

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Diabetes Melitus (DM) adalah suatu sindrom gangguan metabolisme yang ditandai dengan hiperglikemia sebagai akibat defisiensi sekresi insulin atau berkurangnya aktivitas biologis insulin atau keduanya (*American Diabetes Association*, 2011). Secara klinik Diabetes Melitus adalah sindrom yang merupakan gabungan kumpulan gejala-gejala klinik yang meliputi aspek metabolik dan vaskuler yaitu hiperglikemi puasa dan post prandial, aterosklerotik dan penyakit vaskuler mikroangiopati, serta hampir semua organ tubuh akan terken dampaknya. Penderita diabetes dianjurkan agar tidak mengkonsumsi makanan dengan indeks glikemik tinggi, Karena dapat meningkatkan glukosa darah.

Data dari IDF (*International Diabetes Federation*) tahun 2012 menyatakan bahwa penderita diabetes di seluruh dunia tahun 2012 mencapai 371 juta orang sedangkan pada tahun 2013 diperkirakan mencapai 382 juta orang. Jika tidak ada tindakan yang dilakukan maka diperkirakan jumlahnya akan meningkat padatahun 2035 menjadi 592 juta. Menurut data WHO (*World Health Organization*), Indonesia menempati urutan ke-4 terbesar jumlah penderita diabetes mellitus di dunia. Pada tahun 2000, terdapat sekitar 5,6 juta penduduk Indonesia yang mengidap **Penyakit Diabetes**. Jumlah ini terus meningkat dari tahun ke tahun. Setiap tahun pertambahannya sekitar

30%. International Diabetes Federation memprediksi kenaikan penderita diabetes melitus (DM) di Indonesia dari 7,3 jutatahun 2011 menjadi 11,8 juta tahun 2030, dimana sebesar 90%-95% merupakan DM tipe 2.

Secara Umum ada 2 tipe diabetes mellitus yaitu diabetes tipe I/diabetes juvenile yaitu diabetes yang umumnya didapat sejak masak anak-kanak dan diabetes tipe II yaitu diabetes yang didapat setelah dewasa. World Health Organization (WHO) membuat perkiraan bahwa padatahun 2000 dari jenis Diabetes Melitus, kasus yang terbanyak adalah Diabetes Melitus tipe 2 yang meliputi 90% dari populasi DM di Indonesia (Handayani, 2007).

Sekarang ini banyak faktor yang dapat memicu timbulnya penyakit diabetes terkait pola hidup yang kurang baik seperti konsumsi makanan yang tidak seimbang, aktivitas fisik yang kurang, adanya stress, dan kelainan genetik. Sehingga upaya pengendalian diabetes dapat dilakukan dengan melakukan pengaturan pola makan, olahraga yang teratur dan apabila sudah positif diabetes dapat juga dengan konsumsi obat pengatur gula darah.

Menurut Suyono (2007), penyakit diabetes mellitus tipe II merupakan penyakit degeneratif yang sangat terkait pola makan. Pola makan merupakan gambaran mengenai macam-macam, jumlah dan komposisi bahan makanan yang dimakan tiap hari oleh seseorang. Pengaturan pola makan yang baik dilakukan agar level guladarah tetap normal dan mencegah berbagai [komplikasi akibat diabetes](#), yang dapat berkembang ketika kadar glukosa dalam darah tidak terkontrol. Karbohidrat memberikan pengaruh besar

terhadap kadar gula dalam darah. Bukan berarti penderita diabetes harus menghindari karbohidrat sama sekali, melainkan cermat dalam memilih jenis karbohidrat yang dikonsumsi. Secara umum, dianjurkan untuk mengonsumsi karbohidrat kompleks dan berserat tinggi, karena akan lebih lambat diuraikan oleh pencernaan sehingga membantu menjaga level gula darah.

Di Indonesia terdapat bahan pangan yang memiliki banyak keunggulan, yaitu salah satunya adalah jagung. Jagung berperan penting dalam perkembangan industri pangan. Jagung sendiri merupakan bahan pangan dengan indeks glikemik yang cukup rendah. Jagung juga memiliki keunggulan karena mengandung pangan fungsional seperti serat pangan, unsur Fe, dan beta-karoten (pro vitamin A) (Suarni, 2009).

Oleh karena itu dengan mengonsumsi pangan tinggi serat, amilosa, dan IG rendah mampu memperbaiki sensitivitas insulin, menurunkan laju penyerapan glukosa, serta bermanfaat dalam pengendalian glukosa darah sehingga dapat menurunkan risiko komplikasi pada penderita DM tipe 2.

Tempe termasuk sumber protein nabati yang lazim dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kandungan tempe kedelai yang dapat menurunkan kadar glukosa darah adalah protein, isoflavon, serat, serta indeks glikemik rendah. Isoflavon sendiri merupakan antioksidan alami. Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat, mencegah proses oksidasi lipid, lipoprotein, protein dan DNA. Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron (electron donor) atau reduktan (Istiani, 2010).

1.2 Identifikasi Masalah

Data statistik organisasi kesehatan dunia (WHO) pada tahun 2003 menunjukkan jumlah penderita diabetes di dunia sekitar 194 juta dan diprediksikan akan mencapai 333 juta jiwa tahun 2025 dan setengah dari angka tersebut terjadi di Negara berkembang terutama di Indonesia. Di Asia Tenggara terdapat 46 juta jiwa dan diprediksikan meningkat hingga 119 juta jiwa. Di Indonesia dari 8,4 juta pada tahun 2000 diperkirakan menjadi 21,3 juta pada tahun 2030 (WHO, 2008).

Riskesdas tahun 2013 juga melaporkan trend peningkatan penderita diabetes seiring dengan meningkatnya proporsi obesitas atau kegemukan yaitu dari 18,8% tahun 2007 menjadi 26,6% di tahun 2013. Prevalensi diabetes, di JawaTimur pada umur ≥ 15 tahun menurut Riskesdas 2013 yaitu sekitar 2,1 dan d/g sekitar 2,5.

Bertambahnya prevalensi tersebut berkaitan dengan meningkatnya status sosial yang diikuti perubahan pola hidup menjadi kurang sehat, antara lain kurang kegiatan fisik, makan berlebihan, dengan akibat terjadinya kegemukan (obesitas) yang menyebabkan resistensi insulin. Pada penyakit Diabetes Mellitus tipe 2, sirkulasi insulin endogen sering dalam keadaan kurang dari normal atau secara relative tidak mencukupi. Obesitas pada umumnya penyebab gangguan kerja insulin, merupakan faktor risiko yang biasa terjadi pada DM tipe ini dan sebagian besar pasien dengan DM tipe 2 bertubuh gemuk. Selain terjadinya penurunan kepekaan jaringan terhadap insulin, juga terjadi defisiensi respons sel β pancreas terhadap glukosa (Karam, 2007).

Selain terapi farmakologis, terapi non-farmakologis melalui pengaturan pola makan efektif mengendalikan kadar glukosa darah, profil lipid, dan tekanan darah pada penderita DM tipe 2. Strategi dalam pengaturan pola makan untuk membantu mengendalikan glukosa darah salah satunya melalui konsumsi makanan yang tidak menimbulkan peningkatan glukosa darah secara cepat. Jagung merupakan salah satu sumber karbohidrat yang memiliki indeks glikemik yang cukup rendah sehingga apabila dikonsumsi tidak akan menaikkan gula darah. Selain itu jagung juga memiliki keunggulan karena mengandung pangan fungsional seperti serat pangan, unsur Fe, dan beta-karoten (pro vitamin A). Selain itu tempe juga merupakan salah satu sumber protein nabati yang kaya akan antioksidan. Kandungan tempe kedelai yang dapat menurunkan kadar glukosa darah adalah protein, isoflavon, serat, serta indeks glikemik rendah. Protein tempe tinggi kandungan arginin dan glisin, yang terkait sekresi insulin dan glucagon dari pankreas. Kandungan isoflavon berupa genistein dapat menghambat α -glukosidase yang berperan pada beberapa kelainan metabolik seperti DM.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah tersebut diatas maka rumusan masalah penelitian ini adalah “Apakah pemberian tepung jagung dengan suplementasi tepung tempe berpengaruh efektif pada penurunan kadar gula darah tikus wistar jantan diabetes mellitus?”

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian tepung jagung dengan suplementasi tepung tempe terhadap kadar gula darah pada tikus wistar jantan (*Rattus Novergicus*) diabetes mellitus.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui kadar karbohidrat, kadar protein, kadar lemak, gula reduksi, kadar serat pangan, antioksidan dan kadar karotenoid pada perlakuan tepung jagung dan tepung jagung yang disuplementasi tepung tempe.
2. Mengetahui hubungan antara kadar gula darah dengan berat badan.
3. Mengetahui perlakuan yang paling efektif terhadap penurunan kadar gula darah tikus wistar.
4. Menganalisis perbedaan kadar gula darah tikus wistar antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan

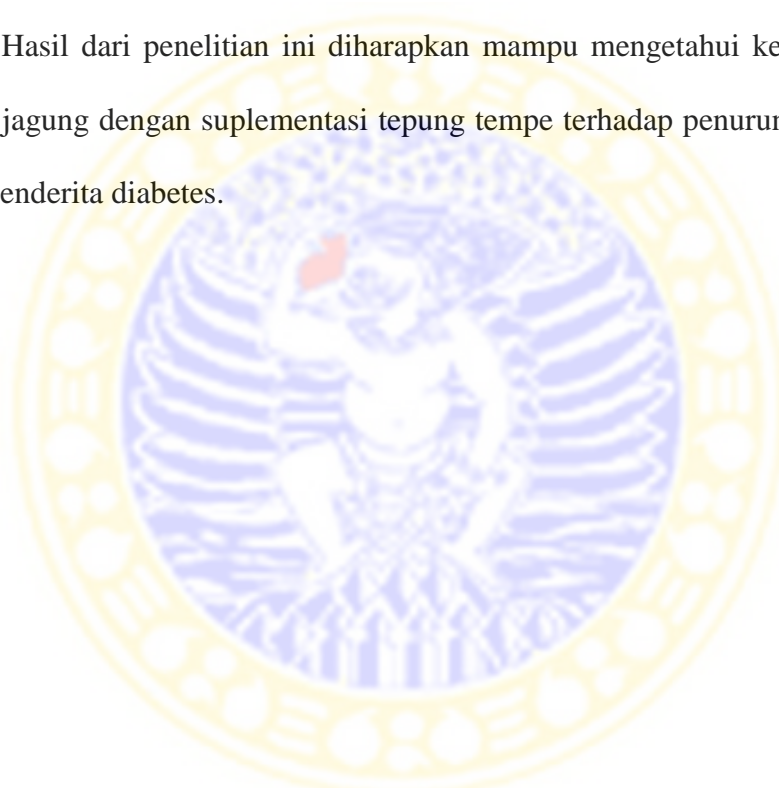
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi mengenai manfaat tepung jagung yang disuplementasi dengan tepung tempe sebagai salah satu sumber makanan tinggi antioksidan yang bermanfaat dalam memperbaiki kadar gula darah. Selain itu diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang sejenis.

1.5.2 Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang pentingnya pengaturan zat gizi yang berkaitan dengan diabetes mellitus, sehingga memacu kesadaran masyarakat untuk dapat mengatur konsumsi makan sehari-hari agar terhindar dari penyakit diabetes mellitus tipe 2.

1.5.3 Bagi Peneliti

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu mengetahui keefektifan efek tepung jagung dengan suplementasi tepung tempe terhadap penurunan kadar gula darah penderita diabetes.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DIABETES MELLITUS

2.1.1 Pengertian Diabetes

Menurut Mansjoner, Diabetes Mellitus adalah keadaan hiperglikemik kronik disertai berbagai kelainan metabolic akibat gangguan hormonal, yang menimbulkan berbagai komplikasi kronik pada mata, ginjal, saraf dan pembuluh darah disertai lesi pada membrane basalis dalam pemeriksaan dengan mikroskopik electron.

Selain itu menurut Price, Diabetes Mellitus adalah gangguan metabolisme secara genetis dan klinis termasuk heterogen dengan manifestasi berupa hilangnya toleransi karbohidrat. Berdasarkan definisi beberapa ahli tentang Diabetes Mellitus dapat disimpulkan yaitu suatu penyakit yang disebabkan oleh gangguan hormonal (dalam hal ini adalah hormone insulin yang dihasilkan oleh pancreas) dan melibatkan metabolisme karbohidrat dimana seseorang tidak dapat memproduksi cukup insulin atau tidak dapat menggunakan insulin yang diproduksi dengan baik.

Menurut American Diabetes Association (ADA) tahun 2010, Diabetes Mellitus merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin, atau kedua-duanya. Menurut Fanong (1993) dalam Marsono 2003, diabetes mellitus (DM) merupakan penyakit

gangguan metabolik karbohidrat akibat kekurangan insulin yang akan menimbulkan hiperglikemia (kadar gula darah puasa >140 mg/dL atau kadar glukosa sewaktu > 180 mg/dL), glikosuria dan kemudian diikuti dengan gangguan metabolik lemak, protein, elektrolit dan air.

2.1.2 Klasifikasi Diabetes Mellitus

Klasifikasi DM menurut World Health Organization (WHO) tahun 2008 dan Departement of Health and Human Service USA (2007) terbagi dalam 3 bagian yaitu Diabetes tipe 1, Diabetes tipe 2, dan Diabetes Gestational. Namun, menurut American Diabetes Association (2009), klasifikasi DM terbagi 4 bagian dengan tambahan Pra-Diabetes.

a. Diabetes tipe 1

DM tipe 1 merupakan bentuk DM parah yang sangat lazim terjadi pada anak remaja tetapi kadang-kadang juga terjadi pada orang dewasa, khususnya yang non-obesitas dan mereka yang berusia lanjut ketika hiperglikemia tampak pertama kali. Keadaan tersebut merupakan suatu gangguan katabolisme yang disebabkan hampir tidak terdapat insulin dalam sirkulasi darah, glukagon plasma meningkat dan sel-sel β pankreas gagal merespons semua stimulus insulinogenik. Oleh karena itu diperlukan pemberian insulin eksogen untuk memperbaiki katabolisme, menurunkan hiperglukagonemia dan peningkatan kadar glukosa darah (Karam, 2002).

b. Diabetes tipe 2

DM tipe 2 merupakan bentuk DM yang lebih ringan, terutama terjadi pada orang dewasa. Sirkulasi insulin endogen sering dalam keadaan kurang dari normal atau secara relatif tidak mencukupi. Obesitas pada umumnya penyebab gangguan kerja insulin, merupakan faktor risiko yang biasa terjadi pada DM tipe ini dan sebagian besar pasien dengan DM tipe 2 bertubuh gemuk. Selain terjadinya penurunan kepekaan jaringan terhadap insulin, juga terjadi defisiensi respons sel β pankreas terhadap glukosa (Karam, 2002). Gejala DM tipe 2 mirip dengan tipe 1, hanya dengan gejala yang samar. Gejala bisa diketahui setelah beberapa tahun, kadang-kadang komplikasi dapat terjadi. Tipe DM ini umumnya terjadi pada orang dewasa dan anak-anak yang obesitas.

c. Diabetes Gestational

DM ini terjadi akibat kenaikan kadar gula darah pada kehamilan (WHO, 2008). Wanita hamil yang belum pernah mengalami DM sebelumnya namun memiliki kadar gula yang tinggi ketika hamil dikatakan menderita DM gestational. DM gestational biasanya terdeteksi pertama kali pada usia kehamilan trimester II atau III (setelah usia kehamilan 3 atau 6 bulan) dan umumnya hilang dengan sendirinya setelah melahirkan. Diabetes gestational terjadi pada 3-5% wanita hamil (Anonim, 2009).

d. Pra-Diabetes

Pra-diabetes merupakan DM yang terjadi sebelum berkembang menjadi DM tipe 2. Penyakit ini ditandai dengan naiknya KGD melebihi normal tetapi belum cukup tinggi untuk dikatakan DM. Penelitian belakangan ini menunjukkan bahwa beberapa kerusakan jangka panjang khususnya pada jantung dan sistem sirkulasi, kemungkinan sudah terjadi pada pra-diabetes, untuk mencegahnya dapat dilakukan dengan diet nutrisi dan latihan fisik (Anonim, 2009).

2.1.3 Patofisiologi

Patofisiologi pada DM tipe 2 terjadi 2 defek fisiologi yaitu abnormalitas sekresi insulin, dan resistensi kerjanya pada jaringan sasaran. Pada DM tipe 2 terjadi 3 fase urutan klinis. Pertama, glukosa plasma tetap normal meski pun terjadi resistensi insulin karena insulin meningkat. Pada fase kedua, resistensi insulin cenderung memburuk sehingga meski pun terjadi peningkatan konsentrasi insulin, tetap terjadi intoleransi glukosa dalam bentuk hiperglikemia setelah makan. Pada fase ketiga, resistensi insulin tidak berubah, tetapi sekresi insulin menurun, sehingga menyebabkan hiperglikemia puasa dan DM yang nyata (Foster, 2000).

Sebagian besar pasien DM tipe 2 mengalami obesitas, dan hal itu sendiri yang menyebabkan resistensi insulin. Namun penderita DM tipe 2 yang relatif tidak obesitas dapat mengalami hiperinsulinemia dan pengurangan kepekaan insulin. Hal ini

membuktikan bahwa obesitas bukan penyebab resistensi satu-satunya DM tipe 2 (Foster, 2000).

Pada DM tipe 2, massa sel β utuh, sedangkan populasi sel α meningkat, sehingga menyebabkan peningkatan rasio sel α dan β . Hal ini menyebabkan kelebihan relatif glukagon dibanding insulin (Foster, 2000). Sudah lama diketahui bahwa endapan

amiloid ditemukan dalam pankreas pasien DM tipe 2, namun peranan amilin terkait dengan DM belum dapat dibuktikan. Amilin merupakan suatu peptida asam amino 37. Pada keadaan normal, amilin terbungkus bersama-sama insulin dalam granula sekretori dan dikeluarkan bersama-sama sebagai respons terhadap pengeluaran insulin. Penumpukan amilin dalam pulau Langerhans kemungkinan merupakan akibat kelebihan produksi sekunder karena resistensi insulin. Kemungkinan lain, penumpukan amilin dalam pulau Langerhans menyebabkan kegagalan lambatnya produksi insulin pada pasien yang sudah lama menderita DM tipe 2 (Foster, 2010).

2.1.4 Gejala dan Tanda Diabetes Mellitus

Gejala dan tanda-tanda Diabetes Melitus dapat digolongkan menjadi gejala akut dan gejala kronik (Ignatovicus dan Workman, 2006; Perkeni, 2011):

1. Gejala Akut Penyakit Diabetes Melitus

Gejala penyakit Diabetes Melitus dari satu penderita ke penderita lain bervariasi, bahkan mungkin tidak menunjukkan gejala apa pun sampai saat tertentu. Permulaan

gejala yang ditunjukkan meliputi serba banyak (poli) yaitu banyak makan (poliphagi), banyak minum (polidipsi) dan banyak kencing (poliuri). Keadaan tersebut, jika tidak segera diobati maka akan timbul gejala banyak minum, banyak kencing, nafsu makan mulai berkurang/berat badan turun dengan cepat (turun 5 – 10 kg dalam waktu 2 – 4 minggu), mudah lelah, dan bila tidak lekas diobati, akan timbul rasa mual, bahkan penderita akan jatuh koma yang disebut dengan koma diabetik.

2. Gejala Kronik Diabetes Melitus

Gejala kronik yang sering dialami oleh penderita Diabetes Melitus adalah kesemutan, kulit terasa panas, atau seperti tertusuk-tusuk jarum, rasa tebal di kulit, kram, capai, mudah mengantuk, mata kabur, biasanya sering ganti kacamata, gatal di sekitar kemaluan terutama wanita, gigi mudah goyah dan mudah lepas kemampuan seksual menurun, bahkan impotensi dan para ibu hamil sering mengalami keguguran atau kematian janin dalam kandungan, atau dengan bayi berat lahir lebih dari 4 kg (Soegondo dkk, 2004).

2.1.5. Faktor Resiko dan Diagnosis

Skrining dikerjakan pada kelompok dengan salah satu risiko Diabetes Melitus Tipe 2 sebagai berikut :

1. Tidak mempunyai aktivitas fisik
2. Keturunan dari ras yang mempunyai risiko tinggi seperti Afrika Amerika, Latin, Asia Amerika

3. Berat badan lebih : $BB > 120\%$ BB idaman atau $IMT \geq 25 \text{ kg/m}^2$
4. Hipertensi ($\geq 140/90 \text{ mmHg}$)
5. Riwayat Diabetes Melitus dalam garis keturunan
6. Riwayat Diabetes dalam kehamilan, riwayat abortus berulang, melahirkan bayi cacat atau berat badan lahir bayi $> 4000 \text{ gram}$
7. Wanita dengan sindrom polikistik ovarium
8. $A1C \geq 5,7\%$ atau Riwayat gangguan toleransi glukosa
9. Riwayat atau penderita PJK, TBC, atau hipertiroidisme.
10. Kolesterol HDL $\leq 35 \text{ mg/dl}$ dan atau trigliserida $\geq 200 \text{ mg/dl}$ (ADA, 2012, Gustaviani, 2007; Perkeni, 2011; Ignatovicus & Workman, 2006; Smeltzer et al, 2008)

Tabel 2.1 Kadar Glukosa Darah Sewaktu dan Puasa sebagai Patokan Penyaring dan Diagnosis DM

| Pengujian | | Normal | Belum Pasti DM | Diabetes |
|-------------------------------------|---------------|---------|----------------|------------|
| Kadar Glukosa darah sewaktu (mg/dl) | Plasma vena | < 110 | 110-199 | ≥ 200 |
| | Darah kapiler | < 90 | 90-199 | ≥ 200 |
| Kadar Glukosa darah puasa (mg/dl) | Plasma vena | < 110 | 110-125 | ≥ 126 |
| | Darah kapiler | < 90 | 90-109 | ≥ 110 |
| | | | | |

Sumber : Perkeni (2011)

2.1.6 Manajemen Diabetes Mellitus

Berdasarkan Konsesus yang telah disusun oleh PERKENI (2011) terkait dengan manajemen diet DM Tipe 2 berikut dijelaskan

a. Komposisi makanan yang dianjurkan terdiri dari:

a. Karbohidrat

Karbohidrat yang dianjurkan sebesar 45-65% total asupan energi. Pembatasan karbohidrat total Pemanis alternatif dapat digunakan sebagai pengganti gula, asal tidak melebihi batas aman konsumsi harian (Accepted- Daily Intake).

Jadwal makan yaitu 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.

b. Lemak

Asupan lemak dianjurkan sekitar 20-25% kebutuhan kalori, tidak diperkenankan melebihi 30% total asupan energi. 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 penuh (whole milk). Anjuran konsumsi kolesterol < 200 mg/hari.

c. Protein

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

d. Natrium

Anjuran asupan natrium untuk penyandang diabetes sama dengan anjuran untuk masyarakat umum yaitu tidak lebih dari 3000 mg atau sama dengan 6-7 gram (1 sendok teh) garam dapur. Mereka yang hipertensi, pembatasan natrium sampai 2400 mg. Sumber natrium antara lain adalah garam dapur, vetsin, soda, dan bahan pengawet seperti natrium benzoat dan natrium nitrit.

e. Serat

Seperti halnya masyarakat umum penyandang diabetes dianjurkan mengkonsumsi 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. Anjuran konsumsi serat adalah ± 25 g/hari.

f. Pemanis alternatif

Pemanis dikelompokkan menjadi pemanis berkalori dan pemanis tak berkalori. Termasuk pemanis berkalori adalah gula alkohol dan fruktosa. Gula alkohol antara lain isomalt, lactitol, maltitol, mannitol, sorbitol dan xylitol. Dalam penggunaannya, pemanis berkalori perlu diperhitungkan kandungan kalornya sebagai bagian dari kebutuhan kalori sehari. Fruktosa tidak dianjurkan digunakan pada penyandang diabetes karena efek samping pada lemak darah. Pemanis tak berkalori yang masih dapat digunakan

antara lain aspartam, sakarin, acesulfame potassium, sukralose, dan neotame. Pemanis aman digunakan sepanjang tidak melebihi batas aman (Accepted Daily Intake / ADI)

Selain dengan pengontrolan pola makan yang tersebut diatas juga harus diimbangi dengan kegiatan latihan jasmani secara teratur (3 - 4 kali seminggu selama kurang lebih 30 menit), merupakan salah satu pilar dalam pengelolaan Diabetes Melitus. Kegiatan sehari - hari seperti berjalan kaki ke pasar, menggunakan tangga, berkebun harus tetap dilakukan. Selain untuk menjaga kebugaran juga, latihan jasmani dapat menurunkan berat badan dan memperbaiki sensitivitas insulin, sehingga akan memperbaiki kendali glukosa darah.

Pada pasien Diabetes tipe 2, umumnya pasien perlu minum obat antidiabetes secara oral atau tablet. Pasien diabetes memerlukan suntikan insulin pada kondisi tertentu, atau bahkan kombinasi suntikan insulin dan tablet. Hal lain yang perlu dilakukan dalam manajemen Diabetes yaitu memonitor level gula darah sendiri sehingga dapat mencegah dan mendeteksi kemungkinan terjadinya hipoglikemia dan hiperglikemia. Dengan menerapkan hal-hal diatas dapat memungkinkan terjadinya resiko komplikasi dari Diabetes Melitus (Smeltzer et al, 2008).

2.2 Radikal Bebas

Radikal bebas serta radikal yang berasal dari oksigen disebut sebagai reactive oxygen species (ROS) dianggap berbahaya bagi tubuh. Radikal bebas merupakan spesies yang sangat reaktif dan terdiri dari satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan, yang membuatnya tidak stabil. Radikal bebas ini

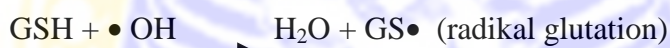
dihasilkan dari putusnya ikatan kovalen maupun melalui penerimaan atau kehilangan satu elektron tunggal (Barasi, 2009) .

Dalam kepustakaan kedokteran pengertian oksidan dan radikal bebas (free radicals) sering dibaurkan karena keduanya memiliki sifat-sifat yang mirip. Aktivitas kedua jenis senyawa ini sering menghasilkan akibat yang sama walaupun prosesnya berbeda. Sebagai contoh perhatikan dampak H₂O₂ (hidrogen peroksida) dan radikal OH (radikal hidroksil) terhadap glutathion (GSH) :•bebas

a. H₂O₂ :



b. •OH :



Walaupun ada kemiripan dalam sifat-sifatnya namun dipandang dari sudut ilmu kimia, keduanya harus dibedakan. Oksidan, dalam pengertian ilmu kimia, adalah senyawa penerima elektron, (electron acceptor), yaitu senyawa-senyawa yang dapat menarik elektron. Sebaliknya, dalam pengertian ilmu kimia, radikal bebas adalah atom atau molekul (kumpulan atom) yang memiliki elektron yang tak berpasangan (unpaired electron) (Suryohudoyo, 2012).

Reaksi oksidasi seringkali menyebabkan kerusakan oksidatif, akibatnya seringkali terjadi kerusakan atau kematian sel. Biasanya senyawa radikal yang ada tidak hanya mengoksidasi dan menyerang komponen lemak membran sel saja, tetapi reaksi oksidasi ini juga menyerang komponen penyusun yang lainnya yaitu protein, lipoprotein, maupun DNA.

2.3 Jagung

2.3.1 Definisi Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Tanaman jagung dalam tata nama atau sistematika (taksonomi) tumbuh-tumbuhan dimasukkan dalam klasifikasi sebagai berikut (Suarni, 2009):

| | |
|-------------|------------------------------------|
| Kingdom | : Plantae (tumbuh-tumbuhan) |
| Divisio | : Spermatophyta (tumbuhan berbiji) |
| Sub Divisio | : Angiospermae (berbiji tertutup) |
| Classis | : Monocotyledone (berkeping satu) |
| Ordo | : Graminae (rumput-rumputan) |
| Familia | : Graminaceae |
| Genus | : Zea Species : Zea mays L. |

2.3.2 Jenis Jagung

Menurut Subekti (2007), jenis-jenis jagung dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok yaitu:

1. Menurut umur

Menurut umurnya jagung dapat dibedakan menjadi tiga golongan:

- a. Berumur pendek (genjah) : 75 hari-90 hari
- b. Berumur sedang (tengahan) : 90 hari-120 hari
- c. Berumur panjang : lebih dari 120 hari

Jenis jagung berumur penek (genjah yang biasa dibudidayakan di Indonesia, antara lain Genjah Warangan, Genjah kertas, Abimanayu, dan arjuna.

Jenis jagung berumur sedang antara lain Hibrida C1, Hibrida pioner 2, Metro dan Pandu. Sedangkan jenis jagung berumur panjang antara lain Kania Putih, Bastar kuning dan harapan.

2. Menurut bentuk Bijinya

Menurut Darrah et al. (2003), berdasarkan bentuk bijinya (kernel) jagung dibedakan menjadi enam jenis yaitu:

1. Flour corn atau soft corn yaitu jagung yang hampir seluruh endospermanya berisi pati yang lunak dan mudah dibuat tepung.
2. Flint corn yaitu jagung yang mempunyai biji dengan warna bersinar, tebal dan keras (horny starch). Zat tepung yang lunak sedikit dan letaknya di tengah. Jagung ini banyak digunakan untuk pakan ternak
3. Pop corn yaitu jagung yang memiliki kernel kecil dan keras seperti jenis flint dengan kandungan pati yang lebih sedikit.
4. Sweet corn yaitu jagung yang mengandung sedikit pati dengan endosperma berwarna bening, mempunyai kandungan gula yang tinggi sehingga terasa manis.
5. Pod corn yaitu jagung hias dengan kernel tertutup.
6. Dent corn yaitu jagung yang bijinya seperti gigi kuda terjadi akibat pengerutan lapisan bertepung saat biji mengering.



Gambar 2.1 Jagung Pipil, Grits Jagung dan Tepung Jagung

Informasi komposisi kimia proksimat cukup banyak tersedia. Keragaman data pada masing-masing komponen gizi utama sangat besar. Tabel 2.2 menunjukkan komposisi kandungan zat gizi pada berbagai tipe jagung. Keragaman komposisi tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik maupun lingkungan. Analisis kimia biji jagung menunjukkan bahwa masing-masing fraksi mempunyai sifat yang berbeda. Dalam proses pengolahan dengan menghilangkan sebagian dari fraksi biji jagung akan mempengaruhi mutu gizi produk akhirnya. Informasi komposisi kimia tersebut sangat bermanfaat bagi industri pangan dalam menentukan jenis bahan dan proses yang harus dilakukan agar diperoleh mutu produk akhir sesuai dengan yang diinginkan. Ditinjau dari kandungan gizinya maka jagung potensial sebagai sumber pangan fungsional sehat yang terjangkau oleh semua kalangan (Suarni 2009).

Tabel 2.2 Komposisi kimia berbagai tipe jagung (%)

| Varietas jagung | Air | Abu | | | | |
|--------------------|---------|-------------|-------|-------------|------|-------|
| | Protein | Serat kasar | Lemak | Karbohidrat | | |
| Kristalin | 10.5 | 1,7 | 10.3 | 2.2 | 5,0 | 70.3 |
| <i>Floury</i> | 9.6 | 1.7 | 10.7 | 2.2 | 5.4 | 70,4 |
| <i>Starchy</i> | 11.2 | 2.9 | 9.1 | 1.8 | 2.2 | 72,8 |
| Manis | 9.5 | 1.5 | 12.9 | 2.9 | 3.9 | 69.3 |
| Pop | 10.4 | 1.7 | 13.7 | 2.5 | 5.7 | 66.0 |
| Hltam | 12.3 | 1.2 | 5,2 | 1.0 | 4.4 | 75.9 |
| Srikandi Putih*) | 10.08 | 1,81 | 9.99 | 2.99 | 5.05 | 73.07 |
| Srikandi Kuning**) | 11.03 | 1.85 | 9.95 | 2.97 | 5.10 | 72,07 |
| Anoman**) | 10.07 | 1,89 | 9.71 | 2,05 | 4.56 | 73.77 |
| Lokal Pulut*) | 11.12 | 1.99 | 9.11 | 3.02 | 4,97 | 72,81 |
| Lokal non Pulut*) | 10.09 | 2,01 | 8.78 | 3.12 | 4.92 | 74.20 |
| Lamuru**) | 9.80 | 1.20 | 6.90 | 2,60 | 3.20 | 76.30 |

Sumber: Cortez dan Wild-Altamirano (1972) dalam Suarni dan Widowati (2007;*) Suarni dan Firmansyah (2005); **)

2.3.3 Kandungan gizi pada jagung

Jagung yang memiliki indeks glikemik yang rendah tidak serta merta menaikkan kadar gula darah sehingga baik diasup oleh penderita diabetes mellitus. Selain itu jagung juga kaya serat pangan. yang berperan sebagai penurunan transit time intestinal dan peningkatan massa feses, penurunan total dan atau LDL kolesterol darah dan penurunan glukosa darah *post prandial* dan

atau level insulin. Suatu penelitian di Amerika membuktikan bahwa diet serat yang tinggi yaitu 25 gram/hari mampu memperbaiki pengontrolan gula darah, menurunkan peningkatan insulin yang berlebihan di dalam darah serta menurunkan kadar lemak darah. Berbagai penelitian sampai dengan tahun 2008, telah menunjukkan bahwa serat dapat memperbaiki respon glukosa darah dan indeks insulin. Serat kasar (*viscous fiber*) menghambat lewatnya glukosa melalui dinding saluran pencernaan menuju pembuluh darah (Gray.J, 2009).

Tak hanya kaya serat, jagung juga sumber karbohidrat kompleks, dan sejumlah zat gizi lainnya seperti karotenoid, vitamin B, dan C, karoten, kalium, zat besi, magnesium, fosfor, omega 6, dan lemak tak jenuh yang dapat membantu menurunkan kolesterol serta membantu mengontrol kadar gula darah pada tubuh .

Tabel. 2.3 Kandungan nutrisi dalam 100gram jagung:

| Komponen | Kadar | Komponen | Kadar |
|-----------------|-------|-----------------|-------|
| Air (g) | 24 | P (mg) | 148 |
| Kalori (kal) | 307 | Fe (mg) | 2,1 |
| Protein (g) | 4,1 | Vitamin A (SI) | 440 |
| Lemak (g) | 1,3 | Vitamin B1 (mg) | 0,33 |
| Karbohidrat (g) | 30,3 | Vitamin C (mg) | 0 |
| Ca (mg) | 9 | Serat (g) | 2,9 |

1 SI = 0,6µg betakaroten

Kandungan gizi utama jagung adalah pati (72-73%), dengan perbandingan amilosa dan amilopektin 25-30% : 70-75%, namun pada jagung pulut (waxy maize) 0-7% : 93-100%. Kadar gula sederhana jagung (glukosa, fruktosa, dan sukrosa) berkisar antara 1-3%. Protein jagung (8-11%) terdiri atas lima fraksi, yaitu: albumin, globulin, prolamin, glutelin, dan nitrogen nonprotein (Suarni, 2005).

Vitamin A atau karotenoid dan vitamin E terdapat dalam komoditas ini, terutama pada jagung kuning. Selain fungsinya sebagai zat gizi mikro, vitamin tersebut berperan sebagai antioksidan alami yang dapat meningkatkan imunitas tubuh dan menghambat kerusakan degeneratif sel salah satunya adalah diabetes mellitus. Kebutuhan vitamin A seseorang menurut AKG Tahun 2013 adalah 600 µg/hari (Suarni, 2005).

Asam lemak pada jagung meliputi asam lemak jenuh (palmitat dan stearat) serta asam lemak tidak jenuh, yaitu oleat (omega 9) dan linoleat (omega-6). Linoleat dan linolenat merupakan asam lemak esensial. Lemak jagung terkonsentrasi pada lembaga, sehingga dari sudut pandang gizi dan sifat fungsionalnya, jagung utuh lebih baik daripada jagung yang lembaganya telah dihilangkan.

Serat pangan mempengaruhi asimilasi glukosa dan mereduksi kolesterol darah. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa serat tanaman tertentu menghambat penyerapan karbohidrat dan menghasilkan postprandial glikemik yang rendah. Peningkatan serat pangan di dalam diet berkaitan dengan reduksi resistensi insulin. Penambahan serat pangan yang berasal dari sereal, kacang-kacangan, dan sayuran, sangat bermanfaat bagi penderita diabetes (Sardesai 2003). Serat pangan terdiri atas yang larut air dan tidak larut air. Fungsi serat pangan larut terutama adalah memperlambat kecepatan pencernaan dalam usus, memberikan rasa kenyang yang lebih lama, dan memperlambat kemunculan glukosa darah, sehingga insulin yang dibutuhkan untuk mentransfer glukosa ke sel-sel tubuh dan diubah menjadi energi semakin sedikit. Fungsi tersebut sangat

dibutuhkan bagi penderita diabetes. Fungsi utama serat pangan tidak larut adalah mencegah timbulnya berbagai penyakit, terutama yang berhubungan dengan saluran pencernaan, kanker usus, serat pangan juga dapat membantu menurunkan kolesterol total dan LDL, serta kadar glukosa darah. (Eckel 2003, Astawan dan Wresdiyati 2004).

Jagung juga mengandung berbagai mineral esensial, seperti K, Na, P, Ca, dan Fe. Faktor genetik sangat berpengaruh terhadap komposisi kimia dan sifat fungsional. Data karakteristik terinci gizi varietas jagung Indonesia masih sangat terbatas. Hal ini perlu diperhatikan oleh para peneliti jagung, praktisi industri pangan, dan pemangku kepentingan (stakeholder) untuk mengangkat jagung tidak hanya dari segi produksi tetapi juga mutu gizi dan pemanfaatannya.

2.3.4 Tepung Jagung

Tepung jagung dapat dibuat dari butir jagung atau beras jagung. Dalam bentuk tepung jagung, jagung dapat tercampur dengan komoditi lain secara mudah dan juga dapat bertindak sebagai substituen tepung lain seperti tepung terigu maupun sebagai pembawa senyawa atau komoditi lain untuk memperbaiki gizi atau mutu produk (Joelijani, 2005). Tepung jagung bisa diperoleh melalui dua cara, yaitu dengan penggilingan basah dan kering. Pada penggilingan kering intinya adalah menggiling jagung kering sampai dihasilkan tepung, sedangkan untuk penggilingan basah dilakukan perendaman dalam air atau larutan tertentu sebelum digiling (Suprpto, 2005)

Tabel
Syarat mutu tepung jagung

| No. | Kriteria uji | Satuan | Persyaratan |
|------|--|----------------------|-----------------------|
| 1 | Keadaan | | |
| 1.1 | Bau | - | Normal |
| 1.2 | Rasa | - | Normal |
| 1.3 | Warna | - | Normal |
| 2 | Benda-benda asing | - | Tidak boleh ada |
| 3 | Serangga dalam bentuk stadia dan potongan-potongan | - | Tidak boleh ada |
| 4 | Jenis pati lain selain pati jagung | - | Tidak boleh ada |
| 5 | Kehalusan | | |
| 5.1 | Lolos ayakan 80 mesh | % | Min. 70 |
| 5.2 | Lolos ayakan 60 mesh | % | Min. 99 |
| 6 | Air | % b/b | Maks. 10 |
| 7 | Abu | % b/b | Maks. 1,5 |
| 8 | Silikat | % b/b | Maks. 0,1 |
| 9 | Serat kasar | % b/b | Maks. 1,5 |
| 10 | Derajat asam | ml.N.NaOH/ 100 gr | Maks. 4,0 |
| 11 | Cemaran logam | | |
| 11.1 | Timbal (Pb) | mg/kg | Maks. 1,0 |
| 11.2 | Tembaga (Cu) | mg/kg | Maks. 10,0 |
| 11.3 | Seng (Zn) | mg/kg | Maks. 40,0 |
| 11.4 | Raksa (Hg) | mg/kg | Maks. 0,05 |
| 12 | Cemaran arsen (As) | mg/kg | Maks. 0,5 |
| 13 | Cemaran mikroba : | | |
| 13.1 | Angka lempeng total | koloni/gr | Maks. 5×10^6 |
| 13.2 | <i>E. coli</i> | APM/gr | Maks. 10 |
| 13.3 | Kapang | koloni/gr | Maks. 10^4 |

Gambar 2.2 Tabel Syarat Mutu Tepung Jagung Menurut SNI 01-3727-1995

2.4 Tempe

2.3.1 Definisi Tempe

Tempe merupakan makanan hasil fermentasi tradisional berbahan baku kedelai dengan bantuan jamur *Rhizopus oligosporus*. Mempunyai ciri-ciri berwarna putih, tekstur kompak dan flavor spesifik. Warna putih disebabkan adanya miselia jamur yang tumbuh pada permukaan biji kedelai. Tekstur yang kompak juga disebabkan oleh miselia-miselium jamur yang menghubungkan antara

biji-biji kedelai tersebut. Terjadinya degradasi komponen-komponen dalam kedelai dapat menyebabkan terbentuknya flavor spesifik setelah fermentasi (Kasmidjo, 1990). Adanya aktivitas mikroorganisme sekaligus juga menyebabkan proses biotransformasi dan biosintesa senyawa aktif diantaranya adalah senyawa antioksidan. Senyawa aktif dalam tempe dihasilkan melalui proses biotransformasi dan biosintesa oleh mikroba, khususnya pada proses perendaman dan pemeraman (Istiani, 2010).

Komposisi kimia tempe adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Tempe

| Komposisi | Jumlah |
|---------------|--------|
| Air | 61,2% |
| Protein Kasar | 41,5% |
| Minyak kasar | 22,2% |
| Karbohidrat | 29,6% |
| Abu | 4,3% |
| Serat Kasar | 3,4% |
| Nitrogen | 7,5% |

Tabel di atas menunjukkan bahwa kadar protein pada tempe cukup tinggi yaitu 41,4% dan telah memenuhi syarat mutu tempe kedelai yaitu minimal 20% (b/b). Tempe juga memiliki kandungan air yang cukup tinggi yaitu 61,2% dan kandungan karbohidratnya sebesar 29,6%.

Menurut Standar Nasional Indonesia 01-3144-1992, tempe kedelai adalah produk makanan hasil fermentasi biji kedelai oleh kapang tertentu, berbentuk padatan kompak dan berbau khas serta berwarna putih atau sedikit keabu-abuan.

Tempe merupakan makanan tradisional hasil fermentasi kedelai dengan menggunakan kapang *Rhizopus oryzae* sp. Proses fermentasi menyebabkan pemecahan ikatan peptida pada kedelai sehingga protein kedelai mudah dicerna. Tempe sering dikonsumsi masyarakat sebagai sumber protein nabati. Hasil analisis lemak dan asam lemak pada tempe sebesar 2,89 % dengan kandungan asam lemak tertinggi asam linoleat, asam oleat, asam linolenat dan asam palmitat. Pemberian diet isokalori pada kelompok dengan tempe sebagai sumber protein selama 14 hari secara signifikan ($p < 0,001$) mempengaruhi penurunan kadar glukosa darah dibanding kelompok dengan kasein sebagai sumber protein. Penelitian lain menyebutkan bahwa secara signifikan ($p = 0,001$) terjadi penurunan kadar glukosa darah setiap minggu pada tikus diabetes yang diberi pakan dengan substitusi tempe, bekatul dan campuran keduanya sebanyak 50 % dari asupan makanan sehari selama 21 hari dibandingkan dengan tikus pada kelompok kontrol (Pangastuti, 1996).

Syarat mutu tempe yang digunakan merupakan syarat mutu yang berlaku secara umum di Indonesia berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3144-2009), seperti tercantum pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1. Syarat Mutu Tempe menurut SNI 01-3144-2009

| Parameter | Syarat Mutu |
|-------------------------------|--------------------------|
| Bau, warna, rasa | Normal (khas tempe) |
| Kadar air, b/b | Maks. 65 % |
| Kadar abu, b/b | Maks. 1,5 % |
| Kadar protein (N x 6.25), b/b | Min. 16 % |
| Kadar lemak, b/b | Min. 10 % |
| Serat kasar, b/b | Maks. 2,5 % |
| Cemaran mikroba : | |
| Escherichia coli | Maksimum 10 % |
| Salmonella | Maks. Negatif (per 25 g) |
| Cemaran logam : | |
| Cadmium | Maks. 0,2 mg/kg |
| Timbal (Pb) | Maks. 2 mg/kg |
| Timah (Sn) | Maks. 40 mg/kg |
| Merkuri (Hg) | Maks. 0,03 mg/kg |
| Cemaran Arsen | Maks. 0,25 mg/kg |

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2009)

Gambar 2.3 Syarat Mutu Tempe menurut SNI

2.3.2 Tepung Tempe

Penepungan (milling) adalah cara pengolahan biji-bijian atau daging buah kering yang dihaluskan sehingga menjadi tepung atau bubuk. Misalnya tepung beras, tepung tapioka, tepung maizena, tepung terigu, sagu, dan beras ketan. Dengan adanya pemrosesan penepungan maka butiran-butiran tepung yang sangat halus, permukaan bidanganya menjadi sangat lebar. Keuntungan dari penepungan yang paling tampak adalah aroma dan cita rasa bahan yang ditepungkan menjadi sangat mencolok. Dari situlah pengaruh positif yang ditimbulkan oleh penepungan tersebut (Astawan, 2009).

2.4.3 Kandungan Tempe

Khasiat dan Kandungan Gizi

Kandungan Tempe yang terkait dengan penurunan kadar glukosa darah adalah

1. Protein

Protein tempe tinggi kandungan arginin dan glisin, yang terkait sekresi insulin dan glukagon dari pankreas. Pemberian asam amino arginin dan glisin saat terjadi peningkatan kadar glukosa darah, menyebabkan sekresi insulin yang diinduksi oleh glukosa meningkat 2 kali lipat sehingga memperkuat rangsangan glukosa terhadap sekresi insulin, kemudian insulin akan meningkatkan transpor glukosa ke dalam hati, otot, dan sel-sel lain sehingga kadar glukosa darah kembali normal. Sedangkan peran arginin pada sekresi glukagon yaitu glukagon memacu konversi cepat asam amino menjadi glukosa sehingga banyak glukosa yang tersedia di jaringan. Namun, respon glukagon dan insulin tidak bertentangan satu sama lain (Dwinaningsih, 2009).

Protein kedelai mempunyai efek positif bagi tubuh. Selain itu, protein kedelai juga dapat meningkatkan sensitivitas insulin pada DM tipe 2. Oleh karena itu, dianjurkan pada penderita DM mengganti asupan protein hewani dengan protein kedelai.

2. Isoflavon

Isoflavon merupakan antioksidan golongan flavonoid yang biasa terdapat pada kedelai dan memiliki efek bermanfaat pada penderita DM dengan meningkatkan serum insulin dan komponen insulin pankreas. Flavonoid bertindak

sebagai penangkap radikal hidroksil sehingga dapat mencegah aksi diabetogenik. Pada kasus pasien DM tipe 2 yang dapat diakibatkan oleh kerusakan sel sehingga produksi insulin menurun sehingga fungsi flavonoid disini untuk melindungi sel dari radikal bebas sehingga menghambat progress kerusakan sel. Kandungan isoflavon berupa genistein dapat menghambat α -glukosidase yang berperan pada beberapa kelainan metabolik seperti DM. Genistein, salah satu komponen isoflavon, memiliki efek menurunkan glukosa darah dengan meningkatkan produksi insulin dan pengambilan glukosa oleh sel.

Tabel 2.5 Variasi Produksi Tempe dan Kadar Isoflavon

| Tahap | Metode Produksi Tempe | |
|-------|-----------------------|-------------|
| | I | II |
| 1 | Pencucian | Perebusan |
| 2 | Perebusan | Perendaman |
| 3 | Perendaman | Pengupasan |
| 4 | Pencucian | Pencucian |
| 5 | Pengupasan | Perebusan |
| 6 | Pengeringan | Pendinginan |
| 7 | Peragian | Pembersihan |
| 8 | Pembungkusan | Peragian |

| | | |
|-----------|------------|--------------|
| 9 | Fermentasi | Pembungkusan |
| 10 | | Fermentasi |
| Isoflavon | 19,4 mg | 28,6 mg |

(Utari, 2010)

Dari tabel diatas kadar isoflavon menunjukkan bahwa proses pembuatan tempe dengan dua kali perebusan kedelai menghasilkan peningkatan isoflavon sebesar 9,2 mg atau 47,4 persen lebih besar dibandingkan dengan sekali perebusan.

3. Serat

Serat dapat mempengaruhi kadar glukosa darah karena memperlambat absorpsi glukosa sehingga mempengaruhi penurunan glukosa. Indeks glikemik tempe yang rendah menjadikan respon glukosa darah tubuh rendah sehingga peningkatan kadar glukosa darah relatif kecil. Serat larut memiliki kemampuan memperlambat penyerapan glukosa sehingga menunda dan mengurangi kenaikan kadar glukosa darah sedangkan serat tidak larut mengurangi proses glukoneogenesis yang berpengaruh terhadap peningkatan sekresi insulin sehingga dapat mengurangi kenaikan kadar glukosa (Cahyadi, 2006). Dalam 100 gram tempe mengandung 1,4 gram serat.

Suatu penelitian di Amerika membuktikan bahwa diet serat yang tinggi yaitu 25 gram/hari mampu memperbaiki pengontrolan gula darah, menurunkan peningkatan insulin yang berlebihan di dalam darah serta menurunkan kadar lemak darah.

Diabetes melitus adalah suatu kondisi di mana kadar gula dalam darah lebih tinggi dari normal (normal: 60 mg/dl sampai 145 mg/dl). Mekanisme serat

yang tinggi dapat memperbaiki kadar gula darah yaitu berhubungan dengan kecepatan penyerapan makanan (karbohidrat) masuk ke dalam aliran darah yang di kenal dengan *Glycaemic Index* (GI). GI ini mempunyai angka dari 0 – 100. Makanan yang cepat di rombak dan cepat di serap masuk ke aliran darah mempunyai angka GI yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kadar gula darah. Sebaliknya, makanan yang lambat di rombak dan lambat di serap masuk ke aliran darah mempunyai angka GI yang rendah sehingga dapat menurunkan kadar gula darah.

Berbagai penelitian sampai dengan tahun 2002, telah menunjukkan bahwa serat dapat memperbaiki respon glukosa darah dan indek insulin. Serat kasar (*viscous fiber*) menghambat lewatnya glukosa melalui dinding saluran pencernaan menuju pembuluh darah. Para ahli percaya bahwa perbaikan yang berarti pada pengendalian kadar gula darah hanya dapat dicapai dengan pemberian suplemen serat dosis tinggi secara hati-hati, hal ini tidak dapat dicapai dengan mengonsumsi makanan berserat tinggi.

Berdasarkan temuan baru ini, American Diabetes Association memperbarui rekomendasi kecukupan serat per hari bagi penderita diabetes. Rekomendasi yang baru menyatakan kecukupan serat pada penderita diabetes turun dari 40 gram menjadi 20-35 gram per hari (tidak berbeda dengan kecukupan untuk orang yang bukan penderita diabetes) (Majalah Kedokteran Andalas,2007).

4. Indeks Glikemik

Bahan makanan dengan indeks glikemik rendah bermanfaat dalam penanganan penderita DM. Pemecahan dan absorpsi karbohidrat pada pangan

dengan IG rendah berjalan lambat, sehingga menghasilkan peningkatan glukosa darah dan insulin secara lambat dan bertahap. Indeks glikemik tempe yang rendah menjadikan respon glukosa darah tubuh rendah sehingga peningkatan kadar glukosa darah relatif kecil.

Makananan yang memiliki IG dan GL rendah adalah makanan terbaik untuk mengurangi kemungkinan lonjakan kenaikan gula darah. Contoh makanan ini adalah kedelai dan olahannya termasuk tempe. Tempe memiliki IG sebesar 18. IG dikatakan rendah apabila < 55 .

Tabel 2.6 Kandungan Zat Gizi Kedelai dan Tempe

| Zat gizi. | Satuan | Komposisi zat gizi 100 gram bdd. | |
|--------------------------------|--------|----------------------------------|-------|
| | | Kedelai | Tempe |
| Energi | (kal) | 381 | 201 |
| Protein | (gram) | 40,4 | 20,8 |
| Lemak | (gram) | 16,7 | 8,8 |
| Hidrat arang | (gram) | 24,9 | 13,5 |
| Serat | (gram) | 3,2 | 1,4 |
| Abu | (gram) | 5,5 | 1,6 |
| Kalsium | (mg) | 222 | 155 |
| Fosfor | (mg) | 682 | 326 |
| Besi | (mg) | 10 | 4 |
| Karotin | (mkg) | 31 | 34 |
| Vitamin A | (SI) | 0 | 0 |
| Vitamin B1 | (mg) | 0,52 | 0,19 |
| Vitamin C | (mg) | 0 | 0 |
| Air | (gram) | 12,7 | 55,3 |
| bdd (berat yang dapat dimakan) | (%) | 100 | 100 |

Sumber: Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia Depkes RI Dir. Bin.Gizi Masyarakat dan Puslitbang Gizi 1991

2.5 Analisis Tepung Jagung dan Tepung Tempe

1. Kadar Karbohidrat dan Gula Reduksi

Di dalam sistem pencernaan dan juga usus halus, semua jenis karbohidrat yang dikonsumsi akan terkonversi menjadi glukosa untuk kemudian diabsorpsi

oleh aliran darah dan ditempatkan ke berbagai organ dan jaringan tubuh. Molekul glukosa hasil konversi berbagai macam jenis karbohidrat inilah yang kemudian akan berfungsi sebagai dasar bagi pembentukan energi di dalam tubuh. Proses metabolisme glukosa yang terjadi di dalam tubuh ini akan memberikan kontribusi hampir lebih dari 50% bagi ketersediaan energi di dalam tubuh, karbohidrat yang telah terkonversi menjadi glukosa tidak hanya akan berfungsi sebagai sumber energi utama. Untuk itu sangat perlu dalam pengukuran toal gula dalam penelitian ini.

Analisis Karbohidrat dilakukan dengan menggunakan metode Luff-Schoorl sedangkan analisis gula reduksi menggunakan metode

2. Analisis Protein

Ketidak sediaan glukosa dalam sel juga mengakibatkan terjadinya glukogeogenesis secara berlebihan. Sel-sel akan meningkatkan produksi glukosa dari substrat lain, salah satunya adalah protein. Peristiwa berlangsung terus menerus akibatnya terjadi pengurangan jumlah jaringan otot dan jaringan adipose secara signifikan. Untuk itu dalam hal ini perlu dilakukan analisis protein. Dalam penderita Diabetes juga terdapat anjuran asupan protein (Dlyna, 2013). Analisis Protein dilakukan dengan metode Kjeldahl.

3. Analisis Lemak

Gula darah dan pola konsumsi sumber lemak dapat mempengaruhi terjadinya dislipidemia pada penderita diabetes melitus. Sehingga pada penderita diabetes perlu juga diperhatikan asupan lemaknya serta jenis lemak yang dikonsumsi. Analisis Lemak dilakukan dengan metode soxhlet.

4. Analisis serat kasar

Pada penelitian ini dilakukan analisis serat kasar dengan metode AOAC 1990. Hal ini dikarenakan serat memiliki banyak manfaat bagi tubuh. Mekanisme serat yang tinggi dapat memperbaiki kadar gula darah yaitu berhubungan dengan kecepatan penyerapan makanan (karbohidrat) masuk ke dalam aliran darah yang di kenal dengan *Glycaemic Index* (GI). Serat kasar (*viscous fiber*) menghambat lewatnya glukosa melalui dinding saluran pencernaan menuju pembuluh darah. Analisis serat kasar dilakukan dengan ekstraksi menggunakan soxhlet.

5. Analisis Antioksidan

Pada penelitian ini dilakukan analisis Antioksidan dengan menggunakan DPPH. Antioksidan memiliki banyak manfaat pada tubuh yaitu dapat sebagai imun tubuh, mencegah penuaan, mengurangi resiko penyakit degenerative, dll. Telah dibuktikan bahwa penderita diabetes mellitus memiliki tingkat stres oksidatif yang lebih tinggi dibandingkan kondisi normal pada penelitian (Sabu dkk., 2005). Menurut Ruhe dkk., (2005), pemberian antioksidan dapat mengikat radikal bebas sehingga mampu menurunkan resiko DM tipe 2 dan bermanfaat dalam mengurangi resistensi insulin.

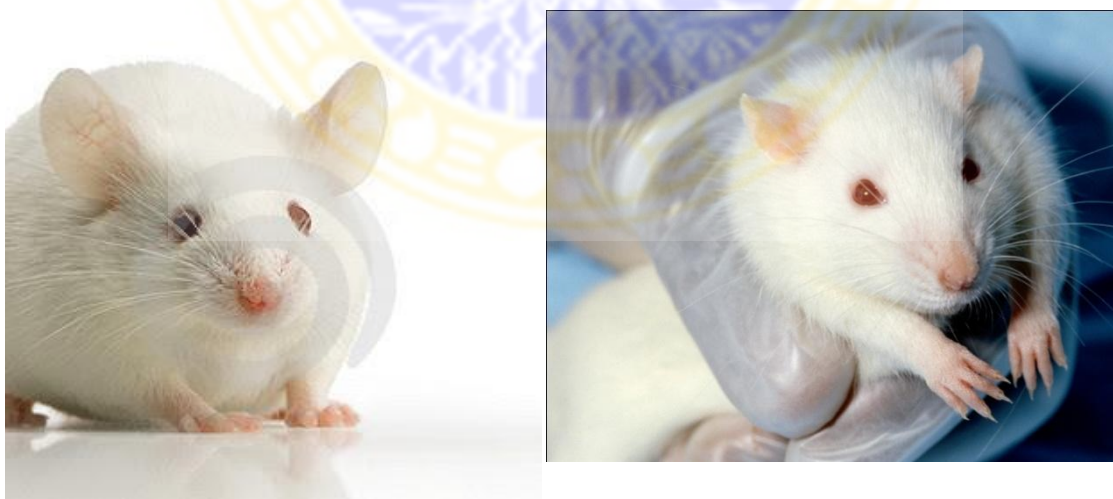
6. Analisis Karotenoid

Pada penelitian ini dilakukan analisis karotenoid dengan menggunakan HPLC. Karotenoid merupakan salah satu antioksidan yaitu golongan vitamin A. Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat, mencegah proses oksidasi lipid, lipoprotein, protein dan DNA. Antioksidan

merupakan senyawa pemberi elektron (electron donor) atau reduktan (Istiani, 2010).

2.6 Hewan Coba

Lebih dari 90% dari semua hewan uji yang digunakan di dalam berbagai penelitian adalah binatang pengerat, terutama mencit (*Mus musculus* L) dan tikus (*Rattus norvegicus* L). Hal ini disebabkan karena secara genetic, manusia dan kedua hewan uji tersebut mempunyai banyak sekali kemiripan. Jenis mencit dan tikus paling sering digunakan adalah jenis albino galur Sprague Dawley dan galur Wistar. Kedua jenis hewan tersebut sering digunakan sebagai hewan uji dalam penelitian dan pelatihan medis pada pengelolaan kesehatan gigi, obesitas, diabetes mellitus dan hipertensi serta digunakan dalam bidang gizi, terutama untuk mempelajari hubungan antara nutrisi dengan penuaan dini.



Gambar 2.4. Tikus Wistar Putih (*Rattus norvegicus* L.)

Adapun taksonomi dari tikus putih adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Divisi : Chordata

Kelas : Mammalia

Ordo : Rodentia

Famili : Muridae

Subfamili : Murinae

Genus : Rattus

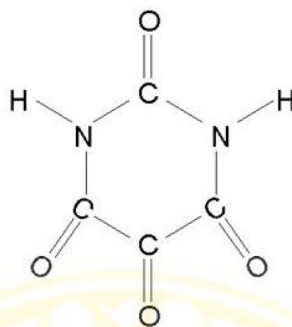
Spesies : *Rattus norvegicus* L.

Tikus putih atau yang lebih dikenal dengan tikus albino ini lebih banyak dipilih karena tikus yang dilahirkan dari perkawinan antara tikus albino jantan dan betina mempunyai tingkat kemiripan genetik yang besar, yaitu 98%, meskipun sudah lebih dari 20 generasi. Bahkan setelah terjadi perkawinan tertutup di antara tikus albino ini, mereka masih mempunyai kemiripan genetik yang sangat besar yaitu 99,5%. Hal inilah yang menyebabkan mereka dikatakan hampir menyerupai hewan hasil klon.

2.7 Aloksan

Aloksan merupakan senyawa yang tidak stabil dan bersifat hidrofobik, waktu paruhnya hanya 1,5 menit pada pH netral dan temperatur 37⁰C, dalam suhu tubuh yang lebih rendah waktu paruhnya menjadi lebih lama. Mekanisme kerja aloksan pada prinsipnya terjadi melalui beberapa proses yang secara simultan menghasilkan efek kerusakan pada sel-sel β pankreas. Proses yang dimaksud diantaranya pembentukan senyawa radikal bebas, terjadinya oksidasi

gugus $-SH$, penghambatan glukosinase serta adanya gangguan homeostatis kalsium intraseluler (Szkudelski, 2001).



Gambar 2.5 Struktur Molekul Alokstan (Ruch and Keffer, 2007)

Mekanisme kerja alokstan diawali dengan ambilan alokstan ke dalam sel-sel β pankreas dan kecepatan ambilan ini menentukan sifat diabetogenik alokstan. Ambilan ini juga dapat terjadi pada hati atau jaringan lain, tetapi jaringan tersebut relatif lebih resisten dibandingkan pada sel-sel β pankreas. Sifat inilah yang melindungi jaringan terhadap toksisitas alokstan (Szkudelski, 2001).

Faktor lain yang sangat dominan menghasilkan sifat diabetogenik alokstan adalah pembentukan senyawa oksigen reaktif yang terjadi dalam sel-sel β pankreas. Beberapa penelitian melaporkan bahwa alokstan meningkatkan konsentrasi kalsium bebas sitosolik dalam sel-sel β pankreas akibat beberapa proses antara lain peningkatan influx kalsium dari cairan ekstraseluler, mobilisasi intraseluler maupun berkurangnya kalsium yang hilang dalam sitoplasma. Kemampuan alokstan untuk dapat menimbulkan diabetes juga tergantung pada jalur penginduksian, dosis, senyawa, hewan percobaan dan status gizi (Szkudelski, 2001).

Pemberian aloksan menyebabkan terjadinya degenerasi dari sel β pulau Langerhans pankreas. Aloksan dan hasil dari reduksinya, asam dilaurat, menghasilkan suatu siklus redoks dengan pembentukan radikal superoksida. Radikal superoksida mengalami dismutase menjadi hydrogen peroksida (H_2O_2). Aloksan menghasilkan efek diabetogenik dengan produksi hydrogen peroksida. Dengan adanya Fe^{2+} dan peroksida terbentuklah radikal hidroksil bereaktivitas tinggi oleh reaksi Fenton. Hal ini menimbulkan gangguan dalam sistem homeostatis kalsium intraseluler, yang terjadi peningkatan konsentrasi kalsium intraseluler yang menyebabkan kerusakan pada sel β pulau Langerhans (Szkudelski, 2001).

2.8 Metode Pengukuran Kadar Glukosa Darah

Keadaan diabetes dapat diinduksi pada hewan uji dengan cara pankreatektomi dan juga secara kimia. Zat-zat kimia yang bekerja sebagai induktor (diabetogen) dapat digunakan zat-zat kimia antara lain aloksan, streptozosin, diaksosida, adrenalin, glukogon dan EDTA yang biasanya diberikan. Diabetogen yang banyak digunakan adalah aloksan karena obat ini cepat menimbulkan hiperglikemia yang permanen dalam waktu dua sampai tiga hari. Pereaksi-pereaksi kimia yang digunakan untuk pembentukan warna yang lazim digunakan adalah orto-tuluidin dan *glucose oksidase* karena hasilnya bisa diandalkan (Permatasari, 2008).

Prinsip metode ini adalah induksi diabetes yang diberikan pada hewan uji dengan disuntikkan aloksan secara intraperitoneal. Pemberian aloksan dalam

dosis tertentu dapat menyebabkan destruksi selektif pada sel β pankreas. Tikus dapat dibuat diabetik dengan menginjeksi aloksan 30-40 mg/kg BB, dalam percobaan ini tikus diinduksi aloksan sebanyak 40 mg/kg BB. Dalam waktu 24 – 48 jam sudah dapat dilihat peningkatan kadar glukosa darah tikus percobaan.

Penelitian dilakukan selama 4 minggu yang diawali dengan adaptasi lingkungan tikus selama 7 hari. Pengukuran level gula darah dan berat badan dilakukan setiap seminggu sekali (Ruzaidi *et al*, 2008).

Prosedur pengukuran kadar gula darah pada hewan coba adalah sebagai berikut :

1. Sebelum pemeriksaan kadar gula darah, tikus dipuaskan selama 10-12 jam. Pemeriksaan kadar gula darah melalui pengambilan cuplikan darah dari vena di ekor tikus dengan cara memotong sedikit ujung ekor.
2. Tetesan darah yang pertama dibuang, tetesan darah berikutnya dengan menggunakan alat POCT (Point of Care Test) Super Glucocard II. Reagen strip yang telah di tetesi darah vena dimasukkan ke alat pemeriksa, kemudian hasilnya dibaca pada layar dalam waktu kurang dari 30 detik. Nilai yang tertera pada layar adalah nilai konsentrasi gula darah dalam mg/dl.
3. Prinsip pemeriksaan kadar gula darah adalah berdasarkan reaksi oksidasi enzimatis yaitu sampel darah vena dalam reagen strip yang mengandung glucose oksidase (GOD) dan potassium ferrisianida. Gula darah didalam reagen strip bereaksi dengan potassium ferrisianida sehingga terbentuk potassium ferosianida. Banyaknya potassium ferosianida akan menghasilkan

arus listrik yang dapat dideteksi oleh alat dan kemudian diubah menjadi angka yang ditampilkan pada layar

4. Pemeriksaan kadar gula darah dilakukan sebelum penelitian dilakukan, setelah diinduksi aloksan, untuk menentukan keberhasilan induksi aloksan, terhadap peningkatan kadar gula darah dalam proses hiperglikemi.

