

# Tinjauan Mekanisme dan Potensi Terapeutik Andrographolide dari Sambiloto (*Andrographis paniculata*) sebagai Agen Antidiabetik

Gede Hada Satria Wibawa Putra Arnatha<sup>1</sup> and Ni Kadek Warditiani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Jalan Raya Kampus Unud Bukit Jimbaran, Badung-Bali, 80361

Reception date of the manuscript: 26 Juni 2025  
Acceptance date of the manuscript: 8 Agustus 2025  
Publication date: 30 Agustus 2025

**Abstract**— Diabetes mellitus (DM) is a chronic metabolic disease with a steadily increasing global prevalence. Conventional therapies often cause side effects, necessitating safer and more effective alternatives. This article aims to review and analyze scientific evidence related to the molecular mechanisms and therapeutic potential of andrographolide (AGL) as an antidiabetic agent. Methods: A literature search was conducted using several databases (PubMed, Google Scholar, Scopus, ResearchGate, and ScienceDirect) with relevant keywords. The selected articles included in vitro, in vivo studies, and reviews published in the last 10 years (2015–2025). Most studies indicate that AGL acts through increased GLUT-4 expression, activation of AMPK and PPAR, and inhibition of the NF- $\kappa$ B inflammatory pathway. Additionally, effects on increased GLP-1 and activation of SIRT1 also contribute to improving insulin resistance and glucose regulation. AGL demonstrates promising antidiabetic activity through various molecular mechanisms. Although preclinical results are highly supportive, further clinical studies are needed to confirm its efficacy and safety in humans.

**Keywords**—AMPK, *Andrographis paniculata*, Andrographolide, Antidiabetic, GLUT-4, PPAR

**Abstrak**— Diabetes melitus (DM) adalah penyakit metabolik kronis dengan prevalensi global yang terus meningkat. Terapi konvensional sering menimbulkan efek samping, sehingga diperlukan alternatif yang lebih aman dan efektif. Artikel ini bertujuan untuk meninjau dan menganalisis bukti ilmiah terkait mekanisme molekuler dan potensi terapeutik andrographolide (AGL) sebagai agen antidiabetes. Pencarian literatur dilakukan menggunakan beberapa basis data (PubMed, Google Scholar, Scopus, ResearchGate, dan ScienceDirect) dengan kata kunci yang relevan. Artikel yang dipilih mencakup studi in vitro, in vivo, serta ulasan yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir (2015–2025). Sebagian besar studi menunjukkan bahwa AGL bekerja melalui peningkatan ekspresi GLUT-4, aktivasi AMPK dan PPAR, serta penghambatan jalur inflamasi NF- $\kappa$ B. Selain itu, efek pada peningkatan GLP-1 dan aktivasi SIRT1 juga berkontribusi dalam memperbaiki resistensi insulin dan regulasi glukosa. AGL menunjukkan aktivitas antidiabetes yang menjanjikan melalui berbagai mekanisme molekuler. Meskipun hasil praklinis sangat mendukung, studi klinis lebih lanjut masih diperlukan untuk memastikan efektivitas dan keamanannya pada manusia.

**Kata Kunci**—AMPK, *Andrographis paniculata*, Andrographolide, Antidiabetic, GLUT-4, PPAR

## 1. PENDAHULUAN

Diabetes mellitus (DM) merupakan salah satu penyakit metabolik kronis yang ditandai oleh hiperglikemia akibat gangguan sekresi insulin, resistensi insulin, atau keduanya (Komalasari dan Harimurti, 2015). Menurut International Diabetes Federation (IDF) (2025), tercatat lebih dari 588 juta orang dewasa di seluruh dunia hidup dengan diabetes pada tahun 2024, dan angka ini diproyeksikan akan mencapai 852 juta pada tahun 2050, menjadikannya salah satu masalah kesehatan global utama.

Pengelolaan DM konvensional umumnya melibatkan

pemberian insulin eksogen, sulfonilurea, biguanid, hingga inhibitor DPP-4. Namun, terapi ini kerap menimbulkan efek samping seperti hipoglikemia, gangguan gastrointestinal, atau resistensi terhadap pengobatan dalam jangka panjang (Liao et al., 2022). Hal ini mendorong perlunya pencarian agen antidiabetik alternatif berbasis bahan alam yang lebih aman dan berkelanjutan.

Andrographolide (AGL) adalah senyawa aktif dari *Andrographis paniculata*, atau yang dikenal di Indonesia dengan nama Sambiloto, merupakan tanaman herbal dari famili *Acanthaceae* yang telah dikenal dalam pengobatan tradisional di Asia dengan beragam aktivitas farmakologis, termasuk antidiabetik, antioksidan, antidislipidemia, antiaterosklerosis, antikanker, imunomodulator, anti-infeksi, dan antiinflamasi (Warditiani et al., 2021). Berbagai studi prekli-

Penulis koresponden: Arnatha, hadaarnatha4@gmail.com

nis menunjukkan bahwa AGL dapat menurunkan kadar glukosa darah melalui mekanisme molekuler yang melibatkan beberapa jalur regulasi metabolisme glukosa.

Mekanisme yang telah diidentifikasi meliputi aktivasi AMP-activated protein kinase (AMPK) (Arha et al., 2016), peningkatan ekspresi dan translokasi glucose transporter-4 (GLUT-4) (Astuti et al., 2022), stimulasi jalur fosfatidilinositol 3-kinase/protein kinase B (PI3K/Akt) (Arha et al., 2015), serta aktivasi faktor transkripsi peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR $\gamma$ ) (Astuti et al., 2022). Selain itu, beberapa penelitian juga menunjukkan efeknya dalam modulasi stres oksidatif dan respons inflamasi yang berperan dalam patogenesis resistensi insulin (Islam et al., 2017).

Meskipun sebagian besar studi terkait efek antidiabetik AGL masih bersifat preklinis, hasilnya secara konsisten menunjukkan potensi terapeutik AGL sebagai agen antidiabetik berbasis alam. Oleh karena itu, tinjauan ini bertujuan untuk merangkum dan menganalisis bukti-bukti ilmiah terbaru mengenai mekanisme molekuler efek antidiabetik AGL serta mengevaluasi prospeknya sebagai kandidat fitofarmaka untuk pengelolaan DM.

## 2. METODE

### 2.1. Pencarian Literatur

Penelusuran literatur dilakukan secara sistematis dengan mengakses beberapa basis data ilmiah terkemuka, yaitu Google Scholar, PubMed, ResearchGate, Scopus, dan ScienceDirect. Proses pencarian difokuskan pada publikasi yang relevan dengan topik efek antidiabetik andrographolide. Strategi pencarian dikembangkan menggunakan kata kunci seperti “Andrographolide”, “Andrographis paniculata”, “Antidiabetic”, “GLUT4”, “AMPK”, dan “PPAR $\gamma$ ”. Kombinasi kata kunci diformulasikan menggunakan operator Boolean “AND” dan “OR” agar mendapatkan hasil yang lebih relevan dan spesifik.

### 2.2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi mencakup artikel ilmiah dalam bentuk penelitian asli (original research) atau artikel tinjauan (review) yang diterbitkan dalam rentang waktu 10 tahun terakhir (2015–2025), tersedia dalam bahasa Inggris atau Indonesia, dan membahas efek antidiabetik dari AGL baik melalui studi *in vitro*, *in vivo*, maupun uji klinis. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel yang hanya tersedia dalam bentuk abstrak, artikel yang tidak membahas mekanisme antidiabetik secara eksplisit, serta publikasi dari sumber non-ilmiah atau yang tidak melalui proses penelaahan sejawat (*peer-review*).

### 2.3. Ekstraksi dan Pengelolaan Data

Setelah proses seleksi, artikel yang memenuhi kriteria dimasukkan ke dalam daftar analisis dan dilakukan ekstraksi data secara manual. Informasi yang dikumpulkan meliputi nama penulis, tahun publikasi, temuan utama, dan kesimpulan. Seluruh data yang terkumpul dikelompokkan berdasarkan kesamaan fokus mekanisme molekuler AGL sebagai antidiabetes.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelusuran literatur dilakukan berdasarkan judul, abstrak, kata kunci, serta kriteria inklusi yang telah ditentukan

sebelumnya. Hasil pencarian awal mengidentifikasi sebanyak 1.046 artikel yang relevan dengan topik. Artikel-artikel tersebut kemudian disaring berdasarkan judul, abstrak, kesesuaian kata kunci, serta kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan. Setelah proses penyaringan dilakukan, sebanyak 10 artikel dipilih untuk ditinjau lebih lanjut karena secara spesifik membahas mekanisme molekuler efek antidiabetik AGL dalam model *in vitro*, *in vivo*, atau keduanya. Diagram alir proses penelusuran pustaka untuk memberikan visualisasi proses seleksi artikel dijelaskan pada gambar 1.

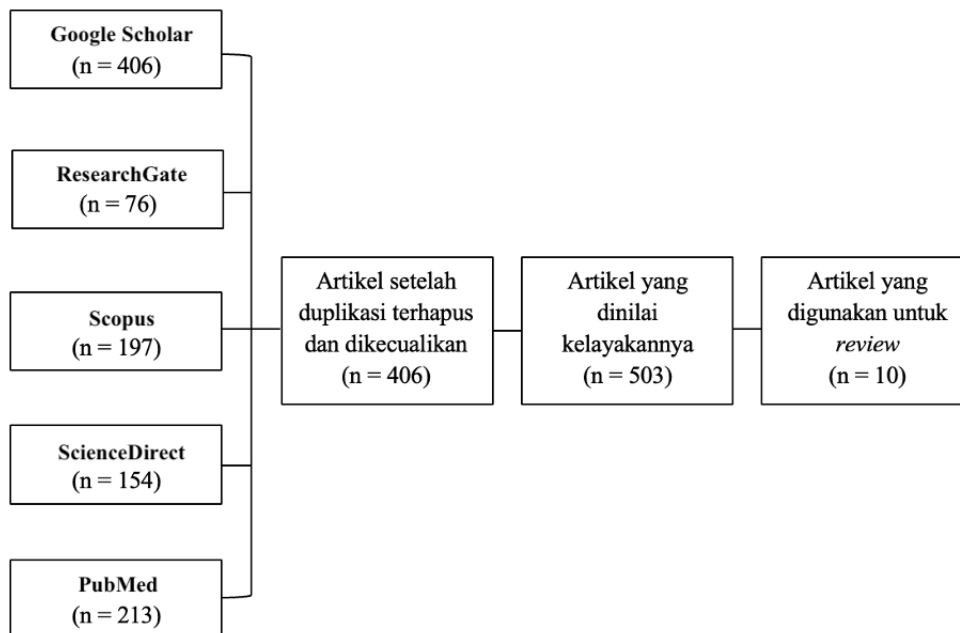
Andrographolide (AGL) dan turunannya (AL-1 dan deoxyandrographolide) telah menunjukkan potensi yang menjanjikan sebagai agen antidiabetik melalui berbagai mekanisme molekuler yang kompleks. Berbagai penelitian preklinis dan tinjauan literatur menyoroti peran penting AGL dalam meningkatkan regulasi glukosa darah, sensitivitas insulin, serta memperbaiki fungsi metabolik yang terganggu pada kondisi diabetes melitus (DM).

Salah satu mekanisme utama yang banyak dilaporkan adalah kemampuannya dalam meningkatkan ekspresi dan translokasi GLUT-4 ke membran sel, yang merupakan protein transpor glukosa utama pada jaringan otot dan adiposa. Penelitian oleh Astuti et al. (2022) dan Arha et al. (2015) menunjukkan bahwa baik AGL maupun turunannya seperti deoxyandrographolide mampu meningkatkan ekspresi GLUT-4 secara signifikan pada sel adiposit dan myotube. Hal ini juga diperkuat oleh hasil dari Wong et al. (2023) dan Saka et al. (2024) yang menunjukkan peningkatan ekspresi GLUT-4 dan sensitivitas insulin pada model tikus diabetes maupun non-diabetes, sehingga mendukung peran AGL dalam meningkatkan efisiensi pengambilan glukosa oleh sel.

Selain itu, terdapat mekanisme lain yang dilaporkan yakni aktivasi jalur AMP-activated protein kinase (AMPK) dan peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR $\gamma$ ), yang keduanya berperan penting dalam metabolisme energi dan regulasi sensitivitas insulin. Aktivasi AMPK oleh AGL, seperti yang dilaporkan oleh Akhtar et al. (2016), mendorong peningkatan oksidasi asam lemak dan penghambatan glukoneogenesis hati, sehingga berkontribusi dalam menurunkan kadar glukosa darah. Di sisi lain, peningkatan ekspresi PPAR $\gamma$  yang dilaporkan oleh Astuti et al. (2022) berkontribusi terhadap diferensiasi adiposit sehat dan pengaturan metabolisme glukosa serta lipid.

AGL juga memiliki efek anti-inflamasi yang relevan dalam konteks diabetes, mengingat inflamasi kronis merupakan salah satu pemicu resistensi insulin. Studi oleh Li et al. (2015) menunjukkan bahwa turunan AGL (AL-1) mampu menekan aktivasi jalur NF- $\kappa$ B yang berperan dalam produksi sitokin proinflamasi, sehingga memperbaiki sensitivitas insulin dan melindungi sel  $\beta$  pankreas dari stres oksidatif. Mekanisme serupa ditemukan oleh Khatimah et al. (2024) yang menunjukkan penurunan ekspresi p16 dan p21 serta IL-6 dan IL-8 pada sel endotel, bersamaan dengan peningkatan ekspresi IRS-1 dan SIRT1, yang turut berkontribusi terhadap peningkatan sensitivitas insulin dan penurunan senescens/penuaan sel akibat paparan glukosa tinggi.

Tarigan et al. (2022) melaporkan bahwa pemberian ekstrak *A. paniculata* pada subjek prediabetik dapat meningkatkan kadar GLP-1 secara signifikan tanpa memengaruhi aktivitas enzim DPP-4, yang menunjukkan bahwa efek antidiabetik AGL juga melibatkan jalur inkretin. Hal ini membuka poten-



**Gambar 1:** Diagram Alir Penelusuran Pustaka. *Keterangan: n = Jumlah artikel pada tiap tahap seleksi*

si baru bahwa selain bekerja melalui jalur insulin-sensitizing dan uptake glukosa, AGL juga dapat mendukung efek hormon gastrointestinal yang memodulasi sekresi insulin.

Hasil-hasil dari beberapa studi ini memperlihatkan konsistensi bahwa AGL bekerja melalui pendekatan multifaktor, seperti memperbaiki sensitivitas insulin, meningkatkan transpor dan pemanfaatan glukosa, mengurangi inflamasi, serta mendukung regenerasi atau perlindungan sel  $\beta$  pankreas. Namun, sebagian besar bukti yang ada masih berasal dari studi preklinis menggunakan model hewan atau sel, dan hanya sedikit studi yang melibatkan manusia secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut melalui uji klinis terkontrol untuk mengonfirmasi efektivitas, keamanan, serta dosis optimal dari AGL sebelum dapat direkomendasikan sebagai terapi komplementer dalam pengelolaan DM.

TABEL 1: STUDI EFEK ANTIDIABETIK PADA ANDROGRAPHOLIDE

Referensi	Temuan Utama	Kesimpulan
Akhtar et al., 2016	Ekstrak air daun <i>A. paniculata</i> (200 mg/kg) mengembalikan profil metabolik tikus diabetes-obesitas mendekati normal, termasuk kadar glukosa, kreatinin, laktat, dan metabolit TCA.	AGL dalam ekstrak <i>A. paniculata</i> efektif mengatasi gangguan metabolik pada diabetes tipe 2 melalui modulasi metabolisme energi dan sensitivitas insulin.
Alvertina et al., 2024	AGL menghambat enzim $\alpha$ -glukosidase dan meningkatkan ekspresi PPAR $\gamma$ dan GLUT-4, meningkatkan penyerapan glukosa.	AGL berpotensi sebagai terapi alternatif diabetes tipe 2 melalui mekanisme ganda yakni penghambatan pencernaan karbohidrat dan peningkatan sensitivitas insulin.
Astuti et al., 2022	AGL (5,6 $\mu$ M) meningkatkan penyerapan glukosa pada adiposit 3T3-L1 dengan meningkatkan ekspresi mRNA PPAR $\gamma$ (1,8 $\times$ ) dan GLUT-4 (2,9 $\times$ ), setara atau lebih baik dari pioglitazone.	AGL meniru efek TZDs (seperti pioglitazone) tanpa risiko efek samping berat, menjadikannya kandidat obat antidiabetik berbasis tanaman.
Islam, 2017	AGL menurunkan kadar glukosa darah dan meningkatkan ekspresi GLUT-4 pada otot soleus tikus diabetes. AGL juga meningkatkan sensitivitas insulin melalui aktivasi $\alpha$ -ARs dan $\beta$ -endorphin.	AGL berpotensi sebagai terapi untuk sindrom metabolik, termasuk diabetes, melalui mekanisme hipoglikemik, anti-inflamasi, dan antioksidan.
Tarigan et al., 2022	Ekstrak <i>A. paniculata</i> meningkatkan kadar GLP-1 pada subjek prediabetes tanpa menghambat enzim DPP-4. Serta tidak ada perubahan signifikan pada kadar insulin, glukosa puasa, atau HOMA-IR.	Ekstrak <i>A. paniculata</i> meningkatkan GLP-1 melalui mekanisme independen DPP-4, berpotensi sebagai terapi adjuvan untuk prediabetes.
Wong et al., 2023	Kombinasi asam galat dan AGL meningkatkan kadar insulin serum dan ekspresi GLUT-4 pada otot tikus diabetes. Kombinasi ini juga memperbaiki profil lipid dan regenerasi sel $\beta$ pankreas.	Kombinasi asam galat dan AGL menunjukkan efek sinergis dalam meningkatkan sekresi insulin dan sensitivitas insulin melalui aktivasi AdipoR1.
Khatimah et al., 2024	Ekstrak <i>A. paniculata</i> mengurangi penuaan sel endotel akibat glukosa tinggi dengan menurunkan ekspresi p16, p21, IL-6, IL-8, dan mTOR, serta meningkatkan ekspresi SIRT-1 dan IRS-1.	Ekstrak <i>A. paniculata</i> memiliki efek senolitik dan meningkatkan sensitivitas insulin melalui modulasi jalur mTOR/SIRT1 dan perbaikan IRS-1.
Li et al., 2015	Turunan AGL (AL-1) menurunkan glukosa darah, meningkatkan HDL, dan mengurangi resistensi insulin pada tikus diabetes. AL-1 juga menghambat fosforilasi p65, IKK $\alpha$ , dan IKK $\beta$ dalam sel RIN-m.	AL-1 meningkatkan sensitivitas insulin dan melindungi sel islet dari kerusakan oksidatif melalui penghambatan jalur NF- $\kappa$ B, berpotensi sebagai terapi untuk diabetes tipe 2.
Arha et al., 2015	Deoxyandrographolide meningkatkan pengambilan glukosa dalam sel otot L6 dengan meningkatkan translokasi GLUT-4 ke membran plasma. Juga mengaktifkan jalur PI3K/Akt dan AMPK.	Deoxyandrographolide meningkatkan pemanfaatan glukosa melalui translokasi GLUT-4 dan aktivasi jalur PI3K/Akt serta AMPK, menunjukkan potensi sebagai agen antidiabetik.
Saka et al., 2024	Ekstrak <i>A. paniculata</i> meningkatkan sensitivitas insulin, menurunkan HbA1c, dan meningkatkan ekspresi GLUT-4 pada tikus sehat. Juga meningkatkan aktivitas enzim glikolitik dan mengurangi stres oksidatif.	<i>A. paniculata</i> meningkatkan regulasi glukosa melalui peningkatan ekspresi GLUT-4 dan aktivitas enzim glikolitik, serta perlindungan terhadap stres oksidatif, berpotensi mencegah resistensi insulin dan diabetes.

Keterangan: AGL = Andrographolide; GLUT-4 = Glucose Transporter type 4; AMPK = AMP-activated Protein Kinase; SIRT1 = Sirtuin 1; IRS-1 = Insulin Receptor Substrate 1; GLP-1 = Glucagon-Like Peptide 1; DPP-4 = Dipeptidyl Peptidase-4; IL-6 = Interleukin-6; IL-8 = Interleukin-8; PI3K/Akt = Phosphatidylinositol 3-kinase/Protein Kinase B; PPAR $\gamma$  = Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma; NF- $\kappa$ B = Nuclear Factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells; mTOR = Mammalian

## 5. KESIMPULAN

Andrographolide dan turunannya (andrographolide AL-1 dan deoxyandrographolide) menunjukkan potensi besar sebagai agen antidiabetik melalui berbagai mekanisme molekuler yang saling terkait. Mekanisme tersebut meliputi peningkatan ekspresi dan translokasi GLUT-4, aktivasi jalur AMPK dan PI3K/Akt, stimulasi PPAR $\gamma$ , serta efek antiinflamasi melalui modulasi jalur NF- $\kappa$ B dan peningkatan ekspresi SIRT1. Selain itu, kemampuan AGL dalam meningkatkan kadar GLP-1 menunjukkan kemungkinan kontribusi melalui jalur inkretin.

Efek-efek ini secara kolektif mendukung peran AGL dalam meningkatkan sensitivitas insulin, menurunkan kadar glukosa darah, serta melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat hiperglikemia dan stres oksidatif. Meski demikian, sebagian besar bukti saat ini masih berasal dari studi *in vitro* dan *in vivo*, sehingga diperlukan penelitian klinis lebih lanjut untuk mengevaluasi efektivitas, keamanan jangka panjang, dan kemungkinan interaksi dengan terapi standar diabetes.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen pembimbing di Program Studi Farmasi, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, atas bimbingan, masukan, dan dukungan selama proses penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak yang telah memberikan akses literatur dan fasilitas yang dibutuhkan dalam pelaksanaan kajian ini. Penulis juga menghargai kontribusi semua peneliti dalam artikel-artikel yang ditinjau, yang telah menjadi dasar penting dalam penyusunan artikel ini.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, M. T., Mohd Sarib, M. S. B., Ismail, I. S., Abas, F., Ismail, A., Lajis, N. H., & Shaari, K. (2016). Anti-diabetic activity and metabolic changes induced by *Andrographis paniculata* plant extract in obese diabetic rats. *Molecules*, 21(8), 1026. <https://doi.org/10.3390/molecules21081026>

Alverina, C., Parisa, N., Arliansyah, R. D., & Tamzil, N. S. (2024). The impact of *Sambiloto* extract (*Andrographis paniculata*) as a potential antidiabetic treatment. *Biomedical Journal of Indonesia*, 10(2), 66–71. <https://doi.org/10.32539/BJI.v10i2.190>

Arha, D., Mishra, A., Srivastava, S. P., & Srivastava, A. K. (2015). Deoxyandrographolide promotes glucose uptake through glucose transporter-4 translocation to plasma membrane in L6 myotubes and exerts antihyperglycemic effect in vivo. *European Journal of Pharmacology*, 765, 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2015.10.055>

Astuti, N. T., Novitasari, P. R., Tjandrawinata, R., Nugroho, A. E., & Pramono, S. (2022). Anti-diabetic effect of andrographolide from *Sambiloto* herbs through the expression of PPAR $\gamma$  and GLUT-4 in adipocytes. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 27(4), 203–211. <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.68800>

International Diabetes Federation. (2025). *IDF Diabetes Atlas (11th ed.)*. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation. <https://www.diabetesatlas.org>

Islam, M. T. (2017). Andrographolide, a new hope in the prevention and treatment of metabolic

syndrome. *Frontiers in Pharmacology*, 8, 571. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00571>

Khatimah, N. G., Arozal, W., Barinda, A. J., Antarian-to, R. D., Hardiany, N. S., Shimizu, I., & Fadhillah, M. R. (2024). *Andrographis paniculata* ethanol extract alleviates high glucose-induced senescence of human umbilical vein endothelial cells via the regulation of mTOR and SIRT1 pathways. *The Indonesian Biomedical Journal*, 16(4), 333–342. <https://doi.org/10.18585/inabj.v16i4.3067>

Komalasari, F., & Harimurti, R. (2015). Pengaruh pembelajaran kontekstual terhadap keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Ekonomi Indonesia*, 3(1), 1–10.

Li, Y., Yan, H., Zhang, Z., Zhang, G., Sun, Y., Yu, P., Wang, Y., & Xu, L. (2015). Andrographolide derivative AL-1 improves insulin resistance through down-regulation of NF- $\kappa$ B signalling pathway. *British Journal of Pharmacology*, 172(13), 3151–3158. <https://doi.org/10.1111/bph.13118>

Liao, J., Yang, Z., Yao, Y., Yang, X., Shen, J., & Zhao, P. (2022). Andrographolide promotes uptake of glucose and GLUT4 transport through the PKC pathway in L6 cells. *Pharmaceuticals*, 15(11), 1346. <https://doi.org/10.3390/ph15111346>

Saka, W. A., Oyekunle, O. S., Akhigbe, T. M., Oladipo, O. O., Ajayi, M. B., Adekola, A. T., Omole, A. I., & Akhigbe, R. E. (2024). *Andrographis paniculata* improves glucose regulation by enhancing insulin sensitivity and upregulating GLUT4 expression in Wistar rats. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1416641. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1416641>

Tarigan, T. J. E., Purwaningsih, E. H., Yusra, M., Abdullah, M., Nafrialdi, J., Prihartono, J., Saraswati, M. R., & Subekti, I. (2022). Effects of *Sambiloto* (*Andrographis paniculata*) on GLP-1 and DPP-4 concentrations between normal and prediabetic subjects: A crossover study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 1535703. <https://doi.org/10.1155/2022/1535703>

Warditiani, N. M. R., Dewi, N. K. A., & Saputra, I. M. D. (2021). Literasi digital mahasiswa dalam pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran Undiksha*, 54(3), 607–617. <https://doi.org/10.23887/jpp.v54i3.35826>

Wong, T. S., Mohamed Tap, F., Hashim, Z., Abdul Majid, F. A., Zakaria, N. H., Siahaan, P., & Mogadem, A. (2023). Dual actions of gallic acid and andrographolide trigger AdipoR1 to stimulate insulin secretion in a streptozotocin-induced diabetes rat model. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 13(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.jtcm.2022.09.002>