

**KAJIAN PENGARUH PEMBERIAN TEPUNG UBI JALAR UNGU BERKADAR
PATI RESISTEN TINGGI TERHADAP KADAR GULA DARAH, BERAT BADAN,
BERAT FESES DAN HISTOLOGI PANKREAS MENCIT**

(Skripsi)

Oleh

SIHOL MARITO BR LIMBONG



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

STUDY ON THE EFFECT OF GIVING PURPLE SWEET POTATO FLOUR YIELD RESISTANT STARCH TO HIGH BLOOD SUGAR LEVELS, WEIGHT, FECES WEIGHT AND HISTOLOGY OF THE MICE PANCREAS

By

SIHOL MARITO BR LIMBONG

Modified purple sweet potato is very potential to be developed as a main diet for people with obesity and diabetes mellitus. Modification of the flour was done by partly gelatinizing and storing of the flour at 5°C for 24 hours so that the flour contains high level of resistant starch. The aim of this research was to investigate the effect of using purple sweet potato flour with a high content of resistant starch as the main diet or rations on blood sugar level, body and faeces weight of alloxan-induced mice as well as healthy mice. The experiment consisted of four treatments: the provision of ration standard on healthy mice, provision of ration with the addition of resistant starch rich-purple sweet potato flour on healthy mice, provision ration standard on diabetic mice, provision ration by adding resistant starch rich-purple sweet potato flour on diabetic mice. The parameters observed were the blood sugar levels, body weight, and feces. The results of this study showed that rationing of resistant starch rich-purple sweet potato were able to

Sihol Marito Br Limbong

normalize blood sugar levels, reduce the body weight, and increase the feces weight on both healthy and diabetic mice.

Keywords: *mice, purple sweet potato flour, resistant starch*

ABSTRAK

KAJIAN PENGARUH PEMBERIAN TEPUNG UBI JALAR UNGU BERKADAR PATI RESISTEN TINGGI TERHADAP KADAR GULA DARAH, BERAT BADAN, BERAT FESES DAN HISTOLOGI PANKREAS MENCIT

Oleh

SIHOL MARITO BR LIMBONG

Ubi jalar ungu yang telah dimodifikasi mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional, salah satunya sebagai alternatif diet bagi penderita obesitas dan diabetes mellitus. Modifikasi kandungan pati resisten melalui proses pendinginan pada suhu 5°C selama 24 jam mampu meningkatkan kandungan pati resisten tepung ubi jalar ungu. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan tepung ubi jalar ungu dengan kandungan pati resisten yang tinggi pada ransum terhadap kadar gula darah, berat badan, berat feses, dan histopatologi pankreas mencit diabetes dan mencit sehat. Penelitian terdiri dari empat perlakuan yaitu, pemberian ransum standar pada mencit sehat, pemberian ransum dengan penambahan tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi pada mencit sehat, pemberian ransum standar pada mencit diabetes, dan pemberian ransum dengan penambahan tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi pada mencit diabetes. Pengamatan yang dilakukan meliputi kadar gula darah, berat badan, berat feses, dan histologi pankreas mencit. Kesimpulan dari

Sihol Marito Br Limbong

penelitian ini yaitu bahwa pemberian ransum ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi mampu menormalkan kadar gula darah, menurunkan berat badan, dan meningkatkan berat feses baik pada mencit sehat maupun mencit diabetes.

Kata kunci: *mencit, pati resisten, tepung ubi jalar ungu*

**KAJIAN PENGARUH PEMBERIAN TEPUNG UBI JALAR UNGU BERKADAR
PATI RESISTEN TINGGI TERHADAP KADAR GULA DARAH, BERAT BADAN,
BERAT FESES DAN HISTOLOGI PANKREAS MENCIT**

Oleh

SIHOL MARITO BR LIMBONG

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

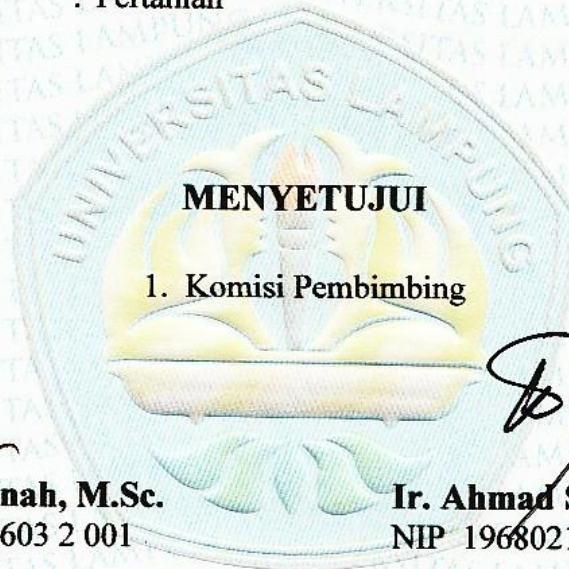
Judul Skripsi : **KAJIAN PENGARUH PEMBERIAN TEPUNG UBI
JALAR UNGU BERKADAR PATI RESISTEN
TINGGI TERHADAP KADAR GULA DARAH,
BERAT BADAN, BERAT FESES DAN HISTOLOGI
PANKREAS MENCIT**

Nama Mahasiswa : **Sihol Marito Br Limbong**

No. Pokok Mahasiswa : 1114051052

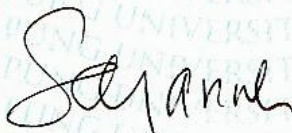
Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian




MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

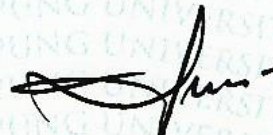


Dr. Ir. Siti Nurjanah, M.Sc.
NIP 19620720 198603 2 001



Ir. Ahmad Sapta Zuidar, M.P.
NIP 19680210 199303 1 003

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

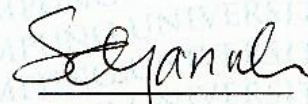


Ir. Susilawati, M.S.
NIP 19610806 198702 2 001

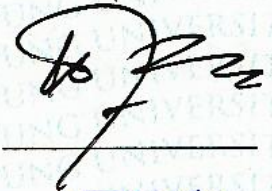
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. Siti Nurjanah, M.Sc.



Sekretaris : Ir. Ahmad Sapta Zuidar, M.P.



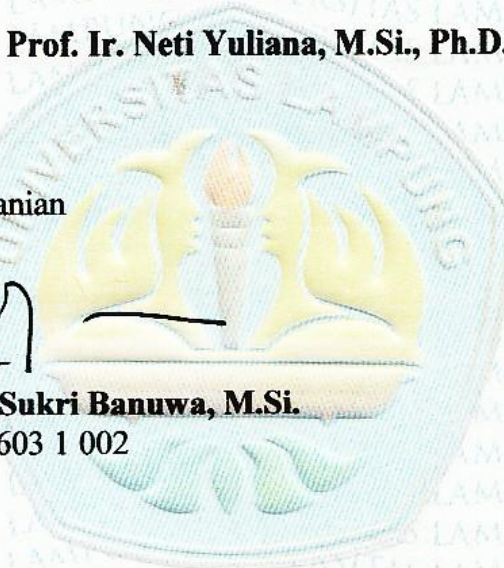
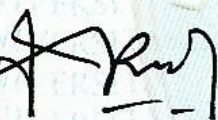
**Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D.**



Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 April 2016

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Sihol Marito Br Limbong NPM 1114051052 dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, April 2016
Pembuat pernyataan



Sihol Marito Br Limbong
NPM. 1114051052

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabanjahe, Sumatera Utara pada tanggal 13 Oktober 1992.

Penulis adalah anak keempat dari tujuh bersaudara buah hati pasangan Bapak MARIHAT LIMBONG dan Ibu JULIANA SAGALA.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK St. Xaverius Kabanjahe pada tahun 1999, Sekolah Dasar di SD St. Yoseph Kabanjahe pada tahun 2005, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Kabanjahe pada tahun 2008, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Kabanjahe pada tahun 2011.

Pada tahun 2011, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri Undangan (SNMPTN Undangan). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Dosen mata kuliah Kimia Dasar I tahun ajar 2013/2014 dan aktif di organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian (HMJ THP) Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai Anggota Bidang Pengabdian Masyarakat periode 2012/2013 dan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian sebagai Sekretaris Bidang Internal periode 2013/2014. Pada bulan Januari 2014, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di Desa Kecubung Mulya, Tulang Bawang dan pada bulan Juli 2014, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Tahu Susu Lembang Jawa Barat.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.S., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Marniza, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama masa perkuliahan penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc. selaku pembimbing satu skripsi yang telah banyak memberikan bahan dan fasilitas selama proses penelitian, arahan, saran, dan masukan dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.
5. Bapak Ir. A. Sapta Zuidar, M.P. selaku pembimbing dua skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan, saran, dan masukan dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.
6. Ibu Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji atas saran, bimbingan dan evaluasi dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.

7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staff administrasi dan laboratorium di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
8. Bapak, Mamak, Kak Meli, Kak Ita, Kak Ester, Tetty, Nando, Rona dan keluarga besar tersayang yang telah memberikan dukungan, motivasi dan yang selalu menyertai penulis dalam doanya untuk melaksanakan dan menyelesaikan skripsi.
9. Teman seperjuangan selama penelitian Ira Ervinda Naim, teman-teman tersayang Arizal, Bundo, Marle, Ratri, ST, Nabil, Inun, Pute, Titian, Yoan dan keluarga besar JANJI GERHANA 2011 yang telah mengisi hari-hari penulis.
10. Kakak-kakak, mbak-mbak dan adik-adik keluarga besar HMJ THP FP Unila atas bantuan dan dukungannya serta seluruh pihak yang telah membantu penulis selama ini hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis berharap semoga Tuhan YME membalas segala amal dan kebaikan semua pihak di atas dan skripsi ini dapat bermanfaat. Amin.

Bandar Lampung, April 2016

Sihol Marito Br Limbong

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Kerangka Pemikiran	3
1.4. Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Ubi Jalar Ungu	9
2.2. Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu	11
2.3. Tepung Ubi Jalar Ungu	12
2.4. Pati	14
2.5. Metabolisme Karbohidrat	18
2.6. Pati Resisten	21
2.7. Serat Pangan	22
2.8. Indeks Glikemik	23
2.9. Antosianin	25
2.10. Diabetes Mellitus	26
2.11. Hewan Percobaan	29
III. BAHAN DAN METODE	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2. Alat dan Bahan	31
3.3. Metode Penelitian	32
3.4. Pelaksanaan Penelitian	32
3.4.1. Pembuatan tepung ubi jalar ungu termodifikasi	32
3.4.2. Analisis karakteristik tepung ubi jalar ungu termodifikasi	34
3.4.3. Pengujian menggunakan mencit	34
3.4.3.1. Pengujian mencit diabetes	34
3.4.4.2. Pengujian mencit sehat	35

3.5. Pengamatan	37
3.5.1. Kadar air tepung ubi jalar ungu	37
3.5.2. Kadar abu tepung ubi jalar ungu	38
3.5.3. Kadar protein tepung ubi jalar ungu	38
3.5.4. Kadar lemak tepung ubi jalar ungu	39
3.5.5. Kadar karbohidrat	39
3.5.6. Kandungan antosianin	40
3.5.7. Pengukuran kadar gula darah mencit.....	40
3.5.8. Pengukuran berat badan dan berat feses mencit percobaan....	41
3.5.9. Histologi pankreas	41

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tepung ubi jalar ungu	43
4.2. Kandungan kimia tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi	45
4.3. Pengamatan menggunakan mencit	47
4.3.1. Pengamatan mencit diabetes	47
4.3.1.1. Kadar gula darah dan berat badan mencit pasca penyuntikan aloksan.....	47
4.3.1.2. Kadar gula darah mencit diabetes	48
4.3.1.3. Berat badan mencit diabetes	51
4.3.1.4. Berat feses mencit diabetes	53
4.3.2. Pengamatan mencit sehat.....	55
4.3.2.1. Kadar gula darah dan berat badan mencit pasca adaptasi	55
4.3.2.2. Kadar gula darah mencit sehat	56
4.3.2.3. Berat badan mencit sehat	59
4.3.2.4. Berat feses mencit sehat	62
4.3.2.5. Histologi pankreas mencit sehat	64

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	68

DAFTAR PUSTAKA	69
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	79
-----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia umbi ubi jalar ungu per 100 gram	12
2. Perbedaan kandungan gizi pada ubi jalar, beras, ubi kayu, dan jagung..	12
3. Diameter granula pati.....	15
4. Daya pembengkakan beberapa jenis pati	17
5. Klasifikasi diabetes mellitus	28
6. Komposisi ransum percobaan (kg bahan/kg ransum).....	37
7. Hasil analisis tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten	45
8. Data kadar gula darah dan berat badan mencit pasca penyuntikan aloksan	48
9. Rata-rata kadar gula darah mencit diabetes	49
10. Rata-rata berat badan mencit diabetes	52
11. Kadar gula darah pasca adaptasi	56
12. Rata-rata kadar gula darah mencit sehat	57
13. Kadar gula darah mencit sehat dan mencit diabetes dengan perlakuan ransum.....	59
14. Rata-rata berat badan mencit sehat	60
15. Berat badan mencit sehat dan mencit diabetes dengan perlakuan ransum	62
16. Data kadar gula darah mencit diabetes ransum standar	79
17. Data kadar gula darah mencit diabetes ransum tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten.....	79

18. Data kadar gula darah mencit sehat ransum standar	79
19. Data kadar gula darah mencit sehat ransum tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten	80
20. Data berat badan mencit sehat ransum standar	80
21. Data berat badan mencit sehat ransum tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten	80
22. Data berat badan mencit diabetes ransum standar	81
23. Data berat badan mencit diabetes ransum tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten	81
24. Data kadar gula darah mencit diabetes percobaan 1	81
25. Data kadar gula darah mencit diabetes percobaan 2	82
26. Data kadar gula darah mencit sehat percobaan 1	82
27. Data kadar gula darah mencit sehat percobaan 2	82
28. Data kadar gula darah mencit diabetes percobaan 3	83
29. Data kadar gula darah mencit sehat percobaan 3	83
30. Data berat badan mencit diabetes percobaan 1	83
31. Data berat badan mencit diabetes percobaan 2	84
32. Data berat badan mencit sehat percobaan 1	84
33. Data berat badan mencit sehat percobaan 2	84
34. Data berat badan mencit diabetes percobaan 3	85
35. Data berat badan mencit sehat percobaan 3	85
36. Data berat feses mencit diabetes	85
37. Data berat feses mencit sehat	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pohon industri ubi jalar	10
2. Struktur molekul amilosa	14
3. Struktur molekul amilopektin.....	15
4. Granula pati ubi jalar ungu	16
5. Diagram alir proses pembuatan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten .	33
6. Diagram alir pengujian mencit diabetes.....	35
7. Diagram alir pengujian mencit sehat.....	36
8. Ubi jalar ungu varietas Ayamurasaki	43
9. Tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten.....	44
10. Kadar gula darah mencit diabetes	49
11. Rata-rata berat badan mencit diabetes	51
12. Rata-rata berat feses mencit diabetes	54
13. Feses mencit diabetes	55
14. Rata-rata kadar gula darah mencit sehat	57
15. Rata-rata berat badan mencit sehat	60
16. Rata-rata berat feses mencit sehat	63
17. Feses mencit sehat.....	64
18. Histologi pankreas mencit sehat.....	66
19. Ubi jalar ungu.....	87
20. Sawut ubi jalar ungu.....	87

	ix
21. Pemanasan sawut ubi jalar ungu	87
22. Sawut ubi jalar setelah pemanasan	87
23. Pendinginan sawut ubi jalar ungu	87
24. Pengeringan sawut ubi jalar ungu	87
25. Sawut ubi jalar kering	88
26. Proses penepungan	88
27. Pengayakan tepung.....	88
28. Tepung ubi jalar ungu	88
29. Pengukuran kadar air.....	88
30. Pengukuran kadar lemak	88
31. Ekstraksi antosianin	89
32. Ekstrak antosianin ubi jalar	89
33. Analisis antosianin	89
34. Analisis antosianin	89
35. Pengukuran berat badan mencit	89
36. Penyuntikan aloksan.....	89
37. Mencit percobaan	90
38. Pengukuran gula darah.....	90
39. Glukometer.....	90
40. Aloksan dan larutan aloksan	90
41. Kandang mencit	90
42. Feses mencit	90
43. Proses mematikan mencit.....	91
44. Pembedahan dan pengambilan pankreas mencit.....	91

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Ubi jalar ungu sebagai bahan pangan memiliki beberapa kelebihan, antara lain memiliki nilai indeks glikemik yang relatif rendah (Brand *et al.*, 1985), mengandung antosianin tinggi (Nurdjanah dan Yuliana, 2013), dan mengandung serat pangan yang bermanfaat bagi pencernaan (Marsono, 1998). Oleh sebab itu ubi jalar ungu mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional, salah satunya sebagai alternatif diet bagi penderita obesitas dan diabetes mellitus.

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam industri pengolahan pangan serta didukung dengan jumlah bahan baku yang tersedia, ubi jalar ungu memiliki manfaat yang semakin meluas pada industri makanan salah satunya produk tepung. Beberapa kelebihan yang dimiliki tepung ubi jalar ungu yaitu lebih mudah dikembangkan menjadi produk pangan dengan nilai gizi tinggi, berfungsi sebagai penyedia bahan baku industri karena daya simpan lebih lama dan harga yang lebih stabil serta memberi nilai tambah pendapatan produsen, menciptakan industri pedesaan, dan peningkatan mutu produk (Damardjati *et al.*, 1993).

Tepung ubi jalar ungu yang telah dimodifikasi secara fisik dengan cara pemanasan kemudian dilanjutkan dengan pendinginan mampu mempertahankan kandungan

antosianin, kapasitas antioksidan, dan memperbaiki sifat fisikokimia tepung (Nurdjanah dan Yuliana, 2013). Proses pemanasan dalam pembuatan tepung ubi jalar ungu dapat mempengaruhi beberapa sifat tepung seperti derajat gelatinisasi, penampakan granula, kelarutan dalam air, swelling power, dan retensi total fenol tepung ubi jalar ungu (Hernanto, 2014), namun tidak berpengaruh nyata terhadap kapasitas antioksidan (Suryati, 2014).

Modifikasi kandungan pati pada bahan makanan dapat dilakukan dengan cara proses pengolahan sehingga diperoleh pati resisten. Pati resisten tipe ketiga (RS III) merupakan pati hasil retrogradasi yang dapat diperoleh dengan berbagai modifikasi proses pengolahan (Kusnandar, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Ningsih (2015) menyatakan bahwa proses pemanasan yang dilanjutkan dengan proses pendinginan mampu meningkatkan kadar pati resisten ubi jalar ungu. Semakin lama waktu pendinginan, maka semakin tinggi peningkatan pati resisten pada tepung ubi jalar ungu.

Akan tetapi penelitian lebih lanjut mengenai manfaat tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi secara *in vivo* belum dilakukan. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan diamati pengaruh penambahan tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi pada ransum mencit percobaan terhadap kadar gula darah, berat badan dan berat feses mencit percobaan, serta histologi pankreas pada mencit percobaan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan tepung ubi jalar ungu dengan kandungan pati resisten yang tinggi pada ransum terhadap kadar gula darah, berat badan, berat feses, dan histopatologi pankreas mencit diabetes dan mencit sehat.

1.3. Kerangka Pemikiran

Penyakit diabetes mellitus merupakan penyakit yang ditandai dengan tingginya kadar gula di dalam darah yang disebabkan oleh gangguan pada sistem metabolisme dalam tubuh. Tingginya kadar gula darah (hiperglikemia) disebabkan oleh terhambatnya penyerapan gula ke dalam tubuh karena terjadi kerusakan jaringan pada tubuh. Terhambatnya penyerapan gula darah disebabkan oleh kelainan sekresi insulin atau peningkatan resistensi insulin seluler terhadap insulin (Ganiswarna, 1995; Cavallerano, 2009).

Gula darah dapat dikendalikan dengan mengkonsumsi bahan pangan yang memiliki kandungan serat dan amilosa tinggi serta indeks glikemik yang rendah. Asupan jenis makanan tersebut dapat memperbaiki sensitivitas insulin (Avianty, 2013). Makanan yang memiliki kadar serat tinggi serta memiliki indeks glikemik yang rendah mampu menurunkan kadar gula darah (Margareth, 2006; Post *et al.*, 2012) dan mampu menunda rasa lapar (Ludwig, 2000). Nilai indeks glikemik bahan pangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu proses pengolahan, kandungan amilosa dan amilopektin, tingkat keasaman dan daya osmotik, kadar

serat, kadar lemak dan protein serta kadar anti gizi pada bahan (Rimbawan dan Siagian, 2004).

Ubi jalar ungu dilaporkan memiliki indeks glikemik rendah yang dapat dimanfaatkan bagi penderita diabetes dalam pengaturan kadar gula darah (Ginting *et al.*, 2011). Penelitian Willet *et al.* (2002) menunjukkan nilai indeks glikemik suatu bahan pangan mempengaruhi insulin yang dihasilkan, asupan karbohidrat dengan indeks glikemik tinggi akan menghasilkan insulin resisten yang lebih tinggi. Tepung ubi jalar ungu yang telah dimodifikasi dengan cara gelatinisasi parsial memiliki kandungan antosianin yang tinggi dan memiliki tingkat hidrolisis enzim yang rendah, oleh karena itu tepung ini mempunyai potensi untuk digunakan sebagai alternatif diet bagi penderita diabetes (Nurdjanah dan Yuliana, 2013).

Margareth (2006) menyatakan bahwa pati lambat cerna dan pati resisten baik untuk dikonsumsi oleh penderita diabetes dan obesitas karena kemampuannya dalam menurunkan kadar gula darah. Menurut Sajilata *et al.* (2006), pati resisten memiliki manfaat fisiologis bagi kesehatan yaitu sebagai pencegah kanker kolon, memiliki efek menurunkan kadar gula darah (hipoglikemik), berperan sebagai prebiotik, memiliki efek hipokolesterolemik, menghambat akumulasi lemak, meningkatkan absorpsi mineral, dan mengurangi pembentukan batu empedu. Rimbawan dan Siagian (2004) menyatakan serat pada bahan pangan, terutama serat larut mampu menurunkan respon glikemik pangan dan memberikan pengaruh pada kadar gula darah. Serat kasar berperan dalam mempertebal kerapatan dan ketebalan campuran makanan dalam saluran pencernaan.

Keberadaan serat pangan tersebut mampu memperlambat laju makanan dan penyerapan enzim pada saluran pencernaan sehingga proses pencernaan melambat dan menurunkan respon glukosa darah.

Haynes *et al.* (2000) menyatakan bahwa proses gelatinisasi dan perlakuan panas berperan dalam produksi pati dengan kalori rendah dan tahan terhadap proses pencernaan. Pati resisten dikategorikan sebagai bagian dari serat pangan, yaitu pati yang tahan cerna terhadap enzim pencernaan dan tahan terhadap asam lambung dan dapat sampai ke usus besar untuk difermentasi oleh bakteri probiotik (Sajilata *et al.*, 2006), pati resisten digolongkan sebagai sumber serat tidak larut (Okoniewska dan Witwer, 2007) dan berpotensi memperbaiki sensitivitas insulin (Robertson *et al.*, 2005).

Sifat pati resisten memiliki kesamaan dengan serat pangan disebabkan oleh pati resisten sulit untuk dicerna (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010). Serat pangan dapat mengendalikan rasa lapar dan hormon pencernaan sehingga mampu menurunkan berat badan dan kegemukan (WHO, 2003). Oleh sebab itu dalam penelitian ini tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten diproduksi melalui gelatinisasi sebagian dan dilanjutkan dengan pendinginan pada suhu 5°C selama 48 jam (Nurdjanah dan Yulian, 2015) diharapkan mampu menormalkan berat badan pada mencit.

Serat pangan juga mempengaruhi berat feses. Menurut Mahan dan Stump (2003), salah satu efek fisiologis serat pangan yaitu menurunkan tekanan intraluminal usus besar sehingga mampu meningkatkan kepadatan feses. Setelah melalui saluran cerna selanjutnya residu makanan masuk ke usus besar dan mengalami proses fermentasi. Serat yang tidak terfermentasi meningkatkan massa feses

menjadi besar karena kemampuannya menahan air. Menurut Marsono (1998), pati resisten mampu berperan untuk menyerap zat gizi seperti halnya serat karena memiliki sifat pengikat seperti serat makanan. Sifat pati resisten yang menyerupai serat meliputi kemampuan mengikat asam empedu, meningkatkan volume feses dan mempersingkat waktu transit, serta menghasilkan sedikit kalori di dalam pencernaan.

Serat makanan memiliki sifat fisik dapat didegradasi oleh bakteri usus, dapat mengikat bahan organik lain, viskositas, dan kelarutan (Ingleet dan Falkehag, 1979) dan sifat kimia yang berbeda yang menyebabkan setiap serat dari bahan makanan memiliki reaksi fisiologis yang berbeda pula meliputi meningkatkan massa feses, menurunkan kadar kolesterol plasma, dan menurunkan respon organik glikemik dari makanan (Schneeman, 1986). Peningkatan massa feses disebabkan oleh kemampuan serat dalam menyerap air cukup tinggi (ebook pangan, 2006). Dalam penelitian ini serat pangan yang berupa pati resisten diuji pengaruhnya terhadap massa feses mencit percobaan yang digunakan.

Jenis penelitian yang hasilnya dimanfaatkan untuk manusia membutuhkan penelitian lebih lanjut menggunakan bahan hidup seperti galur sel dan biakan jaringan (*in vivo*). Penggunaan hewan percobaan diperlukan untuk mengamati, mempelajari, dan menyimpulkan kejadian pada makhluk hidup secara utuh, penggunaan hewan percobaan karena memiliki nilai pada setiap bagian tubuh, dan memiliki interaksi antar bagian pada bagian tubuh tersebut (Ridwan, 2013). Menurut Moriwaki (1994), mencit merupakan hewan coba yang umum digunakan pada penelitian di laboratorium (40-80%) dimana mencit memiliki beberapa

keunggulan yaitu memiliki siklus hidup yang pendek, jumlah anak per kelahiran banyak, variasi sifatnya tinggi, serta mudah dalam penanganan. Pada mencit percobaan, kerusakan pankreas dan fungsinya dapat disebabkan oleh dilakukannya induksi larutan aloksan. Aloksan merupakan zat diabetogenik yang bersifat toksik terutama pada sel beta pankreas.

Masuknya aloksan ke sel beta pankreas melalui proses oksidasi gugus sulfhidril menyebabkan pembentukan radikal bebas yang menyebabkan kerusakan sel beta pankreas yang mengakibatkan hewan percobaan mengalami diabetes. Kerusakan akibat aloksan menyerang senyawa seluler dengan kandungan gugus sulfhidril, asam amino sistein dan protein yang berikatan dengan gugus SH, senyawa seluler tersebut berikatan dengan aloksan dan membentuk ikatan disulfida yang menyebabkan kerusakan fungsi protein (Szkuldelski, 2008). Kerusakan pada pankreas akan menyebabkan kadar gula darah menjadi tidak normal akibat insulin yang dihasilkan tidak normal. Maulana (2008) menyatakan insulin merupakan hormon yang dihasilkan oleh pankreas yang berfungsi mempertahankan kadar gula darah tetap normal dan memasukkan gula ke dalam sel untuk menghasilkan energi atau sebagai cadangan energi. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan mencit yang diinduksi dengan larutan aloksan untuk mendapatkan mencit diabetes dan diberi perlakuan ransum. Dalam penelitian ini diuji histologi pada pankreas mencit yang telah diberi perlakuan ransum untuk mengetahui kondisi pankreas mencit.

Proses pemanasan yang diikuti proses dengan pendinginan dan kemudian dilanjutkan dengan pemanasan kembali mampu meningkatkan kadar pati resisten

tepung ubi jalar ungu. Pembuatan tepung ubi jalar ungu dengan metode pemanasan menggunakan pemanas berputar dan dilanjutkan dengan pendinginan 5°C selama 48 jam meningkatkan kandungan pati resisten tepung ubi jalar ungu dari 18,65% menjadi 31.894% (Ningsih, 2015), produk tepung ini diharapkan dapat digunakan untuk membantu dalam menormalkan kadar gula darah pada penderita diabetes. Menurut Andersen dan Akanji (1991), kenaikan pati resisten yang dialami setelah melakukan proses pengolahan menyebabkan peningkatan sifat hipoglemik, sifat hipoglemik yang dimiliki oleh serat pangan memiliki peran dalam perbaikan sensitivitas insulin. Penelitian yang dilakukan oleh Robertson *et al.* (2003) menyatakan bahwa konsumsi pati resisten bagi penderita diabetes mampu meningkatkan sensitivitas insulin. Penelitian ini secara keseluruhan menguji pengaruh penggunaan tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi dalam ransum terhadap gula darah, berat badan, berat feses, serta histologi pankreas mencit.

1.4. Hipotesis

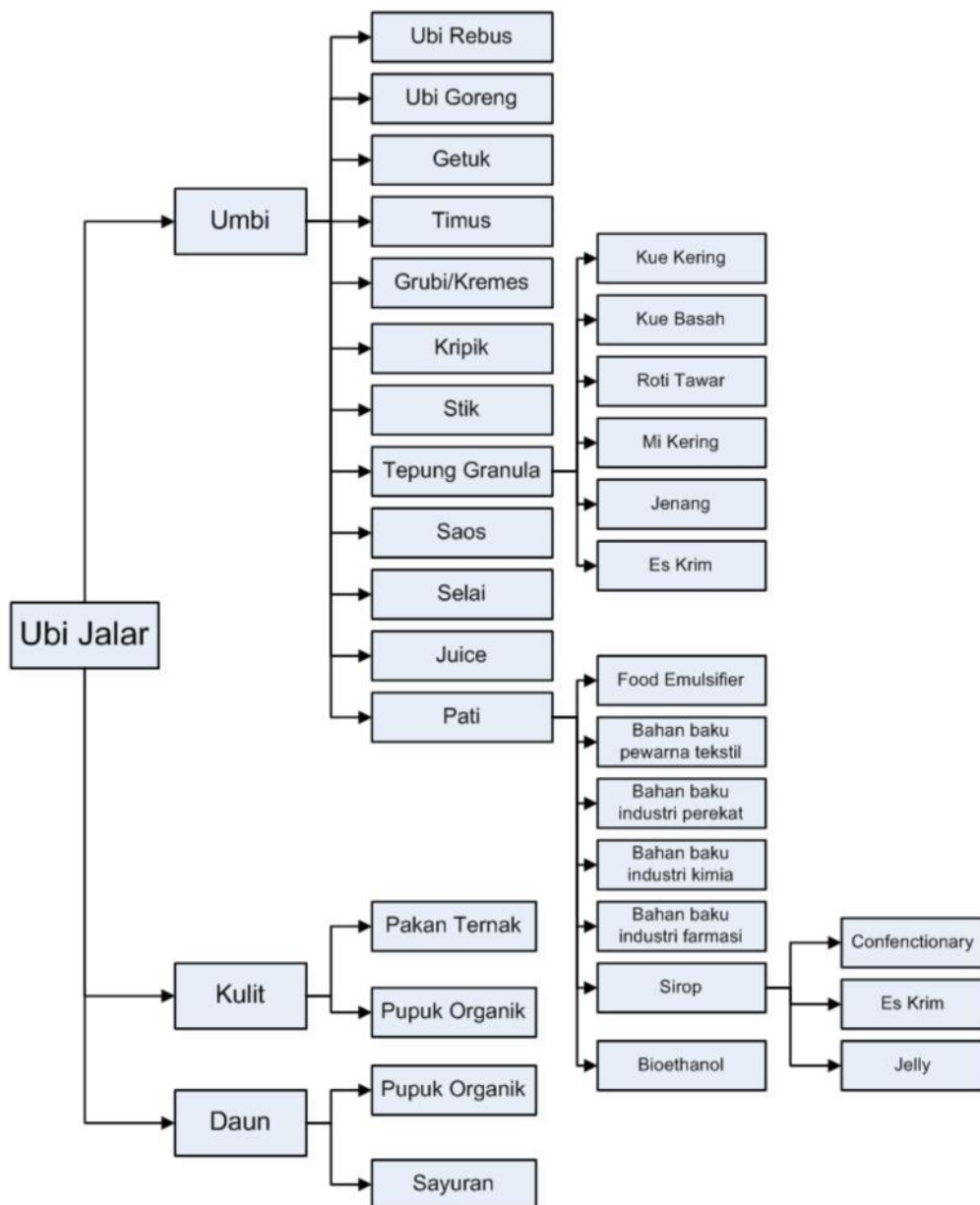
Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah penambahan tepung ubi jalar berkadar pati resisten tinggi pada ransum mencit mampu menormalkan kadar gula darah, berat badan, berat feses, dan histologi pankreas mencit diabetes dan mencit sehat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar merupakan tanaman merambat dengan batang tidak berkayu berbentuk bulat. Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*) merupakan tanaman famili *Convolvulaceae* yang membutuhkan penyinaran pendek selama 11 jam per hari yang energi mataharinya akan diubah menjadi energi kimia berupa karbohidrat. Kemampuan ubi jalar ungu mengubah energi matahari menjadi karbohidrat ditunjukkan tingginya kalori yang diasimilasi yaitu mencapai 215 kal/kg/hari dibandingkan tanaman lain yaitu 150 kal/kg/hari (Lingga *et al.*, 1986).

Dalam program diversifikasi pangan, peranan ubi jalar dapat menunjang dua arah, yaitu horizontal dan vertikal. Dalam diversifikasi horizontal, dapat dikembangkan sebagai tanaman baru di daerah-daerah potensial yang mempunyai kesesuaian lahan dan lingkungan yang tepat untuk budi daya. Adapun diversifikasi vertikal; diarahkan dalam pengembangan dan penganekaragaman produk (Darmardjati dan Widowati, 1994). Gambar 1 menunjukkan pemanfaatan dan pengolahan ubi jalar dalam produk pangan non pangan.



Gambar 1. Pohon industri ubi jalar

Sumber: Ginting (2011)

Ubi jalar ungu merupakan ubi jalar dengan daging umbi berwarna ungu hingga ungu muda. Beberapa varietas ubi jalar ungu antara lain varietas Ayamurasaki, Yamagawamurasaki, klon MSU 01022-12, klon MSU 03028, dan RIS 03063 05 (Juanda dan Cahyono, 2009). Diantara umbi-umbian lain ubi jalar merupakan

penghasil karbohidrat, protein, dan lemak yang tinggi (Widodo, 1989). Menurut Yamakawa (1998) ubi jalar ungu mengandung antosianin yang cukup tinggi. Kandungan antosianin yang tinggi pada ubi jalar ungu berfungsi sebagai antioksidan, antibakteri, antikanker, serta perlindungan terhadap kerusakan hati, penyakit jantung, dan stroke (Ferlina, 2009).

2.2. Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu

Kandungan ubi jalar ungu tersusun atas vitamin (A, B1, B2, C, dan E), mineral (kalsium, kalium, magnesium, tembaga, dan senga), serat pangan dan kabrohidrat bukan serat. Kandungan karbohidrat pada ubi jalar cukup tinggi dan ubi jalar merupakan sumber kalori yang cukup tinggi pula, selain itu juga mengandung antosianin yang jumlah totalnya bervariasi sesuai dengan varietas ubi jalar dan memiliki pigmen yang stabil (Kano *et al.*, 2005). Ubi jalar mengandung komponen serat yang tahan terhadap proses hidrolisis oleh enzim yaitu serat yang umumnya berupa polisakarida (Winarno, 2002). Pigmen yang dikandung oleh ubi jalar berupa pigmen fungsional seperti flavon, betakaroten, dan antosianin (Suda *et al.*, 2003). Ubi jalar ungu juga mengandung zat besi, kalsium, lemak, protein, serat kasar, fosfor, dan riboflavin (Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan, 2002). Komposisi kimia ubi jalar ungu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia umbi ubi jalar ungu per 100 gram

Sifat kimia dan fisik	Jumlah
Kadar air (%)	67,77
Kadar abu (%)	3,28
Kadar pati (%)	55,27
Gula pereduksi (%)	1,79
Kadar lemak (%)	0,43
Kadar antosianin (mg/100g)	923,65

Sumber: Widjanarko (2008)

Tabel 2 menunjukkan perbedaan beberapa kandungan zat gizi ubi jalar ungu dengan bahan pangan lain seperti beras, ubi kayu, dan jagung.

Tabel 2. Perbedaan kandungan gizi pada ubi jalar, beras, ubi kayu, dan jagung

Bahan	Kalori (kal)	Karbohidrat (g)	Protein (g)	Lemak (g)	Vit. A (SI)	Vit. C (mg)
Ubi jalar merah	123	27,9	1,8	0,7	7000	22
Beras	360	78,9	6,8	0,7	0	0
Ubi kayu	146	34,7	1,2	0,3	0	30
Jagung kuning	361	72,4	8,7	4,5	350	0

Sumber: Harnowo *et al.* (1994)

2.3. Tepung Ubi Jalar Ungu

Salah satu bentuk pengolahan ubi jalar yaitu dengan membuat tepung. Pembuatan tepung dengan bahan baku ubi jalar memiliki manfaat yang cukup besar. Salah satunya yaitu produk memiliki umur simpan yang lebih lama pada tepung yang diberi perlakuan pemanasan (Arianingrum, 2014) sehingga dapat digunakan secara luas dalam pembuatan berbagai produk makanan.

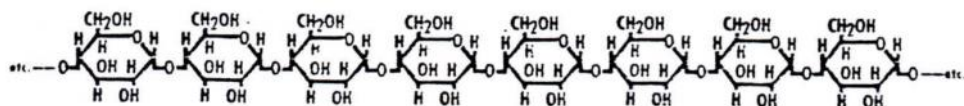
Teknik pengolahan ubi jalar ungu menjadi tepung tidak boleh menyebabkan kerusakan warna ungu secara signifikan. Tepung ubi jalar yang dihasilkan harus memiliki warna sesuai dengan warna daging yang dimiliki oleh ubi jalar. Pengolahan yang tidak tepat dapat menurunkan kualitas warna dan cita rasa dari tepung (Woolfe, 1999). Menurut Djuanda (2003) kualitas tepung dipengaruhi oleh metode pengeringan yang digunakan. Penepungan dapat dilakukan beberapa metode seperti pengeringan dengan sinar matahari, mesin pengering sawut ubi jalar, oven, maupun drum drier. Pengolahan menjadi tepung, ubi jalar akan semakin mudah dan fleksibel digunakan sebagai bahan baku pada industri pangan maupun non pangan (Irfansyah, 2001).

Kelebihan yang dimiliki tepung ubi jalar yaitu sebagai sumber karbohidrat, serat pangan dan beta karoten (Kadarisman dan Sulaeman, 1993). Salah satu teknik dalam pembuatan tepung yaitu pengeringan dengan menggunakan drum dryer. Menurut Simanjuntak (2001) pembuatan tepung dengan menggunakan pengering drum dryer dapat mempertahankan warna dari reaksi pencoklatan, daya kohesi selama perebusan dan mampu menghancurkan senyawa toksik pada ubi jalar selama perebusan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ningrum (1999) yaitu tepung yang baik dan berpotensi dalam pengembangan adalah dengan menggunakan drum dryer dilihat dari kadar beta karoten, protein, lemak, abu, air, jumlah kalori, densitas kamba, dan uji organoleptik. Jenis ubi jalar, teknik pengeringan, serta interaksi antara keduanya berpengaruh nyata terhadap kandungan gizi pada tepung ubi jalar. Pada penelitian ini, pengeringan tepung tidak dilakukan dengan menggunakan drum dryer akan tetapi digunakan pemanas

berputar untuk menggelatinisasi sebagian pati dan dilanjutkan dengan pendinginan dan kemudian dikeringkan menggunakan cabinet dryer.

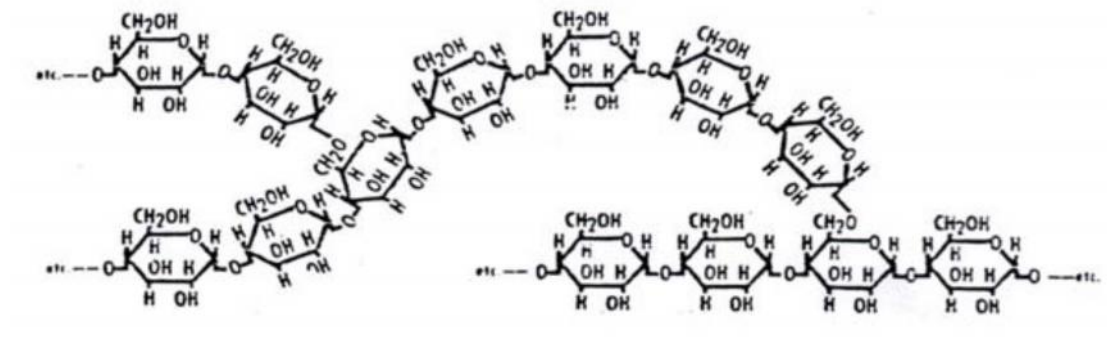
2.4. Pati

Pati adalah sumber karbohidrat yang tersimpan dalam jaringan tanaman dalam bentuk polisakarida berupa granula di dalam kloroplas daun dan amiloplas pada biji dan umbi (Sajilata *et al.*, 2006). Menurut Winarno (2004) pati terdiri atas dua fraksi yaitu amilosa (fraksi larut dalam air) dan amilopektin (fraksi tidak terlarut dalam air) yang berperan dalam penentuan karakteristik fisik, kimia, dan fungsional pati. Amilosa maupun amilopektin disusun atas D-glukosa yang saling berikatan melalui ikatan oleh monomer glikosidik. Amilosa dan amilopektin dibedakan atas pembentukan cabang pada struktur linearnya, ukuran derajat polimerisasi, ukuran molekul, dan pengaturan posisi pada granula pati. Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Struktur molekul amilosa

Sumber: Fennema (1976)



Gambar 3. Struktur molekul amilopektin

Sumber: Fennema (1976)

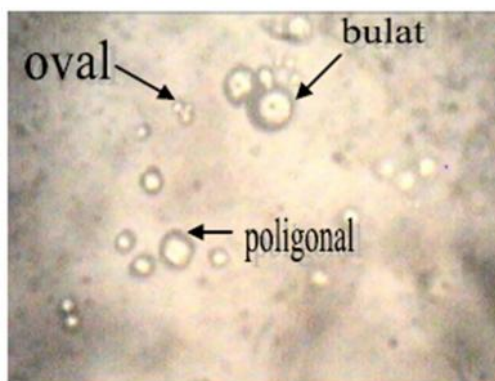
Sifat pati beragam tergantung dari panjang rantai C dan jenis ikatan pati apakah lurus atau bercabang. Panjang rantai C yang dimiliki pati mencapai ribuan atom C.

Pati terdiri dari granula-granula dengan ukuran mikroskopik dan memiliki sifat umum tidak larut di dalam air. Berikut merupakan ukuran diameter granula pati pada beberapa jenis bahan pangan (Tabel 3):

Tabel 3. Diameter granula pati

Sumber	Diameter	
	Kisaran (μm)	Rata-rata (μm)
Jagung	21-96	15
Kentang	15-100	33
Ubi jalar	15-55	25-50
Tapioka	6-36	20
Gandum	2- 38	20- 22
Beras	3- 9	5

Sumber: Fennema (1985)



Gambar 4. Granula pati ubi jalar ungu

Sumber: Hernanto (2014)

Sifat pati ubi jalar meliputi ukuran granula pati dengan bentuk poligonal berdiameter 2-25 μm . Pati ubi jalar memiliki kandungan amilosa sebanyak 20% dan amilopektin sebanyak 80%. Proses pemanasan akan menyebabkan granula pati mengembang dan tidak dapat kembali ke bentuk granula semula (gelatinisasi). Suhu yang dibutuhkan pati untuk tergelatinisasi tergantung oleh jenis ikatan granula pada pati tersebut (Swinkels, 1985). Sifat pembengkakan dan gelatinisasi pati dipengaruhi oleh struktur amilopektin, komposisi pati, dan bentuk granula. Pati dengan kandungan amilosa yang semakin tinggi akan mengalami pembengkakan yang lebih besar saat dilakukan pemanasan. Sifat lain dari pati ubi jalar yaitu memiliki derajat pembengkakan 20-27 ml/gram, kelarutan 15-35% dan tergelatinisasi pada suhu 75-88 $^{\circ}\text{C}$ (Moorthy, 2000). Widiawan (2013) melaporkan pati talas kimpul memiliki persen kelarutan 29.80% dan kekuatan pembengkakan 21.57%, daya pembengkakan beberapa jenis pati dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Daya pembengkakan beberapa jenis pati

Pati	Daya pembengkakan pada 95°C (ml/gram)
Jagung	24
Kentang	1153
Gandum	21
Tapioka	71

Sumber: Beynum dan Roels (1985)

Kandungan pati pada ubi jalar dipengaruhi oleh varietas ubi jalar. Penelitian yang dilakukan oleh Yusuf *et al.*, (2003) menunjukkan kadar pati pada ubi jalar sebesar 34,1 sampai 57,5 %. Selain itu kandungan pati pada ubi jalar juga dipengaruhi oleh umur panen, umur panen yang melebihi 130 hari dapat menyebabkan turunnya kandungan pati pada ubi jalar (Harwono *et al.*, 1994).

Pati dimodifikasi untuk mengubah maupun memperbaiki sifat fisikokimia pati sesuai dengan yang dikehendaki. Modifikasi pati dapat dilakukan dengan mengubah karakteristik gelatinisasi, kemampuan membentuk gel, kekentalan, kekuatan dispersi pada suhu rendah, sifat hidrofilik, ketahanan dispersi terhadap penurunan kekentalan akibat asam dan perusakan fisik (Wurzburg, 1989).

Heat moisture treatment (HMT) merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam memodifikasi pati secara fisik tanpa merusak granula pati. Modifikasi dengan teknik HMT memanfaatkan kombinasi kadar air dan pemanasan pada suhu diatas suhu gelatinisasi (Purwani *et al.*, 2006). Heat Moisture Treatment (HMT) adalah proses pemanasan pati dengan kondisi semi kering dibawah syarat kadar air gelatinisasi pada suhu diatas suhu gelatinisasi (Lorenz and Kulp, 1982). Menurut Collado *et al.* (2001) teknik modifikasi HMT dipengaruhi oleh ph (6,5

sampai 6,7), waktu serta proporsi amilosa, semakin tinggi kadar amilosa maka waktu optimum yang dibutuhkan lebih singkat.

2.5. Metabolisme Karbohidrat

Glukosa merupakan karbohidrat terpenting. Dalam bentuk glukosalah massa karbohidrat makanan diserap ke dalam aliran darah, atau ke dalam bentuk glukosalah karbohidrat dikonversi di dalam hati, serta dari glukosalah semua bentuk karbohidrat lain dalam tubuh dapat dibentuk. Glukosa merupakan bahan bakar metabolik utama bagi jaringan mamalia (kecuali hewan pemamah biak) dan bahan bakar universal bagi janin. Unsur ini diubah menjadi karbohidrat lain dengan fungsi sangat spesifik, misalnya glikogen untuk simpanan, ribose dalam bentuk asam nukleat, galaktosa dalam laktosa susu, dalam senyawa lipid kompleks tertentu dan dalam bentuk gabungan dengan protein, yaitu glikoprotein serta proteoglikan.

Proses metabolisme diawali dengan masuknya glukosa ke dalam sitoplasma sel melalui membran sel dengan mekanisme difusi pasif. Molekul protein pembawa kemudian mengikat molekul glukosa dan membawanya ke dalam sel. Glukosa yang masuk ke dalam sel mengalami fosforilasi oleh enzim glukokinase pada sel hati dan dikatalis oleh enzim heksokinase menjadi glukosa 6 fosfat. Agar dapat digunakan sebagai energi, glukosa mengalami glikolisis yaitu pemecahan glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat. Selain itu terdapat jalur glikogenesis yang berfungsi menjaga kestabilan glukosa di dalam darah. selain itu terdapat jalur

metabolisme glukoronat yang merupakan pembentukan glukoronat yang berasal dari glukosa tubuh dan jalur glukogenesis (Hardjasmita, 2006).

Glikolisis terdiri dari 2 jenis yaitu glikolisis aerob dan glikolisis anaerob.

Glikolisis anaerob dikenal dengan jalur Embden Meyerhof, dimana pada jalur ini proses berlangsung tanpa adanya oksigen. Sedangkan glikolisis aerob dikenal sebagai siklus Krebs yang prosesnya berlangsung dengan adanya oksigen. Kedua jenis glikolisis ini dihubungkan oleh produk reaksi oksidasi dekarboksilasi asam piruvat (asetil-KoA). Glikogenesis dan glikogenolisis berkaitan dengan kestabilan kadar glukosa di dalam tubuh. Glikogenesis merupakan proses pembentukan glikogen di dalam tubuh. Glukosa 6 fosfat akan mengalami perubahan menjadi glukosa 1 fosfat, kemudian menjadi uridin difosfat glukosa (UDPG). Selanjutnya atom karbon-1 molekul glukosa dari molekul UDPG dikatalis oleh enzim glikogen sintase membentuk ikatan glukosidat dengan atom karbon-4 residu glukosa terminal dari molekul glikogen primer yang sebelumnya telah tersedia. Apabila rantai glukosida tersebut telah mencapai panjang rantai yang minimal terdiri dari 11 residu glukosa, maka dibentuklah titik percabangan yang dikatalis oleh branching enzyme. Cabang baru selanjutnya akan memperpanjang rantai glukosida dan mengalami percabangan setiap mencapai minimal 11 residu glukosa.

Saat tubuh membutuhkan energi dan cadangan glukosa di dalam tubuh menurun maka cadangan glikogen yang disimpan dalam sel dapat digunakan kembali melalui suatu proses pemecahan, yaitu glikogenolisis. Pemecahan ikatan glukosida-1,4 dimulai dari bagian terminal setiap rantai cabang yang mengarah ke

pangkal percabangan rancai sampai dicapai 4 residu glukosa tersisa dari titik percabangan rantai yang dibantu oleh enzim fosforilase. Enzim fosforilase tidak aktif pada keadaan istirahat. Unit trisakarida dari residu 4 molekul glukosa yang tersisa tadi dipindahkan ke rantai cabang lain, kemudian dikatalis oleh enzim glukosa transferase yang menyebabkan titik cabang-1,6 terbuka. Selanjutnya titik cabang 1,6-glukosida yang terbuka ini dihidrolisis oleh debranching enzyme yang bersifat spesifik. Gugus fosfat pada atom C-1 dari molekul glukosa 1 fosfat dimutasi intramolekuler oleh enzim fosfoglukomutase membentuk glukosa-6P (Hardjasmita, 2006).

Secara ringkas, jalur-jalur metabolisme karbohidrat dijelaskan sebagai berikut:

1. Glukosa sebagai bahan bakar utama akan mengalami glikolisis (dipecah) menjadi 2 piruvat jika tersedia oksigen. Dalam tahap ini dihasilkan energi berupa ATP.
2. Selanjutnya masing-masing piruvat dioksidasi menjadi asetil KoA. Dalam tahap ini dihasilkan energi berupa ATP
3. Asetil KoA akan masuk ke jalur persimpangan yaitu siklus asam sitrat. Dalam tahap ini dihasilkan energi berupa ATP.
4. Jika sumber glukosa berlebihan, melebihi kebutuhan energi kita maka glukosa tidak dipecah, melainkan akan dirangkai menjadi polimer glukosa (disebut glikogen). Glikogen ini disimpan di hati dan otot sebagai cadangan energi jangka pendek. Jika kapasitas penyimpanan glikogen sudah penuh, maka karbohidrat harus dikonversi menjadi jaringan lipid sebagai cadangan energi jangka panjang.

5. Jika terjadi kekurangan glukosa dari diet sebagai sumber energi, maka glikogen dipecah menjadi glukosa. Selanjutnya glukosa mengalami glikolisis, diikuti dengan oksidasi piruvat sampai dengan siklus asam sitrat.
6. Jika glukosa dari diet tak tersedia dan cadangan glikogenpun juga habis, maka sumber energi non karbohidrat yaitu lipid dan protein harus digunakan. Jalur ini dinamakan glukoneogenesis (pembentukan glukosa baru) karena dianggap lipid dan protein harus diubah menjadi glukosa baru yang selanjutnya mengalami katabolisme untuk memperoleh energi

2.6. Pati Resisten

Pati resisten merupakan fraksi kecil pada pati yang resisten terhadap proses hidrolisis (Englyst *et al.*, 1992). Terdapat empat jenis pati resisten, pati resisten tipe 1 merupakan pati yang terperangkap dalam sel tanaman seperti pada kacang-kacangan dan sereal, pati resisten tipe 2 merupakan granula pati mentah seperti pada kentang, jagung, dan pisang, pati resisten tipe 3 merupakan pati retrogradasi dalam bentuk kristal biasa pada umbian matang yang didinginkan, dan pati resisten tipe 4 merupakan pati yang dimodifikasi secara kimia (Tovar *et al.*, 1999).

Tipe pertama (RS I) terdiri atas pati yang secara fisik terperangkap dalam sel-sel tanaman dan matriks bahan pangan, contohnya padi yang digiling kasar. Jumlah RS I dipengaruhi oleh proses pengolahan dan dapat dikurangi atau dihilangkan dengan penggilingan. RS tipe kedua (RS II) terdiri atas granula pati yang secara alami sangat resisten terhadap pencernaan oleh enzim α -amilase, misalnya pada pisang mentah dan pati jagung tinggi amilosa. RS tipe ketiga (RS III) terdiri atas pati teretrogradasi yang terbentuk saat bahan pangan yang mengandung pati

dimasak dan didinginkan. RS tipe keempat (RS IV) terdiri atas pati yang dimodifikasi secara kimia, dimana modifikasi tersebut mempengaruhi aktivitas amilolitik dari enzim-enzim pencernaan (Leu *et al.*, 2003).

Pembentukan pati resisten dapat dipengaruhi oleh proses retrogradasi. Proses pemanasan pati dengan adanya kandungan air berlebih akan menyebabkan terjadinya gelatinisasi pada pati. Apabila dilanjutkan dengan pemanasan kembali dan pendinginan akan terbentuk kristal baru berupa pati retrogradasi sehingga terjadi perubahan struktur pada pati. Faktor yang mempengaruhi pembentukan pati resisten antara lain proses pengolahan, jenis pati, keadaan fisik bahan, serta adanya komponen lemak atau protein (Marsono, 1998). Retrogradasi pati mampu meningkatkan ketahanan pati terhadap hidrolisis oleh enzim amilolitik, menghilangkan kemampuan dalam pembentukan warna kompleks biru dengan iodin dan menurunkan kemampuan dalam melewatkan cahaya (Jane, 2004).

2.7. Serat Pangan

Serat merupakan komponen bahan nabati yang memiliki ketahanan terhadap proses hidrolisis oleh enzim pada sistem pencernaan. Association of Cereal Chemist (2001) menyatakan serat merupakan bagian dari tanaman yang dapat dimakan atau karbohidrat analog yang resisten terhadap pencernaan, terdiri dari pati, polisakarida, oligosakarida, lignin serta bagian tanaman lainnya. Komponen serat berupa selulosa, hemiselulosa, pektin dan lignin paling banyak terdapat pada dinding sel tanaman. Serat kasar merupakan bagian dari pangan yang tidak dapat dihidrolisis bahan kimia seperti asam sulfat (H_2SO_4) dan natrium hidroksida

(NaOH), sedangkan serat pangan merupakan bagian bahan pangan yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan (ebook pangan, 2006). Mutu serat pangan dapat diketahui melalui komposisi serat pangan yaitu komponen larut (Soluble Dietary Fiber) serta komponen tidak larut (Insoluble Dietary Fiber) (Harland and Oberleas, 2001). Prosky dan De Vries (1992) menyatakan bahwa serat makanan total terdiri atas sepertiga serat makanan larut dan kelompok terbesar merupakan serat tidak larut.

Serat pangan mampu menstimulasi proses pengunyahan, aliran saliva, dan sekresi cairan lambung. Keberadaan serat dalam bahan pangan memberikan rasa kenyang dan serat akan menempati perut dan pada saat berada di usus besar serat akan berperan sebagai substrat saat terjadinya fermentasi. Selain itu serat juga berperan dalam menormalisasi waktu perlintasan di saluran cerna, menurunkan tekanan intraluminal usus sehingga meningkatkan kepadatan feses. Soluble fiber pada bahan pangan berperan dalam memperlambat pengosongan lambung, pencernaan, dan absorpsi nutrisi serta menurunkan serum kolesterol (Mahan dan Stump, 2003).

2.8. Indeks Glikemik

Indeks glikemik pangan adalah tingkatan pangan berdasarkan efeknya terhadap kadar gula pada darah. Pangan dengan indeks glikemik yang tinggi akan dengan cepat menaikkan kadar gula darah dan sebaliknya pangan dengan indeks glikemik rendah akan meningkatkan kadar gula darah dengan lambat, dengan menggunakan indeks glukosa murni sebagai pembanding (Rimbawan dan Siagian, 2004).

Menurut Mendosa (2008) indeks glikemik digolongkan menjadi 3 yaitu nilai

IG<55 merupakan golongan IG rendah, 55-70 merupakan golongan IG sedang dan >70 merupakan golongan IG tinggi.

Mengonsumsi karbohidrat dengan nilai IG yang tinggi akan menghasilkan insulin resisten yang lebih tinggi dibandingkan dengan pangan dengan IG yang rendah (Willet *et al.*, 2002) yang mengakibatkan kenaikan gula darah yang tinggi dan cepat (Jones, 2002). Brand-Miller *et al.* (2002) menyatakan konsep indeks glikemik diperkenalkan untuk mengetahui gambaran hubungan antara karbohidrat pangan terhadap kadar glukosa pada darah. Rimbawan dan Siagian (2004) menyatakan bahwa pendekatan indeks glikemik menekankan pada pengenalan pangan berdasarkan kemampuannya meningkatkan kadar gula darah. Manfaat pendekatan indeks glikemik yaitu berguna dalam hal membina kesehatan, mencegah obesitas, pemilihan pangan serta mengurangi resiko penyakit degeneratif.

Rimbawan dan Siagian (2004) melaporkan bahwa kandungan indeks glikemik pada pangan berperan penting dalam mengatur nafsu makan. Pangan dengan kandungan IG rendah dapat menunda rasa lapar, sehingga pangan dengan IG rendah pada pagi hari mampu memperbaiki respon glikemik pada siang hari. Konsumsi makanan dengan indeks glikemik rendah di pagi hari tidak akan menyebabkan tingginya kadar gula darah. Kadar glukosa darah yang tinggi akibat IG yang tinggi dapat menyebabkan obesitas, diabetes melitus dan komplikasinya.

Setiap bahan pangan memiliki nilai IG yang berbeda, pangan dengan jenis yang sama namun diolah dengan cara yang berbeda juga memiliki nilai IG yang berbeda. Perbedaan nilai indeks glikemik pada bahan pangan disebabkan oleh

beberapa faktor, antara lain proses pengolahan yang menyebabkan perubahan struktur dan komposisi kimia pangan, varietas tanaman, perbandingan amilosa dan amilopektin, kadar gula, daya osmotik pangan, kadar serat, lemak, dan protein pangan (Rimbawan dan Siagian, 2004).

2.9. Antosianin

Warna dan stabilitas pigmen antosianin tergantung pada struktur molekul secara keseluruhan. Substitusi struktur antosianin A dan B akan berpengaruh pada warna. Pada kondisi asam warna antosianin ditentukan oleh banyaknya substitusi pada cincin B. Semakin banyak substitusi OH dapat menyebabkan warna semakin biru, sedangkan metoksilasi akan menyebabkan warnanya semakin merah (Sudjana 1996). Kestabilan antosianin dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH, suhu, cahaya, dan oksigen (Basuki dkk, 2005). Menurut Clydesdale (1998) dan Markakis (1982), pigmen antosianin (merah, ungu dan biru) merupakan molekul yang tidak stabil jika terjadi perubahan pada suhu, pH, oksigen, cahaya, dan gula.

1. Transformasi Struktur dan pH

Pada umumnya penambahan hidroksi akan menurunkan stabilitas, sedangkan penambahan metil akan meningkatkan stabilitas. Faktor pH ternyata tidak hanya mempengaruhi warna antosianin tapi juga mempengaruhi stabilitasnya.

Antosianin lebih stabil dalam larutan asam dibandingkan dalam larutan basa.

2. Suhu

Suhu mempengaruhi kestabilan antosianin. Suhu yang panas dapat menyebabkan kerusakan struktur antosianin, oleh karena itu proses pengolahan pangan harus

dilakukan pada suhu 50-60°C yang merupakan suhu yang stabil dalam proses pemanasan.

3. Cahaya

Antosianin lebih stabil dalam larutan asam dibandingkan dalam larutan alkali atau netral. Cahaya mempunyai dua pengaruh yang saling berlawanan terhadap antosianin, yaitu berperan dalam pembentukan antosianin dan cahaya juga berperan dalam laju degradasi warna antosianin, oleh karena itu antosianin harus disimpan di tempat yang gelap dan suhu dingin.

4. Oksigen

Oksigen dan suhu tampaknya mempercepat kerusakan antosianin. Stabilitas warna antosianin selama pemrosesan jus buah menjadi rusak akibat oksigen. Degradasi antosianin terjadi tidak hanya selama ekstraksi dari jaringan tumbuhan tetapi juga selama proses dan penyimpanan jaringan makanan.

2.10. Diabetes Mellitus

Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit yang ditandai dengan kenaikan kadar glukosa darah yang melebihi batas normal (hiperglikemia), yaitu kadar glukosa darah lebih dari 200 mg/dl dan lebih atau sama dengan 126 mg/dl pada kadar glukosa darah puasa (Misnadiarly, 2006). Menurut Suharmiati (2003) diabetes melitus disebabkan oleh aktivitas insulin yang kurang baik karena adanya resistensi insulin pada jaringan yang peka insulin maupun karena sekresi insulin. Penyakit diabetes melitus dibedakan menjadi dua berdasarkan penyebabnya, yaitu diabetes melitus tipe 1 dan diabetes melitus tipe 2. Menurut Ganiswarna (1995) penyerapan glukosa yang terhambat ke dalam sel tubuh dan sistem metabolisme

yang terganggu menyebabkan terjadinya hiperglikemia. Proses metabolisme glukosa menjadi CO₂, air, glikogen dan lemak terganggu sehingga glukosa tidak dapat diserap masuk ke dalam sel dan menyebabkan energi diperoleh dari metabolisme lemak dan protein.

Menurut Ganong (2002) diabetes melitus tipe 1 yang dikenal dengan Diabetes Mellitus Dependen-Insulin (IDDM) merupakan penyakit autoimun yang ditandai dengan rusaknya sel beta penghasil insulin. Penyebab penyakit diabetes tipe 1 ini antara lain konstitusi genetik, immunologis, faktor lingkungan dan gangguan metabolisme serta endokrinologi (Maharani, 2007). Karakteristik penyakit diabetes melitus tipe 1 yaitu mudah mengalami ketoasidosis, pengobatan harus menggunakan insulin, onset akut, terjadi pada orang yang berusia muda, penderita kurus, terdapat antibodi sel islet, menyebabkan riwayat diabetes pada keluarga sebesar 10% dan 30-50% terjadi pada kembar identik (PERKENI, 2002)

Menurut Ganong (2002) diabetes mellitus tipe 2 disebabkan terjadinya keterlambatan respon sekresi insulin terhadap kelebihan glukosa dimana pada diabetes tipe ini pankreas mampu menghasilkan insulin. Diabetes melitus tipe 2 dikenal dengan Non Insulin Dependent Diabetes Mellitus (NIDDM) biasa dialami oleh penderita diabetes yang berusia di atas 40 tahun (Gardner *et al.*, 2007).

Menurut PERKENI (2002), karakteristik yang dimiliki diabetes melitus tipe 2 yaitu sukar terjadi ketoasidosis, pengobatan tidak harus menggunakan insulin, onset lambat, penderitanya gemuk dan tidak gemuk, diabetes tipe ini biasanya terjadi pada usia tua dimana ada riwayat diabetes pada keluarga sebesar 30% dan 100% terjadi pada kembar identik, dan tidak ada antibodi sel islet.

Tabel 5. Klasifikasi diabetes mellitus

Tipe Diabetes	Klasifikasi
Tipe 1	<p>Desruksi sel β, umumnya menjurus ke defisiensi insulin absolut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melalui proses imunologik • Idiopatik
Tipe 2	Bervariasi mulai yang terutama dominan resistensi insulin disertai defisiensi insulin relatif sampai yang terutama defek sekresi insulin disertai, resistensi insulin.
Tipe lain-lain	<p>Defek genetik fungsi sel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kromosom 12, HNF-β (dahulu MODY 3) • Kromosom 7, glukokinase (dahulu MODY 2) • Kromosom 20, HNF-4α (dahulu MODY 1) • DNA mitokondria <p>Defek genetik kerja insulin</p> <p>Penyakit eksokrin pankreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pankreatitis • Trauma/pankreatektomi • Neoplasma • Cystic fibrosis • Hemoshromatosis • Pankreatopati fibro kalkulus <p>Endokrinopati:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akromegali • Sindroma cushing • Feokromositoma • Hipertiroidisme <p>Karena obat/zat kimia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vacor, pentamidin, asam nikotinat, glukokortikoid, hormon tiroid, tiazis, dilantin, interferon <p>Infeksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rubella kongenital dan CMV <p>Imunologi (jarang):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antibodi anti reseptor insulin <p>Sindrom genetik lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sindrom Down Klinefelter, Turner, Huntington Chorea, Sindrom Prader Willi

Diabetes
mellitus
gestasional

Sumber: Sidartawan *et al.* (2004)

Pengobatan terhadap diabetes mellitus dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu pemberian obat, pengaturan diet secara maksimal untuk mengembalikan kadar glukosa darah dan pemberian preparat hormonal. Penanggulangan dapat dilakukan dengan cara antidiabetik secara oral, induksi insulin dan glukagon. Menurut Ganiswarna (1995), pemberian antidiabetik secara oral dilakukan untuk mengontrol hiperglikemia, apabila setelah pemberian secara oral kondisi hiperglikemia telah terkontrol hanya perlu dilakukan diet dan kerja fisik, antidiabetik oral tidak dianjurkan pada penderita yang cenderung ketoasidosis. Pemberian insulin untuk menaikkan pengambilan ion kalium ke dalam sel dan menurunkan kerja katabolik glukokortikoid dan hormon kelenjar tiroid (Mutschler, 1991). Sedangkan penggunaan glukagon diberikan kepada penderita hipoglikemia yang disebabkan oleh insulin. Pemberian dilakukan secara intravena, intramuscular, atau subkutan (Ganiswarna, 1995).

2.11. Hewan Percobaan

Hewan percobaan (*experimental animal*) merupakan hewan vertebrata yang kehidupannya dipisahkan dari habitat alaminya untuk digunakan sebagai keperluan penelitian, pendidikan, dan pengujian. Penggunaan hewan percobaan antara lain untuk peramalan efek yang akan terjadi pada manusia, fisiologik, patologik, toksikologi, pencegahan, diagnosis infeksi, keracunan pada manusia dan hewan, dan analisis preparat yang tidak dapat diperiksa dengan metode fisik (Isbagio, 1992).

Dalam penggunaan hewan uji dalam penelitian perlu diperhatikan kondisi lingkungan kandang hewan percobaan, cara pemberian ransum dan cara perlakuan

terhadap hewan percobaan. Ruang yang digunakan sesuai dengan kebutuhan hidup hewan uji yaitu suhu ruangan $22^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$, dengan kelembaban relatif 30 sampai 70%, dan penerangan 12 jam terang 12 jam gelap serta kebersihan ruangan harus selalu dijaga. Ruang yang digunakan juga sebaiknya terhindar dari kebisingan. Kandang yang digunakan adalah kandang yang terbuat dari material kedap air, kuat, dan mudah dibersihkan. Pemberian ransum dan minuman pada hewan uji disesuaikan dengan standar laboratorium dan diberikan secara berlebih (*ad libitum*) (BPOM RI, 2014). Zat gizi ransum yang dibutuhkan pada hewan uji (mencit) yaitu protein kasar (20-25%), lemak (10-12%), pati (44-55%), serat kasar (maksimal 4%), dan kadar abu (5-6%) (Smith dan Mangkoewidjojo, 1988). Pemberian minum kepada hewan mencit yang cukup berfungsi sebagai penstabil suhu tubuh dan melumasi ransum yang dicerna, serta digunakan untuk menekan stress pada mencit yang dapat memicu kanibalisme (Malole dan Pramono, 1989). Hewan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mencit (*Mus musculus*). Menurut Arrington (1972), sistematika mencit (*Mus musculus*) berdasarkan taksonomi adalah sebagai berikut ;

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Mamalia
Ordo : Rodentia
Famili : Muridae
Genus : Mus
Spesies : *Mus musculus*

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan di Balai Veteriner Bandar Lampung pada bulan Mei sampai Desember 2015.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pemanas drum berputar hasil modifikasi, oven, cool storage, slicer, hummer mill, *cabinet dryer* (Memmert), spektrofotometer (HACH- Geneyes 20), erlenmeyer (*pyrex*), pisau, ayakan (80 mesh), cawan porselin, desikator, Soxhlet (Philip Haris), labu Kjeldhal, tabung reaksi, kuvet, sentrifuge, mikropipet, neraca analitik (AY 220), mikroskop, botol gelap, corong, spatula, pisau, aluminium foil, kandang mencit, dan gluco meter (Accu Check Active).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ubi jalar ungu yang dibeli dari pasar Pasir Gintung, Tanjung Karang, Bandar Lampung, mencit (*Mus musculus*) jantan berumur 2 bulan dari Balai Veteriner Bandar Lampung, dan pakan standar mencit (Tabel 3). Bahan-bahan kimia yang asam sulfat, HCl

0,02N, etanol 96% (JT. Beaker produksi Jerman), pelarut heksan, DPPH (Aldrich), metanol (JT. Beaker produksi Jerman), aquades, PFA 4%, alkohol (70%, 80%, 90%, dan 95%), xylol, Mayer's Hematoxylin-Eosin dan aloksan (Sigma).

3.3. Metode Penelitian

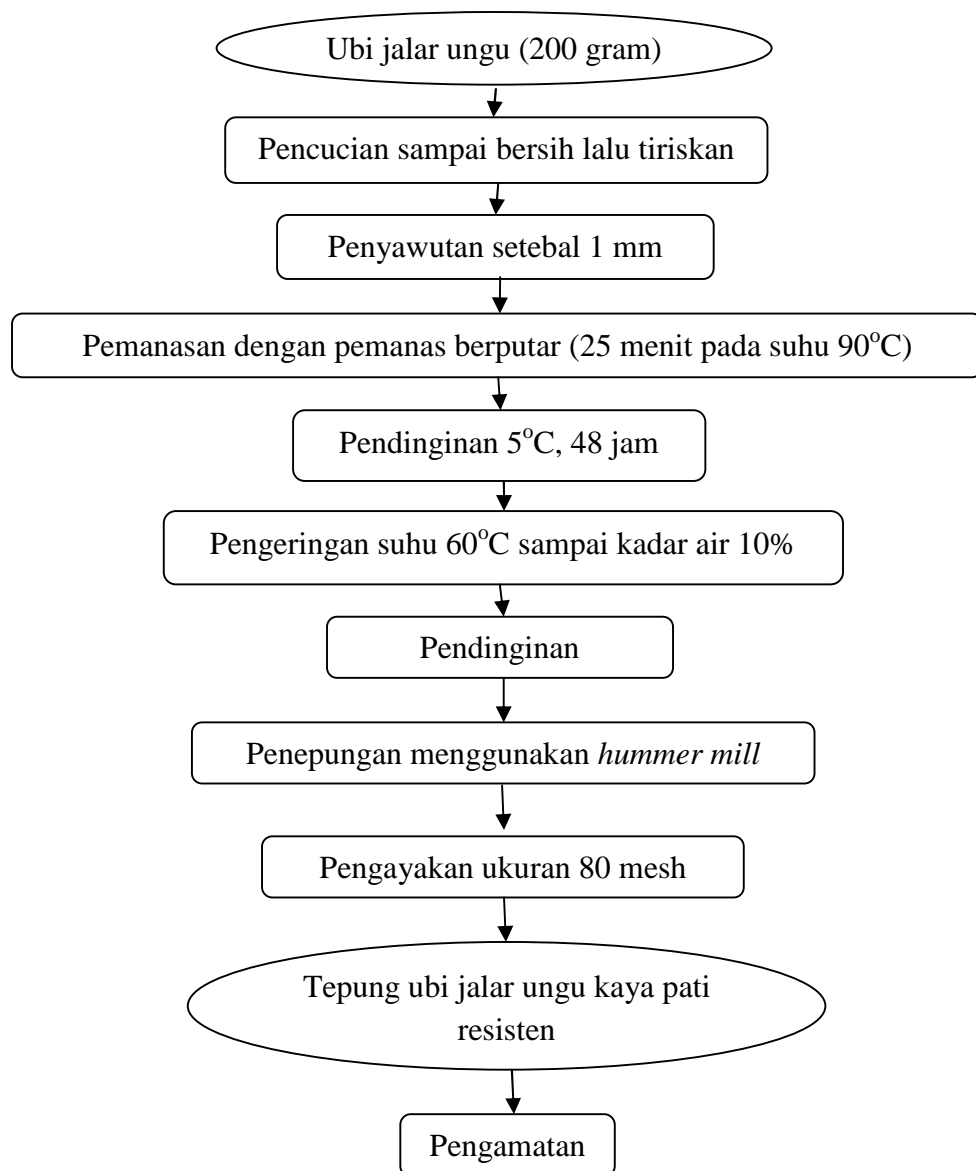
Penelitian terdiri dari empat perlakuan, yaitu pemberian ransum standar pada mencit sehat, pemberian ransum dengan penambahan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten pada mencit sehat, pemberian ransum standar pada mencit diabetes, dan pemberian ransum dengan penambahan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten pada mencit diabetes. Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali sehingga menghasilkan $4 \times 5 = 20$ satuan percobaan. Pengamatan terdiri dari pengukuran kadar gula darah, berat badan mencit, berat feses mencit, dan histologi pankreas mencit percobaan. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik dan dianalisis secara deskriptif.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan tepung ubi jalar ungu termodifikasi

Tepung ubi jalar ungu termodifikasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut: pemilihan ubi jalar ungu, pencucian, penirisan, pengupasan kulit, penyawutan, pemanasan, pendinginan (5°C , 48 jam), pengeringan, penepungan, dan pengayakan. Pemanasan sawutan ubi jalar ungu dilakukan pada suhu 90°C selama 25 menit menggunakan alat pemanas berputar. Selanjutnya sawutan ubi jalar ungu yang telah dipanaskan dikeluarkan dan didinginkan selama 48 jam pada

suhu 5°C, setelah pendinginan dilakukan pengeringan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 60°C sampai mencapai kadar air 10%. Berikutnya setelah dingin dilanjutkan dengan proses penepungan menggunakan *hammer mill* dan diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 80 mesh. Diagram alir disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir proses pembuatan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten

Sumber: Nurdjanah dan Yuliana (2015).

3.4.2. Analisis karakteristik tepung ubi jalar ungu termodifikasi

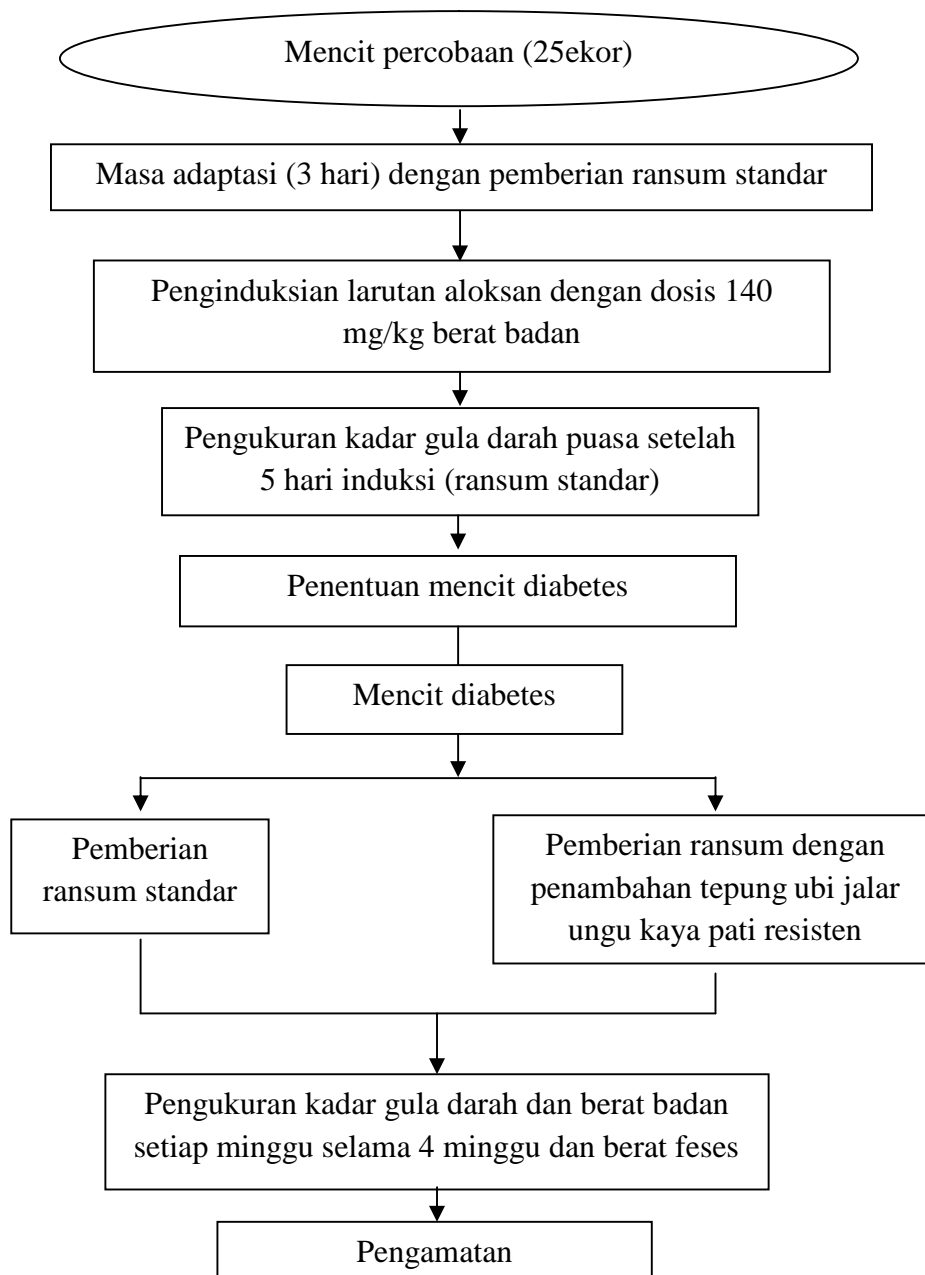
Tepung ubi jalar ungu yang dihasilkan selanjutnya dilakukan uji proksimat meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan kadar karbohidrat serta dilakukan pengukuran kadar antosianin.

3.4.3. Pengujian menggunakan mencit

Pengujian menggunakan mencit diawali dengan mengadaptasi mencit sebanyak 35 ekor. Adaptasi mencit dilakukan selama 3 hari dengan memberikan ransum standar dan minum secara berlebih dengan tujuan agar mencit dapat menyesuaikan diri dengan kondisi kandang. Selanjutnya mencit dibagi menjadi dua kelompok. Sebanyak 25 ekor mencit disiapkan untuk pengujian mencit diabetes dan sebanyak 10 ekor mencit lainnya disiapkan untuk pengujian mencit sehat.

3.4.3.1. Pengujian mencit diabetes

Mencit (25 ekor) yang disiapkan sebagai mencit diabetes disuntik menggunakan aloksan dengan dosis 140 mg/kg bb agar mencit menderita diabetes. Setelah 5 hari pasca penyuntikan dan dengan pemberian ransum standar dan minum secara berlebih dilakukan pengukuran gula darah untuk penentuan mencit diabetes. Mencit diabetes selanjutnya dibagi menjadi 2 perlakuan, yaitu ransum standar dan ransum yang ditambahkan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten. Selama 4 minggu dilakukan pengukuran gula darah dan berat badan. (Diagram alir disajikan pada Gambar 6).

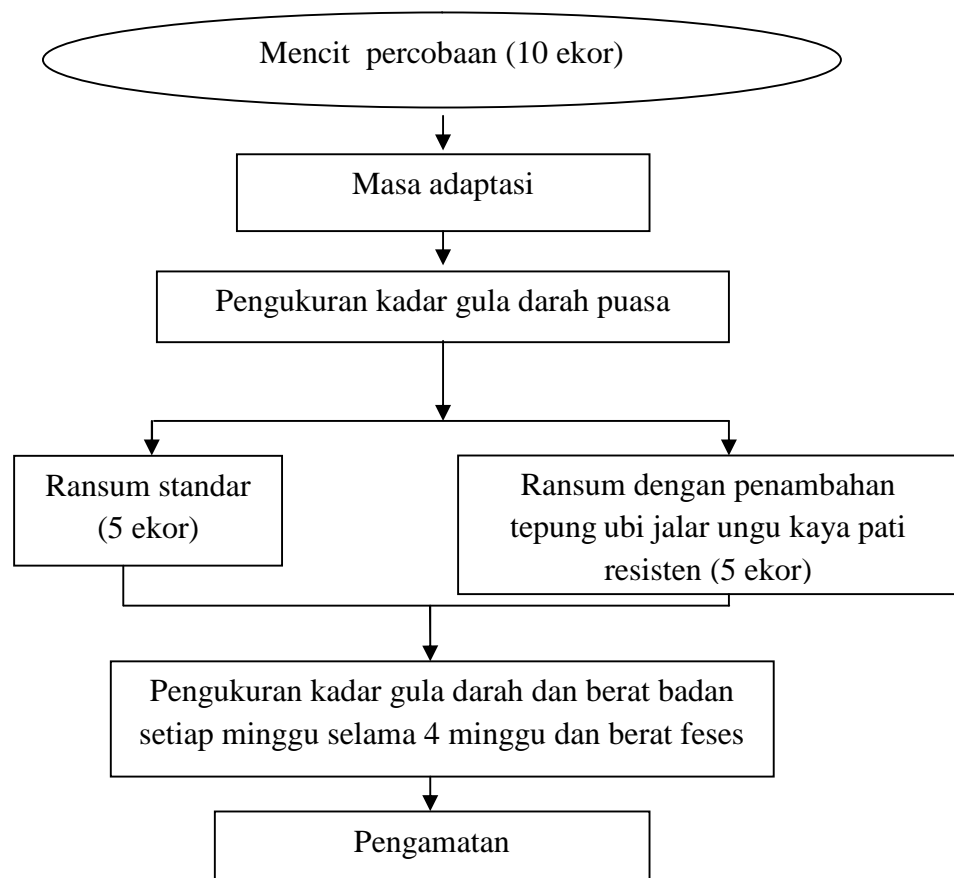


Gambar 6. Diagram alir pengujian mencit diabetes

3.4.3.2. Pengujian mencit sehat

Mencit (10 ekor) yang dipersiapkan menjadi mencit sehat setelah masa adaptasi selama 3 hari kemudian dipuasakan selama 16 jam. Setelah puasa dilakukan

pengukuran kadar gula darah awal mencit sehat. Mencit kemudian dibagi menjadi 2 kelompok perlakuan yaitu, perlakuan ransum standar dan perlakuan ransum yang ditambahkan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten. Selama 4 minggu dilakukan pengukuran gula darah dan berat badan. (Diagram alir disajikan pada Gambar 7).



Gambar 7. Diagram alir pengujian mencit sehat

Pada mencit percobaan yang mengalami diabetes dan mencit sehat yang digunakan diberikan dua jenis ransum yaitu ransum standar dan ransum yang ditambahkan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten. Komposisi ransum yang akan digunakan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi ransum percobaan (kg bahan/kg ransum)

Bahan	Perlakuan	
	Ransum standar	Ransum dengan penambahan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten
Kasein	0,19	0,19
Selulosa	0,05	0,05
PatiJagung	0.485	-
Tepungubijalar	-	0.485
Minyakjagung	0.18	0.18
Sukrosa	0,05	0,05
Mineral Mix	0,035	0,035
Vitamin Mix	0,01	0,01

Sumber: Report of the American Institute of Nutrition ad hoc Committee on Standards for Nutritional Studies (1977) yang telah dimodifikasi

3.5. Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, kadar karbohidrat tepung ubi jalar ungu, kandungan antosianin pada tepung ubi jalar ungu dan pengamatan terhadap kadar gula darah, berat badan, berat feses, dan histologi pankreas mencit.

3.5.1. Kadar air tepung ubi jalar ungu

Penentuan kadar air (AOAC, 2005) didasarkan pada perbedaan berat contoh sebelum dan sesudah dikeringkan. Cawan porselin yang akan digunakan dikeringkan terlebih dahulu selama kira-kira 1 jam pada suhu 105°C, lalu didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang hingga beratnya tetap (A). Tepung ubi jalar ungu ditimbang 2g (B) dalam cawan tersebut, dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 5 jam atau sampai beratnya konstan (dengan selisih berat 0,002 gram). Cawan yang berisi sampel didinginkan di dalam

desikator selama 30 menit lalu ditimbang hingga beratnya tetap (C). Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(A + B) - C}{B} \times 100\%$$

3.5.2. *Kadar abu tepung ubi jalar ungu*

Pengukuran kadar abu (AOAC, 1995) tepung ubi jalar ungu dilakukan dengan perbandingan berat bahan awal dengan berat setelah pembakaran. Cawan porselen dikeringkan di dalam oven selama 15 menit, selanjutnya didinginkan selama 30 menit di dalam desikator. Setelah dingin kemudian cawan ditimbang sampai beratnya konstan (A). Sampel sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen kemudian ditimbang beratnya (B). Cawan yang telah diisi dengan sampel selanjutnya dibakar sampai diperoleh abu. Cawan selanjutnya dikeluarkan dari tanur dan didinginkan menggunakan desikator. Setelah dingin dilakukan penimbangan (C).

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{C - A}{B - A} \times 100\%$$

3.5.3. *Kadar protein tepung ubi jalar ungu*

Pengukuran kadar protein dilakukan dengan metode Mikro Kjeldahl (AOAC, 1995). Kurang lebih 10 gram contoh didestruksi dengan menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) untuk konversi nitrogen menjadi ammonia. Ammonia diuapkan dan diserap dengan larutan asam borat (H₃BO₃). Nitrogen yang terkandung dalam larutan asam borat ditentukan jumlahnya dengan dititrasi menggunakan larutan HCl 0.02 N

$$\%N = \frac{(\text{mL HCl contoh} - \text{mL HCl blanko}) \times N \text{ HCl} \times 14.07 \times 100}{\text{mg contoh}}$$

$$\% \text{ protein} = \% N \times 6.25$$

3.5.4. Kadar lemak tepung ubi jalar ungu

Pengukuran kadar lemak dilakukan dengan metode AOAC, 1995. Labu lemak yang akan digunakan dikeringkan dalam oven, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (A). Sebanyak 5 gram contoh yang berbentuk tepung dibungkus dalam kertas saring dan dimasukkan labu ekstraksi soxhlet. Alat kondensor diletakkan di atasnya dan labu lemak diletakkan dibawahnya. Pelarut heksan dimasukkan dalam labu lemak secukupnya, selanjutnya dilakukan ekstraksi selama minimal 6 jam sampai. pelarut yang turun kembali ke labu lemak berwarna jernih.

Pelarut yang ada dalam labu lemak didestilasi dan pelarut ditampung kembali. Kemudian labu lemak yang berisi lemak hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven suhu 150°C hingga mencapai berat tetap, kemudian didinginkan dalam desikator. Labu bersama lemak didalamnya ditimbang (B) dan berat lemak didalamnya diketahui (B – A).

$$\% \text{ Lemak} = \frac{\text{berat lemak (g)}}{\text{berat contoh (g)}} \times 100\%$$

3.5.5. Kadar karbohidrat

Pengukuran kadar karbohidrat dengan metode *by difference* (AOAC, 1995).

$$\text{Kadar KH (\%bb)} = 100\% - (\% \text{ air} + \% \text{ protein} + \% \text{ lemak} + \% \text{ abu})$$

3.5.6. Kandungan antosianin

Kandungan antosianin diukur dengan menggunakan metode spektrofotometer yang telah dimodifikasi dari metode Francis (1982). Sebanyak 100 gram sampel tepung ubi jalar ungu diekstrak menggunakan etanol 96% sebanyak 500 mL, kemudian diinkubasi (24 jam, 40°C) dalam *shaker water bath*. Sampel selanjutnya disentrifugasi (300 rpm, 10 menit, 4°C), 2ml supernatan diambil dari sampel dan ditambahkan dengan larutan etanol-1,5N HCl (85:15) sampai volume 100 ml. selanjutnya absorbansi larutan dibaca pada panjang gelombang 535 nm,

$$\text{Total antosianin (\%)} = \frac{\text{faktor pengenceran} \times \text{nilai absorbansi}}{98,2} \times 100\%$$

$$\text{nilai } 98,2 = \sum_{1\text{cm}, 535}^{1\%_0}$$

3.5.7. Pengukuran kadar gula darah mencit

Kadar gula darah mencit dilakukan dengan menggunakan alat glukometer (*Accu Check Active*), darah diambil dari pembuluh darah pada bagian ekor mencit. Pengukuran dilakukan setelah mencit dipuaskan selama 16 jam. Pengukuran kadar gula darah mencit diukur setelah masa adaptasi (kadar gula darah puasa), setelah induksi aloksan, dan selanjutnya penghitungan kadar gula darah dilakukan setiap minggu selama 4 minggu. Selanjutnya dilakukan perbandingan kandungan gula darah pada mencit yang mengkonsumsi ransum standar dan ransum tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten.

3.5.8. Pengukuran berat badan dan berat feses mencit percobaan

Berat badan mencit diukur pada awal adaptasi dan selanjutnya berat badan diukur setiap minggu selama 4 minggu pemberian ransum. Pengukuran berat badan dilakukan pada saat yang sama saat pengukuran gula darah mencit.

Berat feses mencit ditimbang selama 3 hari pada akhir minggu ke-2. Mencit terlebih dahulu ditempatkan pada kandang yang masing-masing hanya terdiri dari satu ekor mencit. Mencit diberikan ransum dan air minum dan pengukuran feses dilakukan 24 jam kemudian. Penimbangan dilakukan pada setiap mencit selama 3 hari.

3.5.9. Histologi pankreas

Pengamatan terhadap histologi pankreas dimulai dengan pematian mencit dengan cara dipingsankan terlebih dahulu, selanjutnya dilakukan pembedahan dan pengambilan pankreas. Pankreas difiksasi dengan PFA 4% selama 18-24 jam, setelah itu dilakukan perendaman dalam aquades selama 1 jam dan kembali dilanjutkan dengan dehidrasi alkohol secara bertingkat (70%, 80%, 90%, dan 95%). Pankreas mencit yang telah didehidrasi selanjutnya dimasukkan ke larutan xylol selama 1 jam. Tahap selanjutnya yaitu infiltrasi menggunakan paraffin cair dan kemudian diembedding ke dalam blok.

Jaringan yang terdapat pada blok paraffin dipotong menggunakan mikrotom dengan ketebalan 4-5 mikron. Hasil pengirisan kemudian diletakkan pada *object glass* yang telah direndam menggunakan poly-L-lysin. *Object glass* kemudian diinkubasi selama 24 jam. Setelah inkubasi dilakukan proses deparafinasi

menggunakan xylol selama 5 menit yang dilanjutkan dengan proses rehidrasi secara berturut menggunakan alkohol absolut 95%, 90%, 80%, dan 70% masing-masing selama 5 menit.

Jaringan pada preparat kemudian dicuci menggunakan aquades sebanyak satu kali dan dilanjutkan dengan PBS pH 7,4 selama 15 menit. Proses selanjutnya yaitu proses pewarnaan menggunakan Mayer's Hematoxylin-Eosin pada suhu ruang selama 10 menit. Setelah proses pewarnaan, preparat dicuci menggunakan aquades selama 15 menit. Preparat selanjutnya dikeringkan dan dilakukan mounting dengan menggunakan entellan kemudian ditutup dengan *cover glass*. Preparat yang telah jadi lalu diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran sebanyak 400 x dan dilakukan pengambilan gambaran histologi pankreas. Pengamatan pada pankreas berupa perubahan morfologi maupun degenerasi sel pada pulau langerhans maupun sel-sel aciner pada pankreas. Sel aciner merupakan bagian eksokrin pada pankreas yang memproduksi cairan pankreas yang akan disekresi melalui duktus pankreas ke usus halus, sedangkan pulau langerhans merupakan jaringan yang menyekresikan insulin dan glukagon ke dalam darah (Sloane, 2003).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemberian ransum ubi jalar ungu kaya pati resisten mampu menormalkan kadar gula darah, menurunkan berat badan, dan meningkatkan berat feses baik pada mencit sehat maupun mencit diabetes

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemberian ransum tepung ubi jalar kaya pati resisten dengan menggunakan metode pemberian ransum secara oral dengan perlakuan dosis
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengamatan hati dan ginjal mencit sehat dan mencit diabetes yang diinduksi aloksan untuk mengetahui histologi hati dan ginjal pasca pemberian pakan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten

DAFTAR PUSTAKA

- AACC. 2001. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*. 46 (3) : 112-122.
- Akrom, Harjanti P. D., dan Armansyah, T. 2014. Efek hipoglikemik ekstrak etanol umbi ketela rambat (*Ipomoea Batatas P*) (Eeukr) pada mencit swiss yang diinduksi aloksan. *Pharmaciana*. 4(1): 65 - 76.
- Almatsier, S. 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 333 hlm.
- Ambarsari, I., Sarjana, dan A. Choliq. 2009. Rekomendasi dalam penetapan standar mutu tepung ubi jalar. *Jurnal Standardisasi*. 11 (3): 212 – 219.
- Anderson, J.W., and A.O. Akanji. 1991. Dietary fiber – an overview. *Diabetes Care*. 14: 1126–1131.
- Antarlina, S. S. dan Utomo, J. S., 1997. Proses pembuatan dan penggunaan tepung ubi jalar untuk produk pangan. *Edisi Khusus Balitkabi*. (15) 1999.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. AOAC Int, Washington. P: 97-149.
- AOAC. 2005. *Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Maryland*. AOAC International. William Harwitz (ed), United States of America.
- Arianingrum, A. 2014. Pengaruh Gelatinisasi Sebagian Terhadap Umur Simpan Tepung Ubi Jalar Ungu (Tesis). Universitas Lampung, Lampung. 103 hlm.
- Arrington, L. 1972. *Introductory Laboratory Animal. The Breeding, Care, and Management of Experimental Animal Science*. The Interstate Printers and Publishing Inc, New York.
- Asriyanti, V., P. I. Bangsawan, D. P. Hadi. 2014. Uji Efek Hipoglikemik Ekstrak Etanol Daun Ubi Jalar (*Ipomoea Batatas*) Terhadap Kadar Glukosa Darah Pada Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) Jantan Galur Wistar Yang Diinduksi Aloksan (Tesis). Universitas Tanjungpura.
- Astawan, M. 1999. *Membuat Mie dan Bihun*. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Avianty, S. 2013. Kandungan Zat Gizi dan Tingkat Kesukaan Snack Bar Ubi Jalar Kedelai Hitam sebagai Alternatif Makanan Selingan Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 (Skripsi). Universitas Diponegoro, Semarang. 46 hlm.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2014. Pedoman Uji Toksisitas Nonklinik Secara In Vivo. Diakses pada 15 desember 2015 pukul 20.10 WIB.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Statistik Indonesia 2013. BPS: Jakarta.
- Bahado-Singh, P.S., C.K. Rilley, A.O. Wheatley, and H.I.C. Lowe. 2011. Relationship between processing method and the glycemic indices of ten sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) cultivates commonly consumed in Jamaica. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2011: 1-6.
- Baraas, F. 2003. *Mencegah Serangan Jantung dan Kolesterol*. Kardia Iqramatama, Jakarta. 167 hlm.
- Beynum, G. M. A. and J. A. Roels. 1985. *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekker Inc, New York. 417 hlm.
- Brand, J. C., P.L. Nicholson, A. W. Thorburn and A. S. Truswell. 1985. Food processing and the glycemic index. *The American Journal of Critical Nutrition*. 42: 1192-1196.
- Brand-Miller, J.C., Foster-Powell K., Holt S. H. A. 2002. International table of glycemic index and glycemic load values. *The American Journal of Critical Nutrition*. 76 : 5-56
- Cavallerano, J. 2009. *Optomeri Clinical Practice Guidline: Care of the Patient with Diabetes Mellitus*. St.louis, Lindbergh blvd. Hal. 3-4
- Chung, H.J., H.S. Lim, and S.T. Lim. 2006. Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch. *Journal of Cereal Science*. 43: 353-359
- Collado, L.S., L.B. Mabesa, C.G. Oates and H. Corke. 2001. Bihon-type of noodles from heat moisture treated sweet potato starch. *Journal Food Science*. 66(4): 604-609.
- Damardjati, D.S., S. Widowati dan Suismono. 1993. *Pembinaan Sistem Agroindustri Tepung Kasava Pola Usaha Tani Plasma di Kabupaten Ponorogo*. Laporan Penelitian Kerjasama Balittan Sukamandi dengan PT. Petro Aneka Usaha. Sukamandi.
- Damardjati, D. S., dan S. Widowati. 1994. Pemanfaatan Ubijalar dalam Program Diversifikasi Guna Mensukseskan Swasembada Pangan. Edisi Khusus Balittan Malang No.3 : 1 – 25.

- Depkes RI. 2013. Diabetes Melitus Penyebab Kematian Nomor 6 Di Dunia: Kemenkes Tawarkan Solusi Cerdik Melalui Posbind. Diakses pada Rabu, 25 Februari 2015 dari www.depkes.go.id.
- Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan. 2002. Budidaya Aneka Kacang dan Umbi. <http://www.tanamanpangan.deptan.go.id/akabi>. Diakses pada tanggal 13 Maret 2015.
- Djami, S.A. 2007. Prospek Pemasaran Tepung Ubi Jalar Ditinjau dari Potensi Permintaan Industri Kecil di Wilayah Bogor (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor. 83 hlm.
- Djuanda, V. 2003. Optimasi Formulasi Cookies Ubi Jalar (*Ipomea batatas*) Berdasarkan Kajian Preferensi Konsumen (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor. Hal 19 – 39.
- Ebook pangan. 2006. Serat Makanan dan Kesehatan. 18 hlm.
- Englyst HN, S. M. Kingman, J. H. Cummings. 1992. Klasifikasi dan pengukuran fraksi pati. *Journal Clinical Nutrition*. 46: 533-550.
- Fennema, O.R. 1976. *Food Chemistry (Third edition)*. Marcel Dekker. Inc, New York. 1067 hlm.
- Fennema, O.R. 1985. *Food Chemistry*. Marcel Dekker Inc, NewYork.
- Ferlina, S. 2009. Khasiat Ubi Jalar Ungu. <http://khasiatku.com/ubi-jalar-ungu/>. Diakses pada tanggal 13 Maret 2015.
- Fuentes-Zaragoza E, Riquelme-Navarrete MJ, Sánchez-Zapata E, Pérez-Alvarez JA. 2010. Resistant starch as functional ingredient. *Food Research International*. 43: 931–942.
- Ganiswarna. 1995. *Farmakologi dan Terapi*. Penerbit EGC Kedokteran, Jakarta. 863 hlm.
- Ganong. 2002. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. EGC, Jakarta. Hal. 255-256, 259, 261.
- Gardner, D., G. Shoback and Dolores. 2007. *Greenspan Basic and Clinical Endocrinology (8th ed)*. McGraw Hill Medical, New York. Hal. 193-201.
- Ginting, E., J.S. Utomo., R. Yulifiani., dan M. Jusuf. 2011. Potensi ubi jalar ungu sebagai pangan fungsional. *Iptek Tanaman Pangan*. 6 (1): 116-133.
- Guevarra, M.T.B. and L.N. Panlasigui. 2000. Blood glucose responses of diabetes mellitus type II patients to some local fruits. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 9: 202-208.
- Hardjasasmita, Pantjita. 2006. *Ikhtisar Biokimia Dasar B*. Jakarta : Balai Penerbit FKUI.

- Harland, B.F. and D. Oberleas. 2001. *Effects of Dietary Fiber and Phytate on the Homeostasis and Bioavailability of Minerals*. CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. CRC Press, Boca Raton.
- Harnowo, D., S.S. Antarlina, dan H. Mahagyosuko. 1994. Pengolahan Ubi Jalar Guna Mendukung Diversifikasi Pangan dan Agroindustri. Hlm 145 – 157.
- Haynes, L., N. Gimmler, J.P. Locke, M.R. Kweon, L. Slade, and H. Levine. 2000. Process for making enzyme-resistant starch for reduced-calorie flour replacer. Nabisco Technology Co, Wilmington, Del.
- Hernanto, J. 2014. Sifat Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi Secara Fisik pada Berbagai Lama Pemanasan (Skripsi). Universitas Lampung, Lampung. 76 hlm.
- He, F., L. Mu, G.L. Yan, N.N. Liang, Q.H. Pan, J. Wang, M. J. Reeves, and C.Q. Duan. 2010. Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. *Journal Molecules* 15 : 9057-9091.
- Inglett, G.E and I. Fakehag. 1979. *Dietary Fiber: Chemistry and Nutrition*. Academic Press, New York. 736 hlm.
- Irfansyah. 2001. Karakterisasi Fisiko-Kimia dan Fungsional Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) serta Pemanfaatannya untuk Pembuatan Kerupuk (Tesis). Program Pascasarjana. IPB, Bogor. 56 hlm.
- Isbagio, D. W. 1992. Euthanasia pada hewan percobaan. *Media Litbangkes*. 11 (1) : 18-24.
- Jane, J. L. 2004. *Starch: Structure and Properties*. CRC Press, England.
- Jawi, I.M., Suprpta, D.N., Subawa, A.A.N. 2008. Ubi jalar ungu menurunkan kadar MDA dalam darah dan hati mencit setelah aktivitas fisik maksimal. *Jurnal Veteriner*. 9(2): 65-72.
- Jiao, Y., Y. Jiang, W. Zhai and Yang. 2012. Studies on antioxidant capacity of anthocyanin extract from purple sweet potato (*Ipomea Batatas* L.). *African Journal of Biotechnology*. 11 (27): 7046-7054.
- Jones, J.M. 2002. *Contradiction and Challenges : A Look at Glycemic Index*. Wheat Foods Council, Colorado. 1 – 12.
- Juanda, D.J. dan B. Cahyono. 2009. *Ubi Jalar: Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta. 82 hlm.
- Jusuf, M., Rahayuningsih, St. A. dan Ginting, E. 2008. Ubi jalar ungu. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 30: 13-14.
- Kadarisman, D., dan A. Sulaeman. 1993. Teknologi Pengolahan Ubi Kayu dan Ubi Jalar. PAU Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.

- Kano, M., T. Takayanagi, K. Harada, K. Makino, and F. Ishikawa. 2005. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomea Batatas* cultivar Ayamurasaki. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 69(5): 979 – 988.
- Kearsley, M.W., and N.A. Dziedzic. 1995. *Handbook of Starch Hydrolysis Product and Their Derivatives*. Blackie Academic and Professional, Glosgow. Hal 1 -25.
- Kusnandar, F. 2011. *Kimia Pangan Komponen Makro*. PT. Dian Rakyat, Jakarta. 264 hlm.
- Leu, R. K. L, I. L. Brown, Y. Hu, dan G. P. Young. 2003. Effect of resistant starch on genotoxin-induced apoptosis, colonic epithelium, dan luminal contents in rats. *Carcinogenesis*. 24 (8):1347-1352.
- Lingga, P., B. Sarwono, I. Rahardi, P.C. Rahardjo, J.J. Afriastini, R. Wudianto, dan W.H. Apriadji. 1986. *Bertanam Umbi-umbian*. PT Penebar Swadaya, Jakarta.
- Lorenz K. and K. Kulp. 1982. Cereal and root starch modification by heat moisture treatment. I. Physico chemical properties. *Starch/ Starke*. 34:50-54.
- Ludwig, D. S. 2000. Dietary glycemic index and obesity. *Journal of Nutrition*. 130 : 280-283
- Mahan, K.L., and Stump, S.E., 2003. *Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy*. 11th ed. W.B.Saunders, USA. 38-42 and 456-465.
- Maharani, P. 2007. Histopatologi Organ Hati pada Tikus Penderita Diabetes Melitus Eksperimental. Skripsi. IPB. Bogor. 57 hlm..
- Malole, M. B. dan C. S. U. Pramono. 1989. *Penggunaan Hewan Percobaan di Laboratorium. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Margareth, J. 2006. Evaluasi Mutu Gizi dan Indeks Glikemik Produk Olahan Goreng Berbahan Dasar Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea Batatas L.*) Klon Bb00105.10 (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor. 93 hlm.
- Marsono, Y. 1998 Perubahan kadar resisten starch (RS) dan komposisi pangan beberapa bahan pangan kaya karbohidrat dalam pengolahan. *Agritech* 19: 124-127.
- Maulana, M. 2008. *Mengenal Diabetes Melitus*. Kata hati, Yogyakarta.
- Mendosa. 2008. The Glycemic Index. www.mendosa.com/gi.htm. diakses pada 20 April 2015 pukul 14.24 WIB.

- Misnadiarly. 2006. *Diabetes Melitus Gangren, Ulcer, Infeksi, Mengenali gejala, Menanggulangi, dan Mencegah Komplikasi*. Pustaka Obor Populer, Jakarta. 137 hlm.
- Moorthy, S.N. 2000. *Tropical Sources of Starch. Di dalam: A.C. Eliasson (ed). Starch In Foods. Structure, Function and Applications*. CRC Press LLC, USA
- Moriwaki, K. 1994. *Genetic in Wild Mice. Its Application to Biomedical Research*. Karger. Tokyo. Hlm 36 – 37.
- Muchtadi D, N. S. Palupi dan M. Astawan. 1993. *Metabolisme Zat Gizi I: Sumber, Fungsi, dan Kebutuhan Bagi Tubuh Manusia*. Sinar Harapan, Jakarta.
- Mutschler, E., 1991. *Dinamika Obat: Farmakologi Dan Toksikologi*. Penerbit ITN, Bandung. Hal: 339-351.
- Ningrum, E.N. 1999. Kajian Teknologi Pembuatan Tepung Ubi Jalar Instan Kaya Pro-Vitamin A. Skripsi. Jurusan teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Ningrum, D.R. 2012. Indeks glikemik dan beban glikemik sponge cake sukun sebagai jajanan berbasis karbohidrat pada subjek bukan penyandang diabetes mellitus. *Prosiding Seminar Nasional, Food Habit and Degenerative Diseases*. 1- 11.
- Ningsih, N. Y. 2015. Pengaruh Lama Pendinginan Terhadap Kandungan Pati Resisten Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung. 55 hlm.
- Nurdjanah, S., dan N. Yuliana. 2013. Produksi Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi Secara Fisik Menggunakan Single Drum Dryer Untuk Produk Rototian. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I. Dikti. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Oki, S., M. Masuda, S. Furuta, Y. Nishiba, N. Terahara, and I. Suda. 2002. Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radicalscavenging activity of purple- fleshed sweet potato cultivars. *Journal Food Science*. 67 (5):1752-1756.
- Okoniewska dan Witwer. 2007. Natural resistant starch: An overview of health properties as useful replacement for flour, resistant starch may also as boost insulin sensitivity and satiety. *Nutritional Outlook*.
- PERKENI. 2002. Konsensus Pengelolaan Diabetes Mellitus Tipe 2 di Indonesia. Naskah Lengkap Pendidikan Kedokteran Berkelanjutan XVIII Ilmu Penyakit Dalam. Surabaya.

- Post, R.E.,G. Arch G., D. E. King.and K.N. Simpson. 2012. Dietary fiber for the treatment of type 2 diabetes mellitus: A meta-analysis. *Journal of the American Board of Family Medicine*. 25 (1):16-23
- Prosky, L and J.W. De Vries. 1992. *Controlling Dietary Fiber in Food Product*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Purwani, E.Y., Widianingrum, R. Thahrir dan Muslich. 2006. Effect of moisture treatment of sago starch on its noodle quality. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 7(1): 8-14.
- Qurratuaeni. 2009. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Terkendalinya Kadar Gula Darah pada Pasien Diabetes Melitus di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Fatmawati Jakarta. (Skripsi). UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Rashmi, S. and A. Yrooj. 2003. Effect of processing on nutritionally important starch fraction in rice varieties. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 54: 27-36.
- Richana, N., Ratnaningsih., A.B. Arif, and M. Hayuningtyas. 2012. Characterization of Eight Maize Varieties with a Low Glycemic Index to Support Food Security. International Maize Conference in Gorontalo: 178 – 183.
- Ridwan, E. 2013. Etika pemanfaatan hewan percobaan dalam penelitian kesehatan. *Jurnal Indonesian Medical Association*. 63(3): 112-116.
- Rimbawan dan Siagian. 2004. *Indeks Glikemik Pangan, Cara Mudah Memilih Pangan yang Menyehatkan*. Jakarta: Swadaya. 124 hlm.
- Robertson M.D, Bickerton A.S, Dennis A.L, Vidal H, Frayn K.N. 2005. Insulin-sensitizing effects of dietary resistant starch and effects on skeletal muscle and adipose tissue metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 82(3):559-67.
- Sajilata M.G., S. S. Rekha and R. K. Kushpa. 2006. Resistent starch- a review. *Comprehensive Reviews in Food Sciene and Food Safety*. (5) : 1 -17.
- Sasaki R., Nishimura N., Hoshino H., Isa Y., Kadowaki M., Ichi T et al., 2007, Cyanidin 3-glucoside ameliorates hyperglycemia and insulin sensitivity due to downregulation of retinol binding protein 4 expression in diabetic mice. *Journal Article (Waterllo library)*. 74(11): 1619–1627.
- Schneeman, B.O. 1986. Dietary fiber: Physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. *Food Technology*. 104-110.
- Shan, Q., J. Lu, Y. Zheng, J. Li, Z. Z, B. Hu, Z. Zhang, S. Fan, Z. Mao, Y. J. Wang, and D. Ma. 2009. Purple sweet potato color ameliorates cognition deficits and attenuates oxidative damage and inflammation in aging mouse brain induced by d-galactose. *Journal Biomed Biotechnol*.

- Siagian, R.A. 2004. *Faktor Faktor yang Mempengaruhi Indeks Glikemik Pangan, Indeks Glikemik dan Beban Glikemik Beberapa Jenis Pangan Indeks Glikemik Pangan: Cara Mudah Memilih Pangan yang Menyehatkan*. Penebar Swadaya, Jakarta. hal 33-40, 105-12.
- Silalahi J. 2006. Antioksidan dalam diet dan karsinogenesis. *Cermin Dunia Kedokteran*. 153: 42-47.
- Simanjuntak, F.L.M.T. 2001. Pemanfaatan Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) sebagai Bahan Dasar pembuatan Mie Kering (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Sidartawan, S., S. Pradana, dan S. Imam. 2004. *Penatalaksanaan Diabetes Melitus Terpadu*. FKUI, Jakarta. Hal 17-27.
- Sloane, Ethel. 2003. *Anatomi dan Fisiologi untuk Pemula*. EGC, Jakarta. Hal 213-214.
- Smith, J. W. dan S. Mangkoewidjojo. 1988. *Pemeliharaan, Pembiakan dan Penggunaan Hewan Percobaan di Daerah Tropis*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Suda, I., T. Oki, M. Masuda, M. Kobayashi, Y. Nishiba, and S. Furuta. 2003. Physiological functionally of purple –fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 37(3): 167-173.
- Sudarmadji, S., Bambang Haryono dan Suhardi. 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.
- Suharmiati. 2003. Pengujian Bioaktivitas Antidiabetes Mellitus Tumbuhan Obat, *Cermin Dunia Kedokteran*. Hal 140.
- Sunaryo, H., Siska, Dwitiyanti, A. R. Rizky. 2014. Kombinasi ekstrak etanol rimpang zingiber officinale roscoe dengan zn sebagai hipolipidemia pada mencit diabetik diet tinggi kolesterol. *Media Farmasi* 11(1): 62-72.
- Suryati, L. 2014. Pengaruh Lama Pemanasan dalam Pemanas Berputar Terhadap Penampakan Granula Pati, Kandungan Antosianin, Kapasitas Antioksidan dan Tingkat Hidrolisis Enzimatis Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi (Tesis). Universitas Lampung, Lampung. 72 hlm.
- Swinkels, J.J.M. 1985. *Source of Starch, its Chemistry and Physics*. Marcel Dekker inc, New York. Hlm 15 – 45.
- Szkudelski, T. 2008. The mechanism of alloxan and streptozotocin action in B cells of the rat pancreas. *Journal Physiological Research*. 50: 536-546..
- Tovar, J., E. Herrera, A. Laurentin, C. Melito, and Pe'rez. 1999. In Vitro Digestibility of Modified Starches. In : Pandalai, S.G. (Ed.). Recent research advances in agricultural and food chemistry. *Research Signpost Trivandrum*. 3 : 1-10.

- World Health Organization (WHO). 2003. *Diet, Nutrition, and The Prevention of Chronic Disease*. WHO Technical Repor, Geneva.
- Widiawan, I.M.E, Nocianitri, K.A, Putra, N.K. 2013. Karakteristik Sifat Fisiko-Kimia Pati Talas Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) Termodifikasi Dengan Metode Asetilasi. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, Bali.
- Widjanarko. 2008. Efek Pengolahan Terhadap Komposisi dan Fisik Ubi Jalar Ungu dan Kuning. <http://www.simonbwijanarko.wordpress.com/2008/06/19/efek-pengolahan-terhadap-komposisi-kimia-fisik-ubi-jalar-ungu-dan-kuning/>. Diakses pada tanggal 12 Maret 2015.
- Widodo, Y. 1989. Prospek dan strategi pengembangan ubi jalar sebagai sumber devisa. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 8 (4): 83-88.
- Widowati, S., B.A.S. Santosa, M. Astawan, dan Akhyar. 2009. Penurunan indeks glikemik berbagai varietas beras melalui proses pratanak. *Jurnal Pascapanen Pertanian*. 6(1): 1-9.
- Willet, W., J. Manson, and S. Liu. 2002. Glycemic index, glycemic load and risk of type 2 diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 76(1): 274-280.
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 253 hlm.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Woolfe, J. A. 1999. *Sweet Potato an Untapped Food Resource*. Chapman and Hall, New York. Hlm 1 – 39.
- Wurzburg, O. B. 1989. *Modified Starches : Properties and Uses*. CR Press, Inc., Boca Raton Florida.hlm 87 – 88.
- Yamakawa. 1998. *Radical Scavenging Activities of Sweet Potato Cultivar with Purple Flesh*. Food Science Technology, Tokyo.
- Yassin, N.A.Z., ElRokh, E.M., El-Shenawy, S.M.A., Ehasn, N.A., Sayed, W.H., Hassanein, H.M.D.E., Ibrahim, B.M.M.. 2010. Study of the hepatoprotective effect of ginger aqueous infusion in rats. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2(4): 476-488
- Zabar S., Shimoni E., Peled HB. 2008. Development of nanostructure in resistant starch type III during thermal treatment and cycling. *Journal Macromol Biosci* 8 : 163-170.
- Zhao, J., Q. Yan, L. Lu, Y. Zhang. 2013. In vivo antioksidant, hypoglycemic, and anti tumor activities of anthocyanin extracts from purple sweet potato. *Nutrition Research and Practice*. 7(5): 359-365.