

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Diabetes Mellitus

a. Definisi Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus dari bahasa latin, *diabetes* artinya penerusan *mellitus* artinya manis. Diabetes mellitus merupakan penyakit yang disebabkan adanya gangguan pada system metabolisme dalam tubuh, yaitu kurangnya produksi hormone *insulin* pada pancreas yang digunakan dalam proses pengubahan menjadi glukosa. Kondisi tersebut mengakibatkan *hiperglikemia* (Lanywati, 2001). Pengertian lain tentang diabetes mellitus yaitu, penyakit metabolisme ditandai dengan meningkatnya kadar gula darah dalam tubuh lebih dari normal (Marewa, 2015). Metabolisme penderita diabetes mellitus tipe 2, yaitu reseptor insulin (didibaratkan sebagai lubang kunci pintu masuk sel) berkurang. Kurangnya reseptor insulin mengakibatkan glukosa yang masuk ke dalam sel sedikit. Akibatnya glukosa yang tidak masuk ke dalam sel akan tetap di dalam darah, sehingga menimbulkan hiperglikemia (Tapan, 2005).

Pada penderita diabetes mellitus akan memiliki gejala poliuria (banyak kencing), polidipsi (banyak minum), polipagio (banyak makan). Pada penderita diabetes mellitus gejala poliuria (banyak kencing) terjadi disebabkan oleh kadar gula yang berlebihan dalam tubuh. Kadar gula yang

berlebihan dalam tubuh akan merangsang tubuh untuk mengeluarkannya melalui ginjal bersama air dan urin. Polidipsi (banyak minum) merupakan akibat dari banyaknya urin yang dikeluarkan, sehingga untuk menghindari kekurangan cairan atau dehidrasi secara otomatis tubuh akan merasa haus. Polipagio (banyak makan) terjadi akibat dari cadangan gula di dalam tubuh berkurang, walaupun kadar gula dalam tubuh tinggi. Oleh sebab itu, tubuh berusaha memperoleh cadangan gula dari makanan yang dikonsumsi (Lanywati, 2001).

Selain gejala tersebut, terdapat gejala klinis pada penderita diabetes mellitus yaitu:

1) Lelah

Pada penderita diabetes mellitus akan merasa lelah. Hal ini dikarenakan energy menurun akibat kurangnya glukosa dalam jaringan. Menurunnya fungsi insulin yang mengubah glukosa menjadi energy mengakibatkan glukosa yang masuk ke dalam sel tidak optimal, sehingga penderita kekurangan energy (Mahendra *et al.*, 2008).

2) Gatal

Rasa gatal pada penderita diabetes mellitus disebabkan oleh mengeringnya kulit akibat dari gangguan pada regulasi cairan tubuh. Keringnya kulit membuat kulit menjadi mudah gatal dan luka (Mahendra, B., 2008).

3) Gangguan mata

Gangguan mata pada penderita diabetes mellitus disebabkan oleh adanya perubahan pada cairan dalam lensa mata. Penderita diabetes mellitus yang mengalami gangguan mata, pandangannya akan terlihat seperti ada bayangan. Pandangan tersebut disebabkan adanya kelumpuhan pada otot mata (Mahendra, B., 2008).

4) Penurunan berat badan.

5) Rasa kesemutan pada kaki dan tangan.

6) Luka yang tak kunjung sembuh.(Lanywati, 2001)

7) Keputihan yang diakibatkan oleh jamur (kelaianan ginekologi).

8) Infeksi saluran kemih (Utami, Prapti, 2003).

b. Faktor Penyebab Terjadinya Diabetes Mellitus

Penyakit diabetes mellitus dapat terjadi disebabkan oleh berbagai faktor. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya diabetes mellitus, yaitu:

1) Faktor keturunan atau faktor genetik

Penderita yang terkena diabetes mellitus sebagian besar memiliki riwayat penyakit keluarga diabetes mellitus. Hal tersebut disebutkan oleh para ahli kesehatan. Sebanyak >50% penderita diabetes yang dewasa berasal dari keluarga yang terkena diabetes mellitus. Hal tersebut menyatakan bahwa diabetes mellitus dapat diturunkan. Orang yang memiliki anggota keluarga penderita diabetes mellitus,

kemungkinan besar akan terkena diabetes mellitus juga (Utami, Prapti, 2003).

2) Bakteri dan Virus

Virus *rubella*, *mumps*, dan *human coxsackievirus* diduga yang menyebabkan terjadinya diabetes mellitus. Pada penelitian mendapatkan hasil bahwa virus mengakibatkan kerusakan sel melalui mekanisme infeksi sitolitik pada sel beta dan virus menyebabkan autoimun pada sel beta melalui reaksi otoimunitas (Utami, Prapti, 2003).

3) Bahan Toksik

Toksik yang dapat merusak sel beta secara langsung, yaitu alloxan, pyrinuron (rodentisida), streptozotocin (sejenis jamur), dan bahan toksik dari singkong. Pada singkong terdapat kandungan glikosida sianogenik yang dapat melepaskan sianida. Hal tersebut menyebabkan efek toksik pada jaringan tubuh. Penelitian mendapatkan hasil bahwa di dalam tubuh sianida dapat merusak pankreas. Jika disertai kekurangan protein, pankreas yang rusak menyebabkan timbulnya gejala diabetes mellitus. Pada saat sianida masuk di dalam tubuh, protein dibutuhkan untuk proses detoksikasi sianida (Utami, Prapti, 2003).

4) Gizi

Faktor resiko pertama yang menyebabkan diabetes mellitus, yaitu nutrisi yang berlebihan. Obesitas disebabkan oleh nutrisi yang berlebih. Kemungkinan besar, orang obesitas akan terjangkit penyakit diabetes mellitus (Utami, Prapti, 2003).

c. Diagnosis Diabetes Mellitus

Diagnosis diabetes mellitus dapat dilakukan melalui pemeriksaan darah. Menurut keputusan WHO kriteria diagnosis diabetes mellitus, yaitu berdasarkan kadar glukosa darah. Kadar glukosa darah dapat diukur dengan melakukan tes toleransi glukosa oral. Caranya, yaitu meminum larutan gula 75 gram setelah puasa. Kemudian, 1-2 jam setelah meminum larutan gula dilakukan pemeriksaan glukosa darah puasa. Jika hasil kadar glukosa darah yang tinggi, menunjukkan bahwa tidak mencukupinya produksi insulin. Pemeriksaan perlu dilakukan pengulangan sebanyak 2-3 kali untuk mendiagnosis diabetes mellitus. Diagnosis diabetes mellitus ditetapkan jika memenuhi criteria, sebagai berikut:

- 1) Kadar glukosa darah sewaktu (GDS) ≥ 200 mg/dl.
- 2) Pada dua kali pemeriksaan yang berbeda glukosa darah puasa ≥ 126 mg/dl (Utami, Prapti, 2003).

d. Penatalaksanaan Diabetes Mellitus

Penatalaksanaan pada penderita diabetes mellitus bertujuan agar kualitas hidup penderita diabetes meningkat. Berikut merupakan tujuan dari penatalaksanaan diabetes mellitus:

- 1) Tujuan jangka pendeknya, yaitu risiko komplikasi akut berkurang, keluhan diabetes meliitus pada penderita menghilang, kualitas hidup penderita diabetes dapat diperbaiki.
- 2) Tujuan jangka panjangnya, yaitu dapat menghambat dan mencegah progresivitas penyulit makroangiopati dan mikroangiopati.
- 3) Tujuan akhirnya yaitu, mortalitas dan morbiditas diabetes mellitus menurun (Perkeni, 2015).

Pada langkah-langkah penatalaksanaan diabetes mellitus meliputi penatalaksanaan umum dan penatalaksanaan khusus. Langkah-langkah penatalaksanaan umum meliputi: (Perkeni, 2015)

- 1) Pemeriksaan fisik
 - a) Pengukuran tekanan darah, berat badan dan tinggi badan
 - b) Pengukuran kelenjar tiroid dan rongga mulut
 - c) Pemeriksaan funduskopi dan jantung
 - d) Pemeriksaan kaki dan kulit
- 2) Riwayat penyakit
 - a) Usia
 - b) Status aktifitas fisik, status gizi, perubahan berat badan, dan pola makan
 - c) Riwayat pengobatan
 - d) Riwayat komplikasi kronik dan akut

- e) Memiliki riwayat penyakit lain, seperti jantung koroner, obesitas, hipertensi
 - f) Riwayat penyakit keluarga
- 3) Evaluasi laboratorium Evaluasi laboratorium terdiri dari pemeriksaan kadar HbA1c, pemeriksaan kadar glukosa darah baik kadar glukosa darah 2 jam setelah TTO dan kadar glukosa darah puasa.
- 4) Penapisan komplikasi.
- Penapisan komplikasi dapat dilakukan dengan pemeriksaan, sebagai berikut.
- a) Tes fungsi hati dan fungsi ginjal tes urin,
 - b) Pemeriksaan kadar HDL, kadar LDL, dan kolesterol dalam keadaan puasa
 - c) Albumin urin kuantitatif
 - d) Foto rontgen thoraks untuk mengidentifikasi adanya penyakit jantung kongestif atau TBC.
 - e) Elektrokardiogram
 - f) Rasio albumin-kreatin sewaktu

Pada langkah-langkah penatalaksanaan khusus dimulai dari penerapan pola hidup yang sehat bersama dengan obat anti hiperglikemia yang diberikan secara suntikan atau oral. Pengetahuan tentang pemantauan mandiri agar penderita tahu mengenai gejala hipoglikemia, tanda hipoglikemia, dan cara mengatasi hipoglikemia (Perkeni, 2015).

2. Kacang Merah

a. Klasifikasi Kacang Merah

Kacang jogo (*Phaseolus vulgaris L.*) merupakan salah satu tanaman yang bukan berasal dari Indonesia. Kacang jogo merupakan tanaman yang berasal dari Meksiko Selatan, Amerika Selatan, dan dataran Cina. Tanaman kacang merah, kemudian menyebar ke berbagai daerah, seperti Malaysia, Afrika Timur, Indonesia, Afrika Barat, dan Kribia. Sebutan kacang merah (*red kidney bean*) pada kacang jogo dikarenakan warna biji dari kacang jogo yaitu merah atau merah berbintik putih (Astawan, 2009). Kacang merah (*Phaseolus vulgaris L.*) merupakan kacang yang masuk dalam golongan *Leguminosae* atau kacang-kacangan (polong-polongan). Kacang merah satu keluarga dengan kacang kedelai, kacang tolo, dan kacang hijau. Tanaman kacang merah merupakan salah satu tanaman yang masuk dalam golongan tanaman semak merambat. Tinggi tanaman kacang merah sekitar 3,5 m- 4,5 m. Biji kacang merah (*Phaseolus vulgaris L.*) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kacang Merah
Sumber: (Savitri, 2017)

Kacang merah dalam taksonomi tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut (Yuwono, 2015)

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Superdivisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Sub-kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Fabales</i>
Famili	: <i>Fabaceae</i>
Genus	: <i>Phaseolus L.</i>
Spesies	: <i>Phaseolus vulgaris L.</i>

B. Kandungan Gizi Kacang Merah

Kacang merah merupakan salah satu bahan pangan sumber serat yang baik. Setiap 100 gram kacang merah mengandung serat 2,1 gram (Kemenkes RI, 2017). Selain mengandung sumber serat yang baik, kacang merah juga mengandung zat gizi karbohidrat kompleks, vitamin B, serat, kalsium, fosfor, protein, dan zat besi. Kacang merah juga mengandung senyawa bioaktif polifenol. Senyawa bioaktif polifenol pada kulit kacang merah dalam bentuk prosianidin mengandung sekitar 7%-9%. Polifenol memiliki aktivitas antibakteri yang menghambat pertumbuhan patogen

(Yuwono, 2015). Kandungan gizi kacang merah dalam 100 gram dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Kacang Merah dalam 100 gram

No.	Jenis Zat Gizi	Kandungan Zat Gizi
1.	Protein (g)	13,0
2.	Lemak (g)	3,0
3.	Karbohidrat (g)	66,9
4.	Serat (g)	2,1
5.	Fosfor (mg)	242
6.	Besi (mg)	6,8
7.	Kalsium (mg)	84
8.	Natrium (mg)	19
9.	Kalium (mg)	1.127,0

(Sumber: TKPI, 2017)

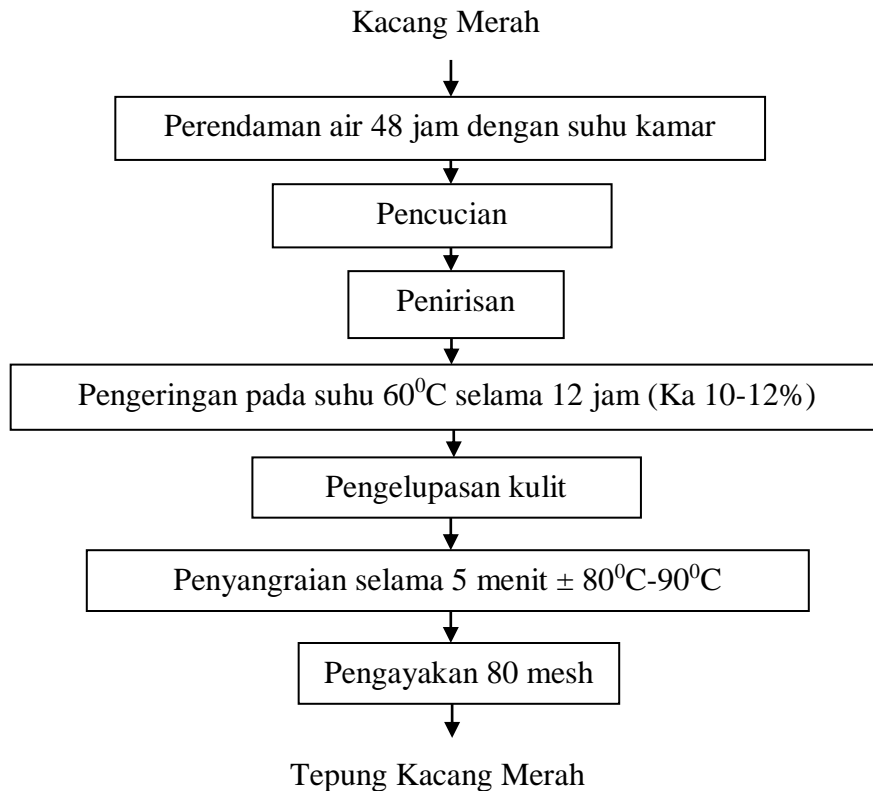
Kacang merah sudah ditanam di seluruh provinsi yang ada di Indonesia, sehingga mudah didapatkan. Kacang merah sering diolah dalam berbagai masakan, seperti rendang, sup, dan juga kue. Kacang merah juga dapat diolah menjadi tepung kacang merah. Tepung kacang merah dapat diolah menjadi cookies, snack bar, roti, dan kue kering lainnya (Yuwono, 2015).

C. Tepung Kacang Merah

Tepung merupakan hasil olah bahan pangan yang pembuatannya dengan cara penggilingan (Rahman, 2018). Tepung merupakan partikel padat berbentuk butiran halus atau sangat halus (Astawan, 2009). Tepung kacang merah dapat dibuat dengan cara mengeringkan di bawah sinar matahari. Pengeringan kacang merah juga dapat dilakukan di oven. Pengeringan kacang merah menggunakan oven harus diperhatikan suhunya.

Suhu yang digunakan tidak boleh lebih dari 100 °C. Hal tersebut dikarenakan suhu yang tinggi dapat menyebabkan *case hardening* , yaitu bagian dalam masih basah, sedangkan bagian luar sudah kering (Yuwono, 2015).

Setelah proses pengeringan, kacang merah kering dilepas kulitnya, disangrai, digiling, dan diayak menjadi tepung. Pada saat melepas kulit kacang merah, dapat dilakukan dengan cara perendaman agar kulit lebih mudah untuk mengelupas. Pada saat membuat tepung kacang merah ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Salah satunya pada saat penyortiran. Pada saat penyortiran kacang merah harus dipisahkan dari kotoran-kotoran yang menempel pada kacang merah, seperti tanah atau kacang lain yang rusak karena berjamur, dan kacang merah yang busuk (Yuwono, 2015). Berikut merupakan proses pembuatan tepung kacang merah dapat dilihat pada gambar 2 (Riskiani *et al.*, 2014).



Gambar 2. Proses Pembuatan Tepung Kacang Merah

Tepung kacang merah memiliki kandungan serat yang lebih tinggi daripada kacang merah. Pada 100 gram tepung kacang merah mengandung serat sebanyak 26,35 gram, sedangkan pada kacang merah mengandung serat 2,1 gram per 100 gram kacang merah. Selain kadar serat yang tinggi, kandungan protein, lemak, dan karbohidrat tepung kacang merah lebih tinggi daripada kacang merah. Kandungan gizi tepung kacang merah dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Gizi Tepung Kacang Merah

No	Jenis Zat Gizi	Kandungan Gizi (%db)
1.	Energi (kkal)	78,87
2.	Protein (g)	23,15
3.	Lemak (g)	1,56
4.	Karbohidrat (g)	72,83
5.	Serat (g)	26,37
6.	Air (%wb)	18,69

Sumber: (Wulandari *et al.*, 2019)

3. Sukun

a. Klasifikasi Sukun

Sukun merupakan tanaman yang diduga berasal dari Pasifik. Sukun mulai dikembangkan di Malaysia, kemudian menyebar ke Indonesia (Suprpti, 2002). Sukun merupakan tanaman tropik yang tumbuh dengan baik di dataran rendah beriklim panas. Sukun memiliki daya adaptasi tinggi, sehingga sukun dapat tumbuh di daerah basah dan juga dapat tumbuh di daerah kering. Tanaman sukun dapat tumbuh dengan tinggi 30 meter. Sukun memiliki daun yang berbentuk oval dengan ujung yang runcing. Daun sukun memiliki ukuran panjang 30-60 cm, sedangkan lebarnya 20-40 cm. Daun sukun memiliki warna hijau tua mengkilap di bagian atasnya, sedangkan di bagian bawah berwarna hijau pucat. (Hermanto, 2012).

Sukun merupakan tanaman yang tidak mengenal musim, sehingga sukun dapat berbuah sepanjang tahun. Buah sukun memiliki bentuk bulat dengan diameter 10-30 cm. Buah sukun dapat mencapai bobot 4 kg. Daging buah sukun berwarna putih agak krem. Buah sukun memiliki rasa

yang manis dengan aroma yang spesifik (Hermanto, 2012). Buah sukun dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Buah Sukun
Sumber: (Anonim, 2019)

Sukun dalam taksonimio tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut (Triwiyatno, 2003).

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Urticales
Famili	: Moraceae
Genus	: Artocarpus
Spesies	: <i>Artocarpus communis</i>

b. Kandungan Gizi Buah Sukun

Buah sukun merupakan salah satu pangan yang kini populer sebagai bahan pangan alternative. Buah sukun dapat dikonsumsi langsung dengan cara digoreng buahnya. Selain dikonsumsi langsung, buah sukun dapat

diolah menjadi tapai sukun, gaplek sukun, pati sukun, tepung sukun, dan lain-lain. Sukun memiliki kandungan zat gizi karbohidrat, protein, lemak, vitamin C, vitamin B1, vitamin B2, serta mineral. Buah sukun memiliki kandungan air yang tinggi, yaitu sekitar 69,3%. Kandungan zat gizi pada buah sukun dapat dilihat dalam tabel 3 berikut (Sidabutar, 2016).

Tabel 3. Kandungan Gizi Buah Sukun dalam 100 gram

No.	Jenis Zat Gizi	Kandungan Zat Gizi
1.	Protein (g)	1,4
2.	Lemak (g)	0,2
3.	Karbohidrat (g)	28,1
4.	Serat (g)	1,4
5.	Kalsium (mg)	24
6.	Fosfor (mg)	44
7.	Vitamin B1(mg)	0,17
8.	Vitamin B2 (mg)	0,17
9.	Natrium (mg)	24

Sumber: (Kemenkes RI, 2017)

c. Tepung Sukun

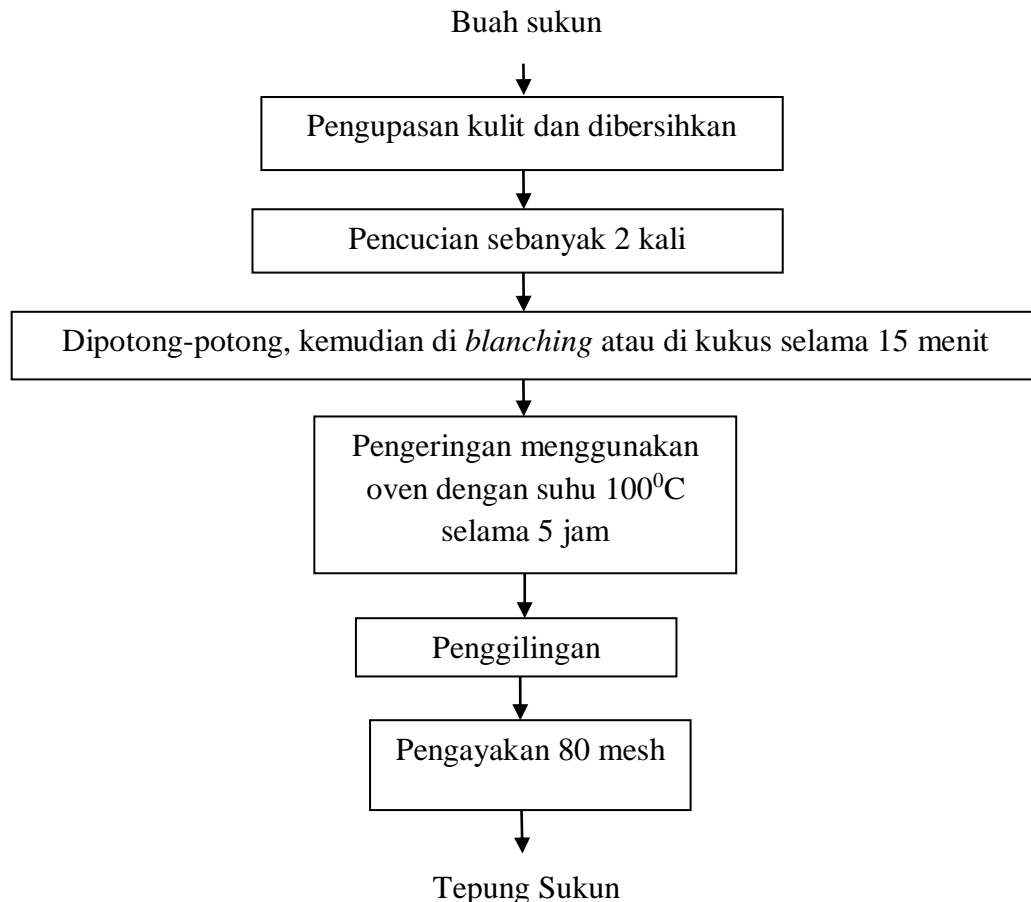
Tepung merupakan partikel padat berbentuk butiran halus atau sangat halus (Astawan, 2009). Tepung sukun merupakan salah satu bahan pangan olah dari buah sukun. Tepung sukun dapat dibuat dengan cara diparut, dikeringkan, kemudian digiling. Tingkat kehalusan yang dapat dicapai 80 mesh, karena tepung sukun masih membawa ampas dari daging buahnya (Suprapti, 2002).

Pada pembuatan tepung sukun memerlukan beberapa hal yang harus diperhatikan, terutama proses persiapan dan pengeringan. Proses pengeringan dan persiapan akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas

tepung sukun yang dihasilkan. Pada proses persiapan pembuatan tepung sukun dengan metode perajangan menggunakan mesin perajang. Proses perajangan menggunakan mesin Rajang agar ukuran irisan buah sukun yang didapat sama (Sidabutar, 2016).

Proses pengeringan pada pembuatan tepung sukun dilakukan untuk mengurangi jumlah kadar air pada buah sukun. Pengeringan buah sukun dapat dilakukan dengan menjemur di bawah sinar matahari. Waktu proses pengeringan buah sukun menggunakan sinar matahari dilakukan sekitar 2-3 hari. Pada hari pertama proses pengeringan dapat dilakukan sekitar 4 jam. Pada hari kedua proses pengeringan dilakukan selama 2 jam. Pada hari ketiga proses pengeringan dapat dilakukan selama 2 jam. Waktu pada proses pengeringan tersebut jika sinar matahari dalam keadaan optimal.

Proses pengeringan dalam pembuatan tepung sukun juga dapat dilakukan dengan menggunakan oven. Suhu yang digunakan untuk proses pengeringan menggunakan metode oven yaitu sekitar 60°C. Proses pengeringan buah sukun dalam pembuatan tepung sukun paling baik menggunakan metode oven. Hal ini dikarenakan pada metode oven suhu yang digunakan stabil, yaitu 60°C (Sidabutar, 2016). Pada gambar 4 merupakan diagram alir proses pembuatan tepung sukun (Melati, 2017).



Gambar 4. Proses Pembuatan Tepung Sukun

4. Streptozotocin

Streptozotocin merupakan senyawa yang digunakan untuk menginduksi hewan coba menjadi diabetes mellitus (Husna *et al.*, 2019). Streptozotocin dapat menginduksi diabetes insulin maupun non insulin. Streptozotocin disintesis oleh *Streptomyces achromogenes* (Rofiah, 2019). Streptozotocin memiliki berat molekul 265 g/mol. Struktur streptozotocin terdiri dari gugus nitroreura dengan molekul glukosa yang terikat pada ujung yang satu dan gugus metil yang terikat pada ujung satunya (Eleazu *et al.*, 2013).

Streptozotocin dapat menginduksi hewan coba menjadi diabetes mellitus pada monyet, tikus, mencit, kelinci, hamster, dan *guinea pig*. Streptozotocin memiliki sifat sitotoksik pada sel β pankreas. Efek toksik dari streptozotocin bersifat selektif pada sel β pankreas. Hal ini dikarenakan struktur kimia streptozotocin yang memiliki gugus glukosa sehingga streptozotocin mudah masuk ke dalam sel β . Mudahnya streptozotocin masuk ke sel β karena sel β pankreas yang lebih aktif mengambil glukosa daripada sel lainnya (Elsner *et al.*, 2000).

Streptozotocin memiliki beberapa tingkatan dosis, yaitu dosis tinggi, dosis menengah, dan dosis rendah. Dosis tinggi >65 mg/kgBB, dosis menengah 45-55 mg/kgBB, dosis rendah <35 mg/kgBB. Dosis tinggi pada streptozotocin dapat menyebabkan kerusakan sel pankreas secara massif, sehingga menyebabkan hewan coba menjadi diabetes tipe 1. Pada injeksi streptozotocin menengah dapat menyebabkan gangguan sekresi insulin parsial, sehingga menyebabkan hewan coba menjadi diabetes tipe 2 (Srinivasan *et al.*, 2005).

5. Morfologi Tikus

Morfologi adalah ilmu yang mempelajari bentuk. Morfologi merupakan kata yang berasal dari Bahasa Yunani, yaitu *morphe* dan *logos*. *Morphe* artinya bentuk, sedangkan *logos* artinya ilmu. Morfologi tikus merupakan ilmu yang mempelajari bentuk tubuh atau ciri tikus, termasuk warna rambut dan ukurannya. Ciri-ciri tikus yaitu, tubuhnya ditutupi oleh

rambut, memiliki sepasang telinga dan mata. Bibir tikus kecil dan lentur. Pada sekitar hidung tikus terdapat *misae*. Ukuran badan tikus, yaitu <500 mm. Tikus dibedakan menjadi tikus kecil (*mouse*), tikus sedang (*rat*), dan tikus besar. Panjang badan dan ekor tikus besar atau sedang berukuran ≥ 180 mm. Ukuran panjang badan dan ekor tikus kecil, yaitu ≤ 180 mm. (Yuliadi, B, and Muhidin, and, Indriyani, 2016)

Pada uji penelitian tikus yang sering dipakai merupakan jenis tikus putih. Jenis tikus putih yang digunakan pada percobaan laboratorium ada tiga macam, yaitu Long Evas, Wistar, dan Sprague Dawley. Tikus galur Sprague-Dawley ditemukan oleh Dawley. Dawley merupakan seorang ahli kimia yang berasal dari Universitas Wisconsin. Penamaan tikus galur tersebut merupakan kombinasi dari nama awal istri pertamanya, yaitu Sprague dan namanya sendiri, yaitu Dawley. Tikus putih sebagai hewan coba dalam uji penelitian memiliki beberapa manfaat, yaitu ukuran tubuh tikus Sprague Dawley lebih besar dari mencit, perkembangbiakan yang cepat, mudah dipelihara dalam jumlah banyak. Ciri-ciri tikus putih yaitu, ekor lebih panjang daripada badannya, pertumbuhannya cepat, kepala kecil, tahan terhadap arsenik tiroksid, kemampuan untuk laktasi tinggi, dan temperamennya yang baik. Pada gambar 5 merupakan gambar tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague Dawley*. (Akbar, 2010)



Gambar 5. Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) Galur Spargue Dawley
Sumber: (Akbar, 2010)

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Mamalia
Ordo	: Rodentia
Subordo	: Odontoceti
Familia	: Muridae
Genus	: Rattus
Spesies	: <i>Rattus norvegicus</i>

6. Pemeliharaan Hewan Coba

Pada percobaan atau uji coba laboratorium, hewan coba perlu dikondisikan sedemikian rupa agar nyaman dan tidak stress. Pada saat pemeliharaan hewan coba perlu diperhatikan beberapa hal agar nyaman, sehingga tidak memengaruhi hasil uji laboratorium. Hal yang perlu diperhatikan pada saat pemeliharaan hewan coba yaitu, seperti kondisi bangunan, sanitasi, tersedianya makan, kebutuhan air, sirkulasi udara, penerangan, kelembaban dan temperature ruangan, dan keamanan. Kondisi

bangunan, seperti kandang yang digunakan harus sesuai dengan ukuran, bentuk, dan bahannya. Hal itu dapat berpengaruh terhadap kondisi hewan percobaan. Sanitasi pada kandang hewan coba harus tetap terjaga agar hewan coba merasa nyaman dan tidak stress. Kandang hewan coba dapat dibersihkan dengan desinfektan Lysol 3-5%. (Stevani, 2016)

Selama penelitian hewan coba diberi nutrisi atau kebutuhan gizi yang cukup. Makanan untuk hewan coba harus disimpan dengan baik, terhindar dari insekta dan terhindar dari lingkungan yang lembab. Air yang dibutuhkan pada hewan coba yaitu air yang bersih dan tidak terlalu tinggi kandungan mineralnya. Pastikan hewan coba dapat menjangkau dengan mudah. Sirkulasi udara yang baik dapat tercapai dengan system ventilasi yang baik. Jauh lebih baik lagi jika memasang exhaust fan agar sirkulasi udara tetap terkontrol. (Stevani, 2016)

Pada hewan coba perlu memperhatikan siklus gelap dan terang. Penerangan pada hewan coba sangat diperlukan dalam pengaturan proses reproduksi hewan coba. Pada beberapa hewan coba siklus reproduksinya sangat bergantung pada penerangan. Apabila tidak terdapat penerangan maka akan menghambat proses reproduksi hewan coba. Temperatur dan kelembaban ruangan hewan coba perlu diperhatikan. Temperatur dan kelembababn ruangan yang tidak terkontrol dapat berpengaruh pada hewan coba. Jika terlalu panas temperature ruangnya maka hewan coba akan pingsan. Suhu yang direkomendasikan untuk ruangan tikus yaitu, 25°C- 28°C.

Pada hewan coba juga perlu diperhatikan keamanannya dengan cara menjaganya agar terhindar dari infeksi penyakit. (Stevani, 2016)

Hak-hak hewan coba yang akan digunakan untuk penelitian harus tetap di jaga. Hal tersebut tercantum pada *five of freedom* yang dikenal sebagai *Animal Welfare*, yaitu:

a. *Freedom from injury, disease, and pain*

Hewan coba harus bebas dari rasa saki, penyakit, dan luka. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperhatikan perawatan dan tindakan untuk pencegahan penyakit, serta diberikan pengobatan yang tepat.

b. *Freedom from thermal and physical discomfort*

Hewan coba harus bebas dari rasa panas atau kepanasan dengan menyediakan tempat tinggal yang sesuai dengan jenis dan perilaku hewan coba tersebut.

c. *Freedom from hunger and thirst*

Hewan coba bebas dari rasa haus dan rasa lapar. Hewan coba harus diberikan pangan yang sesuai dengan jenisnya dalam jumlah yang sesuai. Pangan hewan coba harus mencukupi kebutuhan gizi, dan higienis.

d. *Freedom to express most normal pattern of behavior*

Hewan coba harus bebas dalam mengekspresikan perilaku normal. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara menyediakan kandang yang sesuai dengan jenis hewan coba, ukuran, dan bentuk.

e. Free from fear and distress

Hewan coba bebas dari penderitaan dan rasa takut. Hal itu dilakukan dengan memastikan bahwa perlakuan dan kondisi yang diterima bebas dari segala hal yang dapat menyebabkan stress dan rasa takut (Stevani, 2016).

7. Metode Pemeriksaan Kadar Glukosa Darah

a. Metode Glukosa Oksidase (GOD-PAP)

Pada metode glukosa oksidase reaksi pertama dari enzim glukosa oksidase menyebabkan sifat reaksi yang spesifik untuk kadar glukosa, sedangkan pada reaksi kedua tidak terdapat reaksi spesifik. Hal tersebut dikarenakan zat yang teroksidasi menyebabkan hasil yang lebih rendah. Hasil yang lebih rendah dikarenakan bilirubin, asam urat, glutathione, dan asam askorbat yang dapat menghambat reaksi. Terhambatnya reaksi dikarenakan zat-zat tersebut bereaksi dengan hydrogen dan berkompetisi dengan kromogen, sehingga menyebabkan hasil yang lebih rendah. Pada metode glukosa oksidase memiliki prinsip bahwa enzim glukosa oksidase mengkatalisis reaksi oksidase glukosa menjadi hydrogen peroksida dan glukonolaktan. Pada metode ini memiliki kelebihan, yaitu hasil yang memadai dan murah harga reagen (Hasan, 2018).

b. Metode Kimia atau Reduksi

Pada metode ini memiliki prinsip yaitu, proses kondensasi dengan asam asetat glacial pada suasana panas dan akromatid amin. Proses kondensasi tersebut membentuk senyawa yang berwarna hijau. Metode

tersebut diukur secara fotometris. Kekurangan dari metode kimia atau reduksi yaitu langkah pemeriksaan yang panjang dengan pemanasan. Hal tersebut dapat memungkinkan terjadinya kesalahan yang besar (Hasan, 2018).

c. Reagen Kering

Pada metode tersebut, pemeriksaan kadar glukosa darah menggunakan alat secara *invitro*. Pemeriksaan tersebut dapat digunakan mengukur kadar glukosa secara kuantitatif. Selain itu, dapat dilakukan *screening* pemeriksaan kadar glukosa darah. Pada metode ini, sampel darah yang sudah diambil melalui pembuluh kapiler atau darah diteteskan pada tes strip. Kemudian, hasil kadar glukosa darah dapat terlihat pada alat (Hasan, 2018).

d. Metode Heksokinase

Pada metode tersebut heksokinase akan mengkatalis reaksi ATP dengan fosforilasi glukosa. Hasil reaksi tersebut membentuk ADP dan glukosa 6-fosfat. Glukosa 6-fosfat dengan nikotinamide adine dinucleotide phosphate (NADP+) akan dikatalis oleh enzim glukosa 6-fosfat dehidrogenase (Hasan, 2018).

8. Hubungan Antara Sukun dan Kacang Merah dengan Kadar Glukosa

Darah

Buah sukun memiliki kandungan gizi. Kandungan gizi sukun terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, serat, dan sebagainya. Pada buah sukun juga

terdapat kandungan pati resisten. Pati resisten merupakan bagian pati yang tidak dapat dicerna dalam usus halus (Widyaningsih, Wijayanti and Nugrahini, 2017). Pati resisten tergolong sumber serat dan tidak terdigesti oleh enzim tubuh. Pati resisten sifatnya seperti serat pada makanan (Gardjito, Djuwardi and Harmayani, 2013). Pati resisten dapat memperlambat laju pencernaan. Lambatnya laju pencernaan pati resisten dapat membantu dalam mengontrol pelepasan glukosa (Widyaningsih, Wijayanti and Nugrahini, 2017). Selain membantu dalam mengontrol pelepasan glukosa, pati resisten dapat meningkatkan respon positif pada insulin. Sensitivitas insulin yang meningkat dikarenakan butirrat dapat meningkatkan transporter glukosa. Hal tersebut membantu glukosa untuk masuk ke dalam sel (Sunarti, 2018). Pada buah sukun memiliki kadar pati sebesar 32,87%. Kadar pati pada buah sukun termasuk dalam kategori tinggi. (Yulistiani and Rosida, 2013).

Kacang merah termasuk jenis kacang-kacangan yang memiliki indeks glikemik rendah. Indeks glikemik pada kacang merah yaitu 41 (Diyah *et al.*, 2018). Indeks glikemik merupakan tingkatan pangan berdasarkan efek nya terhadap kadar gula darah (Adya, 2011). Indeks glikemik yang rendah pada pangan akan dipecah dengan lambat oleh pencernaan, sehingga kadar glukosa darah tidak langsung meningkat atau melonjak tinggi. (Ramayulis, 2008) Selain indeks glikemik yang rendah, kacang merah juga memiliki kandungan serat. Serat yang terkandung pada kacang merah 2,1 gram per 100 gram, sedangkan pada tepung kacang merah terdapat kandungan serat 26,37 gram

per 100 gram (Kemenkes RI, 2017). Serat adalah polisakarida dan lignin yang tidak terhidrolisis dalam enzim pencernaan (Widyaningsih, Wijayanti and Nugrahini, 2017). Serat pangan dapat memperlambat pengosongan lambung, memperlambat absorpsi glukosa, dan memperbaiki sensitivitas insulin. Hal tersebut dapat membantu mengontrol kadar glukosa dalam darah (Sunarti, 2018).

B. Landasan Teori

Kacang merah merupakan bahan pangan yang kaya kandungan gizi, terutama kandungan serat (Jaya, 2019). Pada 100 gram kacang merah mengandung 2,1 gram serat (Kemenkes RI, 2017). Selain serat, kacang merah juga memiliki indeks glikemik yang rendah yaitu sekitar 41 (Dewi, 2014). Kacang merah dapat dikonsumsi langsung atau bisa dikonsumsi dengan cara diolah menjadi kue, tepung, dan lain sebagainya (Yuwono, 2015).

Sukun merupakan bahan pangan dengan kandungan gizi protein 1,4 gram, lemak 0,2 gram, karbohidrat 28,1 gram, dan serat 1,4 gram dalam 100 gram bahan. (Kemenkes RI, 2017) Sukun dapat dikonsumsi buahnya dengan cara digoreng atau dibuat makanan olahan seperti gaplek sukun, pati sukun, tepung sukun, dan lain sebagainya (Suprapti, 2002). Sukun memiliki indeks glikemik 65. Indeks glikemik sukun termasuk dalam kategori sedang (Dewi, 2014). Sukun juga memiliki kadar pati resisten yang tinggi, yaitu 32,87% (Yulistiani and Rosida, 2013). Pati resisten dapat memperlambat laju pencernaan, sehingga

membantu dalam mengontrol pelepasan glukosa (Widyaningsih, Wijayanti and Nugrahini, 2017).

Serat adalah karbohidrat yang tidak dapat dicerna di dalam tubuh. Serat pangan dapat membantu mencegah peningkatan kadar glukosa dalam darah. Mengonsumsi serat yang cukup akan membuat kecepatan absorpsi dan penyerapan karbohidrat menurun. Hal tersebut membantu penderita diabetes mellitus agar kadar glukosa dalam darah tidak meningkat secara drastis (Dewi, 2014).

Indeks glikemik merupakan indeks yang menilai cepat lambatnya karbohidrat yang dikonsumsi dapat meningkatkan kadar gula darah (Adya, 2011). Indeks glikemik yang rendah pada pangan membantu penderita diabetes mellitus untuk mengendalikan kadar glukosa dalam darah. Makanan dengan indeks glikemik rendah di dalam tubuh laju pencernaannya dan absorpsinya lambat, sehingga dapat menekan kenaikan kadar gula dalam darah (Dewi, 2014).

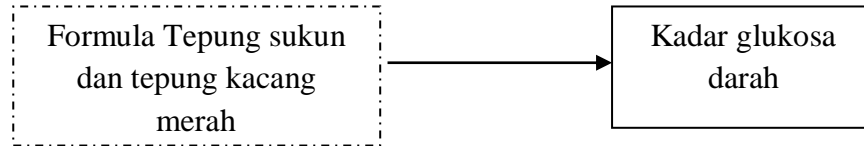
Hewan coba merupakan hewan yang digunakan untuk uji coba laboratorium. Tikus yang biasa digunakan dalam percobaan laboratorium merupakan jenis tikus putih. Jenis tikus putih yang biasa digunakan ada 3 macam, yaitu Sprague dawley, Long Evas, Wistar (Akbar, 2010). Selama penelitian dalam pemeliharaannya harus benar-benar diperhatikan agar hewan coba meranya nyaman dan tidak stress. Hewan coba yang digunakan untuk penelitian juga harus dipenuhi hak-haknya. Hak-hak hewan coba tercantum pada *five of freedom* yang dikenal sebagai *Animal Welfare*, terdiri dari *Freedom from*

injury, disease, and pain, Freedom from thermal and physical discomfort, Freedom from hunger and thirst, Freedom to express most normal pattern of behavior, dan Free from fear and distress (Stevani, 2016).

Pada penelitian Fuzul Husna, dkk terdapat zat-zat yang dapat membuat tikus dalam keadaan diabetes. Salah satu zat tersebut adalah streptozotocin. Streptozotocin disintesis oleh *Streptomyces achromogenes*. Streptozotocin dapat menginduksi hewan coba menjadi diabetes insulin atau non insulin. Efek toksik dari streptozotocin bersifat selektif pada sel β pankreas. Hal tersebut karena pada struktur kimia streptozotocin memiliki gugus glukosa sehingga streptozotocin mudah masuk ke dalam sel β . Sel β pankreas yang lebih aktif mengambil glukosa daripada sel lainnya membuat streptozotocin dengan mudah masuk ke sel (Husna *et al.*, 2019).

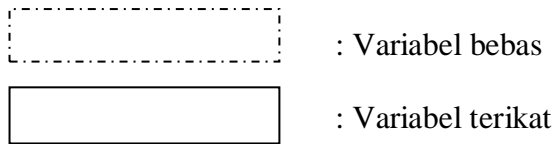
Pemeriksaan kadar glukosa darah memiliki beberapa metode, seperti metode glucose oksidase (GOD-PAP), metode reaksi kimia atau reduksi, reagen kering, dan reaksi heksokinase. Metode tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Pada metode reduksi atau kimia memiliki kekurangan yaitu langkah pemeriksaan yang panjang dengan pemanasan. Hal tersebut dapat memungkinkan terjadinya kesalahan yang besar. Pada metode glukosa oksidase (GOD-PAP) memiliki kelebihan, yaitu hasil yang memadai dan murah harga reagen (Hasan, 2018).

C. Kerangka Konsep



Gambar 6. Kerangka Konsep Penelitian

Keterangan:



D. Hipotesis Penelitian

Ada pengaruh pemberian formula tepung sukun dan tepung kacang merah terhadap kadar glukosa darah.