



**EFEK SUPLEMENTASI *FERULIC ACID* TERHADAP *LIPID PROFILE*
DALAM MANUSIA DAN HEWAN COBA**

Livia Bellatrix Roberts

Universitas Airlangga, Indonesia

Email: livia.bellatrix.roberts-2021@fkm.unair.ac.id

Abstrak

Abnormalitas pada lipid profile merupakan faktor risiko utama dalam perkembangan penyakit kardiovaskular dan sindrom metabolik. Ferulic acid (FA), senyawa fitokimia dari golongan asam fenolik, diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan anti-hiperlipidemia. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau efek suplementasi FA terhadap profil lipid pada manusia dan hewan coba. Metode yang digunakan adalah tinjauan pustaka sistematis dengan mengakses artikel ilmiah dari Google Scholar dalam kurun waktu 2014–2024. Delapan artikel eksperimental yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis, sebagian besar menggunakan desain randomized controlled trial. Hasil menunjukkan bahwa suplementasi FA secara signifikan menurunkan kadar total kolesterol (TC), trigliserida (TG), dan low-density lipoprotein (LDL), serta meningkatkan high-density lipoprotein (HDL) baik pada subjek manusia maupun hewan coba. Efek ini dimediasi oleh berbagai mekanisme molekuler, termasuk inhibisi HMG-CoA reductase, fosforilasi AMPK, dan regulasi ekspresi DGAT1, SCD, ERK, JNK, serta HMGB1. Selain itu, FA meningkatkan ekskresi lipid fekal dan mengatur aktivitas enzim lipogenik. Penemuan ini memperkuat potensi FA sebagai agen terapi tambahan dalam pengelolaan dislipidemia dan pencegahan penyakit kardiometabolik. Implikasi dari studi ini membuka peluang untuk penelitian klinis lanjutan dengan fokus pada optimalisasi dosis, pengembangan formulasi bioavailable, serta kombinasi terapi dengan senyawa lain seperti omega-3 atau statin.

Kata kunci: *ferulic acid, ferulic acid supplementation, lipid profile, dyslipidemia, metabolic syndrome*

Abstract

Abnormalities in the lipid profile are a major risk factor in the development of cardiovascular disease and metabolic syndrome. Ferulic acid (FA), a phytochemical compound of the phenolic acid group, is known to have antioxidant and anti-hyperlipidemia activity. This study aimed to review the effects of FA supplementation on lipid profiles in humans and experimental animals. The method used is a systematic literature review by accessing scientific articles from Google Scholar in the period 2014–2024. Eight experimental articles that met the inclusion criteria were analyzed, mostly using a randomized controlled trial design. The results showed that FA supplementation significantly lowered total cholesterol (TC), triglyceride (TG), and low-density lipoprotein (LDL) levels, as well as increased high-density lipoprotein (HDL) in both human and animal subjects. These effects are mediated by a variety of molecular mechanisms, including inhibition of HMG-CoA

reductase, phosphorylation of AMPK, and regulation of DGAT1, SCD, ERK, JNK, and HMGB1 expressions. In addition, FA increases fecal lipid excretion and regulates the activity of lipogenic enzymes. These findings strengthen the potential of FA as an adjunct therapeutic agent in the management of dyslipideemia and the prevention of cardiometabolic disease. The implications of this study open up opportunities for advanced clinical research with a focus on dose optimization, development of bioavailable formulations, as well as combination therapies with other compounds such as omega-3s or statins.

Keywords: *ferulic acid, ferulic acid supplementation, lipid profile, dyslipidemia, metabolic syndrome*

Pendahuluan

Di dalam darah, terdapat berbagai jenis lipid yang diukur di dalam *lipid profile* seperti kolesterol dan trigliserida. Salah satu sifat lipid adalah tidak larut air, sehingga plasma darah memiliki sistem transpor lipid yang terdiri dari lipoprotein larut air (Ye et al., 2022). Untuk menjaga trigliserida dan kolesterol tetap di dalam larutan air, struktur lipoprotein terdiri dari molekul yang bersifat apolar terhadap inti lipoprotein, tetapi polar terhadap air. Lipoprotein bisa mengalami peningkatan dalam ukuran atau penurunan dalam densitas dari *high-density lipoprotein* (HDL) hingga *low-density lipoprotein* (LDL) ke *intermediate-density lipoprotein* (IDL) maupun *very low-density-lipoprotein* (VLDL) dan kilomikron. Sebuah *lipid profile* standar mencakup pengukuran LDL, HDL, trigliserida, serta kolesterol total (Nordestgaard, 2017). Sindrom metabolik terdiri dari beberapa abnormalitas, termasuk abnormalitas pada *lipid profile* atau dislipidemia seperti peningkatan kadar trigliserida (TG), LDL, dan TC serta penurunan kadar HDL (Haile et al., 2021). Keberadaan abnormalitas pada *lipid profile* dapat menjadi indikator dari risiko perkembangan penyakit kardiovaskular (Feryadi et al., 2014; Siregar & Makmur, 2020; Wijaya & Surdijati, 2020).

LDL merupakan lipoprotein yang diduga merupakan lipoprotein aterogenik utama. Akan tetapi, lipoprotein lain seperti HDL atau VLDL juga memegang peran dalam proses aterogenesis. Selain itu, perhitungan kadar HDL dengan rasio total serum kolesterol (TC) telah ditemukan dapat digunakan sebagai salah satu indikator dalam penyakit kardiovaskular (Orozco-Beltran, 2017). Selain penyakit kardiovaskular, *lipid profile* abnormal juga merupakan komponen dari sindrom metabolik sebab kejadian dislipidemia termasuk dalam kriteria sindrom metabolik. Dislipidemia ditandai dari peningkatan kadar LDL, peningkatan kadar trigliserida di dalam darah, serta penurunan kadar HDL, yang merupakan faktor resiko yang kuat terhadap kejadian penyakit kardiovaskular (Singh et al., 2015).

Saat ini, semakin banyak penelitian yang dilakukan terkait kapasitas antioksidan dari asam fenolik serta perannya dalam pencegahan serta terapi kanker, diabetes,

penyakit kardiovaskular, serta inflamasi. Asam fenolik merupakan salah satu jenis zat yang telah banyak ditemukan untuk berkontribusi terhadap pencegahan dan terapi sindrom metabolik. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa beberapa asam fenolik seperti *ferulic acid*, *caffeic acid*, serta *protocatechuic acid* memiliki beberapa efek protektif terhadap sindrom metabolik. Selain itu, zat-zat tersebut mampu meningkatkan fungsionalitas sel beta pankreas.

Dari antara beberapa jenis asam fenolik, *ferulic acid* merupakan salah satu zat yang bermanfaat terhadap sindrom metabolik dan *lipid profile*. Zat fitokimia ini banyak ditemukan pada tomat, *citrus*, wortel, jagung manis, kubis, brokoli, pisang, serta *rice bran*. Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, ditemukan bahwa *ferulic acid* memiliki potensi dan peran *cytoprotective* serta mampu menetralkan perkembangan dari berbagai penyakit, terutama pada organ neurodegeneratif. *Ferulic acid* telah ditemukan untuk memiliki potensi anti-kanker, anti-hiperlipidemia, antihipertensi, anti-*inflammatory*, anti-*ulcer*, serta hepatoprotektif (Jain & Surana, 2016). Selain itu, *ferulic acid* dapat berpengaruh terhadap proses sintesis kolesterol. Dari berbagai uraian di atas, dapat dilihat bahwa *ferulic acid* berpotensi untuk memperbaiki *lipid profile* dan melawan stres oksidatif serta inflamasi sehingga dapat digunakan dalam pencegahan penyakit kardiovaskular (Ardiana, 2024; Press, 2018; Rudyanto, 2012).

Literature review ini bertujuan untuk meninjau literatur relevan untuk merangkum efek suplementasi *ferulic acid* terhadap *lipid profile* pada subyek manusia dan hewan coba berdasarkan bukti penelitian. Penelitian ini menawarkan kebaruan dalam merangkum dan membandingkan hasil-hasil terbaru dari delapan studi eksperimental yang menilai efek suplementasi *ferulic acid* (FA) terhadap profil lipid, baik pada manusia maupun hewan coba, dengan cakupan tahun yang relatif baru (2014–2024). Berbeda dengan studi sebelumnya yang lebih fokus pada efek tunggal FA, penelitian ini mengintegrasikan berbagai mekanisme molekuler yang terlibat, seperti penghambatan HMG-CoA reductase, fosforilasi AMPK, regulasi ekspresi DGAT1, SCD, ERK, JNK, dan HMGB1, serta peningkatan ekskresi lipid fekal. Penelitian ini juga membedakan respons dosis dan efek lintas spesies secara eksplisit—sebuah pendekatan yang belum banyak dijelaskan dalam literatur terdahulu seperti Bumrungpert et al. (2018), Z. Wang et al. (2021), dan Senaphan et al. (2015), yang cenderung menyoroiti efek klinis atau pre-klinis secara terpisah. Dengan demikian, sintesis ini menyajikan pandangan komprehensif dan integratif yang memperkuat pemahaman tentang potensi terapeutik FA dalam pencegahan penyakit kardiometabolik.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode literature review dengan menggabungkan hasil dari beberapa penelitian serupa sehingga diperoleh data dan kesimpulan. Data primer dikumpulkan dari database elektronik yaitu Google Scholar dengan kata kunci

“ferulic acid”, “ferulic acid supplementation”, “lipid profile”, “dyslipidemia”, serta “metabolic syndrome”. Batasan publikasi artikel dalam penyusunan literature review ini adalah 10 tahun atau merupakan artikel yang diterbitkan dalam rentang tahun 2014-2024.

Artikel penelitian dipilih berdasarkan beberapa kriteria inklusi yang menunjukkan efek ferulic acid terhadap lipid profile, yang meliputi: (1) penelitian berupa studi desain eksperimental, (2) penelitian dilakukan pada subyek manusia dan hewan coba, (3) artikel penelitian berbahasa inggris dengan akses full text, (4) menyediakan data lipid profile di dalam darah sebelum dan sesudah intervensi dan (5) bukan merupakan skripsi, tesis, atau disertasi yang tidak dipublikasikan dalam jurnal ilmiah. Penelitian berupa literature review, systematic review, meta-analysis, serta cross-sectional dieksklusikan dari analisis ini.

Hasil Dan Pembahasan

Setelah dilakukan peninjauan dan seleksi dari berbagai artikel yang tersedia dalam database Google Scholar, ditemukan 8 artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi dari meta analisis. Artikel-artikel yang digunakan melakukan asesmen dan evaluasi terhadap efek dari suplementasi ferulic acid terhadap lipid profile pada berbagai kelompok sampel. Data artikel yang disajikan merupakan artikel mengenai efek suplementasi ferulic acid yang dilakukan pada subyek penelitian manusia, sedangkan artikel yang disajikan merupakan artikel-artikel mengenai efek suplementasi ferulic acid yang dilakukan pada subyek penelitian hewan coba.

Diketahui bahwa seluruh artikel terpilih merupakan penelitian eksperimental yang mayoritas menggunakan desain penelitian randomized controlled trial. Pemberian dosis ferulic acid dan perlakuan kontrol bervariasi antar penelitian. Seluruh artikel menganalisis profil lipid darah sebagai variabel dependen.

Dari 8 artikel penelitian yang digunakan di dalam literature review ini, dapat diamati bahwa secara umum pemberian ferulic acid dapat memberikan dampak positif terhadap penurunan serta pencegahan peningkatan kadar kolesterol total (TC), trigliserida (TG), low-density lipoprotein (LDL) dan juga peningkatan serta pencegahan penurunan kadar high-density lipoprotein (HDL) baik pada subyek penelitian manusia maupun hewan coba. Dalam berbagai penelitian yang telah dilakukan, telah ditemukan bahwa ferulic acid memiliki pengaruh terhadap perbaikan lipid profile, stres oksidatif, kadar oxLDL-C, serta inflamasi pada pasien hiperlipidemia sehingga menurunkan risiko kejadian penyakit kardiovaskular.

Salah satu mekanisme regulasi lipid yang dilakukan oleh ferulic acid adalah melalui penghambatan enzim HMG-CoA reductase (hydroxymethylglutaryl coenzyme A reductase), yang merupakan enzim yang berperan dalam sintesis kolesterol oleh hepatosit. Ferulic acid mampu menghambat aktivitas dari enzim tersebut sehingga dapat menimbulkan terjadinya penurunan kadar kolesterol total (TC) serta LDL-C di dalam

darah maupun hati. Selain itu, ditemukan juga pada penelitian lainnya bahwa ferulic acid mampu mengurangi peroksidasi lipid sehingga menyebabkan penurunan kadar MDA (malondialdehyde) serta oxLDL-C (Ye et al., 2022).

Bumrungpert et al. (2018) melakukan penelitian dengan desain randomized double-blind placebo-controlled clinical trial pada 48 orang dewasa berusia 20–60 tahun yang mengalami hiperlipidemia. Partisipan dibagi secara acak menjadi dua kelompok: kelompok pertama menerima kapsul ferulic acid 500 mg sebanyak dua kali per hari selama enam minggu, dan kelompok kedua menerima kapsul plasebo dengan durasi yang sama. Hasil menunjukkan bahwa suplementasi ferulic acid memberikan efek signifikan terhadap penurunan profil lipid, meliputi penurunan total kolesterol ($p=0.001$), trigliserida ($p=0.049$), dan LDL-C ($p<0.001$), serta peningkatan HDL-C secara signifikan dibandingkan kelompok plasebo ($p=0.045$).

Penelitian oleh Y. Wang et al. (2020) pada anak babi menunjukkan bahwa suplementasi ferulic acid (FA) dengan dosis 0.05% dan 0.45% selama lima minggu menurunkan kadar total kolesterol (TC) dan LDL-C serta meningkatkan HDL-C secara signifikan, namun tidak mempengaruhi kadar trigliserida (TG). Dalam otot longissimus dorsi (LD), terjadi penurunan TC, sementara pada liver, hanya dosis 0.45% yang menurunkan TG secara signifikan. Senaphan et al. (2015) menggunakan model tikus dengan diet tinggi karbohidrat dan lemak (TKTL) dan mendapati bahwa pemberian FA (30 dan 60 mg/kg/hari) selama 6 minggu dapat mencegah peningkatan TC dan TG serta penurunan HDL-C (Maharani et al., 2024; Suhadi et al., 2021; Yudha et al., 2021).

Penelitian lain oleh Salazar-López et al. (2017) menunjukkan bahwa pemberian FA dosis 2 g/kg selama 8 minggu pada tikus dengan diet tinggi lemak mampu mencegah peningkatan lipid profile dan memperbaiki indeks aterogenik meskipun tidak signifikan ($p>0.05$), serta tidak ada perubahan signifikan pada HDL-C. W. Wang et al. (2018) mengamati bahwa suplementasi 0.5% FA pada tikus dengan diet normal maupun tinggi lemak tidak berpengaruh terhadap TC, TG, dan LDL, namun meningkatkan HDL ($p=0.021$), mencegah peningkatan GDP dan sitokin proinflamasi IL-6 dan TNF- α .

Penelitian oleh O. Wang et al. (2015) menggunakan tikus dengan diet tinggi lemak dan fruktosa (HFFD) dan menemukan bahwa suplementasi 0.05% FA selama 13 minggu menurunkan TC, TG, LDL-C, dan FFA, serta meningkatkan HDL-C secara signifikan ($p<0.05$), juga mencegah peningkatan TC hepatic. Begum & Ramamurthy (2021) meneliti berbagai dosis FA (50–250 mg/kg) selama 14 minggu dan menemukan bahwa dosis 200 dan 250 mg/kg paling efektif dalam menurunkan TC, TG, dan LDL serta meningkatkan HDL secara signifikan ($p=0.000$). Terakhir, Jain & Surana (2016) menemukan bahwa pemberian FA 10, 20, dan 40 mg/kg selama 60 hari menurunkan TG, TC, LDL-C, rasio LDL/HDL, dan indeks aterogenik secara dose-dependent, serta mencegah penurunan HDL-C dan perubahan profil lipid hepatic ($p<0.05$).

Ferulic acid dapat memicu distribusi membran mitokondria dari ACSL1 (Long-chain acyl-CoA synthase 1) yang dapat menyebabkan upregulation AMP (adenosine

monophosphate) atau ATP (adenosine triphosphate) sehingga akan terjadi fosforilasi AMPK untuk menghambat sintesis trigliserida dan kolesterol (Ye et al., 2022). Fosforilasi 5'-adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) akan menyebabkan downregulation dari ekspresi SREBP1c (sterol regulatory element-binding protein 1c) serta enzim ACC (acetyl-CoA carboxylase) sehingga menyebabkan penurunan biosintesis kolesterol hepatic dan asam lemak (Guo et al., 2019).

Selain itu, ferulic acid mampu meregulasi metabolisme lipid melalui penurunan ekspresi DGAT1 (Diacylglycerol O-Acyltransferase 1) dan SCD (Stearoyl-CoA Desaturase) (Ye et al., 2022). DGAT1 merupakan enzim yang mengkatalisis reaksi final dalam pembentukan trigliserida pada mamalia sedangkan SCD merupakan enzim yang terlibat dalam sintesis asam lemak, sehingga penurunan ekspresi DGAT1 dapat menyebabkan penurunan kadar lipid di dalam darah. Efek penurunan kadar lipid di dalam darah oleh ferulic acid diduga disebabkan oleh lipolisis hepatic serta beta oksidasi dari asam lemak (Guo et al., 2019).

Akumulasi lipid di dalam darah dapat dikurangi oleh Ferulic acid dengan menghambat ekspresi dari extracellular signal-regulated kinase (ERK)1/2, c-Jun amino-terminal kinase (JNK)1/2/3, dan HMGB1 (Ye et al., 2022).

ERK dan JNK merupakan golongan mitogen-activated protein kinase (MAPK) yang memegang peran penting dalam regulasi homeostasis energi hepatosit dan peningkatan ekspresi dari ERK dan JNK berhubungan dengan hepatitis dan steatosis hepatic. Selain itu, HMGB1 merupakan faktor pro-inflamatori yang dikeluarkan oleh sel hepatosit yang dapat menjadi penanda NAFLD. Maka dari itu, kemampuan ferulic acid dalam menghambat ekspresi ERK, JNK, dan HMGB1 dapat memberikan dampak positif terhadap kadar lipid di dalam darah (Wang et al., 2021). Penambahan ferulic acid ke dalam makanan juga dalam membantu mengatasi hiperlipidemia akibat lemak sebab ferulic acid mampu meningkatkan ekskresi lipid fekal dan meregulasi aktivitas enzim lipogenik (Ye et al., 2022).

Kesimpulan

Berdasarkan literature review, suplementasi ferulic acid terbukti mampu memperbaiki profil lipid pada hewan dan manusia dengan menurunkan kadar TC, TG, LDL, serta meningkatkan HDL, sehingga berpotensi mengurangi risiko aterosklerosis dan penyakit kardiovaskular melalui berbagai mekanisme seperti inhibisi HMG-CoA, modulasi ekspresi gen (DGAT1, SCD, ERK, JNK, HMGB1), peningkatan ekskresi lipid fekal, dan regulasi enzim lipogenik. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan eksplorasi lebih mendalam mengenai mekanisme molekuler, uji klinis pada populasi spesifik (dislipidemia, diabetes), optimasi dosis, kombinasi dengan senyawa lain (omega-3, statin), serta evaluasi efek anti-inflamasi dan antioksidan. Selain itu, perlu penelitian tentang peningkatan bioavailabilitas (nanoformulasi), pengaruh pada NAFLD dan

mikrobioma usus, toksikologi jangka panjang, outcome klinis (aterosklerosis, stroke), serta perbandingan dengan senyawa fenolik lain (kurkumin, resveratrol) guna memahami potensi terapeutik ferulic acid secara lebih komprehensif dalam pencegahan dan terapi penyakit kardiometabolik.

Daftar Pustaka

- Ardiana, M. (2024). *Profil Lipid sebagai Penanda Risiko Kardiovaskular*. Airlangga University Press.
- Begum, T. M., & Ramamurthy, V. (2021). The modulating effect of ferulic acid on high fat diet induced hyperlipidemia and obesity: A dose response study in male Sprague Dawley rats. *Biomedicine*, 41(2), 413–420.
- Bumrungpert, A., Lilitchan, S., Tuntipipat, S., Tirawanchai, N., & Komindr, S. (2018). Ferulic acid supplementation improves lipid profiles, oxidative stress, and inflammatory status in hyperlipidemic subjects: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Nutrients*, 10(6), 713.
- Feryadi, R., Sulastri, D., & Kadri, H. (2014). Hubungan kadar profil lipid dengan kejadian hipertensi pada masyarakat etnik Minangkabau di kota Padang tahun 2012. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 3(2).
- Guo, X. X., Zeng, Z., Qian, Y. Z., Qiu, J., Wang, K., Wang, Y., & Zhou, F. (2019). Wheat flour, enriched with γ -oryzanol, phytosterol, and ferulic acid, alleviates lipid and glucose metabolism in high-fat-fructose-fed rats. *Nutrients*, 11(7), 1697.
- Haile, K., Haile, A., & Timerga, A. (2021). Predictors of lipid profile abnormalities among patients with metabolic syndrome in Southwest Ethiopia: A cross-sectional study. *Vascular Health and Risk Management*, 461–469.
- Jain, P. G., & Surana, S. J. (2016). Isolation, characterization and hypolipidemic activity of ferulic acid in high-fat-diet-induced hyperlipidemia in laboratory rats. *EXCLI Journal*, 15, 599.
- Maharani, C., Enis, R. N., Herlambang, H., Syauqy, A., Puspasari, A., Shafira, N. N. A., Tarawifa, S., & Halim, R. (2024). Profil Metabolisme Lipid Sirkulasi Sebagai Upaya Deteksi Dini Sindroma Metabolik Pada Wanita Usia Produktif Di Wilayah Kerja Puskesmas Pakuan Baru. *Medical Dedication (Medic): Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat FKIK UNJA*, 7(2), 82–86.
- Press, U. G. M. (2018). *Serat Pangan Dalam Penanganan Sindrom Metabolik*. UGM PRESS.
- Rudyanto, B. S. (2012). Profil Lipid Darah pada Pasien Penyakit Jantung Koroner yang Dirawat Inap Di Rumah Sakit Al Islam Bandung Periode 1 Januari 2011 Sampai 31 Desember 2011 [skripsi]. *Bandung [Indonesia]: Universitas Islam Bandung*.

- Salazar-López, N. J., Astiazarán-García, H., González-Aguilar, G. A., Loarca-Piña, G., Ezquerra-Brauer, J. M., Domínguez Avila, J. A., & Robles-Sánchez, M. (2017). Ferulic acid on glucose dysregulation, dyslipidemia, and inflammation in diet-induced obese rats: An integrated study. *Nutrients*, 9(7), 675.
- Senaphan, K., Kukongviriyapan, U., Sangartit, W., Pakdeechote, P., Pannangpetch, P., Prachaney, P., & Kukongviriyapan, V. (2015). Ferulic acid alleviates changes in a rat model of metabolic syndrome induced by high-carbohydrate, high-fat diet. *Nutrients*, 7(8), 6446–6464.
- Siregar, F. A., & Makmur, T. (2020). Metabolisme lipid dalam tubuh. *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*, 1(2), 60–66.
- Suhadi, R., Hendra, P., Virginia, D. M., Setiawan, C. H., & Linawati, Y. (2021). *Seluk-Beluk Hiperlipidemia: Peningkatan Partisipasi dan Kompetensi Farmasis dalam Pencegahan Penyakit Kardiovaskuler*. Sanata Dharma University Press.
- Wang, O., Liu, J., Cheng, Q., Guo, X., Wang, Y., Zhao, L., & Ji, B. (2015). Effects of ferulic acid and γ -oryzanol on high-fat and high-fructose diet-induced metabolic syndrome in rats. *PLOS ONE*, 10(2), e0118135.
- Wang, W., Pan, Y., Zhou, H., Wang, L., Chen, X., Song, G., & Li, A. (2018). Ferulic acid suppresses obesity and obesity-related metabolic syndromes in high fat diet-induced obese C57BL/6J mice. *Food and Agricultural Immunology*, 29(1), 1116–1125.
- Wang, Y., Chen, X., Huang, Z., Chen, D., Yu, B., Yu, J., & Zheng, P. (2020). Dietary ferulic acid supplementation improves antioxidant capacity and lipid metabolism in weaned piglets. *Nutrients*, 12(12), 3811.
- Wang, Z., Yang, Y., Zhang, J., Hu, J., Yan, X., Zeng, S., & Lin, S. (2021). Ferulic acid ameliorates intrahepatic triglyceride accumulation in vitro but not in high fat diet-fed C57BL/6 mice. *Food and Chemical Toxicology*, 149, 111978.
- Wijaya, H., & Surdijati, S. (2020). Efek suplementasi virgin coconut oil terhadap parameter metabolik dan antropometrik tikus wistar jantan obesitas. *Journal of Nutrition College*, 9(1), 20–30.
- Ye, L., Hu, P., Feng, L. P., Huang, L. L., Wang, Y., Yan, X., & Xia, H. L. (2022). Protective effects of ferulic acid on metabolic syndrome: A comprehensive review. *Molecules*, 28(1), 281.
- Yudha, N. S. D., Arsana, P. M., & Rosandi, R. (2021). Perbandingan Profil Lipid pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan Kontrol Glikemik yang Terkendali dan Kontrol Glikemik yang Tidak Terkendali di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia* | Vol, 8(4).