

Uji Aktivitas Penghambatan Enzim α -Glukosidase pada Ekstrak dan Fraksi Akar Wangi (*Pigafetta elata*) Secara *In-vitro*

In vitro α -Glukosidase Inhibitory Activity of Root Extracts and Fractions Wangi (*Pigafetta elata*)

Fitriyanti Jumaetri Sami^{1*}, Akbar Awaluddin², Alberispon Rerung¹

¹Program Studi Farmasi, Bagian Analisis Farmasi dan Kimia Medisinal, Universitas Almarisah Madani, Indonesia

²Program Studi Farmasi, Bagian Farmakologi dan Farmasi Klinik, Universitas Almarisah Madani, Indonesia

*Corresponding author: fitriyantisami@gmail.com

ABSTRAK

Suatu penyakit yang ditandai meningkatnya kadar gula dalam darah melebihi kadar normal akibat gangguan metabolisme karbohidrat menjadi glukosa disebut diabetes melitus. Pada sistem pencernaan enzim α -glukosidase mengubah karbohidrat menjadi glukosa, penghambatan enzim α -glukosidase untuk mengendalikan kadar gula darah. Penghambatan enzim α -glukosidase akan memberikan dampak penundaan penyerapan glukosa. Wangi merupakan tumbuhan endemik Sulawesi dan banyak tersebar di Kabupaten Toraja. Potensi tumbuhan wangi belum maksimal pemanfaatannya, kajian ilmiah mengenai tumbuhan ini khususnya untuk obat masih sangat sedikit. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase dari ekstrak dan fraksi akar tumbuhan wangi yang dilakukan secara *in-vitro*. Hasil penelitian menunjukkan penghambatan enzim α -glukosidase dengan nilai IC_{50} pada ekstrak etanol sebesar 56.451 $\mu\text{g/mL}$, fraksi n-heksan sebesar 155.86 $\mu\text{g/mL}$, fraksi etil asetat sebesar 42.676 $\mu\text{g/mL}$, dan fraksi air sebesar 288.83 $\mu\text{g/mL}$. Sedangkan untuk kontrol positif menggunakan akarbose diperoleh nilai IC_{50} sebesar 9.536 $\mu\text{g/mL}$. Dari data tersebut menunjukkan bahwa fraksi etil asetat dan ekstrak etanol akar tumbuhan wangi memiliki aktivitas penghambatan yang lebih tinggi dengan kategori aktif dibandingkan fraksi lainnya. Namun kategori fraksi etil asetat dan ekstrak etanol masih lebih rendah bila dibandingkan dengan kontrol positif akarbose yang bersifat sangat aktif dalam menghambat enzim α -Glukosidase.

Kata kunci: α -glukosidase, akar wangi, diabetes, *Pigafetta elata*

ABSTRACT

Diabetes mellitus is a disease with a disturbance in the metabolism of carbohydrates into glucose which is characterized by an increase in blood sugar levels above normal levels. Inhibition of the α -glucosidase enzyme to control blood sugar levels, this enzyme can convert carbohydrates into glucose in the digestive system. Inhibition of the α -glucosidase enzyme will have the effect of delaying glucose absorption. Wangi is an endemic plant to Sulawesi and is widely distributed in Toraja Regency. The potential for use of the wangi plant has not been maximized, there are still very few scientific studies regarding this plant, especially for medicine. The aim of this research is to determine the inhibitory activity of the α -glucosidase enzyme from extracts and root fractions of Wangi plants carried out *in vitro*. The results showed inhibition of the α -glucosidase enzyme with an IC_{50} value for the ethanol extract of 56,451 $\mu\text{g/mL}$, the n-hexane fraction of 155,86 $\mu\text{g/mL}$, the ethyl acetate fraction of 42,676 $\mu\text{g/mL}$, and the water fraction of 288,83 $\mu\text{g/mL}$. Meanwhile, for the positive control using acarbose, the IC_{50} value was 9,536 $\mu\text{g/mL}$. These data show that the ethyl acetate fraction and ethanol extract of Wangi plant roots have higher inhibitory activity in the active category than the other fractions. However, the ethyl acetate fraction and ethanol extract categories are still lower when compared to the positive control of acarbose which is very active in inhibiting the α -Glucosidase enzyme.

Keywords: α -glukosidase, diabetes, *Pigafetta elata*, wangi root



This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) 4.0 license.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat potensial untuk mengembangkan obat herbal yang berbasis pada tumbuhan. Hingga saat ini sudah lebih dari 1000 spesies tumbuhan dapat

dimanfaatkan sebagai bahan baku obat. Tumbuhan tersebut dapat dikembangkan menjadi obat untuk berbagai penyakit karena kandungan metabolit sekunder yang struktur molekulnya beranekaragam (Syarif et al., 2020).

Diabetes melitus merupakan suatu penyakit yang ditandai meningkatnya kadar gula dalam darah melebihi kadar normal, hal ini terjadi karena adanya gangguan metabolisme karbohidrat menjadi glukosa. Prevalensi meningkatnya penyakit ini dari tahun ke tahun menunjukkan perlunya perhatian serius dalam terapi penyakit diabetes melitus (Ebrahimi et al., 2017; Galicia-Garcia et al., 2020; Alam et al., 2022). Pada pencernaan enzim α -glukosidase dapat mengubah karbohidrat menjadi glukosa. Penghambatan enzim ini untuk mengendalikan kadar gula darah, akan memberikan dampak penundaan penyerapan glukosa.

Obat-obat sintesis yang digunakan dalam terapi sering menyebabkan efek samping, resistensi insulin dan biaya yang tinggi akibat pengobatan jangka panjang (Van de Laar et al., 2005; Standl & Schnell, 2012). Karena hal tersebut para peneliti banyak melakukan riset dari tumbuhan alam untuk mendapatkan obat alternatif dengan efikasi yang lebih baik, sehingga penderita penyakit diabetes mempunyai alternatif pilihan dalam pengobatannya. Hal ini bisa meningkatkan peluang untuk bisa sembuh, minimal dengan menjaga agar kadar glukosa darah terkontrol dan efek samping yang minimal dengan biaya yang relatif terjangkau (Irwandi et al., 2018.).

Salah satu jenis palma yang tinggi dan indah adalah tumbuhan wanga atau banga (*Pigafetta elata*) (Rezha Aras et al., 2017). *Pigafetta* terdiri dari dua spesies yaitu *Pigafetta fillaris* dan *Pigafetta elata*. *P. elata* merupakan tumbuhan endemik dari Sulawesi. Tumbuhan ini tersebar di Sulawesi Selatan dan banyak ditemukan di Kabupaten Toraja. Sedangkan *P. fillaris* tersebar di Maluku dan Papua Nugini (Syamsiah et al., 2019). Masyarakat kabupaten Toraja menggunakan bagian akar tumbuhan wanga, tumbuhan ini digunakan masyarakat sebagai obat luka pasca operasi dan obat bisul. Diabetes melitus tipe 2 dapat meningkatkan risiko terjadinya infeksi luka operasi, yang merupakan salah satu penyebab kematian pasca operasi. Potensi tumbuhan wanga belum maksimal pemanfaatannya, kajian ilmiah mengenai tumbuhan ini khususnya untuk obat masih sangat sedikit. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian mengenai aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase dari ekstrak

dan fraksi tumbuhan wanga (*Pigafetta elata*) untuk pengobatan diabetes melitus.

METODE

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis rancangan eksperimental berskala laboratorium *the post test only control group design*. Sampel penelitian diambil di Buntao' kabupaten Toraja Utara Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis Farmasi dan Kimia Medisinal, dan Laboratorium Penelitian Terpadu Universitas Almarisah Madani. Variabel terikat pada penelitian ini adalah aktivitas penghambatan Enzim α -glukosidase, sedangkan variabel bebas pada penelitian ini adalah ekstrak dan fraksi akar tumbuhan wanga (*Pigafetta elata*).

Alat

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini antara lain batang pengaduk, bejana maserasi, beaker gelas (pirex), cawan porselin, corong, gelas kimia, tabung reaksi, wadah penguap, tabung mikrosentrifuge, Elisa reader (biotek Elx808), gelas ukur, inkubator, mikro pipet, labu ukur, oven simplisia, pipet tetes, plat well 96, rotary evaporator, timbangan analitik dan vortex.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu, etanol 70%, n-hexan, etil asetat, aquadest, pereaksi mayer, eter, H_2SO_4 , asam asetat, HCl, akarbose (dexa medica), aluminium foil, aquadest, buffer fosfat pH 7,0, enzim α -Glukosidase (Sigma Aldrich), disodium phosphate (Na_2HPO_4), natrium dihidrogen fosfat (NaH_2PO_4) natrium karbonat (Na_2CO_3), p-nitrofenil- α -D-glukopiranosida (PNPG) dan akar tamanan wanga (*Pigafetta elata*)

Pembuatan Ekstrak

Simplisia akar *Pigafetta.elata* yang telah berbentuk serbuk sebanyak 1 kg dimaserasi menggunakan pelarut etanol 70% dengan perbandingan 1:7,5. Sampel dimasukkan ke dalam wadah maserasi kemudian lakukan pembasahan dan tambahkan pelarut etanol sampai seluruh sampel terendam selama 2-3 hari dan sesekali dilakukan pengadukan. Filtrat dan residu kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan. Hasil pemisahan dengan pelarut dilanjutkan dengan

penguapan dengan rotavapor hingga ekstrak yang diperoleh menjadi lebih kental.

Fraksinasi

Fraksinasi ekstrak dilakukan secara partisi dengan menggunakan campuran dua pelarut yang memiliki kepolaran yang berbeda yaitu metode ekstraksi cair-cair (ECC). Ekstraksi dilakukan dari pelarut non polar ke polar. Campuran pelarut pertama adalah campuran n-heksan : air dan yang kedua campuran etil asetat : air.

Ekstrak kental yang akan di ECC ditimbang sebanyak 20.51 g dan dilarutkan dalam aquadest. Larutan selanjutnya dipartisi menggunakan corong pisah dengan menambahkan pelarut n-heksan, kemudian dikocok dan didiamkan hingga terdapat dua lapisan (aquadest pada bagian bawah dan n-heksan bagian atas). Lapisan yang terbentuk kemudian dipisahkan, diambil lapisan n-heksan. Proses penambahan pelarut n-heksan diulangi sampai n-heksan menjadi bening. Lapisan aquadest kemudian difraksinasi kembali dengan cara yang sama menggunakan pelarut etil asetat. Terakhir didapatkan fraksi air, semua fraksi diuapkan dan dihitung rendemennya. Hasil Fraksinasi diuapkan menggunakan alat *rotary evaporator* hingga diperoleh fraksi pekat (Runtuwene et al., 2021). Selanjutnya dilakukan skrining fitokimia alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, terpenoid dan steroid (Nur et al., 2023).

Penyiapan Larutan α -Glukosidase (0.025 U/mL)

Enzim α -Glukosidase ditimbang 10 mg dan dilarutkan menggunakan dapar fosfat pH (7,0) 10 mL kemudian didapatkan larutan enzim α -glukosidase (10 U/mL). Selanjutnya dibuat larutan enzim α -glukosidase dengan konsentrasi 0,025 U/mL, dengan cara memipet 25 μ L lalu dicukupkan volumenya dengan dapar fosfat (pH 7,0) sebanyak 10 mL.

Penyiapan Substrat PNPG 1,99 mM

Substrat p-nitrofenil- α -D-glukopiranosida (PNPG) ditimbang sebanyak 3.000 mg, kemudian dilarutkan dengan dapar fosfat (pH 7,0) sebanyak 5 mL sehingga didapatkan konsentrasi substrat PNPG 1,99 mM.

Pengujian Blanko

Masing-masing campuran pereaksi yang digunakan dalam uji ini mengandung 40 μ L dapar

fosfat pH 7,0 ditambah 50 μ L PNPG 2 mM, kemudian ditambahkan 30 μ L larutan α -Glukosidase (0,025) U/mL) lalu diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C. Reaksi dihentikan dengan menambahkan 80 μ L larutan natrium karbonat 0,2 M, dibuat 3 replikasi. Sampel diukur serapannya dengan elisa reader pada panjang gelombang 405 nm.

Pengujian Pembanding Akarbose

Masing-masing campuran pereaksi yang digunakan dalam uji ini mengandung 50 μ L larutan akarbose dari masing-masing seri konsentrasi yang mengandung 50 μ L larutan akarbose dari masing-masing seri konsentrasi yang telah dibuat yaitu 1,5625 ppm, 3,125 ppm, 6,25 ppm, 12,5 ppm, 25 ppm ditambahkan 50 PNPG 2mM kemudian ditambahkan 20 μ L larutan enzim α -Glukosidase (0,025 U/mL) lalu diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C. Reaksi dihentikan dengan menambahkan 30 μ L larutan natrium karbonat 0,2 M, dibuat 3 replikasi pembanding diukur serapannya dengan *microplate reader* pada panjang gelombang 405 nm.

Pengujian Sampel Ekstrak Etanol dan Fraksi

Untuk pengujian sampel ekstrak etanol dan fraksi akar wanga (*Pigafetta elata*) sebanyak 40 μ L larutan sampel ekstrak etanol dari masing-masing seri konsentrasi yang telah dibuat yaitu 250 ppm, 125 ppm, 62,5 ppm, 31,25 ppm dan 15,625 ppm, ditambah 50 μ L PNPG 2 mM, kemudian ditambahkan 30 μ L larutan enzim α -Glukosidase (0,025 U/mL), lalu diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C. Reaksi dihentikan dengan menambahkan 80 μ L larutan natrium karbonat 0,2 M. Sampel diukur serapannya dengan *microplate reader* pada panjang gelombang 405 nm.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menghitung % inhibisi melalui persamaan regresi yang didapatkan.

$$\% \text{ inhibisi} : [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100\%$$

A_0 = Absorbansi Blanko

A_1 = Absorbansi sampel

Melalui persamaan regresi linear, $y = a \pm bx$, dimana sumbu x adalah konsentrasi sampel (senyawa) dan sumbu y adalah % inhibisi, maka nilai IC_{50} dapat dihitung menggunakan rumus:

$$IC_{50} = 50 - a / b$$

HASIL

Aktivitas antidiabetes suatu tumbuhan dapat disebabkan karena adanya senyawa

metabolit sekunder golongan fenolik, flavonoid, alkaloid, dan steroid pada tumbuhan tradisional (Indrakusuma et al., 2021; Wan-Nadilah et al., 2019). Hasil skrining fitokimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skrining fitokimia ekstrak dan fraksi akar wanga

Sampel	Kandungan kimia	Metode pengujian	Hasil	Ket.
Ekstrak Etanol 70%	Alkaloid	Mayer	Endapan putih	+
	Flavonoid	Serbuk Mg + HCl pekat 2 tetes	Warna kuning	+
	Saponin	Air panas	Terbentuk buih 3 cm	+
	Fenolik	FeCl ₃	Warna Hitam pekat	+
	Steroid/Terpenoid	H ₂ SO ₄ Pekat + asam asetat anhidrat	Warna hijau pekat	+
Fraksi n-Heksan	Alkaloid	Mayer	Warna coklat	-
	Flavonoid	Serbuk Mg + HCl Pekat 2 tetes	Warna kuning	+
	Saponin	Air panas	Terbentuk buih 3 cm	+
	Fenolik	FeCl ₃	Warna coklat	-
	Steroid/Terpenoid	H ₂ SO ₄ Pekat + asam asetat anhidrat	Warna hitam	-
Fraksi Etil Asetat	Alkaloid	Mayer	Warna kuning kehitaman	-
	Flavonoid	Serbuk Mg + HCl Pekat 2 tetes	Warna merah	+
	Saponin	Air Panas	Timbulnya buih	+
	Fenolik	FeCl ₃	Warna coklat	-
	Steroid/Terpenoid	H ₂ SO ₄ Pekat + asam asetat anhidrat	Warna kuning	-
Fraksi Air	Alkaloid	Mayer	Endapan putih	+
	Flavonoid	Serbuk Mg + HCl pekat 2 tetes	Berubah coklat ke kuning	+
	Saponin	Air panas	Timbulnya buih 4 cm	+
	Fenolik	FeCl ₃	Warna hitam	+
	Steroid/Terpenoid	H ₂ SO ₄ Pekat + asam asetat anhidrat	Ungu kemerahan	+

Keterangan: (+) Kandungan kimia terdeteksi (-) kandungan kimia tidak terdeteksi

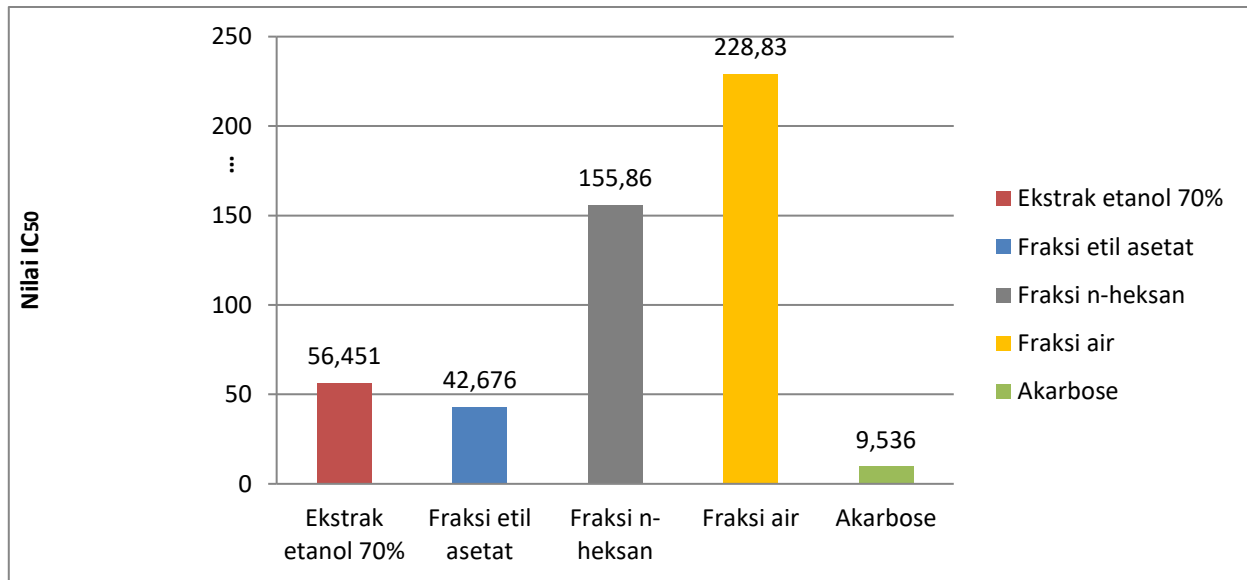
Aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase dinyatakan dengan nilai IC₅₀ yang didapatkan dari hasil regresi linier antara persen inhibisi dan konsentrasinya. Data persen inhibisi dan nilai IC₅₀ dari ekstrak dan fraksi akar wanga

dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil IC₅₀ ini menunjukkan bahwa ekstrak dan fraksi dari akar wanga menunjukkan aktivitas sebagai penghambat enzim α -glukosidase dan dibandingkan dengan akarbose sebagai kontrol positif.

Tabel 2. Hasil Uji Aktivitas Inhibisi Enzim α -Glukosidase dari Ekstrak, Fraksi akar wanga dan Akarbose

Sampel	Konsentrasi (μ g/mL)	%Inhibisi	IC ₅₀ (μ g/mL)	Kategori
Ekstrak etanol 70%	7.812	9.73	56.451	Aktif
	15.625	22.49		
	31.25	41.98		
	62.5	66.32		
	125	84.88		
Fraksi etil asetat	7.812	26.77	42.676	Aktif
	15.625	35.65		
	31.25	46.41		
	62.5	68.15		
	125	87.66		
Fraksi n-heksan	15.625	0.526	155.86	Tidak aktif
	31.25	5.44		
	62.5	34.08		
	125	48.77		
	250	72.73		
Fraksi air	15.625	-64.13	228.83	Tidak aktif
	31.25	-46.96		
	62.5	-23.24		
	125	19.61		
	250	50.36		

Akarbose	0.781	1.28	9.536	Sangat aktif
	1.562	4.51		
	3.125	16.76		
	6.25	31.7		
	12.5	66.1		



Gambar 1. Nilai IC₅₀ ekstrak, fraksi akar wanga dan akarbose dalam menghambat enzim α- glukosidase

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji skrining fitokimia pada Tabel 1 ekstrak etanol akar wanga mengandung senyawa metabolit sekunder diantaranya; alkaloid, flavonoid, saponin, fenolik dan steroid. Skrining fitokimia pada fraksi n-heksan dan etil asetat positif mengandung senyawa flavonoid dan saponin. Sedangkan fraksi air terdapat hasil positif senyawa alkaloid, fenolik, dan terpenoid (Amin et al., 2019). Pada pasien diabetes militus untuk mengatasi hiperglikemia dapat dilakukan dengan cara mengurangi jumlah monosakarida yang diserap oleh usus, hal ini dapat dilakukan dengan menghambat enzim α-glukosidase (Early Febrinda et al., 2013). Efektivitas penghambatan enzim ditunjukkan dengan nilai IC₅₀ yaitu konsentrasi ekstrak yang mampu menghambat aktivitas enzim sebesar 50 persen, semakin kecil nilai IC₅₀ menunjukkan aktivitas inhibisi semakin tinggi. Menurut (Lee & Lee, 2001), menyatakan bahwa suatu ekstrak dikatakan sangat aktif sebagai penghambat enzim α-glukosidase jika nilai IC₅₀ <10 µg/mL, selanjutnya aktivitas sebagai penghambat enzim α-glukosidase dikatakan aktif jika nilai IC₅₀ 10 -100 µg/mL, dan dikatakan tidak aktif jika IC₅₀ >100 µg/mL (Sakulkeo et al., 2022; Nur et al., 2021).

Dari nilai IC₅₀ pada Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa fraksi etil asetat dengan IC₅₀ 42.676 µg/mL dan ekstrak etanol 70% 56.451 µg/mL memiliki kategori aktif; fraksi n-heksan 155.868 µg/mL dan fraksi air 288.83 µg/mL kategori tidak aktif. Sedangkan akarbose sebagai pembandingan memiliki nilai IC₅₀ 9.536 µg/mL dengan kategori sangat aktif. Dari data tersebut menunjukkan bahwa fraksi etil asetat akar tumbuhan wanga memiliki aktivitas penghambatan yang paling tinggi dibanding ekstrak dan fraksi lainnya terhadap enzim α-glukosidase yang mendekati angka kontrol positif pada akarbose. Perbedaan nilai IC₅₀ akarbose yang lebih rendah pada Gambar 1 dapat disebabkan karena akarbose merupakan penghambat α-glukosidase yang memiliki efek inhibisi yang tinggi terhadap α-glukosidase mamalia.

Fraksi etil asetat mempunyai daya hambat enzim lebih tinggi dari pada ekstrak dan fraksi lainnya, hal ini dapat disebabkan oleh adanya kandungan metabolit sekunder. Kehadiran metabolit sekunder di dalam tanaman, dapat berfungsi sebagai pertahanan diri, menarik organisme lain dan sebagai zat pengatur tumbuh untuk dapat bersaing dengan tumbuhan lainnya. Metabolit sekunder tidak hanya menumpuk di

tempatya bersintesis dan akan didistribusikan ke tempat penyimpanannya melalui jaringan floem atau xylem (Oswari, 2021).

Senyawa metabolit sekunder yang ada pada fraksi etil asetat yaitu flavonoid dan saponin. Cara kerja flavonoid sebagai anti diabetes dapat melalui cara mengurangi aldose reductase dan meregenerasi sel-sel pankreas, serta meningkatkan pelepasan insulin dan penyerapan ion kalsium (Chen, 2017; Dirir et al., 2022; Assefa et al., 2020). Flavonoid menurunkan kadar glukosa darah melalui dua mekanisme adalah mekanisme ekstra pankreas dengan cara menghambat aktivitas enzim α -glukosidase yang mengakibatkan terjadinya pengurangan absorpsi glukosa dan mekanisme intra pankreas melalui aktivitas antioksidan yang mencegah kerusakan sel beta pancreas (Şöhretoğlu & Sari, 2020; He et al., 2019).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ekstrak etanol akar wanga dan fraksi n-heksan, etil asetat, dan air memiliki aktivitas penghambatan terhadap enzim α -Glukosidase, dimana fraksi etil asetat dengan IC_{50} 85,34 μ g/ml termasuk kategori kuat dalam menghambat enzim α -Glukosidase, ekstrak etanol dengan IC_{50} 112,89 μ g/ml termasuk kategori sedang, fraksi n-hexan dengan IC_{50} 155,86 μ g/ml termasuk kategori lemah, dan fraksi air dengan IC_{50} sebesar 288,83 μ g/ml kategori tidak aktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis berikan kepada TIM peneliti dan Program Studi Farmasi atas fasilitas dan kerjasamanya selama melaksanakan penelitian ini.

REFERENSI

Alam, S., Sarker, M. M. R., Sultana, T. N., Chowdhury, M. N. R., Rashid, M. A., Chaity, N. I., Zhao, C., Xiao, J., Hafez, E. E., Khan, S. A., & Mohamed, I. N. (2022). Antidiabetic Phytochemicals From Medicinal Plants: Prospective Candidates for New Drug Discovery and Development. In *Frontiers in Endocrinology* (Vol. 13). Frontiers Media

S.A.

<https://doi.org/10.3389/fendo.2022.800714>

Amin, S., Ullah, B., Ali, M., Rauf, A., Khan, H., Uriarte, E., & Sobarzo-Sánchez, E. (2019). Potent in Vitro α -Glucosidase Inhibition of Secondary Metabolites Derived from *Dryopteris cycadina*. *Molecules*, 24(3). <https://doi.org/10.3390/molecules24030427>

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. In *Plants* (Vol. 9, Issue 1). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants9010002>

Chen, M. (2017). Phytochemicals for Non-insulin Diabetes Mellitus: A Minireview on Plant-Derived Compounds Hypoglycemic Activity. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 5(2), 23.

<https://doi.org/10.11648/j.jfns.20170502.11>

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. In *Phytochemistry Reviews* (Vol. 21, Issue 4, pp. 1049–1079). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09773-1>

Early Febrinda, A., Astawan, M., Wresdiyati, T., & Dewi Yuliana, N. (2013). Kapasitas Antioksidan dan Inhibitor Alfa Glukosidase Ekstrak Umbi Bawang Dayak. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 24(2), 161–167.

<https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.2.161>

Ebrahimi, E., Shirali, S., & Afrisham, R. (2017). Effect and mechanism of herbal ingredients in improving diabetes mellitus complications. In *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products* (Vol. 12, Issue 1). Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences. <https://doi.org/10.5812/jjnpp.31657>

Galicía-García, U., Benito-Vicente, A., Jebari, S., Larrea-Sebal, A., Siddiqi, H., Uribe, K. B., Ostolaza, H., & Martín, C. (2020). Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 21, Issue 17, pp. 1–34). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms21176275>

- He, C., Liu, X., Jiang, Z., Geng, S., Ma, H., & Liu, B. (2019). Interaction mechanism of flavonoids and α -glucosidase: Experimental and molecular modelling studies. *Foods*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/foods8090355>
- Indrakusuma, A. A. B. P., Wahyuni, L. P. S., Wiguna, I. G. W. W., Devy, A. A. T., Sasmana, I. G. A. P., & Indrayani, A. W. (2021). Potential effect of secondary metabolites in *Persea americana* seeds as an α -amylase inhibitor on type 2 diabetes mellitus. *Intisari Sains Medis*, 12(3), 886–896. <https://doi.org/10.15562/ism.v12i3.1119>
- Irwandi, D., Sukmawati, A. E., Maria, D., Jurusan, U., Farmasi, A., Makanan, D., Kemenkes, P., & Ii, J. (n.d.). Chemical Compound of Liquid Smoke Derived from Leaf of *Piper betle* L and *Piper crocatum* Ruiz & Pav.
- Lee, D. S., & Lee, S. H. (2001). Genistein, a soy isoflavone, is a potent α -glucosidase inhibitor. *FEBS Letters*, 501(1–3), 84–86. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(01\)02631-x](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(01)02631-x)
- Nur, S., NAisyah, A., Sami, F. J., Fadri, A., Khairi, N., & Sapra, A. (2023). Standardization and GC-MS Analysis of Kersen (*Muntingia calabura* L.) Fruit Ethanol Extract as an Herbal Raw Material. In *Bull. Pharm. Sci., Assiut University* (Vol. 46, Issue 1). [/http://bpsa.journals.ekb.eg](http://bpsa.journals.ekb.eg)
- Nur, S., Wierson, Y., Sami, F. J., Megawati, Gani, S. A., Aisyah, A. N., Yulia, & Marwati. (2021). Characterization, antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity of collagen hydrolysate from lamuru (*caranx ignobilis*) fishbone. *Sains Malaysiana*, 50(8), 2329–2341. <https://doi.org/10.17576/jsm-2021-5008-16>
- Oswari, L. D. (2021). Uji Aktivitas Penghambatan Enzim α -glucosidase Ekstrak Air dan Ekstrak Etanol Kayu Kuning (*Arcangelisia flava*). *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan: Publikasi Ilmiah Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya*, 8(1). <https://doi.org/10.32539/JKK.V8I1.13118>
- Rezha Aras, M., Pitopang dan Nengah Suwastika Jurusan Biologi FMIPA, R. I., Tadulako Kampus Bumi Tadulako Jl Soekarno-Hatta Km, U., & Tengah, S. (2017). Kajian Autekologi *Pigafetta elata* (Mart.) H. Wendl. (ARECACEAE) pada Hutan Pegunungan Dongi-Dongi di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah A Study of Autecology *Pigafetta elata* (Mart.) H. Wendl. (Arecaceae) On Dongi-Dongi Mountain Forest In The Lore Lindu National Park Area, Central Sulawesi. *Online Journal of Natural Science*, 6(1), 58–72.
- Runtuwene, M. R. J., Kamu, V. S., & Rotty, M. (2021). Aktivitas Antioksidan Fraksi etil asetat dan Fraksi heksana Daun Soyogik (*Saurauia bracteosa* DC) Terhadap Oksidasi Asam Linoleat. *CHEMISTRY PROGRESS*, 14(2), 138. <https://doi.org/10.35799/cp.14.2.2021.37559>
- Sakulkeo, O., Wattanapiromsakul, C., Pitakbut, T., & Dej-Adisai, S. (2022). Alpha-Glucosidase Inhibition and Molecular Docking of Isolated Compounds from Traditional Thai Medicinal Plant, *Neuropeltis racemosa* Wall. *Molecules*, 27(3). <https://doi.org/10.3390/molecules27030639>
- Şöhretoğlu, D., & Sari, S. (2020). Flavonoids as α -glucosidase inhibitors: mechanistic approaches merged with enzyme kinetics and molecular modelling. In *Phytochemistry Reviews* (Vol. 19, Issue 5, pp. 1081–1092). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09610-6>
- Standl, E., & Schnell, O. (2012). Alpha-glucosidase inhibitors 2012-cardiovascular considerations and trial evaluation. In *Diabetes and Vascular Disease Research* (Vol. 9, Issue 3, pp. 163–169). <https://doi.org/10.1177/1479164112441524>
- Syamsiah, Hiola, S. F., Kurnia, N., & Hala, Y. (2019). Distribution of wanga plant (*pigafettaelata*) in South Sulawesi. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012089>
- Syarif, S., Nurnaningsih, N., & Pratama, M. (2020). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Kersen Sebagai Inhibitor Enzim α -Glukosidase dengan Menggunakan Elisa Reader (*Muntingia calabura* L.). *Jurnal*

Fitofarmaka Indonesia, 7(2), 1–5.
<https://doi.org/10.33096/jffi.v7i2.506>

- Van de Laar, F. A., Lucassen, P. L. B. J., Akkermans, R. P., Van de Lisdonk, E. H., Rutten, G. E. H. M., & Van Weel, C. (2005). Alpha-glucosidase inhibitors for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2009(1). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003639.pub2>
- Wan-Nadilah, W. A., Akhtar, M. T., Shaari, K., Khatib, A., Hamid, A. A., & Hamid, M. (2019). Variation in the metabolites and α -glucosidase inhibitory activity of *Cosmos caudatus* at different growth stages. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1), 245. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2655-9>