

Lipid Profile Animal Trial Model of Metabolic Syndrome with Songgak Coffee Intervention

Lale Budi Kusuma Dewi¹, Lina Permatasari^{2*}, Ari Khusuma¹, Agrijanti¹

¹Poltekkes Kemenkes Mataram

²Department of Pharmaceutical chemistry, Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Mataram, Mataram, 83115, Indonesia

Sitasi: Dewi, L. B. K., Permatasari, L., Khusuma, A., & Agrijanti. (2025). Lipid Profile Animal Trial Model of Metabolic Syndrome with Songgak Coffee Intervention. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 11(1), 143–148.
<https://doi.org/10.35311/jmpi.v11i1.712>

Submitted: 05 Desember 2024
Accepted: 11 April 2025
Published: 10 Juni 2025

*Penulis Korespondensi:
Lina Permatasari
Email:
lina.permatasari09@gmail.com



Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ABSTRAK

Sindrom metabolik adalah suatu kondisi yang berhubungan dengan obesitas, diabetes, dislipidemia (hiperkolesterolemia dan hipertrigliseridemia), dan tekanan darah tinggi. Stres oksidatif memiliki keterkaitan dengan sindrom metabolik, makanan kaya flavonoid bermanfaat untuk pencegahan dan perbaikan sindrom metabolik. Songgak adalah kopi yang dicampur dengan rempah-rempah dengan kandungan flavonoid dan fenolik total yang berkorelasi dengan aktivitas antioksidannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efek kopi songgak dalam mencegah sindrom metabolik. Parameter yang diuji adalah profil lipid yang terdiri dari kadar kolesterol total, kadar trigliserida, kadar *low-density lipoprotein* (LDL), dan kadar *high-density lipoprotein* (HDL). Sebanyak 24 ekor hewan coba dibagi menjadi 4 kelompok (kelompok kontrol, P1, P2, dan P3). Semua hewan diberikan makanan tinggi, lipid, dan *Propylthiouracil* (PTU). Kelompok P1, P2, dan P3 masing-masing diberi 8 gram, 12 gram, dan 16 gram kopi Songgak sedangkan kelompok kontrol tidak diberi kopi Songgak. Setelah perlakuan selama 21 hari, hewan coba diterminasi dan profil lipid diukur. Uji statistik dengan Kruskal Wallis pada kadar total kolesterol dan HDL kolesterol dengan hasil uji nilai P berturut-turut adalah 0,205 dan 0,637 ($P>0,05$), disimpulkan tidak ada perbedaan antar kelompok perlakuan. Sedangkan kadar trigliserida dan LDL diuji dengan uji parametrik ANOVA, hasil uji nilai sig berturut-turut adalah 0,068 dan 0,748 $>0,05$ disimpulkan tidak ada perbedaan antar kelompok perlakuan. Walaupun menurut uji ststistik disimpulkan tidak ada perbedaan antar kelompok perlakuan, namun kadar kolesterol total, trigliserida, kolesterol LDL dan kolesterol HDL pada kelompok perlakuan lebih baik daripada kelompok kontrol. Kelompok P2 menunjukkan kadar kolesterol total, gliserida, dan LDL yang terendah dengan kadar secara berurutan yaitu 69,67±11,86; 51,00±892; dan 9,33±3,01 mg/dL. Sementara itu, kadar HDL tertinggi pada kelompok P3. Terdapat penurunan kadar kolesterol total, kolesterol LDL, dan trigliserida, serta peningkatan kadar kolesterol HDL pada kelompok perlakuan. Oleh karena itu, kopi songgak dapat dikembangkan menjadi minuman tradisional untuk mencegah sindrom metabolik.

Kata Kunci : Profil Lipid, Sindrom Metabolik, Kopi Songgak

ABSTRACT

Metabolic syndrome is a condition associated with obesity, diabetes, dyslipidemia (hypercholesterolemia and hypertriglyceridemia), and high blood pressure. Oxidative stress has been linked to metabolic syndrome, and flavonoid-rich foods are beneficial for the prevention and amelioration of metabolic syndrome. Songgak is coffee blended with spices with total flavonoid and phenolic contents that correlate with its antioxidant activity. This study aims to analyze the effect of Songgak coffee in preventing metabolic syndrome. The parameters tested were lipid profiles consisting of total cholesterol, triglyceride, low-density lipoprotein (LDL), and high-density lipoprotein (HDL) levels. A total of 24 animals were divided into 4 groups (control group, P1, P2, and P3). All animals were given a high-fat diet, lipids, and *Propylthiouracil* (PTU). Groups P1, P2, and P3 were given 8 grams, 12 grams, and 16 grams of Songgak coffee, respectively, while the control group was not given Songgak coffee. After treatment for 21 days, the animals were terminated, and the lipid profile was measured. Statistical tests with Kruskal Wallis on total cholesterol and HDL cholesterol levels with P value test results were 0.205 and 0.637 ($p>0.05$), respectively, concluded no differences between treatment groups. >0.05 , respectively, concluded that there were no differences between treatment groups. Although the statistical test concluded no difference between treatment groups, the total cholesterol, triglycerides, LDL cholesterol, and HDL cholesterol levels in the treatment group were better than in the control group. Group P2 showed the lowest levels of total cholesterol, glyceride, and LDL with levels of 69.67±11.86, 51.00±892, and 9.33±3.01 mg/dL, respectively. Meanwhile, HDL levels were highest in group P3. There was a decrease in total cholesterol, LDL cholesterol, and triglyceride levels and an increase in HDL cholesterol levels in the treatment group. Therefore, songgak coffee can be developed into a traditional drink to prevent metabolic syndrome.

Keywords : Lipid profile, Metabolic Syndrome, Songgak Coffee

PENDAHULUAN

Sindrom metabolik merupakan kondisi yang berhubungan dengan obesitas, diabetes, dislipidemia dan tekanan darah tinggi. Faktor risiko sindrom metabolik meliputi peningkatan lingkaran pinggang atau lemak perut, trigliserida plasma tinggi, tekanan darah tinggi, gula darah tinggi, dan lipoprotein densitas tinggi (HDL) plasma rendah. Kehadiran tiga temuan abnormal dari lima faktor risiko tersebut diperlukan untuk mendiagnosis terjadinya sindrom metabolik (Yarmohammadi *et al.*, 2020).

Herbal dan rempah dalam makanan dapat berkontribusi pada hasil kesehatan jangka panjang yang positif. Herbal dan rempah merupakan sumber fitokimia yang sangat kaya dan konsumsi makanan kaya fitokimia. Studi klinis yang menggunakan campuran rempah dan herbal untuk meningkatkan respons fisiologis telah menunjukkan bahwa penyertaan rempah/herbal dalam makanan dapat memiliki manfaat pencegahan atau terapi (Mackonochie *et al.*, 2023).

Makanan kaya flavonoid sering dipelajari untuk pencegahan dan atau perbaikan sindrom metabolik. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa asupan flavonoid dalam makanan dikaitkan dengan penurunan risiko sindrom metabolik. Asupan flavonoid diketahui dapat mencegah beberapa penyakit yang membentuk sindrom metabolik yaitu obesitas, dislipidemia (hiperkolesterolemia dan hipertrigliserida), hipertensi dan resistensi insulin (Yamagata, 2018). Songgak merupakan minuman herbal dari Lombok Nusa Tenggara Barat. Songgak menurut Bahasa Sasak merupakan suatu bahan makanan atau minuman yang dapat meningkatkan stamina. Salah satu songgak yang dikenal masyarakat suku sasak adalah minuman songgak yang terbuat dari rempah-rempah. Rempah yang digunakan adalah lada, ketumbar, pala, cengkeh, anyang, lilit dan cabai jawa.

Bahan rempah-rempah tersebut disangrai, ditumbuk dan ditambahkan dengan bubuk kopi dengan takaran yang sesuai. Peminum kopi songgak ini merasa tubuhnya lebih segar setelah konsumsi. Songgak memiliki aktifitas antioksidan yang tinggi. Total flavonoid dan fenolik dalam songgak berkorelasi kuat dengan aktivitas antioksidan songgak (Dewi *et al.*, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kopi songgak dalam manajemen sindrom metabolik. Dalam penelitian ini, hewan coba diberi asupan makanan tinggi lemak dan tinggi kalori bersama sama dengan songgak untuk mengetahui efek preventif kopi songgak terhadap sindrom metabolik. Parameter yang diukur adalah gula darah

puasa dan profil lipid yaitu kolesterol total, kolesterol HDL, LDL kolesterol dan trigliserida.

METODE PENELITIAN

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kandang metabolik, sentrifugator untuk memisahkan serum darah dan inkubator.

Bahan

Bahan penelitian yaitu makanan tinggi kalori, lipid dan PTU, tikus wistar putih. Kopi Songgak, *cholesterol liquid color test kit CHOD-PAP-method*, *Triglycerides liquid color test kit GPO-PAP Method*, *HDL cholesterol liquid color test kit*, *LDL cholesterol liquid color test kit*.

Perlakuan Hewan Uji

Perlakuan hewan coba model preventif, dimodifikasi dari metode yang digunakan Lasker *et al.* (2019). Hewan uji sebanyak 24 tikus dibagi menjadi 4 kelompok (kelompok kontrol, kelompok P1, kelompok P2, dan kelompok P3). Kelompok P1, P2 dan P3 secara berurutan adalah 8 gram, 12 gram dan 16 gram kopi Songgak. Sementara kelompok kontrol tidak diberikan Songgak. Dosis kopi Songgak yang diberikan disesuaikan dengan kebiasaan konsumsi oleh masyarakat yaitu sebanyak 1 sendok atau 8 gram untuk 1 porsi. Seluruh kelompok diberikan makanan tinggi kalori, lipid dan PTU.

Pemberian makanan tersebut bersamaan dengan pemberian kopi Songgak selama 21 hari untuk melihat efek preventif. Setelah 21 hari, tikus diambil darahnya melalui jantung kemudian serumnya dipisahkan menggunakan *centrifuge*. Perlakuan hewan coba telah disetujui oleh Komisi Etik Poltekkes Kemenkes Mataram dengan nomor LB.01.03/6/162/2024.

Uji Kadar Kolesterol

Prosedur uji kadar kolesterol sesuai dengan prosedur dari *reagent kit* Human sebagai berikut: Sebanyak 20 µL serum atau standar (kolesterol) dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dimasukkan 2000 µL *reagent cholesterol kit*. Campuran diinkubasi selama 10 menit pada suhu 20-25°C. Absorbansi dibaca menggunakan spektrofotometri UV/Vis pada panjang gelombang 500 nm pada menit ke-1 dan ke-60. Blanko yang digunakan yaitu *reagent cholesterol kit*. Konsentrasi kolesterol sampel dihitung dengan persamaan rumus berikut:

$$C \text{ kolesterol sampel} = C \text{ standar} \times \frac{\Delta A \text{ sampel}}{\Delta A \text{ standar}}$$

Keterangan: C = Konsentrasi kolesterol

ΔA = Selisih absorbansi pada menit ke-1 dan ke-60

Uji kadar Trigliserida

Prosedur uji kadar trigliserida sesuai dengan prosedur dari *reagent kit* Human sebagai berikut : Sebanyak 20 μL sampel serum atau standar (trigliserida) dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dimasukkan 2000 μL *reagent trygliceride kit*, Campuran diinkubasi selama 10 menit pada suhu 20-25°C. Absorbansi dibaca menggunakan spektrofotometri UV/Vis pada panjang gelombang 500 nm pada menit ke-1 dan ke-60. Blanko yang digunakan yaitu *reagent trygliceride kit*. Konsentrasi trigliserida sampel dihitung dengan persamaan rumus berikut :

$$C \text{ trigliserida sampel} = 200 \times \frac{\Delta A \text{ sampel}}{\Delta A \text{ standar}}$$

Keterangan: C = Konsentrasi kolesterol

ΔA = Selisih absorbansi pada menit ke-1 dan ke-60

Uji Kadar HDL

Prosedur uji kadar HDL sesuai dengan prosedur dari *reagent kit* Human sebagai berikut: Sebanyak 200 μL serum atau standar (kolesterol) dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dimasukkan 2000 μL *reagent HDL kit*. Campuran diinkubasi selama 5 menit pada suhu 37°C. Absorbansi dibaca menggunakan spektrofotometri UV/Vis pada panjang gelombang 500 nm pada menit ke-1 dan ke-60. Blanko yang digunakan yaitu 2000 μL *HDL cholesterol liquid color test kit* dan 200 μL aquadest. Konsentrasi HDL sampel dihitung dengan persamaan rumus berikut:

$$C \text{ HDL sampel} = 150 \times \frac{\Delta A \text{ sampel}}{\Delta A \text{ standar}}$$

Keterangan: C = Konsentrasi kolesterol

ΔA = Selisih absorbansi pada menit ke-1 dan ke-60

Uji Kadar LDL

Prosedur uji kadar LDL sesuai dengan prosedur dari *reagent kit* Human sebagai berikut: sebanyak 30 μL serum atau kalibrator dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dimasukkan 2250 μL *enzyme* dan 750 μL substrat. Campuran diinkubasi selama 5 menit pada suhu 37°C. Absorbansi dibaca menggunakan spektrofotometri UV/Vis pada panjang gelombang 555 nm pada menit ke-1 dan ke-60. Blanko yang digunakan yaitu 2250 μL *reagent enzyme*, 30 μL akuades dan 750 μL substrat. Konsentrasi LDL sampel dihitung dengan persamaan rumus berikut:

$$C \text{ LDL sampel} = C \text{ kal} \times \frac{\Delta A \text{ sampel}}{\Delta A \text{ kal}}$$

Keterangan: C = Konsentrasi kolesterol

ΔA = Selisih absorbansi pada menit ke-1 dan ke-60

Kal = Kalibrator

Analisis Statistik

Nilai kadar kolesterol, trigliserida, HDL dan LDL setiap sampel dianalisis menggunakan SPSS. Metode uji yang digunakan untuk nilai LDL yaitu uji *One Way ANOVA* yang dilanjutkan dengan uji Duncan. Taraf kepercayaan yang digunakan yaitu 95%. Sementara itu, nilai kadar kolesterol, trigliserida dan HDL dianalisis dengan metode non-parametrik Kruskal Wallis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat 3 model sindrom metabolik utama yang diinduksi oleh pola makan pada tikus yaitu pola makan tinggi karbohidrat (TK), pola makan tinggi lemak (TL) dan pola makan tinggi karbohidrat tinggi lemak (TKL). Pola makan tinggi karbohidrat menyebabkan efek ringan pada penambahan berat badan dan kadar glukosa darah tetapi meningkatkan kadar TG, insulin puasa, resistensi insulin dan akumulasi lemak *visceral* secara signifikan. Pola makan tinggi lemak (TL) menyebabkan peningkatan yang lebih besar pada semua parameter diikuti oleh pola makan tinggi karbohidrat dan lemak (TKL). Oleh karena itu, untuk mempelajari tahap awal sindrom metabolik, TK direkomendasikan sedangkan TL dan TKL lebih baik dalam model sindrom metabolik yang lebih parah (Rodríguez-correa et al., 2020).

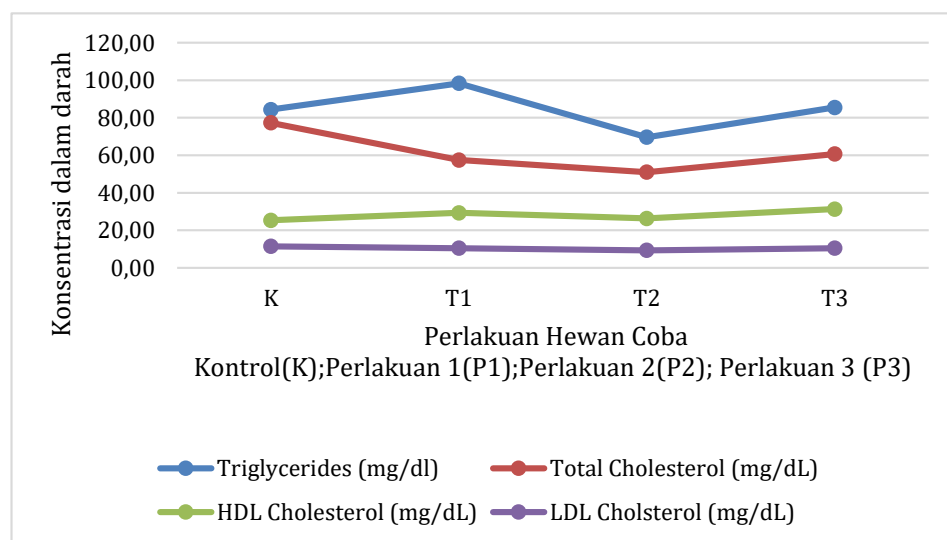
Dalam penelitian ini, hewan coba diberikan makanan dengan pola tinggi kalori dan lemak (TKL) disertai pemberian propylthiouracil (PTU) untuk induksi hiperkolesterolemia. Untuk mengamati efek preventif kopi Songgak pada sindrom metabolik, kopi Songgak diberikan bersamaan dengan pemberian makanan TKL dan PTU. Perlakuan diberikan selama 21 hari. Profil lipid pada kelompok perlakuan menunjukkan perbaikan dibandingkan dengan kelompok kontrol (Gambar 1). Kadar LDL, kolesterol total, dan trigliserida terendah terdapat pada kelompok P2 dengan konsentrasi Songgak 12 gram (Tabel 1). Kadar tersebut menunjukkan rentang normal.

Profil lipid kelompok P2 tersebut secara statistik tidak berbeda signifikan dengan kelompok kontrol. Hal tersebut disebabkan karena standar deviasi yang terlalu tinggi. Waktu induksi yang terlalu singkat dapat menjadi penyebab belum tampak perbedaan profil lipid pada masing-masing kelompok. Hewan coba model sindrom metabolik pada penelitian Algandaby 2020 (Algandaby, 2020) dilakukan selama 12 minggu. Makanan yang diberikan adalah *food pellets* yang mengandung 3% NaCl dan minuman 10% fruktosa. Pada penelitian Ichimura 2013 (Ichimura et al., 2013),

efek preventif terhadap hipertensi diamati pada hewan coba yang diberikan makanan diet normal bersama bahan yang akan diuji selama 34 minggu.

Meskipun banyak faktor yang berkontribusi terhadap patofisiologi sindrom metabolik, beberapa penelitian menunjukkan bahwa stres oksidatif dan peradangan kronis merupakan inti dari perkembangan penyakit metabolik. Peradangan dan stres oksidatif memainkan peran penting dalam perkembangan komorbiditas metabolik seperti hiperlipidemia, tekanan darah tinggi, dan peningkatan intoleransi glukosa, yang semuanya menyebabkan disfungsi metabolik (Masenga et al., 2023).

Stres oksidatif terjadi akibat *Reactive Oxygen Spesies* (ROS) dan antioksidan tidak seimbang. Peningkatan berlebihan spesies oksidasi reaktif dan kurangnya antioksidan menyebabkan gangguan fungsi seluler (Pisoschi et al., 2020). Flavonoid berperan penting dalam perlindungan non enzimatik terhadap stress oksidatif (Adwas et al., 2019). Telah dilakukan pengukuran total flavonoid dan total fenolik kopi Songgak, disertai dengan uji aktivitas antioksidan metode *2,2'-diphenyl-2-picrylhydrazyl* (DPPH), *the ferric reducing antioxidant power* (FRAP) dan *Trolox equivalent antioxidant capacity assay* (TEAC).



Gambar 1. Profil Lipid Hewan Uji yang diberikan Kopi Songgak

Tabel 1. Nilai trigliserida, total kolesterol, HDL, dan LDL hewan uji yang diberikan Kopi Songgak

No.	Profil Lipid	Kadar ± SD (mg/dl)			
		K	P1	P2	P3
1	Triglycerides	84,33±21,80	98,33±26,64	69,67±11,86	85,50±25,40
2	Total Kolesterol	77,33±26,73	57,50±14,39	51,00±8,92	60,67±15,96
3	HDL	25,33±4,08	29,33±7,55	26,33±5,47	31,33±11,52
4	LDL	11,5±3,27	10,5±3,94	9,33±3,01	10,5±3,27

Keterangan: Nilai setiap kelompok menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan ($P \geq 0,05$)

Korelasi antara total fenolik, total flavonoid dan aktivitas antioksidan ditentukan menggunakan uji statistik analisis komponen utama. Plot pemuatan menunjukkan bahwa total fenolik dan total flavonoid berkorelasi kuat dengan aktivitas antioksidan metode FRAP. Hasil ini menunjukkan bahwa keberadaan senyawa flavonoid dan fenolik dalam tujuh tanaman obat herbal berperan terhadap sifat antioksidan kopi Songgak (Dewi et al., 2024).

Rempah bahan kopi Songgak juga telah banyak dilaporkan manfaatnya dalam mengatasi sindrom metabolik. Piperin dalam lada (*Piper nigrum* L.) memperbaiki profil lipid darah termasuk mengurangi kadar kolesterol total, LDL dan

trigliserida dalam individu dengan obesitas (Zhang et al., 2021). Cabai jawa (*Piper retrofractum* Vahl) dan cengkeh merupakan rempah utama yang digunakan dalam membuat Songgak. Komponen utama dalam cabai jawa adalah amida, alkaloid, fenilpropanoid, alkil glikosida dan lignan.

Dalam sindrom metabolik, *P. retrofractum* telah dilaporkan memiliki efek anti obesitas (Salleh & Ahmad, 2020). Cengkeh (*Syzgium aromaticum*) terbukti memiliki aktivitas antioksidan dan berfungsi sebagai antihiperlipidemia (Okonta et al., 2021). Total flavonoid dan aktivitas antioksidan pada cengkeh merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan rempah lain untuk membuat Songgak (Dewi et al.,

2024). Cengkeh memiliki efek anti obesitas dan antidiabetic. Ekstrak cengkeh meniru aksi insulin pada ekspresi gen glukosa-6-fosfatase dan fosfoenolpiruvat karboksikinase (Oyunola, 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jestin Thomas (2022), *Syzygium aromaticum* diberikan pada orang dewasa sehat yang ditandai dengan sindrom metabolik. Setelah perlakuan selama 84 hari, terjadi penurunan kadar kolesterol total, trigliserida LDL dan terjadi peningkatan HDL (Thomas et al., 2022). Ketumbar (*Coriandrum sativum* L.), memiliki senyawa monoterpenoid yaitu linalool dapat dianggap sebagai kandidat potensial untuk mengatasi obesitas, sindrom metabolik, diabetes dan berbagai kondisi peradangan (Sobhani et al., 2022) (Scandar et al., 2023).

Pala *Myristica fragrans* Houtt, dilaporkan memiliki beberapa kandungan fitokimia seperti *lignans*, *neolignans*, *diphenylalkanes*, *phenylpropanoids*, and *terpenoids*, yang memiliki berbagai aktivitas farmakologi. (Ha & Vu, 2020). Ekstrak etanol pala dapat mengurangi akumulasi kolesterol, lipid dan glukosa darah secara signifikan (Zhao et al., 2020). Anyang (*Elaeocarpus glandiflorus*) memiliki aktivitas antidiabetes melalui jalur reseptor insulin (Nugrahaningsih et al., 2022).

KESIMPULAN

Salah satu parameter pada sindrom metabolik yaitu profil lipid yang buruk. Kopi Songgak terbukti mampu mencegah terjadinya perburukan profil lipid. Kadar kolesterol total, LDL, dan trigliserida mengalami penurunan paling tinggi ketika diberikan kopi Songgak dengan konsentrasi 12 gram (P2). Kadar kolesterol total, trigliserida, dan LDL secara berurutan yaitu 69,67±11,86; 51,00±892; dan 9,33±3,01.

Sementara itu, kadar HDL tertinggi terdapat pada kelompok yang diberikan kopi Songgak sebanyak 16 gram (P3) dengan nilai 31,33±11,52 mg/dl. Namun, kadar HDL pada P2 tetap lebih tinggi daripada kontrol. Kadar tersebut tergolong normal. Oleh karena itu, kopi Songgak menjadi alternatif pengobatan tradisional untuk mencegah sindrom metabolik, secara khusus yaitu profil lipid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh author mengucapkan terima kasih pada Poltekes Kemenkes Mataram yang sudah memberikan bantuan finansial dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adwas, A. A., Elsayed, A. S. I., Azab, A. E., & Quwaydir, F. A. (2019). Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 6(1), 43–47. <https://doi.org/10.15406/jabb.2019.06.00173>
- Algandaby, M. M. (2020). Crocin prevents metabolic syndrome in rats via enhancing PPAR-gamma and AMPK. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(5), 1310–1316. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.01.004>
- Dewi, L., Khusuma, A., Muliasari, H., Permatasari, L., & Widodo, H. (2024). The principal component analysis of antioxidant activities of Songgak , a traditional herbal drink in West Nusa Tenggara, Indonesia. *Food Research*, 8(October), 245–252. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(5\).594](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(5).594)
- Ha, M. T., & Vu, N. K. (2020). Phytochemical and pharmacological properties of *Myristica fragrans* Houtt .: An updated review. *Archives of Pharmacal Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12272-020-01285-4>
- Ichimura, M., Kato, S., Tsuneyama, K., Matsutake, S., Kamogawa, M., Hirao, E., Miyata, A., Mori, S., Yamaguchi, N., Suruga, K., & Omagari, K. (2013). Phycocyanin prevents hypertension and low serum adiponectin level in a rat model of metabolic syndrome. *Nutrition Research*, 33(5), 397–405. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2013.03.006>
- Lasker, S., Rahman, M. M., Parvez, F., Zamila, M., Miah, P., Nahar, K., Kabir, F., Sharmin, S. B., Subhan, N., Ahsan, G. U., & Alam, M. A. (2019). High-fat diet-induced metabolic syndrome and oxidative stress in obese rats are ameliorated by yogurt supplementation. *Scientific Reports*, 9(1), 20026. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56538-0>
- Mackonochie, M., Rodriguez-mateos, A., Mills, S., & Rolfe, V. (2023). A Scoping Review of the Clinical Evidence for the Health Benefits of Culinary Doses of Herbs and Spices for the Prevention and Treatment of Metabolic Syndrome Prevention and Treatment of Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 15, 1–44.
- Masenga, S. K., Kabwe, L. S., Chakulya, M., & Kirabo, A. (2023). Mechanisms of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 1–28.

- Nugrahaningsih, W. H., Habibah, N. A., & Ariyani, I. F. (2022). Extract of cell culture Rejasa (*Elaeocarpus grandiflorus*) Decrease Blood Glucose Through Insulin Receptor Pathway. *Journal of Biology & Biology Education*, 14(3), 422–427.
- Okonta, C. I., Okpoghono, J., George, B. O., Joseph, O., & Obiejogo, J. (2021). Antihyperlipidemic and Antioxidant Activity of *Syzygium aromaticum* Extract in Rats Fed Cycas Diet Tropical Journal of Natural Product Research Antihyperlipidemic and Antioxidant Activity of *Syzygium Aromaticum* Extract in Rats Fed Cycas Diet. *Tropicaal Journal of Natural Product Research*, 5(5). <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v5i5.26>
- Oyunola, G. A. (2022). Culinary Spices in Food and Medicine: An Overview of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. And L.M. Perry [Myrtaceae]. *Frontiers in Pharmacology*, 12(January), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.793200>
- Pisoschi, A. M., Pop, A., Iordache, F., Stanca, L., Predoi, G., & Serban, A. I. (2020). Oxidative stress mitigation by antioxidants—An overview on their chemistry and influences on health status. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 112891. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112891>
- Rodríguez-correa, E., González-pérez, I., Clavel-pérez, P. I., & Carvajal, K. (2020). Biochemical and nutritional overview of diet-induced metabolic syndrome models in rats: What is the best choice? *Nutrition and Diabetes*, 10(24). <https://doi.org/10.1038/s41387-020-0127-4>
- Salleh, W. M. N. H. W., & Ahmad, F. (2020). Phytopharmacological Investigations of *Piper retrofractum* Vahl.-E Review. *Agric.Conspec.Sci*, 85(3), 193–202.
- Scandar, S., Zadra, C., Marcotullio, M. C., Zadra, C., & Marcotullio, M. C. (2023). Coriander (*Coriandrum sativum*) Polyphenols and Their Nutraceutical Value against Obesity and Metabolic Syndrome. *Molecul*, 28(Special Issue).
- Sobhani, Z., Mohtashami, L., Amiri, M. S., Ramezani, M., Emami, S. A., & Simal-gandara, J. (2022). Ethnobotanical and phytochemical aspects of the edible herb *Coriandrum sativum* L. *Journal of Food Science*, 87(January), 1386–1422. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16085>
- Thomas, J., Patel, A., Das, S., Sreevallabhan, S., Illathu, K., & Mohanan, R. (2022). Clove bud (*Syzygium aromaticum* L.) polyphenol helps to mitigate metabolic syndrome by establishing intracellular redox homeostasis and glucose metabolism: A randomized , double-blinded , active-controlled comparative study. *Journal of Functional Foods*, 98(September), 105273. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105273>
- Yamagata, K. (2018). Metabolic Syndrome: Preventive Effects of Dietary Flavonoids. In *Studies in Natural Products Chemistry* (1st ed., Vol. 60, pp. 1–28). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64181-6.00001-2>
- Yarmohammadi, F., Mehri, S., Najafi, N., Amoli, S. S., & Hosseinzadeh, H. (2020). The protective effect of *Azadirachta indica* (neem) against metabolic syndrome: A review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 24(3). <https://doi.org/10.22038/ijbms.2021.48965.11218>
- Zhang, Y., Jiang, X., Liu, J., Lang, Y., & Liu, Y. (2021). The association between insomnia and the risk of metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Neuroscience*, 89, 430–436. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.05.039>
- Zhao, W., Song, F., Hu, D., Chen, H., Zhai, Q., Lu, W., & Zhao, J. (2020). The Protective Effect of *Myristica fragrans* Houtt. Extracts Against Obesity and Inflammation by Regulating Free Fatty Acids Metabolism in Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Nutrients*, 12, 1–19.