

**AKTIVITAS BERAS SIGER DARI UBI KAYU TERHADAP KADAR
GLUKOSA DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN**

(Skripsi)

Oleh

ROKY MADONA



**UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

ACTIVITY OF SIGER RICE FROM CASSAVA AGAINST BLOOD GLUCOSE LEVEL OF MICE INDUCED ALLOXAN

By

ROKY MADONA

Siger rice is a term to mention the product which resemble grains of rice that is processed by cassava. Siger rice is good to consumed by diabetic's sufferer, because it has low glycemic index and dietary fiber which good for the body. This research aim to know the effect of giving the rice siger in blood glucose rate of mice induced by alloxan. This research was compiled using a completely randomized design (CRD) with 3 repetitions. This research used 27 mices which were divided into 9 groups. Each group consisted three mice. Each group was fed with a different composition of siger rice. Then, the mice were maintained up to 28 days and given *ad libitum* for drink. The result of research were analyzed using analysis of variance (anova) to obtain prediction error variance, and significant test to find out if any differences exist between treatments. Then, the result from analysis of variance (anova) were analyzed using of variance Tuckey test followed by further test with LSD (*least significant different*) at 5% level. The research results showed that giving rice siger influent of decreasing mice's blood glucose rate. The best treatment is the siger rice III siger rice: corn starch

(30:35) which giving blood glucose level became normal 114,67 mg/dL on 14th day.

Key words: alloxan, blood glucose, cassava, mice, siger rice.

ABSTRAK

AKTIVITAS BERAS SIGER DARI UBI KAYU TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN

Oleh

ROKY MADONA

Beras siger adalah istilah untuk menyebutkan produk yang menyerupai butiran beras yang diolah dari ubi kayu. Beras siger baik dikonsumsi bagi penderita diabetes, karena memiliki indeks glikemik rendah dan serat pangan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian beras siger terhadap kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan. Penelitian ini disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 3 kali ulangan. Penelitian dilakukan menggunakan 27 ekor mencit yang dibagi menjadi 9 kelompok. Masing-masing kelompok terdiri dari 3 ekor. Setiap kelompok diberi ransum dengan komposisi beras siger yang berbeda. Selanjutnya mencit dipelihara hingga 28 hari dan diberi makan minum *ad libitum*. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar perlakuan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian beras siger berpengaruh terhadap penurunan kadar glukosa darah mencit. Perlakuan

terbaik yaitu beras siger dengan komposisi beras siger: pati jagung (30:35)
memberikan kadar glukosa darah normal kembali pada hari ke-14 sebesar 114,67
mg/dL.

Kata kunci: aloksan, beras siger, glukosa darah, mencit, ubi kayu.

**AKTIVITAS BERAS SIGER DARI UBI KAYU TERHADAP KADAR
GLUKOSA DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN**

Oleh

ROKY MADONA

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 : FAKTOR-FAKTOR PENDORONG DAN PENGHAMBAT
KESUKSESAN KOPERASI MAHASISWA UNIVERSITAS
LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : Safitri
NPM : 1216051096
Jurusan : Ilmu Administrasi Bisnis
Fakultas : Ilmu Sosial dan Ilmu Politik

MENYETUJUI

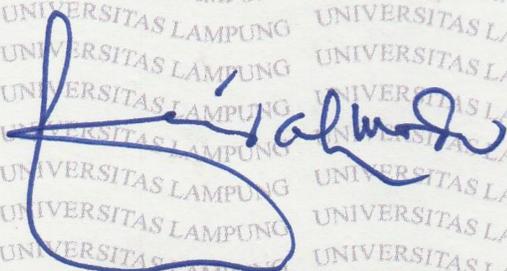
1. Pembimbing



Drs. Dian Komarsyah D, M. S

NIP. 19571128 198603 1003

2. Ketua Jurusan Ilmu Administrasi Bisnis



Ahmad Rifa'i, S.Sos., M.Si

NIP. 19750204 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Drs. Dian Komarsyah D, M. S

Penguji Utama

: Hartono, S.Sos, M.A

2. Dekan Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik



Drs. Hi. Agus Hadiawan, M.Si.

NIP. 19580109 198603 1 002



Tanggal ulus Ujian Skripsi : 20 April 2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, Skripsi / Laporan akhir ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana / Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah di tulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini,serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan Tinggi.

Bandar Lampung, 13 April 2016

Yang membuat pernyataan,



Safitri

NPM. 1216051096

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 1 April 1990, sebagai putra ketujuh dari pasangan Bapak Sabar Santoso dan Ibu Partiah. Penulis memulai pendidikan di TK Citra Melati Bandar Lampung pada tahun 1995–1996, SD Negeri 3 Gedong Air pada tahun 1996–2002, SMP Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2002–2005, SMA Negeri 7 Bandar Lampung pada tahun 2005–2008. Pada tahun 2010 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama di perguruan tinggi, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Tanjung Menang Raya Kecamatan Mesuji Timur, Kabupaten Mesuji pada bulan Januari 2014 dan Praktik Umum pada bulan Juni 2013 di PT. Indo American Seafood dengan judul ” Mempelajari Proses Pengolahan Udang Roti (*Breaded Shrimp*) Eiger Syokukai Di PT. Indo American Seafood Tanjung Bintang Lampung”.

Penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan diantaranya menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian kepengurusan sebagai Sekretaris Bidang III Pengabdian Masyarakat pada periode 2012–2013.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunianya-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aktivitas Beras Siger dari Ubi Kayu terhadap Kadar Glukosa Darah Mencit yang Diinduksi Aloksan”. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas segala bantuan yang diberikan selama penulis menimba ilmu di Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc., selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak memberikan pengarahan, bimbingan dan masukan dalam proses penyelesaian skripsi penulis.
4. Bapak Wisnu Satyajaya, S.T.P., M.M., M.Si., selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing Kedua yang telah banyak memberikan pengarahan, bimbingan dan masukan dalam proses penyelesaian skripsi penulis.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Penguji yang telah memberikan saran, dan evaluasi terhadap karya skripsi penulis.

6. Keluarga terkasih, Papa, Mama, Kakak dan Aisyah atas dukungan moril, motivasi, serta kasih sayang yang selalu menyertai penulis dalam doa dan pendampingan.
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staff administrasi dan laboratorium serta seluruh karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
8. Teman angkatan 2010 dan keluarga besar THP FP Unila atas pembelajaran, kekeluargaan, suka dan duka yang menghiasi kehidupan penulis selama di kampus.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan mereka, dan penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 16 Juni 2016

Penulis

Roky Madona

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Ubi Kayu (<i>Manihot esculenta</i>)	8
2.2 Beras Siger	13
2.3 Aloksan	15
2.4 Diabetes	18
III. BAHAN DAN METODE	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Metode Penelitian	24
3.4 Pelaksanaan Penelitian	24
3.4.1 Persiapan Bahan Baku	24
3.4.2 Pembuatan Beras Siger	25
3.4.3 Uji Pendahuluan Dosis Aloksan	26
3.4.4 Uji Pemberian Beras Siger terhadap Kadar Gula Darah	27
3.5 Pengamatan.....	30
3.5.1 Kadar Glukosa Darah	30
3.5.2 Histopalogi Pankreas Mencit.....	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Karakteristik Beras Siger.....	35
4.2 Uji Pendahuluan Dosis Aloksan.....	36

4.3	Pengukuran Kadar Glukosa Darah	37
4.4	Berat Badan Mencit	43
4.5	Uji Histopalogi Pankreas	45
V.	SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1	Simpulan.....	50
5.2	Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur kimia aloksan	15
2. Proses pembuatan tepung ubi kayu	25
3. Proses pembuatan beras siger.....	26
4. Alur pelaksanaan penelitian pemberian beras siger pada mencit.....	30
5. Perubahan kadar glukosa darah pada berbagai perlakuan pemberian beras siger	39
6. Berat badan mencit pada berbagai perlakuan pemberian beras siger	44
7. Histopalogi pankreas mencit pada sel α -langerhans	47
8. Persiapan bahan baku beras siger.....	98
9. Pencampuran bahan	98
10. Percetakan atau penggilingan.....	99
11. Beras siger	99
12. Persiapan bahan ransum mencit	100
13. Penimbangan bahan untuk pakan mencit.....	100
14. Pencampuran bahan untuk pakan mencit.....	101
15. Persiapan ransum pakan mencit.....	101
16. Pengelompokkan mencit	102
17. Induksi aloksan pada mencit	102
18. Pemberian pakan pada mencit.....	103

19. Pengukuran kadar glukosa darah mencit	103
20. Pengambilan pankreas mencit.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia ubi kayu dalam 100 g bahan	9
2. Komposisi kimia ubi kayu dalam 100 g bahan	12
3. Susunan zat padat ubi kayu dan gaplek dalam 100 g bahan	12
4. Pembagian kelompok hewan uji pendahuluan aloksan.....	26
5. Pembagian kelompok dan perlakuan dosis beras siger	28
6. Berbagai komposisi beras siger sebagai pakan mencit	28
7. Pembuatan preparat.....	32
8. Waktu embending	34
9. Uji pendahuluan dosis aloksan.....	36
10. Rata-rata kadar glukosa darah mencit pada berbagai waktu pengamatan.....	38
11. Komposisi ransum mencit perhari	57
12. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) ransum mencit.....	58
13. Analisis ragam ransum mencit.....	58
14. Uji BNT ransum mencit	59
15. Berat badan mencit hari ke-1	59
16. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-1	60
17. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-1	60
18. Uji BNT berat badan mencit hari ke-1	61

19. Berat badan mencit hari ke-3	61
20. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-3	62
21. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-3.....	62
22. Uji BNT berat badan mencit hari ke-3.....	63
23. Berat badan mencit hari ke-5	63
24. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-5	64
25. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-5.....	64
26. Uji BNT berat badan mencit hari ke-5.....	65
27. Berat badan mencit hari ke-7	65
28. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-7	66
29. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-7.....	66
30. Uji BNT berat badan mencit hari ke-7.....	67
31. Berat badan mencit hari ke-9	67
32. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-9	68
33. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-9.....	68
34. Uji BNT berat badan mencit hari ke-9.....	69
35. Berat badan mencit hari ke-11	69
36. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-11	70
37. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-11.....	70
38. Uji BNT berat badan mencit hari ke-11.....	71
39. Berat badan mencit hari ke-13	71

40. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-13	72
41. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-13.....	72
42. Uji BNT berat badan mencit hari ke-13.....	73
43. Berat badan mencit hari ke-15	73
44. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-15	74
45. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-15.....	74
46. Uji BNT berat badan mencit hari ke-15.....	75
47. Berat badan mencit hari ke-17	75
48. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-17	76
49. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-17.....	76
50. Uji BNT berat badan mencit hari ke-17.....	77
51. Berat badan mencit hari ke-19	77
52. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-19	78
53. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-19.....	78
54. Uji BNT berat badan mencit hari ke-19.....	79
55. Berat badan mencit hari ke-21	79
56. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-21	80
57. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-21.....	80
58. Uji BNT berat badan mencit hari ke-21.....	81
59. Berat badan mencit hari ke-23	81
60. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-23	82

61. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-23	82
62. Uji BNT berat badan mencit hari ke-23	83
63. Berat badan mencit hari ke-25	83
64. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-25	84
65. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-25	84
66. Uji BNT berat badan mencit hari ke-25	85
67. Berat badan mencit hari ke-27	85
68. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) berat badan mencit hari ke-27	86
69. Analisis ragam berat badan mencit hari ke-27	86
70. Uji BNT berat badan mencit hari ke-27	87
71. Kadar glukosa darah hari ke-1	87
72. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) kadar glukosa darah hari ke-1	88
73. Analisis ragam kadar glukosa darah hari ke-1	88
74. Uji BNT kadar glukosa darah hari ke-1	89
75. Kadar glukosa darah hari ke-7	89
76. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) kadar glukosa darah hari ke-7	90
77. Analisis ragam kadar glukosa darah hari ke-7	91
78. Uji BNT kadar glukosa darah hari ke-7	91
79. Kadar glukosa darah hari ke-14	92
80. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) kadar glukosa darah hari ke-14	92
81. Analisis ragam kadar glukosa darah hari ke-14	93
82. Uji BNT kadar glukosa darah hari ke-14	93

83. Kadar glukosa darah hari ke-21	94
84. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) kadar glukosa darah hari ke-21	94
85. Analisis ragam kadar glukosa darah hari ke-21	95
86. Uji BNT kadar glukosa darah hari ke-21	95
87. Kadar glukosa darah hari ke-28	96
88. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett's test) kadar glukosa darah hari ke-28	96
89. Analisis ragam kadar glukosa darah hari ke-28	97
90. Uji BNT kadar glukosa darah hari ke-28	97

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Tingkat ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap konsumsi beras untuk makanan pokok telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan. Beras telah menjadi pemasok utama karbohidrat bagi mayoritas masyarakat Indonesia. Ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap beras telah menjadi sebuah masalah pangan yang berkelanjutan. Persepsi masyarakat bahwa jika belum mengkonsumsi beras (nasi) maka dikatakan belum makan meskipun perut telah diisi dengan makanan. Persepsi yang telah mendarah daging ini menjadi suatu konsep pemikiran yang menyimpang. Hal inilah yang menyebabkan tingginya tingkat konsumsi beras perkapita penduduk Indonesia tiap tahunnya (Samad, 2003).

Pemerintah bersama para ilmuwan berupaya keras mencari sumber-sumber bahan pangan baru selain beras mengingat besarnya ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap satu macam sumber karbohidrat. Pertumbuhan penduduk Indonesia yang sangat cepat menyebabkan tingkat konsumsi beras penduduk Indonesia secara signifikan terus meningkat tiap tahunnya. Peningkatan konsumsi beras ini tidak diimbangi dengan peningkatan jumlah beras yang diproduksi di Indonesia. Pada saat yang bersamaan keberadaan berbagai pangan lokal sumber karbohidrat sudah

terlupakan. Hal ini menjadi penyebab utama terjadinya impor beras oleh Indonesia setiap tahunnya untuk mencukupi kebutuhan beras dalam negeri.

Di Indonesia, ubi kayu adalah makanan pokok ketiga terpenting, setelah beras dan jagung (Darjanto dan Murjati, 1980). Ubi kayu termasuk bahan pangan yang kaya karbohidrat. Tanaman ini banyak terdapat di daerah tropis, khususnya negara Indonesia, terutama di daerah Jawa, Sumatra, dan Kalimantan (Lingga *et al.*, 1986). Hingga saat ini, produksi tanaman ubi kayu di Indonesia cukup besar namun belum dioptimalkan pemanfaatannya sebagai makanan sumber karbohidrat. Padahal jika ubi kayu diolah dengan baik, hasilnya tidak kalah dengan bahan pangan lainnya.

Ubi kayu masih dipandang merupakan makanan inferior bagi sebagian orang sehingga belum banyak yang mengembangkannya dalam skala yang bernilai ekonomis tinggi. Mayoritas masyarakat Indonesia mengonsumsi ubi kayu sebagai makanan ringan, bukan sebagai makanan pokok. Ubi kayu biasanya diolah dengan cara direbus, digoreng, atau dikukus. Dengan demikian, perlu dikembangkan suatu produk pangan baru berbasis ubi kayu untuk meningkatkan nilai ekonomis ubi kayu sendiri mengingat potensi ubi kayu yang sangat besar di Indonesia.

Lampung termasuk salah satu daerah sentra produksi ubi kayu terbesar di Indonesia. Akan tetapi pemanfaatan ubi kayu masih sangat minim sekali digunakan. Biasanya ubi kayu di Lampung hanya digunakan untuk industri tapioka, etanol, dan pakan ternak saja. Sedangkan ubi kayu bisa juga digunakan sebagai alternatif sumber karbohidrat untuk pangan fungsional. Pemanfaatan ubi kayu sebagai alternatif

makanan pokok perlu merubah sifat ubi kayu menjadi bentuk butiran dengan nilai gizi dan rasa yang menyerupai beras.

Dalam upaya meningkatkan keanekaragaman sumber karbohidrat di Indonesia yaitu dengan diversifikasi ubi kayu diolah menjadi beras tiruan. Diversifikasi pangan merupakan upaya penganekaragaman pola konsumsi pangan masyarakat dalam rangka meningkatkan nilai gizi masyarakat (Almatsier, 2001). Selain itu, produk berupa beras tiruan ini bermanfaat bagi kesehatan terutama pada penderita kanker kolon dan diabetes.

Beras siger adalah istilah untuk menyebutkan produk yang menyerupai butiran beras yang diolah dari ubi kayu. Lisnan (2008), melakukan penelitian yang membuat beras tiruan dengan bahan baku ubi kayu dan ubi jalar dengan proses pengolahan seperti pembuatan sagu mutiara. Akan tetapi produk ini kurang diterima masyarakat karena bentuk dan rasanya tidak menyerupai nasi sebenarnya.

Proses pembuatan beras tiruan secara sederhana dapat dilakukan dengan pencampuran tepung, pembuatan adonan, pembutiran, pengeringan dan sortasi (Sulaksono, 1989). Tahap pertama yaitu dengan pencampuran tepung sesuai dengan formula dan penambahan air hingga membentuk adonan. Tahap selanjutnya yaitu pembutiran (Mohamed, 2006). Cara sederhana pada proses pembutiran adalah dengan memasukkan adonan ke dalam pembutir. Alat kemudian diputar sehingga adonan tepung saling bertumbukan dan membentuk bulatan keluar dari alat. Butiran

beras yang telah terbentuk dikukus agar bagian luarnya tergelatinisasi dan selanjutnya dikeringkan (Anonim, 1988).

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian beras siger terhadap kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan.

1.3. Kerangka Pemikiran

Pemanfaatan ubi kayu sebagai sumber karbohidrat sangat jarang pada saat ini. Biasanya ubi kayu hanya digunakan sebagai makanan ringan. Peningkatan keanekaragaman ubi kayu dilakukan dengan cara mengubah ubi kayu menjadi beras siger sebagai pengganti beras. Diversifikasi pangan merupakan upaya penakeragaman pola konsumsi pangan masyarakat dalam rangka meningkatkan status gizi masyarakat (Almatsier, 2001).

Dengan meningkatkan status ekonomi masyarakat saat ini pola konsumsi makanan sering melebihi kebutuhan tubuhnya. Hal ini menimbulkan permasalahan gizi yang mengakibatkan gangguan kesehatan seperti kanker dan diabetes. Oleh karena itu, perlu ditemukan alternatif makanan yang mempunyai nilai gizi yang baik bagi kesehatan tubuh. Salah satu alternatif adalah beras siger yang dibuat dari ubi kayu.

Karbohidrat merupakan salah satu hal utama yang berhubungan dengan diabetes. Banyak yang meyakini bahwa konsumsi karbohidrat yang terlalu berlebihan, dapat meningkatkan diabetes. Pada beras siger, karbohidrat yang dihasilkan baik untuk

kesehatan, hal ini karena beras siger mengandung serat pangan yang baik untuk pencernaan tubuh manusia. Menurut Muchtadi (2000), serat pangan adalah bagian dari pangan yang tidak dapat dihidrolisis oleh bahan-bahan kimia yang sangat bermanfaat untuk kesehatan pencernaan tubuh.

Serat pangan adalah bagian dari bahan pangan yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan. Oleh karena itu, kadar serat kasar nilainya lebih rendah dibandingkan dengan kadar serat pangan, karena asam sulfat dan natrium hidroksida mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menghidrolisis komponen-komponen pangan dibandingkan dengan enzim-enzim pencernaan. Secara umum serat pangan didefinisikan sebagai kelompok polisakarida dan polimerpolimer lain yang tidak dapat dicerna oleh sistem gastro-intestinal bagian atas tubuh manusia.

Dalam pembuatan beras siger dari ubi kayu adalah dengan pencampuran antara tepung ubi kayu dengan pati ubi kayu. Rasio pencampuran antara tepung dan pati adalah 50:50. Campuran tepung tersebut selanjutnya ditambahkan air sebanyak 50% dari berat campuran tepung. Tahap selanjutnya adalah proses pembutiran dengan mesin ekstruder, kemudian dikukus untuk membuat gelatinisasi pada bahan. Butiran selanjutnya dikeringkan pada suhu 60°C hingga kering.

Beras siger ubi kayu memiliki daya cerna pati yang rendah dan baik untuk penderita diabetes. Daya cerna pati rendah berarti kemampuan pati untuk dihidrolisis menjadi gula-gula sederhana bersifat rendah sehingga berdampak pada lambatnya peningkatan kadar glukosa darah.

Beras siger mengandung amilosa dan amilopektin yang menentukan kandungan gizi dan sifat fisik dari beras siger bila dimasak. Jika beras siger memiliki kadar amilosa yang lebih tinggi dibandingkan amilopektin, struktur nasi yang dihasilkan lebih keras atau pera. Sebaliknya jika kandungan amilopektin lebih tinggi dibandingkan amilosa maka struktur nasi yang dimasak akan lembut.

Bahan baku dari beras siger ini adalah ubi kayu, memiliki kandungan indeks glikemik (IG) yang lebih rendah dibandingkan beras. IG adalah angka yang menunjukkan potensi peningkatan gula darah dari karbohidrat yang tersedia pada pangan. IG merupakan respon glukosa darah terhadap makanan dibandingkan dengan respon glukosa darah terhadap glukosa murni. IG berguna untuk menentukan respon glukosa darah terhadap jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi oleh seseorang. Nasi dengan IG rendah yang mengandung amilosa tinggi dapat menyebabkan laju pencernaan lebih lambat. Hal ini karena amilosa membentuk kompleks dengan lipid pada saat pengolahan atau pemanasan, menurunkan kerentanan terhadap hidrolisis enzimatis, sehingga laju pencernaan menurun. Dengan demikian, beras siger ini sangat disarankan untuk para penderita diabetes.

Diabetes adalah penyakit yang membuat tubuh penderita tidak dapat mengendalikan tingkat glukosa di dalam darah. Penderita diabetes mengalami gangguan metabolisme dalam distribusi gula sehingga tubuh tidak bisa memproduksi insulin dalam jumlah yang cukup atau tidak mampu menggunakan insulin secara efektif dan mengakibatkan terjadi kelebihan gula di dalam darah. Dengan mengonsumsi beras

siger, kadar gula para penderita diabetes melitus diharapkan lebih stabil dan terjaga karena beras siger terbuat dari bahan baku yang rendah kadar IG.

1.4. Hipotesis

Pemberian beras siger dari ubi kayu dapat menurunkan kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ubi kayu (*Manihot Esculenta*)

Ubi kayu termasuk ke dalam kingdom *Plantae*, divisi *Spermatophyta*, subdivisi *Angiospermae*, kelas *Dicotyledonae*, famili *Euphorbiaceae*, genus *Manihot*, dan spesies *Esculenta* Crantz. Ubi yang terbentuk merupakan akar yang berubah bentuk dan fungsinya sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan (Grace, 1977).

Komposisi kimia ubi kayu disajikan pada Tabel 1. Ubi kayu dapat digunakan sebagai sumber karbohidrat pendamping beras. Ubi kayu memiliki bentuk bulat memanjang dengan daging ubi yang mengandung pati. Pada umumnya ubi kayu direbus, dikukus atau digoreng untuk dikonsumsi. Selain itu, ubi kayu dapat pula digunakan sebagai bahan baku industri pangan, kimia, farmasi, dan tekstil. Daun ubi kayu yang masih muda banyak mengandung vitamin A sehingga baik untuk hidangan sayur, sedangkan daunnya yang tua dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Ubi kayu dapat tumbuh di lahan kering dan kurang subur, tahan terhadap penyakit, daun dan ubi dapat diolah menjadi aneka makanan (Lingga, 1986). Ubi kayu dapat diolah menjadi gula cair (*high fructose*) dan makanan ternak serta dapat pula dibuat menjadi etanol.

Tabel 1. Komposisi kimia ubi kayu dalam 100 g bahan

No	Komponen	Ubi kayu putih	Ubi kayu kuning
1	Kalori (kkal)	146.00	157.00
2	Protein (g)	0.80	0.80
3	Lemak (g)	0.30	0.30
4	Karbohidrat (g)	34.70	37.90
5	Air (g)	62.50	60.00
6	Kalsium (mg)	33.00	33.00
7	Fosfor (mg)	40.00	40.00
8	Zat besi (mg)	0.70	0.70
9	Asam askorbat (mg)	30.00	30.00
10	Thiamin (mg)	0.06	0.06
11	Vitamin A (IU)	0.00	385.00
12	Bagian yang dapat dimakan (%)	75.00	75.00

Sumber : Departemen Kesehatan (1992)

Hampir seluruh bagian dari tanaman ubi kayu dapat dimanfaatkan namun hingga saat ini ubi kayu masih jarang dikonsumsi sebagai makanan pokok. Kelemahan utama yang menyebabkan ubi kayu kurang diterima dan hanya dimanfaatkan sebagai makanan pokok di daerah pedesaan karena kandungan racun glikosida sianogenik (*linamarin*). Glikosida tersebut tidak bersifat racun, tetapi asam sianida (HCN) yang dibebaskan oleh enzim linamerase bersifat racun (Tjokroadikoesoemo, 1986).

Menurut Balagopalan *et al.* (1988), di dalam ubi kayu terdapat glikosida sianogenik yang terdiri dari 93% linamarin dan 7% lotaustralin. Linamarin disintesis dari asam amino valin dan isoleusin. Glikosida tersebut tidak bersifat toksik tetapi asam sianida yang dibebaskan oleh enzim linamarinase bersifat toksik.

Pembebasan HCN terjadi melalui dua tahap. Pertama, hidrolisa oleh linamarinase menghasilkan sianohidrin dan glukosa. Kedua, tahap dissosiasi sianohidrin menjadi

HCN dan aldehida. Menurut Grace (1977), berdasarkan kandungan HCN-nya maka ubi kayu dibagi menjadi dua kategori, yaitu ubi kayu pahit (*Manihot Palmata*) dan ubi kayu manis (*Manihot Aipi*). Darjanto dan Murjati (1980), menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kadar HCN dalam ubi kayu adalah varietas (faktor genetik), lingkungan, umur, dan cara bertanam.

Ubi kayu yang mempunyai rasa manis maupun pahit selalu mengandung HCN. Pada umumnya yang tergolong pahit mempunyai kadar HCN lebih tinggi dibandingkan dengan yang mempunyai rasa manis. Akibat pengupasan dan perendaman ubi kayu terjadi penurunan kadar HCN, derajat putih, kadar protein dan kenaikan pH selama penyimpanan 0-6 hari. Pengupasan ubi merupakan cara terbaik untuk mengurangi racun, karena pada umumnya kulit ubi mempunyai kadar HCN 3-5 kali lebih besar dari pada daging ubi. Menurut Darjanto dan Murjati (1980), ubi kayu dapat dimakan mengandung HCN kurang dari 50 mg/HCN/kg, sedang yang sangat beracun mengandung lebih dari 100 mg/HCN/kg, yang beracun sedang mengandung antara 50-100 mg/HCN/kg.

Balagopalan *et al.* (1988), mengatakan meskipun ubi kayu mengandung racun yang membahayakan, namun ubi kayu telah dikonsumsi secara umum tanpa adanya efek keracunan yang berarti. Hal ini dikarenakan metode pengolahan secara tradisional mampu mengurangi kandungan sianida ubi hingga batas yang tidak membahayakan kesehatan. Proses pengolahan yang mampu mereduksi kandungan sianida dalam ubi kayu adalah perendaman, pengeringan, perebusan, fermentasi, dan kombinasi dari proses-proses tersebut.

Menurut Darjanto dan Murjati (1980), HCN pada ubi kayu adalah suatu bahan padat yang tahan terhadap pemanasan hingga suhu 140°C. Hal ini berarti bahwa dengan perlakuan perebusan saja belum cukup untuk menghilangkan HCN dengan sempurna. Menurut Darjanto dan Murjati (1980), banyaknya HCN yang terkandung di dalam ubi dari satu pohon tidak selalu sama, bahkan antara ubi yang kecil, pertengahan dan yang besar dari satu pohon itu sering terdapat perbedaan kadar HCN yang sangat besar.

Ubi kayu dapat dimakan dalam berbagai bentuk masakan. Di Indonesia ubi kayu dimakan setelah dikukus, dibakar, digoreng, diolah menjadi berbagai macam panganan, atau diragikan menjadi tapei, gaplek, tiwul, gatot, dan macam-macam panganan lainnya.

Tjokroadikoesoemo (1986), menyatakan bahwa kelemahan utama yang menyebabkan ubi kayu kurang diterima secara menyeluruh dan hanya dimanfaatkan sebagai makanan pokok di daerah pedesaan dan pegunungan terpencil pada saat musim paceklik atau sewaktu panen padi dan jagung yang kurang memuaskan diperkirakan adalah karena meskipun ubi kayu kaya vitamin C dan karbohidrat namun seperti halnya umbi-umbian yang lain, ubi kayu miskin akan lemak dan protein. Selain itu ubi kayu mengandung racun glukosida sianogenik yang sewaktu dihidrolisa dapat menghasilkan asam sianida dan glukosa.

Meskipun nampaknya peran ubi kayu tidak seberapa bagi masyarakat Indonesia, tetapi jika ditinjau daerah perdaerah, sering kali ubi kayu dapat mencapai 90%

kebutuhan kalori berupa karbohidrat, misalnya daerah Gunung Kidul dan Pegunungan Kapur Utara. Berdasarkan susunan kimia ubi kayu Tabel 2, ubi kayu juga mengandung protein, lemak, dan zat tepung, serta serat dibandingkan dengan beras. Sehingga dapat dikonsumsi sebagai bahan pangan pengganti beras.

Dari Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa berdasarkan susunan zat padat ubi kayu dan gaplek dalam 100 g bahan, ubi kayu dan gaplek mengandung kalori yang cukup tinggi, mengandung karbohidrat dan vitamin B1 dan C yang cukup tinggi, dan juga sebagai sumber energi yang tinggi, sehingga dapat dikonsumsi sebagai pengganti beras.

Tabel 2. Komposisi kimia ubi kayu dalam 100 g bahan

No	Keterangan	Ubi kayu (%)	Beras (%)
1	Air	70.25	10.90
2	Protein	1.12	7.06
3	Lemak	0.41	0.60
4	Zat Tepung	21.45	80.27
5	Zat Gula	5.13	-
6	Bahan Serat	1.11	0.51
7	Abu	0.54	1.50

Tabel 3. Susunan zat padat ubi kayu dan gaplek dalam 100 g bahan

No	Keterangan	Ubi kayu	Gaplek
1	Kalori (kkal)	127.00	355.00
2	Protein (g)	1.00	1.50
3	Karbohidrat (g)	30.00	85.00
4	Lemak(g)	0.30	1.00
5	Vitamin A (SI)	-	-
6	Vitamin B (mg)	10.00-100.00	10.00
7	Vitamin C (mg)	20.00	-
8	Serat kasar (g)	1.00-3.00	2.00

2.2. Beras Siger

Beras siger adalah beras artificial yang dibuat dari non padi dengan kandungan karbohidrat mendekati atau melebihi beras (Samad, 2003). Diharapkan dengan bentuk beras *artificial* yang mendekati bentuk beras asli ini, secara psikologi masyarakat yang mengonsumsinya merasa mengonsumsi beras. Beras *artificial* yang dibuat saat ini merupakan hasil olahan ubi kayu dan ubi jalar yang terbentuk butiran (bulat-bulat) kemudian disangrai agar bagian luarnya tergelatinisasi. Tahap-tahap pembuatannya sama dengan tahap pembuatan sagu mutiara yakni pencampuran, penghabluran, pembutiran, sortasi, penyangraian, dan pengeringan (Sulaksono, 1989).

Tahap pertama adalah pencampuran tepung dan tepung pati sesuai formula dan penambahan air sampai membentuk adonan, dilanjutkan penghabluran. Menurut Mohamed (2006), penghabluran adalah proses perubahan ukuran dan perubahan bentuk, tanpa adanya perubahan kimia. Tujuan dari penghabluran adalah untuk menghancurkan campuran adonan tepung, tepung pati, dan air yang menggumpal akibat pembasahan. Jika adonan yang digunakan adalah adonan kering maka akan sulit untuk mengalami pembutiran. Penghabluran dapat dilakukan dengan cara meremasremas adonan diatas ayakan yang berdiameter 1-2 mm atau dengan menggunakan mesin penghablur. Tahapan selanjutnya adalah proses pembutiran (Anonim, 1988).

Cara yang paling sederhana pada proses pembutiran adalah dengan memasukkan adonan hasil penghabluran ke dalam wadah yang beralas bulat. Wadah tersebut kemudian diputar secara horizontal sehingga tepung ubi kayu dan tepung ubi jalar saling bertumbukan dan membentuk bulatan. Cara yang lebih mudah adalah dengan menggunakan mesin pembutir yang berbentuk silinder yang dapat berputar pada porosnya. Mesin pembutir ini dapat dibuat dari stainless steel atau alumunium. Agar butir-butir ubi kayu dan ubi jalar yang dihasilkan seragam maka perlu dilakukan sortasi. Butir-butir ubi kayu yang telah terbentuk disangrai agar bagian luarnya tergelatinisasi. Butir-butir yang dihasilkan kemudian dikeringkan (Anonim, 1988).

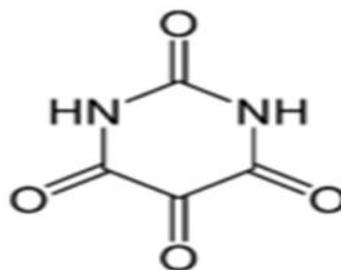
Produksi beras tiruan (artificial) juga sudah dilakukan di negara-negara maju seperti Jepang dan Cina dengan menggunakan metode ekstruksi. Proses pengolahan ekstruksi merupakan proses mendorong bahan di dalam suatu laras dengan mekanisme transport menggunakan ulir melewati suatu lubang untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan (Ahza, 1996). Menurut Riaz (2001), proses pemasakan dengan ekstruksi menggabungkan proses pemanasan dengan proses ekstruksi yang dapat menghasilkan produk pangan yang matang dan memiliki bentuk yang khas. Komponen pangan seperti air, karbohidrat, dan protein mengalami pemasakan selama proses ekstruksi, sehingga menghasilkan adonan yang viscous. Proses yang terjadi selama ekstruksi adalah gelatinisasi pati, denaturasi protein, inaktivasi enzim, dan penghilangan senyawa toksik dan mikroba.

2.3. Aloksan

Aloksan (2,4,5,6-tetraoksipirimidin; 5,6- dioksiurasil) merupakan senyawa kimia yang dapat digunakan untuk menginduksi penyakit diabetes melitus (Gambar 1).

Pada tahun 1943, Shaw Dunn, Sheehan, dan Mc Letchie menemukan bahwa pemberian aloksan pada kelinci menghasilkan hiperglikemia temporer yang diikuti hipoglikemia hebat dan diakhiri dengan kematian hewan. Peristiwa ini berhubungan dengan nekrosis selektif sel β -Langerhans (Mc Letchie, 2002).

Dosis intravena yang digunakan biasanya 65 mg/kg berat badan, sedangkan intraperitoneal dan subkutan adalah 2-3 kalinya (Rees dan Alcolado, 2005). Dosis pemberian aloksan bervariasi tergantung pada spesies, nutrisi, dan rute pemberiannya (Szkudelski, 2001). Kemampuan aloksan untuk dapat menimbulkan diabetes juga tergantung pada jalur penginduksian, dosis, hewan uji, dan status nutrisinya (Andayani, 2003).



Gambar 1. Struktur kimia aloksan (Nugroho, 2006).

Aloksan bersifat hidrofilik dan tidak stabil, waktu paruh pada suhu 37°C dan pH netral adalah 1,5 menit dan dapat lebih lama pada suhu yang lebih rendah. Aloksan

sebagai diabetogenik, dapat digunakan secara intravena, intraperitoneal dan subkutan (Nugroho, 2006). Zat ini dapat menyebabkan kerusakan selektif terhadap sel β -Langerhans pankreas. Pembentukan oksigen reaktif merupakan faktor utama pada kerusakan sel tersebut. Pembentukan oksigen reaktif diawali dengan proses reduksi aloksan dalam sel β -Langerhans.

Aloksan mempunyai aktivitas tinggi terhadap senyawa seluler yang mengandung gugus SH, glutathion tereduksi (GSH), sistein dan senyawa sulfhidril terikat protein (misalnya *SH containing enzyme*). Salah satu target dari oksigen reaktif adalah DNA pulau Langerhans pankreas. Kerusakan DNA tersebut memicu *poly ADP-ribosylation*, proses yang terlibat pada DNA repair (Walde *et al.*, 2002).

Faktor lain selain pembentukan oksigen reaktif adalah gangguan pada homeostatis kalsium intraseluler. Aloksan dapat meningkatkan konsentrasi ion kalsium bebas sitosolik pada sel β -Langerhans pankreas. Efek tersebut diikuti oleh beberapa kejadian, yaitu influks kalsium dari cairan ekstraseluler, mobilisasi kalsium dari simpanannya secara berlebihan, dan eliminasinya yang terbatas dari sitoplasma. Influks kalsium akibat aloksan tersebut mengakibatkan depolarisasi sel β -Langerhans, membuka kanal kalsium dan menambah masuknya ion kalsium ke sel. Pada kondisi tersebut, konsentrasi insulin meningkat sangat cepat, dan secara signifikan mengakibatkan gangguan pada sensitivitas insulin perifer dalam waktu singkat. Selain kedua faktor tersebut di atas, aloksan juga diduga berperan dalam penghambatan glukokinase dalam proses metabolisme energy (Walde *et al.*, 2002).

Aloksan merupakan senyawa kimia yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada sel pankreas dan digunakan sebagai bahan untuk menginduksi terjadinya hiperglikemia pada hewan coba. Aloksan akan memberikan efek diabetogenik pada hewan coba di hari ke-2 setelah penyuntikan aloksan secara intraperitoneal. Pemberian aloksan secara intravena maupun intraperitoneal dapat menyebabkan terjadinya hiperglikemia pada tikus, kelinci, kucing, anjing, hamster, kambing, dan monyet (Ellenberg dan Rifkin, 1970).

Penelitian secara *in vitro* yang dilakukan Balz *et al.* (1980), menyatakan bahwa aloksan menginduksi pengeluaran ion Ca^{2+} dari mitokondria yang mengakibatkan proses oksidasi sel terganggu. Keluarnya ion Ca^{2+} dari mitokondria ini mengakibatkan gangguan homeolisis yang merupakan awal kematian sel. Menurut Colca (1993), aloksan menghambat aktivitas kalmodulin, yaitu suatu senyawa yang berperan dalam proses transport ion Ca^{2+} di dalam sel. Ion Ca^{2+} sangat diperlukan dalam memulai sejumlah proses seluler seperti kontraksi sel, sekresi neurotransmitter, dan hormon. Kalmodulin merupakan protein pengikat ion Ca^{2+} yang berperan sebagai aktivator agar sejumlah tertentu ion Ca^{2+} berada di dalam sel. Penghambatan aktivitas kalmodulin menyebabkan terjadinya penghambatan sekresi insulin. Faktor lain yang sangat dominan menghasilkan sifat diabetogenik aloksan ialah pembentukan senyawa oksigen reaktif yang terjadi dalam sel-sel β -Langerhans (Colca, 1993).

2.4. Diabetes

Diabetes mellitus atau biasa disebut kencing manis sebenarnya sudah dikenal sejak dulu kala. Pada dokumen yang diperkirakan dibuat ribuan tahun sebelum masehi dicantumkan adanya penyakit dengan gejala kencing manis yang berulang kali dan banyak (poliuria). Dikatakan bahwa penyakit ini dapat bersifat ganas dan berakhir dengan kematian penderita dalam waktu singkat. Pada perkembangan selanjutnya diketahui bahwa air kencing dari penderita itu berasa manis.

Penyakit diabetes melitus telah dikenal sejak sekitar tahun 1500 sebelum Masehi. Hal ini terbukti dari catatan tua di negara Mesir yang telah mengenal adanya penyakit dengan poliuri (banyak kencing). Di India sekitar 400 tahun sebelum Masehi telah dikenal suatu penyakit yang bersifat banyak kencing dan kencing terasa manis oleh karena itu disebut *honey urine*. Nama *diabetes* pertama kali diperkenalkan oleh Arateus, seorang dokter bangsa Roman yang hidup pada tahun 150 sesudah Masehi (Adam, 2005). Kata *diabetes* berasal dari bahasa Yunani yang artinya pipa air yang melengkung (*siphon*). Selanjutnya, ditambahkan kata *mellitus* yang berasal dari bahasa Latin dan Yunani yang berarti madu. Kata ini ditambahkan karena ketika diabetes terjadi, urin penderitanya berasa manis (Scobie, 2007).

Sekitar tahun 1960, diabetes melitus hanya diartikan sebagai penyakit metabolisme yang dikelompokkan ke golongan hiperglikemia atau gula darah yang lebih dari normal (gula darah normal 80 – 120 mg/dL). Oleh karenanya, diabetes melitus disebut juga penyakit gula. Dengan adanya glukosuria yaitu adanya gula di dalam air

seni maka penyakit ini terkenal pula dengan nama penyakit kencing manis. Kedua hal tersebut disebabkan oleh ketidakmampuan sel dalam mempergunakan karbohidrat untuk menghasilkan tenaga (Pranadji *et al.*, 1999).

Dalimartha (2002), menjelaskan tingginya kadar gula darah pada penderita diabetes disebabkan tubuh kekurangan insulin, baik absolut maupun relative. Insulin merupakan salah satu hormon di dalam tubuh manusia yang dihasilkan oleh sel-sel β -Langerhans yang berada di dalam kelenjar pankreas. Kelenjar pankreas ini terletak di dalam rongga perut bagian atas, tepatnya di belakang lambung. Insulin merupakan suatu polipeptida, sehingga dapat juga disebut protein. Dalam keadaan normal bila kadar glukosa darah naik maka insulin akan menuju ke tempat kerjanya (reseptor) yaitu 50% ke hati, 10 – 20% ke ginjal, dan 30 – 40% bekerja pada sel darah, otot, dan jaringan lemak. Adanya insulinlah yang memungkinkan kadar glukosa darah akan kembali normal.

Secara ilmiah, diabetes melitus merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya (Scobie, 2007). Insulin adalah hormon protein berantai ganda dan dibentuk dari proinsulin di sel beta pulau kecil pankreatik Langerhans, berfungsi untuk mengubah glukosa menjadi glikogen (Silalahi, 2006). Peran insulin dalam metabolisme karbohidrat, lemak dan protein sangat penting. Kurang insulin dalam tubuh dapat berujung pada kondisi asidosis (turunnya pH darah) yang dapat menyebabkan kematian. Kurangnya produksi insulin dalam tubuh juga merupakan penyebab diabetes yang ditandai dengan tingginya kadar gula darah (Granner, 2000).

American Diabetes Association (ADA) menetapkan konsentrasi glukosa darah normal saat puasa kurang dari 100 mg/dL. Glukosa plasma terganggu jika konsentrasi glukosa saat puasa antara 100-125 mg/dL, sedangkan toleransi glukosa terganggu jika konsentrasi glukosa darah setelah pembebanan glukosa 75 g, antara 140-199 mg/dL. Seseorang dikatakan menderita diabetes jika konsentrasi glukosa darah saat puasa lebih dari 126 mg/dL atau bila konsentrasi glukosa darah setelah pembebanan glukosa 75 g lebih dari 200 mg/dL (Masharani, 2008).

Diabetes melitus dibagi menjadi 2 kategori utama berdasarkan sekresi insulin endogen untuk mencegah munculnya ketoasidosis, yaitu diabetes melitus tergantung insulin (IDDM = *insulin dependent diabetes mellitus*) atau tipe I, dan diabetes melitus tidak tergantung insulin (NIDDM = *non-insulin dependent diabetes mellitus*) atau tipe II (Nugroho, 2006). Diabetes tipe 1 adalah kondisi yang ditandai oleh tingginya konsentrasi glukosa darah yang disebabkan oleh ketiadaan total hormon insulin. Diabetes tipe 1 terjadi ketika sistem imun tubuh menyerang sel β yang menghasilkan insulin pada pankreas dan menghancurkannya. Sel β kemudian hanya sedikit atau tidak menghasilkan insulin sehingga glukosa darah tidak dapat masuk ke dalam sel untuk digunakan sebagai energi. Kondisi ini hanya bisa diobati dengan pemberian insulin (Depkes RI, 2005).

Kerusakan sel β secara agresif menyebabkan penyakit tampak dalam beberapa bulan pada anak yang masih muda, meskipun ada juga proses yang akan berlanjut dalam beberapa tahun, bahkan ada beberapa kasus yang berlanjut lebih dari 10 tahun. Gejala-gejala yang sering muncul pada penderita diabetes tipe 1 adalah sering

kencing, sering merasa haus, terjadi penurunan berat badan, sering merasa lapar, dan merasa lemah (Rubin, 2004). Gejala mungkin terjadi secara tiba-tiba. Tanpa pemberian insulin, diabetes tipe 1 akan dengan cepat berakibat fatal. Penderita diabetes tipe 1 tergantung pada injeksi insulin untuk mencegah hiperglikemia dan ketoasidosis. Jika penyuntikan insulin tidak cukup, seseorang dapat memasuki koma akibat ketoasidosis, ketidakseimbangan, elektrolit, dan dehidrasi. Sebaliknya, jika pemberian insulin berlebih dapat menyebabkan koma karena hipoglikemia (WHO, 2006).

Diabetes tipe 2 disebut *non-insulin dependent diabetes mellitus* (NIDDM) karena tidak membutuhkan penambahan insulin untuk mempertahankan keseimbangan glukosa darah (Carolyn, 2001). Diabetes tipe 2 terjadi akibat lemahnya aksi insulin. Penurunan sensitivitas insulin terjadi pada pintu masuk di permukaan sel tubuh yang dinamakan reseptor insulin. Penyebab terjadinya penurunan sensitivitas insulin karena peningkatan kebutuhan sekresi insulin untuk mempertahankan konsentrasi glukosa darah. Orang yang obesitas dan kurang olah raga mempunyai resiko terhadap diabetes tipe 2 dengan menunjukkan gejala penurunan sensitivitas insulin, yaitu jumlah insulin di dalam darah meningkat lebih tinggi dibandingkan dengan orang normal dan penyuntikan insulin tidak dapat menurunkan konsentrasi glukosa darah (Rubin, 2004).

Ada tiga kondisi abnormal yang mungkin dimiliki penderita diabetes tipe 2. Pertama, mutlak kekurangan insulin yang berarti sekresi hormon insulin berkurang karena kerusakan sel-sel β -Langerhans. Kedua, relatif kekurangan insulin ketika sekresi

insulin tidak mencukupi dengan adanya kebutuhan metabolisme yang meningkat (misalnya pada kasus obesitas). Ketiga, resisten terhadap insulin dan hiperinsulinemia karena penggunaan insulin perifer yang kurang sempurna. Gejala yang sering muncul pada penderita diabetes tipe 2 adalah cepat lelah, sering kencing, sering lapar dan haus, penglihatan menjadi buram, lambatnya penyembuhan penyakit kulit, gusi dan infeksi saluran kencing, terasa gatal pada bagian kelamin, mati rasa pada kaki atau tungkai, dan penyakit jantung (Rubin, 2004). Obesitas atau kelebihan simpanan lemak sering mengiringi atau mendahului terjadinya penyakit diabetes tipe 2 (Carolyn, 2001).

Diabetes cenderung menurun dalam keluarga. Menurut Joslin Diabetes Center Boston (2007), yang berafiliasi dengan Harvard Medical School, mereka yang paling beresiko terkena diabetes adalah orang-orang yang berusia 45 tahun atau lebih, kelebihan berat, kegiatan fisik yang kurang aktif, sebelumnya terindikasi memiliki IFG (*impaired fasting glucose*) atau IGT (*impaired glucose tolerance*), memiliki riwayat keluarga yang terkena diabetes, bagian dari kelompok etnik tertentu (termasuk Asia, Africa, Hispanik and Amerika Asli, Aborigin Australia, India, dan keturunan Timur Tengah), pernah memiliki diabetes pada waktu hamil atau pernah melahirkan anak dengan berat lebih dari 9 pon (4 kg), memiliki tekanan darah yang meningkat, memiliki kadar kolesterol HDL sebanyak 35 mg/dL (1,94 mmol/L) atau lebih rendah, kadar triglyserin sebesar 250 mg/dL (13,9 mmol/L) atau lebih besar, memiliki *polycystic ovary syndrome*, memiliki riwayat penyakit yang berhubungan dengan pembuluh darah.

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Juli sampai September 2015.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah mesin ekstruder, botol semprot, oven biasa, timbangan, ayakan 8 mesh, loyang, baskom, saringan, penangas air, cawan petri, sendok, mesin pamarut, kompor, panci, perlengkapan untuk uji organoleptik, serta alat-alat gelas. Sedangkan bahan yang digunakan adalah ubi kayu putih segar, aloksan, air, pati jagung (maizena), minyak makan, vitamin.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 3 kali ulangan. Penelitian dilakukan menggunakan 27 ekor mencit yang dibagi menjadi 9 kelompok. Masing-masing kelompok terdiri dari 3 ekor mencit. Setiap kelompok diberi makan dengan komposisi beras siger yang berbeda. Selanjutnya tikus dipelihara hingga 28 hari dan diberi makan dan minum *ad libitum*.

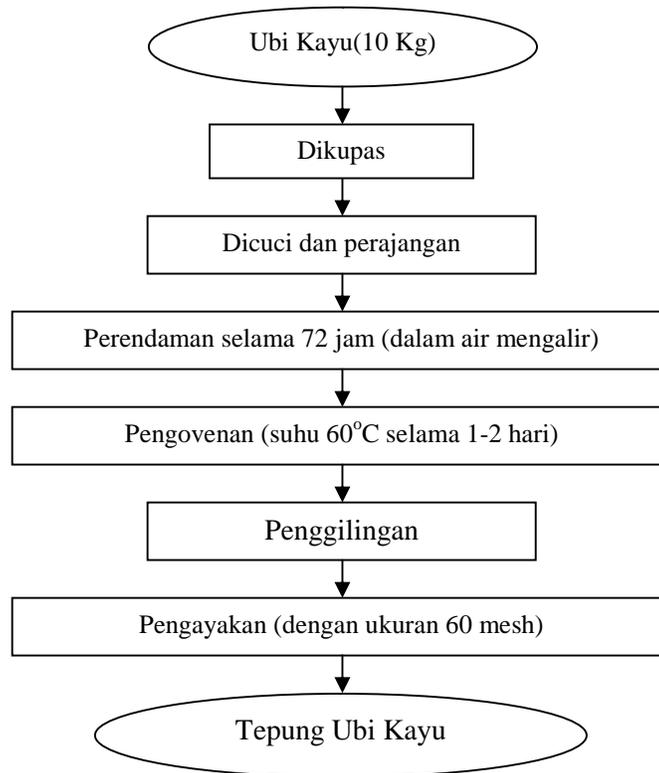
Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar perlakuan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis ragam dengan uji tuckey yang dilanjutkan dengan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5%.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan Bahan Baku

Pembuatan tepung ubi kayu dilakukan dengan metode Grace (1977). Ubi kayu dikupas dari kulitnya dan dibersihkan dengan menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran. Selanjutnya dilakukan perajangan pada ubi kayu yang telah dibersihkan. Ubi kayu yang telah dirajang kemudian direndam di dalam air selama 72 jam. Setelah proses perendaman selesai, ubi kayu ditiriskan dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60^oC selama 1-2 hari. Ubi kayu yang sudah kering dihancurkan dengan menggunakan mesin penggiling. Kemudian dilakukan proses pengayakan dengan ukuran 60 mesh dan didapat tepung ubi kayu. Tepung ubi kayu

yang diperoleh kemudian diolah menjadi beras siger. Proses pembuatan tepung ubi kayu dapat dilihat pada Gambar 2.

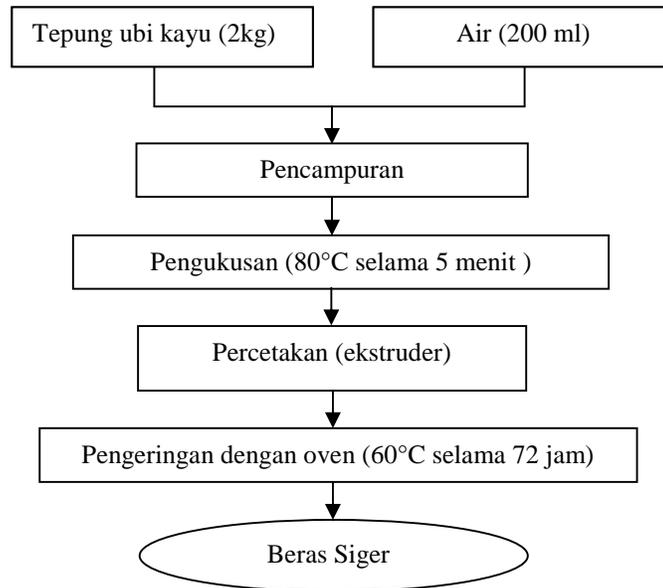


Gambar 2. Proses pembuatan tepung ubi kayu

3.4.2. Pembuatan Beras Siger

Tahap pertama dalam pembuatan beras siger yaitu tepung ubi kayu sebanyak 2 kg dicampur dengan air. Setelah dicampurkan, tepung ubi kayu dan air diadon hingga kalis. Selanjutnya dilakukan pengukusan dengan suhu 80°C selama 5 menit. Setelah dikukus dilakukan percetakan atau pembutiran dengan menggunakan mesin ekstruder. Butiran-butiran tersebut kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 72 jam dan didapatkan beras siger. Beras siger yang diperoleh akan

dilakukan uji pada hewan percobaan. Proses pembuatan beras siger dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses pembuatan beras siger

3.4.3. Uji Pendahuluan Dosis Aloksan

Uji pendahuluan dilakukan untuk menetapkan dosis efektifitas aloksan dalam menginduksi diabetes pada mencit. Selanjutnya mencit secara acak dibagi menjadi 4 kelompok dengan masing-masing perlakuan seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Pembagian kelompok hewan uji pendahuluan aloksan

No	Kelompok	Jumlah Tikus (ekor)	Perlakuan
1	Aloksan dosis 1	3	Injeksi Aloksan 140 mg/kg bb IP
2	Aloksan dosis 2	3	Injeksi Aloksan 160 mg/kg bb IP
3	Aloksan dosis 3	3	Injeksi Aloksan 180 mg/kg bb IP
4	Aloksan dosis 4	3	Injeksi Aloksan 200 mg/kg bb IP

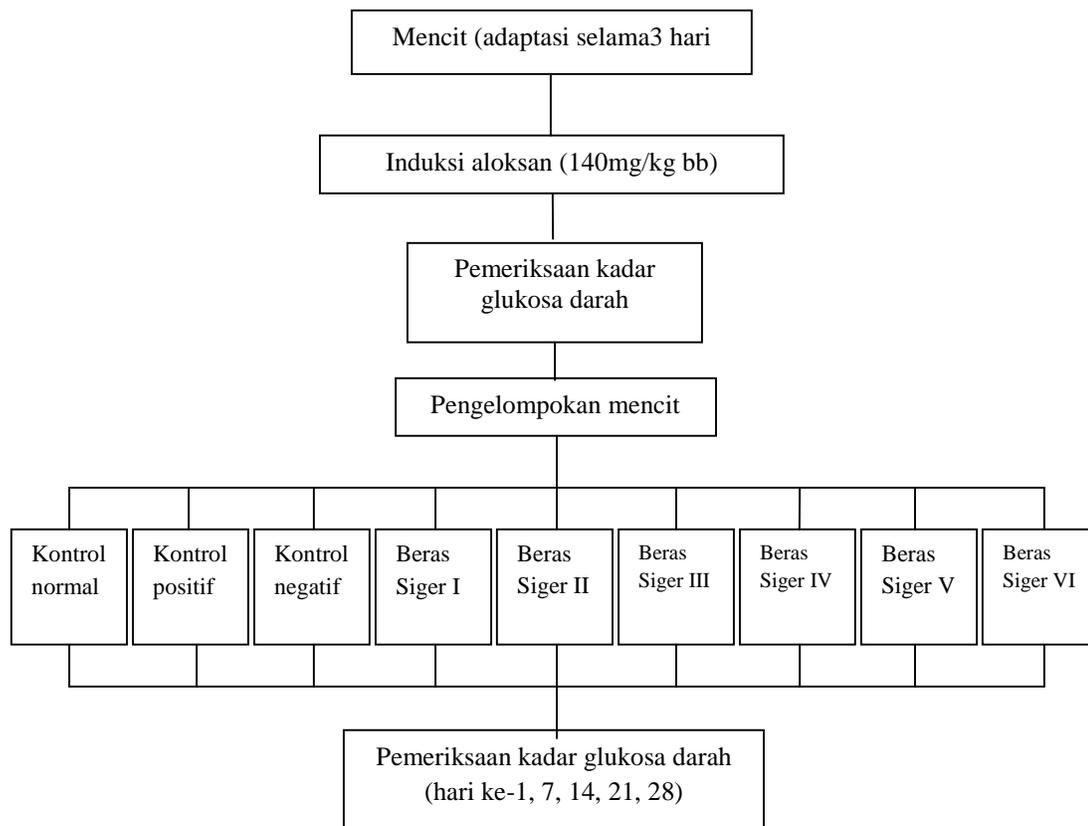
Mencit diadaptasikan selama 1 minggu di kandang hewan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, agar mencit beradaptasi dengan lingkungan baru. Setiap mencit diberi makan dan minum ad libitum. Mencit yang digunakan dalam penelitian ini adalah mencit jantan yang berumur 2 bulan dan sehat. Setelah itu mencit dipuasakan selama 16 jam dan dilanjutkan dengan pengambilan sampel darah untuk penentuan kadar glukosa darah puasa. Kemudian mencit diberi perlakuan sesuai pada Tabel 4. Setelah perlakuan, mencit diberi makan dan minum seperti biasa. Pada hari ke-1, diamati berat badan dan kadar glukosa darah. Dosis efektif yang diambil adalah dosis yang menyebabkan hiperglikemia (kadar glukosa darah tinggi) tetapi belum menyebabkan kematian pada mencit.

3.4.4. Uji Pemberian Beras Siger terhadap Kadar Gula Darah

Pada uji ini digunakan tiga kelompok kontrol, yaitu kontrol normal, kontrol negatif dan kontrol positif dan enam kelompok dengan perbandingan komposisi beras siger yang berbeda. Kontrol normal untuk mengetahui kadar glukosa darah mencit yang tidak mengalami diabetes dan diberi pakan standar. Kontrol negatif untuk mengetahui kadar glukosa darah mencit yang mengalami diabetes dan diberi pakan standar. Kontrol positif untuk mengetahui kadar glukosa darah mencit yang mengalami diabetes dan diberi obat anti diabetes dan pakan standar. Sedangkan kelompok pemberian beras siger yaitu untuk mengetahui jumlah beras siger yang berpengaruh dalam menurunkan kadar glukosa darah. Masing-masing kelompok terdiri dari 3 ekor mencit jantan. Penentuan jumlah hewan uji dan pembagian

Hewan uji dipuasakan selama 16 jam dengan tetap diberi minum, kemudian darah diambil melalui vena ekor dan diukur kadar glukosa darahnya sebagai kadar glukosa darah puasa awal dihari ke-0. Selanjutnya mencit kelompok 2 sampai 9 dibuat diabetes dengan induksi aloksan. Satu hari setelah induksi, diukur kembali kadar glukosa darahnya, lalu masing-masing hewan uji diberi perlakuan.

Pemberian beras siger dilakukan setiap hari selama 28 hari dimulai. Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan setiap minggu yaitu pada hari ke-1, 7, 14, 21, dan 28. Setiap mencit akan dilakukan pengambilan sampel darah untuk pengukuran kadar glukosa darahnya maka terlebih dahulu dipuasakan selama 16 jam. Pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur pelaksanaan penelitian pemberian beras siger pada mencit

3.5. Pengamatan

3.5.1. Kadar Glukosa Darah

Pengamatan terhadap kadar gula darah diuji pada hari ke-1, selanjutnya mencit diamati kadar glukosa darahnya 7 hari sekali selama 28 hari. Pemeriksaan kadar glukosa darah mencit dilakukan dengan cara memotong ujung ekor mencit, sampel darah pada ujung ekor mencit di tempelkan pada strip alat *accu chek* dan kadar glukosa darah akan terbaca secara digital.

3.5.2. Histologi Pankreas Mencit

Pengamatan pankreas mencit dilakukan pada kelompok mencit kontrol, kontrol negatif, kontrol positif dan dosis beras siger. Mencit dimatikan dengan cara didekapitasi. Selanjutnya pankreasnya mencit diambil dan difiksasi dengan buffer formalin, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan preparat menggunakan metode baku histologi.

Prosedur pembuatan preparat dilakukan dengan melakukan trimming yaitu dengan cara spesimen berupa potongan organ/jaringan tubuh yang telah dipilih dan segera difiksasi dengan larutan pengawet berupa buffer formalin atau 10% formalin.

Setelah diberi formalin segera dicuci dengan air yang mengalir. Tahap selanjutnya yaitu memotong jaringan setebal 2-4 mm dan memasukkan potongan-potongan jaringan tersebut ke dalam *embedding casset* lalu dicuci dengan air mengalir.

Selanjutnya melakukan dehidrasi dengan meletakkan *embedding casset* pada kertas tissue dan berturut-turut melakukan perlakuan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pembuatan preparat

Tahap	Waktu	Zat kimia
Dehydration	2 jam	Alcohol 80%
	2 jam	Alcohol 95%
	1 jam	Alcohol 95%
	1 jam	Alcohol absolute I
	1 jam	Alcohol absolute II
	1 jam	Alcohol absolute III
Clearing	1 jam	Xylol I
	1 jam	Xylol II
	1 jam	Xylol III
Imprenasi	2 jam	Paraffin I
	2 jam	Paraffin II
	2 jam	Paraffin III

Setelah tahap pembuatan preparat selesai, kemudian dilanjutkan dengan proses Embedding. Tahap pertama yaitu dengan cara membersihkan sisa-sisa paraffin yang ada pada *pan* dengan memanaskan beberapa saat diatas api dan usap dengan kapas. Siapkan paraffin cair dengan memasukkan paraffin kedalam cangkir logam dan dimasukkan dalam oven dengan suhu diatas 58°C. Selanjutnya paraffin cair dituangkan kedalam *pan*. Setelah semua alat disiapkan, pindahkan jaringan satu persatu dari *embedding cassette* ke dasar *pan* dengan mengatur jarak satu dengan lainnya, dan masukkan *pan* ke dalam air. Selanjutnya lepaskan paraffin yang berisi jaringan tersebut dari *pan* dengan memasukkan ke dalam suhu 4-6°C beberapa saat. Tahap selanjutnya yaitu memotong paraffin sesuai dengan letak jaringan yang ada dengan menggunakan scalpel/pisau hangat. Paraffin tersebut diletakkan pada balok kayu dan ratakan pinggirnya serta buat ujungnya sedikit meruncing. Setelah itu paraffin dipotong dengan menggunakan mikrotom.

Selanjutnya melakukan *cutting* dengan cara memotong dan dilakukan pada ruangan dingin. Sebelum dipotong terlebih dahulu didinginkan. Tahap selanjutnya yaitu melakukan pemotongan kasar dan dilanjutkan dengan pemotongan halus dengan ketebalan 4-5 mikro. Setelah pemotongan selesai, dilanjutkan dengan memilih lembaran jaringan yang paling baik dan apungkan pada air agar menghilangkan kerutannya dengan cara menekan salah satu sisi lembaran jaringan tersebut dengan ujung jarum dan sisi yang lain ditarik menggunakan kuas runcing. Setelah pemotongan selesai dilanjutkan dengan memindahkan lembaran jaringan tersebut ke dalam water bath selama beberapa detik sampai mengembang sempurna.

Ambil lembaran jaringan tersebut dengan slide bersih dan ditempatkan ditengah. Selanjutnya tempatkan slide yang berisi jaringan pada inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam sampai jaringan melekat sempurna. Selanjutnya melakukan staining (pewarnaan) dengan Harris Hematoxylin Eosi. Setelah jaringan melekat sempurna pada slide pilih jaringan yang terbaik. Selanjutnya secara berurutan memasukan jaringan tersebut ke dalam zat kimia dengan waktu yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Waktu embending

Zat kimia	Waktu
Xylol I	5 menit
Xylol II	5 menit
Xylol III	5 menit
Alkohol absolute I	5 menit
Alkohol absolute II	5 menit
Aquadest	1 menit
Harris hematoxylin	20 menit
Aquadest	1 menit
Acid alcohol	2-3 celupan
Aquadest	1 menit
Aquadest	15 menit
Eosin	2 menit
Alkohol 96% I	2 menit
Alkohol 96% II	3 menit
Alkohol absolut III	3 menit
Alkohol absolut IV	3 menit
Xylol IV	5 menit
Xylol V	5 menit

Tahap selanjutnya melakukan mounting. Setelah pewarnaan selesai slide ditempatkan diatas kertas tissue pada tempat datar dan tetesi dengan bahan mounting yaitu kanada balsam dan ditutup dengan *cover glass* untuk mencegah jangan sampai terbentuk gelembung udara.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pemberian beras siger berpengaruh terhadap penurunan kadar glukosa darah mencit.
2. Pemberian beras siger III dengan komposisi beras siger: pati jagung (30:35) dapat menurunkan kadar glukosa darah mencit normal kembali pada hari ke-14 sebesar 114,67 mg/dL.

5.2. Saran

Saran pada penelitian ini adalah adanya penelitian ulang tentang pengaruh pengukuran gula darah dengan menggunakan waktu pengukuran gula darah puasa pada mencit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, J.M.F. 2005. *Komplikasi kronik diabetik masalah utama penderita diabetes dan upaya pencegahan*. Suplemen 26: 3.
- Ahza, A.B. 1983. *Pengolahan Mie dan Roti*. Pendidikan dan Latihan Tenaga Pembina Wilayah Bina Swadaya dalam Bidang Pengolahan Pangan Tradisional. 28 November-12 Desember 1983. Bogor.
- Ali, N. 1981. *Diabetes and you : a comprehensive, holistic approach*. England (UK): Rowman dan Littlefield Publishers, Inc.
- Almatsier, S. 2001. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Andayani, Y. 2003. *Mekanisme aktivitas antihiperlikemik ekstrak buncis (Phaseolus vulgaris Linn) pada tikus diabetes dan identifikasi komponen aktif* (disertasi). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Anonim. 1988. *Alloxan inhibition of Ca^{2+} and calmodulin dependent protein kinase activity in pancreatic islet*. Sagu Mutiara Indonesia. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Balagopalan, C., G. Padmaja, S.K. Nanda, dan S.N. Morthy. 1988. *Cassava in Food, Feed and Industry*. CRC Press. Boca Raton. Florida.
- Balz, F., K.H. Winterhalter, dan C. Ritcher. 1980. *Mechanism of alloxan induced calcium released from rat liver mitochondria*. *Journal Biology Chemical* 260: 7394-7401.
- Carolyn. 2001. *Diabetes and nutrition: the mitochondrial part 1, 2*. *Journal Nutrition* 131: 344-353.
- Colca, J.R. 1993. *Journal Biology Chemical* 258: 7260-7263.
- Dalimartha, S. 2002. *Ramuan Tradisional untuk Pengobatan Diabetes Mellitus*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Darjanto dan Murjadi. 1980. *Khasiat, Racun dan Makanan Ketela Pohon*. Yayasan Dewi Sri. Bogor.
- Departemen Kesehatan. 1992. *Daftar Kandungan Gizi Makanan*. Bharata. Jakarta.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia (Depkes RI). 2005. *Jumlah penderita diabetes Indonesia ranking ke-4 di dunia* (terhubung berkala). <http://www.depkes.go.id/index.php?option=news&task=viewarticle&sid=1183&itemid=2> (diakses pada 19 September 2015).
- Ellenberg, M. dan H. Rifkin. 1970. *Diabetes Melitus : Theory and Practice*. McGraw-Hill. New York.
- Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. 2006. *Hidup Sehat dengan Diabetes: Sebagai Panduan Bagi Penyandang Diabetes dan Keluarganya Serta Petugas Kesehatan yang Terkait*. Editor: Soewondo P. Penerbit FKUI. Jakarta.
- Fernandes, G.A. dan T.M.S. Wolever. 2005. Glycemic index of potatoes commonly consumed in North America. *Journal of American Dietetic Association* 105: 557-562.
- Ganong, F.W. 2002. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi ke 20*. EGC. Jakarta.
- Grace, M.R. 1977. *Cassava Processing*. FAO of United Nations. Roma.
- Granner, D.K. 2000. *Hormones of the pancreas and gastrointestinal tract*. Harper's *Biochemistry*. McGraw-Hill. New York.
- Indrasari, S.D., E.Y. Purwani, P. Wibowo, dan Jumali. 2008. Nilai indeks glikemik beras beberapa varietas padi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 27: 127-134.
- Joslin Diabetes Center Boston. 2007. Tentang diabetes (terhubung berkala) http://www.bodyclinicindonesia.com/library/tentang_diabetes.htm (diakses pada 11 November 2015).
- Kadri, H., E.J. Jarit, dan E. Rustam. 2010. Pengaruh Pemberian Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lam) terhadap Kadar Glukosa Darah dan Malondialdehid Serum Mencit yang Diinduksi Aloksan. *Majalah Kedokteran Andalas* 34: 81- 87.
- Lenzen, S. 2008. *The mechanism of alloxan- and streptozotocin-induced diabetes*. *Diabetologia* 51: 216-226.

- Liljeberg, H.G.M., A.K.E. Åerberg, dan I.M.E. Bjork. 1999. *Effect of the glycemic index and content of indigestible carbohydrates of cereal-based breakfast meals on glucose tolerance at lunch in healthy subjects. American Journal of Clinical Nutrition* 4: 647-655.
- Lingga, P. 1986. *Bertanam Ubi-Umbian*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Lisnan, V. 2008. *Pengembangan Beras Atifical dari Ubi Kayu (Manihot Ecculenta) dan Ubi Jalar (Ipomea Batatas) Sebagai Upaya Diversifikasi Pangan*. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian Bogor.
- Ludwig D.S. 2000. *Dietary glycemic index and obesity. Journal Nutrition Supplement* 130: 280-283.
- Masharani, U. 2008. *Diabetes Demystified*. Mc Graw-Hill. New York.
- McLetchie, N.G.B. 2002. *Aloxan diabetes: a discovery, albeit a minor one. Journal of the Royal Coolege of Physicians of Edinburgh* 32: 134-142.
- Miller, J.B., K.F. Powell, dan S. Colagiuri. 1996. *The IG factor: the GI solution*. Hodder Headline Australia Pty Limited. Australia.
- Mohamed, K.R. 2006. *Penghabluran Semula (Recrystallization)*.
[Http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/0704/15/cakrawala/penelitian.htm](http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/0704/15/cakrawala/penelitian.htm).
(diakses pada 7 Oktober 2015).
- Muchtadi, D. 2000. *Sayur-Sayuran Sumber Serat dan Antioksidan: Mencegah Penyakit Degeneratif*. IPB Press. Bogor.
- Nugroho, A.E. 2006. *Hewan percobaan diabetes melitus: Patologi dan mekanisme aksi diabetogenik. Biodiversitas* 4: 378-382.
- Pranadji, D.K., D.H. Martianto, dan V.U. Subandriyo. 1999. *Perencanaan Menu untuk Penderita Diabetes Melitus*. Cetakan ke 2. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ragnhild, A.L., N.L. Asp, M. Axelsen, dan A. Raben. 2004. Glycemic index relevance for health, dietary recommendations, and nutritional labeling. Scandinavian. *Journal Nutrition* 48: 84–94.
- Rees, D.A. dan J.C. Alcolado. 2005. *Animal models of diabetes mellitus. Diabetes Medical* 22: 359–370.
- Retnaningsih C., Z. Noor, dan Y. Marsono. 2001. Sifat Hipoglikemik Pakan Tinggi Protein Kedelai Pada Model Diabetik Induksi Alloxan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 12: 141-146.

- Riaz, M.N. 2001. *Selecting the right extruder*. Extruction cooking technologies and application. CRC Press Boca Raton. USA.
- Riccardi, G., A.A. Rivellese, dan R. Giacco. 2008. Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes. *America Journal of Clinical Nutrition* 87: 269–74.
- Rimbawan dan A. Siagian. 2004. *Indeks Glikemik Pangan, Cara Mudah Memilih Pangan yang Menyehatkan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Rubin, A.L. 2004. *Diabetes for Dummies*. 2nd edition. Wiley Publishing. Indiana.
- Samad, M.Y. 2003. *Pembuatan Beras Tiruan dengan Bahan Baku Ubi kayu dan Sagu*. di dalam: Prosiding Seminar Teknologi untuk Negeri 2: 36-4001.
- Scobie, I.N. 2007. *Atlas of Diabetes Mellitus*. 3rd edition. Informa. London.
- Siagian, A., Rimbawan, H. Syarief, dan D. Dalimunthe. 2006. Pengaruh indeks glikemik, komposisi, dan cara pemberian pangan terhadap nafsu makan pada subjek obesitas dan normal. *Pengaruh Indeks Glikemik, Komposisi, dan Cara Pemberian Pangan* 101–112.
- Silalahi, J. 2006. *Makanan Fungsional*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Sulaksono. 1989. *Modifikasi Pengolahan dan Nutrifikasi Sagu Mutiara (Skripsi)*. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB.
- Suyono, S., S. Waspadji, S. Soegondo, Soewondo, I. Subekti, G. Semiardji, Batubara, dan E.I. Ilyas. 1995. *Penatalaksanaan Diabetes Melitus Terpadu : Sebagai Panduan Penatalaksanaan Diabetes Melitus Bagi Dokter Maupun Edukator*. Balai Penerbit FKUI. Jakarta.
- Szkudelski, T. 2001. *The mechanism of alloxan and streptozotocin action in cells of the rat pancreas*. *Physiology Research* 50: 536-540.
- Thomas, D.E., E.J. Elliott, dan L. Baur. 2007. Low glycaemic index or low glycaemic load diets for overweight and obesity. *Cochrane Database Systematic* 18: CD005105.
- Tjokroadikoesoemo, P.S. 1986. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Gramedia. Jakarta.
- Trinidad, T.P., A.C. Mallillin, R.S. Sagum, dan R.R. Encabo. 2010. Glycemic index of commonly consumed carbohydrate foods in the Philippines. *Journal Functional Foods* 2: 271-274.

- Walde, S.S., C. Dohle, P. Schott-Ohly, dan H. Gleichmann. 2002. *Molecular target structures in alloxan-induced diabetes in mice*, *Life Sciences* 71:1681–1694.
- Widowati, S. 2007. Pemanfaatan ekstrak teh hijau (*Camellia sinensis* O. Kuntze) dalam pengembangan beras fungsional untuk penderita diabetes melitus. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- World Health Organization (WHO). 2006. *Diabetes* (terhubung berkala). <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/> (diakses 19 November 2015).