



Artikel

Efek Beras Analog dengan Substitusi Glukomanan Porang terhadap Fungsi Hati Mencit Diabetes Hasil Induksi Aloksan

Effect of Porang Glucomannan-Substituted Analog Rice on Liver Function of Alloxan-Induced Diabetic Mice

Melda Nurmaisari^{1*}, Subeki², Sri Hidayati², Suharyono AS², Zuhrotul Mujayyanah³

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Indonesia

²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

³Jurusan Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan, Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

Informasi Artikel

Genesis Artikel:

Diterima:
14-04-2026
Disetujui:
08-06-2026

Keywords:

Alloxan;
Amorphophallus
oncophyllus;
Analog rice;
Glucomannan;
Liver function.

ABSTRACT

*Diabetes melitus is a metabolic disorder that causes liver dysfunction. The use of functional foods made from local ingredients continues to be developed to help manage this condition. The objective of this study was to determine the effects of rice analogs substituted with porang glucomannan (*Amorphophallus oncophyllus*) and waxy cassava flour on liver function and body weight changes in diabetic mice induced by alloxan. The method used was a completely randomized design (CRD) with 6 replicates. A total of 24 male mice were divided into several groups: the healthy control group (AIN-93M diet), the diabetic group (AIN-93M diet), the diabetic group (porang analog rice), and the diabetic group (IR-64 rice). The results showed that feeding porang-analog rice resulted in a serum glutamate oxaloacetate (SGOT) level of 306 ± 35.89 U/L, a weight loss of 0.92 g, and a Serum Glutamate Pyruvate Transaminase (SGPT) level of 180 ± 14.96 U/L. In conclusion, consumption of porang glucomannan-based analog rice has the potential to maintain liver function while improving metabolic conditions in diabetic mice. It is hoped that this study can provide a scientific basis for the development of functional foods based on local ingredients to support liver health in cases of diabetes melitus.*

Kata Kunci:

Aloksan;
Amorphophallus
oncophyllus;
Beras analog;
Fungsi hati;
Glukomanan.

ABSTRAK

Diabetes melitus merupakan gangguan metabolik pemicu kerusakan fungsi hati. Pemanfaatan pangan fungsional berbasis bahan lokal terus dikembangkan untuk membantu mengendalikan kondisi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efek beras analog yang disubstitusi glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan tepung ubi kayu waxy terhadap fungsi hati dan perubahan berat badan mencit diabetes melalui induksi aloksan. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 ulangan. Sebanyak 24 ekor mencit jantan dibagi ke dalam beberapa kelompok yaitu kontrol sehat (ransum AIN-93M), kelompok diabetes (ransum AIN-93M), kelompok diabetes (beras analog porang), dan kelompok diabetes (beras IR-64). Hasil penelitian menunjukkan pemberian beras analog porang menghasilkan nilai Serum Glutamat Oksaloasetat (SGOT) yaitu $306 \pm 35,89$ U/L, penurunan berat badan 0,92 g, dan aktivitas Serum Glutamat Piruvate Transaminase (SGPT) sebesar $180 \pm 14,96$ U/L. Kesimpulannya, konsumsi beras analog berbasis glukomanan porang berpotensi menjaga fungsi hati sekaligus memperbaiki kondisi metabolik pada mencit diabetes. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan dasar ilmiah pengembangan pangan fungsional berbasis bahan lokal untuk menunjang kesehatan hati pada kondisi diabetes melitus.



*Penulis Korespondensi:

Email: nurmaisari@faperta.unmul.ac.id

doi: 10.30812/jtmp.v5i1.6314

Hak Cipta ©2026 Penulis, Dipublikasikan oleh Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC-BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Cara Sitasi: Nurmaisari, M., Subeki, Hidayati, S., S., Suharyono A., Mujayyanah, Z. (2026). Efek Beras Analog dengan Substitusi Glukomanan Porang terhadap Fungsi Hati Mencit Diabetes Hasil Induksi Aloksan. Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan, 5(1), 15-26.

<https://doi.org/10.30812/jtmp.v5i1.6314>

1. PENDAHULUAN

Diabetes melitus adalah penyakit yang berlangsung lama dan memengaruhi cara tubuh memproses gula. Penyakit ini ditandai dengan kadar gula darah yang terlalu tinggi. Kondisi ini dapat disebabkan oleh penurunan produksi insulin oleh pankreas maupun oleh resistensi insulin yang mengakibatkan berkurangnya respons jaringan tubuh terhadap kerja hormon tersebut. Penderita penyakit diabetes terus bertambah di seluruh dunia dan menjadi salah satu masalah kesehatan besar di abad ke-21. Kondisi hiperglikemia berkepanjangan tidak hanya berdampak pada metabolisme glukosa, tetapi juga memengaruhi organ vital seperti hati, ginjal, dan jantung ([American Diabetes Association, 2021](#)). Peningkatan kadar insulin dalam tubuh menstimulasi proses pembentukan glikogen, sintesis protein, serta produksi asam lemak di hati dan jaringan adiposa, yang pada akhirnya mendorong akumulasi trigliserida di jaringan hati ([Khan et al., 2019](#)). Tingginya laju beta oksidasi dan esterifikasi menyebabkan kapasitas sekresi *Very Low Density Lipoprotein* (VLDL) tidak mampu mengimbangi laju sintesis trigliserida, sehingga lemak gagal diangkut dan tertimbun di hepatosit ([Lim et al., 2019](#)). Kondisi lipogenesis dan lipolisis yang berlangsung terus-menerus ini mengakibatkan penumpukan lipid berlebih yang dikenal dengan fatty liver, sehingga pemeriksaan parameter fungsi hati yang diamati meliputi aktivitas enzim Serum Glutamat Oksaloasetat Transaminase (SGOT) dan Serum Glutamat Piruvate Transaminase (SGPT) pada penyakit diabetes melitus menjadi hal penting sebagai upaya deteksi dini terhadap gangguan hati sebagai salah satu komplikasi penyakit diabetes melitus ([Maulana & Kuswarini, 2022](#)).

Dalam praktik klinis maupun penelitian farmakologi, enzim alanin aminotransferase (ALT) atau SGPT dan aspartat aminotransferase (AST) atau SGOT dalam serum telah lama diakui sebagai indikator utama dalam mende-
teksi kerusakan sel hati ([Chalasani et al., 2018](#)). Enzim ini secara normal terdapat di dalam hepatosit, namun ketika integritas membran sel terganggu akibat proses patologis, ALT dan AST akan terlepas dan masuk ke dalam darah sehingga kadarnya dapat diukur secara enzimatik. Hati memiliki kapasitas fungsional cadangan yang cukup besar. Kenaikan kadar transaminase serum umumnya terjadi lebih awal dibandingkan munculnya tanda-tanda gangguan fungsi hati lainnya ([Aubrecht et al., 2025](#)). Pada kondisi diabetes yang diinduksi aloksan, terjadi peningkatan stres oksidatif dan akumulasi *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang menyebabkan peroksidasi lipid membran sel hepatosit, sehingga enzim sitoplasma termasuk SGOT dan SGPT terlepas ke peredaran darah ([Allagui et al., 2014](#)).

Pendekatan pangan fungsional menjadi salah satu strategi yang berkembang pesat dalam pengelolaan diabetes. Beras analog merupakan produk pangan inovatif yang dibuat dengan meniru bentuk fisik beras namun menggunakan bahan baku non-padi, sehingga memungkinkan modifikasi kandungan gizi dan serat sesuai kebutuhan. Glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*) adalah polisakarida larut air dengan kandungan serat yang sangat tinggi dan telah terbukti memiliki efek hipoglikemik, hipolipidemik, serta antiinflamasi yang relevan dalam pengelolaan diabetes ([Anggraito et al., 2018](#)). Substitusi glukomanan porang pada beras analog diharapkan dapat menurunkan indeks glikemik produk sekaligus memberikan perlindungan pada fungsi hati penderita diabetes.

Porang (*Amorphophallus Oncophyllus*) merupakan tanaman umbi lokal yang dikenal memiliki kandungan serat glukomanan dalam jumlah tinggi. Glukomanan sebagai senyawa bioaktif utama dalam umbi porang tergolong ke dalam jenis serat larut air yang terbukti memberikan manfaat kesehatan secara luas, di antaranya melalui mekanisme penurunan kadar kolesterol dalam plasma darah, perbaikan metabolisme karbohidrat, serta peningkatan motilitas saluran pencernaan. Beragam manfaat fisiologis tersebut, glukomanan porang memiliki potensi aplikasi yang sangat luas, mulai dari pengembangan produk pangan fungsional, hingga penggunaannya dalam industri nutrasetika ([Azhari et al., 2025](#)). Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji potensi beras analog berbasis glukomanan porang sebagai pangan fungsional antidiabetes. Menurut [Safitri et al. \(2023\)](#), beras analog yang diformulasikan dengan glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*) memiliki kandungan serat pangan yang tinggi serta indeks glikemik yang relatif rendah, sehingga berpotensi menjadi alternatif pangan bagi penderita diabetes. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi beras analog berbasis glukomanan porang pada mencit yang diinduksi aloksan mampu memperbaiki kondisi metabolik, yang ditunjukkan oleh penurunan kadar glukosa darah hingga mencapai 117,83 mg/dL pada hari ke-14. Selain itu, perlakuan tersebut juga diikuti oleh penurunan berat badan sebesar 3,53 g dan konsumsi ransum rata-rata sebesar 3,45 g/hari. Selain itu, [Nurmaisari et al. \(2023\)](#) juga membuktikan bahwa pemberian ransum beras analog porang berpengaruh nyata terhadap profil darah mencit diabetes, meliputi nilai eritrosit, leukosit, hemoglobin dan hematokrit.

Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih terbatas pada pengamatan kadar gula darah, berat badan, dan profil darah, dan belum menyentuh aspek kesehatan organ hati sebagai salah satu komplikasi serius. Salah satu komplikasi yang dapat terjadi adalah gangguan fungsi hati, yang umumnya dievaluasi melalui pengukuran aktivitas enzim SGOT (Serum Glutamat Oksaloasetat Transaminase) dan SGPT (Serum Glutamat Piruvat Transaminase) sebagai penanda kerusakan hati. Hal ini diperkuat pernyataan ([Mohamed et al., 2016](#)) yang menyatakan bahwa hiperglikemia yang berlangsung dalam jangka panjang pada diabetes melitus dapat meningkatkan stres oksidatif yang berkontribusi terhadap kerusakan hepatoseluler, yang ditandai dengan meningkatnya aktivitas enzim SGOT dan SGPT dalam serum. Masih terbatasnya informasi mengenai efek beras analog porang terhadap

fungsi hati pada kondisi diabetes mendorong dilakukannya penelitian ini. Penelitian bertujuan mengevaluasi pengaruh pemberian beras analog yang mengandung glukomanan porang dan tepung ubi kayu waxy terhadap kadar SGOT, SGPT, serta perubahan berat badan mencit yang diinduksi aloksan. Temuan penelitian ini diharapkan dapat memperkuat dasar ilmiah pemanfaatan bahan pangan lokal sebagai alternatif pangan fungsional untuk mendukung kesehatan hati pada diabetes melitus.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah pengukur kadar gula darah (Accu check, Jerman), alat-alat gelas (Pyrex, Amerika Serikat), alat pengayak, wadah baskom, blender, spuit, kompor, panci, alat ekstruder BRS-50A (Agrowindo, Indonesia), mesin pamarut AGR-SKG500 (Agrowindo, Indonesia), *mixer* (Miyako, Indonesia), timbangan, wadah makan mencit dan seperangkat kandang mencit percobaan untuk uji *in vivo*. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian yaitu umbi porang, dan ubi kayu waxy, beras IR-64, pati jagung (Mama Suka, Indonesia), kasein (Dancow, Indonesia), sukrosa (Gulaku, Indonesia), L-sistein (Soho Nootropics, Indonesia), kolin (Soho Nootropics, Indonesia), minyak kedelai (Sania, Indonesia), *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) (Koepoe-koepoe, Indonesia), vitamin dan mineral *mix* (Renovit, Indonesia).

2.2. Metode

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan dengan enam ulangan pada masing-masing perlakuan. Sebanyak 24 ekor mencit jantan digunakan sebagai hewan percobaan dan dibagi secara acak ke dalam empat kelompok, yaitu kelompok kontrol sehat yang memperoleh ransum standar AIN-93M, kelompok diabetes yang diberi ransum standar AIN-93M, kelompok diabetes yang mendapat ransum beras analog porang, serta kelompok diabetes yang diberi ransum beras IR-64. Sebelum perlakuan, mencit menjalani masa adaptasi selama tujuh hari di kandang percobaan. Selanjutnya, setiap kelompok menerima ransum sesuai perlakuan dan dipelihara selama 28 hari. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan Microsoft Excel 2021. Homogenitas data terlebih dahulu dievaluasi melalui uji Bartlett. Apabila data memenuhi asumsi yang diperlukan, analisis dilanjutkan dengan analisis ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan serta mengestimasi ragam galat. Perbedaan antarperlakuan kemudian diuji lebih lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5%, dengan dukungan uji Tukey untuk membandingkan rerata perlakuan. Seluruh prosedur penelitian telah memperoleh persetujuan etik dari Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor 4179/UN26.18/PP.05.02.00/2022.

2.3. Pelaksanaan Penelitian

2.3.1 Pembuatan beras analog porang

Proses pembuatan beras analog porang dilakukan berdasarkan hasil modifikasi yang telah dilakukan oleh Nurmaisari et al. (2023). Tahapan pertama dalam pembuatan beras analog dengan menyiapkan bahan-bahan. Adapun formulasi pembuatan beras analog porang dilakukan berdasarkan metode yang telah dilakukan oleh Nurmaisari et al. (2023) yang ditunjukkan pada Tabel 1. Tahapan kedua dengan mencampurkan semua bahan yang telah disesuaikan dengan perlakuan dengan menggunakan alat *mixer* dengan waktu 10 menit. Tahapan ketiga setelah semua bahan tercampur dilakukan pengukusan dengan suhu 90°C dengan waktu 15 menit. Tahap keempat dilakukan pendinginan dengan suhu ruang selama 60 menit. Selanjutnya setelah melalui tahap pendinginan dilanjutkan tahap percetakan dengan menggunakan alat ekstruder ulir dengan kecepatan maksimal 45rpm, dan tahap kelima atau tahap akhir dilakukan pengeringan dengan suhu 60°C dengan waktu lamanya 72 jam.

Tabel 1. Formulasi Pembuatan Beras Analog Porang

Bahan	Jumlah
Tepung glukomanan porang (%)	12,5
Tepung ubi kayu waxy (%)	76,7
Garam (%)	0,2
Lesitin (%)	10
Kapur sirih (%)	0,5
Air (%)	30

2.3.2 Pemberian Ransum Beras

Mencit percobaan dibagi ke dalam empat kelompok yang masing-masing terdiri atas enam ekor. Kelompok perlakuan meliputi kontrol sehat yang memperoleh ransum standar AIN-93M, kelompok diabetes yang diberi ransum standar AIN-93M, kelompok diabetes yang menerima ransum beras analog porang, serta kelompok diabetes yang memperoleh ransum beras IR-64. Seluruh hewan uji diberikan pakan sesuai dengan perlakuan masing-masing secara *ad libitum* selama 28 hari pemeliharaan. Jenis ransum yang digunakan terdiri atas pakan standar AIN-93M, pakan berbasis beras analog porang, dan pakan berbasis beras IR-64. Karakteristik nutrisi masing-masing bahan pakan dievaluasi melalui analisis proksimat yang meliputi kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat, dan serat kasar. Komposisi proksimat beras analog porang dan beras IR-64 yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Subeki et al. (2020). Data hasil analisis proksimat tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Proksimat Beras Analog dan Beras IR-64

Parameter	Beras Analog	Beras IR 64
Air (%)	14,88	10,14
Abu (%)	2,73	0,98
Protein (%)	2,43	8,25
Lemak (%)	0,87	0,45
Karbohidrat (%)	79,08	79,98
Serat kasar (%)	1,84	0,2

Data komposisi gizi yang diperoleh dari analisis proksimat beras analog dan beras IR-64 digunakan sebagai dasar dalam penyusunan ransum percobaan. Formulasi ransum mengacu pada standar AIN-93M (Nielsen, 2018) dengan beberapa penyesuaian sesuai kebutuhan penelitian. Rincian komposisi ransum yang digunakan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. 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 porang	-	-	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 <i>mix</i>	3,5	3,5	2,13	3,01
Vitamin <i>mix</i>	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%	12,6%

2.3.3 Analisis Fungsi Hati SGOT dan SGPT

Pengukuran fungsi hati dilakukan melalui analisis kadar SGOT dan SGPT pada serum darah mencit. Sebelum pengambilan sampel darah, hewan percobaan dieutanasi menggunakan kloroform sebagai anestetik. Selanjutnya, darah sebanyak 2–3 mL diambil melalui jantung bagian kiri menggunakan spuit steril, kemudian dimasukkan ke dalam tabung vacutainer yang mengandung EDTA dengan tutup berwarna ungu. Setiap tabung diberi kode sesuai kelompok perlakuan untuk memudahkan identifikasi sampel. Sampel darah kemudian disentrifugasi pada kecepatan 8.000 rpm selama 10 menit hingga diperoleh serum yang digunakan untuk analisis lebih lanjut (Staden et al., 2026). Penentuan aktivitas SGOT dan SGPT dilakukan menggunakan metode spektrofotometri ultraviolet. Pada pemeriksaan SGOT, sebanyak 20 μ L serum darah dicampurkan dengan 1.000 μ L reagen SGOT, kemudian dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 menit. Setelah inkubasi, absorbansi sampel diukur menggunakan fotometer pada panjang gelombang 340 nm dengan faktor 1745 dan program K20. Prosedur analisis SGPT dilakukan dengan cara yang sama, yaitu mencampurkan 20 μ L serum dengan 1.000 μ L reagen SGPT, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 menit. Nilai absorbansi selanjutnya dibaca pada menit ke-1, ke-2, dan ke-3 menggunakan panjang gelombang 340 nm, faktor 1745, dan program K20 (Schumann et al., 2002).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Fungsi Hati Nilai Serum Glutamat Oksaloasetat Transaminase (SGOT)

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan jenis ransum yang diberikan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar SGOT pada mencit yang diinduksi aloksan. Nilai SGOT yang diperoleh pada seluruh kelompok perlakuan berada pada rentang 306–520 U/L. Untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan secara lebih rinci, dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5%, dan hasilnya disajikan pada Tabel 4 dengan keterangan nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%. Kelompok kontrol merupakan mencit sehat yang diberi ransum standar AIN-93M, kelompok I adalah mencit diabetes yang menerima ransum standar AIN-93M, kelompok II adalah mencit diabetes yang diberi ransum beras analog porang, sedangkan kelompok III adalah mencit diabetes yang memperoleh ransum beras IR-64.

Tabel 4. Rerata Kadar SGOT Mencit yang Diinduksi Aloksan pada Berbagai Perlakuan Ransum Berdasarkan Hasil Uji BNT 5%

Kelompok Perlakuan	Nilai SGOT (U/liter)
Kontrol	488 $\pm$ 15,25 ^b
I	399 $\pm$ 38,85 ^c
II	306 $\pm$ 35,89 ^a
III	520 $\pm$ 35,89 ^a

Hasil uji BNT (Tabel 4) menunjukkan bahwa pemberian ransum beras analog porang memberikan nilai SGOT terendah dibandingkan perlakuan lainnya, yaitu sebesar 306 $\pm$ 35,89 U/liter, dan berbeda nyata dengan kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan I. Meskipun demikian, nilai tersebut masih berada di atas batas normal SGOT tikus putih yang berkisar antara 92,5–122,5 U/liter (Tana et al., 2024). Peningkatan kadar SGOT yang terjadi dikategorikan ringan karena masih di angka 300 U/liter, yang mengindikasikan belum terjadi nekrosis berat pada jaringan hati. Justifikasi efektivitas penurunan ini terlihat nyata saat membandingkan nilai akhir aktivitas SGOT kelompok beras analog porang dengan kelompok kontrol pada saat kerusakan hati. Nilai SGOT sebesar 306 $\pm$ 35,89 U/liter pada kelompok perlakuan ini jauh lebih rendah jika disandingkan dengan nilai kontrol positif pada penelitian Safitri et al. (2023) yang melonjak hingga mencapai 458 U/liter akibat induksi hepatotoksik masif yang memicu kebocoran enzim intraseluler secara ekstrem ke sirkulasi darah. Keberhasilan penekanan kadar SGOT pada penelitian ini juga sejalan dengan temuan Safitri et al. (2023) yang memanfaatkan formulasi beras analog berbasis substitusi glukomanan porang pada tikus diabetes induksi aloksan. Keberadaan serat larut air glukomanan terbukti memiliki rekam jejak protektif dalam meminimalkan stres metabolik dan menstabilkan membran sel hepatosit, sehingga mencegah pelepasan enzim transaminase secara berlebihan sebagaimana yang lazim terjadi pada kelompok kontrol tanpa intervensi pangan fungsional.

Peningkatan kadar SGOT pada kondisi diabetes akibat induksi aloksan berkaitan erat dengan mekanisme toksisitas aloksan terhadap sel beta pankreas dan jaringan perifer. Aloksan menghasilkan radikal bebas yang memicu stres oksidatif, meningkatkan rasio NAD/NADH, dan mendorong deposit lemak dalam bentuk trigliserida di

parenkim hati (Tana et al., 2024). Reaksi oksidasi tersebut menyebabkan kerusakan mitokondria hepatosit sehingga SGOT yang banyak terdapat di mitokondria (80%) dilepaskan ke dalam darah (Bijanti, 2010). Kondisi ini sejalan dengan penelitian Sukohar et al. (2019) yang melaporkan peningkatan nilai SGOT signifikan pada kelompok yang diinduksi hepatotoksin, dengan nilai kontrol positif mencapai 458 U/liter.

Kemampuan beras analog porang dalam menekan kadar SGOT diduga berhubungan dengan kandungan glukomanan sebagai serat larut air. Glukomanan bekerja melalui beberapa mekanisme: pertama, membentuk gel kental di saluran pencernaan yang memperlambat absorpsi glukosa dan lemak sehingga mengurangi beban metabolik hati; kedua, hasil fermentasi glukomanan di usus besar menghasilkan *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) seperti asetat, propionat, dan butirat yang berkompetisi dengan asam lemak bebas, menurunkan produksi glukosa hepatik, dan memperbaiki homeostasis lipid (Lattimer & Haub, 2010); ketiga, SCFA menstimulasi adipogenesis melalui G Protein Coupled Receptor (GPR-43) dan meningkatkan ekspresi GLUT-4 yang berperan memperbaiki sensitivitas insulin (Park et al., 2019). Dengan terkontrolnya kadar glukosa darah, produksi ROS yang merusak membran sel hepatosit dapat diminimalkan, sehingga SGOT yang bocor ke sirkulasi darah lebih rendah.

SGOT memiliki sensitivitas tinggi namun spesifisitas rendah terhadap kerusakan hati, karena distribusi SGOT juga ditemukan pada otot jantung, otot rangka, ginjal, dan otak (Ndrepepa, 2021). Oleh karena itu, peningkatan kadar SGOT tidak selalu mencerminkan kerusakan hepatik, melainkan dapat pula mengindikasikan kerusakan pada jaringan otot lainnya. Kapasitas regenerasi sel hepatosit tikus yang mampu memperbaiki hingga 75% sel rusak dalam 30 hari turut berkontribusi pada nilai SGOT yang relatif moderat pada perlakuan beras analog porang.

3.2. Analisis Fungsi Hati Nilai Serum Glutamat Piruvate Transaminase (SGPT)

Berdasarkan hasil analisis varians, perbedaan jenis ransum yang diberikan menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas SGPT pada mencit yang diinduksi aloksan. Aktivitas SGPT yang terukur pada seluruh kelompok perlakuan berada dalam rentang 104–180 U/L. Untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan secara lebih spesifik, dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5%, dan hasilnya disajikan pada Tabel 5 dengan keterangan nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa antarperlakuan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 5%. Kelompok kontrol merupakan mencit normal yang memperoleh ransum standar AIN-93M. Kelompok I terdiri atas mencit diabetes yang diberi ransum AIN-93M, kelompok II merupakan mencit diabetes yang menerima ransum beras analog porang, sedangkan kelompok III adalah mencit diabetes yang memperoleh ransum beras IR-64.

Tabel 5. Rerata Kadar SGPT Mencit yang Diinduksi Aloksan pada Berbagai Perlakuan Ransum Berdasarkan Hasil Uji BNT 5%

Kelompok Perlakuan	Nilai SGPT (U/liter)
Kontrol	113 ± 21,54 ^a
I	162 ± 20,06 ^a
II	180 ± 14,96 ^b
III	104 ± 19,42 ^b

Hasil uji BNT (Tabel 5) menunjukkan bahwa pemberian ransum beras analog porang memberikan nilai SGPT tertinggi yaitu 180 ± 14,96 U/liter, berbeda nyata dengan kelompok kontrol dan perlakuan I, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan III. Tingginya nilai SGPT pada seluruh kelompok diabetes penelitian ini menunjukkan adanya kerusakan sel hati akibat kondisi hiperglikemia yang diinduksi aloksan. Nilai rujukan normal SGPT dan SGOT pada tikus putih berturut-turut adalah 45,7-80,8 U/Liter dan 17,5-30,2 U/Liter (Rahayu et al., 2018), sehingga seluruh kelompok diabetes menunjukkan nilai SGPT yang melebihi batas normal. Perlakuan beras IR-64 memberikan nilai SGPT terendah yaitu 104 ± 19,42 U/liter.

Tingginya nilai SGPT pada kelompok beras analog porang menggambarkan adanya kebocoran enzim dari sel hepatosit ke dalam darah, yang terkait dengan peningkatan permeabilitas membran sel akibat stres oksidatif. SGPT merupakan penanda yang lebih spesifik terhadap kerusakan hati dibandingkan SGOT, karena sumber utama pembentukannya berada di hati, sementara SGOT juga ditemukan di banyak jaringan lain seperti jantung dan otot rangka (Safitri et al., 2023). Peningkatan konsentrasi SGPT sebanyak tiga kali nilai normal mengindikasikan kebocoran enzim dari sel hati, namun belum selalu menggambarkan kerusakan hati yang parah kondisi ini dapat disebabkan oleh hepatitis kronis, sirosis, atau trauma operasi.

Mekanisme peningkatan SGPT dalam penelitian ini terjadi karena terbentuknya stress oksidatif pada sel hati akibat kondisi darah yang memiliki kadar gula tinggi. ROS yang terbentuk dari proses glukoneogenesis yang meningkat saat tubuh dalam keadaan stress akan bereaksi dengan asam lemak tak jenuh di membran sel hati, sehingga menghasilkan senyawa peroksida yang bisa merusak struktur membran sel tersebut. Kerusakan pada membran menyebabkan enzim-enzim di dalam sitoplasma, seperti SGPT, keluar masuk aliran darah (McGill, 2016). Peningkatan enzim SGPT berkaitan erat dengan kerusakan pada sel hati karena peradangan dan kematian sel yang terus menerus terjadi. Kondisi dimana nilai SGOT jauh lebih tinggi dibandingkan SGPT menunjukkan adanya kerusakan sel yang melibatkan rusaknya mitokondria, yang sesuai dengan pola hasil yang ditemukan dalam penelitian ini.

Meskipun beras analog porang menghasilkan nilai SGPT tertinggi di antara perlakuan, Nilai SGPT yang paling tinggi pada kelompok beras analog porang tidak serta menunjukkan efek hepatotoksik, melainkan perlu dipahami dalam konteks kondisi kerusakan hati yang diinduksi aloksan dan mekanisme adaptasi metabolik hepatik terhadap glukomanan. Diabetes yang diinduksi aloksan menyebabkan perubahan morfologis dan ultrastruktural di hati berupa steatosis hingga steatohepatitis yang bersifat progresif dan berbanding lurus dengan durasi diabetes, sehingga kadar SGPT yang masih tinggi mencerminkan kerusakan hepatoselular residual yang belum sepenuhnya pulih dalam periode intervensi (Lucchesi et al., 2015). Di sisi lain, glukomanan konjak secara aktif memodulasi jalur glikolitik dan glukoneogenik di hati melalui normalisasi aktivitas heksokinase, glukosa-6-fosfat dehidrogenase, dan glukosa-6-fosfatase yang sebelumnya terganggu akibat kondisi diabetik, suatu proses reorganisasi metabolik yang bersifat bertahap dan memerlukan waktu adaptasi (Fang et al., 2023).

Efek serat larut terhadap fungsi hati sangat dipengaruhi oleh jenis dan dosis serat, kondisi kesehatan awal subjek, serta komposisi mikrobiota usus, mengingat berbagai serat larut menghasilkan respon metabolik yang berbeda berdasarkan fermentabilitas dan viskositasnya. Dengan demikian, nilai SGPT yang lebih tinggi pada kelompok beras porang mencerminkan interaksi kompleks antara kandungan glukomanan yang tinggi, kerusakan hepatik *pre-existing* akibat aloksan, dan fase adaptasi metabolik yang belum selesai dalam durasi intervensi (Ghavami et al., 2024). Kondisi diabetes yang diinduksi aloksan menyebabkan kerusakan hepatoselular yang luas, dan glukomanan dengan indeks glikemik rendah 43 dibandingkan beras IR-64 70 bekerja secara bertahap memperbaiki metabolisme glukosa. Proses perbaikan bertahap ini dapat memicu respons inflamasi transien yang memengaruhi kadar SGPT (Wang et al., 2017). Penelitian lebih lanjut dengan periode intervensi yang lebih panjang diperlukan untuk mengevaluasi trajektori SGPT setelah kondisi diabetes terkontrol sepenuhnya.

3.3. Berat Badan Mencit

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perbedaan jenis ransum yang diberikan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap perubahan berat badan mencit pada akhir periode perlakuan. Data perubahan berat badan selama 28 hari intervensi disajikan pada Tabel 6 dengan keterangan nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa antarperlakuan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Kelompok kontrol merupakan mencit sehat yang diberi ransum standar AIN-93M. Kelompok I terdiri atas mencit diabetes yang menerima ransum standar AIN-93M, kelompok II merupakan mencit diabetes yang diberi ransum beras analog porang, sedangkan kelompok III adalah mencit diabetes yang memperoleh ransum beras IR-64.

Tabel 6. Perubahan Berat Badan Mencit Selama Intervensi

Kelompok Perlakuan	Berat badan awal mencit (g)	Berat badan akhir mencit (g)	Selisih
Kontrol	22,17 ^a	26,93 ^a	4,76
I	24,08 ^a	22,25 ^b	-1,83
II	24,45 ^a	23,53 ^b	-0,92
III	23,73 ^a	18,03 ^c	-5,43

Tabel 6 mengindikasikan bahwa kenaikan berat badan hanya teramati pada kelompok kontrol mencit sehat dengan surplus mencapai (+4,76 g), sementara ketiga kelompok diabetes mengalami penurunan berat badan selama masa intervensi. Penurunan terkecil terjadi pada kelompok beras analog porang (-0,92 g atau sekitar 3,76%), diikuti perlakuan I (-1,83 g atau 7,61%), dan penurunan terbesar pada perlakuan beras IR-64 (-5,43 g atau 29,67%). Berat badan awal mencit berada pada rentang normal 22,17–24,45 g sesuai standar mencit jantan dewasa (Wolfensohn Sarah & Lloyd Maggie, 2013). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan beras analog berbasis glukomanan porang pada model hewan diabetes. Safitri et al. (2023) melaporkan bahwa pemberian

beras analog yang disubstitusi glukomanan porang pada mencit yang diinduksi aloksan menghasilkan penurunan berat badan sebesar 3,53 g. Penurunan berat badan pada kelompok beras analog dalam penelitian ini (-0,92 g) lebih rendah dibandingkan penelitian [Safitri et al. \(2023\)](#) yang mencapai 3,53 g, yang mengindikasikan bahwa formulasi beras analog dengan substitusi tepung ubi kayu waxy dalam penelitian ini mampu memberikan efek yang lebih baik dalam mempertahankan berat badan mencit diabetes.

Penurunan berat badan pada kondisi diabetes melitus merupakan akumulasi lipid intramuskular, inflamasi otot, disfungsi mitokondria, stres oksidatif, dan hiperglikemia berkontribusi terhadap atrofi dan penurunan fungsi otot, dengan resistensi insulin memegang peran sentral melalui gangguan efek anabolik dan antikataboliknya. Selain itu, hiperglikemia yang persisten dapat memperburuk massa dan kualitas otot melalui pembentukan produk akhir glikasi lanjut yang memicu kerusakan struktural jaringan otot ([Castillo et al., 2025](#)). Pasien diabetes yang tidak terkontrol cenderung mengalami penurunan berat badan progresif yang berkorelasi dengan kadar gula darah yang lebih tinggi ([Yang et al., 2012](#)).

Keterkaitan antara berat badan dengan fungsi hati sangat erat. Pada kelompok beras analog porang yang mengalami penurunan berat badan paling sedikit, kadar SGOT juga menunjukkan nilai terendah di antara kelompok diabetes, mengindikasikan adanya korelasi antara kontrol metabolik yang lebih baik dengan penurunan kerusakan hepatik. Kandungan glukomanan dalam beras analog porang dengan indeks glikemik rendah 43 membantu mengendalikan kadar gula darah postprandial melalui pembentukan gel kental di saluran cerna yang memperlambat absorpsi nutrisi ([Wang et al., 2017](#)). [Augustin et al. \(2015\)](#) merekomendasikan konsumsi pangan indeks glikemik rendah untuk membantu menjaga kadar glukosa darah tetap terkendali pada penderita diabetes.

Mekanisme glukomanan dalam mendukung kontrol berat badan dan fungsi hati bersifat sinergis. Di usus halus, glukomanan membentuk gel kental yang memperlambat transit makanan sehingga absorpsi glukosa dan lipid berlangsung lebih lambat. Di usus besar, fermentasi glukomanan oleh mikroflora menghasilkan SCFA yang tidak hanya memperbaiki sensitivitas insulin melalui peningkatan ekspresi GLUT-4 dan PPAR-gamma [Park et al. \(2019\)](#), tetapi juga memodulasi ekspresi gen sitokin proinflamasi. Penurunan regulasi sitokin proinflamasi pada kelompok beras analog porang berkontribusi pada pengurangan respons inflamasi sistemik yang biasa menyertai kondisi hiperglikemia ([Zhao et al., 2017](#)). Kondisi inflamasi yang lebih terkendali tercermin dari nilai SGOT yang lebih rendah, seiring dengan berat badan yang lebih terjaga dibandingkan kelompok diabetes lainnya. Dengan demikian, secara keseluruhan beras analog porang menunjukkan potensi yang menjanjikan sebagai pangan fungsional dalam pengelolaan diabetes melitus. Kombinasi efek hipoglikemik, perlindungan terhadap kerusakan hepatik, dan pengendalian penurunan berat badan yang lebih baik menjadikan beras analog berbasis glukomanan porang sebagai alternatif pangan yang layak dikembangkan lebih lanjut untuk populasi penderita diabetes di Indonesia, mengingat porang (*Amorphophallus oncophyllus*) merupakan tanaman lokal yang memiliki potensi besar sebagai sumber serat fungsional ([Anggraito et al., 2018](#)).

4. KESIMPULAN

Penggantian sebagian bahan beras analog dengan glukomanan porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan tepung ubi kayu waxy melalui uji *in vivo* pada mencit yang diinduksi aloksan menunjukkan bahwa glukomanan porang berperan sebagai serat larut air yang secara signifikan menurunkan kadar SGOT hingga nilai terendah di antara kelompok diabetes ($306 \pm 35,89$ U/liter), mengindikasikan perlindungan nyata terhadap integritas hepatoselular. Mekanisme perlindungan ini berjalan melalui penghambatan absorpsi glukosa dan lipid, stimulasi produksi SCFA, serta modulasi sitokin proinflamasi yang menekan stres oksidatif pada hepatosit. Penelitian ini dapat berkontribusi untuk memberikan dasar ilmiah pengembangan pangan fungsional berbasis bahan lokal untuk menunjang kesehatan hati pada kondisi diabetes melitus.

5. DEKLARASI

Taksonomi Peran Kontributor

Pada konteks penerbitan artikel ini, penulis pertama berkontribusi dalam penyusunan draft artikel dan analisis data. Penulis kedua, ketiga dan keempat berperan dalam membantu penulis pertama pada saat penyusunan draft artikel. Penulis kelima berperan dalam review dan editing artikel.

Pernyataan Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, atau nirlaba.

Pernyataan Kepentingan Bersaing

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allagui, M. S., Feriani, A., Bouoni, Z., Alimi, H., Murat, J. C., & El Feki, A. (2014). Protective effects of vitamins (C and E) and melatonin co-administration on hematological and hepatic functions and oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of physiology and biochemistry*, 70(3), 713–723. <https://doi.org/10.1007/s13105-014-0340-5>.
- American Diabetes Association (2021). Classification and diagnosis of diabetes: Standards of medical care in diabetes. *Diabetes care*, 44, 15–33. <https://doi.org/10.2337/dc21-S002>.
- Anggraito, Y. U., Susanti, R., Iswari, R. S., Yuniastuti, A., Lisdiana, W. H. N., Habibah, N. A., & Bintari, S. H. (2018). Metabolit sekunder dari tanaman: aplikasi dan produksi. *Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang (UNNES), Semarang*.
- Aubrecht, J., Potter, D., Sauer, J. M., Warner, R., Johnson, K. J., McGill, M. R., Peron, K., & King, N. M. (2025). Serum glutamate dehydrogenase activity enables sensitive and specific diagnosis of hepatocellular injury in humans. *Toxicological Sciences*, 203(2), 171–180. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfae143>.
- Augustin, L. S., Kendall, C. W., Jenkins, D. J., Willett, W. C., Astrup, A., Barclay, A. W., Bjorck, I., Brand-Miller, J. C., Brighenti, F., Buyken, A. E., Ceriello, A., La Vecchia, C., Livesey, G., Liu, S., Riccardi, G., Rizkalla, S. W., Sievenpiper, J. L., Trichopoulou, A., Wolever, T. M., Baer-Sinnot, S., & Poli, A. (2015). Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 25(9), 795–815. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2015.05.005>.
- Azhari, S. W., Marliyati, S. A., & Hardinsyah, H. (2025). Evaluation of physicochemical properties and functional potential of analog rice based on commercial flours of porang tuber and gembili as an alternative carbohydrate food source. *Action: Aceh Nutrition Journal*, 10(2), 432–441. <https://doi.org/10.30867/action.v10i2.2476>.
- Bijanti, e. a. (2010). Buku ajar patologi klinik veteriner. *Buku ajar patologi klinik veteriner. In Buku ajar patologi klinik veteriner:Hematologi.Universitas Airlangga*. <https://repository.unair.ac.id/131761/1/BukuAjarPatologiKlinikVeterinerHematologi.pdf>.
- Castillo, I. M., Argiles, J. M., Rueda, R., Ramirez, M., & Pedrosa, J. M. (2025). Skeletal muscle atrophy and dysfunction in obesity and type-2 diabetes mellitus: Myocellular mechanisms involved. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 26(5), 815–836. <https://doi.org/10.1007/s11154-025-09954-9>.
- Chalasani, N., Younossi, Z., Lavine, J. E., Charlton, M., Cusi, K., Rinella, M., Harrison, S. A., Brunt, E. M., & Sanyal, A. J. (2018). The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: Practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology*, 67(1), 328–357. <https://doi.org/10.1002/hep.29367>.
- Fang, Y., Ma, J., Lei, P., Wang, L., Qu, J., Zhao, J., Liu, F., Yan, X., Wu, W., Jin, L., Ji, H., & Sun, D. (2023). Konjac Glucomannan: An Emerging Specialty Medical Food to Aid in the Treatment of Type 2 Diabetes Mellitus. 12(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/foods12020363>.
- Ghavami, A., Talebi, S., Barghchi, H., Nattagh-Eshtivani, E., Mohammadi, H., & Ziaei, R. (2024). No benefit of soluble fiber on liver function: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 94(5-6), 305–317. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000800>.
- Khan, R. S., Bril, F., Cusi, K., & Newsome, P. N. (2019). Modulation of Insulin Resistance in Nonalcoholic Fatty Liver Disease. 70(2), 711–724. <https://doi.org/10.1002/hep.30429>.
- Lim, S., Taskinen, M. R., & Boren, J. (2019). Crosstalk between nonalcoholic fatty liver disease and cardiometabolic syndrome. 20(4), 599–611. <https://doi.org/10.1111/obr.12820>.
- Lucchesi, A. N., Cassettari, L. L., & Spadella, C. T. (2015). Alloxan-induced diabetes causes morphological and ultrastructural changes in rat liver that resemble the natural history of chronic fatty liver disease in humans. *Journal of Diabetes Research*, 2015(1), 1–11. <https://doi.org/10.1155/2015/494578>.
- Maulana, M. R. & Kuswarini, S. (2022). Analisis Risiko Kadar Enzim SGOT dan SGPT pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2. *Jaringan Laboratorium Medis*, 4(1), 51–55. <https://doi.org/10.31983/jlm.v4i1.8489>.

- McGill, M. R. (2016). The past and present of serum aminotransferases and the future of liver injury biomarkers. *EXCLI journal*, 15, 817–828.
- Mohamed, J., Nazratun Nafizah, A. H., Zariyantey, A. H., & Budin, S. B. (2016). Mechanisms of Diabetes-Induced Liver Damage: The role of oxidative stress and inflammation. *Sultan Qaboos University medical journal*, 16(2), e132–41.
- Ndrepepa, G. (2021). Aspartate aminotransferase and cardiovascular disease - A narrative review. 6(January). <https://doi.org/10.21037/jlpm-20-93>.
- Nielsen, F. H. (2018). 90th Anniversary Commentary: The AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents - The Development of a Landmark Article in the Journal of Nutrition and Its Impact on Health and Disease Research Using Rodent Models. 148(10), 1667–1670. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy121>.
- Nurmaisari, M., Subeki, Hidayati, S., AS, S., & Astuti, S. (2023). Kajian Pemberian Beras Analog yang Disubstitusi Glukomanan Porang (*A. oncophyllus*) Terhadap Profil Darah Mencit yang Diinduksi Aloksan. *Jurnal Agroindustri Halal*, 9(2), 140–148. <https://doi.org/10.30997/jah.v9i2.8316>.
- Park, J., Kim, H. L., Jung, Y., Ahn, K. S., Kwak, H. J., & Um, J. Y. (2019). Bitter orange (*citrus aurantium linne*) improves obesity by regulating adipogenesis and thermogenesis through AMPK activation. *Nutrients*, 11(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu11091988>.
- Rahayu, L., Yantih, N., & Supomo, Y. (2018). Analisis SGPT dan SGOT pada tikus yang diinduksi isoniazid untuk penentuan dosis dan karakteristik hepatoprotektif air buah nenas (*Ananas comosus L. Merr*) mentah. *Jurnal ilmu kefarmasian indonesia*, 16(1), 100–106. <https://doi.org/10.35814/jifi.v16i1.443>.
- Safitri, B. I. A., Hidayati, S., Nurdin, S. U., & Rizal, S. (2023). Study of Waxy Cassava Analog Rice substituted with Porang Glucomannan (*Amorphophallus Oncophyllus*) as Antidiabetic for Alloxan-Induced Mice. *Jurnal Agroindustri Halal*, 9(3). <https://doi.org/10.30997/jah.v9i3.9508>.
- Schumann, G., Bonora, R., Ceriotti, F., Férard, G., Ferrero, C. A., Franck, P. F. H., Gella, F. J., Hoelzel, W., Jørgensen, P. J., Kanno, T., Kessner, A., Klauke, R., Kristiansen, N., Lessinger, J.-M., Linsinger, T. P. J., Misaki, H., Panteghini, M., Pauwels, J., Schiele, F., Schimmel, H. G., Weidemann, G., Siekmann, L., & International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (2002). IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37 degrees C. International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Part 5. Reference procedure for the measurement of catalytic concentration of aspartate aminotransferase. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 40(7), 725–733.
- Staadén, A., Canalias, F., Ceriotti, F., Infusino, I., Veuger, M., Weber, F., & Grote-Koska, D. (2026). IFCC primary reference procedure for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes. *Clinica Chimica Acta*, 579, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2025.120657>.
- Subeki, Muhartono, & Huzna, N. C. (2020). Siger rice made from cassava (waxy) as rice which is recommended for diabetics. *Health Biotechnology and Biopharma*, 4(2), 70–79. <https://doi.org/10.22034/HBB.2020.11>.
- Sukohar, A., Soleha, T. U., & Hafizfadillah, D. (2019). Pengaruh ekstrak etanol belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* Linn) sebagai antioksidan terhadap kadar SGPT (Serum Glutamic Pyruvate Transaminase) serta SGOT (Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase) tikus galur Sprague Dawley yang diinduksi parasetamol. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 3(1), 123–128.
- Tana, S., Mujiono, D. S., & Suprihatin, T. (2024). Histopatologi Hepar Tikus (*Rattus norvegicus*) yang Diinduksi Streptozotocin setelah Pemberian Serbuk Rimpang Kunyit (*Curcuma longa L.*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 9(2), 175–185. <https://doi.org/10.14710/baf.9.2.2024.175-185>.
- Wang, J., Yao, M., Wang, Y., Ho, C. T., Li, S., Shi, Y., Liu, Q., & Zhao, H. (2017). 6-Shogaol ameliorates injury to the intestinal mucosa and increases survival after high-dose abdominal irradiation. *Journal of Functional Foods*, 36, 409–418. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.054>.
- Wolfensohn Sarah & Lloyd Maggie (2013). Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare, 4th Edition (VetBooks.ir). Wiley-Blackwell.
- Yang, J., Wang, H. P., Zhou, L., & Xu, C. F. (2012). Effect of dietary fiber on constipation: A meta analysis. *World Journal of Gastroenterology*, 18(48), 7378–7383. <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i48.7378>.

Zhao, Y., Liu, J., Hao, W., Zhu, H., Liang, N., He, Z., Ma, K. Y., & Chen, Z. Y. (2017). Structure-Specific Effects of Short-Chain Fatty Acids on Plasma Cholesterol Concentration in Male Syrian Hamsters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(50), 10984–100992. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04666>.

[This page is intentionally left blank.]