

KAJIAN LITERATUR PENGARUH SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN HERBAL TERHADAP INHIBISI ENZIM A-GLUKOSIDASE DAN A-AMILASE SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN DIABETES MELITUS

Nadia Dwi Salsabila¹, Yuda Frans Aresco Saragih², Selli Ronatio Sinaga³,
Melisa Theoria Simanjuntak⁴, Moses Christanto Siahaan⁵, Ida Duma Riris⁶

¹⁻⁶ KIMIA FMIPA Universitas Negeri Medan

¹dwisalsaa18@gmail.com, ²yudasaragih48@gmail.com, ³sellisng@gmail.com,

⁴melisatheoria@gmail.com, ⁵mosessiahaan.4241210013@mhs.unimed.ac.id,

⁶idadumariris@unimed.ac.id

ABSTRACT

Diabetes mellitus is a chronic metabolic disorder characterized by hyperglycemia resulting from impaired insulin secretion, impaired insulin action, or both. One strategy for preventing postprandial hyperglycemia involves inhibiting the enzymes α -amylase and α -glucosidase, which play a key role in carbohydrate digestion. The objective of this study is to investigate the effects of bioactive compounds from medicinal plants on the inhibition of α -amylase and α -glucosidase enzymes as a preventive measure against diabetes mellitus. A literature review was conducted, in which various scientific articles from Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, Wiley Online Library, and ResearchGate were collected, analyzed, and evaluated. The results of the study indicate that several medicinal plants, such as *Swietenia mahagoni*, *Annona muricata*, *Moringa oleifera*, *Gastrodia elata*, and *Zingiber cassumunar* Roxb. Contain bioactive compounds such as phenols, flavonoids, limonoids, alkaloids, tannins, saponins, quinones, and triterpenoids, which can inhibit the activity of the enzymes α -amylase and α -glucosidase. Mahogany seed extract exhibited 77.52% inhibition of α -amylase at a concentration of 500 μ g/ml, while bangle extract demonstrated an inhibitory effect on α -glucosidase with an IC_{50} value of 98.31 μ g/ml. These findings suggest that bioactive compounds from herbal plants have the potential to be developed as natural antidiabetic agents by inhibiting digestive enzymes, thereby helping to control blood glucose levels.

Keywords : *Diabetes Mellitus, Herbal Plants, Enzyme Activity*

ABSTRAK

Diabetes mellitus adalah gangguan metabolik kronis yang ditandai dengan hiperglikemia akibat gangguan sekresi insulin, gangguan kerja insulin, atau keduanya. Salah satu strategi untuk mencegah hiperglikemia pasca makan melibatkan penghambatan enzim α -amilase dan α -glukosidase, yang memainkan peran kunci dalam pencernaan karbohidrat. Tujuan studi ini adalah untuk menyelidiki pengaruh senyawa bioaktif dari tanaman obat terhadap penghambatan enzim α -amilase dan α -glukosidase sebagai upaya pencegahan diabetes mellitus. Tinjauan literatur dilakukan, di mana berbagai artikel ilmiah dari Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, Wiley Online Library, dan ResearchGate dikumpulkan, dianalisis, dan dievaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

beberapa tanaman obat, seperti *Swietenia mahagoni*, *Annona muricata*, *Moringa oleifera*, *Gastrodia elata*, dan *Zingiber cassumunar Roxb.* Mengandung senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, limonoid, alkaloid, tanin, saponin, kuinon, dan triterpenoid, yang dapat menghambat aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase. Ekstrak biji mahoni menunjukkan penghambatan α -amilase sebesar 77,52% pada konsentrasi 500 $\mu\text{g/ml}$, sedangkan ekstrak bangle menunjukkan efek penghambatan terhadap α -glukosidase dengan nilai IC_{50} sebesar 98,31 $\mu\text{g/ml}$. Temuan ini menunjukkan bahwa senyawa bioaktif tanaman herbal berpotensi dikembangkan sebagai agen antidiabetes alami melalui penghambatan enzim pencernaan sehingga membantu mengendalikan kadar glukosa darah.

Kata Kunci: *Diabetes Melitus, Tanaman Herbal, Aktivitas Enzim*

A. Pendahuluan

Enzim α -amilase dan α -glukosidase merupakan dua enzim hidrolitik utama yang memiliki peranan fundamental dalam proses pencernaan dan metabolisme karbohidrat di dalam tubuh manusia. Kedua enzim ini bekerja secara berurutan dalam saluran pencernaan untuk menguraikan karbohidrat kompleks menjadi molekul glukosa sederhana yang dapat diserap oleh usus dan dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi sel-sel tubuh. α -Amilase merupakan enzim yang diproduksi oleh kelenjar saliva dan pankreas, yang berfungsi menghidrolisis ikatan α -1,4-glikosidik pada polisakarida seperti pati dan glikogen menjadi unit-unit yang lebih sederhana berupa dekstrin, maltosa, dan oligosakarida. Selanjutnya, α -glukosidase yang terdapat pada permukaan brush border usus halus

melanjutkan proses hidrolisis tersebut dengan mengubah oligosakarida dan disakarida menjadi glukosa bebas yang siap diserap ke dalam aliran darah (Dirir et al., 2022)

Kerja sinergis antara α -amilase dan α -glukosidase sangat menentukan efisiensi proses metabolisme karbohidrat. Aktivitas enzimatik yang berlangsung secara normal sangat penting untuk mempertahankan keseimbangan metabolik tubuh. Namun demikian, peningkatan aktivitas kedua enzim ini dapat menyebabkan percepatan proses hidrolisis karbohidrat, sehingga glukosa dilepaskan dan diserap ke dalam sirkulasi darah dalam jumlah besar dalam waktu singkat. Kondisi ini mengakibatkan peningkatan kadar glukosa darah setelah makan atau hiperglikemia postprandial. Jika berlangsung secara berulang dan tidak terkontrol, kondisi

tersebut dapat memberikan tekanan metabolik yang signifikan pada sistem homeostasis glukosa tubuh (Leiwakabessy et al., 2025)

Hiperglikemia postprandial merupakan salah satu indikator penting dalam perkembangan berbagai gangguan metabolik, terutama diabetes melitus tipe 2. Kondisi ini tidak hanya mencerminkan gangguan regulasi glukosa, tetapi juga berkontribusi terhadap berbagai perubahan patofisiologis yang kompleks. Peningkatan kadar glukosa darah yang persisten dapat memicu pembentukan radikal bebas berlebih, meningkatkan stres oksidatif, merangsang jalur inflamasi kronis, serta menyebabkan glikasi protein yang pada akhirnya merusak struktur dan fungsi jaringan tubuh. Kerusakan tersebut dapat berkembang menjadi komplikasi mikrovaskular maupun makrovaskular seperti nefropati diabetik, neuropati, retinopati, aterosklerosis, hingga penyakit jantung koroner (Assefa et al., 2020)

Salah satu strategi terapeutik yang saat ini banyak dikembangkan untuk mengontrol kadar glukosa darah adalah melalui penghambatan aktivitas α -amilase dan α -glukosidase. Pendekatan ini didasarkan pada

prinsip memperlambat pemecahan karbohidrat kompleks menjadi glukosa sehingga absorpsi glukosa ke dalam darah berlangsung secara bertahap. Dengan demikian, lonjakan kadar glukosa darah postprandial dapat ditekan dan kontrol glikemik menjadi lebih baik. Strategi ini dianggap efektif karena bekerja pada tahap awal metabolisme karbohidrat, sehingga mampu mengurangi beban regulasi glukosa yang harus ditangani oleh insulin (Lam et al., 2024).

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (literature review) yang dilakukan bertujuan untuk mengumpulkan, menganalisis, menelaah dan mengevaluasi berbagai sumber ilmiah yang berkaitan dengan topik yang dibahas pada penelitian. Metode literatur ini dipilih karena dapat memberikan gambaran secara luas tentang perkembangan penelitian terdahulu, teori yang digunakan, metode yang diterapkan dan hasil dari penelitian yang didapatkan oleh peneliti sebelumnya. Metode literatur ini juga membantu peneliti dalam memahami hubungan antar hasil penelitian yang dianalisis sehingga mampu didapatkan informasi yang

dapat menjadi landasan teori dan bahan evaluasi untuk mengetahui perkembangan pengaruh enzim didalam kesehatan tubuh.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari artikel jurnal nasional maupun internasional, artikel review yang relevan dengan topik penelitian. Penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa database akademik seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, *MDPI*, *Wiley Online Library*, dan *ResearchGate*. Proses pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang sesuai dengan variabel penelitian, objek penelitian yang berkaitan dengan topik sehingga didapatkan hasil artikel yang lebih spesifik.

Tahap awal yang dilakukan adalah mengumpulkan dan mengidentifikasi beberapa artikel jurnal dari database ilmiah. Artikel yang didapatkan harus berkaitan dengan topik yang diteliti. Setelah didapatkan artikel yang berkaitan dengan topik, dilakukan analisis lebih mendalam untuk mengidentifikasi tujuan penelitian, metode yang digunakan, hasil peneliti, dan kesimpulan yang didapatkan pada masing-masing artikel yang

diperoleh. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui persamaan dan perbedaan terdapat setiap artikel yang dianalisis dan perkembangan penelitian terhadap topik yang dianalisis.

Data dan informasi yang didapatkan dari hasil identifikasi kemudian disusun secara deskriptif dan sistematis agar mudah untuk dipahami dan dapat memberikan penjelasan yang jelas mengenai hasil kajian literatur yang dilakukan. Hasil dari berbagai penelitian terdahulu digunakan sebagai dasar untuk memperkuat pembahasan dalam penelitian. Dengan menggunakan studi literatur ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran ilmiah yang lengkap, memperkuat landasan teori dan menambah wawasan mengenai pengaruh enzim bagi kesehatan, serta dapat menjadi referensi untuk penelitian lain yang berkaitan dengan kajian yang sama.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan Penyebab Terjadinya Penyakit Diabetes Melitus

Berdasarkan berbagai penelitian, diabetes melitus merupakan gangguan metabolisme kronis yang ditandai dengan

meningkatnya kadar glukosa darah akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya. Kondisi ini terjadi ketika pankreas tidak mampu memproduksi insulin dalam jumlah yang cukup atau tubuh tidak dapat menggunakan insulin secara efektif sehingga proses metabolisme glukosa terganggu. Insulin berperan penting dalam membantu glukosa masuk ke dalam sel tubuh sebagai sumber energi. Gangguan pada fungsi insulin menyebabkan glukosa menumpuk di dalam darah dan menimbulkan kondisi hiperglikemia. Hiperglikemia yang berlangsung dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai komplikasi serius seperti kerusakan saraf, ginjal, mata, serta gangguan kardiovaskular. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa diabetes melitus merupakan salah satu penyakit metabolik dengan prevalensi yang terus meningkat setiap tahunnya dan menjadi masalah kesehatan global yang memerlukan penanganan serius (Kumar et al., 2020)

Diabetes melitus dapat terjadi pada siapa saja dan umumnya bersifat menahun atau kronis. Penyakit ini muncul ketika pankreas tidak mampu menghasilkan insulin

dalam jumlah yang cukup atau ketika tubuh mengalami resistensi terhadap insulin sehingga hormon tersebut tidak dapat bekerja secara optimal. Kondisi hiperglikemia yang berlangsung dalam waktu lama dapat menyebabkan kerusakan berbagai organ tubuh serta meningkatkan risiko komplikasi serius. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa jumlah penderita diabetes meningkat secara signifikan, dari 108 juta kasus pada tahun 1980 menjadi 422 juta kasus pada tahun 2014. Pada tahun 2019, diabetes melitus menyebabkan sekitar 1,5 juta kematian di seluruh dunia dan menjadi salah satu masalah kesehatan global yang perlu mendapat perhatian serius (Suryasa et al., 2021)

Secara umum, diabetes melitus dibedakan menjadi dua tipe utama, yaitu diabetes melitus tipe 1 dan diabetes melitus tipe 2. Diabetes melitus tipe 1 merupakan penyakit autoimun yang terjadi akibat kerusakan sel beta pankreas sehingga produksi insulin menjadi sangat sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali. Penyakit ini banyak ditemukan pada anak-anak dan remaja serta dipengaruhi oleh faktor genetik dan gangguan sistem imun.

Jumlah penderita diabetes tipe 1 terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, terutama pada kelompok usia 0–14 tahun. International Diabetes Federation (IDF) mencatat bahwa terdapat sekitar 542.000 kasus diabetes tipe 1 di dunia dengan penambahan sekitar 86.000 kasus baru setiap tahunnya. Di Indonesia, jumlah kasus diabetes tipe 1 diperkirakan masih rendah, namun banyak kasus yang belum terdiagnosis sehingga data pasti belum tersedia

Sementara itu, diabetes melitus tipe 2 merupakan jenis diabetes yang paling banyak ditemukan, yaitu sekitar 90–95% dari seluruh kasus diabetes melitus. Diabetes tipe 2 terjadi akibat resistensi insulin, yaitu kondisi ketika insulin yang diproduksi tubuh tidak dapat bekerja secara efektif dalam mengontrol kadar glukosa darah. Penyakit ini umumnya ditemukan pada usia di atas 40 tahun, meskipun saat ini mulai banyak ditemukan pada usia yang lebih muda akibat perubahan pola hidup, kurang aktivitas fisik, obesitas, dan pola makan yang tidak sehat. Diabetes tipe 2 bersifat kronis dan belum dapat disembuhkan, tetapi kadar glukosa darah dapat dikendalikan melalui

pengobatan, pengaturan pola makan, olahraga, dan penerapan gaya hidup sehat (Denggoss, 2023)

Senyawa Bioaktif Tanaman Herbal

Berbagai tanaman obat diyakini memiliki potensi untuk menurunkan kadar gula darah dengan menghambat enzim yang berperan dalam pencernaan karbohidrat, terutama α -amilase dan α -glukosidase. Ekstrak biji mahoni (*Swietenia mahagoni*), yang mengandung senyawa fenolik, flavonoid, dan limonoid, menunjukkan efek penghambatan terhadap α -amilase hingga 77,52% pada konsentrasi 500 μ g/ml, dengan nilai IC_{50} sebesar 214 μ g/ml (Febriyanti et al., 2025). Aktivitas serupa juga diamati pada sirsak (*Annona muricata*), yang kaya akan asetogenin, terutama 15-asetilguanakon. Ekstrak metanol dari batang buah sirsak menghambat α -amilase hingga 79,22% pada konsentrasi 3,20 mg/dL dengan nilai IC_{50} sebesar 1,843 mg/dL (Agu et al., 2019). Selain itu, daun moringa (*Moringa oleifera*), yang mengandung flavonoid seperti quercetin, kaempferol, myricetin, dan rutin, menunjukkan penghambatan α -amilase sebesar 56,61% pada.

konsentrasi 10 mg/mL dengan nilai IC_{50} sebesar 8,217 mg/mL (Magaji et al., 2020).

Tanaman obat lain yang berpotensi sebagai agen antidiabetes antara lain *Gastrodia elata* (*Tianma*) dan akar Bangle (*Zingiber cassumunar Roxb.*). *Gastrodia elata* mengandung polisakarida dan senyawa fenolik yang dapat menghambat α -amilase, dengan tingkat penghambatan hingga 70,54% dan nilai IC_{50} sebesar 4,19 mg/ml (Liu et al., 2023). Di sisi lain, akar Bangle mengandung alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, kuinon, dan steroid/triterpenoid, yang berkontribusi pada efek antidiabetesnya dengan menghambat enzim α -glukosidase. Ekstrak etanol dari akar bangle menunjukkan tingkat penghambatan sebesar 50,28% pada konsentrasi 100 μ g/mL dengan nilai IC_{50} sebesar 98,31 μ g/(Yuniarto & Selifiana, 2018). Secara umum, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder dalam tanaman obat berperan dalam menghambat enzim yang terlibat dalam pencernaan karbohidrat dan dengan demikian berpotensi berkontribusi pada pengendalian gula darah.

Hubungan Senyawa Bioaktif dengan Aktivitas Inhibisi Enzim α -Glukosidase dan α -Amilase

Pada konsentrasi 500 μ g/ml, ekstrak biji mahoni (*Swietenia mahagoni*) menunjukkan tingkat penghambatan α -amilase sebesar 77,52%, dengan nilai IC_{50} sebesar 214 ± 4 μ g/ml. Tingkat penghambatan yang tinggi ini menunjukkan bahwa ekstrak biji mahoni memiliki potensi yang kuat untuk menghambat aktivitas α -amilase. Enzim α -amilase bertanggung jawab atas hidrolisis pati menjadi oligosakarida dan gula sederhana, yang kemudian diserap oleh tubuh. Oleh karena itu, penghambatan α -amilase oleh ekstrak biji mahoni dapat memperlambat pemecahan karbohidrat, sehingga memungkinkan pengendalian yang lebih baik terhadap kenaikan kadar gula darah setelah makan. Efek penghambatan yang tinggi ini kemungkinan terkait dengan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid dalam biji mahoni. Diketahui bahwa senyawa fenolik dapat berinteraksi dengan molekul enzim dengan membentuk kuinon atau lakton yang bereaksi dengan gugus nukleofilik pada enzim, sehingga mengurangi aktivitas katalitiknya.

Selain fungsinya sebagai penghambat enzim, senyawa fenolik dan flavonoid juga memiliki efek antioksidan yang dapat melindungi sel-sel β pankreas dari kerusakan akibat stres oksidatif. Dengan demikian, efek penghambatan yang tinggi terhadap α -amilase dalam biji mahoni menunjukkan bahwa tanaman ini memiliki potensi sebagai sumber agen antidiabetes alami yang bekerja dengan menghambat pencernaan karbohidrat dan melindungi fungsi pankreas.

Ekstrak etanol rimpang bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) menunjukkan aktivitas inhibisi terhadap enzim α -glukosidase dengan nilai IC_{50} sebesar 98,31 μ g/mL. Aktivitas ini diduga berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif yang teridentifikasi melalui skrining fitokimia, yaitu alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, kuinon, dan steroid/triterpenoid. Senyawa-senyawa tersebut diperkirakan berperan dalam menghambat aktivitas enzim α -glukosidase sehingga proses hidrolisis karbohidrat menjadi glukosa berlangsung lebih lambat. Penghambatan enzim ini menyebabkan penundaan absorpsi glukosa di usus, sehingga

peningkatan kadar glukosa darah setelah makan (post-prandial) dapat dikendalikan. Oleh karena itu, kandungan senyawa bioaktif dalam ekstrak rimpang bangle diduga berkontribusi terhadap potensi antidiabetes tanaman tersebut.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil tinjauan pustaka, enzim α -amilase dan α -glukosidase memainkan peran penting dalam proses pencernaan karbohidrat menjadi glukosa. Aktivitas berlebihan dari kedua enzim ini dapat menyebabkan peningkatan kadar gula darah setelah makan (hiperglikemia pascaprandial), yang merupakan salah satu faktor utama dalam perkembangan diabetes tipe 2. Oleh karena itu, menghambat aktivitas α -amilase dan α -glukosidase merupakan strategi yang efektif untuk mengontrol kadar gula darah. Berbagai tanaman obat diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, limonoid, alkaloid, tanin, saponin, kuinon, dan triterpenoid, yang dapat menghambat aktivitas kedua enzim tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak biji mahoni (*Swietenia mahagoni*), sirsak (*Annona muricata*),

moringa (*Moringa oleifera*), *Gastrodia elata*, dan bangle (*Zingiber cassumunar Roxb.*) menunjukkan efek penghambatan yang baik terhadap α -amilase dan α -glukosidase, meskipun tingkat penghambatannya bervariasi. Senyawa bioaktif dalam tanaman obat ini berinteraksi dengan enzim-enzim tersebut, sehingga memperlambat pencernaan karbohidrat dan penyerapan glukosa di usus. Dengan demikian, tanaman obat yang kaya akan senyawa bioaktif memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber agen antidiabetes alami guna berkontribusi pada pencegahan dan pengendalian diabetes mellitus dengan menghambat enzim α -amilase dan α -glukosidase.

DAFTAR PUSTAKA

- Agu, K. C., Eluehike, N., Ofeimun, R. O., Abile, D., Ideho, G., Ogedengbe, M. O., Onose, P. O., & Elekofehinti, O. O. (2019). Possible anti-diabetic potentials of *Annona muricata* (soursop): inhibition of α -amylase and α -glucosidase activities. *Clinical Phytoscience*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40816-019-0116-0>
- Assefa, S. T., Yang, E. Y., Chae, S. Y., Song, M., Lee, J., Cho, M. C., & Jang, S. (2020). Alpha glucosidase inhibitory activities of plants with focus on common vegetables. *Plants*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/plants9010002>
- Denggos, Y. (2023). Penyakit Diabetes Mellitus Umur 40-60 Tahun di Desa Bara Batu Kecamatan Pangkep. *HealthCaring: Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 2(1), 55–61. <https://doi.org/10.21776/healthcaring.v2i1.2177>
- Dirir, A. M., Daou, M., Yousef, A. F., & Yousef, L. F. (2022). A review of alpha-glucosidase inhibitors from plants as potential candidates for the treatment of type-2 diabetes. *Phytochemistry Reviews*, 21(4), 1049–1079. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09773-1>
- Febriyanti, R. M., Indradi, R. B., Maisyarah, I. T., Iskandar, Y., Susanti, R. D., & Lestari, D. (2025). Alpha-amylase and Alpha-glucosidase enzymes inhibition and antioxidant potential of selected medicinal plants used as anti-diabetes by Sundanese community in West Java, Indonesia. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12906-025-05144-x>
- Kumar, R., Saha, P., Kumar, Y., Sahana, S., Dubey, A., & Prakash, O. (2020). A REVIEW ON DIABETES MELLITUS: TYPE1 & TYPE2. 9(10), 838–850.

- <https://doi.org/10.20959/wjpps202010-17336>
- Lam, T. P., Tran, N. V. N., Pham, L. H. D., Lai, N. V. T., Dang, B. T. N., Truong, N. L. N., Nguyen-Vo, S. K., Hoang, T. L., Mai, T. T., & Tran, T. D. (2024). Flavonoids as dual-target inhibitors against α -glucosidase and α -amylase: a systematic review of in vitro studies. *Natural Products and Bioprospecting*, 14(1). <https://doi.org/10.1007/s13659-023-00424-w>
- Leiwakabessy, J. N., Gondokesumo, M. E., & Wahjudi, M. (2025). Indonesian medicinal plants as potential candidates for alpha-glucosidase inhibitor: A comprehensive literature review for anti-diabetic therapy. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 14(2), 124–128. <https://doi.org/10.29238/teknolabjournal.v14i2.478>
- Liu, X., Nie, Y., Chen, R., Zhang, X., Yue, L., & Chen, C. (2023). Inhibitory Activities of Extracts from Chinese Medicinal Herbs on α -Amylase, α -Glucosidase, and Pancreatic Lipase. *Pharmacognosy Magazine*, 19(3), 530–538. <https://doi.org/10.1177/09731296231168739>
- Magaji, U. F., Sacan, O., & Yanardag, R. (2020). Alpha amylase, alpha glucosidase and glycation inhibitory activity of Moringa oleifera extracts. *South African Journal of Botany*, 128, 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.024>
- Suryasa, I. W., Rodríguez-Gámez, M., & Koldoris, T. (2021). Health and Treatment of Diabetes Mellitus. *International Journal of Health Sciences*, 5(1), I–V. <https://doi.org/10.53730/IJHS.V5N1.2864>
- Yuniarto, A., & Selifiana, N. (2018). Aktivitas Inhibisi Enzim Alfa-glukosidase dari Ekstrak Rimpang Bangle (Zingiber cassumunar Roxb.) secara In vitro. *Media Pharmaceutica Indonesiana*, 2(1).