

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Tentang Glukosa Darah**

Glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), suatu gula monosakarida yang merupakan hasil akhir dari proses metabolisme karbohidrat di dalam tubuh. Glukosa adalah salah satu karbohidrat yang digunakan sebagai sumber tenaga. Gula sederhana seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam) menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Dalam bentuk glukosa, maka karbohidrat diabsorpsi melalui dinding usus dan dikonversi di dalam hati (Murray, 2013).

Glukosa berperan sebagai salah satu molekul utama bagi pembentukan energi di dalam tubuh manusia yang telah diserap oleh usus halus kemudian akan terdistribusi ke dalam semua sel tubuh melalui aliran darah. Di dalam tubuh, glukosa tidak hanya dapat tersimpan dalam bentuk glikogen di dalam otot & hati namun juga dapat tersimpan pada plasma darah dalam bentuk glukosa darah (Irawan, 2007).

##### **2.1.1 Metabolisme Glukosa**

Metabolisme merupakan proses pengubahan struktur suatu zat menjadi zat lain yang mempunyai sifat yang sama atau berbeda dengan zat itu sebelumnya. Perubahan struktur zat tersebut dapat berupa pembentukan atau penguraian. Metabolisme glukosa menghasilkan asam piruvat, asam laktat, dan asetil-coenzim A. Jika glukosa dioksidasi total maka akan menghasilkan karbondioksida, air, dan energi yang akan disimpan didalam hati atau otot dalam bentuk glikogen. Hati

dapat mengubah glukosa yang tidak terpakai melalui jalur-jalur metabolik lain menjadi asam lemak yang disimpan sebagai trigliserida atau menjadi asam amino untuk membentuk protein. Hati berperan dalam menentukan apakah glukosa langsung dipakai untuk menghasilkan energi, disimpan atau digunakan untuk tujuan struktural (Sacher, 2012).

### **2.1.2 Jenis Pemeriksaan Glukosa Darah**

#### **1. Glukosa Darah Sewaktu**

Merupakan uji kadar glukosa yang dapat dilakukan sewaktu-waktu, tanpa harus puasa karbohidrat terlebih dahulu atau mempertimbangkan asupan makanan terakhir. Tes glukosa darah sewaktu biasanya digunakan sebagai tes skrining untuk penyakit Diabetes Mellitus. Kadar glukosa sewaktu normal adalah kurang dari 110 mg/dl.

#### **2. Glukosa Puasa**

Merupakan uji kadar glukosa darah pada pasien yang melakukan puasa selama 10-12 jam. Kadar glukosa ini dapat menunjukkan keadaan keseimbangan glukosa secara keseluruhan atau homeostatis glukosa. dan pengukuran rutin sebaiknya di lakukan pada sampel glukosa puasa. Kadar glukosa puasa normal adalah antara 70-110 mg/dl.

#### **3. Glukosa 2 Jam Post Prandial**

Glukosa 2 jam post prandial merupakan jenis pemeriksaan glukosa dimana sampel darah diambil 2 jam setelah makan atau pemberian glukosa. Tes gula darah 2 jam post prandial biasanya dilakukan untuk menguji respon metabolik terhadap pemberian karbohidrat 2 jam setelah makan. Kadar glukosa 2 jam post prandial normal adalah kurang dari 140mg/dl. Jika kadar glukosa kurang dari

140mg/dl 2 jam setelah makan, maka kadar glukosa tersebut sudah kembali ke kadar sesudah kenaikan awal yang berarti bahwa pasien tersebut mempunyai mekanisme pembuangan glukosa yang normal. Sebaliknya, apabila kadar glukosa 2 jam post prandrial setelah makan masih tetap tinggi, maka dapat disimpulkan adanya gangguan metabolisme pembuangan glukosa.

#### 4. Tes toleransi glukosa oral

Tes toleransi glukosa oral dilakukan untuk pemeriksaan glukosa apabila ditemukan keraguan hasil glukosa darah. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan cara pemberian karbohidrat kepada pasien. Namun sebelum pemberian karbohidrat kepada pasien, ada hal yang harus diperhatikan, seperti keadaan status gizi yang normal, tidak sedang mengkonsumsi salisilat, diuretik, anti kejang steroid, atau kontrasepsi oral, tidak merokok, dan tidak makan dan minum apapun selain air selama 12 jam sebelum pemeriksaan (Marks, 2005 dalam Silvi, 2016).

**Tabel 2.1** : Kadar Glukosa Darah Sewaktu dan Puasa dengan Metode Enzimatis Sebagai Patokan Penyaringan dan Diagnosis DM (mg/dl)

<b>Harga Normal Kadar Glukosa Darah</b>	<b>Bukan DM (mg/dl)</b>	<b>Belum pasti DM (mg/dl)</b>	<b>DM (mg/dl)</b>
<b>Kadar Glukosa darah sewaktu:</b>			
Plasma vena	< 100	110-199	>200
Darah kapiler	< 90	90-199	>200
<b>Kadar Glukosa darah puasa:</b>			
Plasma vena	< 100	110-125	>126
Darah kapiler	< 90	90-109	>110

(Sumber: Maulana, 2012).

### **2.1.3 Pengendalian Glukosa Darah**

Pengaturan besarnya konsentrasi glukosa darah pada orang normal sangat sempit, pada orang yang sedang berpuasa kadar glukosa darah ini hanya sangat sempit, pada orang yang sedang berpuasa kadar glukosa darah ini hanya diantara 80 dan 90 mg/dl darah yang diukur pada waktu sebelum makan pagi. Konsentrasi ini meningkat menjadi 120-140 mg/dl selama jam pertama atau lebih setelah makan namun ada suatu sistem umpan balik yang mengatur kadar glukosa darah yang dengan cepat mengembalikan konsentrasi glukosa ke nilai kontrolnya, biasanya ini terjadi pada waktu 2 jam sesudah absorpsi karbohidrat yang terakhir (Ganong, 2002 dalam Adinda, 2011).

### **2.1.4 Gangguan Metabolisme Glukosa Darah**

Salah satu penyakit degeneratif yang jumlah penderitanya terus meningkat dari tahun ke tahun adalah Diabetes Melitus (DM). Menurut WHO, DM adalah penyakit kronis yang terjadi baik ketika pankreas tidak menghasilkan insulin yang cukup atau ketika tubuh tidak dapat secara efektif menggunakan insulin yang dihasilkan (WHO, 2008). Diabetes melitus (DM) merupakan sebuah penyakit, di mana kondisi kadar glukosa di dalam darah melebihi batas normal. Hal ini disebabkan karena tubuh tidak dapat melepaskan atau menggunakan insulin secara adekuat. Insulin adalah hormon yang dilepaskan oleh pankreas dan merupakan zat utama yang bertanggung jawab untuk mempertahankan kadar gula darah dalam tubuh agar tetap dalam kondisi seimbang. Insulin berfungsi sebagai alat yang membantu gula berpindah ke dalam sel sehingga bisa menghasilkan energi atau disimpan sebagai cadangan energi (Mahdiana, 2010).

#### **2.1.4.1 Patofisiologi Diabetes Mellitus**

Pada proses pencernaan, pengolahan bahan makanan dimulai di mulut kemudian ke lambung dan selanjutnya ke usus. Di dalam saluran pencernaan makanan dipecah menjadi bahan dasar dari makanan itu. Karbohidrat menjadi glukosa, protein menjadi asam amino dan lemak menjadi asam lemak. Didalam tubuh, zat makanan terutama glukosa dibakar melalui proses metabolisme, dan hasil akhirnya timbulnya energi. Insulin bertugas memasukkan glukosa ke dalam sel, untuk selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar (Suyono,dkk, 2007).

Insulin juga penting dalam mengatur tingkat glukosa dalam darah. Setelah makan, kadar glukosa darah akan meningkat, untuk mengatasi peningkatan kadar glukosa, pankreas biasanya melepaskan lebih banyak insulin ke dalam aliran darah untuk membantu glukosa memasuki sel-sel dan menurunkan kadar glukosa darah setelah makan. Ketika kadar glukosa darah diturunkan, maka pelepasan insulin dari pankreas dihentikan (Suyono, dkk, 2007).

#### **2.1.4.2 Klasifikasi Diabetes Mellitus**

##### **1. Diabetes Mellitus Tipe 1**

DM tipe 1, diabetes anak-anak (*childhood-onset diabetes, juvenile diabetes, insulin-dependent diabetes mellitus, IDDM*), adalah diabetes yang terjadi karena kurangnya rasio insulin dalam sirkulasi darah akibat hilangnya sel beta penghasil insulin (Yekti dan ari, 2011). Diabetes tipe 1 biasanya mengenai anak-anak dan remaja. Penderita diabetes tipe 1 bergantung pada pemberian insulin dari luar. Faktor penyebab diabetes tipe 1 adalah infeksi virus atau reaksi *autoimunitas* (rusaknya sistem kekebalan tubuh) yang merusak sel-sel penghasil

insulin, yaitu sel $\beta$  pada pankreas, secara menyeluruh. Oleh karena itu, tipe ini pankreas sama sekali tidak dapat menghasilkan insulin (Helmanu dan ulfa, 2015).

## **2. Diabetes Melitus Tipe 2**

Diabetes Melitus Tipe 2 (*adult-onset diabetes, obesity-related diabetes, non-insulin-dependent diabetes mellitus, NIDDM*) merupakan tipe DM yang terjadi bukan disebabkan oleh rasio insulin di dalam sirkulasi darah, melainkan kelainan metabolisme yang disebabkan oleh mutasi pada banyak gen, termasuk yang menyebabkan disfungsi sel Beta, gangguan pengeluaran hormon insulin, resistansi sel terhadap insulin yang disebabkan oleh disfungsi sel jaringan (Yekti dan ari, 2011).

DM tipe 2 disebabkan bukan hanya faktor keturunan, melainkan juga karena gaya hidup yang tidak sehat. DM tipe 2 berkembang sangat lambat hingga bertahun-tahun. Oleh karena itu, gejala dan tanda-tandanya tidak terlihat sebelum diagnosis (Helmanu dan ulfa, 2015). Pada tahap awal, kelainan yang muncul adalah berkurangnya sensitivitas terhadap insulin yang ditandai dengan meningkatnya kadar insulin di dalam darah (Yekti dan ari, 2011).

### **2.1.4.3 Pengobatan**

Tujuan pengobatan diabetes adalah untuk memertahankan keseimbangan kadar glukosa darah dan meminimalisasi risiko komplikasi. Pengobatan dalam menyembuhkan penyakit yang diakibatkan oleh gangguan metabolisme glukosa darah yaitu diabetes melitus bisa dilakukan dengan upaya terapi. Terapi diabetes melitus dapat berupa terapi menggunakan obat dan terapi tanpa obat seperti mengatur gaya hidup sehat.

## **1. Terapi Menggunakan Obat**

Perilaku keteraturan konsumsi obat anti diabetes menjadi salah satu upaya untuk pengontrolan dalam pengendalian glukosa darah ataupun komplikasi yang dapat ditimbulkan. Bila penderita Diabetes Melitus tidak patuh dalam melaksanakan program pengobatan yang telah dianjurkan oleh dokter atau tenaga kesehatan lainnya maka akan dapat memperburuk kondisi penyakitnya (Nurlaili, dkk, 2013). Apabila penatalaksanaan terapi tanpa obat tidak berhasil mengendalikan kadar glukosa darah penderita, maka perlu dilakukan penatalaksanaan terapi dengan obat, berupa insulin, obat hipoglikemik oral (golongan sulfonilurea, meglitinida, turunan fenilalanin, biguanidina, tiazolidindion, inhibitor  $\alpha$ -glukosidase), atau kombinasi keduanya (Haeria, 2009).

## **2. Terapi Tanpa Obat**

Pengobatan akan dapat berjalan dengan baik jika diberikan bersama dengan pengaturan makan dan latihan jasmani (gaya hidup sehat). Upaya nutrisi seperti memilih jenis bahan makanan juga sangat penting untuk diperhatikan. Seperti makanan berserat seperti sayur dan buah-buahan segar mengandung banyak vitamin dan mineral. Selain itu Berolah raga secara teratur dapat menurunkan dan menjaga kadar gula darah tetap normal (Haeria, 2009).

### **2.2 Tinjauan Umum Yoghurt**

Yoghurt adalah produk yang diperoleh dari susu yang telah dipasteurisasi dengan bakteri tertentu sampai diperoleh keasaman, bau, dan rasa yang khas dengan atau tanpa penambahan bahan lain yang diizinkan (Surajudin, 2005). Yoghurt merupakan hasil olahan susu dengan kultur bakteri yang terdiri dari

campuran bakteri probiotik, yakni *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* (Ayustaningwarno,2014).

Yoghurt merupakan salah satu bentuk pengolahan susu melalui proses fermentasi menggunakan bakteri asam laktat. Pengolahan susu bertujuan untuk diversifikasi pangan, meningkatkan nilai nutrisi dan umur simpan dari bahan asal. Produk olahan susu ini termasuk dalam kategori makanan karena dapat menetralsir kelainan pencernaan akibat konsumsi laktosa (*lactose intolerance*) dan mencegah penumpukan kolesterol dalam darah. Yoghurt mengandung kultur starter berupa bakteri asam laktat *S. thermophilus* dan *L. bulgaricus*, yang menghasilkan flavor khas, tekstur semi padat dan halus, kompak serta rasa asam yang segar (Zuriati dkk, 2011).

Proses pembuatan yoghurt baik dengan cara tradisional maupun modern, secara garis besar terdiri atas empat langkah dasar yaitu pemanasan, inokulasi, inkubasi, dan pendinginan. Pemanasan yang dilakukan pada produk susu sebelum diinokulasi kultur dilakukan pada suhu 80-85C selama 15-30 menit. Proses pemanasan bertujuan untuk membunuh mikroba yang tidak diinginkan sehingga kultur yoghurt dapat tumbuh secara optimum, menguapkan sebagian air, dan membebaskan sebagian oksigen, memecahkan beberapa komponen susu, dan mendenaturasi dan mengkoagulasi albumin dan globulin susu (Saputra, 2011).

### **2.2.1 Kandungan Nutrisi Yoghurt**

Yoghurt merupakan salah satu hasil produk fermentasi yang banyak mengandung gizi. Proses fermentasi pada yoghurt menambah kandungannya. Komposisi zat gizi pada yoghurt mirip dengan susu. Bahkan, ada beberapa komponen yang jumlahnya lebih tinggi dibandingkan dengan susu, seperti vitamin

B kompleks, kalsium (Ca), dan protein. Selama proses fermentasi susu menjadi yoghurt terjadi sintesis vitamin B kompleks khususnya thiamin (vitamin B1) dan riboflavin (vitamin B2), serta beberapa asam amino penyusun protein (Surajudin, 2008).

Kelebihan yoghurt adalah sebagai sumber yang baik untuk protein, fosfor, kalsium, magnesium, dan juga kalori. Adanya bakteri yang mampu menguraikan protein susu menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana dan mudah dicerna, mengakibatkan yoghurt memiliki nilai gizi yang relatif lebih baik dibanding susu segarnya. Sejumlah ahli juga menganggap yoghurt sebagai "pabrik" bakteri yang dapat memproduksi aneka vitamin yang sangat diperlukan tubuh, yaitu: asam folat, asam nikotinat, asam pantotenat, biotin, vitamin B6, dan vitamin B12. Kandungan mineral pada yoghurt, khususnya kalsium, fosfor, dan kalium, juga meningkat. Sebaliknya, kandungan lemak yoghurt menjadi lebih rendah dibandingkan susu segarnya, sehingga cocok diminum oleh mereka yang sedang berdiet rendah kalori (Wahyu widodo, 2002).

### **2.2.2 Bakteri Probiotik pada Yoghurt**

Selain kandungan nutrisi pada yoghurt juga terdapat kandungan bakteri probiotik pada yoghurt dalam saluran pencernaan. Probiotik adalah mikroorganisme hidup dalam bentuk kering yang mengandung media biakan serta produk hasil metabolisme mikroorganisme tersebut. Probiotik mengandung bakteri gram positif dan gram negatif, yeast serta jamur. Mencermati adanya perbedaan dalam definisi probiotik yang cukup luas maka definisi yang sesuai untuk probiotik sebaiknya diarahkan pada tujuan serta manfaatnya yaitu untuk upaya manipulasi mikroflora saluran pencernaan untuk tujuan peningkatan

kondisi kesehatan serta produktivitas penerima probiotik (Ducluzeau et al., dalam Anastiawan, 2014).

Di antara berbagai probiotik, strain *Lactobacillus* digunakan secara rutin dalam produk makanan. Beberapa peraturan seperti stimulasi sistem kekebalan tubuh, penghambatan lampiran patogen, pengurangan efek toksik mikroorganisme patogen dan merangsang usus kecil adalah beberapa konsekuensi dari strain *Lactobacillus* dalam tubuh (Reza, Asghar, dan Jamal, 2014).

Bakteri asam laktat dapat memiliki aplikasi potensial dalam pengobatan bio-medis. Beberapa penggunaan dalam mengelola intoleransi laktosa, pencegah kanker usus, menurunkan kolesterol, menurunkan tekanan darah, meningkatkan fungsi kekebalan tubuh dan mencegah infeksi, diare terkait antibiotik, mengurangi peradangan, sindrom iritasi usus besar dan kolitis, mengelola urine-genital kesehatan. Menurut efek probiotik pada kesehatan manusia, penyelidikan menurunkan gula darah efek *Lactobacillus delbrueckii* (*L. delbrueckii*) sebagai probiotik umum dalam makanan (Reza, Asghar, dan Jamal, 2014).

Terbentuknya kolonisasi probiotik dalam saluran pencernaan, mengakibatkan kompetisi nutrisi dan lokasi adhesi (penempelan) antara probiotik dan bakteri lain, khususnya patogen. Pertumbuhan probiotik juga akan menghasilkan berbagai komponen anti bakteri (asam organik, hidrogen peroksida, dan bakteriosin yang mampu menekan pertumbuhan patogen) (Collado *et al.*, 2009). Dengan memperhatikan kesehatan inangnya penambahan probiotik harus memperhatikan konsentrasi antara  $10^7$ –  $10^{11}$  CFU/g per hari untuk manusia dan  $10^7$ - $10^9$ /g per hari untuk binatang (Ooi dan Min-Tze, 2010).

Ketika bakteri probiotik termakan, maka bakteri pertama kali akan menghadapi keasaman lambung. Bakteri asam laktat tidak hanya tumbuh dengan lambat pada pH rendah, tetapi kerusakan akibat asam dan hilangnya viabilitas juga dapat terjadi pada sel bakteri yang terpapar pada pH rendah.

Bakteri yang mampu bertahan pada kondisi keasaman lambung akan dialirkan menuju ke usus bagian atas dimana pada usus, bakteri akan menghadapi tekanan yang berhubungan dengan ketersediaan O<sub>2</sub> yang rendah, garam empedu dan persaingan dengan mikrobiota (mikroorganisme lainnya yang terdapat di dalam usus). Garam empedu yang terdapat di dalam usus disintesis di dalam hati dengan cara mengkonjugasi steroid heterosiklik yang berasal dari kolesterol dan disalurkan ke usus melalui usus dua belas jari. Garam empedu kemudian akan diserap kembali dari ileum bagian bawah dan kembali ke hati untuk disekresikan lagi ke empedu. Lamanya bakteri di dalam usus sekitar 4-6 jam. Bakteri yang telah melewati garam empedu harus mampu mengkolonisasi pada saluran usus bagian bawah agar dapat dikatakan bakteri probiotik (Suroño dalam Anastiawan, 2014).

### **2.2.3 Manfaat Yoghurt**

#### **1. Intoleran Laktosa**

Konsumsi susu sapi pada anak-anak, terutama balita tidak jarang menimbulkan beberapa masalah seperti intoleransi laktosa. Intoleransi laktosa adalah kondisi usus tidak dapat mencerna dan menyerap laktosa secara sempurna. Hal ini terjadi karena terbatasnya enzim laktase pada saluran pencernaan yang berfungsi memecah laktosa (Surajudin, 2008).

Yoghurt memiliki kandungan laktosa yang rendah yang disebabkan karena laktosa telah difermentasi menjadi asam laktat sehingga yoghurt tersebut memiliki pH berkisar 6,1. Kadar laktosa yang rendah tersebut menguntungkan karena mencegah timbulnya gejala intoleran laktosa (Paige dalam Zainal arifin, 1995).

## **2. Antidiabetik**

Potensi yoghurt dalam menurunkan kadar glukosa darah berhubungan dengan kemampuan bakteri asam laktat dalam yoghurt menurunkan kadar kolesterol dan plasma lipid, sehingga meningkatkan sensitivitas insulin pankreas (Shi Lye, et al, 2009). Penurunan tingkat gula darah dalam diabetic patients oleh konsumsi probiotik yang terkandung pada yoghurt adalah karena adanya pembentukan probiotik dalam usus pasien. Organisme ini meningkatkan jumlah konsumsi glukosa di dalam usus, sehingga mengurangi jumlah glukosa yang diserap ke dalam darah (Reza, Asghar, dan Jamal, 2014).

Kolonisasi bakteri asam laktat di usus Epitel, penggunaan glukosa oleh mereka dan akibatnya Mengurangi penyerapan glukosa dari usus. Penghambat Efek bakteri asam laktat pada produksi sitokin Yang bertanggung jawab untuk penghancuran sel pankreas Mungkin mekanisme lain (Majid Mohamadshahi *et al.*, 2014).

Dalam yoghurt laktosa difermentasi menjadi asam laktat dan gas CO<sub>2</sub>, sehingga kadar laktosa menjadi rendah, sedangkan kadar gizi yang lain tidak berubah. Dengan demikian yoghurt memiliki manfaat dalam jangka waktu yang lama untuk penderita hiperglikemia. Karena akan dapat menaikkan status gizi tanpa harus diikuti peningkatan kadar glukosa darah (Paige *et al* dalam Zainal arifin, 1995).

### 3. Menjaga Keseimbangan Saluran Pencernaan

Asam laktat dari yoghurt dapat merangsang gerakan peristaltik hampir pada semua bagian dalam saluran pencernaan. Rangsangan gerakan peristaltik tersebut dapat memelihara kesehatan tubuh melalui peningkatan proses pencernaan, penyerapan, pembuangan feses, dan pembuangan bakteri patogen dari saluran pencernaan (Wahyu widodo, 2002).

#### 2.3 Tinjauan Susu Kedelai

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3830-2006, definisi susu kedelai adalah produk yang berasal dari ekstrak biji kacang kedelai dengan air atau larutan tepung kedelai dalam air, dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain serta bahan tambahan makanan lain yang diizinkan.

##### 2.3.1 Klasifikasi Kedelai

Klasifikasi ilmiah dari tanaman kedelai ini sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatopyta
Sub Divisio	: Angiospremae
Class	: Monocotyledonae
Ordo	: Polypetales
Family	: Leguminoseae
Sub Family	: papilionoideae
Genus	: Glycine
Spesies	: <i>Glycine max</i> , <i>Dlycine soja</i>



**Gambar 2.3 Kedelai Sumber : (Aep Wawan, 2006)**

### 2.3.2 Kandungan Nutrisi Susu Kedelai

Susu kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi dikarenakan kandungan gizi yang terdapat pada susu kedelai hampir sama dengan gizi pada susu sapi (Koswara, 2006). Susu kedelai tidak memiliki laktosa susu sehingga sangat baik bagi anak atau orang dewasa yang alergi terhadap susu sapi (Emil, 2012).

**Tabel 2.3 Komponen Susu Kedelai Dan Susu Sapi Tiap 100 gr**

KOMPONEN	SUSU KEDELAI	SUSU SAPI
Kalori (Kkal)	41,00	61,00
Protein (g)	3,50	3,20
Lemak (g)	2,50	3,50
Karbohidrat (g)	5,00	4,30
Kalsium (mg)	50,00	143,00
Fosfor (g)	45,00	60,00
Besi (g)	0,70	1,70
Vitamin A (SI)	200,00	130,00
Vitamin B1 (mg)	0,08	0,03
Vitamin B2 (mg)	2,00	1,00
Vitamin C (mg)	2,00	1,00
Vitamin D (IU)	2,50	4,40
Air (g)	87,00	88,33

(Sumber : Direktorat Gizi, depkes RI dalam Dika, 2010)

Dari data Tabel 2.3 diatas dapat dilihat bahwa jumlah protein susu kedelai hampir sama dengan jumlah protein susu sapi, hal ini menunjukkan bahwa mengkonsumsi susu kedelai sama baiknya dengan mengkonsumsi susu sapi bahkan lebih baik bagi orang yang sedang berdiet karena kandungan lemaknya lebih sedikit dari susu sapi, sehingga sangat baik untuk dikonsumsi.

Susu kedelai tidak mengandung vitamin B12 dan kandungan mineralnya terutama kalsium lebih sedikit ketimbang susu sapi. Karena itu dianjurkan penambahan atau fortifikasi mineral dan vitamin pada susu kedelai yang diproduksi oleh industri besar (Sutrisno, 2006 dalam Dika, 2010).

### **2.3.3 Manfaat Susu Kedelai**

#### **1. Anti Diabetik**

Susu kedelai mengandung asam amino glisin dan asam amino arginin mampu menjaga keseimbangan hormon insulin. Selain itu, protein dalam susu kedelai lebih mudah diterima organ ginjal dibandingkan dengan protein hewani. Karena itu, susu kedelai baik dikonsumsi oleh penderita Diabetes Mellitus. Diabetes Mellitus muncul karena tubuh kekurangan insulin yang mengakibatkan kelainan metabolisme karbohidrat, protein, lemak, air, dan elektrolit (Emil, 2012).

Polisakarida kedelai mengurangi pasca konsentrasi glukosa prandial menyarankan polysacharida dalam kedelai dapat memberikan manfaat potensial di menderita penyakit dari gangguan toleransi glukosa. Isoflavon kedelai bermanfaat bagi penderita diabetes karena adanya kegiatan esterogenic dan kemampuan mereka untuk mencegah glukosa yang diinduksi peroksidasi lipid dan menghambat penyerapan glukosa usus oleh penurunan sodium-dependent

transporter glukosa, yang hasil dalam pengurangan hiperglikemia postprandial. Estrogen dilaporkan bermanfaat untuk mencegah dan mengobati diabetes tipe 2 oleh pelemahan resistensi insulin, membuktikan sekresi insulin dan meningkatkan massa sel  $\beta$  (Zhang, 1997 dalam Shilpa 2011).

## **2. Pengganti Alternatif Susu Hewani**

Susu kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi dikarenakan kandungan gizi yang terdapat pada susu kedelai hampir sama dengan gizi pada susu sapi (Koswara, 2006). Susu kedelai tidak memiliki laktosa susu sehingga sangat baik bagi anak atau orang dewasa yang alergi terhadap susu sapi (Emil, 2012).

## **3. Mencegah Penyakit Jantung Koroner dan Stroke**

Susu kedelai mengandung vitamin E yang mampu mencegah teroksidasinya kolesterol LDL sehingga tidak menimbulkan plak yang menyebabkan tersumbatnya pembuluh darah arteri, dan meremajakan arteri, sehingga dapat menghindari terjadinya Ateriosklerosis (pengerasan pembuluh darah).

## **4. Mengatur Tekanan Darah**

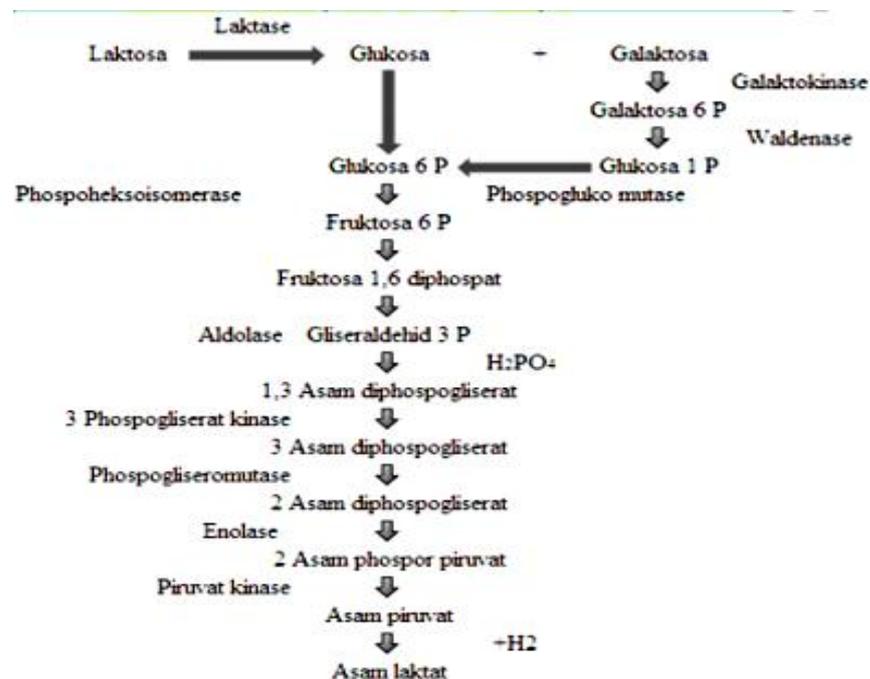
Susu kedelai mengandung mineral Magnesium yang berperan mengatur tekanan darah. Penelitian Jery L Nadler dari *City of Hope Medical Center* – California, menyebutkan Magnesium yang terdapat dalam susu kedelai mampu menghambat pelepasan Tromboksan, yaitu suatu zat yang membuat Trombosit menjadi lebih mudah membentuk gumpalan, sehingga mampu mencegah naiknya tekanan darah (Emil, 2012).

### 2.3.4 Fermentasi Asam Laktat pada Susu Kedelai

Secara biokimia, fermentasi dapat diartikan sebagai pembentukan energi melalui proses katabolisme senyawa organik. Fermentasi yaitu suatu proses untuk mengubah bahan bakar menjadi suatu produk dengan menggunakan sel mikroba.

Fermentasi merupakan proses biokimia dan terjadi perubahan karbohidrat, protein, dan lemak yang menghasilkan unsur organik oleh aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba secara spesifik (Darwis dan Sakura, 1989 dalam Hargyandani, 2014).

Sedangkan fermentasi asam laktat dapat diartikan sebagai proses hidrolisis laktosa oleh bakteri asam laktat menjadi asam piruvat, yang selanjutnya akan diubah menjadi asam laktat dan semakin tinggi konsentrasi asam laktat tersebut menyebabkan pH menurun (Koswara, 2006).



Gambar 2.3 Jalur perombakan laktosa menjadi asam laktat

(Jannes and Patton dalam Hargyandani, 2014)

#### 2.4. Tinjauan Yoghurt Susu Kedelai

Menurut Herawati (2011), yoghurt susu kedelai merupakan produk fermentasi dari susu kedelai yang menggunakan bakteri *S. Thermopilus* dan *L. Bulgaricus* yang telah umum dipakai dalam proses pembuatan yoghurt.

Fermentasi pada yoghurt menjadi cara yang efisien untuk menghasilkan peptida bioaktif. Banyak peptida bioaktif telah diidentifikasi dalam susu kedelai yang difermentasi (Korhonen, 2003 dalam Shilpa, 2011). Peptida bioaktif didefinisikan sebagai fragmen protein spesifik yang memberikan dampak positif bagi fungsi atau kondisi tubuh dan dapat mempengaruhi kesehatan (Kitts & Wiler 2003 dalam Diana, 2015).

Fermentasi dapat meningkatkan bentuk tekstur dan mampu memperbaiki penerimaan kedelai. Untuk mengurangi bau langu kedelai dibuat suatu olahan produk kedelai yaitu yoghurt, yang merupakan hasil fermentasi bakteri asam laktat (Ratnawati *et al.*, 1999). Selain itu fermentasi dapat meningkatkan bioavailabilitas isoflavon, membantu dalam pencernaan protein, menyediakan lebih banyak kalsium larut, meningkatkan kesehatan usus, dan mendukung sistem kekebalan (Muthyala *et al.*, 2004 dalam Shilpa, 2011). Bakteri asam laktat probiotik, ketika tumbuh di susu kedelai, memiliki kemampuan untuk bioconvert glukosida yang isoflavon dalam aglikon mereka masing-masing tanpa suplementasi gizi (Setchell *et al.*, 2005 dalam Shilpa, 2011).

Dengan susu kedelai fermentasi, protein terdegradasi ke bentuk yang lebih sederhana seperti oligopeptida dan di, tri-peptida, protein sehingga mengurangi masalah alergi dan melayani sebagai sumber yang baik dari bioaktif peptida. Ketersediaan kalsium terjadi pada pH rendah, sehingga dengan fermentasi susu

kedelai dan memanfaatkan gula kompleks ini di dalamnya, ketersediaan kalsium juga meningkat. Juga karena pH rendah, bakteri berbahaya atau patogen dalam usus mendapatkan dihilangkan. bakteri probiotik di susu kedelai yang difermentasi bertindak sebagai agen imunogenik dan meningkatkan kekebalan tubuh sistematisem (Shilpa *et al.*, 2011).

Ditinjau dari kandungan gizinya, susu kedelai mempunyai kemungkinan untuk mengganti susu sapi atau ASI, khususnya untuk makanan bayi yang tidak tahan terhadap susu hewani, atau untuk masyarakat di daerah yang harga susu hewannya mahal atau tidak banyak tersedia. Susu kedelai mempunyai kandungan gizi hampir sama dengan susu sapi terutama proteinnya yaitu 3,5–4%. Perbedaan utamanya adalah jenis asam amino, yaitu bahwa susu kedelai tidak mengandung kasein. Berdasar sifat dan komposisi susu kedelai yang hampir sama dengan susu sapi, telah banyak dilakukan pemanfaatan susu kedelai untuk pembuatan produk susu seperti yoghurt, keju dan lain-lain (Smith dan Circle, 1972 dalam Eti, dkk., 2004).

Susu kedelai merupakan salah satu sumber protein dan mengandung komponen nutrisi penting seperti isoflavon dalam jumlah tinggi yang telah terbukti memperbaiki proliferasi sel  $\beta$  pankreas, menstimulasi sekresi insulin dan mencegah terjadinya apoptosis sel  $\beta$  (Wang *et al.*, 2013). Genistein merupakan salah satu isoform isoflavon yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan respon antiinflamasi pada penyakit metabolik seperti penyakit kardiovaskuler, obesitas, dan diabetes (Kim, 2013) dan berperan sebagai antihiperглиkemia (Lee, 2006). Selain itu, Protein kedelai kaya akan asam amino arginin dan glisin yang berperan dalam sekresi insulin dan glukagon dari pankreas(Shilpa *et al.*, 2011).

Produk fermentasi yoghurt susu kedelai dapat memperbaiki dan meningkatkan cita rasa dan tekstur dari susu kedelai, meningkatkan sifat fungsional terhadap kesehatan serta mampu mengurangi adanya flavor yang kurang disukai (Donkor *et al.*, 2005). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa produk kedelai merupakan media yang baik untuk mendukung pertumbuhan bakteri probiotik seperti *soy yoghurt* (Franworth *et al.*, 2007).

Adanya kandungan oligosakarida susu kedelai yang sebagian besar masuk ke dalam kolon, akan difermentasi oleh bakteri probiotik dalam kolon yang akan menghasilkan asam asetat, asam propionat, asam asetat, dan asam butirat (Chen *et al.*, 2008). Untuk dapat difermentasi di kolon dan memiliki efek kesehatan pada inangnya, ada dua syarat yang harus dimiliki, yaitu mampu mencapai kolon tanpa dicerna/diabsorpsi di saluran cerna bagian atas dan dapat dicerna secara selektif oleh mikrobiota saluran cerna, sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan bakteri baik dalam usus (Donkor *et al.*, 2007).

### 2.5 Mencit (*Mus musculus*)



**Gambar 2.5.1** *Mus musculus* (Anonim, 2008)

Wakil Direktur Pusat Bibit Hewan Uji Coba Jenis Binatang Pengerat Nasional di Beijing Wang Jinheng mengatakan alasan mengapa peneliti atau ilmuwan memilih Tikus putih (mencit) sebagai hewan percobaan karena tikus

mencit mempunyai banyak keunggulan. Pertama, banyak gen tikus mencit relatif mirip dengan manusia. Kedua, tikus mencit merupakan golongan binatang menyusui atau mamalia yang memiliki kemampuan berkembangbiak yang sangat tinggi, sangat cocok untuk digunakan dalam percobaan besar-besaran. Selain itu, tipe bentuk badan tikus mencit, mudah dipelihara dan reaksi obat yang digunakan ke badannya dapat cepat terlihat.

### **2.5.1 Tata Cara Pemeliharaan Mencit**

Prinsip paling mendasar dalam pemeliharaan hewan uji adalah menyediakan sebuah ruang yang cukup bagi individu atau sekelompok hewan uji dengan ketersediaan kelayakan dari segi kandang, pakan, minuman, dan perlakuan kasih sayang. Kandang bagi mencit pada umumnya adalah wadah berbentuk kotak yang terbuat dari bahan plastik yang baik. Kandang diberi alas berupa sekam padi yang harus selalu diganti paling tidak sekali dalam 3 hari. Kandang-kandang sebaiknya ditempatkan pada rak. Ukuran kandang minimum yang diperlukan oleh hewan uji mencit adalah 200 cm<sup>2</sup>/hewan untuk kandang individual dan 60 cm<sup>2</sup>/hewan untuk kandang kelompok. Di dalam satu ruangan pemeliharaan dapat ditempatkan beberapa rak. Ruangan pemeliharaan harus memiliki ventilasi yang memadai agar terjadi pergerakan udara.

### **2.5.2 Perlakuan Mencit Sebagai Bahan Uji**

#### **1. Pemberian Melalui Jalur Oral.**

Alat yang dibutuhkan adalah spuit injeksi yang ujungnya diberi kanula. Isikan spuit dengan 0,25 ml larutan yang tersedia. Volume maksimum lambung mencit adalah 1 ml, oleh karena itu volume larutan yang ideal diberikan adalah sekitar 0,25 - 0,5 ml. Peganglah mencit dengan tangan kiri seperti pada gambar,

ketatkan dan tarik tengkuk mencit ke belakang sambil tetap menahan ekornya dengan jari kelingking. Dengan cara ini mulut mencit akan terbuka. Dorong ujung spuit berkanula menelusur langit-langit mulut ke arah belakang sampai esofagus lalu semprotkan secara perlahan-lahan cairan uji. Setelah pemberian selesai tarik alat dari mulut mencit dan lepaskan mencit ke dalam kandang.

## **2. Pemberian Intravena.**

Untuk tujuan ini pertama sekali harus disediakan sangkar mencit (*mouse restrainer*) yang dibuat dari tabung berbahan plastik berdiameter sekitar 0,5 cm dengan lubang di kedua ujungnya. Dapat juga digunakan tabung spuit injeksi bekas. Pemberian dilakukan melalui vena ekor. Celupkan ekor mencit ke dalam air hangat agar terjadi dilatasi (pelebaran) vena ventralis. Setelah vena dilatasi, posisikan vena di bagian atas dan suntikkan larutan sejajar dengan vena. Perkirakan ujung jarum yang masuk sekitar 1 cm saja. Cara menyuntikkan bahan harus pelan-pelan mengikuti irama jantung, karena bahan Anda akan masuk langsung ke dalam aliran darah. Setelah selesai tarik jarum perlahan-lahan dan tekan tempat suntikan dengan kapas beralkohol.

## **3. Pemberian Intramuskular.**

Pemberian melalui jalur intramuskular dilakukan dengan cara menyuntikkan bahan langsung ke dalam jaringan otot mencit. Biasanya penyuntikan dilakukan di daerah otot paha. Tempatkan hewan di dalam mouse restrainer, usapkan kapas beralkohol ke daerah otot paha posterior. Suntikkan larutan uji pada daerah otot tersebut.

Peganglah mencit dengan cara jepit tengkuk menggunakan tangan kiri. Ekor mencit dijepit dengan kelingking. Basahi daerah perut dengan kapas

beralkohol. Suntikan dilakukan di daerah perut, sejajar dengan kaki kira-kira 1 cm di atas kelamin. Rongga peritoneal adalah suatu rongga tempat organ-organ dalam tubuh berada. Anda harus hati-hati agar suntikan tidak mengenai organ hati, usus, dan vesika urinaria. Untuk menghindari hal tersebut, pelajari terlebih dahulu susunan dan posisi organ-organ dalam mencit.

#### **4. Pemberian Subkutan**

Suntikan subkutan biasanya dilakukan untuk penelitian imunologi. Suntikan dilakukan agar sediaan uji masuk ke bawah lapisan kulit. Daerah subkutan mudah didapat pada mencit, cukup dengan mengangkat bagian kulitnya saja dan daerah yang dituju adalah wilayah longgar pertemuan kulit dengan otot di bawahnya. Pemberian suntikan dilakukan dengan cara memegang tengkuk mencit dan penetrasi jarum dilakukan melalui sela-sela jepitan pada tengkuk (Erni dan Salomo, 2011).

#### **2.5.3 Pengambilan Darah Mencit**

Pengambilan darah mencit dapat dilakukan dari sinus orbital (mata), ujung ekor, vena saphenous (paha), dan jantung. Masing-masing cara memiliki tujuan sendiri-sendiri. Dari ujung ekor dan vena saphenous paha, masing-masing darah yang dapat diperoleh hanya kira-kira 0,1 ml saja. Volume ini sudah cukup untuk sampel darah yang dibutuhkan pada beberapa uji, misalnya pada pengukuran kadar gula darah menggunakan alat AccuCheck. Untuk volume yang lebih besar (hingga 0,5 ml), darah dapat diperoleh dari sinus orbital. Pada ketiga cara di atas, pengambilan darah dapat dilakukan secara berulang. Interval pengambilan sebaiknya mempertimbangkan pemulihan mencit dari luka pengambilan darah

sebelumnya. Untuk kebutuhan darah dalam volume yang lebih besar (misalnya 1 ml), darah dapat diambil langsung dari jantung (Erni dan Salomo, 2011).

## **2.6 Hipotesis**

Berdasarkan teori diatas maka hipotesis yang diambil yaitu Yoghurt Susu Kedelai berpengaruh terhadap kadar glukosa darah pada mencit