

**PENGARUH METODE PEMASAKAN NASI INSTAN TERHADAP
KADAR GLUKOSA DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN**

(Skripsi)

Oleh

SISKA SETIA NINGRUM



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRACT

THE EFFECT OF INSTANT RICE COOKING METHODS ON BLOOD GLUCOSE LEVEL OF ALLOXAN INDUCED MICE

By

SISKA SETIA NINGRUM

Low glycemic index of rice has beneficial effect for diabetes patients. Some cooking methods of rice have been found significantly decrease glycemic index of rice. The aims of this research were (1) to evaluate the effect of diet containing instant rice cooked with heating and cooling repeatedly method or addition of *sodium tripolyphosphate* (STPP) on blood glucose level of alloxan induced mice, (2) to obtain the best method of instant rice cooking which was able to decrease blood glucose level of alloxan induced mice. The research was arranged in Randomized Complete Design (CRD) non-factorial with seven replications. Analysis of variance (Anova) was applied to the data in order to get estimated error and to observe the differentiation between the groups. Homogeneity and additivity of the data were evaluated using Bartlett and Tuckey analysis. To explore further and compare the mean of one group with the mean of another, Least Significant Difference (LSD) test was applied with a 5 % confidence level. The research result showed that all diets have significant effects on decreasing

speed of blood glucose level of alloxan induced mice. The heating and cooling repeatedly method decreased the blood glucose level of alloxan induced mice better than addition of *sodium tripolyphosphate* (STPP) method, 323.286 mg/dL and 107.571 mg/dL respectively.

Keywords: *instant rice, alloxan, sodium tripolyphosphate, blood glucose, mice.*

ABSTRAK

PENGARUH METODE PEMASAKAN NASI INSTAN TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN

Oleh

SISKA SETIA NINGRUM

Nasi dengan indeks glikemik rendah memiliki pengaruh positif terhadap penderita diabetes. Beberapa cara pemasakan nasi telah diketahui dapat menurunkan indeks glikemik nasi. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui pengaruh pemberian nasi instan yang diolah dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang atau penambahan *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) terhadap kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan, (2) memperoleh perlakuan terbaik pemasakan nasi yang mampu menurunkan kadar glukosa darah mencit. Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) nonfaktorial dengan tujuh ulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antar perlakuan. Kehomogenan data diuji dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan data diuji lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian nasi instan berpengaruh terhadap laju perubahan

kadar glukosa darah mencit. Pemasakan nasi instan dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang dapat menurunkan kadar glukosa darah mencit lebih tinggi dibandingkan dengan nasi instan yang dimasak dengan penambahan STTP yaitu masing-masing 323,286 mg/dL dan 107,571 mg/dL.

Kata kunci: *nasi instan, aloksan, sodium tripolyphosphate, glukosa darah, mencit.*

**PENGARUH METODE PEMASAKAN NASI INSTAN TERHADAP
KADAR GLUKOSA DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN**

Oleh

SISKA SETIA NINGRUM

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **PENGARUH METODE PEMASAKAN NASI INSTAN TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN**

Nama Mahasiswa : **Siska Setia Ningrum**

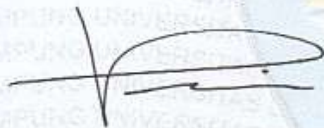
Nomor Pokok Mahasiswa : 1314051044

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing




Dr. Ir. Samsu U. Nurdin, M.Si.
NIP 19670615 199403 1 003



Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc.
NIP 19680409 199303 1 002

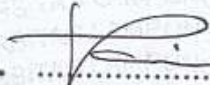
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian




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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji


Ketua : **Dr. Ir. Samsu U. Nurdin, M.Si.** 

Sekretaris : **Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc.** 

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sussi Astuti, M.Si.** 

2. Dekan Fakultas Pertanian




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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Desember 2017**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Siska Setia Ningrum NPM 1314051044

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 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, 22 Desember 2017
Yang membuat pernyataan



Siska Setia Ningrum
NPM. 1314051044

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kedaton Dua, Kecamatan Batanghari Nuban, Kabupaten Lampung Timur pada 07 Januari 1996 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sumiyo dan Ibu Karni.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK PGRI Kedaton Dua pada tahun 2001, Sekolah Dasar di SD Negeri 01 Kedaton Dua pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 03 Batanghari Nuban pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 01 Kota Gajah pada tahun 2013. Pada tahun 2013, penulis diterima sebagai mahasiswi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama kuliah penulis merupakan mahasiswa penerima beasiswa Bidik Misi. Penulis pernah bergabung dalam Forum Ilmiah Mahasiswa (FILMA) Fakultas Pertanian tahun ajaran 2014 – 2015 sebagai Tutor pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.

Pada bulan Januari - Maret 2016, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di Pekon Penengahan, Kecamatan Karya Penggawa, Kabupaten Pesisir Barat dengan tema “Implementasi Keilmuan dan Teknologi Tepat Guna dalam Pemberdayaan Masyarakat dan Pembentukan Karakter Bangsa melalui Penguatan Fungsi Keluarga (POSDAYA)”. Pada bulan Agustus 2016, penulis

melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk Cabang Lampung, dan menyelesaikan laporan PU yang berjudul “Mempelajari Sistem Manajemen Mutu dan Aktivitas Processing Mi Instan di PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk Cabang Lampung, Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan”.

SANWACANA

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Alhamdulillahirobbil'alamiin. Puji Syukur kehadiran Allah SWT, Rabb semesta alam yang telah memberikan rahmat karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Metode Pemasakan Nasi Instan Terhadap Kadar Glukosa Darah Mencit yang Diinduksi Aloksan” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih 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.
3. Bapak Dr. Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si. selaku pembimbing utama skripsi sekaligus Pembimbing Akademik atas bimbingan, kesabaran, arahan, motivasi, nasehat, penyediaan fasilitas dan bahan-bahan keperluan penelitian yang telah diberikan hingga skripsi ini selesai.
4. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, masukan, saran, serta motivasi kepada penulis.

5. Ibu Dr. Ir. Sussi Astuti, M.Si. selaku penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen THP atas ilmu dan wawasan yang telah diberikan, serta seluruh staf administrasi dan laboratorium atas segala bantuannya.
7. Keluargaku tercinta (Pak Mio, Mak Karni, Mas Pendi dan Mbak Lia) terima kasih atas doa, dukungan, nasehat serta kasih sayang yang selalu mengalir untuk keberhasilan penulis.
8. Sahabat-sahabatku (Febry, Fitri, Ipeh, Indah, Umami, Nur, Yofita, dan Oke) dan teman-teman terbaikku angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat, canda tawa, dan kebersamaannya selama masa perkuliahan.
9. Sahabat lab ku Ma'rifah dan Yofita, serta Kak Isnaini dan Mbak devi yang selalu memberikan semangat dan bantuan selama di laboratorium.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 22 Desember 2017

Penulis

Siska Setia Ningrum

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan	4
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
1.4. Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Diabetes Mellitus	7
2.2. Beras	10
2.3. Pati	14
2.4. Daya Cerna dan Metabolisme Pati.....	16
2.5. <i>Sodium Tripolyphosphate</i> (STPP).....	17
2.6. Aloksan	19
2.7. Nasi Instan	21
III. BAHAN DAN METODE	23
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2. Bahan dan Alat.....	23
3.3. Metode Penelitian	24
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.4.1. Pembuatan Nasi Instan.....	25
3.4.2. Uji Pendahuluan Dosis Aloksan	27
3.4.3. Pengujian Mencit Diabetes secara <i>In Vivo</i>	28
3.4.3.1. Persiapan Ransum Hewan Percobaan	28
3.4.3.2. Pengujian pada Mencit	29
3.5. Pengamatan	31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Uji Pendahuluan Dosis Aloksan	32
4.2. Kadar Glukosa Darah Mencit	34
4.3. Perkembangan Berat Badan Mencit, Jumlah Konsumsi Pakan, dan Efisiensi Pakan Mencit selama Percobaan	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia beras giling per 100 g	12
2. Standar mutu beras (SNI 01-6128-2008).....	13
3. Pembagian kelompok mencit pada uji pendahuluan dosis aloksan	27
4. Komposisi kimia nasi instan yang diproduksi dengan tiga cara pemasakan	28
5. Berbagai komposisi tepung nasi instan sebagai ransum mencit	29
6. Kadar glukosa darah mencit tiga hari setelah induksi aloksan sebagai uji pendahuluan	32
7. Perbedaan perlakuan terhadap perubahan berat badan dan terhadap perbandingan perubahan berat badan dengan jumlah konsumsi pakan rata-rata.....	43
8. Perubahan kadar glukosa darah mencit.....	55
9. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) perubahan kadar glukosa darah mencit.....	55
10. Analisis ragam perubahan kadar glukosa darah mencit.....	56
11. Uji BNT perubahan kadar glukosa darah mencit.....	56
12. Perubahan berat badan mencit	57
13. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) perubahan berat badan mencit	57
14. Analisis ragam rata-rata perubahan berat badan mencit	58
15. Uji BNT perubahan berat badan mencit.....	58
16. Rata-rata konsumsi ransum mencit selama 15 hari perlakuan	59

17. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) rata-rata konsumsi ransum mencit selama 15 hari perlakuan.....	59
18. Analisis ragam rata-rata konsumsi ransum mencit selama 15 hari perlakuan	60
19. Uji BNT rata-rata konsumsi ransum mencit selama 15 hari perlakuan	60
20. Efisiensi pakan mencit selama 15 hari perlakuan	61
21. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) efisiensi pakan mencit selama 15 hari perlakuan	61
22. Efisiensi pakan mencit selama 15 hari perlakuan (data ditransformasi menggunakan rumus $\sqrt{(x + 0,05)}$)	62
23. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) efisiensi pakan mencit selama 15 hari perlakuan	62
24. Analisis ragam efisiensi pakan mencit selama 15 hari perlakuan.....	63
25. Uji BNT efisiensi pakan mencit selama 15 hari perlakuan.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur (a) amilosa dan (b) amilopektin	15
2. Struktur kimia <i>sodium tripolyphosphate</i> (STPP).....	17
3. Struktur kimia aloksan	19
4. Diagram alir pembuatan nasi instan untuk uji <i>in vivo</i> pada mencit ...	26
5. Alur pelaksanaan penelitian pemberian nasi instan pada mencit.....	30
6. Reaksi Fenton.....	34
7. Rata-rata kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan akibat pemberian nasi instan P1, nasi instan yang dimasak dengan cara penambahan STPP (P2), dan nasi instan yang dimasak dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang (P3).....	35
8. Perubahan kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan akibat pemberian nasi instan P1, nasi instan yang dimasak dengan cara penambahan STPP (P2), dan nasi instan yang dimasak dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang (P3).....	38
9. Perkembangan berat badan mencit yang diinduksi aloksan akibat pemberian nasi instan P1, nasi instan yang dimasak dengan cara penambahan STPP (P2), dan nasi instan yang dimasak dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang (P3).....	41
10. Perubahan berat badan mencit yang diinduksi aloksan akibat pemberian nasi instan P1, nasi instan yang dimasak dengan cara penambahan STPP (P2), dan nasi instan yang dimasak dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang (P3)	42

11. Rata-rata konsumsi ransum pada pemberian nasi instan P1, nasi instan yang dimasak dengan cara penambahan STPP (P2), dan nasi instan yang dimasak dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang (P3).....	44
12. Persiapan bahan ransum mencit.....	64
13. Persiapan larutan aloksan.....	64
14. Penimbangan bahan untuk ransum mencit.....	64
15. Persiapan ransum mencit.....	65
16. Pencampuran bahan untuk ransum mencit.....	65
17. Penimbangan ransum per 10 g.....	65
18. Induksi aloksan pada mencit.....	66
19. Pengelompokan mencit.....	66
20. Pengukuran kadar glukosa darah mencit.....	66

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Diabetes mellitus merupakan penyakit kronis yang pada saat ini sudah menjadi ancaman bagi kesehatan di Indonesia (IDF, 2012). Pada tahun 2000, penderita diabetes mellitus di Indonesia mencapai 8,4 juta orang dan menduduki peringkat keempat diantara 10 negara yang memiliki prevalensi diabetes tertinggi di dunia setelah India, China, dan Amerika Serikat. Jumlah tersebut diperkirakan akan meningkat lebih dari dua kalinya pada tahun 2030, yaitu menjadi 21,3 juta orang (Wild *et al.*, 2004). Dari berbagai penelitian epidemiologis, didapatkan angka kejadian penyakit diabetes mellitus di Indonesia sebesar 1,5 - 2,3 % pada penduduk usia lebih dari 15 tahun (Kementerian Kesehatan R I, 2009). Statistik menunjukkan bahwa kurva kejadian diabetes mencapai puncaknya pada umur 40 - 60 tahun (Haznam, 1991).

Penyakit diabetes mellitus ditandai dengan kenaikan kadar glukosa darah karena gangguan sekresi insulin atau kinerja insulin, sehingga terjadi abnormalitas metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein, baik secara absolut maupun relatif. Diabetes mellitus termasuk salah satu penyakit degeneratif, yaitu penyakit akibat

fungsi atau struktur dari jaringan atau organ tubuh yang secara progresif menurun dari waktu ke waktu karena usia atau gaya hidup (Hadisaputro dan Setyawan, 2007). Diabetes mellitus dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu tipe 1 dan tipe 2 (Keim *et al.*, 2006; Anderson, 2006). Sebagian besar penderita diabetes di Indonesia adalah tipe 2 (Kementerian Kesehatan R I, 2009) yang ditandai dengan kemampuan pankreas menghasilkan insulin, tetapi tidak mampu mendorong berlangsungnya metabolisme glukosa karena sensitivitasnya yang rendah (Keim *et al.*, 2006; Anderson, 2006).

Tingginya kadar glukosa darah merupakan masalah utama pada penderita diabetes mellitus. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyeimbangan asupan makanan dengan ketersediaan insulin untuk mencapai dan mempertahankan kadar glukosa darah pada kisaran normal (Anderson, 2006). Makanan yang mempunyai indeks glikemik rendah dan berkadar serat tinggi yang dapat diterima penderita diabetes perlu diproduksi, karena terbukti dapat menurunkan kadar glukosa darah penderita diabetes mellitus (Post *et al.*, 2012).

Di Indonesia, makanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat sebagai sumber energi yaitu nasi. Namun, nasi putih mempunyai indeks glikemik tinggi sebesar 73 ± 4 (Atkinson *et al.*, 2008) yang dapat menyebabkan peningkatan respon glukosa darah dan insulin (Leszczynski, 2004), sehingga untuk menghindari hal tersebut penderita diabetes dianjurkan mengonsumsi nasi dengan indeks glikemik yang rendah yaitu kurang dari 55 (Atkinson *et al.*, 2008). Oleh karena itu, diperlukan alternatif yang tepat untuk membuat daya cerna pati pada nasi menurun, yaitu dengan adanya

penambahan komponen aktif (Indrasari *et al.*, 2008). Diharapkan nasi tersebut tetap memiliki rasa, aroma, tekstur, warna dan kenampakan seperti nasi biasa setelah pemasakan; nilai gizi dan komposisinya seimbang; dan dapat diproduksi dalam jumlah banyak (Pamungkas *et al.*, 2013). Nasi dengan karakteristik tersebut dapat dihasilkan dengan membuat pati pada beras menjadi resisten melalui teknik pemanasan dan pendinginan berulang untuk meretrogradasi amilopektin pada pati agar tidak dapat dicerna enzim amilase (Leszczynski, 2004), serta mereaksikan pati pada nasi dengan senyawa *sodium tripolyphosphate* (STPP) pada konsentrasi sampai dengan 9,6 % sehingga kadar pati resisten meningkat (Amurwani, 2016).

Nasi yang dihasilkan dari teknik pemanasan dan pendinginan berulang diharapkan memiliki daya cerna rendah dengan sifat organoleptik yang disukai (Nurdin dan Sukohar, 2015). Amurwani (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa nasi yang ditambahkan *sodium tripolyphosphate* (STPP) dengan berbagai konsentrasi masih dapat diterima secara organoleptik. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengujian lebih lanjut secara *in vivo* untuk mengetahui pengaruh konsumsi nasi instan yang diperoleh dari teknik pemanasan dan pendinginan berulang, serta nasi dari teknik modifikasi pati secara kimiawi menggunakan STPP terhadap kadar glukosa darah mencit diabetes. Menurut Malole dan Pramono (1989), mencit berpotensi menderita diabetes apabila kadar glukosa darah melebihi 200 mg/dL.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian adalah.

1. Mengetahui pengaruh pemberian nasi instan yang diolah dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang, serta penambahan *sodium tripolyphosphate* (STPP) terhadap kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan.
2. Memperoleh perlakuan terbaik pemasakan nasi instan yang mampu mempercepat penurunan kadar glukosa darah mencit.

1.3. Kerangka Pemikiran

Nasi yang mengandung pati dengan tingkat resistensi rendah melalui hidrolisis enzim akan menghasilkan glukosa dalam jumlah tinggi yang dapat dideteksi pada darah setelah beberapa saat mengonsumsi nasi tersebut. Jenis nasi dengan kalori dan daya cerna tinggi dapat berakibat pada peningkatan penyakit diabetes (Sun *et al.*, 2010). Boonna *et al.*, (2010) menyatakan bahwa dampak merugikan dari konsumsi nasi dapat dikurangi dengan menurunkan daya cerna pati pada nasi melalui pembentukan pati resisten. Pati resisten digolongkan sebagai sumber serat tidak larut (Okoniewska dan Witwer, 2007) dan berpotensi memperbaiki sensitivitas insulin (Robertson *et al.*, 2005).

Pati resisten pada nasi instan tergolong jenis pati resisten tipe 3 (RS 3) jika merupakan pati teretrogradasi yang terbentuk akibat proses pengolahan, dan pati resisten tipe 4 (RS 4) apabila merupakan pati hasil modifikasi (Leszczynski, 2004;

Keim *et al.*, 2006). Haynes *et al.* (2000) menyatakan bahwa proses gelatinisasi dan perlakuan panas berperan dalam produksi pati dengan kalori rendah dan tahan terhadap proses pencernaan. Pada saat pemasakan, pati akan mengalami gelatinisasi sehingga struktur polisakaridanya terbuka dan lebih mudah dihidrolisis oleh enzim amilase (Belitz dan Grosch, 1999). Proses pendinginan nasi akan menyebabkan pati yang tergelatinisasi tersebut mengalami proses retrogradasi. Retrogradasi menyebabkan struktur pati tertutup untuk dihidrolisis oleh enzim amilase sehingga pati yang teretrogradasi memiliki daya cerna dan indeks glikemik yang rendah (Leszczynski, 2004; Sajilata *et al.*, 2006). Retrogradasi pati beras terjadi maksimal pada suhu 4°C selama 24 jam. Penyimpanan nasi pada suhu 4°C juga menurunkan indeks glikemik pada nasi (Frei dan Becker, 2005).

Selain melalui proses retrogradasi, daya cerna pati dapat diturunkan dengan cara merubah struktur kimia pati yang dapat dilakukan dengan mereaksikan pati dengan senyawa bersifat netral atau asam yang berikatan dengan gugus aktif glukosa penyusun pati (Belitz dan Grosch, 1999). Cara tersebut tergolong pembentukan pati resisten tipe 4 (RS 4) yang dapat meningkatkan kadar serat. Bahan kimia yang sering digunakan untuk memberikan perubahan pada pangan seperti tekstur yang kenyal, kepulenan, rasa asin, dan aroma khas pangan salah satunya adalah *sodium tripolyphosphate* (STPP) (Woo dan Seib, 2002). Pada reaksinya, *polyphosphate* akan membentuk ikatan silang dengan gugus aktif hidroksil pati sehingga pati sulit dicerna (Wootton dan Chaudhry, 1979). Senyawa *phospate* dilaporkan memiliki keefektifan dalam pembentukan pati resisten dibandingkan dengan senyawa sulfat, dan pati

resisten yang dihasilkan terbukti mampu menurunkan berat badan dan memperbaiki profil lemak mencit yang mengalami obesitas, yang merupakan faktor risiko dari penyakit diabetes mellitus, khususnya tipe 2 (Lee *et al.*, 2012).

Diabetes mellitus tipe 2 yang terjadi pada sebagian besar kelompok obesitas merupakan dampak dari resistensi insulin. Pada obesitas terjadi penumpukan lemak yang berlebihan didalam tubuh. Jaringan lemak tersebut merupakan suatu jaringan endokrin aktif yang dapat melepaskan sitokin-sitokin adiposa. Sitokin adiposa ini memiliki efek proinflamasi dan dapat mengganggu jalur persinyalan insulin yang kemudian dapat berakhir pada keadaan resistensi insulin. Resistensi insulin yang terjadi dapat mengakibatkan penurunan kerja insulin pada jaringan sasaran sehingga menyebabkan glukosa sulit memasuki sel. Keadaan ini berakhir kepada peningkatan kadar glukosa dalam darah (Claresalzer *et al.*, 2007).

1.4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perlakuan pemasakan nasi instan dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang, serta penambahan *sodium tripolyphosphate* (STPP) berpengaruh terhadap kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan.
2. Terdapat satu perlakuan terbaik pemasakan nasi instan yang mampu mempercepat penurunan kadar glukosa darah mencit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus merupakan penyakit kronis gangguan metabolik pada metabolisme karbohidrat, lemak, protein dalam tubuh sebagai sumber energi akibat kekurangan hormon insulin yang dihasilkan oleh kelompok sel β di pankreas (Tera, 2011).

Menurut *criteria diagnostic* PERKENI (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia) (2015), seseorang dikatakan menderita diabetes jika memiliki kadar glukosa darah puasa ≥ 126 mg/dL dan pada tes sewaktu ≥ 200 mg/dL. Kadar glukosa darah sepanjang hari bervariasi, yang akan meningkat setelah makan dan kembali normal dalam waktu 2 jam. Gejala umum yang timbul pada penderita diabetes diantaranya yaitu *polyfagia* (banyak makan), *polydipsi* (banyak minum), dan *polyuria* (sering kencing) (Tjokropawiro, 2003). Dalam fase ini biasanya penderita menunjukkan berat badan yang terus bertambah, karena pada saat kondisi tersebut jumlah insulin masih mencukupi. Gejala lain yang dapat dirasakan penderita adalah kekurangan energi, mudah lelah (*fatigue*) dan berat badan terus menurun (Tera, 2011).

Diabetes mellitus dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu tipe 1 dan tipe 2. Diabetes mellitus tipe 1 diartikan sebagai tipe diabetes yang bergantung pada insulin atau

IDDM (*Insulin Dependent Diabetes Mellitus*), sedangkan diabetes mellitus tipe 2 diartikan sebagai diabetes yang tidak bergantung pada insulin atau NIDDM (*Non Insulin Dependent Diabetes Mellitus*) (Murray *et al.*, 2003). Diabetes mellitus tipe 1 merupakan diabetes yang jarang atau sedikit populasinya, yang diperkirakan kurang dari 5 - 10 % dari keseluruhan populasi penderita diabetes. Diabetes tipe ini diakibatkan oleh rusaknya sel-sel pulau Langerhans yang disebabkan oleh reaksi autoimun. Pada pulau Langerhans kelenjar pankreas terdapat beberapa tipe sel, yaitu sel β , sel α dan sel δ (Ditjen Bina Farmasi dan Alkes, 2005).

Sel-sel β memproduksi insulin, sel-sel α memproduksi glukagon, sedangkan sel-sel δ memproduksi hormon somastatin. Namun demikian serangan autoimun secara selektif menghancurkan sel-sel β . Destruksi autoimun dari sel-sel β pulau Langerhans kelenjar pankreas langsung mengakibatkan defisiensi sekresi insulin. Defisiensi insulin inilah yang menyebabkan gangguan metabolisme yang menyertai diabetes tipe 1. Selain defisiensi insulin, fungsi sel-sel α kelenjar pankreas pada penderita diabetes tipe 1 juga menjadi tidak normal. Pada penderita diabetes tipe 1 ditemukan sekresi glukagon yang berlebihan oleh sel-sel α pulau Langerhans (Ditjen Bina Farmasi dan Alkes, 2005).

Secara normal, hiperglikemia akan menurunkan sekresi glukagon. Tetapi hal ini tidak terjadi pada penderita diabetes tipe 1. Sekresi glukagon akan tetap tinggi meskipun dalam keadaan hiperglikemia. Hal ini memperparah kondisi hiperglikemia. Salah satu manifestasi dari keadaan ini adalah cepatnya penderita diabetes tipe 1

mengalami *ketoacidosis diabetic* apabila tidak mendapatkan terapi insulin (Ditjen Bina Farmasi dan Alkes, 2005).

Penyebab diabetes mellitus tipe 2 yaitu karena sel-sel sasaran insulin gagal atau tidak mampu merespon insulin secara normal. Keadaan ini disebut sebagai resistensi insulin. Selain itu, pada penderita diabetes tipe 2 juga dapat timbul gangguan-gangguan sekresi insulin dan produksi glukosa *hepatic* yang berlebihan. Namun, tidak terjadi pengrusakan sel-sel Langerhans secara autoimun sebagaimana yang terjadi pada diabetes tipe 1. Dengan demikian defisiensi fungsi insulin pada penderita diabetes tipe 2 hanya bersifat relatif (Ditjen Bina Farmasi dan Alkes, 2005).

Faktor risiko yang biasa terjadi pada diabetes tipe 2 adalah obesitas, yang pada umumnya menyebabkan gangguan pada kerja insulin. Selain terjadi penurunan kepekaan jaringan pada insulin, terjadi pula suatu defisiensi jaringan terhadap insulin maupun kerusakan respon sel terhadap glukosa dapat lebih diperparah dengan meningkatnya hiperglikemia, dan kedua kerusakan tersebut dapat diperbaiki melalui manuver-manuver terapeutik yang mengurangi hiperglikemia tersebut (Ditjen Bina Farmasi dan Alkes, 2005). Pengobatan yang dilakukan untuk memerangi diabetes mellitus tipe 2 pada umumnya yaitu dengan cara diet khusus, olahraga teratur, dan obat-obatan *antidiabetic*. Selain itu, perlu diperhatikan cara pola makan atau dalam memilih makanan yang tepat. Memilih pangan (karbohidrat) yang tidak menaikkan kadar glukosa darah secara drastis merupakan salah satu upaya untuk menjaga kadar glukosa darah pada taraf normal (Maulana, 2008).

2.2. Beras

Beras merupakan hasil yang diperoleh dari proses penggilingan gabah dari tanaman padi (*Oryza sativa*) yang seluruh lapisan sekamnya terkelupas dan seluruh atau sebagian lembaga serta lapisan bekatulnya telah dipisahkan (SNI 01-6128-2008).

Kedudukan beras di Indonesia memiliki peran penting dalam perekonomian nasional, karena merupakan jenis makanan pokok sebagai sumber energi bagi penduduk Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi padi Indonesia tahun 2011 berjumlah 65.756.904 ton dengan tingkat konsumsi beras penduduk 139 kg per kapita/tahun. Angka ini lebih tinggi dari konsumsi beras per kapita Malaysia (63 kg/tahun), Jepang (60 kg/tahun), China (70 kg/tahun), dan Thailand (79 kg/tahun). Selain itu, dari segi jumlah konsumsi beras, Indonesia menempati urutan ketiga tertinggi setelah China dan India. Budaya pangan nasional terhadap nasi menyebabkan tingginya angka konsumsi beras nasional (DPR R I, 2013).

Beras merupakan makanan utama yang menjadi sumber pati dan protein bagi penduduk dunia. Pati merupakan kandungan utama beras yang terdapat dalam bagian endosperm berbentuk granula majemuk berukuran 3 - 10 μm . Pati pada beras terdapat sekitar 80 - 85 %. Pati beras tersusun dari dua polimer karbohidrat, yaitu amilosa dengan kadar berkisar 1 – 37 % (Somantri, 1983) dan amilopektin, yang mana perbandingan kedua golongan pati ini menentukan warna dan tekstur nasi (Dianti, 2010). Semakin kecil kadar amilosa atau semakin tinggi kadar amilopektinnya, semakin lekat nasi tersebut. Berdasarkan kadar amilosa, beras (nasi) diklasifikasikan menjadi empat golongan yaitu beras dengan kadar amilosa tinggi

(25 – 33 %); beras dengan kadar amilosa menengah (20 – 25 %); beras dengan kadar amilosa rendah (9 – 20 %); dan beras dengan kadar amilosa sangat rendah (< 9 %) (Winarno, 1991).

Protein di dalam endosperm berbentuk butiran dengan ukuran 1 - 4 μm . Di beberapa Negara berkembang, beras menyumbang 4.000 kJ energi per kapita per hari. Beras juga menyediakan sekitar 20 % total energi per kapita dan 13 % protein bagi penduduk dunia. Di Asia, beras menyumbangkan 35 % energi dan 28 % protein, sedangkan di Amerika Selatan sebesar 12 % energi dan 9 % protein (Prabowo, 2006).

Komposisi dan sifat biji padi bergantung pada faktor genetik varietas, pengaruh lingkungan, dan pengolahan pasca panen. Karbohidrat merupakan komposisi kimia terbesar dalam beras yang terdapat sekitar 79 %. Energi yang dihasilkan dari setiap 100 g beras yaitu sebesar 365 kilo kalori (Wijaya *et al.*, 2012). Komposisi kimia beras giling per 100 g disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia beras giling per 100 g

Keterangan	Nilai
Energi Karbohidrat 79 g	1,527 kJ (365 kcal)
- Karbohidrat	79 g
- Serat pangan	0,12 g
Lemak	0,66 g
Protein	7,13 g
Air	11,62 g
Thiamin (Vit. B1)	0,070 mg (5 %)
Riboflavin (Vit. B2)	0,049 mg (3 %)
Niasin (Vit. B3)	1,6 mg (11 %)
Asam Pantothenat (B5)	1,014 mg (20 %)
Vitamin B6	0,164 mg (13 %)
Folat (Vit. B9)	8 µg (2 %)
Kalsium	28 mg (3 %)
Besi	0,80 mg (6 %)
Magnesium	25 mg (7 %)
Mangan	1,088 mg (54 %)
Fosfor	115 mg (16 %)
Potassium	115 mg (2 %)
Seng	1,09 mg (11 %)

Sumber: Departemen Kesehatan R I (1995).

Standar mutu beras yang baik terdapat pada SNI 01-6128:2008 tentang beras. Isinya antara lain memuat persyaratan mutu dan keamanan pangan. Standar mutu beras terdiri atas persyaratan umum dan persyaratan khusus. Adapun persyaratan umum tentang mutu beras yaitu :

a. Bebas hama dan penyakit;

Beras yang sudah lama disimpan biasanya mulai berketu. Beras yang telah berketu menunjukkan beras tersebut tidak mengandung zat kimia, tetapi bukan merupakan beras terbaik karena beras tersebut kemungkinan tertular dari beras lain

yang telah berketu. Kondisi tersebut dikarenakan pengaruh dari kondisi lingkungan, cara pemanenan dan cara penyimpanan yang kurang baik.

b. Bebas bau apek, asam atau bau asing lainnya;

Beras yang sudah lama disimpan (lebih dari satu bulan) biasanya sudah berbau apek, terutama beras yang belum benar-benar kering kemudian dilakukan proses penggilingan, akan menimbulkan bau apek/tengik.

c. Bebas dari campuran dedak dan bekatul;

d. Bebas dari bahan kimia yang membahayakan dan merugikan konsumen.

Persyaratan standar mutu beras SNI 01-6128-2008 terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar mutu beras (SNI 01-6128-2008)

No.	Komponen Mutu	Satuan Mutu	Mutu I	Mutu II	Mutu III	Mutu IV	Mutu V
1	Derajat sosoh (min)	%	100	100	95	95	85
2	Kadar air (maks)	%	14	14	14	14	15
3	Butir kepala (min)	%	95	89	78	73	60
4	Butir patah (maks)	%	5	10	20	25	35
5	Butir menir (maks)	%	0	1	2	2	5
6	Butir merah (maks)	%	0	1	2	3	3
7	Butir kuning/rusak (maks)	%	0	1	2	3	5
8	Butir mengapur (maks)	%	1	1	2	3	5
9	Benda asing (maks)	%	0	0,02	0,02	0,05	0,02
10	Butir gabah (maks)	(butir/100 g)	0	1	1	2	3

Sumber: SNI Beras 01-6128-2008.

2.3. Pati

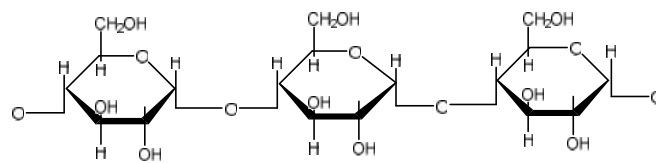
Pati beras tersusun dari dua polimer karbohidrat, yaitu amilosa dan amilopektin.

Amilosa merupakan polisakarida polimer yang tersusun dari glukosa sebagai monomernya. Tiap-tiap monomer terhubung dengan ikatan 1,4-glikosidik. Amilosa merupakan polimer tidak bercabang yang bersama-sama dengan amilopektin menjadi komponen penyusun pati. Dalam masakan, amilosa memberi efek keras bagi pati atau tepung (Whistler *et al.*, 1984).

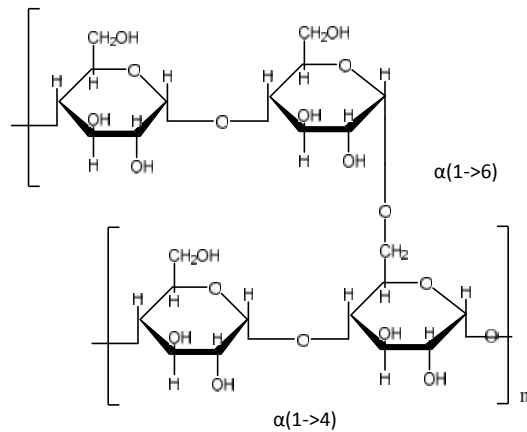
Amilosa merupakan bagian dari rantai lurus yang dapat memutar dan membentuk daerah sulur ganda. Pada permukaan luar amilosa yang bersulur tunggal terdapat hidrogen yang berikatan dengan atom O-2 dan O-6. Rantai lurus amilosa yang membentuk sulur ganda kristal tersebut tahan terhadap amilase. Ikatan hidrogen inter- dan intra-sulur mengakibatkan terbentuknya struktur hidrofobik dengan kelarutan yang rendah. Oleh karena itu, sulur tunggal amilosa mirip dengan siklodekstrin yang bersifat hidrofobik pada permukaan dalamnya. Amilosa merupakan fraksi gerak, yang artinya dalam granula pati letaknya tidak pada satu tempat, tetapi bergantung pada jenis pati. Umumnya amilosa terletak di antara molekul-molekul amilopektin dan secara acak berada selang-seling di antara daerah *amorf* dan kristal (Winarno, 1997).

Amilopektin merupakan polisakarida yang tersusun dari monomer D-glukosa. Secara struktural, amilopektin terbentuk dari rantai glukosa yang terikat dengan ikatan 1,4-glikosidik, sama dengan amilosa. Namun, pada amilopektin terbentuk

cabang-cabang (sekitar tiap 20 mata rantai glukosa) dengan ikatan 1,6-glikosidik. Amilopektin adalah fraksi pati yang tidak larut dalam air. Amilopektin memiliki berat molekul ± 500.000 , dan apabila ditambahkan iodin maka akan memberikan warna coklat violet. Dalam produk makanan, amilopektin bersifat merangsang terjadinya proses mekar (*puffing*), dimana produk makanan yang berasal dari pati yang kandungan amilopektinnya tinggi akan bersifat ringan, porous, garing dan renyah (Whistler *et al.*, 1984). Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Struktur (a) amilosa dan (b) amilopektin
Sumber: Wijaya *et al.* (2012).

2.4. Daya Cerna Pati dan Metabolisme Pati

Daya cerna pati merupakan kemampuan pati untuk dihidrolisis oleh enzim α -amilase dan glukoamilase menjadi glukosa dan dapat diserap oleh tubuh. Daya cerna yang tinggi akan mengakibatkan kadar glukosa darah di dalam tubuh meningkat. Apabila jumlah insulin yang diproduksi rendah, maka kondisi ini dapat memicu munculnya penyakit diabetes mellitus. Oleh karena itu, daya cerna serta aktivitas enzim yang dapat menghambat pencernaan pati harus diturunkan sehingga sekresi insulin menjadi berkurang (Himmah dan Handayani, 2012). Faktor-faktor yang dapat menurunkan daya cerna pati yaitu keberadaan anti nutrisi atau anti amilase (serat pangan, tannin), dan struktur kimia pati.

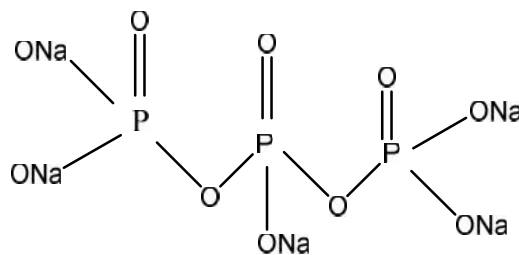
Daya cerna pati yang semakin menurun menandakan bahwa pati resisten dalam bahan pangan semakin meningkat. Pati resisten merupakan pati yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim-enzim amilolitik. Pati resisten ini tidak dapat diserap oleh usus halus manusia dan lolos ke dalam usus besar (kolon), dan dikatagori ke dalam serat pangan (*dietary fiber*) (AACC, 2001). Jenis pati resisten ada 4, antara lain yaitu pati resisten tipe satu (RS 1) yang merupakan pati yang secara fisik terlindungi oleh komponen lain dari bahan pangan sehingga enzim tidak dapat menjangkau granula pati; pati resisten tipe dua (RS 2) merupakan pati mentah yang bentuk granula patinya secara alamiah tidak mampu ditembus oleh enzim, tetapi bisa dimasak, sehingga pati resisten jenis ini menjadi tidak resisten; pati resisten tipe tiga (RS 3) merupakan pati teretrogradasi yang terbentuk akibat proses pengolahan; dan pati resisten tipe empat

(RS 4) yang merupakan pati termodifikasi, baik hasil modifikasi kimia maupun fisik (Leszczynski, 2004; Keim *et al.*, 2006).

Kandungan RS dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin, konsentrasi enzim *pululanase*, konsentrasi pati, suhu pemanasan, siklus pemanasan dan pendinginan, kondisi penyimpanan, dan adanya lipid atau substansi bermolekul rendah (Sajilata *et al.*, 2006). Indikasi bahwa kadar pati resisten meningkat adalah apabila daya cerna patinya rendah. Pada beras kadar pati resistennya berkisar antara 0,08 - 0,2 %, sedangkan daya cerna pati beras yang dilakukan secara *in vitro*, berkisar 62 - 81 % (Argasasmita, 2008).

2.5. *Sodium Tripolyphosphate (STPP)*

Sodium tripolyphosphate (STPP) merupakan senyawa kimia anorganik dengan rumus $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, bersifat basa, higroskopis, berbentuk butiran serbuk berwarna putih, dan bersifat mudah larut di dalam air. Kelarutan STPP dalam air sebesar 14,50 gram per 100 ml pada suhu 25°C (larutan 1 %) (Dziezak, 1990). Menurut Kerry *et al.* (2002), STPP memiliki nilai pH optimum 5,6. Struktur STTP disajikan pada Gambar 2



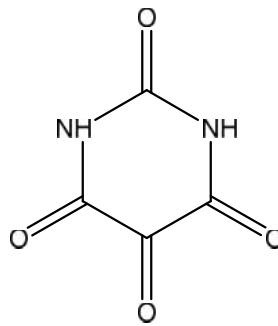
Gambar 2. Struktur kimia *sodium tripolyphosphate* (STPP)
Sumber: Earnshaw dan Greenwood (1997).

STPP banyak digunakan dalam industri pangan karena memiliki beberapa sifat kimia dan fungsi yang menguntungkan. Sifat-sifat fosfat yang utama adalah sebagai *buffer* dan pengontrol pH, dapat menginaktivasi ion logam yang biasanya merusak sistem pangan dengan membentuk endapan, berperilaku sebagai polivalensi dan polielektrolit. Fosfat juga berperan dalam hal nutrisi melalui pembentukan kompleks yang stabil dengan kalsium, besi dan magnesium yang memungkinkan nutrisi tersebut terserap ke dinding usus dan dapat digunakan oleh tubuh (Dziezak, 1990).

STPP dapat bereaksi dengan pati. Ikatan antara pati dengan fosfat diester atau ikatan silang antar gugus hidroksil (OH) akan menyebabkan ikatan pati menjadi kuat, tahan terhadap pemanasan dan asam, akibatnya derajat pembengkakan granula pati menurun sehingga tercerna lambat (Marsono, 1998). Diduga ikatan silang akan menghalangi masuknya enzim amilase melalui saluran berpori yang menembus bagian dalam granula pati (Huber and Be Miller, 2000). Semakin banyak residu fosfat yang membentuk ikatan silang, kadar pati resisten semakin tinggi (Wulan *et al.*, 2007). Menurut FDA (*Food and Drug Administration*) (1995), alkali fosfat dapat ditambahkan ke dalam produk pada konsentrasi 0,5 %. Apabila melebihi dosis 0,5 % akan berdampak pada penurunan penampilan produk. Residu STPP dalam bahan pangan tidak lebih dari 0,4 %. Semakin banyak penambahan STPP pada saat modifikasi pati, akan menyebabkan semakin banyak ikatan gugus fosfat dengan molekul pati, sehingga sifat granula pati semakin stabil dan tidak mudah terdispersi dalam air selama proses pencucian (Retnaningtyas *et al.*, 2014).

2.6. Aloksan

Aloksan adalah suatu substrat yang secara struktural merupakan derivat pirimidin sederhana dengan nama lain 2,4,5,6 *tetraoxypyrimidin*; 2,4,5,6-*primidinetetron*; 1,3-*Diazinan-2,4,5,6-tetron* (IUPAC) dan asam *Mesoxalylurea 5-oxobarbiturat*. Aloksan merupakan senyawa kimia tidak stabil dan senyawa hidrofilik. Waktu paruh aloksan pada pH 7,4 dan suhu 37°C adalah 1,5 menit (Watkins *et al.*, 1964). Aloksan memiliki rumus kimia $C_4H_2N_2O_4$, dan struktur kimia seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur kimia aloksan

Aloksan biasanya digunakan untuk menginduksi diabetes pada binatang percobaan untuk menghasilkan kondisi diabetik eksperimental (hiperglikemik) secara cepat. Pemberian aloksan pada binatang percobaan dapat secara intravena, intraperitoneal, atau subkutan (Szkudelski, 2001). Aloksan dapat menyebabkan diabetes melitus tergantung insulin pada binatang tersebut (aloksan diabetes) dengan karakteristik mirip dengan diabetes melitus tipe 1 pada manusia. Aloksan bersifat toksik selektif terhadap sel pankreas yang memproduksi insulin karena terakumulasinya aloksan secara khusus melalui transporter glukosa yaitu GLUT 2 (Filipponi *et al.*, 1986).

Efek diabetogenik aloksan bersifat antagonis terhadap glutation yang bereaksi dengan gugus SH. Aloksan bereaksi dengan merusak substansi esensial di dalam sel pankreas sehingga menyebabkan berkurangnya granula-granula pembawa insulin di dalam sel pankreas. Aloksan meningkatkan pelepasan insulin dan protein dari sel pankreas tetapi tidak berpengaruh pada sekresi glukagon. Efek ini spesifik untuk sel pankreas sehingga aloksan dengan konsentrasi tinggi tidak berpengaruh terhadap jaringan lain. Aloksan mungkin mendesak efek diabetogenik oleh kerusakan membran sel dengan meningkatkan permeabilitas (Watkins *et al.*, 1964). Pemberian aloksan menyebabkan adanya depolarisasi membran sel pankreas (Szkudelski, 2001).

Aksi sitotoksik aloksan dimediasi oleh radikal bebas. Aksi toksik aloksan pada sel diinisiasi oleh radikal bebas yang dibentuk oleh reaksi redoks (Watkins *et al.*, 1964). Aloksan dan produk reduksinya, asam dialurik, membentuk siklus redoks dengan formasi radikal superoksida. Radikal ini mengalami dismutasi menjadi hidrogen peroksida. Radikal hidroksil dengan kereaktifan yang tinggi dibentuk oleh reaksi fenton. Aksi radikal bebas dengan rangsangan tinggi meningkatkan konsentrasi kalsium sitosol yang menyebabkan destruksi cepat sel (Filipponi *et al.*, 1986). Penelitian terhadap mekanisme kerja aloksan secara *in vitro* menunjukkan bahwa aloksan menginduksi pengeluaran ion kalsium dari mitokondria yang mengakibatkan proses oksidasi sel terganggu. Keluarnya ion kalsium dari mitokondria mengakibatkan homeostasis yang merupakan awal dari matinya sel (Suharmiati, 2009).

2.7. Nasi Instan

Beras merupakan makanan pokok yang mengandung beragam komponen seperti karbohidrat, vitamin dan mineral, serta kandungan amilosa dan amilopektin.

Umumnya beras yang diproses melalui tahap pencucian, perendaman, pemasakan, dan pengukusan membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu 30 - 60 menit. Namun, beras juga dapat dimasak dengan metode *quick cooking rice*, sehingga menjadi beras instan yang dapat disajikan dalam waktu singkat. Beras instan ini dibuat menjadi porus sehingga air dan panas lebih cepat terserap ke dalam biji beras sehingga proses gelatinisasi menjadi lebih cepat dan menyebabkan waktu memasak beras juga menjadi lebih cepat. Nasi dapat dikatakan instan apabila dapat dipersiapkan dalam waktu 1 sampai 5 menit dengan cara persiapan yang sederhana. Setelah dimasak, diharapkan nasi instan tetap memiliki sifat yang sesuai dengan nasi biasa dalam hal rasa, aroma, tekstur, warna, dan kenampakan. Begitu pula dengan nilai gizinya, dan komposisinya seimbang serta mudah diproduksi dalam jumlah banyak (Pamungkas *et al.*, 2013).

Saat ini telah banyak berkembang beberapa makanan dan komponen makanan yang memiliki efek fisiologis dan psikologis menguntungkan. Dengan demikian pangan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan gizi saja, tetapi juga bersifat fungsional karena berfungsi untuk menjaga kesehatan dan kebugaran tubuh, memperbaiki fungsi fisiologis, atau membantu menyembuhkan penyakit. Pangan jenis ini disebut dengan istilah pangan fungsional (Sugiyono *et al.*, 2009). Suatu produk dapat dikatakan sebagai pangan fungsional apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut: (1) wajib

memenuhi kriteria produk pangan; (2) menggunakan bahan yang memenuhi standar mutu dan persyaratan keamanan serta standar dan persyaratan lain yang ditetapkan; (3) mempunyai manfaat bagi kesehatan; (4) disajikan dan dikonsumsi sebagaimana layaknya makanan dan minuman; (5) memiliki karakteristik sensori yang dapat diterima oleh konsumen; (6) komponen pangan fungsional tidak boleh memberikan interaksi yang tidak diinginkan dengan komponen lain (BPOM, 2005). Nasi instan dapat menjadi pangan fungsional bagi penderita diabetes mellitus apabila ditambahkan komponen aktif yang dapat menurunkan daya cerna patinya (Indrasari *et al.*, 2008).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, serta Kandang Hewan Percobaan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai dengan bulan Juni 2017.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan untuk pembuatan nasi instan yaitu beras varietas Ciherang yang dibeli di pasar Labuhan Maringgai, dan *sodium tripolyphosphate (STPP) food grade* dibeli dari Sigma-Aldric (Jerman). Hewan percobaan yang digunakan adalah mencit jantan (berat badan 30 - 40 g berumur 3 bulan) sebanyak 21 ekor diperoleh dari Balai Besar Penyidikan dan Pengujian Veteriner Regional III Provinsi Lampung. Alokasi monohidrat (Sigma) diperoleh dari PT. Elo Karsa Utama, Jakarta. Beberapa bahan lain seperti pati jagung, minyak jagung, vitamin *mix*, mineral *mix*, alkohol absolut, alkohol 96 %, dan aquabides.

Alat yang digunakan untuk memasak nasi instan adalah *rice cooker* (Maspion), ketel, panci berpengukus, dan *freezer* (Sharp). Sedangkan untuk analisis kadar

glukosa darah mencit menggunakan alat glukometer (*Accu Check Active*).

Alat-alat lain yang digunakan adalah oven suhu 60°C, jarum suntik, kapas, neraca analitik, alat-alat gelas, dan seperangkat kandang mencit percobaan untuk uji *in vivo*.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan 7 kali ulangan. Penelitian dilakukan menggunakan 21 ekor mencit yang dibagi menjadi 3 kelompok perlakuan. Masing-masing kelompok terdiri dari 7 ekor mencit. Perlakuan terdiri atas P1 = mencit yang dibuat diabetes dan diberi ransum mengandung tepung nasi instan biasa sebagai kontrol; P2 = mencit yang dibuat diabetes dan diberi ransum mengandung tepung nasi instan yang diproduksi dengan STPP konsentrasi 2,4 %; dan P3 = mencit yang dibuat diabetes dan diberi ransum mengandung tepung nasi instan yang diproduksi dengan proses pemanasan dan pendinginan berulang.

Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antar perlakuan. Kehomogenan data diuji dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan data diuji lebih lanjut dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5 %.

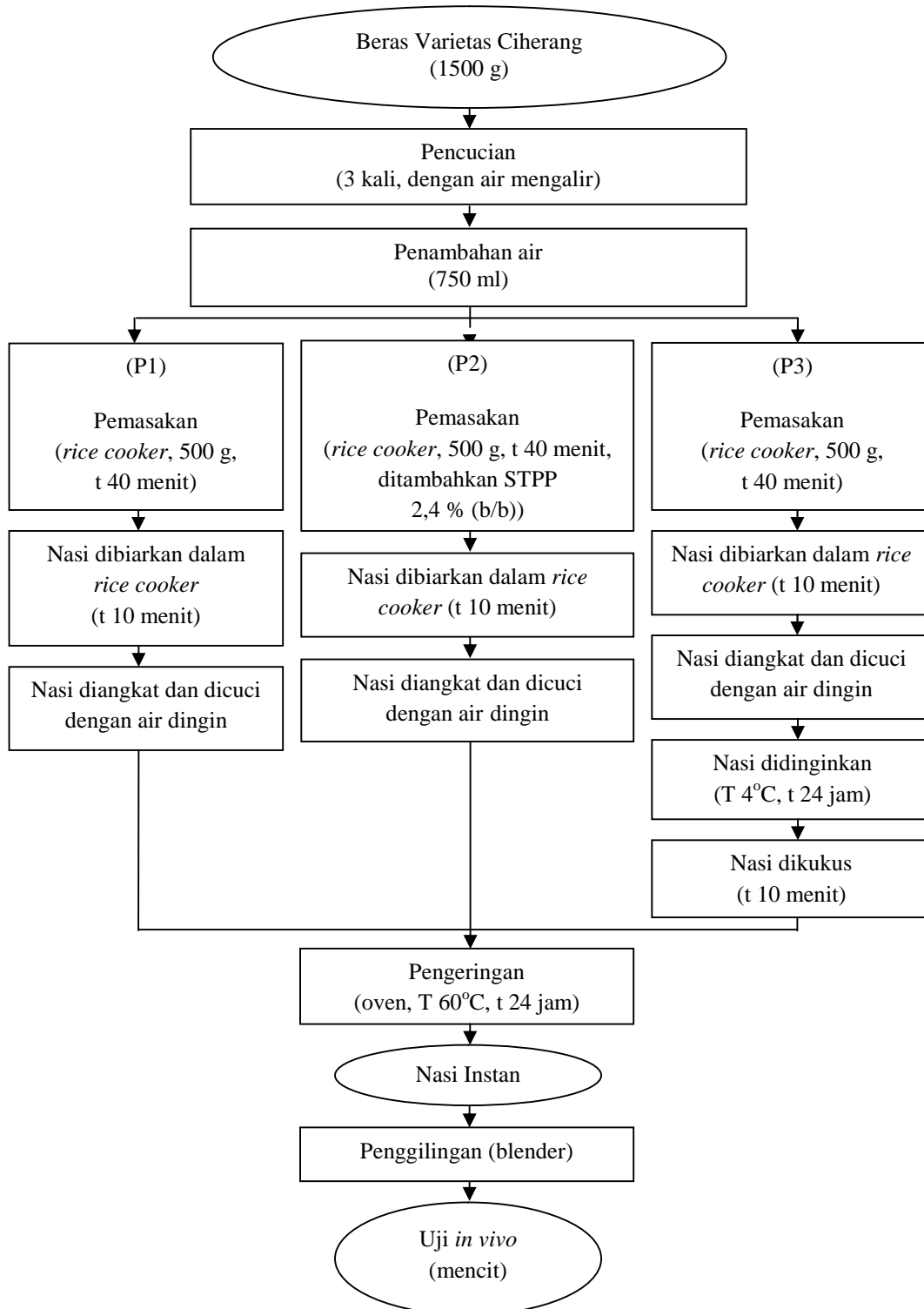
3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan Nasi Instan

Pembuatan nasi instan pada penelitian ini menggunakan beras varietas Ciherang yang diolah dengan teknik pemanasan dan pendinginan berulang, serta teknik penambahan STPP dengan konsentrasi terbaik yaitu 2,4 % pada pemasakan nasi (Amurwani, 2016). Tahap pertama dalam pembuatan nasi instan yaitu menimbang beras sebanyak 1500 g untuk tiga perlakuan, sehingga masing-masing perlakuan menggunakan 500 g beras. Beras dicuci bersih dengan air mengalir sebanyak tiga kali, lalu ditambahkan air 750 ml pada masing-masing perlakuan. Beras pada perlakuan pertama (P1) dimasak dalam *rice cooker* selama 40 menit, setelah menjadi nasi dibiarkan selama 10 menit. Selanjutnya nasi diangkat dan dicuci, lalu dioven pada suhu 60°C selama 24 jam. Pada perlakuan kedua (P2), beras dimasak dengan air yang mengandung STPP 2,4 % dalam *rice cooker* selama 40 menit, kemudian nasi dibiarkan dalam *rice cooker* selama 10 menit. Lalu diangkat, dicuci, dan dikeringkan di oven suhu 60°C selama 24 jam.

Perlakuan ketiga (P3), pemasakan nasi dalam *rice cooker* dilakukan selama 40 menit, kemudian dibiarkan selama 10 menit, nasi diangkat dan dicuci dengan air. Selanjutnya nasi didinginkan pada suhu 4°C selama 24 jam. Setelah itu nasi dipanaskan selama 10 menit diatas uap air mendidih. Kemudian nasi dari ketiga perlakuan (P1, P2, dan P3) dikeringkan di oven pada suhu 60°C selama 24 jam hingga kering. Nasi instan yang diperoleh dari ketiga perlakuan tersebut kemudian dihaluskan menggunakan blender untuk mendapatkan bentuk

tepungnya yang akan digunakan sebagai ransum utama mencit dari ketiga perlakuan. Diagram alir pembuatan nasi instan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pembuatan nasi instan untuk uji *in vivo* pada mencit

3.4.2. Uji Pendahuluan Dosis Aloksan

Uji pendahuluan dilakukan untuk menetapkan dosis efektif aloksan dalam menginduksi mencit. Mencit secara acak dibagi menjadi 2 kelompok dengan masing-masing perlakuan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembagian kelompok mencit pada uji pendahuluan dosis aloksan

No	Kelompok	Jumlah mencit (ekor)	Injeksi
1	Aloksan dosis 140 mg/kg bb	2	Intraperitoneal
2	Aloksan dosis 160 mg/kg bb	2	Intraperitoneal

Adaptasi pada 4 ekor mencit yang berumur 3 bulan dengan berat badan 30 - 40 g dilakukan selama 7 hari. Mencit diberikan makan dan minum secara *ad libitum* yang bertujuan agar mencit dapat menyesuaikan diri dengan kondisi kandang dan memastikan bahwa mencit dalam kondisi tidak *stress* ataupun sakit. Setelah itu mencit dipuasakan selama 16 jam dan diambil sampel darahnya untuk penentuan kadar glukosa darah puasa. Selanjutnya mencit diberikan aloksan dengan dosis yang telah ditetapkan sesuai pada Tabel 3. Setelah itu, mencit diberi makan dan minum seperti biasa. Pada hari ketiga pasca induksi diamati kadar glukosa darah mencit. Dosis efektif yang diambil adalah dosis yang menyebabkan kadar glukosa darah tinggi, tetapi belum menyebabkan kematian pada mencit.

3.4.3. Pengujian Mencit Diabetes secara *In Vivo*

3.4.3.1. Persiapan Ransum Hewan Percobaan

Analisa proksimat terhadap nasi instan perlu dilakukan sebelum penyusunan ransum perlakuan yang akan diberikan kepada mencit percobaan yang diinduksi aloksan. Analisa dilakukan terhadap kadar protein, lemak, karbohidrat, abu, dan air. Hasil analisa tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi kimia nasi instan yang diproduksi dengan tiga cara pemasakan

Parameter	Perlakuan		
	P1	P2	P3
Protein (%)	12,74	11,22	11,66
Lemak (%)	0,60	0,40	0,80
Karbohidrat (%)	80,90	80,61	81,06
Abu (%)	0,60	2,73	0,56
Air (%)	5,16	5,07	5,88

Ket: P1 = nasi instan biasa; P2 = nasi instan yang diproduksi dengan STPP konsentrasi 2,4 %; P3 = nasi instan yang diproduksi dengan teknik pemanasan dan pendinginan berulang.

Persiapan ransum meliputi pencampuran, dimana komposisi ransum yang akan diberikan adalah *isonitrogenous* dan *isokalori* dengan perhitungan yang disesuaikan metode AOAC (2005) dengan rumus sebagai berikut. Komposisi ransum perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5.

$$\text{Protein} : X = \frac{1,60 \times 100}{\% \text{ N contoh}}$$

$$\text{Minyak} : 8 - \frac{(X \times \% \text{ ekstrak eter})}{100}$$

Vitamin : 1

$$\text{Mineral} : 5 - \frac{(X \times \% \text{ kadar abu})}{100}$$

$$\text{Air} : 5 - \frac{(X \times \% \text{ kadar air})}{100}$$

$$\text{Pati} : 100 - (\text{protein} + \text{minyak} + \text{vitamin} + \text{mineral} + \text{air})$$

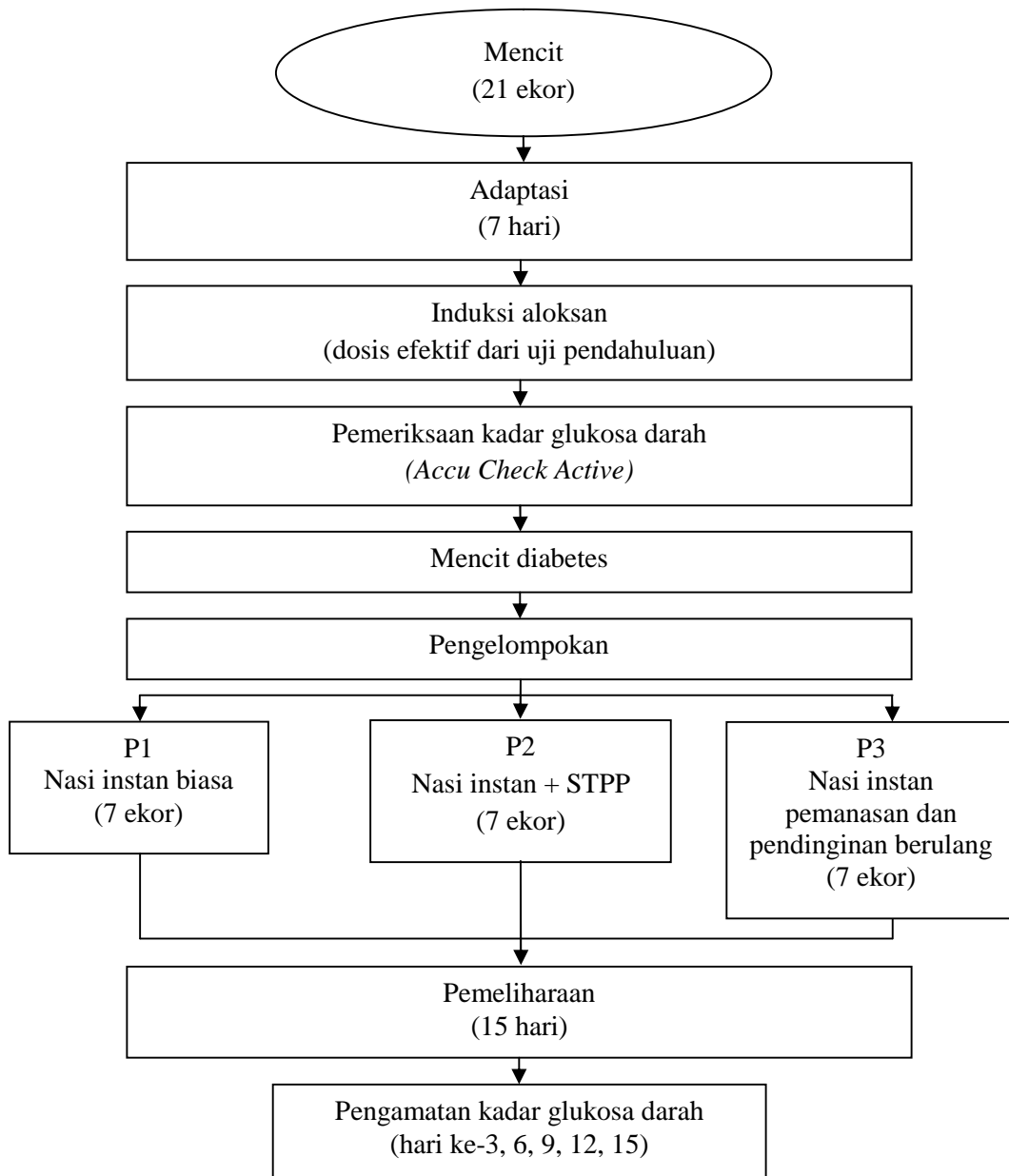
Tabel 5. Berbagai komposisi tepung nasi instan sebagai ransum mencit

Komposisi (g/100 g)	Perlakuan		
	P1	P2	P3
Tepung nasi instan	62,79	71,30	68,61
Kasein	7	7	7
Pati jagung	15,21	8,53	10,39
Minyak jagung	7,62	7,71	7,45
Mineral mix	4,62	3,05	4,62
Vitamin mix	1	1	1
Air	1,76	1,39	0,97
Total	100	100	100

3.4.3.2. Pengujian pada Mencit

Sebanyak 21 ekor mencit diinduksi aloksan dengan dosis efektif yang dihasilkan dari uji pendahuluan untuk menciptakan kondisi diabetes. Setelah tiga hari pasca induksi, kadar glukosa darahnya diukur. Selanjutnya mencit diabetes dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan, yaitu P1 untuk mencit yang diberi ransum nasi instan biasa; P2 untuk mencit yang diberi ransum nasi instan dari penambahan STPP konsentrasi 2,4 %; dan P3 untuk mencit yang diberi ransum nasi instan dari teknik pemanasan dan pendinginan berulang. Masing-masing kelompok tersebut

menggunakan 7 ekor mencit. Pengukuran glukosa darah dilakukan setiap tiga hari selama 15 hari pemberian perlakuan. Pelaksanaan penelitian kadar glukosa darah mencit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur pelaksanaan penelitian pemberian nasi instan pada mencit

3.5. Pengamatan

Pengamatan terhadap kadar glukosa darah diuji setelah mencit dipuaskan selama 16 jam, pada hari ketiga pasca induksi aloksan, dan selanjutnya dilakukan setiap 3 hari selama 15 hari pemberian perlakuan. Pemeriksaan kadar glukosa darah mencit dilakukan dengan cara memotong ujung ekor mencit, sampel darah pada ujung ekor mencit ditempelkan pada strip alat glukometer (*Accu Check Active*) dan kadar glukosa darah akan terbaca secara digital. Selanjutnya dilakukan perbandingan kadar glukosa darah pada mencit yang mengonsumsi ransum nasi instan biasa; ransum nasi instan yang diproduksi dengan penambahan STPP 2,4 %; dan ransum nasi instan yang diproduksi dengan teknik pemanasan dan pendinginan berulang. Data lain yang juga diukur adalah berat badan mencit setiap tiga hari selama pemberian perlakuan, jumlah ransum yang dikonsumsi mencit, dan efisiensi pakan.

Perubahan berat badan mencit dihitung berdasarkan selisih antara kadar glukosa darah mencit di hari ketiga pasca induksi aloksan dengan kadar glukosa darah mencit pada pengamatan hari terakhir (hari ke-15). Jumlah ransum yang dikonsumsi mencit per hari dihitung dengan metode penimbangan ransum sebesar 10 gram untuk masing-masing mencit percobaan, kemudian dikurangi sisa ransum yang tidak dikonsumsi. Selanjutnya pengamatan efisiensi pakan dihitung dari besarnya nilai perubahan berat badan mencit dibagi dengan konsumsi pakan rata-rata mencit per perlakuan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian nasi instan yang dimasak dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang, serta penambahan *sodium tripolyphosphate* (STPP) berpengaruh terhadap penurunan kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan.
2. Pemberian nasi instan yang dimasak dengan cara pemanasan dan pendinginan berulang dapat mempercepat penurunan kadar glukosa darah mencit yang diinduksi aloksan dibandingkan dengan pemberian nasi biasa atau nasi yang dimasak menggunakan *sodium tripolyphosphate* (STPP).

5.2. Saran

Perlu penambahan lama waktu penelitian agar tercapai kadar glukosa darah dibawah 200 mg/dL.

DAFTAR PUSTAKA

- AACC. 2001. The Definition of Dietary Fiber. *Cereal Foods World*. 46(3):112-122.
- Albu, J. B., L. K. Heilbronn, D. E. Kelley, S. R. Smith, K. Azuma, E. S. Berk, F. X. Pi Sunyer and E. Ravussin. 2010. Metabolic Changes Following a 1-Year Diet and Exercise Intervention in Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes*. 59:627-633.
- Alsaffar, A. A. 2011. Effect of Food Processing on the Resistant Starch Content of Cereals and Cereal Products-a Review. *International Journal of Food Science and Technology*. 46:455-462.
- Amurwani, R. 2016. Pengaruh Cara Penambahan dan Konsentrasi *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) Terhadap Tingkat Hidrolisis Pati, Daya Serap Air, Sifat Sensori dan Respon Glikemik Nasi Instan. (Skripsi). Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Anderson, J. W. 2006. *Diabetes Mellitus: Medical Nutrition Therapy. In Modern Nutrition in Health and Disease Tenth Edition. Shils ME (Ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia. Page 1043-1066.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of the Association of AOAC International. 18th Edition*. AOAC International. USA.
- Ardiansyah. 2015. Pengaruh Pemberian Infusa Kopi Luwak Terhadap Kadar Glukosa Darah Mencit (*Mus musculus* L.) yang Diinduksi Aloksan. (Tesis). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Argasmita, T. U. 2008. Karakterisasi Sifat Fisikokimia dan Indeks Glikemik Varietas Beras Beramilosa Rendah dan Tinggi. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Atkinson, F. S., K. F. Powell and J. C. Brand-Miller. 2008. International Tables of Glycemic Index (GI) and Glycemic Load (GL) Values. *Diabetes Care*. 31:2281-2283.
- Badan Pengawasan Obat dan Makanan. 2005. Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia Tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Pangan Fungsional. BPOM. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2008. Persyaratan Mutu Beras Giling. SNI 01-6128-2008.
- Belitz, H. D and W. Grosch. 1999. *Food Chemistry (2nd Edition)*. Springer-Verlag. Berlin.
- Boonna, S., S. Tongta and K. Piyachomkwan. 2010. Effect of Dehydration Methods on Digested Starch Fractions of Retrograded Debranched Rice Starch. *Suranaree Journal of Science and Technology*. 17(4):359-368.
- Chougale, A. D., S. N. Panaskar, P. M. Gurao and A. U. Arvindekar. 2007. Optimization of Alloxan Dose is Essential to Induce Stable Diabetes for Prolonged Period. *Asian Journal of Biochemistry*. 2(6):402:408.
- Claresalzer, M. J., J. M. Crawford and V. Kumar. 2007. *Pancreas*. Dalam: Hartanto H, Darmaniah N, Wulandari N. Editor (penyunting). Buku Ajar *Pathology Robbins*. Edisi ke-7. EGC. Jakarta.
- Departemen Kesehatan R I. 1995. Daftar Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia. Direktorat Jenderal Pembinaan Kesehatan Masyarakat, Direktorat Bina Gizi Masyarakat, Puslitbang Gizi, Departemen Kesehatan. Jakarta.
- Dianti, R. W. 2010. Kajian Karakteristik Fisikokimia dan Sensori Beras Organik Mentik Susu dan IR64; Pecah Kulit dan Giling Selama Penyimpanan. (Skripsi). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ditjen Bina Farmasi dan Alkes. 2005. *Pharmaceutical Care* untuk Penyakit Diabetes Mellitus. Departemen Kesehatan R I. Jakarta.
- DPR R I. 2013. Parlemenaria (Majalah Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia). www.dpr.go.id. Diakses 11 September 2016.
- Dziezak, J. D. 1990. Phosphates Improve Many Foods. *The Journal of Food Technology*. 44(4):80-92.

- Earnshaw, A and N. N. Greenwood. 1997. *Chemistry of the Elements (2nd ed)*. Butterworth-Heinemann. United States.
- Ellenberg, M and H. Rifkin. 1970. *Diabetes Mellitus: Theory and Practice*. McGraw-Hill. New York.
- FDA. 1995. *Sanitation, Sanitary Regulation and Voluntary Programs In: G. Marriot, Norman (Ed). Principles of Food Sanitation. Third Edition*. Chapman and Hall. New York. Page 7.
- Filipponi, P., F. Gregorio, S. Cristallini, C. Ferrandina, I. Nicoletti and F. Santeusano. 1986. Selective Impairment of Pancreatic A Cell Suppression by Glucose During Acute Alloxan – Induced Insulinopenia: In Vitro Study on Isolated Perfused Rat Pancreas. *Endocrinology*. 119(1):408-415.
- Frei, M and K. Becker. 2005. On Rice, Biodiversity and Nutrients. <http://www.greenpeace.org/raw/content/usa/ricebiodiversity-nutrients.pdf>. Diakses 16 September 2016.
- Hadisaputro, S dan H. Setyawan. 2007. *Epidemiologi dan Faktor-Faktor Risiko Terjadi Diabetes Mellitus Tipe 2*. Dalam: Darmono, dkk, editors. Naskah Lengkap Diabetes mellitus Ditinjau dari Berbagai Aspek Penyakit dalam Rangka Purna Tugas Prof Dr. dr. RJ Djokomoeljanto. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang. Halaman 133-153.
- Harahap, A. S., R. B. Herman dan E. Yerizel. 2015. Gambaran Glukosa Darah Setelah Latihan Fisik pada Tikus Wistar Diabetes Mellitus yang Diinduksi Aloksan. (Artikel Penelitian). *Jurnal Kesehatan Andalas*. 4(1):24-29.
- 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.
- Haznam, M. W. 1991. *Diabetes Mellitus: Pengobatan dengan Anti Diabetika Oral, dalam Ilmu Penyakit Dalam*. Balai Penerbit FK UI. Jakarta.
- Heine, P. A., J. A. Taylor, G. A. Iwamoto., D. B. Lubahn and P. S. Cooke. 2000. Increased Adipose Tissue in Male and Female Estrogen Receptor- Knockout Mice. *Proceedings of the National Academy of Science*. USA. 97(23):12729-12734.
- Himmah, L. F dan W. Handayani. 2012. Pengaruh Ekstrak Teh Hijau dalam Pembuatan Beras dengan IG Rendah. *Jurnal UNEJ*. 1(1):1-3.

- Huber, K. C and J. N. Be Miller. 2000. Channels of Maize and Sorghum Starch Granules. *Carbohydrate Polymers*. 41:269-276.
- IDF. 2012. Global Guideline for Type 2 Diabetes. <https://www.iapb.org>. Diakses 12 September 2016.
- Indrasari, S. D., E. Y. Purwani, P. Wibowo dan Jumali. 2008. Nilai Indeks Glikemik Beras Beberapa Varietas Padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 27(3):127-133.
- Keim, N. L., R. L. Levin and P. J. Havel. 2006. *Carbohydrate. in Modern Nutrition in Health and Disease Tenth Edition. Shils ME (Ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia. Page 62-82.
- Kelley, D. E., L. H. Kuller, T. M. McKolanis, P. Harper, J. Mancino and S. Kalhan. 2004. Effects of Moderate Weight Loss and Orlistat on Insulin Resistance, Regional Adiposity, and Fatty Acids in Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 27(1):33-40.
- Kementerian Kesehatan R I. 2009. *Laporan Hasil Riset Kesehatan Dasar, Riset Kesehatan Dasar Indonesia Tahun 2007*. Depkes. Jakarta.
- Kerry, J., J. Kerry and D. Ledward. 2002. *Meat Processing; Improving Quality*. CRC Press, Woodhead Publ. Limited. Cambridge England.
- Lattimer, J. M. and M. D. Haub. 2010. Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*, 2:1266-89.
- Lee, K. Y., S. H. Yoo and H. G. Lee. 2012. The Effect of Chemically-Modified Resistant Starch, RS Type 4, on Body Weight and Blood Lipid Profiles of High Fat Diet Induced Obese Mice Starch. *The Journal of Biosynthesis Nutrition Biomedical*. 64(1):78-85.
- Lenzen, S. 2008. The Mechanism of Alloxan and Streptozotocin Induced Diabetes. *Diabetologia*. 51(2):216-226.
- Leszczynski, W. 2004. Resistant Starch-Classification, Structure, Production. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*. 13(54):37-50.
- Madona, R. 2016. Aktivitas Beras Siger dari Ubi Kayu Terhadap Kadar Glukosa Darah Mencit yang Diinduksi Aloksan. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Malole, M. B. M dan C. S. Pramono. 1989. Penggunaan Hewan-hewan Percobaan Laboratorium, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Marsono, Y. 1998. Perubahan Kadar *Resistant Starch* (RS) dan Komposisi Kimia Beberapa Bahan Pangan Kaya Karbohidrat dalam Proses Pengolahan. *Prosiding Seminar Nasional PATPI*. Yogyakarta.
- Maulana, M. 2008. *Mengenal Diabetes Melitus Panduan Praktis Menangani Penyakit Kencing Manis*. Katahati. Yogyakarta.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayes and V. W. Rodwell. 2003. *Harper's Illustrated Biochemistry, Twenty-Sixth Edition*. Lange Medical Publications. London.
- Nugroho, A. E. 2006. Hewan Percobaan Diabetes Mellitus: Patologi dan Mekanisme Aksi Diabetogenik. *Biodiversitas*. 7(4):378-382.
- Nurdin, S. U dan A. Sukohar. 2015. Produksi Nasi Instan Fungsional untuk Penderita Diabetes Mellitus. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Okoniewska and 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*.
- Pamungkas, B., B. Susilo dan N. Komar. 2013. Uji Sifat Fisik dan Sifat Kimia Nasi Instan (IRSOYBEAN) Bersubstitusi Larutan Kedelai (*Glycine max*). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 1(3):213-223.
- PERKENI. 2015. Konsensus: Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia. PB. PERKENI. Jakarta.
- Post, R. E., A. G. Mainous, D. E. King and K. N. Simpson. 2012. Dietary Fiber for the Treatment of Type 2 Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis. *The American Journal of Board Family Medicine*. 25(1):16-23.
- Prabowo, S. 2006. Pengolahan dan Pengaruhnya terhadap Sifat Fisik dan Kimia serta Kualitas Beras. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 1(2):43-48.
- Pribadi, G. A. 2008. Penggunaan Mencit dan Tikus sebagai Hewan Model Penelitian Nikotin. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Retnaningtyas, D. A dan W. D. R. Putri. 2014. Karakteristik Sifat Fisikokimia Pati Ubi Jalar Oranye Hasil Modifikasi Perlakuan STPP (Lama Perendaman dan Konsentrasi). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(4):68-77.
- Riccardi, G., A. A. Rivellese and R. Giacco. 2008. Role of Glycemic Index and Glycemic Load in the Healthy State, in Prediabetes, and in Diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 87(1):269S-274S.
- Robertson, M. D., A. S. Bickerton, A. L. Dennis, H. Vidal and K. N. Frayn. 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):559-567.
- Sajilata, M. G., R. S. Singhal and P. R. Kulkarni. 2006. Resistant Starch - A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Institute of Food Technologists*. 5(1).
- Severijnen, C., E. Abrahamse, E. M. van der Beek, A. Boco, B. J. van de Heijning, K. van Laere and H. Bouritius. 2007. Sterilization in a Liquid of a Specific Starch Makes It Slowly Digestible In Vitro and Low Glycemic in Rats. *Journal of Nutrition*. 137(10):2202-7.
- Smith, J. B dan S. Mangkoewidjojo. 1988. *Pemeliharaan Pembiakan dan Penggunaan Hewan Percobaan di Daerah Tropis*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Somantri, I. H. 1983. Pewarisan Kadar Amilosa pada Beberapa Persilangan Padi. (Tesis). Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Bandung.
- Sugiyono, R. Pratiwi dan D. N. Faridah. 2009. Modifikasi Pati Garut (*Marantha arundinacea*) dengan Perlakuan Siklus Pemanasan Suhu Tinggi-Pendinginan (*Autoclaving-Cooling Cycling*) untuk Menghasilkan Pati Rasisten Tipe III. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 20(1):17-23.
- Suharmiati. 2009. Pengujian Bioaktivitas Anti Diabetes Melitus Tumbuhan Obat. http://www.kalbe.co.id/files/cdk/06_PengujianBioaktivitasAntiDiabetes.pdf/06_PengujianBioaktivitasAntiDiabetes.html. Diakses 11 September 2016.
- Sun, Q., D. Spiegelman, R. M. Van Dam, M. D. Holmes, V. S. Malik, W. C. Willet and F. B. Hu. 2010. White Rice, Brown Rice, and Risk of Type 2 Diabetes in US Man and Woman. *Archives of Internal Medicine Journal*. 170(11):961-969.

- Szkudelski, T. 2001. The Mechanism of Alloxan and Streptozotocin Action in B Cells of The Rat Pancreas. *The Journal of Physiological Research*. 50:537-546.
- Tera, B. H. A. 2011. Determinan Ketidapatuhan Diet Penderita Diabetes Melitus Tipe 2. (Artikel Penelitian). Universitas Diponegoro. Semarang.
- Tjokroprawiro, A. 2003. *Diabetes Mellitus: Klasifikasi, Diagnosis dan Terapi, Edisi Ketiga*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Watkins, D., S. J. Cooperstein and A. Lazarow. 1964. Effect of Alloxan on Permeability of Pancreatic Islet Tissue in Vitro. *American Journal of Physiology*. 207:436-440.
- Whistler, R., J. B. Miller and E. Paschall. 1984. *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press Inc. Toronto. Tokyo.
- Wijaya, W. A., N. S. Wardani, Meutia, I. Hermawan dan R. N. Begum. 2012. Beras Analog Fungsional dengan Penambahan Ekstrak Teh untuk Menurunkan Indeks Glikemik dan Fortifikasi dengan Folat, Seng, dan Iodin. (Laporan Perkembangan Penelitian). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wild, S., G. Roglic, A. Green, R. Sicree and H. King. 2004. Global Prevalence of Diabetes Estimates for the Year 2000 and Projections for 2030. *Diabetes Care*. 27(5):1047-1053.
- Winarno, F. G. 1991. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal 27.
- Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 243 hlm.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius. Yogyakarta. hlm 26-37.
- Woo, K. S and P. A. Seib. 2002. Cross-Linked Resistant Starch: Preparation and Properties. *Cereal Chemistry*. 79(6):819-825.
<http://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.6.819>. Diakses 16 September 2016.
- Wootton, M and M. A. Chaudhary. 1979. Starch. Enzymic Digestibility of Modified Starches. *The Journal of Biosynthesis Nutrition Biomedical*. 31(7):224-228.
- Wulan, S. N., T. D. Widyaningsih dan D. Ekasari. 2007. Modifikasi Pati Alami dan Pati Hasil Pemutusan Rantai Cabang dengan Perlakuan Fisik/Kimia untuk

Meningkatkan Kadar Pati Resisten pada Pati Beras. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 8(2):80-87.

Yulinah, E., Sukrasno dan M. A. Fitri. 2001. Aktivitas Antidiabetika Ekstrak Etanol Herba Sambiloto (*Andrographis paniculata* Nees (Acanthaceae)). *JMS*. 6(1):13-20.

Yuriska, A. 2009. Efek Aloksan Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar. (Laporan Akhir Penelitian). Universitas Diponegoro. Semarang.