



PENGARUH EKSTRAK ETANOL KUBIS UNGU TERHADAP KADAR MALONDIALDEHIDA, SUPEROKSIDA DISMUTASE DAN DERAJAT STEATOSIS HATI PADA TIKUS MODEL NAFLD

Ni Made Gita Kusuma Dewi^{1*}, I Wayan Sugiritama^{2*}, I Gusti Ayu Widiyanti^{3*}, I Nyoman Gede Wardana^{4*}, Desak Ketut Ernawati^{5*}, I Putu Bayu Mayura^{6*}

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Magister Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana
gitakusuma1@gmail.com

Abstrak

Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD) adalah gangguan hati kronis yang ditandai dengan akumulasi lemak berlebih dalam hepatosit dan berkaitan dengan sindrom metabolik. Stres oksidatif berperan dalam progresi NAFLD, dengan kadar malondialdehida (MDA) dan aktivitas superoksida dismutase (SOD) sebagai biomarker. Kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) memiliki kandungan antosianin tinggi yang bersifat antioksidan, namun efek hepatoprotektifnya terhadap NAFLD masih perlu diteliti lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek hepatoprotektif ekstrak etanol kubis ungu terhadap kadar MDA dan SOD serta derajat steatosis hati pada tikus Wistar jantan yang diinduksi dengan diet tinggi lemak dan karbon tetraklorida (CCl_4). Studi ini menggunakan desain *post-test only control group* dengan empat kelompok: kontrol negatif dan tiga kelompok perlakuan yang menerima ekstrak etanol kubis ungu dengan dosis 100 mg/kg BB, 200 mg/kg BB, dan 400 mg/kg BB. Analisis menggunakan ANOVA dan uji *post-hoc* Tukey HSD menunjukkan bahwa ekstrak kubis ungu secara signifikan mencegah peningkatan kadar MDA ($p < 0,05$), mencegah penurunan aktivitas SOD ($p < 0,05$), serta mencegah peningkatan derajat steatosis, dengan dosis paling efektif 200 mg/kg BB. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol kubis ungu memiliki efek hepatoprotektif dan berpotensi sebagai agen terapeutik alami untuk pencegahan NAFLD.

Kata Kunci: NAFLD, kubis ungu, MDA, SOD, steatosis, hepatoprotektif.

Abstract

Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD) is a chronic liver disorder characterized by excessive fat accumulation in hepatocytes and is associated with metabolic syndrome. Oxidative stress plays a role in the progression of NAFLD, with malondialdehyde (MDA) levels and superoxide dismutase (SOD) activity as biomarkers. Purple cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) contains high levels of anthocyanins, which have antioxidant properties, but its hepatoprotective effects on NAFLD require further investigation. This study aims to evaluate the hepatoprotective effects of purple cabbage ethanol extract on MDA and SOD levels, as well as the degree of liver steatosis in male Wistar rats induced with a high-fat diet and carbon tetrachloride (CCl_4). This study used a *post-test-only control group* design with four groups: a negative control and three treatment groups receiving purple cabbage ethanol extract at doses of 100 mg/kg BW, 200 mg/kg BW, and 400 mg/kg BW. ANOVA and Tukey HSD *post-hoc* analysis showed that purple cabbage extract significantly prevented an increase in MDA levels ($p < 0.05$), prevented a decrease in SOD activity ($p < 0.05$), and reduced the degree of steatosis, with the most effective dose being 200 mg/kg BW. These results indicate that purple cabbage ethanol extract has hepatoprotective effects and potential as a natural therapeutic agent for NAFLD prevention.

Keywords: NAFLD, red cabbage, MDA, SOD, steatosis, hepatoprotective.

PENDAHULUAN

Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD) merupakan salah satu penyakit hati kronis yang prevalensinya semakin meningkat secara global. NAFLD ditandai oleh akumulasi lemak berlebihan di hati tanpa adanya konsumsi alkohol dalam jumlah signifikan (Pouwels *et al.*, 2022). Perubahan gaya hidup, terutama pola makan tinggi lemak dan kurangnya aktivitas fisik, berkontribusi terhadap peningkatan kejadian NAFLD. Penyakit ini sering dikaitkan dengan sindrom metabolik yang meliputi obesitas, resistensi insulin, dislipidemia, dan hipertensi (Rosada *et al.*, 2022). NAFLD dapat berkembang menjadi kondisi yang lebih parah seperti *non-alcoholic steatohepatitis* (NASH), fibrosis, hingga sirosis hati jika tidak ditangani dengan baik (Khoonsari *et al.*, 2017).

Salah satu mekanisme utama dalam patogenesis NAFLD adalah stres oksidatif. Ketidakseimbangan antara produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan kapasitas antioksidan tubuh menyebabkan peroksidasi lipid, kerusakan protein, serta disfungsi mitokondria. Biomarker seperti malondialdehida (MDA) digunakan untuk menilai tingkat peroksidasi lipid, sementara aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD) mencerminkan kapasitas antioksidan tubuh dalam menangkal stres oksidatif. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kadar MDA yang tinggi dan aktivitas SOD yang rendah berhubungan dengan peningkatan keparahan NAFLD (Syahrin *et al.*, 2016).

Hingga saat ini, belum terdapat terapi farmakologis yang spesifik untuk NAFLD. Pendekatan utama dalam pengelolaan penyakit ini adalah perubahan gaya hidup serta intervensi nutrisi yang menargetkan faktor risiko metabolik (Prikkhodk *et al.*, 2022). Salah satu intervensi yang banyak diteliti adalah penggunaan senyawa alami dengan sifat antioksidan, seperti antosianin yang ditemukan dalam berbagai tanaman, termasuk kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) (Pydyn *et al.*, 2020). Antosianin memiliki aktivitas antioksidan dan antiinflamasi yang berpotensi mengurangi stres oksidatif, memperbaiki metabolisme lipid, serta melindungi sel hati dari kerusakan akibat peroksidasi lipid (Priska *et al.*, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh ekstrak etanol kubis ungu terhadap kadar MDA, aktivitas SOD, serta histopatologi hati pada tikus Wistar jantan yang diinduksi dengan diet tinggi lemak dan karbon tetraklorida (CCl₄). Dengan memahami efek hepatoprotektif kubis ungu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan ilmiah mengenai potensi terapi berbasis bahan alami dalam mencegah dan mengatasi NAFLD. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan alternatif terapi yang lebih aman dan efektif dalam menangani penyakit hati akibat stres oksidatif. Penelitian ini didasarkan pada kajian teoritik yang mencakup mekanisme patogenesis NAFLD, peran stres oksidatif dalam perkembangan penyakit, serta potensi senyawa bioaktif dari kubis ungu sebagai agen hepatoprotektif. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi preventif maupun terapeutik

untuk NAFLD, serta menjadi referensi bagi penelitian lebih lanjut di bidang farmakologi dan nutrisi klinis.

METODE

Desain Studi

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium dengan desain *post-test only control group design*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana, Indonesia, dari September 2024 hingga Januari 2025. Studi ini mengikuti pedoman etika penelitian hewan dan telah disetujui oleh Komite Etik Penelitian.

Model Hewan dan Perlakuan

Tikus Wistar jantan (*Rattus norvegicus*), berusia 12-14 minggu dengan berat 180–220 gram, secara acak dibagi menjadi empat kelompok:

1. Kontrol negatif (tanpa menerima ekstrak etanol kubis ungu, hanya aquades 1 ml) dan induksi NAFLD.
2. Tiga kelompok perlakuan yang menerima ekstrak etanol kubis ungu dengan dosis 100 mg/kgBB, 200 mg/kgBB, dan 400 mg/kgBB dan masing-masing diinduksi NAFLD.

Induksi NAFLD dilakukan dengan pemberian diet tinggi lemak setiap hari yang terdiri dari minyak dan kuning telur bebek selama 6 minggu, serta CCl₄ yang diberikan secara intraperitoneal (0,08 mL/kgBB) dua kali seminggu.

Analisis Biokimia dan Histologi

- MDA: Kadar Malondialdehida (MDA) diukur dengan ELISA.
- SOD: Aktivitas Superoxide Dismutase (SOD) diukur dengan ELISA.
- Histologi Hati: Sampel jaringan hati diwarnai dengan *Hematoxylin-Eosin* (HE) untuk menilai derajat steatosis.

Analisis Statistik

Data dianalisis menggunakan SPSS versi 26 dengan tahapan berikut:

1. Uji Normalitas (*Shapiro-Wilk*) dan Uji Homogenitas (*Levene's Test*).
2. Analisis Komparabilitas
 - *One-Way* ANOVA untuk data normal dan homogen, dilanjutkan dengan uji *Post-hoc* Tukey.
 - Dunnett T3 jika data normal tetapi tidak homogen.
 - Kruskal-Wallis, dilanjutkan dengan Mann-Whitney U, untuk data yang tidak berdistribusi normal.
3. Tingkat Signifikansi: $p < 0.05$ dianggap signifikan secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Univariat

a. Analisis deskriptif kadar MDA

Tabel 1. Analisis deskriptif kadar MDA

Kelompok	n	Mean	Min	Max
P0	6	0.795	0.724	0.855
P1	6	0.674	0.658	0.757
P2	6	0.603	0.567	0.691
P3	6	0.75	0.733	0.789

Tabel 1 menunjukkan analisis deskriptif kadar MDA berdasarkan kelompoknya. Masing-masing kelompok terdiri dari 6 hewan coba dengan rata-rata, nilai minimal dan maksimal yang berbeda.

b. Analisis deskriptif kadar SOD

Tabel 2. Analisis deskriptif kadar SOD

Kelompok	n	Mean	Min	Max
P0	6	1.546	1.344	1.790
P1	6	1.652	1.471	1.790
P2	6	1.800	1.662	1.917
P3	6	1.599	1.408	1.790

Tabel 2 menunjukkan analisis deskriptif kadar SOD berdasarkan kelompoknya. Masing-masing kelompok terdiri dari 6 hewan coba dengan rata-rata, nilai minimal dan maksimal yang berbeda.

c. Uji normalitas

Tabel 3. Uji normalitas kadar MDA dan SOD

Tabel 3 menunjukkan hasil uji normalitas data kadar

Variabel	Kelompok	p	Keterangan
Kadar MDA	P0	0.814	Normal
	P1	0.700	Normal
	P2	0.964	Normal
	P3	0.183	Normal
Kadar SOD	P0	0.754	Normal
	P1	0.831	Normal
	P2	0.510	Normal
	P3	0.821	Normal

MDA dan SOD yang dilakukan untuk mengetahui distribusi data rerata pada masing-masing kelompok penelitian. Pada penelitian ini menggunakan Uji *Shapiro-Wilk* dengan hasilnya menunjukkan data berdistribusi normal ($p>0,05$).

d. Uji Homogenitas

Tabel 4. Uji homogenitas kadar MDA dan SOD

Tabel 4 menunjukkan hasil uji homogenitas kadar

Variabel	p	Keterangan
Kadar MDA	0.303	Homogen
Kadar SOD	0.449	Homogen

menunjukkan bahwa varian data bersifat homogen ($p>0,05$).

Analisis Bivariat

a. Uji komparabilitas kadar MDA

Tabel 5. Uji *One-way* ANOVA kadar MDA antar kelompok

Sumber Variasi	F-stat	p-Value
Antar kelompok	13.70	0.00004

Tabel 5 menunjukkan hasil uji *One-way* ANOVA kadar MDA yang didapatkan hasil *p-value* <0.05 sehingga terdapat perbedaan antar kelompok dosis pada kadar MDA. Karena terdapat perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji *post-hoc*, yaitu *Tukey* HSD untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda.

Tabel 6. Uji *post-hoc* (*Tukey* HSD) kadar MDA antar kelompok

Kelompok	Kelompok	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
P0	P1	.008	.0285	-.2121
	P2	.000	.1000	-.2836
	P3	.659	-.0538	.1298
P1	P0	.008	-.2121	-.0285
	P2	.163	-.0203	.1633
	P3	.089	-.1741	.0095
P2	P0	.000	-.2836	-.1000
	P1	.163	-.1633	.0203
	P3	.001	-.2456	-.0620
P3	P0	.659	-.1298	.0538
	P1	.089	-.0095	.1741
	P2	.001	.0620	.2456

Tabel 6 menunjukkan hasil uji *post-hoc Tukey* HSD, dimana terdapat perbedaan signifikan kadar MDA antara kelompok P0 dengan P1, P0 dengan P2, dan P2 dengan P3.

b. Uji komparabilitas kadar SOD

Tabel 7. Uji *One-way* ANOVA kadar SOD antar kelompok

Sumber Variasi	F-stat	p-Value
Antar kelompok	4.78	0.0113

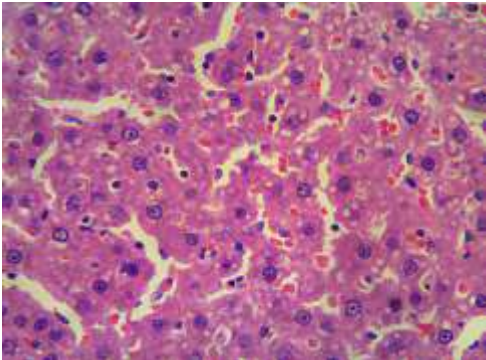
Tabel 7 menunjukkan hasil uji *One-way* ANOVA kadar SOD yang didapatkan hasil *p-value* <0.05 sehingga terdapat perbedaan antar kelompok dosis pada kadar SOD. Karena terdapat perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji *post-hoc*, yaitu *Tukey* HSD untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda.

Tabel 8. Uji *post-hoc* (*Tukey* HSD) kadar SOD antar kelompok

Kelompok	Kelompok	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
P0	P1	.460	-.3047	.0927
	P2	.009	-.4536	-.0561
	P3	.877	-.2517	.1457
P1	P0	.460	-.0927	.3047
	P2	.188	-.3476	.0499
	P3	.877	-.1457	.2517
P2	P0	.009	.0561	.4536
	P1	.188	-.0499	.3476
	P3	.046	.0031	.4006
P3	P0	.877	-.1457	.2517
	P1	.877	-.2517	.1457
	P2	.046	-.4006	-.0031

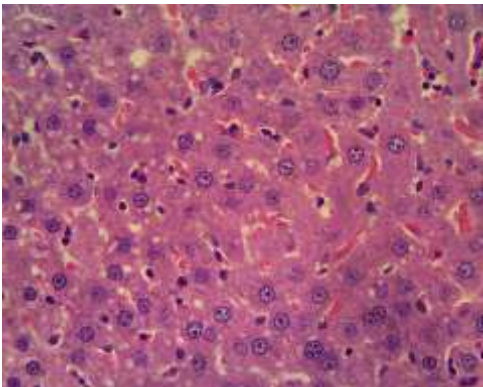
HSD, dimana terdapat perbedaan signifikan kadar SOD antara kelompok P0 dengan P2 dan P2 dengan P3.

c. Uji komparabilitas derajat steatosis



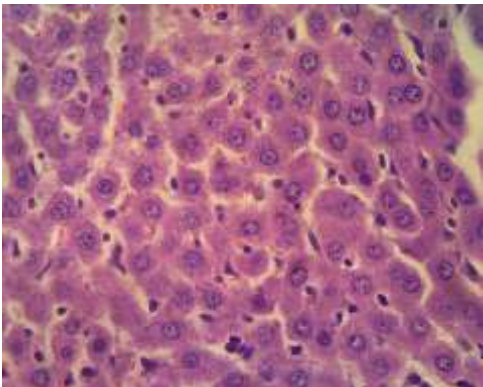
Gambar 1. Gambaran histologi kelompok P0

Gambar 1 merupakan salah satu gambar histologi kelompok kontrol negatif (P0), dimana hepatosit dengan vakuolisasi lemak tampak tersebar luas di jaringan. Sebagian besar hepatosit menunjukkan memiliki vakuola kecil di tersebar di sitoplasma (mikrovesikular). Terdapat pembuluh sinusoid melebar.



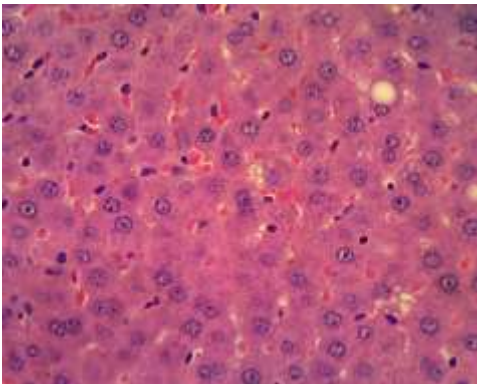
Gambar 2. Gambaran histologi kelompok P1

Gambar 2 merupakan salah satu gambar histologi kelompok P1, dimana hepatosit dengan vakuolisasi lemak tampak tersebar luas di jaringan. Sebagian besar hepatosit menunjukkan memiliki vakuola kecil di tersebar di sitoplasma (mikrovesikular) dan terdapat beberapa vakuola besar (makrovesikular).



Gambar 3. Gambaran histologi kelompok P2

Gambar 3 merupakan salah satu gambar histologi kelompok P2, dimana sel hepatosit tersusun rapi dalam lembaran atau trabekula, memiliki inti yang bulat dan terletak di tengah. Sitoplasma homogen dan eosinofilik. Sinusoid jelas terlihat di antara barisan hepatosit. *Perisinusoidal space* tidak mengalami perubahan patologis. Tidak ada vakuola lemak.



Gambar 4. Gambaran histologi kelompok P3

Gambar 4 merupakan salah satu gambar histologi kelompok P3, dimana tampak vakuola lipid dalam sitoplasma hepatosit, sebagian besar berbentuk mikrovesikular dengan beberapa makrovesikular kecil. Distribusi vakuolisasi tidak dominan di seluruh jaringan, masih terdapat banyak hepatosit yang tampak normal.

Tabel 9. Uji *Kruskal Wallis* derajat steatosis antar kelompok

Statistik Uji	P-Value	Signifikansi
14.07	0.003	Signifikan

Tabel 9 menunjukkan hasil uji *Kruskal Wallis* derajat steatosis yang didapatkan hasil *p-value* <0.05 sehingga terdapat perbedaan antar kelompok dosis pada derajat steatosis antar kelompok. Karena terdapat perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji *post-hoc*, yaitu *Mann-Whitney* untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda.

Tabel 10. Uji *Post-hoc Mann-Whitney*

Kelompok	Kelompok	P-value	Signifikansi
P0	P1	0.014	Signifikan
P0	P2	0.002	Signifikan
P0	P3	0.003	Signifikan
P1	P2	0.065	Tidak Signifikan
P1	P3	0.055	Tidak Signifikan
P2	P3	0.031	Signifikan

Tabel 10 menunjukkan bahwa kelompok P0 memiliki perbedaan signifikan dengan P1, P2 dan kelompok P3. Tidak terdapat perbedaan signifikan antara pasangan kelompok lainnya.

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan perbedaan kadar MDA yang signifikan antar kelompok perlakuan. Uji statistik mengindikasikan bahwa kelompok P0 (kontrol) memiliki kadar MDA yang signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok yang menerima ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.), terutama pada P1 dan P2. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) berperan dalam menurunkan kadar MDA, yang merupakan indikator stres oksidatif. MDA merupakan biomarker stres oksidatif yang dihasilkan akibat peroksidasi lipid. Semakin tinggi

kadar MDA, semakin besar kerusakan sel akibat radikal bebas. Penurunan kadar MDA mengindikasikan bahwa ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) memiliki efek antioksidan, yang membantu mengurangi stres oksidatif. Penelitian ini sejalan dengan Rahma pada tahun 2018 yang meneliti kandungan antosianin pada ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. var. Ayamurasaki) dapat menurunkan kadar MDA secara signifikan pada tikus yang mengalami hipertensi. Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi *et al.*, 2020 bahwa antosianin dapat menurunkan kadar MDA di jaringan hepar tikus yang mengalami hiperglikemi dengan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa antosianin dapat mengurangi stres oksidatif di hati, yang berkontribusi terhadap pencegahan kerusakan hati akibat hiperglikemia. Penelitian yang dilakukan oleh Fadli *et al.*, 2020 yang meneliti pengaruh pemberian ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) terhadap kadar MDA tikus wistar jantan yang menjalani latihan fisik maksimal. Hasil penelitian menyatakan bahwa ekstrak etanol kubis ungu secara signifikan mencegah peningkatan kadar MDA. Hal ini menunjukkan potensi kubis ungu sebagai sumber antioksidan alami yang dapat membantu mengurangi stres oksidatif akibat aktivitas fisik yang berat. Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan perbedaan kadar MDA yang signifikan antar kelompok perlakuan.

Uji statistik mengindikasikan bahwa bahwa kelompok P0 (kontrol) memiliki kadar SOD yang lebih rendah dibandingkan kelompok yang menerima ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.), dengan perbedaan signifikan antara P0 dengan P2 dan P2 dengan P3. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) dapat mencegah penurunan kadar SOD, yang berfungsi sebagai antioksidan dalam tubuh untuk menangkal radikal bebas. Penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Danuyanti *et al.*, 2018 yang meneliti kandungan antosianin yang terdapat pada ekstrak kedelai hitam (*Glycine max* L.) dapat menghambat penurunan kadar SOD akibat stress oksidatif yang ditimbulkan oleh aktivitas fisik berat. Penelitian yang dilakukan oleh Fadli *et al.*, 2020 yang meneliti pengaruh pemberian ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) terhadap kadar SOD tikus wistar jantan yang menjalani latihan fisik maksimal. Hasil penelitian menyatakan bahwa ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) secara signifikan meningkatkan kadar SOD. Kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) mengandung flavonoid dan antosianin, yang menetralkan radikal bebas dan mengurangi peroksidasi lipid. Antosianin meningkatkan ekspresi gen antioksidan, termasuk enzim SOD, yang membantu menghilangkan radikal bebas superoksida. Antosianin juga menghambat reaksi berantai oksidasi lemak, melindungi membran sel dari kerusakan akibat radikal bebas. Penelitian lain, yaitu Monikasari *et al.*, 2023 yang meneliti efek antosianin pada ekstrak bekatul beras hitam (*Oryza sativa* L. *indica*) terhadap kadar SOD tikus dengan diabetes mellitus tipe II. Hasil penelitian didapatkan

bahwa antosianin dapat meningkatkan kadar SOD secara signifikan, yang menunjukkan potensinya sebagai antioksidan dalam mengatasi stres oksidatif pada DM tipe II.

Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan perbedaan derajat steatosis yang signifikan antar kelompok perlakuan. Uji statistik menunjukkan bahwa perbedaan yang signifikan terjadi antara kelompok P0 dengan P1, P2 dan P3. Sedangkan kelompok P1 dan P2, P1 dan P3, P2 dan P3 tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) dapat bersifat hepatoprotektif dengan mencegah peningkatan derajat steatosis.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Hernowo *et al.*, 2023 yang antosianin terhadap steatosis hati pada tikus model menopause. Hasil penelitian menyatakan bahwa antosianin pada kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) secara signifikan menurunkan steatosis hati pada tikus model menopause. Antosianin memiliki efek hepatoprotektif, bekerja melalui mekanisme fitoestrogen, antioksidan, dan antiinflamasi. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Sufyan *et al.*, 2019 yang meneliti antosianin pada jus terong ungu (*Solanum melongena* L.) terhadap perlemakan hati pada tikus Wistar yang diberi diet aterogenik. Hasil penelitian menyatakan bahwa pemberian jus terong ungu secara signifikan mengurangi perlemakan hati pada tikus Wistar yang diberi diet aterogenik. Kandungan antosianin dan pektin berperan dalam mekanisme perlindungan hati, baik melalui peningkatan β -oksidasi, inhibisi penyerapan lemak, dan efek antioksidan. Penelitian lainnya oleh Paramita *et al.*, 2019 yang meneliti antosianin dalam ekstrak etanol ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) terhadap degenerasi lemak pada hati tikus yang diovariectomi sebagai model menopause. Hasil penelitian didapatkan bahwa ekstrak etanol ubi jalar ungu secara signifikan menurunkan steatosis hati pada tikus model menopause. Antosianin berperan dalam regulasi metabolisme lemak dan antioksidan, yang berkontribusi pada pencegahan dan pengobatan NAFLD.

Antosianin bekerja dengan berbagai mekanisme, termasuk mengurangi akumulasi lemak di hati, menurunkan stres oksidatif, meningkatkan regenerasi mitokondria, menghambat inflamasi, dan memperbaiki kesehatan usus. Antosianin, khususnya cyanidin-3-O-glucoside, dapat mengurangi steatosis hepatosit dan meningkatkan metabolisme lemak serta glukosa melalui regulasi gen tertentu (Teng *et al.*, 2023). Studi pada tikus yang diberi diet tinggi lemak menunjukkan bahwa cyanidin-3-O-glucoside menurunkan berat hati, rasio hati terhadap berat tubuh, serta menekan ekspresi gen yang berperan dalam sintesis dan akumulasi lemak di hati. Antosianin mengurangi produksi radikal bebas dan menurunkan kadar MDA yang merupakan indikator stres oksidatif. Meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti SOD, katalase (CAT), dan glutathione peroxidase (GSH-Px).

SIMPULAN

Pemberian ekstrak kubis (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) secara statistik dapat mencegah kadar MDA lebih tinggi, kadar SOD lebih rendah, dan derajat steatosis lebih tinggi secara signifikan pada tikus wistar jantan yang diinduksi diet tinggi lemak dan karbon tetraklorida. Dengan demikian, ekstrak etanol kubis ungu (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) dapat berpotensi sebagai terapi alami dalam pencegahan NAFLD.

DAFTAR PUSTAKA

- Danuyanti, I. G. A. N., & Reshaleksmana, E. (2018). *Penggunaan ekstrak kedelai hitam (Glycine max L.) terhadap aktivitas enzim hepar (AST - ALT) dan antioksidan superoksida dismutase (SOD) tikus putih*. Jurnal Kesehatan Prima, 12(1), 54-60. <http://jkip.poltekkes-mataram.ac.id>
- Fadli, I.P.G.A., & Tirtayasa, I.K. (2020). *Pemberian ekstrak etanol kubis ungu (Brassica oleracea var. capitata L.) menyebabkan kadar Malondialdehyde menjadi rendah dan kadar Superoksida Dismutase menjadi tinggi pada tikus galur Wistar jantan (Rattus norvegicus) yang diberi latihan fisik maksimal*. Jurnal Ilmiah Medicamento, 6(2), 133-143
- Hernowo, E. F., Arijana, I. G. K. N., Sugiritama, I. W., & Ratnayanti, I. G. A. D. (2023). *Pengaruh pemberian ekstrak kulit buah naga merah (Hylocereus polyrhizus) sebagai fitoestrogen terhadap steatosis hepar tikus model menopause*. Jurnal Medika Udayana, 12(5), 93-98. <https://doi.org/10.24843/MU.2023.V12.i6.P17>
- Khoonsari, M., Azar, M. M. H., Ghavam, R., Hatami, K., Asobar, M., Gholami, A., Rajabi, A., Tameshkel, F. S., Amirkalali, B., & Sohrabi, M. 2017. Clinical manifestations and diagnosis of nonalcoholic fatty liver disease. *Iranian Journal of Pathology*, 12(2), 99–105.
- Monikasari, M., Widyastiti, N. S., Mahati, E., Syauqy, A., & Al-Baarri, A. N. (2023). *Pengaruh pemberian ekstrak bekatul beras hitam (Oryza sativa L. indica) terhadap kadar MDA, SOD, dan trigliserida pada tikus diabetes mellitus tipe 2*. Aceh Nutrition Journal, 8(1), 129-138. <https://doi.org/10.30867/action.v8i1.731>
- Paramita, N. P. C., Sugiritama, I. W., Linawati, N. M., Ratnayanti, I. G. A. D., Wahyuniari, I. A. I., Arijana, I. G. K. N., & Wiryawan, I. G. N. S. (2019). *Ekstrak etanol ubi jalar ungu (Ipomoea batatas L.) menurunkan degenerasi lemak jaringan hati tikus yang diovariectomi*. E-Jurnal Medika, 8(1), 33-39. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/eum>
- Pouwels, S., Sakran, N., Graham, Y., Leal, A., Pintar, T., Yang, W., Kassir, R., Singhal, R., Mahawar, K., & Ramnarain, D. 2022. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD): a review of pathophysiology, clinical management and effects of weight loss. *BMC Endocrine Disorders*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12902-022-00980-1>
- Pratiwi, A., Alioes, Y., & Aprilia, D. (2020). *Pengaruh ekstrak ubi ungu terhadap glukosa darah dan MDA hepar tikus hiperglikemia*. Jurnal Ilmu Kesehatan Indonesia, 1(2), 117-124.
- Prikhodko, V. A., Bezborodkina, N. N., & Okovityi, S. V. (2022). Pharmacotherapy for Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: Emerging Targets and Drug Candidates. *Biomedicines*, 10(2), 274.
- Priska, M., Peni, N., Carvalho, L., & Ngapa, Y. D. 2018. Antosianin dan Pemanfaatannya. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2), 79–97.
- Pydyn, N., Miękus, K., Jura, J. & Kotlinowski, J., 2020. New therapeutic strategies in nonalcoholic fatty liver disease: a focus on promising drugs for nonalcoholic steatohepatitis. *Pharmacological Reports*, 72(1), 1-12.
- Rahma, R. (2018) *Pengaruh terapi ekstrak ubi jalar ungu (Ipomoea batatas L. var Ayamurasaki) terhadap kadar malondialdehyde (MDA) dan gambaran histopatologi jantung tikus (Rattus norvegicus) model hipertensi induksi deoxycorticosterone acetate (DOCA)-Salt*. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang.
- Rosada, M., Wasityastuti, W., Pratama, Y. Y., Siwi, K., Widasari, D. I., & Wahyuni, T. S. 2022. The Effects of High-Fat Diet and Carbon Tetrachloride Administration on Liver Function and Lipid Profile in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease Rat Model. *Proceedings of the 7th International Conference on Biological Science (ICBS 2021)*, 22(Icbs), 533–539. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220406.075>