

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Tentang Apel (*Malus sylvestris*)

2.1.1. Klasifikasi



**Gambar 2.1 Apel Hijau
Pratiwi, 2010**

Klasifikasi Ilmiah

Division	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Klas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rosales
Famili	: Rosaceae
Genus	: <i>Malus</i>
Spesies	: <i>Malus sylvestris mill</i>

Sumber dikutip dari Shatikah, 2010 dalam Dewi 2014

2.1.2. Morfologi dan Sejarah Apel

Apel merupakan tanaman buah tahunan yang berasal dari daerah Asia Barat dengan iklim sub tropis. Di Indonesia apel telah ditanam sejak tahun 1934 hingga saat ini. Buah apel mempunyai bentuk bulat sampai lonjong bagian pucuk buah berlekuk dangkal, kulit agak kasar dan tebal, pori-pori buah kasar dan renggang, tetapi setelah tua menjadi halus dan mengkilat. Warna buah hijau kemerah –

merahan, hijau kekuning – kuningan, hijau berbintik – bintik, merah tua dan sebagainya sesuai dengan varietas.

Pada buah apel akan terjadi perubahan warna dan penampakan buah selama masa penyimpanan. Perubahan warna terlihat baik pada kulit buah maupun daging buah. Kulit buah secara perlahan – lahan menjadi buram jika dibandingkan warna dan penampilan awal. Sedangkan daging buah berubah menjadi kecoklatan samapai coklat gelap (Askar, 2008).

Nama apel sudah dikenal di berbagai Negara bukan hanya di Indonesia. Di lingkungan internasional lebih dikenal dengan nama ilmiahnya, *Malus sylvestris*, Mill. Jenis ini termasuk dalam famili Rosaceae atau lebih dikenal sebagai kelompok daun tunggal atau majemuk, Buah dapat berupa buah keras, kurung, bubung, atau apel, kadang-kadang pada dasar bunga membesar dan tebal berdaging. Biji dengan sedikit atau tanpa endosperm. Secara morfologi, tanaman apel dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu batang, daun, akar, dan bunga (Soelarso, 1997).

Tanaman apel merupakan salah satu jenis tanaman buah yang banyak dan mudah tumbuh di daerah tropis, termasuk Indonesia, diantaranya di daerah Batu (Malang), Pasuruan, Lumajang dan beberapa dataran tinggi yang tidak berkabut. Tanaman apel tumbuh di daerah dengan ketinggian 700 – 1200 meter diatas permukaan laut, suasana kering atau basah, asal tidak banyak turun kabut (Margantan, 2001).

2.1.3. Kandungan Gizi Apel

Buah apel memiliki kandungan gizi antara lain, seperti yang terlihat dalam tabel berikut :

Gizi	Unit	Nilai per100g
Protein	G	0,7
Karbohidrat	G	11,42
Lemak (Lipit Total)	G	0,28
Gula (Total)	G	9,92
Air	G	86,5
Vitamin C(Asam Askorbat Total)	mg	9,5
Vitamin A	mg	54
Vitamin E	mg	0,26
Kalsium	mg	6
Magnesium	mg	7
Besi	mg	0,17
Fosfor	mg	16
Seng	mg	0,05
Tembaga	mg	0,05
Kalium	mg	157
Sodium	mg	0

**Tabel 2.1 Kandungan Gizi Apel
Anonim, 2011**

1. Quercetin

Quercetin salah satu jenis flavonoid yang paling banyak ditemukan dalam apel, anggur, berry, bawang, dll. Senyawa multifungsi ini bersifat alami dengan fungsi biologis beragam seperti anti-obesitas, anti-inflamasi, anti-aterogenik, hipolipidemia, anti-diabetes, anti-kanker, anti-hipertensi, anti-histamin, dan antioksidan. Pemberian quercetin harian dapat menurunkan kejadian resistensi insulin, displidemia, dan hipertensi pada tikus (Winarsi, 2014). Kandungan quercetin pada apel 4,4 mg / 100 gram (Graf dkk, 2005 dalam Persada, 2009). Quercetin memiliki antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan (Shills, 2006

dalam Persada, 2009). Secara *in vitro* quercetin memiliki aktifitas antioksidan yang lebih besar daripada vitamin A dan E (Graf et al, 2005 dalam Persada, 2009).

2. Flavonoid

Flanoid adalah sekelompok polifenol alami yang ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, dan minuman tertentu misalnya anggur merah, teh maupun bir. Kelompok flavonoid termasuk di dalamnya flavon, flavan, flavonol, katekin, dan antosianin. Perbedaan struktur dalam setiap anggota flavonoid menghasilkan berbagai variasi jumlah dan substitusi gugus hidroksil dan glikosilasi kelompok tersebut. Flavonoid menunjukkan manfaatnya bagi kesehatan melalui efeknya sebagai antioksidan fitokimia, yang berkaitan dengan gugus hidroksil fenolik yang terikat pada strukturnya (Winarsi, 2014). Senyawa – senyawa flavonoid terdapat dalam semua bagian tumbuhan tinggi, seperti bunga, daun, ranting, buah, kayu, kulit, dan akar. Akan tetapi senyawa flavonoid tertentu seringkali terkonsentrasi dalam suatu jaringan tertentu, misalnya antoisianidin adalah zat warna dari bunga, buah, dan daun.

3. Pektin

Kandungan pektin (serat buah-buahan dan sayuran), telah di teliti dan terbukti menurunkan kolesterol di dalam darah. Secara spesifik pada sebuah penelitian awal, terbukti bahwa dalam apel ditemukan asam D-glutaric yang bermanfaat mengatur kolesterol, jenis asam ini mampu mengurangi kolesterol sampai 35 persen. Pektin merupakan suatu serat yang mampu mengikat cairan. Pektin bekerja membentuk gumpalan seperti gel saat zat pektin ini berikatan dengan cairan. Selain itu pektin dapat bekerja melawan bakteri tertentu yang dapat

menyebabkan diare, dan pektin oleh flora normal di usus dapat membentuk suatu lapisan yang dapat menutupi bagian usus yang mengalami iritasi, selain itu juga pektin bekerja dengan menghambat motilitas usus (Yajima, 1985).

4. Fitokimia

Fitokimia di dalam apel juga berfungsi sebagai antioksidan yang melawan kolesterol jahat LDL (*Low Dencity Lipoprotein*), yang potensial menyumbat pembuluh darah dan juga antioksidan dan mencegah kerusakan sel-sel atau jaringan pembuluh darah. Pada saat bersamaan, antioksidan dan meningkatkan kolesterol baik HDL (*Hight Density Lipoprotein*), yang bermanfaat untuk mencegah penyakit jantung dan pembuluh darah. Menurut sebuah penelitian Cornell University Amerika Serikat, zat fitokimia yang terdapat dalam kulit apel bermanfaat menghambat pertumbuhan sel kanker usus sebesar 43% (Dewi, 2014).

5. Tannin

Apel mengandung tannin yang berkonsentrasi tinggi. Tannin ini mengandung zat yang dapat mencegah kerusakan gigi dan penyakit gusi yang disebabkan oleh tumpukan plak. Tidak hanya itu, tannin juga berfungsi mencegah infeksi saluran kencing dan menurunkan resiko penyakit jantung (Yuliati, 2007).

6. Serat

Apel memiliki banyak serat sehingga baik dikonsumsi untuk membantu program diet. Serat yang terdapat dalam buah apel dapat mengikat lemak dan kolesterol jahat yang tidak berguna untuk tubuh. Kandungan serat apel terhitung tinggi yaitu sebesar lima gram untuk setiap buah berukuran sedang. Jumlah ini lebih tinggi daripada kandungan serat pada produk sereal. Serat

bermanfaat untuk melancarkan pencernaan dan menurunkan berat badan. Buah apel hampir tanpa mengandung lemak dan kolesterol sehingga cocok dimasukkan sebagai menu orang yang sedang diet. Keluhan seperti sembelit pada orang diet tidak akan terjadi jika orang tersebut mengkonsumsi apel. Menurut Miriam Polunin dalam bukunya "*Healing Food*" buah apel memiliki khasiat meredakan diare dan apel sangat bermanfaat untuk pencernaan. Menurut penelitian Konowalchuck J tahun 1978 mempublikasikan manfaat lain apel. Konowalchuck menyebutkan bahwa sari buah apel terbukti ampuh melawan berbagai serangan infeksi virus, menambah stamina dan kekebalan tubuh akan menjadi lebih baik (Shatikah, 2010 dalam Dewi, 2014).

7. Baron

Baron memiliki fungsi untuk mempertahankan jumlah estrogen dalam tubuh seseorang wanita sehingga dapat mencegah menopause secara dini (Shatikah, 2010 dalam Dewi, 2014).

2.1.4. Kandungan Serat Pada Apel

Kandungan serat pada apel dapat menurunkan kolesterol darah dan resiko penyakit jantung koroner. Kandungan serat pada apel dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Serat Larut memiliki beberapa macam yaitu musilase, gum guar, pektin, didalam pektin terdapat dinding sel primer tanaman dan berfungsi sebagai perekat antara dinding sel tanaman. Sifatnya yang membentuk gel dapat mempengaruhi metabolisme zat gizi. Kandungan pektin pada buah, selain memberikan ketebalan pada kulit juga mempertahankan kadar air dalam buah. Gum guar, komposisinya lebih sedikit dibandingkan dengan jenis serat yang

lain. Musilase, strukturnya menyerupai hemiselulosa tetapi tidak termasuk dalam golongan tersebut karena letak dan fungsinya berbeda. Musilase mampu mengikat air sehingga kadar air dalam biji tanaman tetap bertahan. Selain itu, musilase juga mampu membentuk gel yang mempengaruhi metabolisme dalam tubuh.

2. Serat tidak Larut memiliki beberapa macam yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin.

Selulosa merupakan serat – serat panjang yang terbentuk dari homopolimer glukosa rantai linier. Rantai molekul pembentuk selulosa akan semakin panjang seiring dengan meningkatnya umur tanaman. Fungsi selulosa adalah memperkuat dinding sel tanaman sedangkan di dalam pencernaan, berperan sebagai mengikat air, namun jenis serat ini tidak larut dalam air. Hemiselulosa memiliki rantai lebih pendek dari selulosa. Hemiselulosa berfungsi memperkuat dinding sel tanaman dan cadangan makanan bagi tanaman. Sifatnya sama dengan selulosa, yaitu mampu berikatan dengan air. Lignin termasuk senyawa aromatik yang tersusun dari polimer fenil propan. Lignin bersama-sama holoselulosa (merupakan gabungan antara selulosa dan hemiselulosa) berfungsi membentuk jaringan tanaman, terutama memperkuat sel-sel kayu. Kandungan lignin tidak sama, tergantung jenis dan umur tanaman. Serelia dan kacang-kacangan merupakan bahan makanan sumber serat lignin (Sulistijani, 2001).

2.1.5. Manfaat dan Khasiat Apel

Beberapa manfaat dan khasiat apel antara lain yaitu :

1. Menyehatkan payudara wanita. Dengan mengkonsumsi buah apel secara teratur maka kanker payudara wanita bisa di cegah sejak dini.
2. Menyehatkan organ hati. Anti oksidan dalam buah apel bisa melindungi hati dari serangan kanker, karena itulah khasiat buah apel bisa untuk menyehatkan hati.
3. Mengontrol gula dalam darah. Buah apel rasanya yang manis ternyata buah apel bisa mengontrol kadar gula dalam darah secara efektif.
4. Menurunkan kolesterol. Dengan mengkonsumsi 2 buah apel setiap hari maka terbukti menurunkan kolesterol sebanyak 16%.
5. Menurunkan berat badan. Apel memiliki serat yang dapat membantu pencernaan, jadi khasiat buah apel juga bisa untuk menurunkan berat badan.
6. Membantu kerja usus halus. Mengkonsumsi apel secara teratur bisa mencegah konstipasi dan gangguan pencernaan lainnya.
7. Mencegah pikun. Untuk khasiat buah apel ternyata apel mengandung Quercetin yang berfungsi mencegah penyakit alzheimer atau penyakit pikun.
8. Mengobati anemia. Zat besi yang terdapat dalam buah apel bisa meningkatkan hemoglobin dalam darah.
9. Mengembalikan stamina tubuh. Karena kandungan kalium dan enzim yang dapat meredakan kelelahan dan mengurangi asam laktat dalam tubuh.
10. Mengembalikan tubuh yang lesu. Keseimbangan kesehatan tubuh dapat di peroleh dengan mengkonsumsi apel secara teratur.

11. Menyehatkan paru – paru. Apel mengandung anti oksidan yang disebut quercetin akan melindungi paru – paru dari polusi.
12. Menghilangkan ketombe.
13. Memperbaiki keindahan kulit.
14. Menahan rasa lapar. Buah apel mengandung serat yang mampu memenuhi 20% dari nilai asupan gizi ibu hamil.

(Nurchayati, 2014)

2.2. Tinjauan Mencit

2.2.1 Klasifikasi ilmiah

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Mammalia
Ordo	: Rodentia
Famili	: Muridae
Upafamili	: Murinae
Genus	: Mus
Spesies	: <i>Mus musculus</i>

(Linnaenus, 1758)



**Gambar 2.2 Mencit (*Mus musculus*)
Bebeja, 2014**

Mencit hidup di berbagai daerah mulai dari iklim dingin, sedang maupun panas dan dapat hidup dalam kandang atau hidup bebas sebagai hewan liar. Bulu mencit liar berwarna abu-abu dan warna perut sedikit lebih pucat, mata berwarna hitam dan kulit berpigmen (Malole dan Promono, 1989).

Mencit merupakan hewan yang paling banyak digunakan sebagai hewan model laboratorium dengan kisaran penggunaan antara 40-80%. Mencit banyak digunakan sebagai hewan laboratorium (khususnya digunakan dalam penelitian biologi), karena memiliki keunggulan-keunggulan seperti siklus hidup relatif pendek, jumlah anak per kelahiran banyak, variasi sifat-sifatnya tinggi, mudah ditangani, serta sifat produksi dan karakteristik reproduksinya mirip hewan lain, seperti sapi, kambing, domba, dan babi. Menurut Mencit dapat hidup mencapai umur 1-3 tahun tetapi terdapat perbedaan usia dari berbagai galur terutama berdasarkan kepekaan terhadap lingkungan dan penyakit (Malole dan Pramono, 1989).

Smith dan Mangkoewidjojo (1998) dalam Ardillah, 2014 menyatakan bahwa setelah dibudidayakan dan diseleksi selama puluhan tahun, sekarang mencit memiliki warna bulu dan galur dengan bobot yang bervariasi. Tikus putih (*Mus musculus*) sangat baik sebagai hewan percobaan, karena lebih cepat perkembangannya, tidak memperhatikan perkawinan musim dan umumnya lebih mudah berkembangbiak.

Menurut Kusumawati, D 2004 dalam Ardillah, 2014 diantara spesies-spesies hewan lainnya, mencitlah yang paling banyak digunakan untuk penelitian medis

(60-80%) karena harganya murah dan sangat mudah berkembang biak. Berikut ini adalah data tentang biologi mencit :

Tabel 2.2. Data Biologi Mencit (*Mus musculus*)

Data	Keterangan
Berat badan jantan (gram)	20 – 40
Berat badan betina (gram)	18 – 35
Lama hidup (tahun)	1 – 3
Temperature tubuh (⁰ C)	36,5
Kebutuhan air	Ad libitum
Kebutuhan makanan (g/hari)	4 – 5
Pubertas (hari)	28 – 49
Lama kebuntingan (hari)	17 – 21
Mata membuka (hari)	12 – 13
Tekanan darah systolic (mmHg)	133 – 160
Tekanan darah diastolic (mmHg)	102 – 110
Frekuensi respirasi (permenit)	163
Tidal volume (ml)	0,18 (0,09 – 0,38)

Sumber: Dikutip dari Fox, 1984 ; Kusumawati, D. 2004 dalam Ardillah, 2014

Jantung mencit terdiri dari empat ruang dengan dinding atrium yang tipis dan dinding ventrikel yang tebal. Peningkatan temperatur tubuh tidak mempengaruhi tekanan darah. Sedangkan frekwensi jantung, cardiac output berkaitan dengan ukuran tubuhnya. Hewan ini memiliki karakter yang lebih aktif pada malam hari dari pada siang hari (Kusumawati, D. 2004 dalam Ardillah, 2014).

Berikut ini adalah data tentang gambaran hematologi mencit :

Tabel 2.3. Gambaran Hematologi Mencit (*Mus musculus*)

Data	Keterangan
Eritrosit (RBC) ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	6,86 – 11,7
Hemoglobin (g/dl)	10,7 – 11,5
Mcv (μm^3)	47,0 – 52,0
MCH ($\mu\mu\text{g}$)	11,1 – 12,7
MCHC (%)	22,3 – 31,2
Hematokrit (PCV) (%)	33,1 – 49,9
Leukosit (WBC) ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	12,1 – 15,9
Neutrophil ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	1,87 – 2,46

Eosinophil ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	0,29 – 0,41
Basophil ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	0,06 – 0,10
Limfosit ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	8,70 – 12,4
Monosit ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	0,30 – 0,55
Glukosa (mg/dl)	62,8 – 176
BUN (mg/dl)	13,9 – 28,3
Kreatinin (mg/dl)	0,30 – 1,00
Bilirubin (mg/dl)	0,10 – 0,90
Kolesterol (mg/dl)	26,0 – 82,4
Total protein (mg/dl)	4,00 – 8,62
Albumin (g/dl)	2,52 – 4,84
SGOT (IU/I)	23,2 – 48,4
SGPT (IU/I)	2,10 – 23,8
Alkaline fosfatase (IU/I)	10,5 – 27,6
Laktik dehydrogenase (IU/I)	75 – 185

Sumber : di kutip dari Mitruka, 1981 dan loeb, 1989 ; Kusumawati, D. 2004 dalam Ardillah, 2014.

Mencit laboratorium dapat hidup dalam kandang yang terbuat dari kotak plastik. Kotak dapat dibuat dari berbagai macam bahan, seperti: plastik (polopropilen atau polikarbonat), aluminium atau baja yang tahan karat (Smith dan Mankeowjojo, 1998 dalam Ardillah, 2014).

Ukuran panjang dan lebar kandang harus disesuaikan dengan bentuk tubuh hewan percobaan. Agar tidak berdesakan pada saat pengisian kandang dan mempermudah mencit dalam bergerak hendaknya tidak lebih dari 20 ekor hewan coba (Kusumawati, D. 2004 dalam Ardillah, 2014).

Dalam pemberian materi baik padat maupun dalam bentuk cair merupakan teknik penting dari berbagai macam suatu penelitian. Pemberian materi peroral dengan cara memakai jarum sonde yang panjangnya sekitar 10 cm yang ujungnya tajamnya telah dimodifikasi yaitu ditambahkan dengan bentukan bundar pada ujung jarum untuk kemudian dimasukkan ke dalam mulut, sedangkan pemberian materi pada mencit sebanyak 1 ml peroral (Kusumawati, D. 2004 dalam Ardillah,2014).

2.3. Tinjauan Tentang Glukosa

Glukosa merupakan senyawa aldose dengan enam atom karbon sebagai monosakarida. Glukosa merupakan produk akhir pencernaan karbohidrat dan sumber energy utama untuk organisasi hidup (Dorland, 2002 dalam Panjuatiningrum, 2009).

Didalam darah terdapat zat glukosa, glukosa ini gunanya untuk dibakar agar mendapatkan kalori atau energi. Sebagian glukosa yang ada dalam darah adalah hasil penyerapan dari usus dan sebagian lagi hasil pemecahan simpanan energi dalam jaringan. Glukosa yang ada di usus bisa berasal dari glukosa yang kita makan atau bisa juga hasil pemecahan zat tepung yang kita makan dari nasi, ubi, jagung, kentang, roti, atau dari yang lain (Djojodibroto, 2003).

2.3.1. Pembentukan dan Metabolisme Glukosa

Glukosa darah berasal dari makanan, glukoneogenesis, dan glikogenolisis, makanan ketika dikunyah akan bercampur dengan saliva yang terdiri atas enzim pencernaan ptialin yang terutama dieksresi oleh kelenjar parotis. Enzim ini menghidrolisis karbohidrat menjadi disakarida dan polimer glukosa kecil lainnya. Selanjutnya, pencernaan karbohidrat dilakukan oleh amilase pankreas yang mengandung sejumlah besar alpha amilase. Enterosit pada vili usus halus mengandung enzim laktase, sukrase, maltase, alpha dekstrinase. Enzim-enzim ini mampu memecah disakarida dan unsur polimer glukosa kecil menjadi monosakarida, galaktosa, fruktosa, dan glukosa (Guyton and Hall, 2007 dalam Panjuatiningrum, 2009). Glukosa dan galaktosa diserap oleh transpor aktif

sekunder sementara fruktosa diserap ke dalam darah melalui difusi terfasilitasi (Sherwood, 2001 dalam Panjuatiningrum, 2009).

Glukosa dibentuk melalui proses gluconeogenesis berarti pemecahan glikogen yang disimpan sel untuk membentuk kembali glukosa di dalam sel. Setiap molekul glukosa yang dilepaskan melalui proses fosforilasi yang dikatalisis oleh enzim fosforilase (Guyton and Hall, 2007 dalam Panjuatiningrum, 2009). Glukosa, fruktosa dan galaktosa masuk melalui dinding usus halus kedalam aliran darah. Fruktosa dan galaktosa akan diubah dalam tubuh menjadi glukosa. Glukosa merupakan hasil akhir dari pencernaan dan diabsorpsi secara keseluruhan sebagai karbohidrat. Kadar glukosa dalam darah bervariasi daya penyerapan, akan menjadi lebih tinggi setelah makan dan akan menjadi turun bila tidak ada makanan yang masuk selama beberapa jam. Glikogen dapat lewat bebas keluar dan masuk ke dalam sel dimana glukosa dapat digunakan semata – mata sebagai sumber energi. Glukosa disimpan sebagai glikogen di dalam sel hati oleh insulin (suatu hormon disekresi oleh pankreas). Glikogen akan diubah kembali glukosa oleh aksi dari glukagon (hormon yang disekresi oleh pankreas) dan adrenalin yaitu suatu hormon yang disekresi oleh kelenjar adrenal (Jan Tambayong, 2001).

2.3.2. Pencernaan karbohidrat

Berikut ini adalah proses pencernaan karbohidrat antara lain yaitu:

Pencernaan merupakan langkah awal yang penting di dalam pengambilan makanan oleh tubuh kita. Nutrient makromolekul dan nutrient lainnya masih cukup besar perlu dicerna terlebih dahulu menjadi molekul-molekul kecil sehingga dapat diabsorpsi oleh tubuh melalui dinding usus halus. Selanjutnya

makanan dibawa oleh aliran darah untuk disebarkan keseluruh bagian tubuh yang membutuhkannya.

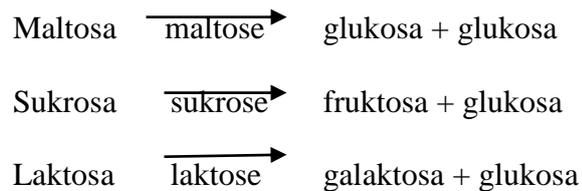
Pada hakekatnya, sistem pencernaan berupa saluran pipa panjang kenyal dan berkelok-kelok mulai dari mulut, lambung, intestine sampai anus. Makanan yang akan dicerna bergerak sepanjang saluran tersebut. Banyak enzim dan zat kimia lain yang berasal dari berbagai macam organ tubuh berada dalam saluran ini.

Rongga mulut mengandung saliva yang disekresi oleh 3 pasang kelenjar ludah, yaitu kelenjar parotis, submagsiliaris, dan sublingualis. Sekitar 99,3% saliva adalah air dan 0,7% zat padat, yang berupa zat organik dan zat anorganik. Zat organik tersebut antara lain musin yang berperan sebagai pelicin rongga mulut untuk menelan dan enzim ptialin yang dapat mengkatalisis hidrolisis atau pemecahan makromolekul amilum.

Lambung atau perut besar merupakan kantung yang terletak di rongga perut agak sebelah kiri. Getah lambung disekresi oleh sel utama dan sel parietal. Getah lambung mengisi lumen lambung terdiri atas 99,4% air. Sisanya tersusun atas musin garam-garam anorganik, sistem pencernaan, yaitu pepsin, renin dan lipase lambung. Asam klorida lambung yang diproduksi oleh sel-sel parietal berperan sebagai aktifator pepsinogen menjadi pepsin dan membunuh kuman-kuman atau bakteri-bakteri yang masuk ke dalam lambung bersama-sama makanan atau minuman (Sumardjo, 2009).

Bagian saluran cerna yang paling panjang adalah usus halus yang terdiri atas duodenum (usus dua belas jari), jejunum (usus kosong), dan ileum (usus penyerapan). Pada duodenum bermuara dua saluran, yang satu berasal dari

kantung empedu dan yang lain berasal dari pancreas. Getah usus halus mengandung enzim-enzim yang dihasilkan oleh kelenjar-kelenjar yang terdapat pada dinding usus halus (Sumardjo, 2009). Pada duodenum terdapat amilase untuk memecah amilum menjadi monosakarida.



(Nurchahyo, 2005)

Dalam mulut, polisakarida makanan yaitu amilum, mengalami pencernaan atau digesti secara mekanis karena adanya gigi dan secara enzimatik karena adanya ptialin atau amilase ludah. Ptialin mengkatalis hidrolisis amilum menjadi maltose, tidak berjalan secara spontan tetapi bertahap. Pada mulut, amilum diubah menjadi maltose hanya sedikit sebab makanan berada di dalam mulut hanya sebentar. Bersama-sama makanan lain, amilum yang telah tercerna maupun yang belum akan masuk ke dalam lambung. Protein dan lemak dalam mulut hanya mengalami pencernaan secara mekanis dan tidak secara enzimatik sebab didalam mulut tidak ada enzim yang mengkatalisis hidrolisis lemak dan protein (Sumardjo, 2009).

Pada lumen lambung, kerja enzim ptialin yang masuk bersama-sama makanan dari mulut dihentikan dengan adanya asam klorida (HCL) yang disekresi oleh sel-sel parietal. Jadi polisakarida, oligosakarida, dan disakarida dalam lambung tidak mengalami perubahan, protein yang berada di dalam lambung akan diubah oleh pepsin menjadi fraksi-fraksi yang lebih kecil, yaitu oligopeptida,

proteosa, dan pepton. Protein susu dalam bentuk kalsium para kaseinat (protein susu yang berikatan dengan kalsium membentuk gumpalan sehingga muda/lebih lama dipengaruhi pepsin) juga akan dicerna oleh pepsin. Berbeda dengan amilase dan enzim lainnya, pepsin bekerja dalam suasana sangat asam (ph 1,0-2,5) sesuai dengan kondisi asam cairan lambung. Hasil semua digesti makanan dalam lambung ini bersama-sama makanan lain masuk kedalam intestine.

Selanjutnya, pencernaan berlangsung didalam usus halus. Dalam usus halus terdapat enzim-enzim yang berasal dari pankreas dan enzim-enzim yang berasal dari mukosa usus halus sendiri. Ph usus halus bersifat alkalis terutama disebabkan oleh garam natrium bikarbonat dari pancreas dan keadaan alkalis ini sesuai dengan ph optimum enzim-enzim yang bekerja di dalam usus halus. Amilase dan disakaridase akan mengkatalis hidrolisis polisakarida, oligosakarida, dan disakarida menjadi molekul-molekul monosakarida. Steapsin dengan bantuan garam-garam empedu akan mengkatalis hidrolisis lemak menjadi gliserol dan asam-asam lemak. Tripsin, kimotripsin, karboksipeptidase, aminopeptidase, tripeptidase dan dipeptidase bekerja sama mengkatalis hidrolisis polipeptida, oligopeptida, proteosa dan pepton menjadi asam-asam amino. Produk akhir yaitu monosakarida, gliserol, asam lemak, dan asam-asam amino siap untuk diserap oleh dinding usus halus, kemudian dibawa oleh aliran darah atau limfe keseluruhan bagian tubuh. Sisa makanan yang tidak mengalami peruraian secara tuntas akan masuk kedalam usus besar dan dikeluarkan dari tubuh lewat anus (Sumardjo, 2009).

Penyerapan atau absorpsi merupakan kelanjutan dari proses pencernaan bahan makanan oleh tubuh. Penyerapan tidak lain merupakan suatu proses masuknya bahan makanan yang telah mengalami pencernaan melalui dinding usus. Molekul-molekul kecil agar dapat diserap (Sumardjo, 2009).

Kemampuan dinding saluran pencernaan untuk menyerap bahan makanan atau bahan lain tidak sama. Penyerapan hampir tidak terjadi dalam mulut, tenggorokan, dan lambung. Lambung merupakan daerah saluran pencernaan yang dindingnya mempunyai daya serap yang jelek. Meskipun demikian, zat-zat yang larut dengan baik dalam lemak, seperti alkohol, obat-obatan tertentu, dapat diserap di lambung dalam jumlah sedikit. Usus halus merupakan segmen terpanjang dari saluran pencernaan, yang merupakan tempat berlangsung sebagian besar pencernaan dan penyerapan. Untuk efisiensi proses penyerapan, usus halus merupakan permukaan yang berlipat-lipat yang disebut jonjot usus atau *villus* (Sumardjo, 2009).

Mekanisme penyerapan oleh usus halus bersifat khas. Sebagian molekul dapat diserap sedangkan sebagian yang lain tidak, sebagian cepat diserap, tetapi yang lainnya lambat. Protein makanan diserap dalam bentuk asam-asam amino, karbohidrat diserap dalam bentuk monosakarida, dan lemak diserap dalam bentuk gliserol dan asam-asam lemak. Beberapa bahan makanan ada yang diserap secara difusi pasif, tetapi sebagian besar secara difusi aktif (Sumardjo, 2009).

Penyerapan monosakarida melalui dinding usus halus tidak secara difusi pasif sebab pori-pori mukosa usus tidak permeable terhadap monosakarida yang larut dalam air dan berbobot lebih besar dari 100. Hampir semua monosakarida

diserap secara difusi aktif yang membutuhkan energi. Penyerapan asam-asam amino dalam usus halus juga secara difusi aktif yang membutuhkan energi. Baik monosakarida maupun asam-asam amino yang diserap melalui sistem vena porta dibawa oleh darah ke hati untuk diproses lebih lanjut. Gliserol dan asam-asam lemak sebagai produk hidrolisis lemak dalam saluran pencernaan diserap melalui dinding usus halus. Pada waktu penyerapan ini, gliserol dan asam-asam lemak mengalami sistesis ulang menjadi lemak, yang kemudian dibungkus oleh protein. Kilomikron yaitu lemak yang dibungkus protein, dibawa oleh darah melalui sistem limfe menuju hati dan jaringan adiposa untuk diproses lebih lanjut.

Bahan makanan yang tidak tercerna dan hasil pencernaan yang karena suatu alasan tidak terserap melalui mukosa usus halus bersama sel-sel epitel usus yang rusak masuk ke dalam usus besar (kolon). Dalam kolon zat-zat ini mengalami perombakan oleh bakteri usus. Sebagian besar air dan elektrolit diserap dalam kolon sehingga isi kolon semakin lama makin pekat dan akhirnya membentuk padatan yang disebut feses (Sumardjo, 2009).

Setiap hari tubuh kita menghasilkan sampah bahan kimia sebagai produk metabolisme bahan makanan. Sampah ini dapat berupa gas terlarut, uap, air, atau zat toksik yang harus segera dibuang keluar tubuh. Ekspresi atau pengeluaran sampah bahan kimia yang sudah tidak dipergunakan lagi ini dapat melalui kulit, paru-paru, dan ginjal. Perombakan bahan makanan organik yang terus menerus dalam tubuh kita akan menghasilkan bahan-bahan kimia tersebut. Sampah atau limbah utama karbohidrat dan lemak adalah karbondioksida dan air, sedangkan sampah utama metabolisme protein adalah ureum atau urea.

Hasil akhir katabolisme karbohidrat simpanan adalah glikogen dan hasil akhir katabolisme lemak netral adalah energi, karbondioksida, dan air. Kelebihan protein makanan dari jumlah yang kita butuhkan tidak disimpan dalam tubuh, tetapi dibongkar menjadi asam-asam alfa amino. Asam-asam alfa amino hasil pembongkaran ini ada yang mengalami proses: a. Oksidasi deaminasi membentuk asam keto karboksilat dan amoniak, b. Dekarboksilasi membentuk amina dan karbon dioksida, dan c. glikoneogenesis membentuk glukosa atau glikogen, yang selanjutnya mengalami proses katabolisme menjadi energi, karbon dioksida, dan air.

Energi yang terbentuk dari proses pembongkaran karbohidrat, lemak, dan protein tersebut diperlukan untuk proses-proses kehidupan. Air dikeluarkan melalui ginjal atau kulit, sedangkan karbon dioksida dan uap air dibuang lewat paru-paru. Amoniak atau senyawa beracun yang mempunyai daya larut tinggi dalam air, tidak boleh ditimbun dan harus segera dikeluarkan dari tubuh. Sebelum dikeluarkan, amoniak harus diubah terlebih dahulu menjadi urea yang selanjutnya dibuang keluar tubuh melalui ginjal (Sumardjo, 2009).

2.3.3. Cara mempertahankan Glukosa Darah

Dalam mempertahankan glukosa di dalam darah, tubuh mendapatkan glukosa dari berbagai sumber antara lain:

1. Karbohidrat

Sebagian besar dalam makanan pada pencernaan membentuk glukosa, galaktosa, atau fruktosa. Zat-zat ini kemudian diabsorpsi ke dalam vena

porta. Galaktosa dan fruktosa segera diubah menjadi glukosa dalam hati (Irawan, 2007).

2. Senyawa glukogenik yang mengalami glukoneogenesis

Senyawa – senyawa ini dibagi dalam dua kategori: (1) Senyawa yang langsung diubah menjadi glukosa tanpa banyak resiklus, seperti beberapa asam amino dan propionat, (2) senyawa yang merupakan hasil metabolisme parsial glukosa dalam jaringan tertentu yang diangkut ke hati dan ginjal. Dimana mereka disintesis kembali menjadi glukosa. Misalnya, laktat, yang dibentuk dari oksidasi glukosa dalam otot rangka dan eritrosit, ditransport ke hati dan ginjal dimana mereka diubah menjadi glukosa, yang dapat digunakan lagi melalui sirkulasi untuk oksidasi jaringan. Proses ini dikenal sebagai siklus coria tau siklus asam laktat. Gliserol untuk triasilgliserol jaringan adipose mula – mula berasal dari glukosa darah karena gliserol bebas tidak segera dapat dipergunakan untuk sintesis triasilgliserol dalam jaringan ini. Asilgliserol jaringan adiposa secara kontinu keluar dari jaringan masuk ke dalam darah. Lalu diubah kembali menjadi glukosa oleh mekanisme glukoneogenesis dalam hati dan ginjal. Jadi terdapat suatu siklus yang kontinu dimana glukosa ditransport dari hati dan ginjal ke jaringan adiposa dan gliserol dikembalikan untuk disintesis menjadi glukosa oleh hati dan ginjal.

3. Glikogen hati

Glukosa bila tidak digunakan akan disimpan dalam bentuk glikogen di hati sebagai cadangan makanan. Proses penyimpanan glukosa menjadi glikogen

disebut glikogenesis. Jika tubuh kekurangan glukosa, maka glikogen akan dipecah menjadi glukosa melalui proses glikogenolisis (Murray et al, 2009).

2.3.4. Kadar Glukosa Darah

Kadar glukosa darah adalah tingkat glukosa yang ada di dalam darah. Yang diserap oleh tubuh. Kadar glukosa pada orang normal biasanya normal, karena pengaturan metabolisme karbohidrat yang baik. Pada keadaan puasa, kadar glukosa darah berkisar antara 90 – 130 mg/dL, dan setelah mengkonsumsi karbohidrat darah meningkat menjadi 120 – 139 mg/dL. Kadar glukosa darah akan menurun kembali 2 jam setelah makan kira – kira 80 – 100 mg/dL (Peter, 2013).

Konsentrasi glukosa darah diatur dalam batas – batas yang sempit. Dalam keadaan setelah penyerapan makanan, kadar glukosa darah pada manusia dan banyak mamalia akan berkisar antara 4,5-5,5 mmol/L. Setelah mengkonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat kadar tersebut dapat naik menjadi 6,5-7,2 mmol/L. Pada saat puasa, kadar glukosa akan turun sekitar 3,3- 3,9 mmol/L. kadar glukosa darah pada burung sangat tinggi (14,0 mmol/L) dan pada hewan pemamah biak sangat rendah (sekitar 2,2 mmol/L pada domba dan pada ternak sapi 3,3 mmol/L). Kadar yang lebih rendah ini tampaknya dikaitkan dengan kenyataan bahwa hewan pemamah biak pada hakekatnya akan memfermentasikan semua karbohidrat dalam pakannya menjadi asam lemak yang lebih rendah (mudah menguap), dan unsur ini sangat luas menggantikan glukosa sebagai bahan bakar utama metabolik jaringan dalam keadaan kenyang. Penurunan mendadak kadar glukosa darah akan menimbulkan serangan konvulsi, seperti terlihat pada

keadaan overdosis insulin, karena ketergantungan otak secara langsung pada pasokan glukosa. Namun, kadar yang jauh lebih rendah dapat ditoleransi asalkan terdapat adaptasi yang progresif, misal tikus yang sudah teradaptasi dengan diet tinggi lemak akan tampak normal dengan konsentrasi glukosa darah 1,1 mmol/L (Hartono, 2003).

2.3.5. Faktor yang Mempengaruhi Kadar Glukosa Darah

Ada dua faktor yang mempengaruhi kadar glukosa darah yaitu :

- 1. Faktor Endogen yaitu, *humoral factor*** seperti hormon insulin, glukagon dan kortisol sebagai sistem reseptor di otot dan sel hati. Faktor endogen adalah faktor yang dibawa oleh individu sejak dalam kandungan hingga kelahiran.
- 2. Faktor Eksogen antara lain** jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi serta aktifitas yang dilakukan (Dewi DAP, 2013). Faktor eksogen disebut juga faktor lingkungan, yaitu faktor yang datang dari luar individu.

2.3.6. Faktor Penyebab Tingginya Kadar Glukosa Darah

Beberapa faktor penyebab tingginya kadar glukosa darah antara lain :

- 1. Faktor Genetik**, diabetes mellitus sering diturunkan atau diwariskan bukan ditularkan. Anggota keluarga penderita diabetes mellitus memiliki kemungkinan lebih besar terserang penyakit ini dibandingkan dengan anggota keluarga yang tidak menderita diabetes mellitus. Para ahli kesehatan juga menyebutkan diabetes mellitus merupakan penyakit yang terpaut kromosom seks atau kelamin. Biasanya laki-laki menjadi penderita sesungguhnya, sedangkan kaum perempuan sebagai pihak membawa gen untuk diwariskan ke anak-anaknya (Mirza, 2008 dalam Suriani, 2012).

2. Setres adalah segala situasi dimana tuntutan non-spesifik mengharuskan individu untuk berespon atau melakukan tindakan. Setres muncul ketika ada ketidakcocokan antara tuntutan yang dihadapi dengan kemampuan yang dimiliki (Selye dalam Perry dan Petter, 2005 dalam Qurrotaeni, 2009). Hiperglikemia yang terjadi pada keadaan setres ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah (Souba dan Wilmore, 1996 dalam Hariani, 2012 dalam Qurrotaeni, 2009)
3. Konsumsi obat – obatan tertentu, pada umumnya hiperglikemia diatasi dengan obat glibenklamid. Penderita diabetes mellitus mengkonsumsi glibenklamid untuk menurunkan kadar glukosa darah. Pemberian glibenklamid secara terus menerus dapat menyebabkan degranulasi sel β -pankreas yang kemudian terakumulasi di tingkat seluler dan membran vesikel sekretori dan mitokondria. Efek toksisitas seperti halnya glibenklamid dapat diatasi dengan mengkonsumsi obat herbal yang berasal dari buah kaya antioksidan, seperti buah apel hijau.
4. Gaya hidup dan pola makan berlebih, makanan diperlukan sebagai bahan bakar dalam pembentukan ATP. Selama pencernaan, banyak zat gizi yang diabsorpsi untuk memenuhi kebutuhan energi tubuh sampai makanan berikutnya. Dalam makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, dan protein (Tandra, 2008 dalam Querteni, 2009). Mempertahankan kadar glukosa darah agar mendekati nilai normal dapat dilakukan dengan asupan makanan yang seimbang sesuai dengan kebutuhan (Sukardji, 2002 dalam Querteni, 2009).

Makanan yang berbeda dapat memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap kadar glukosa darah (Rimbawan, 2004 dalam Querteni, 2009).

5. Faktor Usia > 45 tahun (Kurniali, 2013)

6. Hipertensi adalah penyakit yang terjadi akibat peningkatan tekanan darah.

Tekanan darah ditentukan oleh dua faktor, faktor utama disebabkan oleh curah jantung dan resistensi perifer (tekanan darah > 140/90).

2.3.7. Peranan Apel Terhadap Glukosa Darah

Selama ini buah apel terutama apel hijau dipandang sebelah mata oleh masyarakat sekitar padahal manfaat yang ada di dalam buah apel sangat banyak diantaranya dapat menurunkan glukosa darah. Karena kandungan flavonoid golongan quersetin yang dapat berfungsi untuk menurunkan kadar glukosa darah (Jian Song dkk, 2002 : Oran et al, 2007 dalam Panjuatiningrum, 2009).

Kandungan serat dalam apel ada 2 macam yaitu: (1) Serat Larut (pektin) dapat mengurangi produksi kolesterol LDL di hati, menurunkan kolesterol, dan bermanfaat untuk mengatasi diare karena kemampuannya membentuk agar-agar supaya tetap lunak dan tidak cair. (2) Serat tidak Larut dalam apel berfungsi untuk mengikat kolesterol LDL dalam saluran cerna dan kemudian menyingkirkannya dari tubuh (Khomsan, 2006).

2.3.8. Penyerapan Glukosa

Glukosa disalurkan melalui sel absorptif usus oleh difusi fasilitasi dan transport fasilitasi yang dependen Na^+ . Molekul glukosa bersifat sangat polar dan tidak dapat berdifusi menembus lapis ganda fosfolipid hidrofobik pada membran sel. Setiap OH pada molekul glukosa membentuk paling sedikit dua ikatan

hidrogen dengan molekul air, dan gerakan acak akan memerlukan energi untuk melepaskan gugus OH polar dari ikatan hidrogen dan untuk mengganggu gaya Van der Waals antara ekor-ekor hidrokarbon asam lemak, pada fosfolipid membran. Oleh karena itu, glukosa masuk ke dalam sel absorptif melalui pengikatan dengan protein transpor, yaitu protein menembus membran dan berikatan dengan molekul glukosa di satu sisi membran dan melepaskannya dari yang berlawanan. Pada sel absorptif usus terdapat dua jenis protein transpor glukosa transporter glukosa dependen Na^+ dan transporter glukosa fasilitatif (Pendit, 2012).

Transporter glukosa dependen Na^+ yang terletak di sisi luminal sel absorptif, memungkinkan sel ini mengkonsentrasikan glukosa dari lumen usus. Konsentrasi Na^+ intrasel yang rendah dipertahankan oleh Na^+ , K^+ , ATP di sisi serosal (darah) sel ke dalam darah. Dengan demikian, transpor glukosa dari konsentrasi rendah di dalam lumen ke konsentrasi tinggi di dalam sel ditunjang oleh kotranspor Na^+ dari konsentrasi tinggi di dalam lumen ke konsentrasi rendah di dalam sel (transpor aktif sekunder). Transporter glukosa fasilitatif, yang tidak mengikat Na^+ , terletak di sisi serosal sel tersebut. Glukosa berpindah melalui transporter fasilitatif dari konsentrasi tinggi di dalam sel ke konsentrasi rendah di dalam darah tanpa mengeluarkan energy. Selain transporter glukosa dependen Na^+ , transporter fasilitatif untuk glukosa juga terdapat di sisi luminal sel absorptif.

Transporter glukosa fasilitatif terdapat di berbagai sel sebagai suatu kelompok protein yang serupa dengan 50-76% kemiripan dalam urutan asam amino. Isoform protein merupakan produk dari gen yang berbeda pada kromosom yang berbeda pula. Isoform yang berlainan memiliki distribusi jaringan dan sifat

yang berlainan, dan sebagian jenis sel memiliki lebih dari satu isoform. Sifat dan distribusi jaringan dari lima isoform ini yang ditemukan di membrane plasma sel disebut sebagai (GLUT 1-GLUT 5).

Galaktosa diserap melalui mekanisme yang sama dengan glukosa. Galaktosa masuk ke dalam sel absorptif di sisi luminal melalui transporter glukosa dependen Na^+ dan transporter glukosa fasilitatif dan dipindahkan melalui sisi serosal oleh transporter glukosa fasilitatif (Pendit, 2012).

2.3.9. Efek Fisikologis Serat Makanan

1. Serat sebagai bahan pencahar

Efek pencahar atau laktasif merupakan pengaruh serat yang paling umum dikenal. Efek ini berhubungan dengan kekambaan feses yang disebabkan oleh adanya serat (Tensiska, 2008). Peningkatan jumlah feses basah tergantung pada jenis dan bentuk serat dalam makanan. Serat yang difermentasi sempurna dalam kolon seperti pektin, gum guar tidak berkontribusi terhadap kekambaan fese tetapi meningkatkan jumlah koloni mikroflora kolon. Meningkatnya jumlah koloni mikroflora kolon akan meningkatkan massa feses yang juga menghasilkan efek pencahar. Namun demikian, serat yang sulit difermentasi seperti dedak serelia menghasilkan feses yang lebih tinggi sehingga lebih efektif sebagai pencahar (Tensiska, 2008).

2. Mencegah kanker kolon

Konstipasi kronis mempunyai peluang untuk berkembang menjadi kanker kolon. Ini disebabkan oleh tertumpuknya karsinogen di permukaan kolon akibat tinja yang keras, kering dan lambatnya gerak pembuangan. Konsumsi

serat yang cukup mempercepat transit feses dalam saluran pencernaan sehingga kontak antara kolon dengan berbagai zat karsinogen yang terbawa dalam makanan lebih pendek, dengan demikian mengurangi peluang terjadinya kanker kolon. Transit makanan yang lebih cepat juga mengurangi kesempatan berbagai mikroorganisme dalam kolon untuk membentuk zat karsinogen (Nainggolan, 2005).

3. Mengontrol berat badan

Serat larut air (*soluble fiber*) misalnya pectin, glucans dan gum guar serta beberapa hemiselulosa mempunyai kemampuan menahan air dan dapat membentuk cairan kental dalam saluran pencernaan. Dengan kemampuan ini serat larut dapat menunda pengosongan makanan dari lambung, menghambat pencampuran isi saluran cerna dengan enzim-enzim pencernaan sehingga terjadi pengurangan penyerapan zat-zat makanan dibagian proksimal. Mekanisme inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan penyerapan (absorpsi) asam amino dan asam lemak oleh serat larut air. Cairan kental ini mengurangi keberadaan asam amino dalam tubuh melalui penghambat peptida usus. Makanan dengan kandungan serat kasar yang tinggi dilaporkan juga dapat menurunkan bobot badan. Makanan yang tinggal dalam saluran pencernaan dalam waktu yang relative singkat sehingga absorpsi zat makanan menjadi berkurang. Selain itu makanan yang mengandung serat tinggi dan memberi rasa kenyang sehingga menurunkan konsumsi makanan. Makanan dengan mengandung serat kasar yang tinggi biasanya mengandung kalori,

glukosa dan lemak yang rendah serta dapat membantu mengurangi terjadinya obesitas.

4. Mengontrol kadar glukosa

Adanya serat larut dapat memperlambat absorpsi glukosa, sehingga dapat ikut berperan mengatur glukosa darah dan memperlambat kenaikan glukosa darah. Kemampuan tersebut dinyatakan dalam *Glycaemic Index (GI)* yang angkanya dari 0 sampai dengan 100. Makanan yang cepat dimetabolisme dan cepat diserap dapat meningkatkan kadar glukosa darah, mempunyai angka *Glycaemic Index (GI)* yang tinggi, sedangkan makanan yang lambat dimetabolisme dan lambat diserap masuk ke aliran darah mempunyai angka *Glycaemic Index (GI)* yang rendah. Menurut hasil penelitian pada hewan percobaan maupun pada manusia mengungkapkan bahwa kenaikan glukosa darah dapat ditekan jika karbohidrat dikonsumsi bersama serat. Hal ini sangat bermanfaat bagi penderita diabetes, baik tipe I maupun tipe II (Nainggolan, 2005).

5. Serat makanan terhadap pencegahan penyakit

Efek psikologis serat makanan seperti toleransi terhadap glukosa, meningkatkan kekambahan feses, menurunkan kolesterol plasma menunjukkan bahwa serat makanan dapat menurunkan insiden penyakit kronis seperti komplikasi diabetes, kanker kolon, dan penyakit jantung. Studi terhadap efek langsung serat makanan ternyata berlaku jika peningkatan konsumsi serat disertai penurunan konsumsi lemak yang dapat menurunkan resiko kutil/polip

pada kolon. Polip kolon merupakan precursor perkembangan tumor (Tensiska, 2008).

2.3.10. Hipotesis

Berdasarkan tinjauan teoritis maka dirumuskan hipotesis sebagai berikut yaitu adanya pengaruh pemberian perasan apel hijau (*Malus sylvestris*) terhadap kadar glukosa darah pada mencit (*Mus musculus*).