

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DIABETES MELLITUS TIPE 2

2.1.1 Pengertian

Diabetes Mellitus tipe 2 adalah penyakit kronis degeneratif yang ditandai dengan meningkatnya kadar gula darah puasa di atas angka normal (>126 mg/dl) (Depkes RI, 2007). Menurut Powers (2001) dalam Purnamasari dan Poerwantoro (2011) diabetes mellitus merupakan suatu kelompok penyakit metabolik yang ditandai dengan keadaan hiperglikemia. *American Diabetes Association* (2010) menambahkan karakteristik penyakit diabetes mellitus adalah hiperglikemia yang terjadi karena kesalahan sekresi insulin, kerja insulin, atau kedua-duanya. Apabila kondisi hiperglikemi kronis terjadi pada penderita diabetes, dalam jangka panjang menyebabkan disfungsi dan kegagalan beberapa organ tubuh terutama mata, ginjal, syaraf, jantung dan pembuluh darah (Soegondo, 2005).

Penegakan diagnosa diabetes mellitus memiliki beberapa kriteria. *American Diabetes Association* menganjurkan penapisan (skrining) diabetes mellitus pada orang yang berusia 45 th ke atas. Kriteria diagnose diabetes mellitus menurut standar pelayanan medis ADA dalam Kurniawan (2010).

Tabel 2.1. Kriteria Diagnosa Diabetes Mellitus menurut ADA 2010

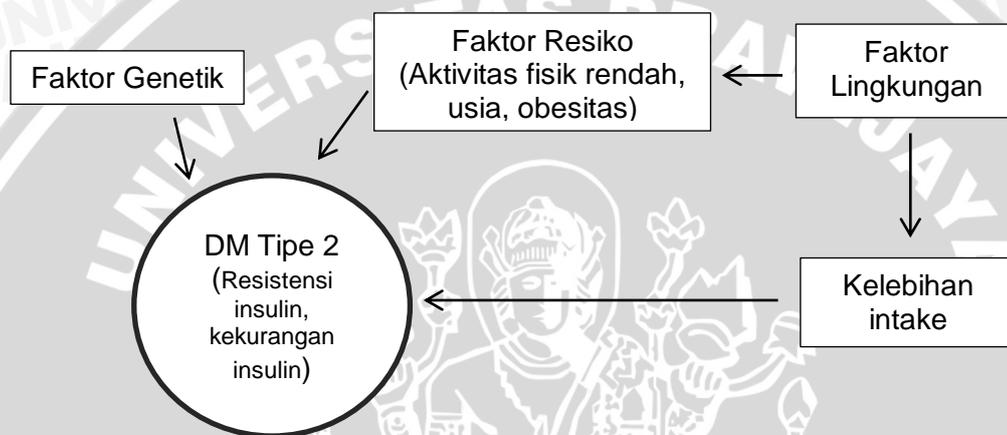
Kriteria Diagnosa DM	
1	HbA1C \geq 6.5%
2	Kadar gula darah puasa \geq 126 mg/dl (7,0 mmol/l)
3	Kadar gula darah 2 JPP \geq 200 mg/dl (11,1 mmol/l), pada tes toleransi glukosa oral yang dilakukan dengan 75 gr glukosa standar WHO.
4	Pasien dengan gejala klasik hiperglikemia atau krisis hiperglikemia dengan kadar gula darah sewaktu \geq 200 mg/dl (11,1 mmol/l).

Sumber: Indra K. 2010

2.1.2 Patofisiologi

Pada dasarnya, diabetes mellitus tipe 2 terjadi karena adanya resistensi insulin, namun, pada kebanyakan kasus yang terjadi diabetes mellitus tipe 2 disebabkan adanya resistensi insulin dan kerusakan sel β pancreas akibat pola makan dan pola hidup yang salah. Insulin endogen mungkin saja normal, berkurang atau bahkan meningkat tapi tidak mampu berkontribusi dalam pembentukan glukosa menjadi glikogen akibatnya terjadi hiperglikemia (Mahan, Kathlen, 2008). Penyebab defisiensi insulin pada diabetes tipe 2 masih belum sepenuhnya jelas. Berdasarkan data mengenai hewan percobaan dengan diabetes tipe 2, diperkirakan mula-mula resistensi insulin menyebabkan peningkatan kompensatorik masa sel beta dan produksi insulin. Pada mereka yang memiliki kerentanan genetik terhadap diabetes tipe 2, kompensasi ini gagal. Pada perjalanan penyakit selanjutnya, terjadi kehilangan 20% hingga 50% sel beta, namun jumlah ini belum dapat menyebabkan kegagalan dalam sekresi insulin yang dirangsang oleh glukosa. Namun, tampaknya terjadi gangguan dalam pengenalan glukosa oleh sel beta (Kumar, dkk, 2007).

Resistensi insulin juga berperan dalam jaringan adipose dalam jalur lipolysis dan proses pengolahan asam lemak bebas (*free fatty acid*). Hal ini terjadi pada penderita yang mengalami obesitas dimana terjadi penumpukan lemak di sekitar perut dan organ dalam. Dampaknya, peningkatan perubahan yang terus menerus pada asam lemak bebas ke liver sehingga menyebabkan peningkatan resistensi insulin (Mahan, Kathleen, 2008).

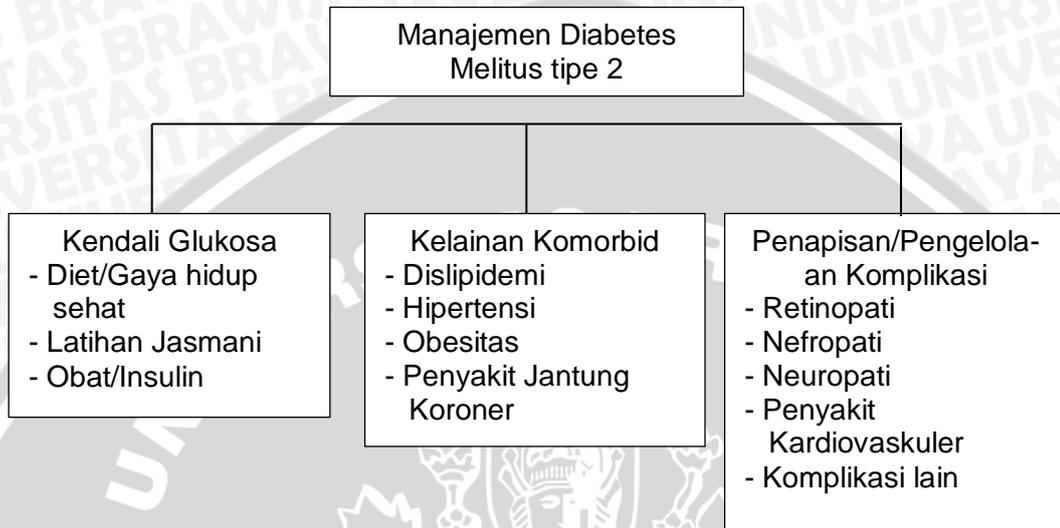


Gambar 2.1 Etiologi diabetes mellitus tipe 2 (Mahan, Kathleen, 2008)

Resistensi insulin pada diabetes tipe 2 ini juga berkaitan dengan obesitas. Obesitas menimbulkan stres berlebih pada sel beta, yang akhirnya mengakibatkan kegagalan dalam menghadapi peningkatan kebutuhan insulin (Kumar, dkk, 2007).

Penderita DM kronis yang tidak ditangani dengan baik dapat mengalami komplikasi berbagai penyakit, seperti jantung koroner, cerebrovaskuler yang mengakibatkan stroke, gagal ginjal dan retino pati diabetik yang dapat mengakibatkan kebutaan. Individu yang berisiko tinggi terkena penyakit ini adalah mereka yang mempunyai berat badan berlebih (obesitas), umur di atas 40 tahun, perokok, pola makan tidak benar, dan gaya hidup santai (kurang olah raga

atau aktivitas fisik). Kadar gula darah penderita DM dapat dikendalikan dengan melakukan pengelolaan dan pemilihan jenis pangan yang benar (Widowati, 2007).



Gambar 2.2 Bagan Pengelolaan Diabetes Mellitus Tipe 2 (Harrison, 2005)

2.1.3 Penatalaksanaan Gizi

Terapi gizi dalam diabetes mellitus merupakan bagian dari penatalaksanaan diabetes mellitus secara total. Kunci keberhasilan terapi gizi adalah keterlibatan seluruh anggota tim (dokter, ahli gizi, petugas kesehatan lain, pasien dan keluarga). Prinsip pengaturan makan pada penderita dengan diabetes mellitus tipe 2 adalah makanan seimbang yang sesuai dengan kebutuhan energi dan zat gizi masing – masing individu. Pada penderita diabetes mellitus, yang perlu ditekankan pada pentingnya keteraturan makan dalam hal jadwal makan, jenis, dan jumlah makanannya terutama pada pasien yang menggunakan insulin (Perkeni, 2011).

Dalam Konsensus diabetes mellitus tipe 2 (2011), diet bagi penderita diabetes memiliki Komposisi makanan yang dianjurkan terdiri dari:

1. Karbohidrat

- a. Karbohidrat yang dianjurkan sebesar 45 – 65 % Total asupan energi dan diutamakan karbohidrat kompleks.
- b. Pembatasan karbohidrat total <130 g/hari tidak dianjurkan.
- c. Makanan harus mengandung karbohidrat terutama yang berserat tinggi.
- d. Gula dalam bumbu diperbolehkan sehingga penyandang diabetes dapat makan sama dengan makanan keluarga yang lain.
- e. Sukrosa tidak boleh lebih dari 5% total asupan energi.
- f. Pemanis alternatif dapat digunakan sebagai pengganti gula, asal tidak melebihi batas aman konsumsi harian (*Accepted – Daily Intake*).
- g. Makan tiga kali sehari untuk mendistribusikan asupan karbohidrat dalam sehari. Kalau diperlukan dapat diberikan makanan selingan buah atau makanan lain sebagai bagian dari kebutuhan kalori sehari.

2. Lemak

- a. Asupan lemak dianjurkan sekitar 20 – 25 % kebutuhan kalori. Tidak diperkenankan melebihi 30% total asupan energi.
- b. Lemak jenuh < 7 % kebutuhan kalori.
- c. Lemak tidak jenuh ganda < 10 %, selebihnya dari lemak tidak jenuh tunggal.
- d. Bahan makanan yang perlu dibatasi adalah yang banyak mengandung lemak jenuh dan lemak trans antara lain: daging berlemak dan susu penuh (*whole milk*).
- e. Anjuran konsumsi kolesterol < 200 mg/hari.

3. Protein

- a. Dibutuhkan sebesar 10 – 20% total asupan energi.

- b. Sumber protein yang baik adalah *seafood* (ikan, udang, cumi,dll), daging tanpa lemak, ayam tanpa kulit, produk susu rendah lemak, kacang-kacangan, tahu, dan tempe.
 - c. Pada pasien dengan nefropati perlu penurunan asupan protein menjadi 0,8 g/KgBB perhari atau 10% dari kebutuhan energi dan 65% hendaknya bernilai biologik tinggi.
4. Natrium
- a. Anjuran asupan natrium untuk penyandang diabetes sama dengan anjuran untuk masyarakat umum yaitu tidak lebih dari 3000 mg atau sama dengan 6-7 g (1 sendok teh) garam dapur.
 - b. Mereka yang hipertensi, pembatasan natrium sampai 2400 mg.
 - c. Sumber natrium antara lain adalah garam dapur, vetsin, soda, dan bahan pengawet seperti natrium benzoat dan natrium nitrit.
5. Serat
- a. Seperti halnya masyarakat umum penyandang diabetes dianjurkan mengonsumsi cukup serat dari kacang-kacangan, buah, dan sayuran serta sumber karbohidrat yang tinggi serat, karena mengandung vitamin, mineral, serat, dan bahan lain yang baik untuk kesehatan
 - b. Anjuran konsumsi serat adalah ± 25 g/hari.
6. Pemanis Alternatif
- a. Pemanis dikelompokkan menjadi pemanis berkalori dan pemanis tak berkalori. Termasuk pemanis berkalori adalah gula alkohol dan fruktosa.
 - b. Gula alkohol antara lain isomalt, lactitol, maltitol, mannitol, sorbitol dan xylitol.

- c. Dalam penggunaannya, pemanis berkalori perlu diperhitungkan kandungan kalornya sebagai bagian dari kebutuhan kalori sehari.
- d. Fruktosa tidak dianjurkan digunakan pada penyandang diabetes karena efek samping pada lemak darah.
- e. Pemanis tak berkalori yang masih dapat digunakan antara lain aspartam, sakarin, acesulfame potassium, sukralose, dan neotame.
- f. Pemanis aman digunakan sepanjang tidak melebihi batas aman (*Accepted Daily Intake / ADI*)

2.2 TEPUNG KOMPOSIT

2.2.1 Beras Hitam

Beras Hitam (*Oryza sativa L. indica*) merupakan jenis beras yang mengandung antosianin dalam aleron yang lebih tinggi dibanding beras putih.

Taksonomi beras hitam adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Subkelas	: commelinidae
Ordo	: Glumiforae
Famili	: Poaceae/Gramineae
Subfamili	: Oryzoideae
Suku	: Oryzeae

Genus : *Oryza*

Spesies : *Oryza sativa* L.

Sub spesies : japonica/indica (Vaughan et al, 2003)

Beras hitam bisa menjadi sumber antosianin yang bisa berfungsi sebagai antioksidan. selain antioksidannya tinggi, beras hitam juga lebih banyak mengandung serat dan vitamin E tetapi lebih sedikit mengandung gula. Dan sangat cocok bagi penderita Diabetes sebagai makanan pengganti yang sehat dan memperbaiki kadar insulin dalam gula darah. Berdasarkan Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM) yang dikeluarkan oleh Persatuan Ahli Gizi Indonesia (Persagi) beras hitam kaliumnya lebih tinggi sebanyak 105 mg dibandingkan dengan beras merah yang hanya 85 mg (pada 100 g bahan makanan). Selain itu, hasil analisis Laboratorium Pangan dan Gizi Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gadjah Mada menunjukkan kadar protein beras hitam 7,88 %, lebih tinggi ketimbang beras putih yang memiliki kadar protein sebesar 6,8 %. Namun, kandungan karbohidratnya hanya 74,81%, sedikit lebih kecil dibandingkan beras putih yang 78,9%. Karbohidrat yang terdapat dalam beras hitam merupakan karbohidrat kompleks dengan kandungan amilopektin lebih tinggi dibandingkan amilosa (<20%) (Anonim, 2009). Hal ini mempengaruhi kandungan serat yang terdapat pada beras hitam hampir sama dengan beras merah (Takashi, dkk. 2001). Xia et al. (2003) dalam Kusuma Wardani (2010) disebutkan kandungan beras hitam tercantum dalam tabel 2.2

Penelitian yang dilakukan Kusuma Wardani (2010) pada mencit yang diinduksi *Streptozotocin* menunjukkan bahwa pemberian beras hitam dapat menurunkan kadar glukosa darah sebanding dengan metformin.

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Beras Hitam

Unsur	Kadar (Unit/100 g)
Protein	13.9
Lemak	13.2
Karbohidrat	47.36
Kadar Air	9.8
Serat Kasar	8.32
Mineral	7420
Fosfor	1694.1
Kalsium	0.20
Kalium	673.7
Magnesium	79.4
Natrium	2.11
Besi	16.46
Zinc	8.96
Tembaga (Cu)	1.49
Selenium	0.15
Vitamin B ₁	2.30
Vitamin B ₂	0.4
Vitamin E	0.6
Asam nikotin	21
Flavonoids	6.4

Sumber: Xia et al dalam Kusuma W R., 2010

2.2.2 Tempe

Tempe merupakan produk pangan tradisional Indonesia yang diolah melalui proses fermentasi kedelai, terutama oleh kapang *Rhizopus oligosporus*, dan *R. oryzae*. Secara umum tempe dibuat melalui tahap-tahap perendaman, perebusan, penirisan, inokulasi dengan kapang dan inkubasi selama dua hari. Sebagai bahan pangan, tempe memiliki fungsi primer sebagai sumber zat gizi dan fungsi tersier sebagai senyawa bioaktif.

Selain mikroorganisme utama *Rhizopus sp.* yang berperan dalam fermentasi tempe, terdapat pula bakteri yang terlibat pada proses fermentasi dan dapat meningkatkan produksi total isoflavon tempe. Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa jenis bakteri tertentu Sebagai senyawa bioaktif, tempe telah diketahui mengandung senyawa bioaktif isoflavon dalam bentuk aglikon dan glukosida. Senyawa isoflavon aglikon diantaranya seperti genistein, daidzein, dan glisitein. Selain ketiga jenis isoflavon aglikon tersebut pada tempe juga ditemukan isoflavon faktor-2 (6,7,4-trihidroksil isoflavon) (Pokorny dalam Astuti, 2008).

Isoflavon dapat menurunkan pembentukan senyawa radikal dan ROS melalui dekomposisi hydrogenperoksida, menginaktifkan singlet oksigen yang aktif dan menangkap serta menginaktifkan senyawa radikal sebelum mencapai sel target (Frank et al.,2000). Mekanisme yang ketiga sangat mungkin terjadi akan kemampuan isoflavon menyumbangkan atom hydrogen kepada senyawa radikal.

Sifat antioksidan isoflavon ditunjukkan melalui gugus hidroksilnya. Ketika isoflavon berinteraksi dengan senyawa radikal (oksidan), maka senyawa isoflavon memberikan satu gugus H kepada senyawa radikal. Saat itu juga, senyawa isoflavon berubah menjadi radikal isoflavon, sedangkan senyawa radikal menjadi stabil. Meskipun isoflavon berubah menjadi radikal, senyawa tersebut tidak memiliki potensi untuk melakukan propagasi. Radikal tersebut akan dinonaktifkan oleh senyawa radikal lain sehingga kembali menjadi stabil (Green, 2007).

Produk turunan tempe yang mampu bertahan dalam waktu lebih lama dan dapat digunakan sebagai olahan yang langsung adalah tepung tempe.

Kandungan gizi tepung tempe yang tercantum dalam Bastian, dkk disajikan pada tabel 2.4. Dalam pembuatan produk, tepung tempe memiliki beberapa kelemahan diantaranya daya larut rendah dan aroma langu tempe. Bau langu pada tempe dapat diminimalisir dengan proses blansir selama ± 15 menit (Bastian, dkk).

Tabel 2.4 Kandungan Gizi Tepung Tempe

Unsur	Kadar (%/100g)
Protein	46
Lemak	24.7
Total Karbohidrat	19.3
Serat	2.5

Sumber: Bastian F, dkk. 2013

2.2.3 Susu Skim

Susu skim adalah bagian dari susu yang tertinggal setelah lemak dipisahkan melalui proses separasi. Laktosa yang terkandung dalam susu skim adalah 5% dengan pH 6,6. Laktosa merupakan karbohidrat utama dalam susu (Rahman et al dalam Septiani 2013).

Susu skim disebut juga padatan susu tanpa lemak adalah bagian yang tertinggal sesudah krim diambil sebagian atau seluruhnya. Susu skim mengandung utama zat makanan dari susu kecuali lemak dan vitamin-vitamin yang larut dalam lemak. Susu skim dapat digunakan oleh orang yang menginginkan nilai kalori rendah didalam makanannya, karena susu skim hanya mengandung 55% dari seluruh energi susu. (Buckle *et al*, 1987). Susu skim dibuat dengan cara pengeringan atau spray dryer untuk menghilangkan sebagian air dan lemak tetapi masih mengandung laktosa, protein, mineral, vitamin yang

larut lemak, dan vitamin yang larut air (B12). Kandungan tepung susu skim sama dengan kandungan yang terdapat dalam susu segar tetapi berbeda dalam kandungan lemaknya yaitu $\pm 1\%$. Tepung susu skim digunakan untuk mencapai kandungan solid non fat pada produk dan sebagai sumber protein serta memperbaiki tekstur pada produk akhir (Buckle *et al*, 1987).

Fungsi susu dalam pembuatan produk yaitu menambah nilai gizi, menambah rasa dan aroma. Susu harus memiliki butiran halus, aroma harum khas susu, tidak apek, bersih dari kotoran, warna sesuai dengan aslinya dan tidak menggumpal (Alliem, 1995).

2.2.4 Minyak Kelapa

Minyak kelapa kaya akan kandungan asam lemak rantai sedang atau disebut dengan MCT (*Medium Chain Triglycerides*). MCT adalah trigliserida (triasilgliserol) yang tiga posisi gliserolnya berikatan ester dengan asam lemak (*Fatty Acids*) rantai menengah, C6:0-C12:0, oleh karena itu dikenal juga sebagai *Medium Chain Fatty Acids* (MCFA). MCT banyak terdapat pada minyak kelapa (>50% C6-C12), minyak inti kelapa sawit, *babassu and cohune palm kernel oils*, *cuphea oil*, susu sapi dan air susu ibu (Arpi, 2013). Jenis lemak ini tidak membutuhkan kerja garam empedu dan lipase pankreas untuk dapat diserap dibandingkan dengan LCT.

MCT mempunyai ukuran molekul lebih kecil, titik cair yang lebih rendah, cair pada suhu ruang, dan kandungan energi yang lebih rendah (8,4 dibanding 9,2 Kkal/ g). Hal ini menyebabkan metabolisme MCT sangat berbeda, antara lain, dapat langsung dicerna dan mudah diserap sehingga menyediakan sumber energi yang cepat, dan tidak disimpan sebagai lemak tubuh (Arpi, 2013). Selain

itu transportasi MCT langsung ke pembuluh darah melalui sistem portal (AsDi, 2005). MCT sebagai sumber energi yang mudah tersedia juga penting dalam terapi stress, atlet ekstrim, bayi terbelakang, dan sebagai zat penguat sensitivitas insulin, pengurang kerusakan usus dan keracunan hati, serta zat antimikroba. MCT juga digunakan untuk campuran formula cairan untuk pasien dengan pembatasan konsumsi cairan, seperti penderita AIDS, fibrosis kista, paska operasi kanker, terbakar, penyakit pernafasan, hati dan usus. Akan tetapi, MCT yang berlebihan diduga dapat menurunkan tingkat kolesterol dan trigliserida puasa, mual dan sakit perut, yang dapat diatasi misalnya dengan menggunakan sistem liposome pembawa (*carrier*) MCT yang sesuai (Liu *et al.*, 2011).

2.2.5 Brokoli

Brokoli mengandung kandungan air, protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, zat besi, vitamin (A, C, E, tiamin, riboflavin, nikotinamide, beta karoten), mineral (kromium, kalsium, magnesium, fosfor, dll) dan glutation. Selain itu, brokoli mengandung senyawa sianohidroksibutena (CHB), sulforanat, dan iberin yang merangsang pembentukan glutation (Parker S, 2008). Menurut Gibson (2005) brokoli merupakan salah satu sumber kromium yang baik.

Kromium adalah mineral yang esensial untuk memelihara metabolisme glukosa dan lemak secara normal (Schlenker, 1998). Sumber kromium yang terdapat dalam makanan disajikan dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Kandungan Kromium dalam bahan makanan

Bahan Makanan	URT	Kadar kromium (μg)
Brokoli	$\frac{1}{2}$ cangkir	11
Jus Anggur	1 cangkir	8
Muffin	1 buah	4
Bubur kentang	1 cangkir	3
Bawang putih kering	1 sdt	3
Daun basil kering	1 sdm	2
Daging sapi	3 ons	2
Jus Jeruk	1 cangkir	2
Ayam Kalkun bagian dada	3 ons	2
Roti Gandum utuh	2 lembar	2
Anggur merah	5 ons	1 – 13
Apel tanpa kupas	1 buah sedang	1
Pisang	1 buah sedang	1
Kacang Hijau	$\frac{1}{2}$ cangkir	1

Sumber: SW Souci, W Fachmann, H Kraut. 2008

Sedangkan kandungan kromium dalam bentuk tepung brokoli sebesar 0.036 mg/kg (Desy, 2014). Kekurangan kromium berakibat pada penurunan sensitifitas insulin. Status kromium akan menurun seiring dengan bertambahnya usia sehingga pada usia lanjut resiko kekurangan kromium lenoh tinggi dibandingkan dengan usia muda (Rousel AM, dkk. 2007).

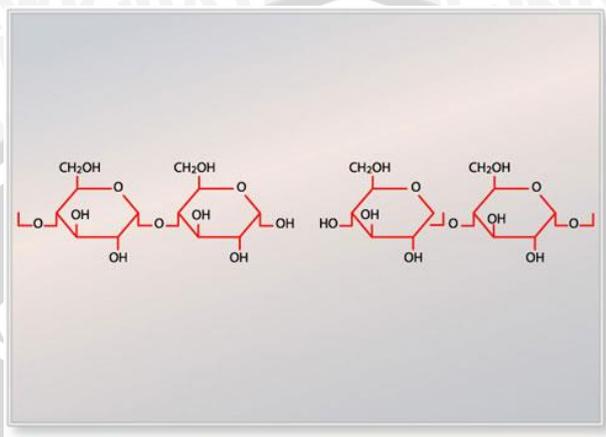
Kromium membantu interaksi insulin dengan reseptor insulin yang berada di membran sel (Schlenker, 1998). Menurut Dunne (2002), kromium merupakan *trace elements* yang penting untuk memproduksi substansi yang disebut sebagai

factor toleransi glukosa atau *Glucose tolerance factor* (GTF). *Glucose tolerance factor* (GTF) terdiri dari kromium, asam nikotinat, dan glutathion (Mahan, 1992). Kromium juga berperan sebagai kofaktor insulin dan membantu masuknya insulin ke dalam sel. (Moninia dalam buku *Basic Nutrition of Filiphina*,1998). Kromium kemungkinan juga berkaitan dengan metabolisme lemak sebagai akibat dari peran resistensi insulin dimana yang berfungsi untuk mendorong terjadinya hipertigliserida dan meningkatkan sekresi VLDL kolesterol dari hati (Kraegen et all, 2001 dalam buku *Principles of Nutritional Assessment*).

2.2.6 Maltodekstrin

Maltodekstrin merupakan gula tidak manis dan berbentuk bubuk berwarna putih dengan sifat larut dalam air. Gula ini dihasilkan dengan cara hidrolisis pati jagung secara tidak sempurna dengan asam atau enzim dan juga merupakan polimer sakarida terdiri dari D-glukosa berikatan terutama dengan 1,4 glikosidik. Dengan proses ini pati diuraikan secara bertahap menjadi fragmen yang makin lama makin kecil dan akhirnya menjadi glukosa (dekstroza) murni. Derajat depolimerisasi dinyatakan dengan kesetaraan dekstroza (DE) dan didefinisikan sebagai jumlah gula reduksi total yang dinyatakan sebagai dekstroza dan dihitung sebagai persentase dari bahan kering total, hasil urai dengan derajat polimerisasi 3 sampai 20 dikenal sebagai maltodekstrin. Rumus umum maltodekstrin adalah $[(C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$ (Anonim, 2008), struktur kimia maltoekstrin pada gambar 2.3. Maltodekstrin sangat banyak aplikasinya, seperti halnya pati maltodekstrin merupakan bahan pengental sekaligus dapat sebagai emulsifier. Kelebihan maltodekstrin adalah bahan tersebut dapat dengan mudah melarut pada air dingin. Aplikasinya penggunaan maltodekstrin contohnya pada minuman susu

bubuk, minuman berenergi (*energen*) dan minuman prebiotik (Anonim, 2008). Maltodekstrin dipakai dalam industri makanan sebagai pengental dan pemantap (Schenk dan Hebeda, 1992).



Gambar 2.3 Struktur Kimia Maltodekstrin

2.3 NILAI GIZI PROXIMAT

2.3.1 Protein

Protein merupakan sumber gizi utama, yaitu sebagai sumber asam amino. Diantaranya terdapat 8 dari 20 asam amino penyusun protein yang merupakan zat gizi esensial yang diperlukan tubuh, yaitu lisin, triptofan, fenilalanin, metionin, treonin, leusin, isoleusin, dan valin (Nuri A., 2011). Protein dapat diabsorpsi bila dalam bentuk peptide pendek (*small peptida*) atau asam amino bebas. Oleh karenanya intact protein dan sebagian protein hidrolisat masih membutuhkan proses pencernaan lebih lanjut sebelum diubah menjadi bentuk yang siap diserap (AsDi, 2005).

Pengolahan bahan pangan berprotein yang tidak dikontrol dengan baik dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai gizinya. Secara umum pengolahan bahan pangan berprotein dapat dilakukan secara fisik, kimia atau

biologis. Secara fisik biasanya dilakukan dengan penghancuran atau pemanasan, secara kimia dengan penggunaan pelarut organik, pengoksidasi, alkali, asam atau belerang dioksida; dan secara biologis dengan hidrolisa enzimatis atau fermentasi. Diantara cara pengolahan tersebut, yang paling banyak dilakukan adalah proses pengolahan menggunakan pemanasan seperti sterilisasi, pemasakan dan pengeringan. Sementara itu kita ketahui bahwa protein merupakan senyawa reaktif yang tersusun dari beberapa asam amino yang mempunyai gugus reaktif yang dapat berikatan dengan komponen lain, misalnya gula pereduksi, polifenol, lemak dan produk oksidasinya serta bahan tambahan kimia lainnya seperti alkali, belerang dioksida atau hidrogen peroksida. Perlakuan dengan alkali dapat menyebabkan terjadinya rasemisasi asam amino, perubahan bentuk L menjadi bentuk D. Selain itu juga dapat terjadi reaksi antara asam amino yang satu dengan yang lain, misalnya terbentuknya lisiolalanin dari lisin dan alanin. Hal tersebut dapat menyebabkan menurunnya nilai gizi protein akibat terjadinya penurunan daya cerna protein dan ketersediaan atau availabilitas asam-asam amino esensial. Selain itu reaksi antara protein dengan gula pereduksi yang dikenal dengan reaksi Maillard, juga merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan protein selama pengolahan dan penyimpanan (Palupi dkk, 2007).

2.3.2 Lemak

Lemak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia (Winarno, 2004). Walaupun energi yang dihasilkan dari oksidasi satu molekul lemak lebih tinggi (sekitar 9 kkal) dari energi hasil oksidasi karbohidrat, lemak disebut sebagai sumber energi kedua setelah karbohidrat

(Tejasari, 2005). Minyak kelapa kaya akan kandungan asam lemak rantai sedang atau disebut dengan MCT (*Medium Chain Triglycerides*). Jenis lemak ini tidak membutuhkan kerja garam empedu dan lipase pankreas untuk dapat diserap dibandingkan dengan LCT. Selain itu transportasi MCT langsung ke pembuluh darah melalui sistem portal (AsDi, 2005).

Tingkat kerusakan lemak tergantung suhu yang digunakan serta lamanya waktu proses pengolahan. Makin tinggi suhu yang digunakan, maka kerusakan lemak akan semakin intens. Asam lemak esensial terisomerisasi ketika dipanaskan dalam larutan alkali dan sensitif terhadap sinar, suhu dan oksigen. Proses oksidasi lemak dapat menyebabkan inaktivasi fungsi biologisnya dan bahkan dapat bersifat toksik. Suatu penelitian telah membuktikan bahwa produk volatil hasil oksidasi asam lemak babi bersifat toksik terhadap tikus percobaan. Pada proses pemanggangan yang ekstrim, asam linoleat dan kemungkinan juga asam lemak yang lain akan dikonversi menjadi hidroperoksida yang tidak stabil oleh adanya aktivitas enzim lipoksigenase. Perubahan tersebut akan berpengaruh pada nilai gizi lemak dan vitamin (oksidasi vitamin larut-lemak) produk (Palupi dkk, 2007).

2.3.3 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber energi utama pada hampir seluruh nutrisi. Bentuk karbohidrat berpengaruh pada osmolaritas, tingkat kemanisan dan daya cerna. Semakin panjang rantai glukosa semakin tinggi osmolalitas dan tingkat kemanisan semakin cepat dicerna (AsDi, 2005). Kebutuhan karbohidrat pada penderita diabetes mellitus tipe 2 menurut Perkeni (2011) sebesar 45 – 60% dari total kalori.

Karbohidrat dalam bahan pangan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu karbohidrat yang dapat dicerna, yaitu monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa dsb); disakarida (sukrosa, maltosa, laktosa) serta pati. Kelompok yang kedua karbohidrat yang tidak dapat dicerna, seperti oligosakarida penyebab flatulensi (stakiosa, rafinosa dan verbaskosa) serta serat pangan (*dietary fiber*) yang terdiri dari selulosa, pektin, hemiselulosa, gum dan lignin. Pengaruh pemanggangan terhadap karbohidrat umumnya terkait dengan terjadinya hidrolisis. Sebagai contoh, pemanggangan akan menyebabkan gelatinisasi pati yang akan meningkatkan nilai cernanya. Sebaliknya, peranan karbohidrat sederhana dan kompleks dalam reaksi Maillard dapat menurunkan ketersediaan karbohidrat dalam produk-produk hasil pemanggangan. Proses ekstrusi HTST (*high temperature, short time*) diketahui dapat mempengaruhi struktur fisik granula pati metah, membuatnya kurang kristalin, lebih larut air dan mudah terhidrolisis oleh enzim. Proses tersebut dikenal dengan istilah pemasakan atau gelatinisasi. Karena kondisi kelembaban rendah pada ekstruder, gelatinisasi secara tradisional yang melibatkan perobekan (*swelling*) dan hidrasi granula pati tidak terjadi. Melalui penelitian lain dilaporkan bahwa beberapa hasil hidrolisis pati dihasilkan selama proses ekstrusi. Adanya mono- dan oligosakarida, seperti glukosa, fruktosa, melibiosa, maltosa dan maltiosa membuktikan bahwa polisakarida didegradasi selama proses ekstrusi untuk menghasilkan produk yang lebih mudah dicerna. Selain itu juga diteliti pengaruh ekstrusi terhadap fraksi amilosa dan amilopektin tepung gandum dan singkong. Hasilnya menunjukkan bahwa rantai makromolekul terpecah menjadi dua molekul tersebut, amiloda dan amilopektin, yang diindikasikan dari viskositas, permeasi gel-kromatografi dan berat molekul rata-ratanya. Perubahan terhadap daya cernanya tidak secara

spesifik diukur, tetapi diduga kedua fraksi pati tersebut menjadi lebih mudah dicerna (Palupi dkk, 2007).

2.3.4 Serat Kasar

Serat makanan adalah komponen bahan makanan nabati yang penting yang tahan terhadap proses hidrolisis oleh enzim-enzim pada system pencernaan manusia. Komponen yang terbanyak dari serat makanan ditemukan pada dinding sel tanaman. Komponen ini termasuk senyawa structural seperti selulosa, hemiselulosa, pectin dan lignin.

Serat makanan secara umum merupakan polisakarida yang terdapat pada dinding sel, beberapa dari senyawa tersebut bukan merupakan polisakarida maupun senyawa dinding sel, Senyawa-senyawa seperti pectin interseluler, lignin yang merupakan senyawa nonkarbohidrat sturktural dan beberapa polisakarida interseluler seperti gum dan musilase juga digolongkan sebagai serat makanan.

Istilah serat makanan (*dietary fiber*) harus dibedakan dengan istilah serat kasar (*crude fiber*) yang biasa digunakan dalm analisa proksimat bahan pangan. Serat kasar adalah bagian dari pangan yang tidak dapat dihidrolisis oleh bahan-bahan kimia yang di-gunakan untuk menentukan kadar serat kasar yaitu asam sulfat (H_2SO_4 1.25%) dan natrium hidroksida (NaOH 1.25%). Sedang serat makanan adalah bagian dari bahan pangan yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan.

Tabel 2.4 Komponen Serat dalam Berbagai Bahan Pangan

Jenis Bahan Pangan	Jenis Jaringan	Komponen Serat Pangan yang Terkandung
Buah – buahan dan sayuran	Terutama Jaringan Prenkim	Selulosa, Substansi pektat, hemiselulosa dan beberapa glikoprotein
	Beberapa jaringan terlignifikasi	Selulosa, lignin, hemiselulosa dan beberapa jenis glikoprotein
Sereal dan Hasil Olahannya	Jaringan Parenkim	Hemiselulosa, selulosa, ester - ester
	Jaringan terlignifikasi	fenolik dan glikoprotein
Biji - bijian selain sereal	Jaringan Parenkim	Selulosa, hemiselulosa, substansi pektat dan glikoprotein
	Jaringan dengan penebalan dinding endosperma	Selulosa, hemiselulosa, substansi pektat dan glikoprotein.
Aditif pangan		Galaktomanan, sejumlah sesulosa
		Gum guar, gum arabik, gum alginat, karagenan, gum xanthan, selulosa termodifikasi, pati termodifikasi, dll.

Sumber: Clara M. 2006

2.4 SUSU SEREAL

Susu sereal terbuat dari biji – bijian dan didesain untuk dipasarkan kepada konsumen sebagai makanan sarapan pagi siap saji (Triblehorn, 1991).

Susu sereal merupakan serbuk instan yang terbuat dari susu bubuk dan sereal dengan penambahan bahan makanan lain dan atau tanpa bahan tambahan makanan yang diizinkan (SNI, 1996). Bahan baku yang digunakan berasal dari jenis sereal seperti gandum, jagung, beras. Secara umum, sereal digolongkan menjadi dua jenis yakni sereal tradisional dan biasa disebut dengan *hot cereals* yang membutuhkan pemasakan atau panas sebelum disajikan. Golongan selanjutnya merupakan sereal siap saji (*cold cereals*), jenis ini tidak memerlukan panas sehingga bisa langsung dikonsumsi atau dengan penambahan susu (Triblehorn, 1991).

Sereal tradisional mendominasi produk sereal yang ada dan diproduksi dengan bahan baku dari oat, farina (gandum), beras dan jagung. Sereal yang berasal dari oat terdiri dari 3 jenis yakni *old-fashioned oatmeal*, *quick oatmeal*, dan *instant oatmeal*. Secara umum, proses pembuatan sereal dilakukan dengan cara pembersihan bahan, penggilingan, proses pencampuran bahan, pemanasan, pengeringan (pembuatan dalam bentuk flake) dan pengemasan (Triblehorn, 1991).

Pengolahan sereal siap saji lebih panjang daripada sereal tradisional karena pati dan bahan komponen lain harus matang. Proses diawali dengan pembersihan bahan, pemasakan, proses pembentukan bahan seperti yang diinginkan (extruded, shredded, flake atau puffed), pengeringan, pendinginan, dan pengemasan. Sebelum pengemasan harus ada quality control untuk memastikan apakah bahan tersebut sudah benar – benar matang dikarenakan pada produk tersebut langsung dikonsumsi oleh konsumen tanpa adanya proses pemasakan terlebih dahulu. Ciri khas produk ini adalah kadar air yang rendah dengan tekstur renyah dalam bentuk serpihan (flake), hancuran atau parutan

(shredded), mengembang (puffed), panggang (baked), dan ekstrudat (extruded) (Triblehorn, 1991).

Di Indonesia syarat mutu dan cara uji sereal dicantumkan dalam SNI 01-4270-1996. Persyaratan tersebut mencakup kadar air, protein, lemak, karbohidrat dan serat kasar. Umur simpan sereal sekitar 6 – 12 bulan dimana kerusakan utama disebabkan oleh kadar air yang meningkat dan perubahan flavor sebagai akibat reaksi oksidasi lemak dan komponen flavor lainnya (Warthesen dan Muelenkamp, 1997).

