

**PENGARUH PEMBERIAN BERAS ANALOG DARI CAMPURAN
TEPUNG GLUKOMANAN PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) DAN
UBI KAYU WAXY TERHADAP FUNGSI HATI DAN PROFIL DARAH
MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN**

(Tesis)

Oleh

Melda Nurmaisari

2124051007



**MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

THE EFFECT OF PORANG GIVING RICE ANALOGUE FOR MIXTURE OF PORANG GLUCOMANNAN FLOUR (*Amorphophallus oncophyllus*) AND CASSAVA WAXY ON ALLOXAN INDUCED MICE LIVER FUNCTION AND BLOOD PROFILE

By

MELDA NURMAISARI

Analog rice made from a mixture of porang glucomannan flour (*Amorphophallus oncophyllus*) and waxy cassava. An important component in porang tubers is glucomannan while waxy cassava is a cassava that does not contain amylose. Analog rice has a slightly brownish white color and has a shape like grains of rice and contains fiber which can help the digestive process in the body. The purpose of this study was to determine the effect of giving analog rice from a mixture of porang glucomannan flour and waxy cassava on the liver function and blood profile of alloxan-induced mice. The study was arranged in a factorial manner in a completely randomized design (CRD) with healthy mice given the standard AIN 93M ration, diabetic mice given the standard AIN 93M ration, diabetic mice given the analog rice ration, and diabetic mice given the IR-64 rice ration and carried out 6 test. Observations were made on liver function and blood profile of alloxan-induced mice. The data obtained was tested for uniformity using the Bartlett test and the additional data was tested with the tuckey test. Furthermore, the data were analyzed using variance to obtain an estimator of variance and determine the effect of the treatment, then the data were analyzed using the BNT test at the 5% level. The results showed that the administration of analog rice from a mixture of porang glucomannan flour and waxy cassava to mice induced by alloxan had a significant effect on the SGOT value (306 U/L); and SGPT (180 U/L) and administration of analog rice from a mixture of porang glucomannan flour and waxy cassava to alloxan-induced mice had a significant effect on the erythrocytes of (7,48 million/mm³); leukocytes of (5,55 million/mm³); hemoglobin of (13,31 g/dL); hematocrit of (32,28%).

Keywords: analog rice, glucomannan, cassava waxy, liver function, blood profile

ABSTRAK

PENGARUH PEMBERIAN BERAS ANALOG DARI CAMPURAN TEPUNG GLUKOMANAN PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) DAN UBI KAYU WAXY TERHADAP FUNGSI HATI DAN PROFIL DARAH MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN

Oleh

MELDA NURMAISARI

Beras analog yang dibuat dari campuran tepung glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan ubi kayu waxy. Komponen penting dalam umbi porang yaitu glukomanan sedangkan ubi kayu waxy merupakan ubi kayu yang tidak mengandung amilosa. Beras analog memiliki warna agak putih kecoklatan dan mempunyai bentuk seperti butiran padi serta mengandung serat yang mampu membantu proses pencernaan dalam tubuh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu waxy terhadap fungsi hati dan profil darah mencit yang diinduksi aloksan. Penelitian disusun secara faktorial dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan mencit sehat diberi ransum standar AIN-93M, mencit diabetes diberi ransum standar AIN-93M, mencit diabetes diberi ransum beras analog, dan mencit diabetes diberi ransum beras IR-64 dan dilakukan 6 ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap fungsi hati dan profil darah mencit yang diinduksi aloksan. Data yang diperoleh diuji keseragamannya dengan menggunakan uji *Bartlett* dan penambahan data diuji dengan uji *Tuckey*. Selanjutnya data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan mengetahui pengaruh perlakuan, kemudian data dianalisis dengan menggunakan uji BNT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu waxy pada mencit yang diinduksi aloksan berpengaruh nyata terhadap nilai SGOT (306 U/L); dan SGPT (180 U/L) dan pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu waxy pada mencit yang diinduksi aloksan berpengaruh nyata terhadap nilai eritrosit (7,48 juta/mm³); leukosit (5,55 ribu/mm³); hemoglobin (15,14 g/dL); dan hematokrit (32,28%).

Kata kunci: beras analog, glukomanan, ubi kayu waxy, fungsi hati, profil darah

**PENGARUH PEMBERIAN BERAS ANALOG DARI CAMPURAN
TEPUNG GLUKOMANAN PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) DAN
UBI KAYU WAXY TERHADAP FUNGSI HATI DAN PROFIL DARAH
MENCIT YANG DIINDUKSI ALOKSAN**

Oleh

MELDA NURMAISARI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Program Pascasarjana Magister Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

**Judul Tesis : PENGARUH PEMBERIAN BERAS ANALOG
DARI CAMPURAN TEPUNG GLUKOMANAN
PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*)
DAN UBI KAYU *WAXY* TERHADAP FUNGSI
HATI DAN PROFIL DARAH MENCIT YANG
DIINDUKSI ALOKSAN**

Nama : Melda Nurmaisari

Nomor Pokok Mahasiswa : 2124051007

Program Studi : Magister Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

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

Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.
NIP. 19710930 199512 2 001

2. Ketua Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian

Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.
NIP. 19710930 199512 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. Subeki, M.Sc.



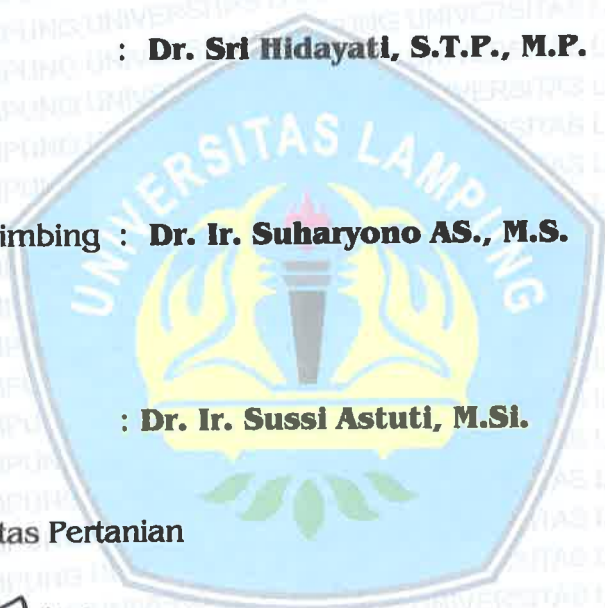
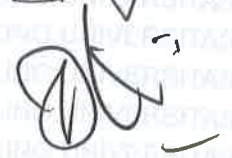
Sekretaris : Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Suharyono AS., M.S.**



: Dr. Ir. Sussi Astuti, M.Si.

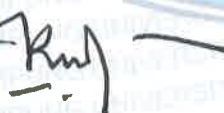


2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002




3. Direktur Program Pasca Sarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP. 19640326 198902 1 001



Tanggal Lulus Ujian Tesis: 14 Juni 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Melda Nurmaisari

NPM : 2124051007

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 dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Juli 2023
Yang membuat pernyataan



Melda Nurmaisari
NPM. 2124051007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 26 Mei 1999 sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Sugiono dan Ibu Kasinah. Penulis memiliki seorang adik bernama Tika Sagita. Penulis menyelesaikan pendidikan, Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Rejosari pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 12 Kotabumi pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Kotabumi pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya melalui jalur seleksi tes tertulis atau Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan lulus di bulan Juli tahun 2021, kemudian penulis melanjutkan studi Pascasarjana (S2) di Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui program Reguler.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil' alamiin. Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah, karena atas Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “Pengaruh Pemberian Beras Analog dari Campuran Tepung Glukomanan Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan Ubi Kayu *Waxy* Terhadap Fungsi Hati dan Profil Darah Mencit yang Diinduksi Aloksan”. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini telah mendapatkan banyak arahan, bimbingan, dan nasihat baik secara langsung maupun tidak, sehingga penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Ibu Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku Ketua Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, bantuan, saran, dan nasihat;
5. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Pertama, yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, bantuan, saran, serta dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
6. Ibu Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, bantuan, saran, serta dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
7. Bapak Dr. Ir. Suharyono AS., M.S., selaku pembahas atas bantuan, saran, dan evaluasi terhadap tesis penulis;

8. Ibu Dr. Ir. Sussi Astuti, M.Si., selaku pembahas atas bantuan, saran, dan evaluasi terhadap tesis penulis;
9. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah mengajari, membimbing, dan juga membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik;
10. Keluargaku tercinta, kedua orangtua penulis dan adik penulis Tika Sagita, serta keluarga besar penulis yang telah mengasihi, memberikan dukungan material dan spiritual, serta do'a yang selalui menyertai penulis selama ini;
11. Keluarga tercinta dipalembang, Bapak dan Ibu dan adik-adikku tercinta Dwi Tugiasuti dan Adiba Zahra Rahmadani, Terimakasih atas dukungan serta doa dalam penyusunan tesis ini;
12. Terkhusus partner dari segala hal Sugeng Witanto, terimakasih atas bantuan serta dukungan dari awal mengurus S2 sampai selesai dan mendapatkan gelar Magister Teknologi Pertanian, terimakasih atas waktu yang telah diberikan dan semoga apa yang diharapkan disegerakan;
13. Kak Bella Intan Ayu Safitri dan Mba Melia Tri A., atas pengalaman yang diberikan, bantuan, semangat, dukungan, serta kebersamaannya selama ini;
14. Sahabat-sahabatku Oky Yeni Lestari, Nurhidayah, Sekar Tria Mulyaningrum, Anis Aristawati, Dwi Tri Ardila, Laila Septa Utami, Nengsih Anggraini Situmorang yang selalu berbagi cerita seperti keluarga, selalu ada dalam kehidupan dilingkungan rumah dan dikampus baik suka maupun duka, selalu mendukung, memberikan saran, serta tempat penulis untuk berkeluh kesah;
15. Keluarga penulis di Laboratorium Pasca Ami, Kak Bella, Gabriel, Ulai dan Elva telah mewarnai hidup, menemani, membantu, mendukung, menegur, mengingatkan serta menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah;
16. Keluarga penulis di Alana Kost Putri Devya, Sekar, Marsya, Zefa, Dewi, Vika, Hera, Putri, Nyimas, Hanun, Aulia, Radika, Nifa, dan Vio;
17. Keluarga besar MTIP angkatan 2021 terima kasih atas perjalanan, kebersamaan serta seluruh cerita suka maupun dukanya selama ini.

Penulis berharap semoga Allah membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Juli 2023

Melda Nurmaisari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
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	8
2.1. Tinjauan Tentang Diabetes Melitus	8
2.2. Tinjauan Tentang Hati.....	9
2.2.1. Anatomi hati	9
2.2.2. Fisiologi hati	10
2.2.3. Patofisiologi hati.....	11
2.2.4. Kerusakan hati pada diabetes	12
2.3. Profil Darah	14
2.3.1. Eritrosit.....	15
2.3.2. Leukosit.....	16
2.3.3. Hemoglobin.....	16
2.3.4. Hematokrit.....	17
2.4. Porang.....	18
2.4.1. Taksonomi umbi porang.....	20
2.4.2. Kandungan umbi porang	21
2.2.3. Glukomanan.....	21
2.5. Ubi Kayu <i>Waxy</i>	22
2.6. Beras dari Umbi Porang	23
2.7. Alokasan.....	24
III. METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Waktu dan Tempat	27
3.2. Bahan dan Alat	27

3.3. Metode Penelitian.....	27
3.4. Pelaksanaan Penelitian	28
3.4.1. Pembuatan tepung glukomanan dari umbi porang	28
3.4.2. Pembuatan tepung ubi kayu <i>waxy</i>	30
3.4.3. Pembuatan beras dari umbi porang	31
3.4.4. Aktivitas Beras dari Umbi Porang Terhadap Fungsi Hati ..	32
3.4.4.1. Pemberian Aloksan.....	32
3.4.4.2. Pemberian Beras dari Umbi Porang	32
3.5. Aktivitas Beras Porang dari Campuran Tepung Glukomanan	32
3.5.1. Pemberian aloksan.....	32
3.5.2. Pemberian beras analog.....	33
3.6. Pengamatan	34
3.6.1. Fungsi Hati	34
3.6.2. Profil darah	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Fungsi Hati	36
4.1.1. SGOT.....	36
4.1.2. SGPT	38
4.2. Profil Darah Mencit	40
4.2.1. Eritrosit.....	40
4.2.2. Leukosit.....	42
4.2.3. Hemoglobin	43
4.2.4. Hematokrit.....	44
4.3. Berat Badan	46
V. KESIMPULAN DAN SARAN	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi umbi porang	21
2. Pembagian kelompok dan perlakuan dosis beras porang.....	28
3. Hasil proksimat beras analog porang dan beras IR-64.....	33
4. Komposisi ransum AIN-93 M yang telah dimodifikasi.....	34
5. Hasil uji bnt pengaruh pemberian ransum beras porang terhadap nilai SGOT mencit yang diinduksi aloksan.....	36
6. Hasil uji bnt pengaruh pemberian ransum beras porang terhadap nilai SGPT mencit yang diinduksi aloksan	38
7. Hasil uji bnt pengaruh pemberian ransum beras porang terhadap nilai eritrosit mencit yang diinduksi aloksan.....	40
8. Hasil uji bnt pengaruh pemberian ransum beras porang terhadap nilai leukosit mencit yang diinduksi aloksan.....	42
9. Hasil uji bnt pengaruh pemberian ransum beras porang terhadap nilai hemoglobin mencit yang diinduksi aloksan	43
10. Hasil uji bnt pengaruh pemberian ransum beras porang terhadap hematokrit mencit yang diinduksi aloksan.....	44
11. Berat badan mencit pada awal dan akhir masa intervensi	46
12. Data hasil pengamatan fungsi hati SGOT mencit setelah pemberian perlakuan ransum	62
13. Uji kehomogenan ragam (Barlett's test) fungsi hati SGOT.....	62
14. Analisis sidik ragam fungsi hati SGOT mencit	63
15. Uji lanjut BNT fungsi hati SGOT mencit pada taraf 5% dan 1%.....	63
16. Data hasil pengamatan fungsi hati SGPT mencit setelah pemberian perlakuan ransum	63
17. Uji kehomogenan ragam (Barlett's test) fungsi hati SGPT mencit.....	64
18. Analisis sidik ragam fungsi hati SGPT mencit	64
19. Uji lanjut BNT fungsi hati SGPT mencit pada taraf 5% dan 1%.....	65

20. Data hasil pengamatan kadar eritrosit mencit setelah pemberian perlakuan ransum	65
21. Uji kehomogenan ragam (Barlett's test) kadar eritrosit mencit	65
22. Analisis sidik ragam kadar eritrosit mencit.....	66
23. Uji lanjut BNT kadar eritrosit mencit pada taraf 5% dan 1%	66
24. Data hasil pengamatan kadar leukosit mencit setelah pemberian perlakuan ransum	66
25. Uji kehomogenan ragam (Barlett's test) kadar leukosit mencit.....	67
26. Analisis sidik ragam kadar leukosit mencit	67
27. Uji lanjut BNT kadar leukosit mencit pada taraf 5% dan 1%	67
28 Data hasil pengamatan kadar hemoglobin mencit setelah pemberian perlakuan ransum	68
29. Uji kehomogenan ragam (Barlett's test) kadar hemoglobin mencit	68
30. Analisis sidik ragam kadar hemoglobin mencit	69
31. Uji lanjut BNT kadar hemoglobin mencit pada taraf 5% dan 1%	69
32 Data hasil pengamatan kadar hematokri mencit setelah pemberian perlakuan ransum	69
33. Uji kehomogenan ragam (Barlett's test) kadar hemoglobin mencit	70
34. Analisis sidik ragam kadar hemoglobin mencit	70
35. Uji lanjut BNT kadar hemoglobin mencit pada taraf 5% dan 1%	70
28 Perhitungan komposisi perlakuan	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Anatomi hati.....	10
2. Mekanisme kerusakan hati pada penderita diabetes	13
3. Deskripsi tanaman umbi porang.....	20
4. Struktur glukomanan.....	22
5. Skrining klon ubi kayu dengan staining	23
6. Struktur kimia aloksan	25
7. Pembuatan glukomanan dari umbi porang.....	29
8. Diagram alir pembuatan tepung ubi kayu <i>waxy</i>	31
9. Diagram alir pembuatan beras porang	32
10. Grafik perubahan berat badan	47
11. Grafik konsumsi ransum selama masa intervensi	49
12. Pembuatan tepung glukomanan	73
13. Pembuatan tepung ubi kayu <i>waxy</i>	74
14. Pembuatan beras porang	75
15. Pemeliharaan mencit	76
16. Analisis fungsi hati dan profil darah mencit	77
17. Surat ethical clearance.....	78

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Diabetes melitus atau diabetes merupakan penyakit kelainan metabolisme yang ditandai dengan hiperglikemia (kadar glukosa yang tinggi dalam darah) karena kekurangan insulin, resistensi insulin atau keduanya (Hardianto, 2021). Hiperglikemia disebabkan karena tubuh kekurangan insulin baik absolut maupun relatif yang secara normal dihasilkan oleh sel β pankreas (Putri dkk., 2014). Angka kejadian penyakit diabetes melitus di Indonesia berada pada urutan 3 di dunia sekitar 21,3 juta pada tahun 2030 (Baynest, 2015). Prediksi internasional diabetes federation (IDF) juga menunjukkan bahwa pada tahun 2019-2030 terdapat kenaikan jumlah pasien diabetes melitus dari 10,7 juta menjadi 13,7 juta pada tahun 2030 (Soelistijo dkk., 2021). Diabetes melitus dapat menyerang hampir seluruh sistem tubuh manusia, mulai dari kulit sampai jantung yang menimbulkan komplikasi (Hestiani, 2017).

Diabetes merupakan penyebab kematian terbesar ke-8 pada tahun 2012 yang menyebabkan 1,5 juta kematian di seluruh dunia. Kematian yang diakibatkan oleh diabetes disebabkan oleh komplikasi yang terjadi pada penderita diabetes. Diabetes dapat menyebabkan komplikasi pada beberapa organ (World Health Organization, 2016). Salah satu komplikasi yang terjadi yaitu pada hati (Mohamed, 2016). Penurunan jumlah insulin pada penderita diabetes menyebabkan metabolisme glukosa dalam hati terganggu. Terganggunya metabolisme glukosa menyebabkan meningkatnya produksi glukosa oleh hati dan mengganggu penggunaan glukosa dalam jaringan otot serta lemak dengan cara melawan kerja insulin (Rias dan sutikno, 2017). Hati tidak dapat mendeteksi

keberadaan glukosa darah pada kondisi diabetes. Hal tersebut menyebabkan hati memproduksi glukosa secara terus menerus. Kebutuhan energi yang digunakan untuk memproduksi glukosa didapatkan dengan memecah asam lemak. Pemecahan asam lemak tersebut akan meningkatkan akumulasi lemak pada hati (Mohamed, 2016). Selain itu, penurunan sensitivitas jaringan hati terhadap insulin juga merupakan penyebab utama terjadinya *Non-Alcoholic Fatty Liver Disease* (NAFLD). Resistensi insulin merupakan gangguan penyerapan glukosa pada otot dan peningkatan produksi glukosa oleh hati yang dapat mengakibatkan penyakit hati kronik (Paleva, 2019). Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Leite dkk. (2008) mengatakan bahwa prevalensi terjadinya NAFLD pada pasien diabetes tipe 2 dapat mencapai 69,4%. Perlemakan pada hati akan memicu terjadinya inflamasi hepatis, nekrosis, dan berlanjut pada kerusakan hati (Cohen, 2011). Penderita diabetes lebih rentan mengalami kerusakan hati. Prevalensi terjadinya penyakit hati kronik pada diabetes yaitu 25% dan untuk penyakit hati akut dapat mencapai 40% (Rosano dkk., 2017)

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kerusakan hati yaitu dengan melihat rasio dari serum glutamat oxaleasetat transaminase (SGOT) dan serum glutamat piruvate transaminase (SGPT) (Singh dkk., 2011). SGPT dapat ditemukan pada jaringan tubuh seperti ginjal, jantung, otot dan ditemukan pada konsentrasi terbesar pada hati. Cedera pada hati dapat meningkatkan kadar SGPT. Meningkatnya kadar SGPT merupakan tanda spesifik terhadap penyakit hati (Gowda dkk., 2009). Sedangkan SGOT, dapat ditemukan pada hati, otot, dan ginjal namun konsentrasi terbesar SGOT ditemukan di dalam jantung. Penyakit hati kronik seperti nekrosis dan degenerasi jaringan hati dapat meningkatkan nilai dari SGOT (Gowda dkk., 2009). Menurut penelitian Goyal dkk. (2014) mengatakan bahwa pada penderita diabetes tanpa perlemakan hati kadar SGOT dan SGPT meningkat dan terjadi peningkatan yang signifikan pada penderita diabetes dengan perlemakan hati.

Pada umumnya, mayoritas masyarakat Indonesia mengonsumsi beras padi sebagai makanan pokok sehari-hari. Menurut Fegiyanti dan Nangameka (2018),

beras yang banyak diminati oleh konsumen adalah beras IR-64 karena memiliki harga yang terjangkau dan termasuk ke dalam jenis beras pulen. Meskipun demikian, beras IR-64 mengandung indeks glikemik yang cukup tinggi yaitu 70 (Tim BPPP, 2012). Pengaturan pola konsumsi dan terapi nutrisi dapat dilakukan untuk mengontrol penyakit diabetes. Salah satu makanan yang memiliki indeks glikemik rendah adalah beras analog. Umbi porang dapat diolah lebih lanjut menjadi beras tiruan yang dicetak dengan mesin ekstruder. Beras analog porang merupakan beras analog yang dibuat dari bahan baku ubi kayu (*Manihot esculenta*) dan umbi porang (*Amorphophallus Oncophylus*).

Tanaman porang mulai populer dalam beberapa tahun terakhir karena mudah tumbuh, berproduksi tinggi, dan relatif jarang terserang hama atau penyakit. Karena pertumbuhan pasar yang besar dan nilai tambah yang tinggi, masyarakat mampu menciptakan lapangan kerja baru dan memperoleh devisa baik melalui ekspor maupun produk olahan. Perspektif porang dapat menjanjikan karena nilai ekonominya, terutama untuk industri dan kesehatan (Faridah *et al.*, 2012). Permintaan porang sangat tinggi dalam beberapa bulan terakhir, dan total permintaan ekspor porang Indonesia pada tahun 2020 adalah 11.170 ton. Porang dapat diolah lebih lanjut menjadi beras tiruan dengan menambahkan ubi kayu *waxy* sebagai bahan campuran pembuatan beras.

Beras analog dalam proses pembuatannya menggunakan bahan baku dari ubi kayu *waxy* dan tepung glukomanan porang memiliki warna agak putih kecoklatan dan mempunyai bentuk butiran seperti beras padi yang mengandung air (14,88%), abu (2,73%), lemak (0,87%), protein (2,43%), serat kasar (1,84%), glukomanan (86,48%), dan indeks glikemik 43 (Subeki *et al.*, 2021). Berdasarkan indeks glikemik, beras analog tergolong dalam makanan dengan indeks glikemik rendah (< 55) dan dalam umbi porang mengandung glukomanan dan mengandung serat tinggi yang penting untuk membantu proses pencernaan dalam sistem pencernaan, yang merupakan serat larut (*Selulose Dietary Fiber/ SDF*) karena dapat menyerap 200 kali dari beratnya, serta dapat membentuk gel reversibel atau

gel termo-non-reversibel. Menurut penelitian Danhof. (2001) menyatakan bahwa peran glukomanan salah satunya bisa menurunkan kolesterol dan dapat menurunkan trigleserida. Namun, belum ada penelitian tentang pengaruh pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan ubi kayu *waxy* terhadap fungsi hati dan profil darah mencit yang diinduksi aloksan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang pengaruh pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* terhadap fungsi hati dan profil darah mencit diabetes.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* terhadap fungsi hati mencit yang diinduksi aloksan.
2. Mengetahui pengaruh pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* terhadap profil darah mencit yang diinduksi aloksan.

1.3. Kerangka Pemikiran

Bahan utama dari beras analog adalah campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy*. Porang merupakan tanaman yang berasal dari umbi *Amormorphophallus oncophyllus*, sejenis talas-talasan (Purwanto, 2014). Keistimewaan umbi porang adalah kandungan glukomanan yang relatif tinggi. Glukomanan adalah polisakarida, 10-20 kali lebih besar dalam ukuran butir dari pati, terdiri dari unit D-glukosa dan D-mannosa. Kandungan glukomanan dalam porang bervariasi antara 70 hingga 90%. Glukomanan dapat membentuk massa yang kental dan lengket dengan air, mampu membentuk lapisan tipis yang tembus pandang dan elastis, serta larut kembali saat dilarutkan dalam air. Glukomanan

merupakan hidrokoloid yang dapat mengental dan membentuk gel (Wardani *et al.*, 2021).

Ubi kayu *waxy* atau biasa dikenal dengan ubi kayu ketan merupakan ubi kayu yang tidak mengandung amilosa. Pati normal memiliki struktur gel yang padat dan memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, sedangkan ubi kayu *waxy* memiliki nilai tekstur yang rendah dan indeks aliran yang tinggi (Thant dan Lewandowicz, 2020). Ubi kayu *waxy* dapat digunakan sebagai bahan tambahan saat mengolah beras dari umbi porang, karena dapat menghasilkan beras yang tidak pera saat didinginkan. Luna dkk. (2015) menurut ubi kayu *waxy* mengandung amilopektin dengan ukuran besar dan celah intergranular untuk menghasilkan nasi yang pulen. Amilopektin mencegah nasi mengeras setelah didinginkan (Hsieh *et al.*, 2019).

Beras analog adalah nama lain dari beras buatan. Beras analog adalah beras yang dibuat dari bahan bukan beras dengan kandungan karbohidrat yang melebihi beras dengan bentuk yang serupa dengan beras dan berasal dari campuran tepung. Metode produksi beras analog terdiri dari dua metode dimana metode yang digunakan adalah granulasi dan ekstrusi. Perbedaan antara kedua metode tersebut adalah langkah-langkah pembentuk gel dan pembentukan adonan. Hasil metode granulasi berbentuk butiran, sedangkan metode ekstrusi berbentuk lonjong dan menyerupai beras. Beras analog memiliki tekstur yang kenyal, warna putih bening, dan rasa beras lebih hambar dibandingkan beras padi. Rasio amilosa terhadap amilopektin dapat menentukan tekstur, rasa atau kelengketan beras, serta cepat atau tidaknya nasi mengeras. Semakin tinggi kadar amilopektin beras maka semakin pulen dan lengket nasi yang diperoleh (Adicandra dan Estiasih, 2016).

Porang memiliki kandungan glukomanan, glukosa dan manosa. Glukomanan berperan memperbaiki sensitivitas insulin dan menurunkan kebutuhan insulin dengan membantu insulinisasi jaringan. Glukomanan akan meningkatkan viskositas lambung dan menurunkan laju penyerapan glukosa, sehingga

menyebabkan perubahan level hormon di saluran cerna seperti *gastric inhibitory polipeptida* (GIP), glukagon, dan somatostatin yang berpengaruh pada saluran pencernaan, penyerapan zat gizi, dan sekresi insulin. Pada keadaan hiperglikemia, glukosa akan mengalami reaksi glikosilasi non enzimatis secara spontan dengan hemoglobin membentuk glycated hemoglobin. Glukosa akan berikatan dengan hemoglobin dan mengalami oksidasi. Setelah teroksidasi, glukosa akan menghasilkan *Reactive Oxygen Spesies* (ROS). ROS akan meningkatkan pembentukan ekspresi *Tumor necrosis factor α* (TNF α) yang mengakibatkan resistensi insulin melalui penurunan autofosforilasi dari reseptor insulin, perubahan reseptor insulin substrat (IR-s) menjadi inhibitor receptor tyrosine kinase activity, penurunan insulin-sensitive glucose transporter (GLUT-4), merubah fungsi sel β , dan meningkatkan sirkulasi asam lemak. Porang berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah dan meningkatkan glikogen hati dengan cara meningkatkan aktivitas sel β pankreas dalam menstimulasi biosintesis dan sekresi insulin (Kautsar *et al.*, 2019)

Glukomanan yang sangat kental berguna mengurangi diabetes dan faktor risiko yang terkait, seperti hiperlipidemia dan hipertensi, serta ameliorasi resistensi insulin. Glukomanan memodulasi tingkat penyerapan nutrisi dalam usus kecil. Akibatnya, glukomanan meningkatkan sensitivitas insulin. Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa perbaikan dalam hiperlipoproteinemia dan hiperglikemia oleh suplemen serat makanan dapat membantu menghambat atau mencegah pembentukan ateromatous dalam kolesterol pada tikus yang diberi pakan diabetes (Hozumi *et al.*, 1995).

1.4. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah :

1. Penggunaan beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* berpengaruh terhadap fungsi hati mencit yang diinduksi aloksan.

2. Penggunaan beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* berpengaruh terhadap profil darah mencit yang diinduksi aloksan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan tentang Diabetes Melitus

Diabetes melitus adalah penyakit yang ditandai dengan peningkatan kadar gula darah yang disebabkan oleh tubuh tidak cukup memproduksi insulin atau tidak dapat menggunakan insulin secara efektif (International Diabetes Federation, 2017). Penyebab diabetes dapat berupa kerusakan sel β pankreas atau resistensi insulin (American Diabetes Association, 2018). Resistensi insulin dihasilkan dari peningkatan produksi asam lemak bebas dan glukosa di hati dan penurunan penyerapan glukosa di otot (Wells *et al.*, 2015). Insulin adalah hormon yang diproduksi oleh sel β pankreas. Insulin merangsang pembentukan makromolekul seperti protein, lemak dan glikogen, yang berasal dari glukosa dan asam amino. Glukosa dan asam amino ditransfer ke sel, yang diubah menjadi energi (Leto dan Saltie, 2012). Pada diabetes, homeostasis glukosa terganggu akibat penurunan jumlah insulin. Hal ini menyebabkan peningkatan gula darah (Gupta *et al.*, 1999). Diabetes dapat menyebabkan komplikasi pada beberapa organ, termasuk hati (Mohamed, 2016).

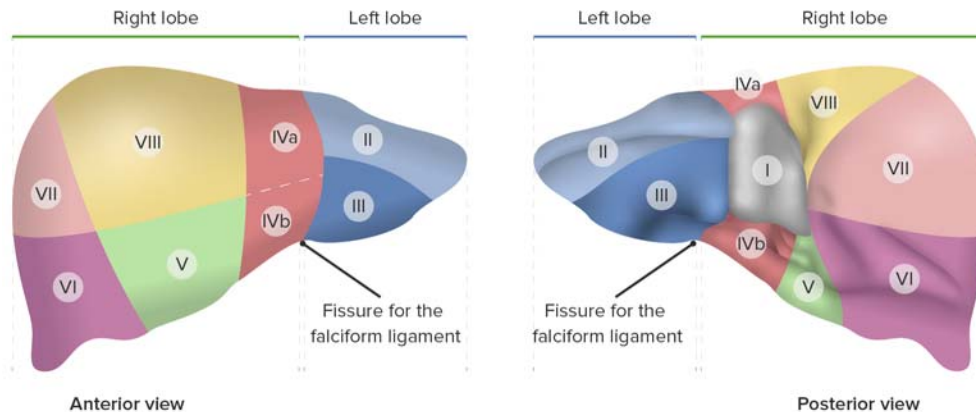
Diabetes dapat didiagnosis dengan cara melihat kenaikan kadar glukosa dalam darah, yaitu jika satu atau lebih kriteria berikut terjadi, ketika kadar glukosa dalam plasma pada saat puasa lebih dari 126 mg/dL, kadar glukosa dalam plasma acak lebih dari 200 mg/dL atau nilai HbA1c lebih dari 48 mmol/mol (setara dengan 6,5%), atau ketika kadar glukosa dalam plasma pada saat 2 jam setelah makan lebih dari 200 mg/dL (World Health Organization, 2016). Menurut Internasional Diabetes Federation (2017), ada 3 tipe utama dari diabetes yaitu, diabetes tipe I, diabetes tipe II, dan Gestational diabetes melitus (GDM).

2.2. Tinjauan Tentang Hati

2.2.1. Anatomi hati

Hati merupakan organ terbesar dalam tubuh manusia dengan berat total kurang lebih 1,5 kg atau kurang lebih 2,5% dari berat total berat badab manusia pada manusia dewasa (Juza *et al.*, 2014). Hati yang normal berwarna coklat dan permukaannya halus (Sibulesky, 2013). Organ ini terletak di bagian kanan atas rongga perut di samping ginjal dan usus serta di bawah diafragma (Singh *et al.*, 2011). Hati dikelilingi oleh membran fibrosa yang disebut kapsul glisson (Juza *et al.*, 2014). Hati terdiri dari beberapa tipe sel yang berbeda, yang terbagi menjadi tipe parenkim dan non parenkim (Juza *et al.*, 2014). Jenis parenkim terdiri dari sel hepatosit dan jenis non-parenkim terdiri dari sel stelata, sel kupffer, sel endotel sinusoidal dan sel kolangiositik. Setiap sel memiliki fungsi yang berbeda (Trefts *et al.*, 2017). Sel hepatosit berfungsi sebagai tempat sintesis, penyimpanan, pemecahan senyawa, metabolisme dan fungsi endokrin eksokrin (Juza *et al.*, 2014). Sel Stellat bertanggung jawab untuk meregenerasi hati yang rusak dan menyimpan vitamin A. Sel kupffer berfungsi melepaskan sitokin. Sel endotel sinusoid berfungsi dengan mentransfer protein dan partikel dengan ukuran tertentu antara plasma dan sel hati (Trefts *et al.*, 2017). Sel kolangiositik berfungsi untuk mengangkut empedu, bikarbonat, dan sekresi air (Juza *et al.*, 2014).

Hati dibagi menjadi dua bagian oleh ligamen fasia, yaitu bagian kanan yang lebih besar dan bagian kiri yang lebih kecil. Sirkulasi darah hati terdiri dari tiga vena hepatica. Vena hepatic tengah membagi hati menjadi lobus kanan dan kiri. Vena hepatic kiri membagi sisi kiri hati menjadi bagian medial dan lateral. Vena hepatica kanan membagi sisi kanan hati menjadi bagian anterior dan posterior. Bagian atas dan bawah hati dipisahkan oleh vena portal (Sibulesky, 2013). Anatomi hati dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Anatomi hati
Sumber: Sibulesky (2013)

Hati memiliki fungsi penting dalam hal metabolit. Hati merupakan tempat pembuangan senyawa kimia endogen seperti kolesterol, hormon steroid, asam lemak dan protein, serta senyawa eksogen seperti obat-obatan dan alkohol (Singh *et al.*, 2011). Senyawa yang masuk ke hati diperoleh dari darah. Hati menerima darah dari satu sumber, 80% dari vena portal dan 20% dari vena arteri (Sibulesky, 2013). Darah dari vena portal kaya nutrisi dan darah dari vena arteri kaya oksigen (Roberts *et al.*, 2017). Fungsi hati sebagai tempat netralisasi dan konversi senyawa kimia membuat hati rentan terhadap kerusakan akibat zat toksik (Singh *et al.*, 2011).

2.2.2. Fisiologi hati

Hati memiliki berbagai fungsi dalam tubuh, seperti sintesis protein plasma, pembentukan faktor koagulasi dan pelepasan urea ke dalam aliran darah. Hati juga berperan dalam sintesis glukosa dari glikogenesis. Parenkim hati juga berfungsi sebagai organ untuk menyimpan berbagai produk seperti glikogen, lemak dan vitamin yang larut dalam lemak (Singh *et al.*, 2011). Hati juga berperan dalam metabolisme makronutrien dan homeostasis lemak dan kolesterol. Hati dapat menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen dan memecah glikogen yang tersimpan di parenkim hati untuk menghasilkan glukosa. Glukosa darah saat

tubuh mengalami penurunan glukosa darah (Trefts *et al.*, 2017). Hati juga berperan dalam menetralkan senyawa dari luar dan dalam tubuh, proses yang disebut detoksifikasi metabolik. Hati menetralkan molekul asing, hormon, dan senyawa eksogen dan endogen seperti obat-obatan. Tujuan detoksifikasi hati adalah mendetoksifikasi senyawa seperti alkohol, barbiturat, steroid dan hormon (termasuk estrogen, aldosteron dan testosteron) untuk mencegah akumulasi dalam tubuh dan mencegah efek samping (Ozougwu, 2017).

2.2.3. Patofisiologi hati

Kerusakan hati dapat disebabkan oleh senyawa yang bersifat racun bagi hati yang disebut hepatotoksin (Singh *et al.*, 2011). Selain racun hati, kerusakan hati juga dapat disebabkan oleh banyak hal, seperti infeksi virus, obat-obatan, gangguan metabolisme, dan gangguan imunologi (Bernal *et al.*, 2010). Kerusakan hati jangka panjang menyebabkan apoptosis pada sel hati. Kerusakan hati merespon proses penyembuhan dengan pembentukan fibrosis hati dan sirosis hati (Guicciardi *et al.*, 2010). Kerusakan pada hati dapat ditandai dengan adanya kenaikan biomarker kerusakan hati dalam darah yaitu serum glutamic oxaloacetic transaminase (SGOT), serum glutamic pyruvic transaminase (SGPT). SGOT dan SGPT merupakan enzim yang sering digunakan dalam mendiagnosis kerusakan pada hati.

SGOT adalah enzim yang diproduksi oleh hati yang membantu produksi protein. SGOT membantu mengubah aspartat menjadi α -ketoglutarat untuk menghasilkan oksaloasetat dan glutamat. Selain hati, SGOT juga terdapat pada organ lain seperti jantung, otot, otak dan ginjal (Singh *et al.*, 2011). Kisaran SGOT normal pada tikus adalah antara 45,7 dan 80,8 U/L (Gad *et al.*, 2016). Peningkatan kadar AST dalam darah dapat mendeteksi kelainan pada jantung, otot, otak atau ginjal (Singh *et al.*, 2011).

SGPT adalah enzim yang terlibat dalam metabolisme asam amino dan glukoneogenesis. Enzim ini membantu mengubah alanin menjadi α -ketoglutarat untuk menghasilkan glutamat dan piruvat. Nilai normal SGPT pada tikus adalah 1,5-30,2 U/L (Gad *et al.*, 2016). Nilai SGPT tersedia bila ada kerusakan hati. Peningkatan kadar SGPT merupakan tanda khusus untuk mendiagnosis kerusakan hati, karena enzim ini melimpah di hati. Selain di hati, SGPT juga ditemukan di jantung dan miokardium walaupun dalam jumlah yang sedikit (Singh *et al.*, 2011).

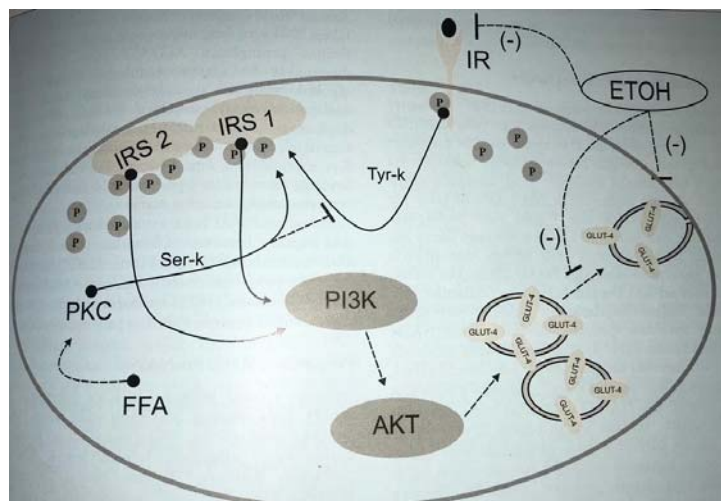
2.2.4. Kerusakan hati pada diabetes melitus

Kerusakan hati lebih sering terjadi pada pasien diabetes karena gangguan metabolisme glukosa dan lipid. Prevalensi kerusakan hati akut pada penderita diabetes adalah 25%, sedangkan prevalensi kerusakan hati kronis pada penderita diabetes bisa mencapai 40% (Rosano *et al.*, 2017). Kurangnya sekresi insulin dan berkurangnya sensitivitas insulin jaringan pada keadaan diabetes menyebabkan gangguan metabolisme lipid, protein dan karbohidrat, yang menyebabkan hiperglikemia (Palsamy *et al.*, 2010). Kerusakan hati pada keadaan hiperglikemik terjadi akibat kematian sel hati yang disebabkan oleh stres oksidatif. Keadaan hiperglikemik dapat meningkatkan stres oksidatif dan menyebabkan kerusakan hati (Manna *et al.*, 2010). Stres oksidatif adalah kondisi dimana rasio oksidan dan antioksidan menjadi tidak seimbang sehingga menyebabkan terbentuknya radikal bebas di dalam tubuh (Mohamed, 2016).

Hati tidak dapat mendeteksi keberadaan glukosa dalam darah pada kondisi hiperglikemia. Hal ini membuat hati akan memproduksi glukosa secara terus menerus. Untuk memenuhi kebutuhan energi dalam pembentukan glukosa, asam lemak akan dipecah untuk membentuk energi. Hal tersebut akan meningkatkan oksidasi asam lemak bebas dan menyebabkan akumulasi lemak pada hati. Akumulasi lemak pada hati akan menyebabkan perlemakan hati dan kemudian akan memicu NAFDL (Mohamed, 2016). Pasien dengan NAFDL rentan mengalami inflamasi hepatik, nekrosis dan fibrosis (Cohen, 2011). Hati yang

mengalami fibrosis kemudian akan menjadi sirosis hati dan berlanjut pada kegagalan pada fungsi hati (Guicciardi *et al.*, 2010).

Akumulasi adiposit di hati juga menyebabkan resistensi insulin yang dapat memperparah kondisi diabetes melitus. Pada hiperinsulinemia, sekresi adipositokin diubah memicu pelepasan gen sitokin pro-inflamasi seperti leptin dan tumor necrosis factor (TNF)- α . Adipositokin yang meningkat juga berkontribusi pada pembentukan stres oksidatif dan memicu pembentukan radikal bebas (Garcia-compean *et al.*, 2009). Peningkatan radikal bebas menyebabkan mutasi DNA dan memicu produksi reactive oxygen species (ROS) (Mohamed, 2016). Mekanisme kerusakan hati pada penderita diabetes dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme kerusakan hati pada penderita diabetes
Sumber: Sibulesky (2013)

Gambar 2 menunjukkan direk dan tidak langsung etanol pada kaskade pensinyalan insulin. Secara langsung etanol menghambat translokasi GLUT-4 dan mengganggu interaksi insulin dengan reseptornya. Secara tidak langsung mengurangi efek insulin melalui jalur FFA. FFA menghambat aktivitas PI3K dengan cara mengaktifkan serine kinase lewat PKC dengan hasil “*uncoupling*” dari IRS dari IR. Tanda panah menunjukkan aktivasi, garis putus menandakan hambatan. AKT = serine-threonine protein

kinase, ETOH = etanol, FFA = asam lemak bebas, GLUT-4 = glucose transporter-4, IR = reseptor insulin, IRS 1 dan IRS 2 IR substrate 1 dan 2, PI3K = phosphatidylinositol, PKC = protein kinase C, p = fosfat, Tyr-k = tyrosine kinase, Ser-k = serine kinase. Peningkatan kadar ROS dapat menyebabkan peradangan dan nekrosis pada jaringan hati. Jaringan hati yang mengalami peradangan dan nekrosis merangsang sel-sel hati untuk memproduksi kolagen untuk pembentukan fibrosis hati. Fibrosis hati yang parah berlanjut ke tahap sirosis hati dan kemudian mengarah pada munculnya karsinoma hepatoseluler (Mohamed, 2016). Kerusakan hati dapat dideteksi dengan tes fungsi hati. Salah satu cara untuk melakukannya adalah dengan melihat perubahan kadar SGOT dan SGPT dalam darah (Singh *et al.*, 2011). Penderita diabetes tanpa perlemakan hati memiliki skor SGOT dan SGPT yang tinggi, dan penderita diabetes dengan perlemakan hati memiliki skor SGOT dan SGPT yang meningkat secara signifikan. Peningkatan kadar SGOT pada penderita diabetes dengan perlemakan hati sebesar 36,7%, sedangkan kadar SGPT meningkat sebesar 70% (Goyal *et al.*, 2014). sedangkan kadar SGPT meningkat sebesar 70% (Goyal *et al.*, 2014).

2.3. Profil Darah

Darah merupakan zat cair yang tidak tembus oleh cahaya (*opaque*), bentuknya agak kental, warnanya merah terang (*oxygenated*) dan merah gelap (*deoxygenated*), berat jenis sekitar 1,06 Ph dan bersifat agak alkalis yaitu 7,2. Cairan ini apabila disentrifus dengan kecepatan putaran tertentu, maka cairan ini akan terpisah menjadi 2 bagian, yaitu : plasma darah, merupakan bagian berwarna kuning jernih dan benda-benda darah merupakan bagian darah yang berwarna merah gelap. Pada plasma darah juga terdiri dari antioksidan, aglutinin, lisin, dan lain-lain. Benda- benda dalam darah sendiri terdiri atas eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih) (Setyaningsih *et al.*, 2018). Plasma darah juga mengandung hormon-hormon, elektrolit, lemak, gula, mineral dan vitamin. Selain menyalurkan sel-sel darah, plasma juga merupakan cadangan air untuk tubuh, mencegah mengkerut dan tersumbatnya pembuluh darah, membantu mempertahankan tekan darah dan sirkulasi ke seluruh tubuh (Salasia, 2016)

2.3.1. Eritrosit

Sel darah merah (eritrosit) merupakan cairan bikonkaf dengan diameter sekitar 7 mikron. Bikonkavitas memungkinkan gerakan oksigen masuk dan keluar sel secara cepat dengan jarak yang pendek antara membran dan inti sel. Warnanya kuning kemerahan-merahan, karena didalamnya mengandung suatu zat yang disebut hemoglobin. Sel darah merah tidak memiliki inti sel, mitokondria dan ribosom, serta tidak dapat bergerak. Sel ini tidak dapat melakukan mitosis, fosforilasi oksidatif sel, atau pembentukan protein (Handayani, 2008).

Menurut Setyaningsih *et al.*, (2018) mengatakan bahwa, eritrosit pada kondisi normal jumlahnya ± 5 juta tiap mm^3 . Eritrosit berfungsi dalam proses pengikatan O_2 dan pembuangan gas CO_2 . Menurut Santos *et al.*, (2016), jumlah eritrosit pada mencit normal berkisar antara 7,1-9,5 juta sel/ mm^3 . Meskipun demikian nilai-nilai ini dapat turun-naik dalam suatu kisaran yang luas sekali, tergantung pada faktor-faktor seperti ketinggian tempat seorang hidup dan kesehatan (Kimball, 1999).

Eritrosit normal berbentuk seperti cakram, mempunyai ukuran tebal 1,5-2,5 μm , diameter 5-7 μm . dengan pewarnaan Wright, eritrosit akan berwarna kemerahan-merahan karena mengandung hemoglobin. Umur eritrosit pada mamalia adalah lebih dari 100 hari, sedangkan fungsi eritrosit adalah : Mengangkut hemoglobin (bertugas mengangkut oksigen) ke jaringan, menjaga hemoglobin dalam keadaan tereduksi, mempertahankan keseimbangan osmotik walaupun terdapat konsentrasi protein tinggi di dalam sel, kemampuan membentuk energi sebagai ATP dengan glikolisis anaerobik, Menghasilkan daya produksi sebagai NAOPH. Untuk memenuhi fungsi tersebut eritrosit bersifat lentur, mampu menghasilkan energi sebagai adenosin trifosfat (ATP) dan menghasilkan kekuatan pereduksi sebagai NADH melalui jalur glikolisis anaerob serta sebagai nikotinamida adenin dinukleotida fosfat tereduksi (NADPH) melalui jalur pintas heksosa monofosfat.

2.3.2. Leukosit

Leukosit atau sel darah putih merupakan bagian dari sistem pertahanan tubuh yang dapat bergerak. Leukosit berfungsi dalam proses fagositosis dan menyediakan kekebalan terhadap antigen spesifik. Pembentukan leukosit di sumsum tulang belakang (granulosit dan monosit serta sebagian limfosit) dan sebagian lainnya dibentuk di jaringan limfa (limfosit dan sel plasma). Setelah proses pembentukan maka leukosit masuk ke dalam peredaran darah dan menuju ke bagian tubuh dimana leukosit tersebut dibutuhkan (Guyton and Hall, 2010).

Jumlah leukosit pada mencit normal berkisar antara 1,9-7,0 ribu/mm³ (Santos *et al.*, 2016). Hewan yang terinfeksi akan mempunyai jumlah leukosit yang banyak, karena leukosit berfungsi melindungi tubuh dari infeksi. Penurunan jumlah leukosit dapat terjadi karena infeksi usus, keracunan bakteri, septicoemia, kehamilan, dan partus. Jumlah leukosit dipengaruhi oleh kondisi tubuh, stress, kurang makan atau disebabkan oleh faktor lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah eritrosit dan leukosit yaitu tergantung pada spesies dan kondisi pakannya, selain itu juga bahan organik yang terkandung seperti glukosa, lemak, urea, asam urat, dan lainnya. Umur, kondisi lingkungan, dan musim juga sangat mempengaruhi jumlah eritrosit dan leukosit (Pearce, 1989).

2.3.3. Hemoglobin

Hemoglobin merupakan suatu hemoprotein yaitu protein globin yang berkaitan dengan heme pada tubuh manusia. Semua hemoprotein memiliki fungsi dalam metabolisme tubuh (Kadri, 2012). Hemoglobin mempunyai dua fungsi pengangkutan penting dalam tubuh manusia, yakni pengangkutan O₂, pengangkutan CO₂, dan berbagai proton dari jaringan perifer ke organ respirasi untuk selanjutnya diekskresikan ke luar (Murray *et al.*, 2009). Molekul hemoglobin terdiri dari globin, apoprotein, dan empat gugus heme, suatu molekul organik dengan satu atom besi (Murray *et al.*, 2009).

Menurut Santos *et al.*, (2016), kadar hemoglobin mencit normal berkisar antara 11,6-15,8 g/dL. Jumlah hemoglobin di dalam darah dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, keadaan fisik, cuaca, tekanan udara, penyakit, dan jumlah sel darah merah. Kadar hemoglobin berbanding lurus dengan jumlah sel darah merah, semakin tinggi jumlah sel darah merah maka akan semakin tinggi pula kadar hemoglobin dalam sel darah merah tersebut (Haryono, 1978). Kadar hemoglobin dipengaruhi oleh kadar oksigen dan jumlah eritrosit, sehingga ada kecenderungan jika jumlah eritrosit rendah, maka kadar hemoglobin akan rendah dan jika oksigen dalam darah rendah, maka tubuh terangsang meningkatkan produksi eritrosit dan hemoglobin (Schalm *et al.*, 2010). Peningkatan konsentrasi hemoglobin juga bisa disebabkan oleh lisisnya eritrosit. Menurut Vijayanand *et al.*, (2005) ketika eritrosit berinteraksi dengan permukaan biomaterial, membran selnya mengalami stres yang berlebihan sehingga bisa menyebabkan hemolisis. Eritrosit yang mengalami lisis akan melepaskan hemoglobin sehingga kadar hemoglobin dalam darah menjadi tinggi. Hemoglobin yang keluar dari sel darah merah yang lisis, sudah tidak dapat berfungsi untuk mengikat O₂ dan CO₂.

2.3.4. Hematokrit

Hematokrit adalah fraksi sel di dalam darah (Cunningham, 2002). Hematokrit menunjukkan besarnya volume sel darah merah di dalam 100 mm³ darah dan dinyatakan dalam persen (Hoffbrand dan Pettit, 1987). Hematokrit merupakan indikasi proporsi sel dan cairan di dalam darah. Menurut Santos *et al.*, (2016), nilai hematokrit mencit normal berkisar antara 37,4–51,7%. Hematokrit yang rendah dapat mengindikasikan beberapa kelainan antara lain anemia, hemoragi, kerusakan sumsum tulang belakang, kerusakan sel darah merah, malnutrisi, myeloma, rheumatoid, dan arthritis. Nilai hematokrit yang tinggi sebaliknya akan mengindikasikan dehidrasi, eritrositosis, dan polisitemia vena. Selain itu hematokrit juga berhubungan dengan perubahan tekanan darah (Schalm *et al.*, 1975).

Nilai hematokrit merupakan suatu cara yang digunakan dalam menentukan jumlah sel darah merah yang terlalu tinggi, terlalu rendah, atau normal. Hematokrit merupakan ukuran yang menentukan banyaknya sel darah merah dalam satu militer darah atau disebut juga perbandingan antara sel darah merah dengan komponen darah lainnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai hematokrit adalah jenis kelamin, spesies, jumlah sel darah merah, aktivitas dan keadaan patologis, serta ketinggian tempat. Nilai hematokrit berbanding lurus dengan jumlah sel darah merah, sehingga apabila jumlah sel darah merah meningkat maka nilai hematokrit juga meningkat (Sloane, 2004).

2.4. Porang

Tanaman porang merupakan tumbuhan herba dan "menahun". Memiliki batang semu (sebenarnya tangkai daun) yang tegak, berkulit halus, berwarna hijau pucat dan putih yang belang-belang dan berkelok-kelok. Di ujung batang memecah menjadi tiga batang sekunder yang akan memecah lagi menjadi beberapa batang dimana helaian daun berjajar beriringan. Pada setiap pertemuan batang terdapat bubil/katak berwarna coklat kehitaman sebagai bahan perkembangbiakan tanaman. Di akhir musim hujan, batangnya akan rebah dan mati, selanjutnya umbi porang akan istirahat (dorman) tidak mengadakan aktivitas pertumbuhan sepanjang musim kemarau. Pada musim hujan umbi yang dorman di dalam tanah akan tumbuh tunas baru sehingga lama-kelamaan umbi semakin mengecil dan akan semakin membesar menjelang musim kemarau dan begitu selanjutnya.

Tanaman Porang yang telah berumur di atas tiga tahun, akan muncul bunga yang disangga tangkai bunga tunggal yang keluar tepat di pusat umbi. Tangkai bunga akan menjulur ke permukaan tanah, panjangnya bisa mencapai 0,5 m-1,5 m. Permukaan tangkai bunga berwarna hijau segar dan berbau tidak enak. Tongkol bunga terdiri dari tiga bagian. Bagian paling atas merupakan bunga mandul, bagian tengah bunga jantan dan paling bawah merupakan bunga betina. Tinggi tanaman dapat mencapai 1,5 m tergantung pada tingkat kesuburan tanah. Dari bunga ini akan menghasilkan biji - biji yang dapat digunakan sebagai benih/bibit (Suroso, 2016)

Tanaman porang merupakan salah satu tanaman umbi-umbian di Indonesia yang memiliki manfaat dari umbinya yang lebih beragam dari pada tanaman umbi lainnya. Tanaman porang mengandung karbohidrat yang penting yaitu glukomanan (Nasir *et al.*, 2015). Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) adalah salah satu jenis tanaman ilis-iles yang tumbuh dalam hutan. Porang merupakan tumbuhan semak (herba) yang berumbi di dalam tanah. Umbi porang berpotensi memiliki nilai ekonomis yang tinggi, karena mengandung glukomanan yang baik untuk kesehatan dan dapat dengan mudah diolah menjadi bahan pangan untuk mencukupi kebutuhan sehari-hari (Han, 2019).

Umbi porang banyak mengandung glukomannan dan dikenal dengan nama *Konjac Glucomannan* (KGM). Beberapa manfaat dari tepung konjak atau KGM adalah mengurangi kolesterol darah, memperlambat pengosongan perut, mempercepat rasa kenyang sehingga cocok untuk makanan diet dan bagi penderita diabetes, sebagai pengganti agar-agar dan gelatin. Glukomannan merupakan polisakarida dari jenis hemiselulosa yang terdiri dari ikatan rantai galaktosa, glukosa, dan mannososa. Ikatan rantai utamanya adalah glukosa dan mannososa sedangkan cabangnya adalah galaktosa (Aryanti *et al.*, 2015).

Umbi Porang atau biasa disebut porang adalah salah satu jenis tanaman dari marga *Amorphallus* yang termasuk ke dalam suku talas-talasan (*Araceae*). Umbi ini mengandung glukomanan yang cukup tinggi (15 - 65% basis kering) atau biasanya disebut dengan mannan yang merupakan polimer dari D-mannosa dan D-glukosa. Kandungan glukomanan pada umbi porang juga memiliki kemampuan membentuk lapisan film yang baik, biocompatibility yang baik, biodegradable serta memiliki kemampuan membentuk gel. Oleh karena itu umbi porang dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan biopolimer atau *biodegradable* polimer. Salah satu bahan yang dapat dijadikan bahan bioplastik dan mudah terurai ialah pati (Falah *et al.*, 2021). Komposisi umbi porang bersifat rendah kalori, sehingga dapat berguna sebagai makanan diet yang menyehatkan. Umbi porang yang saat ini diekspor masih berasal dari usaha masyarakat tani dengan mengumpulkan

umbi yang tumbuh liar di perkebunan maupun di hutan. Saat ini umbi porang dibuat dalam bentuk chip yang berupa bahan baku mentah sehingga memiliki nilai jual rendah. Hal ini menunjukkan bahwa umbi porang belum dapat diolah menjadi produk yang bervariasi serta teknologi pengolahannya pun belum berkembang. Deskripsi tanaman umbi porang dapat dilihat pada Gambar 3.



(A)



(B)



(C)



(D)

Gambar 3. Deskripsi tanaman umbi porang ; (A) Tanaman porang, (B) Bulbil umbi katak, (C) Buah muda dan masak, dan (D) Umbi porang
Sumber : Nasir dkk. (2015)

2.4.1. Taksonomi umbi porang

Menurut Witoyo *et al.*, (2020) klasifikasi umbi porang adalah sebagai berikut

Kingdom : Plantae
 Filum : Magnoliophyta
 Kelas : Liliopsida
 Subkelas : Araceae
 Ordo : Arales
 Famili : Rutaceae
 Genus : *Amorphophallus*
 Spesies : *Amorphophallus oncophyllus*

2.4.2. Kandungan umbi porang

Umbi porang segar memiliki kandungan glukomanan 3,58%, Air 83,3%, Pati 7,65%, Protein 0,92%, Lemak 0,02%, Serat berat 2,5%, Abu 1,22%, logam berat (Cu) 0,09% dan mengandung kalsium oksalat 0,19%. Salah satu kendala dalam pengolahan umbi porang adalah rasa gatal yang disebabkan oleh kandungan kalsium oksalat yang cukup tinggi sekitar 0,19% berat (Arifin, 2011). Menurut Iwuoha dan Kalu (1995) dengan melakukan perebusan pada suhu 90 °C selama 40 menit dapat mereduksi kalsium oksalat rata-rata 70%, sedangkan (Huang dan Hollyer, 1995) mengatakan bahwa dengan perendaman umbi dalam air hangat pada suhu 34 °C s/d 48 °C selama kurang dari 4 jam dapat menurunkan komponen penyebab rasa gatal tanpa terjadi gelatinasi. Komposisi kimia umbi porang segar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia umbi porang segar

Komposisi Kimia	Kandungan per 100 gram	
	Umbi Porang Segar (%)	Tepung Porang (%)
Air	83,3	6,8
Glukomanan	3,58	64,98
Pati	7,65	10,24
Protein	0,92	3,42
Lemak	0,02	-
Serat Kasar	2,5	5,9
Kalsium Oksalat	0,19	-
Abu	1,22	7,88
Logam Berat (Cu)	0,09	0,13

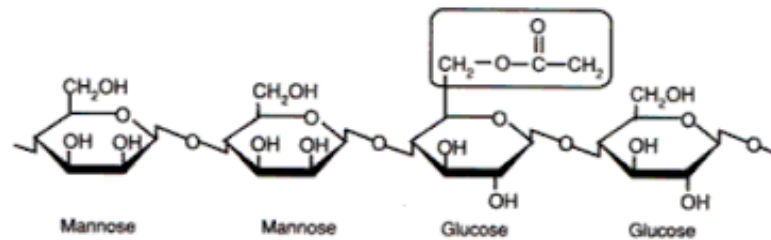
Sumber: Arifin (2011)

2.4.3. Glukomanan

Glukomanan adalah polisakarida yang terdiri dari unit D-glukosa dan D-manosa. Molekul glukomanan mengandung 33% D-glukosa dan 67% D-mannosa. Terdapat 6-19 gugus asetil pada posisi C-6, yang mempengaruhi kelarutan glukomanan dalam air dan struktur gelatin saat dipanaskan. Kandungan glukomanan dalam bentuk tepung wortel sekitar 70-80%, tepung glukomanan memiliki warna putih susu hingga kuning kecoklatan. Etanol digunakan dalam pemurnian glukomanan dengan tujuan menurunkan kadar kalsium oksalat,

meningkatkan kadar dan viskositas glukomanan, serta menghasilkan tepung berwarna putih (Widjanarko *et al.*, 2014).

Ciri-ciri penting glukomanan adalah larut dalam air, dan mampu membentuk massa kental dengan mengembang yang cukup besar, dapat membentuk massa kental, larutan kental memiliki sifat plastis, dapat membentuk gel, memiliki sifat kuat dalam air, dapat diendapkan dengan etanol, dan lain-lain. . Kristal yang terbentuk dapat dilarutkan kembali dengan asam klorida encer dan membentuk lapisan tipis (film) dengan sifat tembus cahaya. Jika NaOH atau gliserin ditambahkan, lapisan tahan air dapat terbentuk. Glukomanan dapat digunakan dalam berbagai industri pangan, kimia dan farmasi (Saleh *et al.*, 2015). Selain penggunaannya dalam pengolahan makanan, glukomanan juga dapat memberikan manfaat kesehatan dengan menurunkan kadar kolesterol darah (Kumar *et al.*, 2013). Struktur glukomanan disajikan pada Gambar 4.



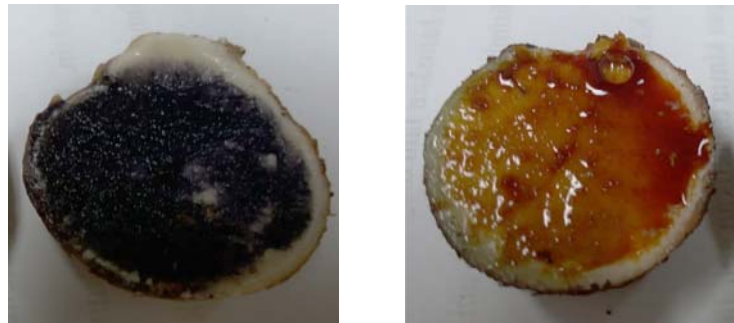
Gambar 4. Struktur Glukomanan
Sumber : Koswara (2013)

2.5. Ubi kayu waxy

Ubi kayu (*Manihot esculenta*) merupakan sumber pati terpenting. Menurut Purwono (2009), ubi kayu merupakan tanaman dari Brazil yang masuk ke Indonesia pada tahun 1852. Kementerian Pertanian (2019) menyatakan bahwa ubi kayu tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, salah satunya di Provinsi Lampung. Ubi kayu mengandung air (61,4 g), protein (1,0 g), lemak (0,3 g), karbohidrat (36,8 g), dan abu (0,5 g) Dirjen Kesehatan Masyarakat (2018). Ubi kayu waxy mengandung pati sebagai cadangan karbohidrat bagi tanaman. Pati

digunakan dalam makanan, pakan dan bahan baku berbagai industri. Pati berbentuk granular dengan ukuran 16,9 – 18,0 μm dan sifat fisika dan kimianya mempengaruhi proses pengolahan (Gomand *et al.*, 2010). Pada umumnya pati terdiri dari dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin dengan perbandingan 20:80 (Augustyn *et al.*, 2007).

Cara yang digunakan dalam membedakan ubi kayu biasa dengan ubi kayu *waxy* adalah dengan uji pewarnaan iodin. Ubi kayu *waxy* akan berwarna merah kecoklatan ketika diberikan iodin, sedangkan ubi kayu biasa akan berwarna biru tua yang menunjukkan kandungan amilosa. Meskipun demikian, pati ubi kayu *waxy* tidak mengalami perubahan ukuran dan bentuk granula. Ubi kayu *waxy* justru memiliki kejernihan, stabilitas, dan indeks pengembangan yang lebih tinggi. Hasil skrining klon ubi kayu dengan *staining* pada Gambar 5.



Gambar 5. Skrining klon ubi kayu dengan *staining*
Sumber: Al Rasyid *et al.* (2019)

2.6. Beras dari umbi porang

Beras merupakan bahan pangan penting dan menjadi makanan pokok lebih dari setengah penduduk dunia, termasuk Indonesia (Kamsiati, 2018). Meskipun produksi beras nasional saat ini cukup banyak, namun dikhawatirkan tidak dapat memenuhi kebutuhan beras nasional. Hal ini berkaitan dengan adanya laju pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi, berkurangnya lahan produktif serta pola konsumsi masyarakat yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap beras. Oleh karena itu, untuk mendukung ketahanan pangan nasional perlu dilakukan diversifikasi jenis makanan pokok (Yuwono *et al.*, 2013)

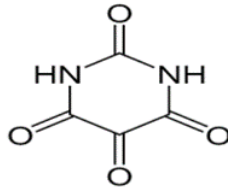
Diversifikasi makanan yang dikembangkan untuk pengganti beras padi salah satunya pembuatan beras porang. Beras porang merupakan salah satu bentuk diversifikasi makanan pokok yang diolah dari bahan baku berbasis karbohidrat dengan penambahan zat-zat tertentu untuk memperbaiki kualitas makanan pokok. Bahan baku dalam pembuatan beras tiruan dapat berasal dari pencampuran tepung porang dan tepung ubi kayu *waxy*. Tepung glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*) sebagai bahan pengikat. Penggunaan tepung porang dapat memberikan kontribusi pembentuk tekstur yang baik karena adanya kandungan glukomanan yang cukup tinggi, yaitu 64.98% (Arifin, 2011). Kemudian dicampurkan, Ubi kayu *waxy* dipanen pada umur 8 bulan, lalu dikupas kulitnya. Selanjutnya ubi kayu dicuci bersih dengan air lalu diparut dengan mesin pamarut. Bubur ubi kayu lalu dicuci dengan air dan diperas dengan alat press hingga diperoleh ampas dan tapioka. Masing-masing ampas dan tapioka dikeringkan pada oven suhu 50°C hingga kering. Ampas dan tapioka kering lalu digiling hingga menjadi tepung (Al-Rasyid *et al.*, 2019)

Beras porang dapat dibuat dari bahan pangan seperti umbi-umbian dan sereal yang tidak mengandung amilosa dengan bentuk dan komposisi gizinya seperti beras padi. Dalam proses pembuatannya, amilosa mengalami gelatinisasi karena pemanasan sehingga menjadi lengket dan tidak bisa dicetak menjadi butiran beras. Oleh karena itu, umbi porang berpotensi untuk diolah menjadi beras porang karena tidak mengandung amilosa.

2.7. Aloksan

Aloksan adalah bahan kimia yang digunakan untuk induksi diabetes melitus. Aloksan memiliki struktur kimia yaitu 2,4,5,6 – tetraoxypyrimidine, 1,3-Diazinan-2,4,5,6-tetron (IUPAC) dan asam Mesoxalylurea 5 - oxobarbitirat. Aloksan adalah derivat urea yang secara selektif merusak sel islet beta pankreas pada hewan seperti kelinci, tikus, mencit, dan anjing (Szkudelski, 2001). Penelitian Szkudelski, (2001) pada hewan uji kelinci menunjukkan bahwa aloksan mampu sebagai agen diabetes karena secara spesifik menyebabkan nekrosis sel pankreas. Aloksan bisa

diberikan pada hewan uji secara intravena, intraperitoneal, atau subkutan. Dosis aloksan yang diperlukan untuk menginduksi diabetes tergantung pada spesies hewan, rute administrasi dan status gizi (Szkudelski, 2001). Struktur kimia aloksan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur kimia aloksan
Sumber: Lenzen (2008)

Aloksan telah banyak digunakan sebagai senyawa diabetogenik untuk hewan percobaan. Pemberian aloksan dilakukan dalam dosis tunggal ataupun ganda. Dosis yang dapat digunakan berkisar antara 90-200 mg/kg BB. Aloksan dapat diberikan secara intraperitoneal, intravena, maupun subkutan. Hingga saat ini, pemberian secara intraperitoneal menjadi cara yang paling banyak digunakan (Ighodaro *et al.*, 2017)

Aloksan memiliki bentuk molekul menyerupai glukosa. Saat aloksan diinduksikan ke tubuh mencit, maka reseptor GLUT 2 yang ada di dalam sel beta pankreas akan mengenali aloksan sebagai glukosa, dan aloksan akan dibawa menuju sitosol sel beta pankreas. Sehingga menyebabkan aloksan akan mengalami reaksi redoks yang menghasilkan ROS dan superoksida (Lenzen, 2008). Terbentuknya ROS akan menyebabkan depolarisasi membran sel beta dan peningkatan Ca^{2+} , sehingga sitosol akan mengaktivasi berbagai enzim yang menyebabkan peroksidasi lipid, fragmentasi DNA, dan fragmentasi protein. Akibatnya sel beta pankreas menjadi nekrosis, sehingga fungsinya untuk sintesis dan sekresi insulin menurun (Lenzen, 2008)

Proses aloksan menginduksi respon glukosa secara selektif ditunjukkan dalam beberapa fase yaitu ditunjukkan perubahan terbalik konsentrasi insulin, perubahan sel beta secara struktural dilanjutkan dengan nekrosisnya sel beta pankreas. Tahap pertama yang muncul dalam menit-menit awal pasca injeksi. Aloksan adalah hipoglikemik sementara yang berlangsung maksimal 30 menit. Hal ini terjadi karena adanya respon insulin sementara akibat penghambatan fosforilasi glukosa melalui penghambatan glukokinase (Rohilla dan Ali, 2012).

Fase kedua adalah terjadinya kenaikan kadar glukosa darah setelah 1 jam setelah administrasi aloksan. Selain itu, konsentrasi insulin plasma juga menurun pada saat yang sama. Fase ini adalah fase hiperglikemi pertama setelah sel beta kontak dengan aloksan yang berlangsung 24 jam. Proses ini terjadi akibat toksisitas aloksan (Rohilla dan Ali, 2012). Fase ketiga adalah fase hipoglikemik yang terjadi 4-8 jam kemudian dan bisa berlangsung beberapa jam. Proses ini akibat adanya aloksan yang menghancurkan organel sel seperti badan golgi dan mitokondria sehingga membran sel beta pankreas ruptur. Fase keempat adalah fase hiperglikemik permanen setelah 24-48 jam kemudian (Rohilla dan Ali, 2012).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Oktober-Desember 2022 di Kandang Percobaan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dan Laboratorium Klinik Pramitra Biolab Indonesia Way Halim Permai, Provinsi Lampung.

3.2. Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan beras porang adalah mesin pamarut, mesin ekstruder, blender, mixer, timbangan, ayakan, loyang, panci, baskom, dan kompor. Alat-alat lain yang digunakan adalah alat accu check, jarum suntik, kapas, dan seperangkat kandang mencit percobaan untuk uji *in vivo*.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan beras porang adalah, umbi porang, ubi kayu *waxy*, minyak kedelai, garam, kapur sirih, vanili, dan air. Hewan percobaan yang digunakan adalah mencit jantan berusia 2 bulan yang diperoleh dari Balai Besar Penyidikan dan Pengujian Veteriner Regional III Provinsi Lampung Bandar Lampung. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan ransum adalah beras porang, beras IR 64, pati jagung, kasein, sukrosa, L-sistein, kolin, minyak kedelai, CMC, vitamin mix, dan mineral mix.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 kali ulangan. Penelitian menggunakan 24 ekor mencit jantan yang dibagi menjadi 4

kelompok. Mencit diadaptasi dalam kandang percobaan selama 7 hari. Setiap kelompok akan diberikan perlakuan komposisi ransum dan dipelihara selama 28 hari. Data yang diperoleh diuji keseragamannya dengan uji Bartlett dan penambahan data diuji dengan uji Tuckey. Selanjutnya data dianalisis sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan mengetahui pengaruh perlakuan. Data dianalisis uji BNT pada taraf 5%. Perlakuan pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* pada mencit yang diinduksi aloksan dapat dilihat pada Tabel 2. Penelitian ini sudah mendapat *ethical clearance* dari Fakultas Kedokteran Universitas Lampung No : 4179/UN26.18/PP.05.02.00/2022.

Tabel 2. Pembagian kelompok dan perlakuan dosis beras porang

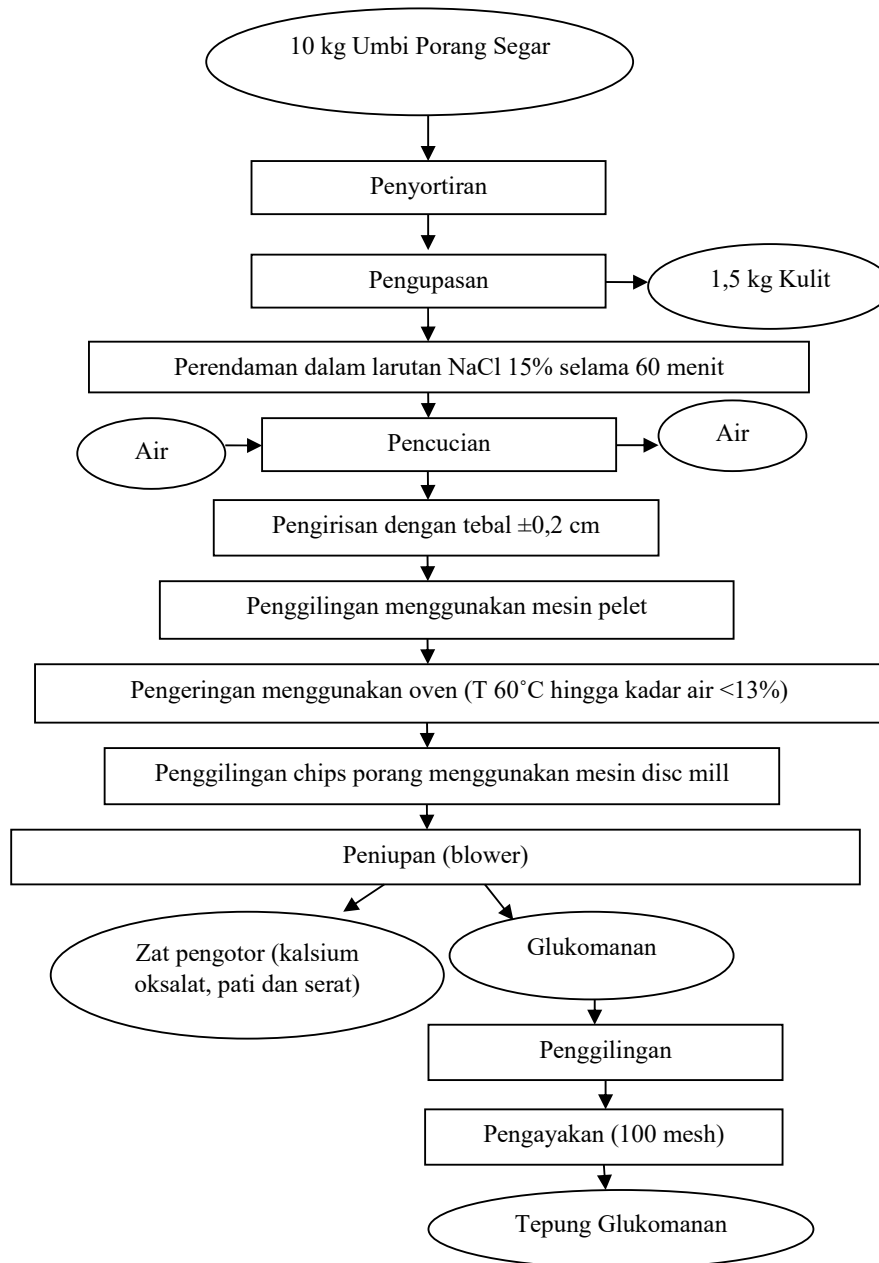
Kelompok	Jumlah Mencit	Perlakuan
Kontrol	6	Mencit sehat dan diberi ransum standar AIN-93 M
I	6	Mencit dibuat diabetes dan diberi ransum standar AIN -93 M
II	6	Mencit dibuat diabetes diberi ransum beras analog
III	6	Mencit dibuat diabetes diberi ransum beras IR-64

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan tepung glukomanan dari umbi porang

Proses pembuatan glukomanan dari umbi porang diawali dengan proses penyortiran. Setelah itu dilakukan pengupasan kulit umbi porang dengan pisau, selanjutnya dilakukan proses perendaman umbi porang dengan campuran NaCl 15% selama 60 menit. Tahapan pencucian pada umbi porang menggunakan air mengalir, dan dilakukan perendaman agar umbi porang tidak bereaksi dan berubah menjadi berwarna coklat. Proses selanjutnya pengirisan pada umbi porang dengan ketebalan $\pm 0,2$ cm menggunakan alat bantu pisau, umbi porang selanjutnya masuk ke proses penggilingan menggunakan mesin pelet. Setelah itu proses pengeringan menggunakan oven selama 12 jam dengan suhu 60°C , dengan kadar air dari umbi porang mencapai $< 13\%$. Proses berikutnya penggilingan pada

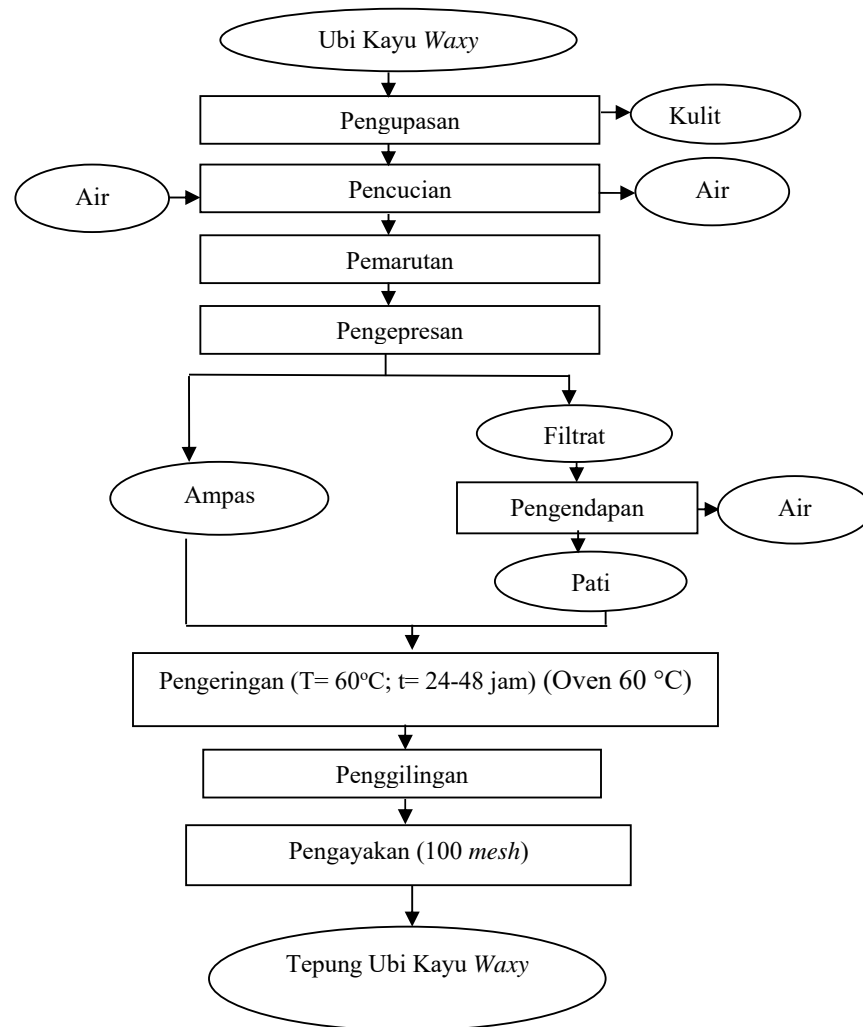
chips porang menggunakan mesin disc mill yang telah dimodifikasi dengan tambahan pipa untuk peniupan (blower) dengan ketinggian 1-6 m. Setelah terpisah dengan zat pengotor, selanjutnya glukomanan dilakukan penggilingan dengan alat disc mill agar glukomanan yang dihasilkan lebih murni. Proses selanjutnya pengayakan dengan saringan ukuran 100 mesh. Berikut diagram alir pembuatan glukomanan dari umbi porang secara mekanis disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pembuatan glukomanan dari umbi porang
Sumber: Widjanarko *et al.* (2015) dengan modifikasi

3.4.2. Pembuatan tepung ubi kayu *waxy*

Menurut Subeki *et al.*, (2020) Pembuatan tepung ubi kayu *waxy* diawali dengan penimbangan berat awal ubi kayu *waxy* yang berumur 8 bulan. Kemudian dilakukan pengupasan kulit ubi kayu *waxy* dengan bantuan pisau. Setelah itu dilakukan pencucian ubi kayu *waxy* menggunakan air yang mengalir. Ubi kayu *waxy* yang sudah dibersihkan lalu dilakukan pamarutan hingga ubi kayu *waxy* berubah tekstur menjadi halus seperti bubur. Bubur ubi kayu *waxy* ditambahkan air dan dilakukan proses press sehingga pati lolos dari saringan sebagai suspensi pati. Selanjutnya pati dikeringkan menggunakan oven hingga kadar air kurang dari 13%. Proses selanjutnya pati ubi kayu *waxy* yang telah kering digiling menggunakan grinder agar didapatkan tepung ubi kayu *waxy*. Setelah itu, hasil penggilingan diayak dengan ayakan 80 mesh agar didapatkan tepung ubi kayu *waxy* dengan tekstur yang lebih halus. Proses pembuatan tepung ubi kayu *waxy* dapat dilihat pada Gambar 8.

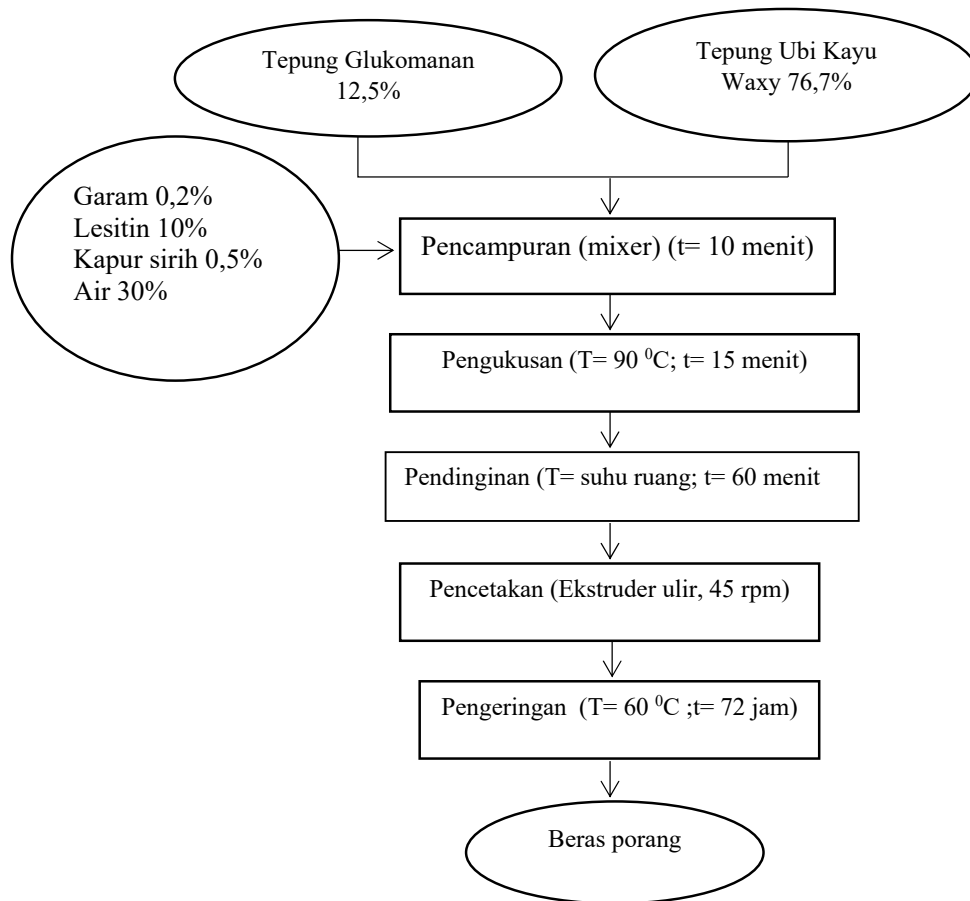


Gambar 8. Diagram alir pembuatan tepung ubi kayu waxy
Sumber: Subeki *et al.* (2020)

3.4.3. Pembuatan beras dari umbi porang

Menurut Subeki *et al.*, (2020) proses pembuatan beras analog yang telah dimodifikasi. Tahapan pertama pembuatan beras analog yaitu mencampurkan tepung ubi kayu waxy dan tepung glukomanan porang yang telah sesuai dengan perlakuan. Tahapan selanjutnya pencampuran kedua bahan ditambahkan air (30%); lesitin (10%); garam (0,2%); dan kapur sirih (0,5%) di aduk hingga kalis. Kemudian tahapan selanjutnya proses pengukusan dengan suhu 90°C selama 15 menit. Setelah pengukusan dilakukan pencetakan atau pembentukan menjadi butir-butir beras menggunakan mesin ekstruder. Butiran-butiran yang dihasilkan

kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 72 jam. Diagram alir pembuatan beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir pembuatan beras porang
Sumber : Subeki *et al.* (2020)

3.5. Aktivitas Beras analog dari Campuran Tepung Glukomanan Porang dan Ubi Kayu *Waxy* terhadap Fungsi Hati dan Profil Darah

3.5.1. Pemberian aloksan

Pemberian aloksan pada penelitian ini bertujuan untuk menginduksi diabetes pada mencit. Mencit yang digunakan pada penelitian adalah mencit jantan berusia 2 bulan. Mencit terlebih dahulu diadaptasikan selama 7 hari di kandang percobaan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang diberi makan dan minum secara *ad libitum*. Setelah itu mencit

dikelompokkan menjadi 4 kelompok yang berisikan 6 ekor disetiap kelompok. Kemudian mencit diinjeksikan aloksan dengan dosis 140 mg/kg BB secara intraperitoneal (Subeki *et al.*, 2020) Selanjutnya mencit diberikan makan dan minum seperti biasa.

3.5.2. Pemberian beras analog

Pemberian beras analog dilakukan pada 4 kelompok dengan 6 ekor mencit pada setiap kelompok. Setiap kelompok akan diberikan makan sesuai dengan perlakuan secara ad libitum selama 28 hari. Perlakuan tersebut terdiri dari ransum standar, ransum dengan beras analog dan ransum beras IR 64. Analisis proksimat beras analog dan beras IR 64 dibutuhkan dalam penyusunan ransum. Analisis proksimat yang dihasilkan berupa kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat dan serat kasar. Hasil analisis proksimat beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* dan beras IR 64 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis proksimat beras analog dan beras IR 64

Parameter	Beras analog	Beras IR 64
Air (%)	14,8801	10,14
Abu (%)	2,7326	0,98
Protein (%)	2,4358	8,25
Lemak (%)	0,8700	0,45
Karbohidrat (%)	79,0815	79,98
Serat kasar (%)	1,8408	0,20

Sumber : Subeki *et al.* (2020)

Hasil analisis proksimat beras porang dan Beras IR 64 digunakan sebagai bahan ransum. Ransum disusun berdasarkan AIN 93-M yang telah dimodifikasi. Komposisi ransum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi ransum AIN 93-M yang telah dimodifikasi

Komposisi (g/100 g)	Mencit sehat + AIN-93M	Mencit diabetes + AIN-93M	Mencit diabetes+ beras analog	Mencit diabetes+ beras IR 64
Beras analog	-	-	50	-
Beras IR-64	-	-	-	50
Pati jagung	57	57	17,27	16,39
Kasein	14	14	12,78	9,87
Minyak kedelai	4	4	3,56	3,77
CMC	5	5	4,08	4,95
Air	5,07	5,07	-	-
Mineral mix	3,5	3,5	2,13	3,01
Vitamin mix	1	1	1	1
Sukrosa	10	10	10	10
L-cystine	0,18	0,18	0,18	0,18
Cholin	0,25	0,25	0,25	0,25
Total	100	100	101,27	99,38
Kalori	351,6	351,6	351,6	351,6
Protein	12%	12%	11,94%	12,60%

Sumber : Reeves *et al.* (1993) yang telah dimodifikasi

3.6. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan adalah fungsi hati dan profil kimia darah, yaitu eritrosit, leukosit, hemoglobin dan hematokrit.

3.6.1. Fungsi hati

Pengamatan terhadap fungsi hati SGOT dan SGPT mencit diawali dengan mematikan mencit dengan cara narkose menggunakan kloroform terlebih dahulu. Setelah itu pengambilan darah dilakukan pada bagian jantung yaitu ventrikel kiri sebanyak 2-3 ml dengan menggunakan spuit ukuran 1 ml kemudian di pindah ke tabung vacutainer yang mengandung EDTA dengan tutup yang berwarna ungu.

Beri label pada masing-masing vacutainer sesuai kelompoknya, selanjutnya mensentrifuge dengan kecepatan 8000 rpm selama 10 menit sehingga diperoleh serum darah (Schumann *et al.*, 2004). Prosedur tahap pemeriksaan fungsi hati SGOT dan SGPT dilakukan di Laboratorium Klinik Pramitra Biolab Indonesia, Provinsi Lampung (Haribi *et al.*, 2009)

Metoda yang digunakan adalah Ultra Violet Tes untuk pemeriksaan SGOT dan SGPT. Pemeriksaan SGOT adalah sebagai berikut, diambil 20 µl sampel (serum darah tikus) dalam tabung reaksi, ditambah dengan 1000 µl reagen SGOT, dicampur dan diinkubasi pada suhu 370 °C selama 1 menit. baca absorben pada fotometer dengan panjang gelombang 340, faktor 1745, program k 20. Prosedur pemeriksaan SGPT adalah sebagai berikut, isikan tabung reaksi dengan sampel (serum darah tikus) sebanyak 20 µl dan ditambah reagen SGPT sebanyak 1000 µl campur dan inkubasikan pada suhu 370 °C selama 1 menit. baca absorben setelah tepat 1 menit, 2 menit, dan 3 menit pada panjang gelombang 340, faktor 1745 dan pada program K 20 (Haribi *et al.*, 2009).

3.6.2. Profil darah

Pengambilan sampel darah intrakardial pada mencit, pengambilan darah ini biasanya dilakukan ketika dibutuhkan darah dalam jumlah banyak, kemudian mencit dibedah. Adapun langkah-langkah pengambilan darah dengan teknik intrakardial. Tahap pertama, mencit dibius dengan kloroform. Tahap kedua, pengambilan darah bisa dilakukan langsung dengan cara memasukkan jarum suntik langsung ke jantung dan menyedotnya secara perlahan. Tahap ketiga darah yang diperoleh segera digunakan untuk kepentingan penelitian (Nugroho, 2018). Pengambilan darah mencit sebanyak 1 cc, kemudian darah mencit dikumpulkan ke dalam tabung EDTA 3 mL yang berisi antikoagulan K2 dan segera dihomogenkan dengan cara membalik tabung beberapa kali untuk menghindari agregasi trombosit dan pembekuan darah. Jumlah sel darah merah, jumlah sel darah putih dan kadar hemoglobin, hematokrit dianalisis menggunakan alay *Hematology Analyzer* dan dibaca hasilnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah

1. Pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* pada mencit yang diinduksi aloksan berpengaruh nyata terhadap nilai SGOT (306 U/L); dan SGPT (180 U/L).
2. Pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan porang dan ubi kayu *waxy* pada mencit yang diinduksi aloksan berpengaruh nyata terhadap nilai eritrosit (7,48 juta/mm³); leukosit (5,55 ribu/mm³); hemoglobin (15,14 g/dL); dan hematokrit (32,28%).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pemberian beras analog dari campuran tepung glukomanan dan tepung ubi kayu *waxy* terhadap fungsi hati dan profil darah mencit yang diinduksi DMBA.

DAFTAR PUSTAKA

- Adicandra, M. R., dan Estiasih, T. 2016. Beras analog dari umbi kelapa putih (*discorea alata* L). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 4(1): 383-390.
- Agustyn, G.H., Polnaya, F.J., dan Parinusa, A. 2007. Karakterisasi beberapa sifat pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Buletin Pertanian BIAM*. 3(51): 35-39.
- Ahmed, D. K., Martin, S., Koppe, S., Yong, dan Dhillon. 2018. *Liver Function Tests In Identifying Patients With Liver Disease*. *Clinical and Experimental Gastroenterology*. 301–307 hlm.
- Aleya dan Berawi, K. N. 2015. *Korelasi pemeriksaan laboratorium sgot/sgpt dengan kadar bilirubin pada pasien hepatitis c di ruang penyakit dalam rsud dr. H. Abdul moeloek provinsi lampung pada bulan januari - desember 2014*. Available at: <http://repository.lppm.unila.ac.id/1389/1/25.pdf>. [Diakses pada 24 Desember 2022 pukul 10.00 wib].
- Aliviameita, A., Puspitasari., Yanik, P., dan Silvia, A. 2021. *Korelasi Kadar Glukosa Darah Dengan Profil Hematologi Pada Pasien Diabetes Mellitus Dengan Ulkus Diabetikum*. *University Research Colloquium*. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Muhammadiyah Klaten. <https://doi.org/10.30651/jmlt.v4i1.7242>
- Al-Rasyid, H., Winanti, D.D.T., dan Subeki. 2019. *Scale up Produksi Beras Siger dari Klon Ubi Kayu Waxy Kapasitas 100 Kg Per Jam*. In: *Semnas Tektan Polinela 2019*. 7 November 2019. Bandar Lampung. [Diakses pada 25 Oktober 2022 pukul 12.00].
- American Diabetes Association. 2018. *Standards of medical care in diabetes — 2018*. USA: Diabetes Care.
- Andayani, P.L., Koekoeh, S., Nastiti, K., Aryani, S.S., dan Atin, S. 2016. Determinasi pemberian sukrosa terhadap kadar sgpt dan sgot tikus galur wistar sebagai indikator fungsi hati. *Jurnal Bioma*. 12(1):60-64.
- Anggraito, U.Y. 2018. *Metabolit Sekunder dari Tanaman : Aplikasi Produksi*. Penerbit Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. [Diakses pada 7 November 2022 pukul 14.35].
- Arifin, M.A. 2011. *Pengeringan Kripik Umbi Iles Iles Secara Mekanik Untuk Meningkatkan Mutu Keripil Iles Iles*. Thesis. Teknologi Pasca Panen. PPS.IPB. [Diakses pada tanggal 19 Oktober 2022 pukul 17.56].

- Aryanti, N., Kharis, D., dan Abidin, Y. 2015. Ekstraksi glukomanan dari porang lokal (*amorphophallus oncophyllus* dan *amorphophallus muerelli blume*). *Journal Metana*. 11(01): 21–30.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Kajian Konsumsi Bahan Pokok tahun 2017. Badan Pusat Statistik Indonesia. [Diakses pada 25 Oktober 2022 pukul 12.13].
- Baynest, H.W. 2015. Classification, pathophysiology, diagnosis and management of diabetes mellitus. *Journal of Diabetes and Metabolism*. 06(5): 122-129. <https://doi.org/10.4172/2155-6156.1000541>
- Bernal, W., Auzinger G., Dhawan A., and Wendon J. 2010. Acute liver failure. *Journal the Lancet*. 376(9736): 190–201.
- Bijanti, R., Yuliani M.G.A., Wahjuni dan Utomo R.B. 2010. *Buku Ajar Patologi Klinik Veteriner*. Edisi 1. Pusat Penerbit dan Pencetakan Unair. Surabaya. [Diakses pada 3 November 2022 pukul 21.00].
- Brand-Miller, J. and Ambler, G. 2012. Nutrition Therapy in the Treatment of Diabetes. In Louise A. Baur, Stephen M. Twigg, Roger S.Magnusson (Eds.), *A Modern Epidemic: Expert Perspectives on Obesity and Diabetes*. Sydney University Press. Sydney. 300-314 hlm.
- Budi, R.S., Retno, S.W., dan Sri, H. 2016. Pengaruh Pemberian Ekstrak *sprirulina platensis* Terhadap Kadar SGOT dan SGPT Pada Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) yang Diinduksi Etanol. *Journal of Basic Medicine Veterinary*. 5(2): 128-134.
- Chodijah, S., Nugroho, A., dan Pandelaki, K. 2013. Hubungan kadar gula darah puasa dengan jumlah leukosit pada pasien diabetes melitus dengan sepsis. *Jurnal e-Biomedik (eBM)*.1(1): 602-606. <https://doi.org/10.35790/ebm.1.1.2013.4606>
- Cohen, J.C. 2011. Human fatty liver disease: old questions and new insights. *Journal Science*. 332: 1519–1523.
- Cunningham, J.G. 2002. *Textbook of Veterinary Physiology*. Ed ke-3. W.B. Saunders Company. Philadelphia (US).
- Danhof, I.E. 2001. *Information of Aloe vera*. Jakarta: Department of Biology Faculty of Mathematics and Sciences University of Indonesia Depok Internal Uses of Aloe vera. [Diakses pada 1 Januari 2023 pukul 09.32].
- Falah, Z.K., Suryati, S., Sylvia, N., Meriatna, M., dan Bahri, S. 2021. Pemanfaatan tepung glukomanan dari pati umbi porang (*amorphophallus muelleri blume*) sebagai bahan dasar pembuatan edible film. *Chemical Engineering Journal Storage*. 1(3): 50-61.

- Faridah, A., Widjanarko, S.B., Sutrisno, A., dan Susilo, B. 2009. Optimasi produksi tepung porang dari chip porang secara mekanis dengan metode permukaan respons. *Jurnal Teknik Industri*. 12(2): 155–166.
- Fergiyanti, D.S.A. dan Nangameka, Y. 2018. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku konsumen dalam pembelian beras ir-64 di pasar tradisional (studi kasus di pasar tradisional kecamatan panji kabupaten situbondo). *Jurnal Ilmiah Agribos*. 16(2): 39-48.
- Foster-Powell, K.F., Holt S.H.A., and Miller J.C.B. 2002. International table of glycemic index and glycemic load values. *Journal Clin. Nutr.* (76): 5-56. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>
- Gad, S. C. and Group F. 2016. *Third Edition Animal Models in Toxicology*. New York: CRC Press. [Diakses pada 3 Desember 2022 pukul 12.12].
- Garcia-Compean, D., Jaquez-quintana J.O., Gonzalez-gonzalez J.A., and H. Maldonado-garza. 2009. Liver cirrhosis and diabetes: risk factors, pathophysiology, clinical implications and management. *World Journal of Gastroenterology*. 15(3): 280–288.
- Gomand, S.V., Lamberts, L., Visser, R.G.F., and Delcour, J.A. 2010. Physicochemical properties of potato and cassava starches and their mutants in relation to their structural properties. *Food Hydrocolloids*. 24(4): 424–433. <https://doi.org/10.1016/J.Foodhyd.2009.11.009>
- Gowda, S., Desai, P.N., Hull, V.V., Math, A.A.K., and N. Sonal. 2009. A review on laboratory liver function tests. *Pan African Medical Journal*. 20(3): 1-11.
- Goyal, V., Chugh, K., and Agrawal Y. 2014. Association of serum glutamic pyruvic transaminase and non-alcoholic fatty liver disease in controlled and uncontrolled diabetes. *Journal of Health Specialities*. 2(4): 1–5.
- Guicciardi, M.E., and Gores G.J. 2010. *Apoptosis as a Mechanism for Liver Disease Progression*. Seminars in Liver Disease. [Diakses pada 7 Desember 2022 pukul 17.13].
- Guo, Z., Peng, Z., Xiyuan, X., and Chi, P. 2021. Physiological, anatomical, and transcriptional responses of mulberry (*morus alba l.*) To cd stress in contaminated soil. *Journal Environmental Pollution*. 12(284): 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117387>
- Gupta, D., Raju, J. P. R., and Baquer, N.Z. 1999. Change in the lipid profile, lipogenic and related enzymes in the livers of experimental diabetic rats: effect of insulin and vanadate. *Journal Diabetes Research and Clinical Practice*. 46(3): 1–7.

- Han, E.S. 2019. Modul diseminasi: budidaya dan pengembangan porang (*amorphophallus muelleri blume*) sebagai salah satu potensi bahan baku lokal. *Journal of Chemical Information and Modelin*. 53(9) : 1689–1699. [http://prc.ub.ac.id/files/modul porang.pdf](http://prc.ub.ac.id/files/modul%20porang.pdf).
- Handayani, W., dan Andi, S.H., 2008. *Asuhan Keperawatan pada Klien dengan Gangguan Sistem Hematologi*. Penerbit Salemba Medika. Buku Ajar. [Diakses pada 26 Desember 2022 pukul 19.54].
- Hanifah, N.R., Hotlina, N., dan Hafita, D.M. 2023. Pengaruh ekstrak tumbuhan suruhan (*peperomia pellucida l. Kunth*) terhadap jumlah eritrosit pada tikus diabetes. *Jurnal Farmasi dan Farmakoinformatika*. 2(1): 23-30.
- Hardianto, D. 2021. Telaah komprehensif diabetes melitus: klasifikasi, gejala, diagnosis, pencegahan, dan pengobatan. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia (JBBi)*. 7(2): 304–317. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v7i2.4209>
- Haryono, B. 1978. *Hematologi Klinik*. Bagian Kimia Medik Veteriner. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. [Diakses pada 15 November 2022 pukul 18.30].
- Hestiani, D.W. 2017. Faktor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan dalam pengelolaan diet pada pasien rawat jalan diabetes melitus tipe 2 di kota semarang. *Journal of Health Education*. 2(2): 137–145. <https://doi.org/10.30867/gikes.v2i2.258>
- Hoffbrand, A.V., dan Pettit, J.E. 1987. *Hematologi*. Penerbit Egc. Jakarta. 320 hlm
- Hozomi, T., Yoshida, M., Ishida, Y., Mimota, H., Sawa, J., and Kazumi, T. 1995. Long-term effect of dietary fiber supplementation on serum glucose and lipoprotein levels in diabetic rats fed a high cholesterol diet. *Endocrine Journal*. 42(2): 187-192.
- Hsieh, C.F., Liu, W., Whaley, J.K., And Shi, Y.C. 2019. Structure and functional properties of waxy starches. *Journal Food Hydrocolloids*. 94: 238–254. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.026>
- Huang, A. And Hollyer, J.R. 1995. *Manufacturing of Acridity Free Raw Flour From Aracea Tubers*. University of Hawaii. Honolulu HI. [Diakses pada 23 Februari 2023 pukul 08.00].
- Ighodaro, O.M., Adeosun, A.M., and Akinloye, O.A. 2017. Alloxan-induced diabetes, a common model for evaluating the glycemic-control potential of therapeutic compounds and plants extracts in experimental studies. *Journal Medicina (Lithuania)*. 53(6): 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.medic.2018.02.001>

- International Diabetes Federation. 2017. *IDF Diabetes Atlas - 8th Edition*. International Diabetes Federation. [Diakses pada 18 Desember 2022 pukul 22.00]
- Jenkins, A.L., Linda, M.M., Jacqueline, B., Elena, J., David, J.A.J., and Vladimir, V. 2018. Co- administration of a konjac-based fibre blend and american ginseng (*panax quinquefolius l.*) On glycaemic control and serum lipids in type 2 diabetes : a randomized controlled, cross-over clinical trial. *European Journal of Nutrition*. (57): 2217-2225. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1496-x>.
- Juza, R.M. dan Pauli, E.M. 2014. Clinical and surgical anatomy of the liver : a review for clinicians. *Journal Clinical Anatomy*. 769(1): 764–769.
- Kadri, H. 2012. Hemoprotein dalam tubuh manusia. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 1(1): 22–30. <https://doi.org/10.25077/jka.v1i1.5>
- Kamsiati, E. 2018. Karakteristik fisik dan kimia beras indigenous dari lahan pasang surut di kalimantan tengah. *Jurnal Pangan*. 27(2): 107–116. <https://doi.org/10.33964/jp.v27i2.366>
- Kautsar, E.K., Erlina, R., dan Ariadi. 2019. Pengaruh pemberian infusa teh hijau terhadap kadar sgot dan sgpt pada mencit diabetes melitus yang diinduksi aloksan. *Jurnal Farmasi Higea*. 11(2): 184-193.
- Kemkes RI. 2011. Pedoman Interpretasi Data Klinik | Direktorat Jenderal Kefarmasian dan Alat Kesehatan (kemkes.go.id). [Diakses pada 20 Desember 2022 pukul 14.57]
- Kementerian Pertanian. 2019. *Data Lima Tahun Terakhir*. <https://www.pertanian.go.id/Home/?Show=Page&Act=View&Id=61>. [Diakses Pada 13 Desember 2022 pukul 16.07]
- Kimball, J.W. 1999. *Biologi*. Buku Erlangga. Jakarta.
- Koswara, S. 2013. *Teknologi Pengolahan Umbi-Umbian Pengolahan Umbi Porang*. Modul. Institute Pertanian Bogor. PP 1-20.
- Kumar, C.H., Pradeep., Lokesh, T., Gobinath, M., Kumar, B., and Saravanan, D. 2013. Anti-Diabetic and Anti-Hyperlipidemic Actavities of Glukomanan Isolated from Araucaria Cunninghamii Seeds. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 6: 204- 208.
- Kuntz E., and Kuntz H.D. 2008. *Hepatology, Principles and Practice*. Edisi ke-2. Wetzlar: Springer Medizin Verlag Heidelberg.

- Leite, N. C., Salles, G., Araujo, C. A., Villela-nogueira, and Cardoso. 2008. Prevalence and associated factors of non-alcoholic fatty liver disease in patients with type-2 diabetes mellitus. *Journal Liver International*. 113-119 hlm.
- Lenzen, S. 2008. The mechanisms of alloxan- and streptozotocin-induced diabetes. *Journal Diabetologia*. 51(2): 216–226. <https://doi.org/10.1007/s00125-007-0886-7>
- Leto, D. and Saltiel, A.R. 2012. Regulation of glucose transport by insulin : traffic control of glut4. *Journal Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 13(6): 383–396.
- Luna, P., Herawati, H., Widowati, S., dan Prianto, A.B. 2015. Pengaruh kandungan amilosa terhadap karakteristik fisik dan organoleptik nasi instan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 12(1): 1–10.
- Manna, P., Das, J., Ghosh, J., and Sil, P.C. 2010. Contribution of type 1 diabetes to rat liver dysfunction and cellular damage via activation of nos , parp , mapks , and mitochondria-dependent pathways : prophylactic role of arjunolic acid. *Journal Radical Biology and Medicine*. 48(11): 1465–1484.
- Mohamed, J. 2016. Mechanism of diabetes-induced liver damage, the role of oxidative stress and inflammation. *SQU. Medical Journal*. 16(2): 132–141.
- Murray, R.K., Granner, D.K., dan Rodwell, V.W. 2009. *Biokimia Harper*. Edisi 27. Jakarta : Buku Kedokteran EGC. [Diakses pada 19 Januari 2023 pukul 15.06].
- Nasir, S., Rahayuningsih., Radjit, B.S., Ginting, E., Harnowo, D., dan Mejaya, I.M.J. 2015. *Tanaman Porang (Pengenalan, Budidaya dan Pemanfaatannya)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 978-979–1159 hlm.
- Nugroho, R.A. 2018. *Mengenal Mencit Sebagai Hewan Laboratorium*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Ozougwu, J. 2017. Physiology of the liver. *International Journal of Research in Pharmacy and Biosciences*. 4(8): 13–24.
- Paleva, R. 2019. Mekanisme resistensi insulin terkait obesitas. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. 10(2): 354-355.
- Palsamy, P., Sivakumar, S., and Subramanian, S. 2010. Resveratrol attenuates hyperglycemia-mediated oxidative stress , proinflammatory cytokines and protects hepatocytes ultrastructure in streptozotocin – nicotinamide-induced experimental diabetic rats. *Journal Chemico-Biological Interactions*. 186(2): 200–210.

- Pearce, E.C. 1989. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. [Diakses pada 17 Februari 2023 pukul 17.15].
- Purwanto, A. 2014. Pembuatan brem padat dari umbi porang (*amorphophallus omcophyllus prain*). *Jurnal Widya Warta*. 01: 16 – 28 hlm.
- Purwono. 2009. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. 144 hlm.
- Putri, D.K.S.C., Hermanto, B., dan Wardani, T. 2014. Pengaruh pemberian infusum daun salam (*eugenia polyantha*) terhadap kadar glukosa darah tikus (*rattus nor wegicus*) yang diinduksi aloksan. *Jurnal Veterinaria Medika*. 7(1): 7-15.
- Qodriyati, N.L.Y., Erna, S., dan Yuwono. 2016. Kadar sgot pada tikus wistar (*rattus norvegicus*) jantan yang dipapar stresor rasa sakit *electrical foot shock* selama 28 hari. *E-jurnal Pustaka Kesehatan*. 4(1): 73-76.
- Rahayu, L., Novi, Y., dan Yoana, S. 2018. Analisis sgpt dan sgot pada tikus yang diinduksi isoniazid untuk penentuan dosis dan karakteristik hepatoprotektif air buah nanas (*ananas comosus l. Merr*) mentah. *Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 16(1): 100-106.
- Reeves, P.G., Nielsen, F.H., and Fahey, G.C. 1993. Ain-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the american institute of nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the ain-76a rodent diet. *Journal of Nutrition*. 123(11): 1939–1951.
- Rias, Y.A., dan Sutikno, E. 2017. Hubungan antara berat badan dengan kadar gula darah acak pada tikus diabetes mellitus. *Jurnal Wijaya*. 4(1): 72-77. <https://ojs.iik.ac.id/index.php/wiyata/article/view/149>
- Roberts, M.S., Wang, Liang., Gravot, G., Thorling, C.A., Crawford, D.H.G., Xu, Z.P., and Liu X. 2017. Visualizing liver anatomy , physiology and pharmacology using multiphoton microscopy. *Journal of Biophotonics*. 60(1): 46–60.
- Rohilla, A., and Ali, S. 2012. Alloxan induced diabetes : mechanisms and effects. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Science*. 3(2): 819–823.
- Rosano, G.M., Vitale, C., and Seferovic. 2017. Heart failure in patients with diabetes mellitus. *Cardiac Failure Review Journal*. 3(1): 52–55.
- Salasia, S.I.O., dan Bambang, H., 2016. *Patologi Klinik Veteriner (Kasus Patologi Klinis)*. Penerbit Samudra Biru. Yogyakarta. [Diakses pada 10 Maret 2023 pukul 17.19].

- Saleh, N.R.A.S.T., Radjit, S.B., Ginting, E., Harnowo, D., dan Mejaya, J.M.I. 2015. *Tanaman Porang, Pengenalan, Budidaya, dan Pemanfaatannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Santos, E.W., Dalila, C.O., Oliveira, D.C., Araceli, H., Silva, G.B., Oliveira Beltran, J.S., Maristela, T., Amanda, R.C., Sylvania, M.P.N., Ricardo, A.F., and Primavera, B. 2016. Hematological and biochemical reference value for c57bl/6 swiss webster and balb/c mice. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 53(2): 138-145.
- Saputro, D.A., dan Said, J. 2015. Pemberian vitamin c pada latihan fisik maksimal dan perubahan kadar hemoglobin dan jumlah eritrosit. *Journal of Sport Sciences and Fitness*. 4(3):53-60.
- Schalm, O.W., Jain, N.C., and Carrol, E.J. 1975. *Veterinary Haematology, 3rd Edn*. Lea and Febiger. Philadelphia. 197-199 hlm.
- Schuman, G., Bonora, R., and Ceriotti, F. 2004. Ifcc primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37°C. Reference procedure for the measurement of catalytic concentration of lactate dehydrogenase. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 40(6): 643-648.
- Setyaningsih, E., Hariyatmi., Dwi, S.A., dan Mazwar, I., 2018. *Fisiologi Hewan*. Muhammadiyah University Press. Surakarta. 45 hlm.
- Sibulesky, L. 2013. Normal liver anatomy. *Journal Clinical Liver Disease*. 2(1): 201–204.
- Singh, A., Bhat,T.K., and Sharma, O.P. 2011. *Clinical biochemistry of hepatotoxicity*. Clinical Toxicology. 100 hlm.
- Sloane, E. 2004. *Anatomi dan Fisiologi untuk Pemula*. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta. 123-132 hlm.
- Soelistijo, A.S. 2021. *Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia*. Penerbit PB. Perkeni.
- Subeki, Ibrahim, G.A., Utomo, T.P., Yuliadi, E., and Adawiyah, R. 2020a. Effect of siger rice from waxy cassava (*manihot esculenta*) on oligosaccharide levels and chemical blood profiles in mice. *Journal of Physics: Conference Series*. 1467(1) :1–11.
- Subeki, Muharton, and Huzna, N.C. 2020b. Siger rice made from cassava (waxy) as rice which is recommended for diabetics. *Health Biotechnology and Biopharma*. 4(2): 70–79.

- Subeki, Sartika, D., Utomo, T.P., dan Inke, L.A. 2021. *Beras Analog Rendah Gula Berbasis Ubi Kayu Ubi Kayu (Manihot Esculenta) Klon Waxy*. Paten No. 500202109630
- Sukohar, A., Tri, U.S., dan Danang, H. 2019. Pengaruh ekstrak etanol belimbing wuluh (*averrhoa bilimbi linn*) sebagai antioksidan terhadap kadar sgpt serta sgot tikus galur *sprague dawley* yang diinduksi aloksan. *Jk Unila*. 3(1): 123-126.
- Suroso. 2016. Strategi pengembangan komoditi tanaman porang (*amorphophallus oncophyllus*) di desa kalirejo kecamatan kokap kabupaten kulon progo diy. *Journal of Research and Technolgy*. 2(3): 1–19.
- Susanti, N. 2014. Suplementasi Tepung Porang (*Amorphophallus Blume*) Sebagai *Nutraceutical* dalam Manajemen Diabetes Mellitus Tipe 2. *Jurnal El-hayah*. 5(1). <https://doi.org/10.18860/elha.v5i1.3035>
- Szkudelski, T. 2001. The mechanism of alloxan and streptozotocin action in b cells of the rat pancreas. *Journal Physiological Research* 50(6): 537–546.
- Thanh-Blicharz, J.L. And Lewandowicz, J. 2020. Functionality of native starches in food systems: cluster analysis grouping of rheological properties in different product matrices. *Journal Foods*. 9(8). <https://doi.org/10.3390/Foods9081073>
- Tim BPPP. 2012. *Inovasi Teknologi untuk Ketahanan Pangan dan Kesejahteraan Petani*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 472 hlm.
- Trefts, E., Gannon, M., and Wasserman, D.H. 2017. The liver. *Journal Current Biology Magazine*. 2(17): 1147–1151.
- Vijayanand, K., Pattanayak, D.P., Mohan, T.R.R., and Banerjee, R. 2005. Interpreting blood-biomaterial interactions from surface free energy and work adhesion. *Journal Trends Biomater Artif Organs*. 18(2): 73-83.
- Wardani, E.N., Subaidah, A.W., dan Muliasari, H. 2021. Ekstraksi dan penetapan kadar glukomanan dari umbi porang (*amorphophallus muelleri blume*) menggunakan metode dns. *Jurnal Sains Kes*. 3(3): 99-105.
- Wells, B.G., DiPiro, J.T., DiPiro, C.D., and Schwinghammer, T.L. 2015. *Pharmacotherapy Handbook Ninth Edition*. USA: McGraw-Hill Education. 150 hlm.
- Widjanarko, S. B., Widyastuti, E., and Rozaq, F. I. 2015. The effect of porang (*amorphophallus muelleri blume*) milling time using ball mill (*cyclone separator*) method toward physical and chemical properties of porang flour. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(3): 867–877.

- Widjanarko, S. B., dan Faridah, A. 2014. Penambahan tepung porang pada pembuatan mie dengan substitusi tepung mocaf (modified cassava flour). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 25(1):88-90.
- Willet, W., Manson, J., and Liu, S. 2002. Glycemic index, glycemic load and risk of type 2 diabetes. *Journal Clin. Nutr.* 76(1): 224-229. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.274S>
- Witoyo, J.E., Ni'Maturohmah, E., Argo, B.D., Yuwono, S.S., and Widjanarko, S.B. 2020. Polishing effect on the physicochemical properties of porang flour using centrifugal grinder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 475(1): 12-16. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/475/1/012026>
- Wolfensohn, S. and Llyod, M. 2003. *Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare 3rd edition*. Blackwell Publishing Ltd. Oxford. 427 hlm.
- World Health Organization. 2016. *Global Report on Diabetes*. World Health Organization.
- Yang, S., Wang, S., Yang, B., Zheng, J., Cai, Y., and Yang, Z. 2016. Weight loss before a diagnosis of type 2 diabetes mellitus is a risk factor for diabetes complications. *Medicine (Baltimore)* 95(49): 5618. <https://dx.doi.org/10.1097%2FMD.0000000000005618>
- Yuwono, S.S., Febrianto, K., dan Dewi, N.S. 2013. Pembuatan beras tiruan berbasis modified cassava flour (mocaf): kajian proporsi mocaf: tepung beras dan penambahan tepung porang. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(3): 175–182.
- Zhao, Y., Muthukumar, J., and Baojun, X. 2020. In vivo antioxidant and anti-inflammatory effects of soluble dietary fiber konjac glucomannan in type-2 diabetic rats. *International Journal of Biological Macromolecules*. (159): 1186-1196. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.105>