



Aktivitas Penghambatan Enzim α -Amilase Ekstrak Etanol dan Fraksi Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.)

Diana Nurrah Ashari¹, Tiara Ajeng L.², Danang Raharjo³

^{1,2,3}Universitas Duta Bangsa Surakarta, Indonesia

Abstract. The enzyme α -amylase is one of the enzymes that plays a role in the process of degrading starch into maltose and glucose. Organic compounds such as polyphenols and flavonoids are inhibitors of α -amylase. The star fruit plant (*Averrhoa bilimbi* L.) has α -amylase enzyme inhibition activity and has the potential to be used in the therapy of type 2 diabetes mellitus. This study aims to determine whether ethanol extract and the fraction of star fruit (*Averrhoa bilimbi* L.) have α -amylase enzyme inhibition activity, inhibition against α -amylase enzyme and better inhibition activity. The test of α -amylase enzyme inhibition activity was carried out using 3 test groups, namely negative control, positive control (acarbose) and samples (ethanol extract and star fruit fraction) with concentrations of 12.5 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm and 200 ppm. The results of testing the inhibitory activity of α -amylase enzyme of ethanol extract and the fraction of star fruit (*Averrhoa bilimbi* L.) obtained IC_{50} values of 5.581 μ g/mL, 76.725 μ g/mL, 43.152 μ g/mL and 55.447 μ g/mL, respectively. Based on these results, it can be concluded that the ethanol extract of star fruit (*Averrhoa bilimbi* L.) at a concentration of 200 ppm has a very strong activity in inhibiting the α -amylase enzyme with an inhibition percentage of 85.217% and an IC_{50} value of 5.581 μ g/mL.

Keywords: Anti diabetic, α -amylase, star fruit, extract, fraction.

Abstrak. Enzim α -amilase merupakan salah satu enzim yang berperan dalam proses degradasi pati menjadi maltosa dan glukosa. Senyawa organik seperti polifenol dan flavonoid merupakan penghambat α -amilase. Tanaman buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki aktivitas penghambatan enzim α -amilase dan berpotensi untuk digunakan dalam terapi diabetes melitus tipe 2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki aktivitas penghambatan enzim α -amilase, daya hambat terhadap enzim α -amilase dan aktivitas penghambatan yang lebih baik. Uji aktivitas penghambatan enzim α -amilase dilakukan menggunakan 3 kelompok uji yaitu kontrol negatif, kontrol positif (acarbose) dan sampel (ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh) dengan konsentrasi 12,5 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm dan 200 ppm. Hasil pengujian aktivitas penghambatan enzim α -amilase ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) diperoleh nilai IC_{50} berturut-turut sebesar 5,581 μ g/mL, 76,725 μ g/mL, 43,152 μ g/mL dan 55,447 μ g/mL. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ekstrak etanol buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) pada konsentrasi 200 ppm memiliki aktivitas sangat kuat dalam menghambat enzim α -amilase dengan persen penghambatan sebesar 85,217% dan nilai IC_{50} sebesar 5,581 μ g/mL.

Kata kunci: Anti diabetes, α -amilase, buah belimbing wuluh, ekstrak, fraksi.

1. PENDAHULUAN

Enzim α -amilase merupakan salah satu enzim yang berperan dalam proses degradasi pati menjadi maltosa, maltotriosa dan glukosa (Yandri dkk., 2020). Penghambatan enzim α -amilase dapat mencegah terjadinya hiperglikemia *postprandial* yang merupakan strategi tahap awal dalam penanganan diabetes melitus tipe 2 (Ariandi, 2016). Acarbose merupakan salah satu jenis obat sintesis yang dapat menghambat kerja enzim α -amilase. Efek samping penggunaan acarbose jangka panjang dapat menimbulkan perut kembung, diare dan nyeri abdomen (Hidayah dkk., 2023). Hal ini menyatakan bahwa masih banyaknya kelemahan dari

pengobatan sintesis yang mendorong masyarakat untuk mencari alternatif pengobatan menggunakan obat tradisional.

Pengujian yang dilakukan oleh Kusmiyati dkk. (2023) menunjukkan nilai IC_{50} ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) sebesar 16,161 ppm yang berpotensi sebagai obat diabetes melitus tipe 2 melalui inhibisi α -amilase secara *in vitro*. Senyawa organik seperti polifenol dan flavonoid merupakan penghambat α -amilase. Ekstrak etanol 70% buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dengan dosis 750 mg/kgBB dapat menurunkan kadar glukosa darah mencit secara signifikan dalam waktu 7 hari (Masaenah dkk., 2019). Sari buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dapat digunakan untuk alternatif pengobatan diabetes melitus tipe 2 (Rahmawati, 2015).

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) merupakan tanaman obat tradisional yang memiliki banyak manfaat. Pemanfaatan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) sebagai pengobatan masih kurang dibandingkan dengan daunnya karena rasa buahnya yang sangat asam (Lisnawati dan Prayoga, 2020). Buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, saponin, tanin, flavonoid, dan triterpenoid (Suryaningsih, 2016). Buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dapat dimanfaatkan untuk pengobatan antidiabetes, antibakteri dan antioksidan (Saraswati dan Setyaningsih, 2018).

Berdasarkan pernyataan tersebut buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki aktivitas penghambatan enzim α -amilase dan berpotensi untuk digunakan sebagai obat antidiabetes tipe 2. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki aktivitas terhadap enzim α -amilase, untuk mengetahui daya hambat ekstrak dan fraksi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap enzim α -amilase dan mengetahui ekstrak dan fraksi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) yang memiliki aktivitas penghambatan lebih baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Klasifikasi Ilmiah Tanaman Belimbing Wuluh

Klasifikasi ilmiah tanaman belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) menurut Alhassan dan Ahmed (2017) sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Sub Kingdom : Tracheophyta

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Geraniales
Famili : Oxalidaceae
Genus : *Averrhoa*
Spesies : *Averrhoa bilimbi* L.



Gambar 1. Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) (Dokumentasi pribadi)

Morfologi Tanaman Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) merupakan salah satu spesies dalam keluarga belimbing *Averrhoa*. Tanaman ini berasal dari daerah Amerika tropik. Tanaman belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) berbentuk pohon kecil dengan tinggi mencapai 10 m, batangnya tidak begitu besar dan mempunyai garis tengah berukuran 30 cm. Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) mempunyai batang kasar berbenjol dan percabangan sedikit yang mengarah ke atas. Cabang muda berambut halus seperti beludru berwarna coklat muda (Nuraskin dkk., 2022).

Kandungan Senyawa Kimia Belimbing Wuluh

Berdasarkan pernyataan Nuraskin (2022) belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki banyak kandungan nutrisi dan mineral seperti serat, karbohidrat, protein, vitamin C, vitamin B, zat besi, natrium, fosfor dan kalsium. Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) merupakan salah satu buah yang mengandung vitamin C tinggi yaitu sebesar 52 mg tiap 100 mg bahan, namun kurang diminati masyarakat karena rasanya yang sangat asam. Roikah dkk. (2016) menyebutkan bahwa buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) matang mengandung pektin 5%, asam askorbat 18%, gula 2% dan asam oksalat.

Suryaningsih (2016) juga menyebutkan bahwa pada ekstrak metanol buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) positif mengandung senyawa metabolit sekunder golongan alkaloid, saponin, triterpenoid dan flavonoid. Penelitian yang dilakukan oleh Kusmiyati dkk. (2023) menyebutkan bahwa kandungan total flavonoid pada buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) sebesar 806 mg/kg. Ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) mengandung kapasitas antioksidan total sebesar 417.093 ± 6.577 mg/g (Alhassan dan Ahmed, 2017). Senyawa flavonoid jenis kalkon dianggap potensial sebagai antidiabetes karena efektif

sebagai α -glukosidase yang berfungsi mengatur homeostatis gula. Kandungan senyawa *myricetin* dan *luteolin* pada buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) masing-masing sebesar 146 mg/kg dan 202 mg/kg. Buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dilaporkan juga mengandung senyawa golongan *dihydromyricetin* (Anugrahini dan Wahyuni, 2021).

Manfaat Belimbing Wuluh

Kandungan kimia yang beragam pada belimbing wuluh (*Averrhoabilimbi* L.) dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan, antidiabetes dan antibakteri (Roikah dkk., 2016). Alhassan dan Ahmed (2017) menyebutkan bahwa buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki aktivitas antibakteri pada *Salmonella typhimurium* dan *Listeria monocytogenes*. Buah belimbing wuluh juga memiliki aktivitas pada bakteri pada *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, dan *Escherichia coli*. Senyawa aktif yang diduga berpotensi sebagai antibakteri adalah flavonoid (Hamdanah dkk., 2015).

Kandungan senyawa metabolit sekunder golongan flavonoid, saponin dan tanin dapat membantu menurunkan kadar gula darah. Penelitian yang dilakukan oleh Putra dkk. (2020) pada infus kombinasi daun papasan dan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki aktivitas penghambatan enzim α -amilase tertinggi yaitu pada rasio 3:1 $IC_{50} = 0,75 \pm 0,45$ mg/mL. Pratiwi dkk. (2022) menyebutkan bahwa ekstrak etanol buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) efektif digunakan untuk menurunkan kadar glukosa darah pada dosis 50 mg/kgBB. Senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid pada buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memberikan efek antidiabetes melalui mekanisme *Insulin Sensitizer* dengan meningkatkan translokasi GLUT-1 dan GLUT-4 (Anugrahini dan Wahyuni, 2021). Kandungan senyawa flavonoid pada ekstrak etanol 70% buah belimbing wuluh memiliki potensi sebagai antidiabetes dengan perannya sebagai antioksidan (Kusmiyati dkk., 2023).

Ekstraksi

Ekstraksi atau penyairan merupakan suatu proses penarikan senyawa kimia dari dalam tanaman, hewan atau bahan alam lain dengan bantuan pelarut. Proses ekstraksi meliputi; pembasahan dengan pelarut, ekstraksi (penyarian) dan pemekatan. Metode ekstraksi yang dipilih bergantung pada jenis, sifat fisik dan kimia dari kandungan senyawa yang akan diekstraksi (Tetti, 2014). Ekstraksi ini dilakukan berdasarkan prinsip perpindahan komponen zat ke dalam pelarut, dimana perpindahan mulai terjadi pada lapisan antar muka kemudian berdifusi masuk ke dalam pelarut (Sanjaya dkk., 2020). Efektivitas ekstraksi suatu senyawa oleh pelarut tergantung pada kelarutan senyawa tersebut dalam pelarut, sesuai dengan prinsip

like dissolve like yaitu suatu senyawa akan terlarut pada pelarut dengan sifat yang sama (Dewatisari, 2020).

Maserasi adalah salah satu metode ekstraksi paling sederhana yang banyak digunakan (Sayuti, 2017) yaitu dengan melakukan perendaman serbuk simplisia ke dalam pelarut yang sesuai dengan dilakukan beberapa kali pengadukan dan disimpan pada suhu kamar serta terlindung dari sinar matahari langsung dalam waktu yang telah ditentukan (Depkes RI, 2014). Proses ekstraksi akan dihentikan apabila telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi senyawa di dalam tanaman (Tetti, 2014). Maserasi memiliki keunggulan yaitu perlakuan dan peralatan lebih sederhana, kandungan kimia dalam simplisia yang akan dipisahkan aman sebab tidak menggunakan pemanasan, dan dapat digunakan untuk ekstraksi dalam jumlah banyak (Ningsih dkk., 2020). Pemilihan metode ekstraksi maserasi pada penelitian ini karena diduga dalam buah belimbing wuluh mengandung senyawa metabolit sekunder yang tidak tahan panas seperti senyawa fenolik dan flavonoid (Utomo, 2016).

Fraksinasi

Fraksinasi merupakan metode pemisahan komponen campuran yang berasal dari ekstrak hasil ekstraksi. Teknik pemisahan dalam fraksinasi adalah dengan mengelompokkan senyawa kimia berdasarkan tingkat kepolarannya. (Dinnar, 2022). Metode fraksinasi yang umum digunakan yaitu partisi cair-cair dan kromatografi. Metode fraksinasi kromatografi dilakukan berdasarkan perbedaan waktu huni masing-masing zat dalam fase gerak dan fase diam. Fraksinasi partisi cair-cair dilakukan berdasarkan perbedaan kelarutan atau koefisien partisi senyawa diantara dua pelarut yang tidak saling bercampur. Proses fraksinasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan fraksi ekstrak yang lebih murni dengan aktivitas yang lebih tinggi (Putri dkk., 2022).

Pelarut yang digunakan dalam proses fraksinasi memiliki tingkat kepolaran berbeda dengan tujuan agar mempengaruhi jenis dan kadar senyawa bioaktif (Anggraini dkk., 2021). Jenis pelarut yang umum digunakan dalam proses fraksinasi yaitu etil asetat, *n*-heksan, metanol, etanol dan air. Fraksi etil asetat akan mengandung senyawa seperti asam lemak dan fitosterol yang bersifat semi polar. Fraksi *n*-heksan akan mengandung senyawa seperti minyak atsiri, minyak lemak, saponin, triterpenoid dan steroid yang bersifat non polar. Fraksi metanol, etanol dan air akan mengandung senyawa alkaloid, tanin dan flavonoid yang bersifat polar. Dari proses ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pendugaan sifat kepolaran dari senyawa yang akan dipisahkan (Dinnar, 2022).

Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia merupakan tahap awal yang dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai golongan senyawa yang ada didalam suatu tanaman. Pemilihan penggunaan jenis pelarut pada proses ekstraksi berperan dalam pengujian skrining fitokimia karena pelarut sangat berpengaruh terhadap mutu kandungan senyawa kimia yang terdapat di dalam tanaman (Khotimah, 2016). Golongan senyawa yang terkandung di dalam tanaman akan tergambar dari hasil pengujian skrining fitokimia melalui perubahan warna secara visual (Ningsih dkk., 2020). Pengujian ini dilakukan untuk mewakili beberapa golongan senyawa kimia yang terkandung dalam tanaman seperti alkaloid, flavonoid, saponin, triterpenoid, dan tanin (Malik dkk., 2014).

Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa metabolit sekunder yang termasuk dalam kelompok senyawa fenol yang struktur benzenanya tersubstitusi dengan gugus OH. Senyawa flavonoid merupakan senyawa kimia turunan *2-phenyl-benzyl- γ -pyrone* dengan biosintesis menggunakan jalur fenilpropanoid. Flavonoid berperan dalam memberikan warna, rasa dan aroma pada biji, bunga dan buah. Senyawa flavonoid bersifat mudah teroksidasi pada suhu tinggi dan tidak tahan panas. Flavonoid memiliki jenis sub kelompok diantaranya yaitu flavon, flavonol, flavanon, flavanol atau katekin, antosianin dan chalcones (Ningsih dkk., 2023).

Enzim α -Amilase

Enzim α -amilase (E.C.3.2.1.1) merupakan salah satu enzim yang berperan dalam mencerna makanan pada sistem pencernaan manusia (Ariandi, 2016). Sebelum sistem pencernaan dapat menyerap karbohidrat kompleks yang dikonsumsi manusia terlebih dahulu harus dihidrolisis menjadi unit monomernya. Pati merupakan salah satu bentuk karbohidrat kompleks yang merupakan polimer glukosa. Enzim α -amilase dalam kelenjar ludah (*saliva*) dan pancreas merupakan enzim yang terlibat dalam pemecahan pati. Enzim α -amilase mengkatalis pemecahan pati menjadi maltose dan glukosa yang merupakan satu-satunya bentuk gula yang dapat diserap oleh tubuh. Proses pemecahan pati yang terjadi sangat cepat menyebabkan kondisi hiperglikemia yang mengarah pada hiperinsulinemia dimana kedua kondisi ini tidak dikehendaki terjadi pada penderita diabetes melitus (Wahyuntari, 2011).

Acarbose

Acarbose merupakan suatu senyawa pseudotetrasakarida dengan adanya ikatan nitrogen yang terletak diantara unit pertama dan kedua glukosa. Acarbose adalah salah satu obat diabetik oral yang dapat menghambat kerja enzim α -amilase karena memiliki aktivitas pengikatan yang tinggi pada enzim sehingga mencegah oligosakarida terhidrolisis menjadi glukosa dan menunda proses pencernaan di usus serta dapat mempengaruhi sekresi insulin karena proses penghambatan penyerapan glukosa (Hidayah dkk., 2023). Acarbose digunakan sebagai pembanding karena memiliki mekanisme kerja sebagai inhibitor α -amilase pankreas dan hidrolase α -glukosida usus yang terkait membran. Saat pencernaan karbohidrat ditunda, acarbose memperlambat penyerapan glukosa yang mengakibatkan penurunan konsentrasi glukosa darah *postprandial* (Putra dkk., 2020).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui aktivitas penghambatan enzim α -amilase ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). Tahap penelitian diawali dengan determinasi tanaman, pengumpulan sampel, pembuatan simplisia, pembuatan ekstrak, uji skrining fitokimia, perhitungan nilai rendemen, uji kadar air, perhitungan susut pengeringan, fraksinasi, penyiapan larutan uji, pengujian aktivitas penghambatan enzim α -amilase dan analisis data.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Duta Bangsa Surakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2024 – September 2024.

Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) yang telah matang dengan ciri-ciri buah berbentuk lonjong dan berwarna hijau kekuningan atau kuning pucat yang diperoleh dari daerah Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Determinasi Tanaman

Determinasi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dilakukan di UPF Pelayanan Kesehatan Tradisional Tawangmangu. Hasil uji determinasi dengan nomor TL.02.04/D.XI.5/16536.206/2023 menyatakan bahwa buah belimbing wuluh yang digunakan berasal dari famili Oxalidaceae, spesies *Averrhoa bilimbi* L. dengan sinonim *Averrhoa abtusangulata* Stokes. Determinasi tanaman dilakukan untuk mengetahui jenis suatu tanaman berdasarkan klasifikasi tanamannya.

Pembuatan Simplisia

Buah belimbing wuluh pada penelitian ini diperoleh dari daerah Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta. Buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) yang digunakan sebanyak 5 kg dengan kriteria buah yang telah matang dengan ciri – ciri buah berwarna hijau kekuningan atau kuning pucat. Buah belimbing wuluh dibersihkan dari pengotor, dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih, ditiriskan dan dilakukan penyortiran. Buah belimbing wuluh diiris tipis menjadi bagian yang lebih kecil agar memudahkan dalam proses pengeringan. Buah belimbing wuluh dikeringkan dibawah sinar matahari dengan ditutup kain hitam, buah yang sudah kering memiliki karakteristik organoleptis buah berbentuk bulat tidak beraturan, berwarna orange kecoklatan dengan tekstur halus dan bau khas belimbing wuluh. Simplisia kering buah belimbing wuluh dihaluskan menggunakan blender hingga diperoleh bentuk serbuk. Serbuk diayak dengan ayakan nomor 40 mesh untuk memperkecil ukuran partikel sehingga luas permukaannya menjadi besar dan mempermudah kontak dengan cairan penyari.

Penetapan Susut Pengeringan

Penetapan susut pengeringan dapat memberikan batasan maksimal tentang besarnya senyawa yang hilang pada proses pengeringan. Hasil pengujian susut pengeringan yang diperoleh dari simplisia buah belimbing wuluh adalah sebesar 8,50%. Persyaratan yang baik untuk nilai susut pengeringan adalah kurang dari 10%. Penetapan susut pengeringan simplisia buah belimbing wuluh sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan (Maryam dkk., 2020).

Tabel 1. Penetapan Susut Pengeringan Simplisia

Susut Pengeringan	Hasil
Simplisia Buah Belimbing Wuluh	8,50%

Penetapan Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan menggunakan alat *Moisture Balance*. Hasil pengujian kadar air dari simplisia buah belimbing wuluh sebesar 4,89%. Persyaratan yang baik untuk nilai kadar air simplisia adalah kurang dari 10. Penetapan kadar air pada simplisia buah belimbing wuluh sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan (Maryam dkk., 2020).

Tabel 2. Penetapan Kadar Air Simplisia

Kadar Air	Hasil
Simplisia Buah Belimbing Wuluh	4,89%



Pembuatan Ekstrak

Ekstraksi buah belimbing wuluh dilakukan menggunakan metode maserasi. Maserasi merupakan metode ekstraksi dengan merendam serbuk simplisia dalam cairan penyari tanpa proses pemansan (Agustien dan Susanti, 2021). Pemilihan metode ekstraksi pada penelitian ini karena untuk menghindari hilangnya zat aktif dalam simplisia yang tidak tahan panas seperti flavonoid, saponin dan tanin (Sanjaya dkk., 2020).

Ekstraksi diawali dengan merendam sebanyak 500 g serbuk buah belimbing wuluh dengan pelarut etanol 96% sebanyak 2500 mL atau dalam perbandingan antara serbuk dengan pelarut 1:3 b/v ke dalam wadah maserasi. Proses maserasi dilakukan selama 3 hari dengan dilakukan sesekali pengadukan selama 15 menit setiap hari untuk meningkatkan kontak antara serbuk simplisia dengan cairan penyari (Alaydrus dkk., 2020). Ekstrak buah belimbing wuluh kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh kemudian diuapkan diatas penangas air pada suhu 50°C hingga diperoleh ekstrak kental. Karakteristik ekstrak kental buah belimbing wuluh yaitu memiliki konsistensi kental berwarna coklat pekat dan bau khas belimbing wuluh. Ekstrak kental kemudian ditimbang dan diperoleh bobot ekstrak kental sebesar 78,024 g. Perhitungan nilai rendemen ekstrak buah belimbing wuluh dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 3. Rendemen Ekstrak Buah Belimbing Wuluh

Sampel	Bobot Simplisia (g)	Bobot Ekstrak (g)	Rendemen (%)
Ekstrak Buah Belimbing Wuluh	500	78,02	15,60

Berdasarkan tabel 3 nilai rendemen ekstrak buah belimbing wuluh sebesar 15,605%. Hasil ini sesuai dengan persyaratan yang ada yaitu rendemen dikatakan baik jika nilainya lebih dari 10%. Penentuan nilai rendemen digunakan untuk mengetahui kadar dari senyawa aktif yang terbawa oleh pelarut, namun tidak untuk mengetahui jenis dari senyawanya (Erviani dkk., 2019).

Penetapan Susut Pengerinan

Penetapan susut pengerinan dapat memberikan batasan maksimal tentang besarnya senyawa yang hilang pada proses pengerinan. Hasil pengujian susut pengerinan yang diperoleh dari simplisia buah belimbing wuluh adalah sebesar 4%. Persyaratan yang baik untuk nilai susut pengerinan adalah kurang dari 10%. Penetapan susut pengerinan ekstrak etanol buah belimbing wuluh sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan (Maryam dkk., 2020).

Tabel 4. Penetapan Susut Pengerinan Ekstrak

Susut Pengerinan	Hasil
Ekstrak Etanol Buah Belimbing Wuluh	8,50%

Penetapan Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan menggunakan alat *Moisture Balance*. Hasil pengujian kadar air dari simplisia buah belimbing wuluh sebesar 5,30%. Persyaratan yang baik untuk nilai kadar air ekstrak adalah kurang dari 10%. Penetapan kadar air ekstrak etanol buah belimbing wuluh sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan (Maryam dkk., 2020).

Tabel 5. Penetapan Kadar Air Ekstrak

Kadar Air	Hasil
Ekstrak Buah Belimbing Wuluh	5,30%



Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia merupakan tahap awal yang dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai golongan senyawa yang ada didalam suatu tanaman. Skrining fitokimia dilakukan dengan melihat reaksi pengujian menggunakan pereaksi warna. Metode uji skrining fitokimia

yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan uji tabung dan metode kromatografi lapis tipis (KLT). Hasil pengujian skrining fitokimia metode uji tabung dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 6. Hasil Uji Skrining Fitokimia

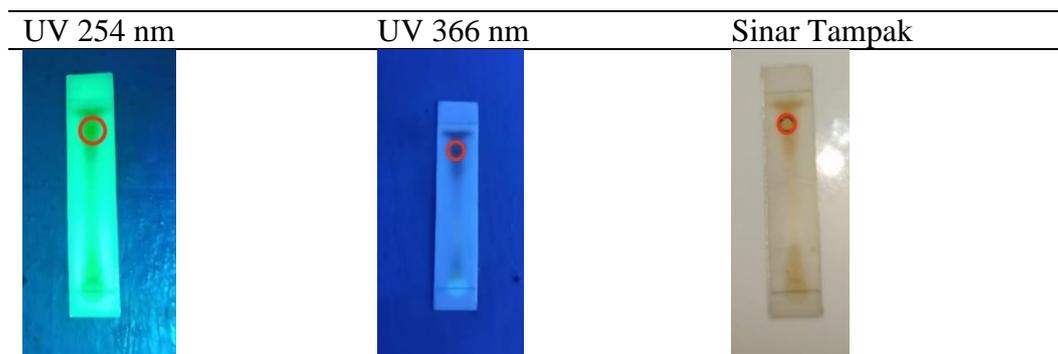
Pengujian	Reagen	Reaksi yang terbentuk	Tinjauan Pustaka
Alkaloid	<i>Mayer</i>	(+) Terbentuk endapan berwarna putih	Terbentuk endapan berwarna putih kekuningan (Erviani dkk., 2019).
	<i>Dragendorff</i>	(+) Terbentuk endapan berwarna jingga	Terbentuk endapan berwarna jingga (Erviani dkk., 2019).
Flavonoid	Serbuk Mg	(+) Terjadi perubahan warna larutan menjadi jingga	Terjadi perubahan warna menjadi orange atau jingga (Ikalinus dkk, 2015).
Saponin	Aquades HCl 2 N	+ (+) Terbentuk busa	Terbentuk buih atau busa stabil setinggi 1-10 cm (Supomo dkk., 2016).
Tanin	$FeCl_3$	(+) Terjadi perubahan warna larutan menjadi coklat kehitaman	Terjadi perubahan warna larutan menjadi hijau kecoklatan hingga kehitaman (Malik dkk., 2014).
Triterpenoid	<i>Liebermann-Burchard</i>	(-) Tidak terjadi perubahan pada larutan	Perubahan warna larutan menjadi jingga atau ungu mengandung terpenoid, hijau-biru mengandung steroid (Supomo dkk., 2016).

Berdasarkan hasil pengujian skrining fitokimia pada ekstrak buah belimbing wuluh menggunakan metode uji tabung menunjukkan hasil positif terhadap senyawa alkaloid, flavonoid, saponin dan tanin dan negatif mengandung senyawa triterpenoid. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sovia dan Ratwita (2020) bahwa ekstrak etanol buah belimbing wuluh positif mengandung senyawa metabolit sekunder golongan alkaloid, flavonoid, saponin dan tanin.

Skrining fitokimia metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa flavonoid secara kualitatif pada ekstrak etanol buah belimbing wuluh. Pada penelitian ini fase gerak yang digunakan adalah plat KLT silika gel GF₂₅₄ dengan ukuran panjang 5 cm dan lebar 1 cm dan jarak eluen 4 cm. Fase gerak yang digunakan adalah campuran *n*-heksan : etil asetat : toluen dengan perbandingan 2 : 4 : 2. Identifikasi bercak dilakukan dibawah sinar UV 254 nm plat KLT tampak berwarna gelap dan sampel tidak terlihat oleh pengamatan visual. Bercak yang tidak tampak pada panjang gelombang 254 nm

selanjutnya diidentifikasi pada sinar UV 366 nm.

Tabel 7. Hasil Uji KLT



Hasil pengamatan menunjukkan plat KLT berfluorosensi warna hijau kebiruan pada sinar UV 366 nm dan noda berwarna kuning setelah disemprot menggunakan $AlCl_3$ mengindikasikan adanya senyawa flavonoid. Fluorosensi cahaya yang tampak merupakan emisi cahaya yang dipancarkan oleh komponen ketika elektron yang tereksitasi dari tingkat energi dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Hasil uji penegasan identifikasi senyawa flavonoid pada ekstrak etanol buah belimbing wuluh menghasilkan nilai Rf 0,9 pada sinar UV 366 nm.

Pembuatan Fraksi

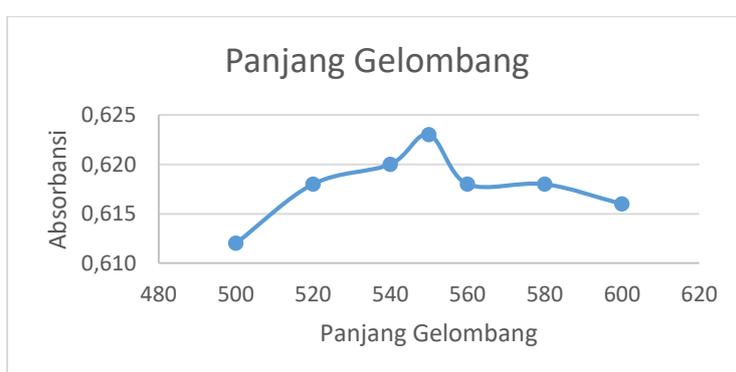
Fraksinasi merupakan proses pemisahan senyawa berdasarkan tingkat kepolarannya. Prinsip kerja metode ini yaitu suatu senyawa akan terlarut pada pelarut yang memiliki tingkat kepolaran yang sama. Pada penelitian ini ekstrak etanol buah belimbing wuluh di fraksinasi dengan metode partisi cair-cair menggunakan corong pisah dengan pelarut *n*-heksan, etil asetat dan etanol-air (Anggraini dkk., 2021). Fraksinasi dilakukan dengan menimbang sebanyak 10 gram ekstrak buah belimbing wuluh kemudian dilarutkan dengan aquades sebanyak 150 mL masukkan ke dalam corong pisah. Fraksinasi pertama ditambahkan dengan pelarut *n*-heksan sebanyak 150 mL kemudian di gojog dan didiamkan hingga terbentuk cairan 2 lapisan, ambil lapisan *n*-heksan (lapisan atas). Fraksinasi selanjutnya dilakukan dengan menambahkan pelarut etil asetat sebanyak 150 mL lalu digojog dan didiamkan kembali hingga terbentuk cairan 2 lapisan, ambil lapisan etil asetat. Fraksi air, etil asetat dan *n*-heksan selanjutnya dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* dan dikentalkan diatas waterbath kemudian ditimbang bobotnya dan dilakukan perhitungan rendemen fraksi. Hasil perhitungan rendemen dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Rendemen Fraksi Buah Belimbing Wuluh

Pelarut	Bobot Ekstrak (g)	Bobot Fraksi (g)	Rendemen (%)
Etanol-air	10	3,82	38,2
Etil asetat	10	4,17	41,7
n-Heksan	10	2,11	21,1

Uji Aktivitas Enzim α -Amilase

Pengukuran panjang gelombang maksimum dilakukan pada jarak panjang gelombang 500 – 600 nm, diperoleh hasil panjang gelombang maksimum yaitu 550 nm dengan nilai absorbansi 0,623. Panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada gambar.

**Gambar 2. Penentuan Panjang Gelombang**

Setelah melakukan penentuan panjang gelombang maksimum kemudian dilakukan pengujian untuk menetapkan *operating time* (OT). *Operating time* adalah waktu pengukuran yang digunakan untuk mengetahui waktu pengukuran yang stabil (Hidayah dkk., 2023). *Operating time* ditentukan dengan mengukur absorbansi dari panjang gelombang maksimum yang telah diketahui sebelumnya yaitu pada panjang gelombang 550 nm dalam waktu 20 menit dengan interval 2 menit. Hasil pengukuran *operating time* didapatkan pada menit ke 14.

Tabel 9. Penentuan *Operating Time*

Waktu (menit)	Absorbansi
0	0,027
2	0,024
4	0,023
6	0,023
8	0,022
10	0,022
12	0,022
14 (OT)	0,022
16	0,021
18	0,021
20	0,021

Uji aktivitas penghambatan enzim α -amilase terhadap ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh dilakukan berdasarkan intensitas warna biru dari kompleks iodium-amilum yang disebabkan adanya hidrolisis amilum oleh enzim α -amilase menjadi monosakarida yang tidak bereaksi dengan iodium (Hidayah dkk., 2023). IC_{50} merupakan konsentrasi dari senyawa atau ekstrak yang memiliki aktivitas penghambatan terhadap enzim α -amilase sebesar 50%. IC_{50} diperoleh dari suatu persamaan regresi linier yang menyatakan hubungan antara konsentrasi sampel sebagai variabel x dengan % penghambatan sebagai variabel y . Semakin kecil nilai IC_{50} maka aktivitas penghambatan senyawa atau ekstrak semakin baik (Dinnar, 2022). Pengujian aktivitas penghambatan enzim α -amilase dilakukan dengan melakukan uji terhadap blanko, kontrol blanko, sampel dan kontrol sampel. Sampel yang digunakan terdiri dari ekstrak etanol buah belimbing wuluh, fraksi n -heksan, fraksi etil asetat, fraksi air dan acarbose. Hasil pengujian penghambatan aktivitas enzim α -amilase dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 10. Hasil Uji Aktivitas Penghambatan Enzim α -amilase

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Penghambatan (%)	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
Acarbose	0,625	42,173	2.202
	1,25	47,391	
	2,5	56,086	
	5	56,956	
	10	66,521	
Ekstrak Etanol	12,5	48,26	5.581
	25	53,478	
	50	61,379	
	100	69,13	
	200	85,217	
Fraksi Air	12,5	11,739	76.725
	25	34,347	
	50	71,739	
	100	40,434	
	200	93,043	
Fraksi Etil Asetat	12,5	38,26	43.152
	25	43,913	
	50	56,956	
	100	66,521	
	200	88,695	
Fraksi n -heksan	12,5	40	55.447
	25	42,173	
	50	50,434	
	100	56,086	
	200	90,434	

Menurut Rabbaniyyah dkk. (2024) kategori nilai $IC_{50} \leq 25 \mu\text{g/mL}$ menandakan kekuatan yang sangat efektif; pada nilai $IC_{50} 25 - \leq 50 \mu\text{g/mL}$ menunjukkan aktivitas yang kuat; sedangkan pada nilai $IC_{50} 50 \leq 100 \mu\text{g/mL}$ menunjukkan kekuatan penghambatan yang kurang aktif; dan terakhir pada nilai $IC_{50} \geq 100 \mu\text{g/mL}$ menunjukkan aktivitas tidak aktif penghambatan. Hasil pengujian penghambatan aktivitas enzim α -amilase terhadap acarbose sebagai pembanding menunjukkan nilai IC_{50} 2.202 $\mu\text{g/mL}$. Hasil pengukuran penghambatan aktivitas enzim α -amilase pada sampel buah belimbing wuluh menunjukkan nilai IC_{50} sebagai berikut: ekstrak etanol diperoleh nilai IC_{50} sebesar 5.581 $\mu\text{g/mL}$, fraksi *n*-heksan diperoleh nilai IC_{50} sebesar 55.447 $\mu\text{g/mL}$, fraksi etil asetat diperoleh nilai IC_{50} sebesar 43.152 $\mu\text{g/mL}$ dan fraksi air diperoleh nilai IC_{50} sebesar 76.725 $\mu\text{g/mL}$. Berdasarkan hasil pengujian ekstrak etanol buah belimbing wuluh memiliki aktivitas penghambatan enzim α -amilase yang sangat efektif, pada fraksi etil asetat menunjukkan aktivitas yang kuat sedangkan fraksi *n*-heksan dan fraksi air menunjukkan kekuatan penghambatan yang kurang efektif.

Mekanisme penghambatan ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh terhadap enzim α -amilase dilibatkan dengan adanya kandungan senyawa flavonoid. Senyawa flavonoid memiliki potensi sebagai antidiabetes dalam meningkatkan sekresi GLP-1 yang dapat merangsang pulau langerhans dalam meregenerasi sel β pankreas dan merangsang sekresi insulin. Flavonoid dapat menurunkan kadar glukosa darah dengan perannya sebagai antioksidan. Penelitian yang dilakukan oleh Hamdanah dkk. (2015) menyebutkan bahwa dalam ekstrak etanol 96% buah belimbing wuluh mengandung senyawa flavonoid golongan isoflavon dan flavon. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusmiyati dkk. (2023) bahwa flavonoid yang diduga berperan dalam penghambatan enzim α -amilase adalah *luteolin* dan *quercetin*. *Luteolin* merupakan senyawa turunan flavon sebagai inhibitor α -amilase terbaik dengan reaksi flavonoid dan α -amilase menyebabkan penurunan aktivitas katalitik enzim yang bergantung pada dosisnya dimana hidroksilasi pada cincin C flavonoid dapat melemahkan afinitas pengikatan terhadap α -amilase.

Penelitian lain melaporkan bahwa pada ekstrak buah belimbing wuluh mengandung senyawa flavonoid jenis *dihydromyricetin* yang memiliki efek sebagai antidiabetes melalui *insulin sensititizer* dengan mekanisme menurunkan resistensi insulin dan meningkatkan pemasukan glukosa ke dalam membran sel (Anugrahini dan Wahyuni, 2021). Senyawa alkaloid juga dilaporkan dapat berfungsi untuk menurunkan kadar glukosa dalam darah dengan melakukan penghambatan pada saat terjadinya absorpsi glukosa. Gugus nitrogen pada alkaloid berfungsi sebagai penghambat kompetitif dengan menghalangi reaksi enzimatik. Senyawa saponin memiliki kerja dalam mengurangi kadar gula darah, anti bakteri dan virus. Adanya

aktivitas saponin dalam mengurangi kadar gula darah sehingga mengurangi penyerapan glukosa pada usus halus yang menyebabkan absorpsi makanan akan semakin lama dan kadar glukosa darah mengalami perbaikan (Rabbaniyyah dkk., 2024). Berdasarkan hasil penelitian ekstrak etanol buah belimbing wuluh dengan nilai IC_{50} sebesar 5.581 $\mu\text{g/mL}$ memiliki potensi yang sangat efektif untuk digunakan sebagai obat antidiabetes tipe 2 dibandingkan dengan fraksi air, fraksi etil asetat dan fraksi *n*-heksan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- 1) Ekstrak etanol dan fraksi buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) mempunyai aktivitas penghambatan enzim α -amilase dan dapat dimanfaatkan sebagai obat terapi antidiabetes tipe 2.
- 2) Daya hambat ekstrak etanol, fraksi air, fraksi etil asetat dan fraksi *n*-heksan terhadap enzim α -amilase yaitu berturut-urut adalah 5.581 $\mu\text{g/mL}$, 76.725 $\mu\text{g/mL}$, 43.152 $\mu\text{g/mL}$, dan 55.447 $\mu\text{g/mL}$.
- 3) Diantara ekstrak etanol, fraksi air, fraksi etil asetat dan fraksi *n*-heksan yang memiliki aktivitas penghambatan lebih baik adalah berturut-urut ekstrak etanol sebesar 5.581 $\mu\text{g/mL}$; fraksi etil asetat sebesar 43.152 $\mu\text{g/mL}$; fraksi *n*-heksan sebesar 55.447 $\mu\text{g/mL}$ dan fraksi air sebesar 76.725 $\mu\text{g/mL}$.

Saran

- 1) Memperdalam kembali mengenai faktor – faktor yang dibutuhkan dalam pengujian terhadap aktivitas penghambatan enzim α -amilase.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengembangkan ruang lingkup penelitian agar pengujian aktivitas penghambatan enzim α -amilase dapat dilakukan lebih spesifik.
- 3) Perlu dilakukan pengujian terhadap senyawa target yang diketahui memiliki aktivitas penghambatan enzim α -amilase yang baik.

REFERENSI

- Alhassan, A.M., & Ahmed, Q.U. (2017). *Averrhoa bilimbi* Linn.: A review of its ethnomedical uses, phytochemistry, and pharmacology. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 8(4), 265-271.
- Anggraini, P.H., Septiarini, A.D., & Wardani, T.S. (2021). Uji daya hambat ekstrak dan fraksi n-heksan, fraksi etil asetat, fraksi air daun kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. *Duta Pharma Journal*, 1(2), 8-19.
- Anugrahini, C.P.H., & Wahyuni, A.S. (2021). Aktivitas antidiabetes tanaman tradisional di Pulau Jawa. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 120-131.
- Ariandi. (2016). Pengenalan enzim amilase (alpha-amylase) dan reaksi enzimatisnya menghidrolisis amilosa pati menjadi glukosa. *Jurnal Dinamika*, 7(1), 74-78.
- DepKes RI. (2014). *Farmakope Indonesia* (Edisi V). Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Dewatisari, W.F., Rumiyantri, L., & Rakhmawati, I. (2017). Rendemen dan skrining fitokimia pada ekstrak daun *Sansevieria* sp. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 17(3), 197-202.
- Dinnar, N.L. (2022). Uji aktivitas penghambatan enzim alfa-amilase ekstrak dan fraksi daun binahong merah (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 3(10), 1361-1376.
- Erviani, A.E., Arif, A.R., & Nurfahmiatunnisa. (2019). Analisis rendemen dan skrining fitokimia ekstrak cacing laut *Eunice siciliensis*. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 10(1), 1-7.
- Hamdanah, S., Anam, S., & Jamaluddin. (2015). Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid dari ekstrak etanol buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dengan metode spektrofotometri UV-Vis. *Galenika Journal of Pharmacy*, 1(1), 22-34.
- Hidayah, N., Pratama, K.J., & Raharjo, D. (2023). Aktivitas penghambatan enzim alfa-amilase ekstrak dan fraksi daun nipah (*Nypa fruticans* Wurmb). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(25), 677-684.
- Ikalinus, R., Widyastuti, S.K., & Setiasih, N.L.E. (2015). Skrining fitokimia ekstrak etanol kulit batang kelor (*Moringa oleifera*). *Indonesia Medicus Veterinus*, 4(1), 71-79.
- Khotimah, K. (2016). Skrining fitokimia dan identifikasi metabolit sekunder senyawa karpain pada ekstrak metanol daun (*Carica pubescens* Lenne & K.Koch) dengan LC/MS. [Skripsi]. Universitas Negeri Malang.
- Kusmiyati, M., Sudaryat, Y., Rismiarti, Z., & Sari, E.D. (2023). Uji aktivitas ekstrak daun dan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) sebagai antidiabetes melalui inhibisi α -amilase. *Jurnal Riset Kesehatan*, 15(1), 163-171.
- Lisnawati, N., & Prayoga, T. (2020). Ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). Surabaya: Jakad Media Publishing.

- Malik, A., Edward, F., & Waris, R. (2014). Skrining fitokimia dan penetapan kandungan flavonoid total ekstrak metanolik herba boroco (*Celosia argentea* L.). *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 1(1), 1-5.
- Ningsih, A.W., Hanifa, I., & Hisbiyah, A.Y. (2020). Pengaruh perbedaan metode ekstraksi rimpang kunyit (*Curcuma domestica*) terhadap rendemen dan skrining fitokimia. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*, 2(2), 96-104.
- Nuraskin, C.A., Reca, & Mardelita, S. (2022). Identifikasi metabolit sekunder ekstrak buah belimbing wuluh geothermal non geothermal Aceh Besar. *Jurnal Mutiara Ners*, 5(2), 120-126.
- Pratiwi, S.A., Februyani, N., & Basith, A. (2023). Skrining dan uji penggolongan fitokimia dengan metode KLT pada ekstrak etanol kemangi (*Ocimum basilicum* L.) dan sereh dapur (*Cymbopogon citratus*). *Pharmacy Medical Journal*, 6(2), 140-147.
- Putra, I.M.W.A., Ate, O.T., Kusumawati, I.G.A.W., & Nursini, N.W. (2020). Antioxidant and inhibition of α -amylase activities of papasan (*Coccinia grandis* L. Voigt.) leaves and belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) fruits combined infusions. *Jurnal Kimia*, 14(2), 188-191.
- Putri, F.E., Diharmi, A., & Karnila, R. (2022). Identifikasi senyawa metabolit sekunder pada rumput laut cokelat (*Sargassum plagyophyllum*) dengan metode fraksinasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 15(1), 41-46.
- Rabbaniyyah, M., Dewi, Y.R., Al-Hasanah, F., Fadhilah, S.H., & Aisyah, S.N. (2024). Potensi antidiabetes fraksi n-heksana, fraksi metanol, dan ekstrak etanol jahe merah (*Zingiber officinale* var. rubrum) terhadap penghambatan enzim alfa-amilase. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 6(2), 328-337.
- Rahmawati, R.D. (2015). Pengaruh pemberian sari buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap kadar glukosa darah tikus Sprague Dawley. [Artikel penelitian].
- Roikah, S., Rengga, W.D.P., Latifah, & Kusumastuti, E. (2016). Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(1), 29-36.
- Sanjaya, I.K.N., Giantari, N.K.M., Widyastuti, M.D., & Laksmi, N.P.L. (2020). Ekstraksi katekin dari biji alpukat dengan variasi pelarut menggunakan metode maserasi. *Jurnal Kimia*, 4(1), 1-4.
- Saraswati, R.A., & Setyaningsih, E. (2018). Potensi tanaman belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap beberapa penyakit pada sistem cardiovascular. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III*, 155-160.
- Sayuti, M. (2017). Pengaruh perbedaan metode ekstraksi, bagian dan jenis pelarut terhadap rendemen dan aktivitas antioksidan bambu laut (*Isis hippuris*). *Journal of Technology Science and Engineering*, 1(3), 166-174.
- Shoffiyanti, N.F., Dwita, L.P., & Anggia, V. (2019). Penghambatan α -amilase dan aktivitas antioksidan ekstrak etanol 70% daun alpukat. *Prosiding POKJANAS TOI*, 105-110.

- Supomo, R. (2016). Karakterisasi dan skrining fitokimia daun kerahu (*Callicarpa longifolia* Lamk.). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2), 89-96.
- Suryaningsih, S. (2016). Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) sebagai sumber energi dalam sel galvani. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 6(1), 11-17.
- Tetti, M. (2014). Ekstraksi, pemisahan senyawa dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan*, 2(2), 361-367.
- Wahyuntari, B. (2011). Penghambat α -amilase: Jenis, sumber, dan potensi pemanfaatannya dalam kesehatan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 22(2), 197-201.
- Yandri, Nadila, N., Suhartati, T., Satria, H., & Hadi, S. (2020). Peningkatan kestabilan enzim α -amilase dengan penambahan gliserol. *Analytical and Environmental Chemistry*, 5(2), 143-154.