi tidur yang pendek meningkatkan risiko 9% per jam durasi tidur singkat,
- (8) Stres atau depresi rendah meningkatkan risiko diabetes tergantung pada tingkat stres atau depresi,
- (9) Posisi sosial ekonomi rendah meningkatkan risiko sebesar 40-100%,
- (10) Pertambahan berat badan dan lingkaran pinggang meningkatkan risiko diabetes.

Salah satu faktor utama penyebab DMT2 adalah obesitas. Pencegahan dan pengobatan obesitas dapat mencegah terjadinya DMT2 (Bolla 2015, Kabel 2017). Penggunaan obat-obatan dan operasi bariatric pada penderita obesitas dapat mengurangi terjadinya DMT2 (Aktar 2017, Akcay 2019). Obat-obatan untuk obesitas seperti: orlistat, sibutramin, lorkaserin, fentermin, bupropion dan naltrekson. Orlistat mempunyai mekanisme kerja berikatan dengan lipase sehingga menghambat aktivitas lipase hingga 30%. Hasil uji klinis orlistat menurunkan 3 kg atau 3% dibandingkan dengan plasebo. Mekanisme kerja sibutramine melalul penghambatan norepinefrin dan serotonin. Obat ini dapat menurunkan 5 kg atau 4% dibandingkan dengan plasebo. Lorkaserin merupakan agonis reseptor serotonin 2C dengan efek hipofagia (meningkatkan rasa kenyang).

Obat ini mampu menurunkan berat badan sampai 5% setelah 12 minggu pemakaian. Fentermin merupakan agonis norepinefrin yang mempunyai mekanisme kerja menekan nafsu makan pada sistem saraf pusat. Kombinasi bupropion dan naltrekson dapat menurunkan berat badan. Bupropion merupakan inhibitor nonselektif terhadap dopamin dan norepinefrin, sedangkan naltrekson merupakan antagonis reseptor

opioid. Kombinasi obat ini dapat menstimulasi pelepasan melanosit hormon sehingga dapat menekan rasa lapar dan mengontrol berat badan (Aktar 2017). Operasi bariatrik adalah operasi mengubah sistem pencernaan sehingga mengurangi penyerapan makanan. Operasi ini terbukti efektif menurunkan berat badan dan meningkatkan kontrol kadar glukosa darah (Akcaay 2019).

## **B. PKMK**

### **1. Pengertian**

Pangan Olahan untuk Keperluan Medis Khusus (PKMK) merupakan pangan olahan yang diformulasi secara khusus untuk manajemen diet bagi orang dengan penyakit/gangguan tertentu. PKMK terdiri dari 2 jenis yang dibedakan berdasarkan kelompok sasarannya, yaitu kelompok bayi dan anak serta kelompok dewasa. PKMK untuk kelompok dewasa terdiri dari PKMK untuk penyandang diabetes, PKMK untuk pasien penyakit ginjal kronik, PKMK untuk pasien penyakit hati kronik, PKMK untuk dukungan nutrisi bagi orang dewasa gizi kurang atau gizi buruk, dan PKMK untuk pasien kelainan metabolik (inborn errors of metabolism) (BPOM RI, 2018). Beberapa persyaratan yang harus dipatuhi dalam memproduksi PKMK adalah (BPOM RI, 2018):

- PKMK dapat digunakan sebagai makanan pengganti dan makanan tambahan. Makanan pengganti berarti PKMK ditujukan sebagai satu satunya sumber pemenuhan gizi. Sedangkan, makanan tambahan berarti PKMK ditujukan untuk memenuhi sebagian kebutuhan gizi
- Penggunaan PKMK harus sesuai dengan indikasi yang telah ditetapkan oleh dokter atau dibawah pengawasan dokter
- PKMK dapat diberikan secara enteral menggunakan selang (naso gastric 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/PKMK DM merupakan pangan olahan yang diformulasikan khusus bagi penyandang DM dengan memperhitungkan kebutuhan gizi harian sebagai makanan pengganti atau makanan tambahan. PKMK DM ini hanya diperuntukkan kepada pasien DM yang mengonsumsi makanan dalam bentuk cair dan tidak dapat

mengonsumsi makanan dalam bentuk biasa. 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 2.1

**Tabel 2.1** Persyaratan Kandungan Gizi

No	Zat Gizi	Per hari	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 g – 35 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

Keterangan:

\*) Hindari sumber asam lemak trans

Sumber: BPOM RI, 2018

3. Vitamin dan mineral dapat ditambahkan dan harus mengacu pada Acuan Label Gizi (ALG) per hari. Apabila PKMK DM ditujukan sebagai pangan pengganti, produk PKMK DM harus mengandung semua vitamin dan mineral sekurang-kurangnya 100% ALG sesuai peraturan perundang undangan
4. Pemanis dapat digunakan pada PKMK DM sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Tidak boleh menambahkan fruktosa dalam PKMK DM
5. Bahan Tambahan Pangan (BTP) yang digunakan pada PKMK DM harus sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
6. Pelabelan PKMK DM harus berisi nama jenis, informasi nilai gizi, anjuran konsumsi buah dan sayur untuk memenuhi kebutuhan serat.

Merujuk pada Lampiran Peraturan BPOM No. 24 Tahun 2019 tentang Pengawasan Pangan Olahan Untuk Keperluan Gizi Khusus, tepatnya PKMK mengenai diabetes, disebutkan bahwa kandungan karbohidrat pada produk PKMK hendaknya berkisar antara 11,25 – 16,25 g per 100 kkal. Artinya dalam sebuah produk PKMK diabetes yang menghasilkan 100 kkal energy, harus setidaknya mengandung 11,25 – 16,25g karbohidrat. Produk PKMK sendiri merupakan produk yang dibuat secara khusus untuk penyandang diabetes.

## **2. Pentingnya PKMK**

Upaya yang diatur dalam Permenkes tersebut adalah pemberian Pangan Olahan untuk Keperluan Medis Khusus (PKMK) yang diperuntukkan sebagai makanan terapi pada penyakit/kondisi khusus, dan dalam penggunaannya harus diresepkan dan diawasi oleh dokter spesialis. Hal ini dikarenakan pemberian PKMK perlu dikaji berdasarkan permasalahan dan kondisi dari masing-masing pasien. Pemberian PKMK ini mengacu pada Food for Special Medical Purposes (FSMP), yang peredaran dan pemberiannya sudah diregulasi dengan ketat di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Australia, dan Uni Eropa. Secara umum, peruntukan PMT, PGS-PL, dan PKMK. Pangan olahan untuk Keperluan medis Khusus (PKMK) sebagai sebagai salah satu solusi untuk mengatasi Diabetes Mellitus yang berisiko gizi lebih atau obesitas. PKMK adalah salah satu intervensi yang terbukti efektif memperbaiki kondisi penyakit Diabetes Mellitus. Jenis pangan olahan yang digunakan pada intervensi ini adalah produk Prototype berbasis beras coklat dan jamur tiram, yaitu minuman cair suplementasi nutrisi yang diformulasikan khusus.

Berdasarkan bukti ilmiah ini, sangat penting bagi ahli gizi dalam mengenal konsep PKMK ini dalam mencegah maupun mengatasi diabetes melitus dalam penerapan asuhan gizi. Maka pada kesempatan kali ini akan menyampaikan pentingnya Tenaga Kesehatan dapat memahami dan mengedukasi Diabetes Melitus dalam asuhan gizi. Penelitian oleh Samidi Saudi Arabia menyatakan bahwa peran sikap budaya dan perilaku terhadap makanan dalam pengelolaan diabetes tidak dapat diabaikan karena sikap penyandang DM terhadap makanan dipengaruhi oleh budaya yang kuat. Kebanyakan penyandang menyatakan bahwa pemilihan makanan, dampak kesehatannya, pilihan sehat, pembatasan makanan, dan kategorisasi makanan tidak penting bagi mereka. Faktor penghalang pada budaya di Saudi Arabia terhadap pemilihan makanan dan konsumsi serta dampak

kesehatannya juga telah didukung oleh penelitian lokal. Mayoritas pasien menyatakan tidak suka makan makanan diet, juga tidak suka menjauhi makanan mengandung gula, serta masih mengonsumsi daging merah, nasi, produk susu, dan junk food.

Sebagian besar pasien dalam penelitian tersebut tidak menyadari kandungan kalori dalam makanan yang dikonsumsi. Sehubungan dengan pengaruh pola aktivitas fisik terhadap DMT2, Masi dan Mulyadi melaporkan bahwa aktivitas fisik yang kurang menyebabkan resistensi insulin pada DMT2. Menurut Indonesian Diabetes Association, selain faktor genetik, DMT2 juga dapat dipicu oleh lingkungan yang menyebabkan perubahan gaya hidup tidak sehat, seperti makan berlebihan (berlemak dan kurang serat), kurang aktivitas fisik dan stres. DMT2 sebenarnya dapat dikendalikan atau dicegah melalui gaya hidup sehat, seperti makanan sehat dan aktivitas fisik teratur. Hal ini didukung oleh penelitian Leiva yang menyatakan bahwa aktivitas fisik dan gaya hidup menetap (waktu duduk yang lama) berkontribusi terhadap risiko DMT2 baik pada individu yang tidak aktif secara fisik dan mereka dengan gaya hidup yang tidak banyak bergerak ( $\geq 4$  jam sehari).

Menurut Subiyanto aktivitas fisik sangat erat berhubungan dengan penyakit metabolik karena bila seseorang tidak melakukan aktivitas fisik 30 menit perhari atau 3 kali dalam seminggu maka akan terjadi penumpukan lemak dalam tubuh dan insulin tidak mencukupi untuk mengubah glukosa menjadi energi yang berakibat terjadinya DMT2 dengan peningkatan glukosa darah. Sebagian besar responden mengakui kurang melakukan aktivitas fisik sehari-hari karena kesibukan pekerjaan yang hanya duduk dikantor dan hanya menggerakkan otot tangan serta kurang melakukan aktivitas fisik "malas bergerak". Putra menyatakan bahwa aktivitas fisik seperti kegiatan sehari-hari dan latihan jasmani secara teratur yang dilakukan 3-4 kali seminggu selama kurang lebih 30 menit merupakan salah satu langkah dalam pengelolaan DMT2. Aktivitas fisik ringan antara lain hanya berjalan santai, bermain golf, berjalan kaki kepasar (tidak menggunakan mobil), banyak duduk di depan komputer dan menonton televisi dengan waktu yang lama. Sebagai aktivitas fisik sedang yaitu termasuk berkebun, berjalan kaki cepat, bersepeda santai, dan berenang biasa. Pada aktivitas fisik berat yang sering dilakukan yaitu olahraga sepak bola, menggunakan tangga, jogging, berenang berat (dalam perlombaan), serta bersepeda dengan lintasan menanjak. Intensitas aktivitas fisik sedang dan berat perlu ditingkatkan untuk mencegah terjadinya faktor risiko DMT2 dan untuk aktivitas fisik ringan

sebisanya dapat dihindari. Sejalan dengan penelitian Sinaga dikatakan bahwa denyut nadi maksimal yang harus dicapai selama aktivitas fisik dengan menggunakan rumus denyut nadi maksimal ialah 220 dikurangi umur. Target denyut nadi maksimal pada aktivitas fisik yang harus dicapai antara 60%-79% dari nilai maksimal. Denyut nadi melebihi 79% dapat membahayakan kesehatan.

## **C. Kandungan Gizi Bahan Penyusun PKMK DM**

### **1. Beras Coklat**

- **Taksonomi dan Morfologi**

Beras dihasilkan dari tanaman padi (*Oryza sativa* L.) yang mampu beradaptasi dengan baik pada berbagai kondisi lingkungan. Dalam hal ini, beras telah menjadi makanan pokok hampir seluruh masyarakat Asia, termasuk Indonesia, selama berabad-abad. Beras merupakan tanaman yang tergolong dalam famili Poaceae dan merupakan tanaman tahunan (Fauziah, 2020). Menurut USDA (2019), tanaman padi secara taksonomi lengkap sebagai berikut:

*Kingdom: Plantae*

*Division: Magnoliophyta*

*Class: Liliopsida*

*Ordo: Cyperales*

*Family: Gramineae*

*Genus: Oryza L.*

*Species: Oryza sativa L.*

Di Indonesia, terdapat beberapa varietas beras yang cukup terkenal di masyarakat, yaitu beras putih, beras merah, beras hitam, dan beras cokelat. Beras putih, beras hitam, dan beras cokelat merupakan varietas beras yang berasal dari spesies yang sama, yaitu *Oryza sativa* L., namun mengalami proses pengolahan yang berbeda (Hernawan, 2016). Beras cokelat merupakan beras putih yang diproses dengan tidak membuang lapisan terluar kulit. Beras cokelat tidak mengalami proses penggilingan dan pemolesan yang 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).

- **Kandungan Gizi**

Beras cokelat mengandung indeks glikemik yang lebih rendah dibandingkan dengan beras putih. Indeks glikemik beras cokelat berada pada rentang 10 hingga 70, sedangkan indeks glikemik beras putih berada pada rentang 50-87 (Mohan, 2014). Indeks glikemik yang rendah memiliki peran yang cukup signifikan dalam mengontrol glukosa darah tubuh. Konsumsi bahan pangan dengan indeks glikemik yang tinggi dapat memicu resistensi insulin yang merupakan penyebab dari DM2 karena indeks glikemik yang tinggi dapat meningkatkan pelepasan radikal bebas (Feliciano, 2014). Selain itu, beras cokelat memiliki kandungan serat lima kali lebih tinggi daripada beras putih, yaitu sekitar 0.6 hingga 1 gram per 100 gram beras cokelat dan 0.2 hingga 0.5 dalam 100 gram beras putih (Kondo, 2017). Berdasarkan Kusumastuty, 2021, kandungan serat tinggi dapat meningkatkan termogenesis tubuh karena kofaktor enzim yang bekerja pada proses metabolisme energi. Selain itu, kandungan serat tinggi akan 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 DM2 (Kondo, 2017).

Beras coklat mengandung serat dan mineral yang tinggi, seperti magnesium, mangan, dan kalium. Sehingga dapat memberikan rasa kenyang yang lebih lama serta meningkatkan termogenesis karena tersedianya kofaktor enzim yang bekerja pada metabolisme energi. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Conceicao (2003) menyebutkan bahwa wanita yang mengkonsumsi serat pangan sebanyak 20 gram per hari memiliki risiko peningkatan berat badan yang lebih rendah dibandingkan dengan wanita yang mengkonsumsi serat hanya 13 gram per hari. Kondisi berat badan berlebih dapat meningkatkan risiko

resistensi insulin. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Masuzaki dkk., (2021 yang menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kecambah beras coklat yang kaya akan zat aktif  $\gamma$ -oryzanol selama 8 minggu dapat menurunkan berat badan, BMI dan persentase lemak tubuh.

Menurut *in vivo*, mekanisme  $\gamma$ -oryzanol dalam beras coklat dapat menurunkan stress reticulum endoplasma hipotalamus akibat pemberian diet tinggi lemak, sehingga dapat pergantian preferensi makanan tinggi lemak menjadi makanan sehat. Selain itu  $\gamma$ -oryzanol juga melindungi sel  $\beta$  pankreas terhadap terjadinya apoptosis. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kondo dkk., 2017 menyatakan bahwa terdapat perbaikan fungsi endotel, marker inflamasi, stress oksidatif serta HbA1c pada pasien dengan DM tipe 2 setelah mengkonsumsi diet tinggi serat dengan penggunaan beras coklat. Perbaikan fungsi endotel berhubungan kuat dengan menurunnya persentase lemak tubuh. Beras coklat memiliki indeks glikemik yang rendah diketahui memiliki efek yang baik terhadap nilai antropometri dan profil metabolic pada manusia, diantaranya persentase lemak tubuh dan resistensi insulin.

Menurut Becker menyatakan bahwa konsumsi diet dengan indeks glikemik yang rendah selama 3 bulan mampu menurunkan berat badan, indeks masa lemak tubuh, persentase lemak tubuh, rasio pinggang panggul dan kadar leptin. Hal lain yang dapat berkontribusi pada penurunan persentase lemak tubuh yang terjadi pada subyek penelitian adalah tingginya jumlah serat dan kandungan magnesium dalam beras coklat. Peningkatan konsumsi serat dihubungkan dengan penurunan komposisi lemak tubuh. Beras coklat memiliki jumlah serat lima kali lebih banyak daripada beras putih, yaitu sebanyak 0,6 hingga 1 gram per 100 gram beras coklat dan 0,2 hingga 0,5 dalam 100 gram beras putih.

Asupan magnesium berbanding lurus dengan penurunan persentase lemak tubuh. Terdapat 230 mg magnesium dalam 100 gram beras coklat, sehingga dalam 3 porsi nasi coklat yang dikonsumsi dalam sehari terdapat 345 mg magnesium. Jumlah ini mencukupi 115 persen kebutuhan magnesium dalam sehari untuk wanita dengan berat badan sebesar 60 kg Diabetes tipe 2 sering dikaitkan dengan defisiensi magnesium intra dan ekstraselular. Insulin dan glukosa berperan penting sebagai regulator metabolisme magnesium. Kurangnya konsentrasi magnesium di dalam sel berpengaruh pada aktivitas tirosin kinase, gangguan reseptor insulin dan resistensi insulin pada pasien diabetes.

Pada orang dengan defisiensi magnesium, pemberian diet dengan magnesium cukup dapat meningkatkan fungsi insulin dan meningkatkan ekskresi PPAR  $\alpha$  yang merupakan faktor transkripsi yang berperan dalam oksidasi asam lemak yang berkontribusi pada penurunan persentase lemak tubuh. Kandungan lengkap makronutrien beras coklat dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Kandungan Gizi Beras Coklat

Kandungan Zat Gizi	Beras Coklat	Beras Putih
Energi (kkal)	123	130
Protein (g)	2,74	2,38
Total lemak (g)	0,97	0,21
Karbohidrat (g)	25,6	28,6
Total serat (g)	1,6	1,3
Kalsium (mg)	3	3
Zat besi (mg)	0,56	0,2
Natrium (mg)	4	0
Magnesium (mg)	39	13
Fosfor (mg)	103	37
Kalium (mg)	86	29
Zink (mg)	0,71	0,42
Vitamin B3 (mg)	2,56	0,4
Vitamin B6 (mg)	0,123	0,05
Thiamin (mg)	0,178	0,02
Riboflavin (mg)	0,069	0,016

Sumber: USDA, 2019a; USDA; 2019b

## 2. Jamur Tiram

### • Taksonomi dan Morfologi

Jamur merupakan bahan pangan fungsional yang telah dimanfaatkan sejak zaman dahulu. Jamur tiram merupakan salah satu jamur pangan yang memiliki spora namun tidak memiliki klorofil (Saputra, 2014). Jamur tiram secara alami tumbuh secara acak pada batang pohon yang membusuk. Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) banyak ditemukan oleh para petani jamur di Indonesia. Hal ini dikarenakan Indonesia mempunyai iklim tropis yang cocok untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur tiram putih. Klasifikasi taksonomi dari jamur tiram (Deepalakshmi, 2014):

Kingdom: *Fungi*  
 Division: *Amastgomycota*  
 Class: *Basidiomycetes*  
 Ordo: *Agaricales*  
 Family: *Agaricaeae*  
 Genus: *Pleurotus*  
 Species: *Pleurotus ostreatus*

- **Kandungan Gizi**

Jamur tiram telah digunakan sebagai makanan dan obat-obatan selama ribuan tahun (Asrafuzzaman, 2018). Hal ini karena jamur tiram memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, seperti tinggi protein, vitamin, dan mineral, namun memiliki kandungan rendah kalori, lemak, dan asam lemak esensial (Abdelazim, 2013). Kandungan lengkap makronutrien jamur tiram dapat dilihat pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3** Kandungan Gizi Jamur Tiram

Makronutrien	Kandungan (g/100 g jamur tiram kering)
Energi (kkal)	36,1
Protein (g)	17-42
Karbohidrat (g)	37-48
Lemak (g)	0,5-5
Serat (g)	24-31

Sumber: Deepalakshmi, 2014

Jamur tiram juga merupakan bahan pangan yang sangat bermanfaat dalam pencegahan DMT2 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 beta glukukan 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 GLUT 4 di otot. P-AMPK merupakan enzim yang berfungsi untuk menjaga metabolisme energi ketika terjadi fluktuasi glukosa dalam tubuh. Selain itu, Glut-4 merupakan

protein transporter yang membawa glukosa dari darah menuju otot untuk disimpan.

Selain dikonsumsi sebagai bahan makanan, jamur tiram juga dipercaya berkhasiat sebagai obat, terutama untuk mengobati penyakit liver, diabetes, anemia, kolesterol tinggi, serta sebagai antiviral dan antikanker. Kandungan serat jamur tiram yang tinggi dipercaya mampu membantu menurunkan berat badan. Beberapa manfaat jamur tiram antara lain:

- 1) Jamur tiram dapat menjadi sumber protein alternatif karena kadar protein jamur tiram lebih tinggi dibandingkan bahan makanan lain (jamur mengandung 19-35%, beras 7,3%, gandum 13,2% dan susu sapi 25,2%).
- 2) Jamur tiram dapat dijadikan suplemen bagi para pelaku diet karena jamur tiram mengandung serat berupa lignoselulosa yang sangat baik bagi pencernaan.
- 3) Jamur tiram dapat dijadikan sebagai makanan alternatif yang baik, khususnya bagi para penganut vegetarian dan penderita kolesterol tinggi. Kandungan gizi jamur setara dengan kandungan gizi pada daging, tetapi jamur tidak mengandung kolesterol jahat.
- 4) Kandungan senyawa pluran dalam jamur tiram dipercaya berkhasiat sebagai antitumor dan antikanker

### **3. Tepung Ikan Gabus**

- **Taksonomi dan Morfologi**

Ikan merupakan hewan vertebrata yang hidup di air yang 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 yang memiliki kemampuan dalam bertahan hidup selama musim kemarau dengan menggali lumpur pada danau atau rawa. Ikan gabus memiliki ukuran tubuh yang cukup kecil, bentuk tubuh memanjang dengan kepala bersisik. Ikan gabus pada bagian punggung memiliki warna hijau kehitaman dan pada bagian perut memiliki warna krem atau putih (Mukti, 2017). Menurut (Lono, 2017), klasifikasi ikan gabus sebagai berikut:

*Kingdom: Animalia*

*Filum: Chordata*

*Class: Actinopterygii*

*Ordo: Perciformes*  
*Family: Channidae*  
*Genus: Channa*  
*Species: Channa striata*

• **Kandungan Gizi**

Ikan gabus biasa digunakan dan dipelajari dalam beberapa penelitian kedokteran dan pangan fungsional karena kandungan proteinnya yang tinggi dibandingkan ikan air tawar lainnya. Kandungan protein dalam 100 gram daging gabus adalah 25,2 gram (Prastari, 2017). Selain itu ikan gabus mengandung albumin yang tinggi sehingga sangat membantu pasien pasca operasi, pasien luka bakar, atau proses penyembuhan luka yang albuminnya rendah (Mustafa, 2012). Selain itu, ikan gabus juga mengandung antioksidan dan zat anti diabetes. Hal ini disebabkan kandungan senyawa asam amino yang terdapat pada ikan gabus yaitu arginin dan leusin yang berfungsi mengatur kadar gula darah. Kandungan arginin dan leusin pada ikan gabus masing-masing sebesar 360 mg/g dan 470 mg/g (Mustafa, 2012). Arginin meningkatkan pengeluaran energi dan sensitivitas insulin dengan meningkatkan fungsi sel beta.

Leusin meningkatkan sekresi insulin sehingga dapat meningkatkan kontrol glikemik pada pasien DMT2 (Muhtadi, 2018). Antioksidan yang terdapat pada ikan gabus juga dapat mengurangi efek inflamasi pada DMT2 (Soniya, 2020). Untuk memperpanjang umur simpan, mempermudah penanganan, dan menambah luas permukaan, dilakukan proses penggilingan 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 sesuai dengan Tabel 2.4

**Tabel 2.4** Kandungan Gizi Daging dan Tepung Ikan Gabus

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

Sumber: Prastari, 2017

Kadar air tepung ikan gabus yang dihasilkan secara keseluruhan memenuhi standar mutu nasional. (Standar Nasional Indonesia (SNI) No.01-2175-1992 tentang persyaratan mutu standar Tepung ikan), yaitu kandungan air maksimum tepung ikan adalah 10%. Menurut Moeljanto (1992), kadar air tepung ikan berkisar antara 6-10%. Jarang dijumpai tepung ikan dengan kadar air kurang dari 6% sebab pada tingkat ini tepung ikan bersifat higroskopis. Apabila kadar airnya terlalu sedikit, maka akan terjadi keseimbangan dengan kelembapan tempat penyimpanan. Begitu pula sebaliknya, jika kadar air tepung ikan lebih dari 10% maka akan menurunkan mutu tepung ikan karena dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme khususnya bakteri Salmonella. Rata-rata kadar protein terlarut tepung ikan gabus berkisar antara 2,34% dan 10,88%.

Kadar protein terlarut pada tepung ikan gabus yang tertinggi diperoleh pada perlakuan pengukusan dan ekstraksi lemak, sedangkan kadar protein terlarut yang terendah diperoleh pada perlakuan perebusan. Adanya perbedaan kadar protein terlarut pada pembuatan tepung ikan gabus disebabkan oleh protein yang larut dalam air panas mudah terkoagulasi sehingga terjadi penurunan kadar protein data ini sejalan dengan Winarno (2002). Bahwa kelarutan protein globulin dapat dibagi dalam beberapa group yaitu: albumin, globulin, glutelin, prolamin, histon, dan protamin. Albumin memiliki sifat yang larut dalam air dan terkoagulasi oleh panas. Rata-rata kadar rendemen tepung ikan gabus berkisar antara 15,58% dan 16,47%. Kadar rendemen tepung ikan gabus tertinggi diperoleh pada perlakuan perebusan sedangkan rendemen tepung ikan gabus terendah diperoleh pada perlakuan pengukusan. Tinggi atau rendahnya rendemen pada produk tepung ikan gabus dapat dipengaruhi oleh penanganan pada saat penggilingan dan tingkat kesegaran ikan yang diolah. Menurut BPPHT (1995), faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya rendemen tepung ikan adalah tingginya kandungan air dalam bahan baku pada waktu perebusan dan terjadinya kesahan mekanis pada saat pengolahan.

#### **4. Tepung Wortel**

- **Taksonomi dan Morfologi**

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan salah satu jenis sayuran umbi umbian berwarna kuning atau oranye. Wortel tergolong tanaman tahunan karena mati setelah diproduksi. Tanaman wortel cocok untuk

daerah beriklim sedang seperti Asia Timur dan Tengah, sehingga banyak dibudidayakan di Indonesia khususnya di pulau Jawa (Rahma, 2017). Wortel merupakan sayuran yang bergizi tinggi. Salah satu nutrisi utama dalam wortel adalah antioksidan alfa-karoten,  $\beta$ -karoten, dan likopen. Menurut Sianturi, 2018, kandungan karotenoid pada wortel adalah 5 sampai 15 mg per 100 g wortel, sebagian besar adalah  $\beta$ -karoten dengan kandungan 2 sampai 10 mg. Menurut sebuah studi tahun 2018 oleh Sianturi, menambahkan tepung wortel juga dapat meningkatkan kadar antioksidan vitamin C dan vitamin E.

- **Kandungan Gizi**

Tepung wortel yang dihasilkan mengandung aktivitas antioksidan sebesar 18,8% (Sianturi, 2018). Antioksidan yang ditemukan dalam wortel bermanfaat bagi kesehatan Anda dengan melawan kerusakan akibat radikal bebas dan melindungi tubuh Anda dari stres oksidatif. Antioksidan juga melindungi sel pankreas dari radikal bebas sehingga memungkinkan sel tersebut mempertahankan fungsi sekresi insulin secara optimal (Bystricka, 2015). Wortel juga berpotensi menurunkan kadar gula darah pada manusia. Hal ini didukung oleh penelitian Kumar pada tahun 2020 yang meneliti efek anti-diabetes pada tikus albino, menemukan peningkatan kadar gula darah puasa pada tikus kontrol diabetes dibandingkan dengan tikus yang menerima intervensi. Penelitian lain mendukung hal ini, dengan studi Pouraboli tahun 2015 menemukan kadar trigliserida, kolesterol total, dan kolesterol LDL yang jauh lebih rendah.

**Tabel 2.5** Kandungan Zat Gizi Tepung Wortel 100 Gram

Kandungan Gizi	Jumlah
Energi (kkal)	93,75
Kadar air (%)	6,7
Kadar lemak (g)	1,15
Karbohidrat (g)	13,5
Protein (g)	7,7
Kadar $\beta$ -Karoten ( $\mu\text{g}/\text{gr}$ )	51,5

Sumber: Nuansa (2008)

Tepung wortel sebagai sumber provitamin A dan pewarna pangan, Dalam hubungan ini dipelajari stabilitas provitamin A dan warna dalam proses pembuatannya. Selain itu dipelajari pula pengaruh penambahan suatu antioksidan dalam usaha mempertahankan stabilitasnya. Pembuatan tepung wortel akan meningkatkan keanekaragaman

pemanfaatan wortel dan yang lebih penting adalah sebagai sumber provitamin A dan pewarna pangan. Pada bentuk tepung daya simpan akan meningkat, transportasinya mudah dan penggunaan selanjutnya lebih mudah daripada dalam bentuk segar.

## 5. Tepung Kelor

- **Taksonomi dan Morfologi**

Tanaman kelor telah diketahui memiliki banyak manfaat bagi manusia, terutama bagian daunnya (Augustyn, 2017). Daun kelor merupakan bagian dari tanaman kelor yang paling umum dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia (Augustyn, 2017). Daun kelor dapat dikonsumsi dengan cara dimasak terlebih dahulu atau diubah menjadi tepung kelor agar dapat ditambahkan ke berbagai jenis masakan maupun disimpan dalam waktu yang lebih lama (Mallillin, 2014). Penggunaan tepung daun kelor pada produk makanan akan meningkatkan kandungan zat gizi pada makanan tersebut. Tanaman Kelor (*Moringa Oleifera*) merupakan tanaman tropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Tanaman kelor mampu hidup di berbagai jenis tanah dan mudah dikembangbiakkan sehingga tidak memerlukan perawatan khusus. Tanaman kelor dijuluki dengan istilah "miracle tree" karena mengandung banyak 17 zat aktif dan tinggi gizi (Soraya, 2018). Daun kelor adalah bagian tubuh yang paling banyak digunakan karena kandungan antioksidannya paling tinggi (Melo, 2013)

- **Kandungan Gizi**

Daun kelor terkenal dengan kandungan gizinya yang tinggi protein dan kaya akan beberapa vitamin maupun mineral, seperti beta-karoten, vitamin C, Fe, fosfor, dan kalsium (Augustyn, et al., 2017). Daun kelor merupakan salah satu sumber serat pangan, terutama serat pangan tak larut air (Mallillin et al., 2014). Aktivitas antioksidan dan antimikroba pada kelor juga tinggi (Augustyn, et al., 2017). Kandungan-kandungan inilah yang membuat kelor memiliki efek yang baik bagi kesehatan manusia. Menurut hasil penelitian Alethea dan Ramadhian (2015), daun kelor terbukti memiliki efek antidiabetik dan antihiperlipidemik. Hal yang sama juga dikatakan oleh El-Desouki et al. (2015) bahwa daun kelor mampu menurunkan kadar glukosa darah, meningkatkan produksi insulin, dan mengembalikan aktivitas kerja sel beta pankreas pada tikus diabetes. Daun kelor terbukti memiliki sifat antidiabetik dan antihiperlipidemik. Daun

kelor dapat menurunkan kadar glukosa darah dan menurunkan kadar HbA1c dibandingkan dengan kelompok kontrol (Munim, 2019). Hal ini juga didukung karena daun kelor memiliki kandungan beta karoten dalam vitamin A, vitamin C untuk membantu pengontrolan sekresi insulin, dan vitamin E sebagai antioksidan.

**Tabel 2.6** Kandungan Gizi Daun Kelor

Zat Gizi	Daun Kelor per 100 g
Total Lemak (g)	6,7 – 8,4
Total Karbohidrat (g)	33,0 – 50,3
Protein (g)	27,9 – 46,4
Serat (g)	26,2 – 39,9

(Mallillin, 2014)

## 6. Tepung Tempe

- **Taksonomi dan Morfologi**

Tempe merupakan salah satu makanan sumber protein nabati yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kandungan protein pada tempe terkenal memiliki mutu dan daya cerna yang tinggi karena bahan dasar untuk membuat tempe adalah kedelai (Astawan, 2015). Kedelai merupakan sumber protein nabati dengan kandungan asam amino esensial terlengkap diantara sumber nabati lainnya (Astawan, 2015). Tempe termasuk salah satu pangan fungsional karena selain kandungan proteinnya yang bermanfaat bagi kesehatan, tempe juga memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi (Astawan, 2018). Komponen bioaktif dalam tempe, yaitu flavonoid isoflavone, memiliki peran dalam pencegahan penyakit kardiovaskuler, seperti jantung coroner, stroke, diabetes, dan hipertensi (Astawan, 2018).

- **Kandungan Gizi**

Tempe sangat baik untuk dikonsumsi oleh semua kelompok usia. Hal ini juga karena tempe mengandung banyak zat gizi, seperti zat besi, asam folat, dan vitamin B-12. Berdasarkan penelitian Yuniwati (2014), melalui proses fermentasi, tempe dapat meningkatkan kandungan zat besi sebesar 24.3% pada kedelai mentah. Tempe tanpa fortifikasi memiliki nilai rata-rata kadar zat besi sebesar 2.0 mg (Astuti, 2014). Selain itu, dari keluarga protein nabati, tempe juga menjadi salah satu sumber utama asam folat. Menurut Asmoro (2016), tempe yang diinkubasi dengan inokulum *Rhizopus oligosporus* selama 48 jam mengandung asam folat tertinggi, yaitu sebesar 2.0 mg/kg. Tempe juga mengandung tinggi vitamin

B-12 yang umumnya terdapat pada protein hewani. Hal ini karena proses fermentasi pada tempe melalui proses perendaman dan pengelupasan dari kulit kedelai (Pinasti, 2020). Kandungan vitamin B-12 pada tempe mentah adalah 0,08 µg/100 gram dan 0,14 µg/100 gram pada tempe matang (Sine, 2018). Kandungan energi pada 100 gram tepung tempe adalah 450 kkal (Putri, 2012). Selain itu, berdasarkan penelitian oleh Teguh, 2019, kandungan gizi tempe dan tepung tempe per 100 gram sesuai pada Tabel 2.7

**Tabel 2.7** Kandungan Gizi Tepung Tempe per 100 gram

<b>Komposisi</b>	<b>Tepung Tempe</b>
Air (g)	4,6
Protein (g)	48,0
Lemak (g)	24,7
Karbohidrat (g)	13,5
Serat (g)	2,5
Abu (g)	2,3

Sumber: Teguh, 2019