

# Potensi inhibisi enzim $\alpha$ -Amilase oleh cuka buah belimbing wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*) sebagai aktivitas antidiabetik in vitro

## *Inhibitory potential of star fruit vinegar (Averrhoa Bilimbi L.) on $\alpha$ -Amylase enzyme as in vitro antidiabetic activity*

SAGO: Gizi dan Kesehatan  
2026, Vol. 7(1) 128-138  
© The Author(s) 2026



DOI: <http://dx.doi.org/10.30867/gikes.v7i1.2947>  
<https://ejournal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/gikes>



Poltekkes Kemenkes Aceh

Imma Fatayati<sup>1\*</sup>, Febiola Panjaitan<sup>2</sup>, Hendra Budi Sungkawa<sup>3</sup>,  
Ratih Indrawati<sup>4</sup>, Wahdaniah<sup>5</sup>

### Abstract

**Background:** Diabetes mellitus (DM) is a noncommunicable disease with a high prevalence worldwide. One management strategy for DM involves the control of postprandial glucose levels. Starfruit vinegar (*Averrhoa bilimbi L.*) is a fermented product containing acetic acid and secondary metabolites, particularly flavonoids, which have the potential to inhibit  $\alpha$ -amylase activity, thereby helping to regulate postprandial glucose levels.

**Objectives:** This study aimed to identify the antidiabetic activity of starfruit vinegar by inhibiting  $\alpha$ -amylase enzyme activity.

**Methods:** This study utilized an in vitro experimental design and was conducted at the Testing Laboratory of Poltekkes Kemenkes Pontianak from February to June 2025. The treatment groups comprised starfruit (*Averrhoa bilimbi*) vinegar at concentrations of 3000, 3500, 4000, 4500, and 5000 ppm, each with five replicates (25 samples). The positive control group was treated with acarbose (five samples).  $\alpha$ -Amylase inhibitory activity was assessed using the Fuwa method and measured using a UV-Vis spectrophotometer at the maximum absorption wavelength. The IC<sub>50</sub> values and statistical analysis were determined using a linear regression test.

**Results:** Both starfruit vinegar and acarbose significantly inhibited  $\alpha$ -amylase, with a p-value of 0,008 (p < 0,05). The IC<sub>50</sub> value of starfruit vinegar was 2822 mg/ml, indicating very weak inhibitory activity. However, similar to the positive control, acarbose (2548.463 mg/ml) showed weak inhibitory activity.

**Conclusion:** The significant p-value indicates that star fruit vinegar effectively inhibited  $\alpha$ -amylase activity. The IC<sub>50</sub> value, comparable to that of acarbose, suggests that star fruit vinegar has potential inhibitory activity similar to that of the positive control and may serve as a natural antidiabetic agent.

### Keywords:

DM, Starfruit Vinegar,  $\alpha$ -Amylase

### Abstrak

**Latar belakang:** Diabetes melitus (DM) adalah penyakit ini tidak menular dan memiliki jumlah penderita yang signifikan secara global. Salah satu penanganan DM dengan kontrol kadar gula darah *postprandial*. Cuka buah belimbing wuluh merupakan salah satu produk fermentasi yang mengandung asam asetat dan senyawa metabolit sekunder salah satunya flavonoid yang berpotensi menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase sehingga dapat mengontrol kadar gula *postprandial*.

**Tujuan:** Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi aktivitas cuka buah belimbing wuluh sebagai antidiabetik dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase.

<sup>1</sup> Poltekkes Kemenkes Pontianak. E-mail: [immafataya@gmail.com](mailto:immafataya@gmail.com)

<sup>2</sup> Poltekkes Kemenkes Pontianak. E-mail: [febiolapanjaitan8@gmail.com](mailto:febiolapanjaitan8@gmail.com)

<sup>3</sup> Poltekkes Kemenkes Pontianak. E-mail: [hendrabudis.budis@gmail.com](mailto:hendrabudis.budis@gmail.com)

<sup>4</sup> Poltekkes Kemenkes Pontianak. E-mail: [indrawati.haykal@gmail.com](mailto:indrawati.haykal@gmail.com)

<sup>5</sup> Poltekkes Kemenkes Pontianak. E-mail: [wahdasabolakna@gmail.com](mailto:wahdasabolakna@gmail.com)

### Penulis Koresponding:

**Imma Fatayati:** Poltekkes Kemenkes Pontianak. E-mail: [immafataya@gmail.com](mailto:immafataya@gmail.com)

Diterima: 21/10/2025

Revisi: 07/11/2025

Disetujui: 17/11/2025

Diterbitkan: 14/04/2026

**Metode:** Desain Penelitian menggunakan experimental (In Vitro), dilakukan di Laboratorium Pengujian Poltekkes Kemenkes Pontianak, pada bulan Februari - Juni 2025. Kelompok perlakuan yaitu cuka belimbing wuluh dengan konsentrasi 3000 ppm, 3500 ppm, 4000 ppm, 4500 ppm, dan 5000 ppm dan 5 kali replikasi pada setiap konsentrasi dengan total jumlah sampel (25 sampel), serta kontrol positif menggunakan *acarbose* (5 sampel). Nilai Inhibisi enzim  $\alpha$ -amilase didapatkan menggunakan metode fuwa dan alat spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang maksimal. Nilai  $IC_{50}$  dan statistik didapatkan menggunakan uji regresi linear.

**Hasil:** Cuka belimbing wuluh dan *acarbose* sama-sama berpengaruh signifikan menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase dengan nilai  $p = 0,008$  ( $p < 0,05$ ). Nilai  $IC_{50}$  cuka buah belimbing wuluh yaitu sebesar 2822 mg/ml, kategori aktivitas inhibisi sangat lemah, namun mendekati nilai  $IC_{50}$  kontrol positif *acarbose* yaitu sebesar 2548,463 mg/ml, kategori aktivitas inhibisi sangat lemah juga.

**Kesimpulan:** Nilai  $p$  yang signifikan menunjukkan cuka belimbing wuluh mampu menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase secara bermakna. Dengan nilai  $IC_{50}$  cuka belimbing wuluh mendekati *acarbose*, mengindikasikan hambatan mendekati kontrol positifnya, sehingga berpotensi menjadi antidiabetik alami.

#### Kata Kunci:

DM, cuka belimbing wuluh,  $\alpha$ -Amilase

## Pendahuluan

**D**iabetes melitus (DM) adalah kondisi medis jangka panjang yang berhubungan dengan metabolisme. Penyakit ini tidak menular dan memiliki jumlah penderita yang meningkat secara signifikan di seluruh dunia. Menurut laporan *International Diabetes Federation* (IDF) tahun 2021, saat ini ada 536,6 juta individu yang hidup dengan diabetes secara global, dan angka ini diproyeksikan akan terus bertambah. Dengan 19,5 juta kasus pada tahun tersebut, Indonesia menduduki posisi kelima di dunia sebagai negara dengan populasi penderita diabetes tertinggi (IDF, 2021). *Diabetes Melitus dapat dibagi menjadi 2 tipe. DM tipe 1* terjadi akibat kerusakan berat pada pankreas yang menyebabkan sekresi insulin sangat rendah bahkan tidak ada, sehingga tubuh memerlukan pemberian insulin dari luar. Sebaliknya, *diabetes melitus tipe 2 terjadi akibat kombinasi antara ketidakcukupan sekresi insulin oleh sel  $\beta$  pankreas dan resistensi insulin pada jaringan target. Kondisi ini menyebabkan tubuh tidak mampu mengatur kadar glukosa darah secara efektif sehingga hiperglikemia berkembang secara progresif* (Lu et al., 2024). Jenis DM yang paling banyak dijumpai di Indonesia adalah *tipe 2*, yang prevalensinya jauh lebih tinggi dibandingkan bentuk lainnya (IDF, 2021). Pengendalian kadar glukosa setelah makan (postprandial) adalah cara utama untuk mencegah Diabetes Melitus tipe 2, terutama dengan cara menonaktifkan enzim yang menguraikan karbohidrat (Santoso et al., 2017).

Enzim  $\alpha$ -amilase merupakan enzim yang berperan dalam menguraikan oligosakarida maupun disakarida menjadi monosakarida yang dapat diserap oleh tubuh. Penghambatan terhadap

$\alpha$ -amilase akan memperlambat pemecahan karbohidrat, sehingga penyerapan glukosa berkurang dan konsentrasi glukosa plasma setelah makan dapat lebih terkontrol. Salah satu obat farmakologis yang bekerja dengan mekanisme ini adalah *acarbose*, yang menghambat  $\alpha$ -amilase sehingga memperlambat hidrolisis karbohidrat dan disakarida, sekaligus menunda konversi sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, sehingga penyerapan glukosa pasca makan berlangsung lebih lambat (Pambudi et al., 2021). Penggunaan obat dalam jangka panjang secara terus-menerus dapat menimbulkan dampak merugikan seperti mual dan diare, hipoglikemia, dan gangguan pada saluran cerna lainnya (Adiputra, 2023). Kondisi tersebut menegaskan pentingnya pemanfaatan senyawa alami sebagai alternatif lain dalam penatalaksanaan DM.

Dikenal sebagai tanaman obat tradisional, belimbing wuluh memiliki beragam khasiat yang berguna dalam terapi pengobatan, termasuk dalam penanganan DM, hipertensi, dislipidemia, batuk, dan hiperkolesterolemia (Saraswati & Setyaningsih, 2018). Potensi pengobatan dari buah ini dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktif di dalamnya. Hasil skrining fitokimia kualitatif ekstrak belimbing wuluh oleh (Kusuma et al., 2023) menunjukkan adanya metabolit sekunder berupa alkaloid, flavonoid, saponin, dan terpenoid. Flavonoid mampu menetralkan radikal bebas melalui pemutusan rantai reaksi radikal, sehingga komplikasi DM dapat dicegah. Selain itu, flavonoid juga memiliki aktivitas antidiabetes dengan kemampuan meregenerasi sel pulau *langerhans*. Dengan adanya perbaikan pada sel, produksi

insulin menjadi lebih tinggi. Peningkatan insulin ini memungkinkan glukosa diserap oleh sel, yang berefek pada penurunan kadar gula darah (Indrayani & Mustarichie, 2020). Flavonoid berfungsi sebagai inhibitor non-kompetitif dengan menempel pada sisi pengikat sekunder enzim sehingga menghambat aktivitas enzim. Alkaloid menghambat penyerapan glukosa, yang kemudian berdampak pada penurunan kadar gula darah. Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dapat mengalami penurunan drastis hingga berhenti sepenuhnya karena alkaloid meniru struktur substrat dan bersaing dalam menempati sisi aktif enzim (Alda, 2022).

Hasil penelitian terdahulu mengungkapkan bahwa ekstrak belimbing wuluh memiliki kemampuan menghambat enzim  $\alpha$ -amilase lebih tinggi dibandingkan *acarbose*, yang ditunjukkan melalui nilai  $IC_{50}$  masing-masing 16,1616 ppm dan 32,0397 ppm (Kusmiyati et al., 2023). Proses pembuatan ekstrak tersebut membutuhkan biaya tinggi serta teknik pengerjaan yang relatif rumit bagi masyarakat umum. Salah satu pilihan untuk memanfaatkan buah belimbing wuluh adalah dengan menjadikannya sebagai bahan baku cuka (Laily et al., 2019). Cuka dari buah-buahan terbukti bermanfaat untuk kesehatan, termasuk menurunkan kadar gula pada penderita diabetes, dengan keunggulan proses produksi yang lebih sederhana dan ekonomis. Cuka pedada, misalnya, ketika diinduksi pada tikus diabet dengan dosis 0,4 ml per ekor per hari selama 14 hari dilaporkan terjadi penurunan kadar glukosanya (Hardoko, 2020). Bukti serupa ditunjukkan dalam penelitian (Yasmin et al., 2023), yang melaporkan bahwa cuka nipah pada konsentrasi 4000 mg/ml mampu menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dengan nilai  $IC_{50}$  sebesar  $90,30 \pm 1,7$  mg/ml.

Metode spektrofotometri UV dapat membaca panjang gelombang dari 200-400 nm dan panjang gelombang *Visibel* 400-700 nm (Elsan & Minarsih, 2022). Sedangkan pengukuran aktivitas antidiabetes cuka buah belimbing wuluh ini dapat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis mulai dari panjang gelombang 570 nm (Yasmin et al., 2023). Oleh karena itu metode spektrofotometri dipilih dalam penelitian ini. Selain itu spektrofotometri UV-Vis juga lebih efisien dan sederhana daripada metode lainnya (Elsan & Minarsih, 2022).

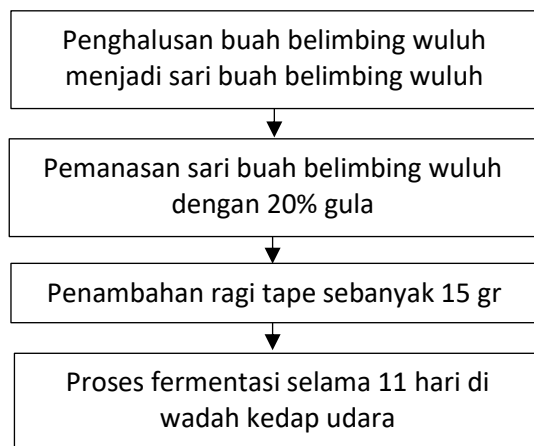
Penelitian ini bertujuan bertujuan untuk menganalisis aktivitas antidiabetik. Selain itu cuka belimbing wuluh lebih ekonomis dan mudah diproduksi dari pada ekstrak, namun tetap dapat berpotensi sebagai antidiabetik yang dapat dimanfaatkan penderita DM tipe 2. cuka buah belimbing wuluh melalui penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase secara *in vitro* menggunakan metode spektrofotometri.

## Metode

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *experimental* dengan studi *In Vitro*, teknik penentuan sampel adalah *purposive sampling* pada sampel buah belimbing wuluh yang berwarna hijau, tidak busuk dan tidak berlubang. Kelompok perlakuan yaitu cuka buah belimbing wuluh dengan konsentrasi 3000 ppm, 3500 ppm, 4000 ppm, 4500 ppm, dan 5000 ppm dan 5 kali replikasi pada setiap konsentrasi dengan total jumlah sampel (25 sampel), serta kontrol positif menggunakan *acarbose* (5 sampel). Nilai Inhibisi enzim  $\alpha$ -amilase didapatkan menggunakan metode fuwa dan diukur absorbansi dengan spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang maksimal. Nilai  $IC_{50}$  didapatkan menggunakan persamaan regresi linear. Tempat dan waktu penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Poltekkes Kemenkes Pontianak pada bulan Februari – Juni 2025.

## Pembuatan cuka buah belimbing wuluh

Buah belimbing wuluh didapat dari Pasar Kemuning, Pontianak Selatan, Kota Pontianak. Dipilih yang berwarna hijau, tidak busuk dan tidak berlubang. Dibersihkan dan dipotong, kemudian ditimbang sebanyak 2 kg. Buah belimbing dihaluskan dengan menambahkan air sebanyak 2 liter. Setelah halus, pisahkan sari buah dari ampas menggunakan saringan. Uji kadar gula dengan *hand refractometer*. Teteskan 1-3 tetes sampel cair pada prisma. Dibaca hasil yang tertera pada *refractometer*. Selanjutnya panaskan 2 liter sari buah belimbing wuluh dan gula pasir sebanyak 20%. panaskan hingga gula larut dan mendidih. Didinginkan larutan pada suhu ruang. Ditambahkan ragi tape sebanyak 15 gr ke dalam larutan buah belimbing wuluh, kemudian diaduk hingga rata. Dimasukkan ke dalam toples kaca dan ditutup rapat. Lakukan fermentasi selama 11 hari.



**Gambar 1.** Alur pembuatan cuka belimbing wuluh

### Metode Pengumpulan Data

#### Uji organoleptis cuka buah belimbing wuluh

Larutan cuka dimasukkan ke dalam *beaker glass* untuk diuji sifat organoleptiknya, yaitu bau, warna, dan rasa. Hasil pengujian ini kemudian dicocokkan dengan standar yang ditetapkan dalam SNI 01-3711-1995, di mana persyaratan standarnya adalah berbentuk cairan encer dan memiliki bau khas asam asetat (Dona et al., 2024).

#### Standarisasi NaOH 0,1 N dengan asam oksalat

Pipet 10 ml asam oksalat ke dalam Erlenmeyer. Tiga tetes indikator PP 1% ditambahkan dan dilakukan titrasi menggunakan NaOH 0,1 N sampai warna berubah menjadi merah muda yang menandakan sudah mencapai titik akhir (Iswandi et al., 2023).

$N_{\text{NaOH}} (N)$ :

$$V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} = V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \times N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$$

#### Uji kadar asam asetat cuka buah belimbing wuluh

Prosedur dimulai dengan mengambil 10 ml sampel dan menambahkan 3 tetes indikator PP 1%. Campuran tersebut dititrasi dengan NaOH 0,1 N yang terstandar hingga mencapai titik akhir (tidak hilang warna merah muda selama 30 detik). Kemudian asam asetat dihitung totalnya dengan rumus (Rahmawati et al., 2021):

Kadar As. Asetat (%):

$$\frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times \text{BE CH}_3\text{COOH} \times \text{f. pengenceran}}{V_{\text{sampel}} (\text{ml})}$$

× 100

Keterangan:

BE CH<sub>3</sub>COOH : 60,05

Faktor Pengenceran : 10

#### Uji pH cuka buah belimbing wuluh

Kalibrasi pH meter sesuai larutan buffer pH 4 dan dibilas dengan *aquadest*, kemudian keringkan dengan *tissue*. Dicelupkan elektroda ke dalam *beaker glass* berisi 20 ml sampel. Diamkan elektroda beberapa saat hingga nilai pH tidak berubah (stabil). Dibaca hasil yang tertera pada pH meter (Idayanti & Rosida, 2022).

#### Uji skrining fitokimia cuka buah belimbing wuluh

##### a) Flavonoid (Alda, 2022)

Dipipet sampel sebanyak 1 ml, kemudian dilarutkan dengan metanol. Dimasukkan larutan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan HCl pekat sebanyak 1 ml dan serbuk magnesium. Positif mengandung flavonoid ditandai adanya warna jingga atau warna merah.

##### b) Tanin (Wahid & Safwan, 2020)

Sampel sebanyak 1 ml dipipet ke tabung reaksi, dan direaksikan menggunakan FeCl<sub>3</sub> 1% sebanyak 3-5 tetes. Positif mengandung senyawa tanin adalah terbentuknya warna biru tua atau warna hitam kehijauan

##### c) Alkaloid (Alda, 2022)

Prosedur diawali dengan melarutkan sampel dalam campuran 9 ml *aquadest* dan 1 ml HCl 2 N. Panaskan selama 2 menit, dinginkan, dan saring. Setelah itu, ditambahkan pereaksi *Mayer* pada filtratnya 3-5 tetes. Apabila muncul endapan berwarna putih maka terdapat alkaloid.

##### d) Saponin (Alda, 2022)

Prosedur pengujian melibatkan pencampuran 1 ml sampel dengan 10 ml air hangat dan dihomogenkan selama 10 menit. Terdapatnya buih yang stabil dan tetap ada setelah 10 menit lamanya menjadi kriteria untuk menyatakan bahwa sampel tersebut mengandung saponin.

##### e) Terpenoid (Wahid & Safwan, 2020)

Sampel dipipet sebanyak 2 ml dan ditambahkan CH<sub>3</sub>COOH sebanyak 10 tetes dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat sebanyak 2 tetes, kemudian homogenkan dan biarkan beberapa menit. Apabila terbentuk warna ungu atau merah maka sampel mengandung senyawa terpenoid.

#### Penentuan panjang gelombang maksimum

Campuran yang terdiri dari larutan amilum 1%, enzim α-amilase, dan buffer fosfat pH 6 berturut-turut sebanyak 1 ml, 1 ml dan 2 ml dihomogenkan dan diinkubasi. Proses reaksi diakhiri dengan penambahan HCl 1 N sebanyak 1 ml. Tambahkan indikator *iodine-iodide* sebanyak 0,1 ml (Alda,

2022). Selanjutnya dilakukan pengukuran serapan larutan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, yang diawali dari panjang gelombang 570 nm (Yasmin et al., 2023).

### Penentuan kurva standar

#### 1) Pembuatan larutan induk amilum 1%

Amilum seberat 2 gram diencerkan sampai volume totalnya mencapai tanda batas labu ukur 200 ml dengan aquadest. Setelah homogen, larutan induk ini digunakan untuk menyiapkan seri konsentrasi yang telah ditentukan.

#### 2) Pembuatan larutan standar amilum

Dipipet 2,5 ml larutan induk amilum 1% dan ditambahkan *aquadest* hingga volume mencapai 25 ml sehingga diperoleh konsentrasi 0,1%. Dipipet 5 ml larutan induk amilum 1% dan ditambahkan *aquadest* hingga volume mencapai 25 ml sehingga diperoleh konsentrasi 0,2%. Dipipet 7,5 ml larutan induk amilum 1% dan ditambahkan *aquadest* hingga volume mencapai 25 ml sehingga diperoleh konsentrasi 0,3%. Dipipet 10 ml larutan induk amilum 1% dan ditambahkan *aquadest* hingga volume mencapai 25 ml sehingga diperoleh konsentrasi 0,4%. Dipipet 12,5 ml larutan induk amilum 1% dan ditambahkan *aquadest* hingga volume mencapai 25 ml sehingga diperoleh konsentrasi 0,5%. Dipipet larutan standar konsentrasi 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, dan 0,5% masing-masing sebanyak 1 ml. Setelah penambahan buffer fosfat pH 6,9 sebanyak 2 ml dan homogenisasi, larutan diinkubasi 30 menit pada 37°C. Penambahan HCl 1 N sebanyak 1 ml untuk mengakhiri reaksi. Selanjutnya, *iodine-iodide* 1% ditambahkan sebanyak 0,1 ml indikator, maka akan membentuk warna biru atau ungu. Langkah terakhir adalah mengukur serapan larutan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

### Pengujian aktivitas inhibisi enzim $\alpha$ -amilase

#### 1) Larutan blanko

Prosedur dimulai dengan mencampur amilum 1% sebanyak 1 ml, *aquadest* sebanyak 1 ml, dan *buffer* fosfat pH 6,9 sebanyak 2 ml di dalam tabung reaksi. Setelah homogenisasi, inkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Hentikan proses dengan menambahkan HCl 1 N sebanyak 1 ml. Selanjutnya, larutan diberi indikator *iodine-iodide* 1% sebanyak 0,1 ml, kemudian ukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

#### 2) *Acarbose*

Prosedur dimulai dengan memipet larutan amilum 1% sebanyak 1 ml ke tabung reaksi, diikuti dengan

penambahan 1 ml larutan *acarbose* dari rentang konsentrasi 3000 ppm, 3500 ppm, 4000 ppm, 4500 ppm, dan 5000 ppm. Lalu tambah enzim  $\alpha$ -amilase ml dan buffer fosfat pH 6,9 secara berturut-turut sebanyak 1 ml dan 2 ml, dihomogenkan dan diinkubasi 30 menit suhu 37°C. Untuk menghentikan reaksi, tambahkan HCl 1 N sebanyak 1 ml, diikuti dengan indikator *iodine-iodide* 1% sebanyak 0,1 ml. Ukur serapan larutan dengan spektrofotometer UV-Vis.

#### 3) Larutan cuka

Prosedurnya melibatkan reaksi antara larutan amilum 1% sebanyak 1 ml dan larutan cuka buah belimbing wuluh sebanyak 1 ml konsentrasi 3000 ppm, 3500 ppm, 4000 ppm, 4500 ppm, dan 5000 ppm di dalam tabung reaksi. Lalu tambah enzim  $\alpha$ -amilase ml dan buffer fosfat pH 6,9 secara berturut-turut sebanyak 1 ml dan 2 ml, dihomogenkan dan diinkubasi 30 menit suhu 37°C. Untuk menghentikan reaksi, tambahkan HCl 1 N sebanyak 1 ml, diikuti dengan indikator *iodine-iodide* 1% sebanyak 0,1 ml, ukur serapan larutan dengan spektrofotometer UV-Vis.

### Analisis data

Hitung % aktivitas *inhibitor* enzim dengan rumus:

$$\text{inh (\%)} = 1 - \left( \frac{Ac - As}{Ac} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

Ac : Penyerapan larutan uji blanko

As : Penyerapan larutan uji dengan sampel

Dilanjutkan perhitungan nilai  $IC_{50}$  menggunakan persamaan uji regresi linear  $y = ax + b$  dan dihitung dengan rumus:

$$IC_{50} = \left( \frac{50 - b}{a} \right)$$

### Hasil

#### Hasil Uji Kadar Gula dengan *Hand Refractometer*

Kadar gula yang sari buah belimbing wuluh yaitu sebesar 1,6%.

#### Hasil Uji Organoleptis

Hasil uji organoleptis cuka belimbing wuluh pada tabel yaitu berwarna hijau keruh, berbau khas asam asetat dan berbentuk cair.

#### Hasil Uji Kadar Asam Asetat

Hasil uji kadar asam asetat cuka buah belimbing wuluh dengan 2 kali pengulangan diperoleh rata-rata yaitu sebesar 7,18%.

### Hasil Uji pH

Uji pH dilakukan di Laboratorium Pengujian Politeknik Kesehatan Pontianak. Diperoleh hasil pH cuka buah belimbing wuluh sebesar 1,91.

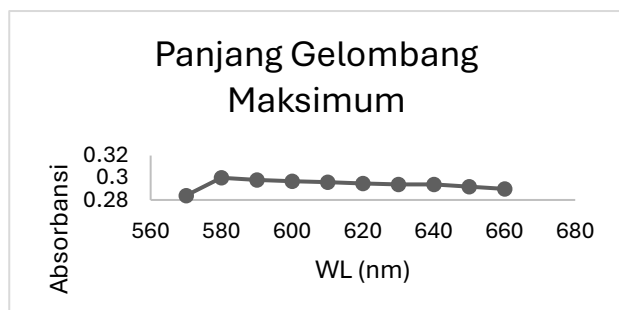
### Hasil Uji Skrining Fitokimia

Pengujian skrining fitokimia dilaksanakan di fasilitas Laboratorium Pengujian Politeknik Kesehatan Pontianak. Hasil dari uji skrining fitokimia terhadap cuka buah belimbing wuluh disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji Skrining Fitokimia Cuka Buah Belimbing Wuluh

Metabolit Sekunder	Metode	Hasil	Keterangan
Flavonoid	Mg + HCl	(+) Positif	Warna jingga
Saponin	Aquadest	(+) Positif	Terbentuk busa
Tanin	FeCl <sub>3</sub>	(+) Positif	Warna biru tua
Alkaloid	Mayer	(+) Positif	Endapan kuning
Terpenoid	CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(-) Negatif	Tak berwarna

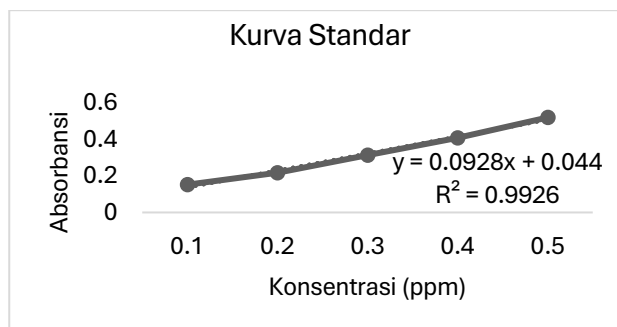
### Penentuan Panjang Gelombang Maksimum



**Gambar 2.** Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Didapatkan panjang gelombang maksimum adalah 580 nm. Pembacaan pada lamda 570–660 nm.

### Penentuan Kurva Standar



**Gambar 3.** Kurva Standar

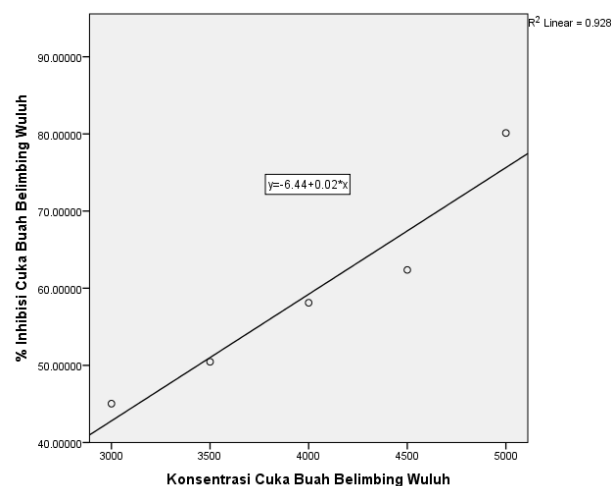
Berdasarkan gambar 3, absorbansi larutan amilum dengan konsentrasi 0,5%; 0,4%; 0,3%; 0,2% dan 0,1% berturut-turut adalah 0,152; 0,217; 0,314; 0,409; dan 0,520 maka didapatkan kurva standar amilum dengan nilai r (linearitas) sebesar 0,9926 dan persamaan regresi linear  $y = 0,0928x + 0,044$ , nilai y adalah nilai absorbansi dan x adalah nilai konsentrasi dari sampel.

### Uji Aktivitas Inhibitor Enzim $\alpha$ -Amilase Cuka Buah Belimbing Wuluh Metode Fuwa

**Tabel 2.** Aktivitas Inhibitor Enzim  $\alpha$ -Amilase Cuka Buah Belimbing Wuluh

Konsentrasi (ppm)	% Inhibisi	Persamaan ( $y = bx + a$ )	IC <sub>50</sub> (mg/ml)
3000	45,0366	$y = -6,44 + 0,02x$	2882
3500	50,4645		
4000	58,1173		
4500	62,3716		
5000	80,1222		

Berdasarkan tabel 2, persen inhibisi untuk cuka buah belimbing wuluh dengan konsentrasi 3000ppm; 3500ppm; 4000ppm; 4500ppm, dan 5000ppm didapatkan berturut-turut yaitu 45,03667%; 50,46455%; 58,11736%; 62,37164%; dan 80,12225%.



**Gambar 4.** Kurva Hubungan Konsentrasi Cuka Belimbing Wuluh dengan nilai % Inhibisi.

Berdasarkan gambar 4, persamaan regresi linear adalah  $y = -6,44 + 0,02x$ . Persamaan linear tersebut, koefisien y yang bernilai 50 merepresentasikan IC<sub>50</sub>, sementara koefisien x adalah konsentrasi cuka buah belimbing wuluh

dalam satuan ppm yang dicari nilainya. Dari persamaan di atas, dapat diketahui nilai IC<sub>50</sub> cuka buah belimbing wuluh sebagai berikut:

$$IC_{50} = \left( \frac{50 - (-6,44)}{0,02} \right)$$

$$IC_{50} = 2822 \text{ mg/ml}$$

Didapatkan nilai IC<sub>50</sub> cuka belimbing wuluh adalah 2822 mg/ml menandakan kemampuan penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase oleh cuka belimbing wuluh termasuk kategori sangat lemah.

### Uji Aktivitas Inhibitor Enzim $\alpha$ -Amilase *Acarbose* Metode Fuwa

**Tabel 3.** Aktivitas Inhibitor Enzim  $\alpha$ -Amilase *Acarbose* Metode Fuwa

Konsentrasi (ppm)	% Inhibisi	Persamaan ( $y = bx + a$ )	IC <sub>50</sub> (mg/ml)
3000	52,6894	$y = 39,22 + 0.00423x$	2548,463
3500	53,3007		
4000	55,1344		
4500	59,2909		
5000	60,2689		

Berdasarkan tabel 3, persen inhibisi untuk *acarbose* dengan konsentrasi 3000ppm; 3500ppm; 4000ppm; 4500ppm, dan 5000ppm didapatkan berturut-turut yaitu 52,689949%; 53,30073%; 55,13447%; 59,299095%; dan 60,26895%.

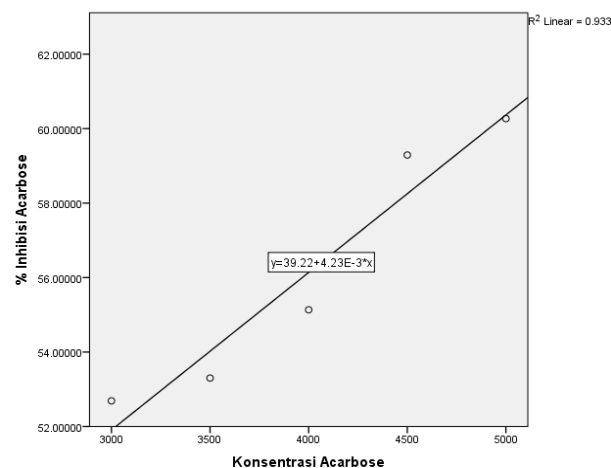
### Uji Regresi Linear inhibisi $\alpha$ -Amilase oleh Cuka Belimbing Wuluh dan *Acarbose*

**Tabel 4.** Koefisien Regresi Linear

Variabel	Nilai				
	B	Std. Error	R	R <sup>2</sup>	Sig
Cuka Buah belimbing Wuluh	0,016	0,003	0,963 <sup>a</sup>	0,928	0,008
<i>Acarbose</i>	0,004	0,001	0,966 <sup>a</sup>	0,933	0,008

Berdasarkan tabel 4, koefisien regresi (B) cuka buah belimbing wuluh sebesar 0,016 menunjukkan setiap peningkatan konsentrasi cuka belimbing wuluh dapat menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase sebesar 0,016. Dengan standar error 0,003 jauh lebih kecil dari pada koefisien (B), ini menunjukkan bahwa korelasi kuat dan dapat dipercaya. Nilai R 0,963 mendekati 1, menandakan hubungan antara cuka belimbing wuluh dan enzim  $\alpha$ -Amilase kuat. Dengan kemampuan hambatan (R<sup>2</sup>) sebesar 92,8% dari cuka buah belimbing wuluh. Dan berdasarkan nilai signifik 0,008 < 0,05 menegaskan bahwa cuka belimbing wuluh signifikan mampu menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase.

Koefisien regresi (B) *acarbose* sebesar 0,004 menunjukkan setiap peningkatan konsentrasi



**Gambar 5.** Kurva Hubungan Konsentrasi *Acarbose* dengan nilai % Inhibisi.

Berdasarkan gambar 5, persamaan regresi linear tersebut adalah  $y = -39,22 + 0.00423x$ . Dari persamaan di atas, dapat diketahui nilai IC<sub>50</sub> *acarbose* sebagai berikut:

$$IC_{50} = \left( \frac{50 - 39,22}{0,00423} \right)$$

$$IC_{50} = 2548,463 \text{ mg/ml}$$

Didapatkan nilai IC<sub>50</sub> *acarbose* adalah 2548,463 mg/ml menandakan kemampuan penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase oleh *acarbose* termasuk kategori sangat lemah.

*acarbose* dapat menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase sebesar 0,004. Dengan standar error 0,001 lebih kecil dari pada koefisien (B), ini menunjukkan bahwa korelasi kuat dan dapat dipercaya. Nilai R 0,966 mendekati 1, menandakan hubungan antara *acarbose* dan enzim  $\alpha$ -Amilase kuat. Dengan kemampuan hambatan (R<sup>2</sup>) sebesar 93,3% dari *acarbose*. Dan berdasarkan nilai signifik 0,008 < 0,05 menegaskan bahwa *acarbose* signifikan mampu menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase.

### Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan kadar asam asetat sebesar 7,19%, pH 1,91, serta karakteristik

organoleptik berupa cairan berwarna hijau keruh dengan aroma khas asam asetat. Berdasarkan standar SNI 01-3711-1995, cuka makanan harus memiliki kadar asam asetat 4–12,5%, berbentuk cair, dan beraroma asam asetat, sehingga produk belimbing wuluh ini telah memenuhi kriteria tersebut. Temuan ini sejalan dengan laporan (Susantyo et al., 2020) pada cuka buah ceremei yang memiliki kadar asam asetat 7,76% dengan aroma serupa. Tingginya kandungan asam asetat pada cuka belimbing wuluh dipengaruhi oleh lamanya proses fermentasi, yang memungkinkan bakteri *Acetobacter aceti* lebih banyak mengubah alkohol menjadi asam asetat (Linda & Sari, 2024). Nilai pH yang rendah juga berkorelasi dengan tingginya konsentrasi asam asetat yang terbentuk.

Kurva standar dibuat dari lima konsentrasi amilum, menghasilkan koefisien linearitas 0,9926, mendekati nilai +1, yang menunjukkan hubungan positif antara peningkatan konsentrasi dan nilai absorbansi. Hasil ini sejalan dengan temuan Bahdanovich et al., (2022) Linearitas kurva standar amilum telah dilaporkan sangat tinggi ( $R^2 \approx 0.999$ ) pada rentang 1–100  $\mu\text{g/mL}$  melalui analisis spektrofotometri UV–Vis dengan enam titik kalibrasi, sehingga pendekatan kurva standar dianggap valid untuk analisis inhibisi  $\alpha$ -amilase.

Pengujian aktivitas inhibisi enzim  $\alpha$ -amilase menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi sampel berbanding lurus dengan kenaikan nilai inhibisi, menegaskan bahwa kadar sampel berpengaruh terhadap kekuatan efek yang dihasilkan. Temuan ini sejalan dengan prinsip dasar penghambatan enzim, yakni kemampuan zat untuk menghambat aktivitas enzim akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi zat tersebut (Gaspersz et al., 2022).

Hasil ini diperoleh dengan mengukur absorbansi amilum yang tidak terurai. Amilum yang tersisa setelah dihambat oleh cuka akan membentuk kompleks berwarna biru atau ungu saat bereaksi dengan iodine, dan absorbansinya yang diukur untuk mendapatkan data, dimana peningkatan absorbansi menunjukkan berkurangnya aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase akibat penghambatan oleh sampel. Prinsip pengukuran ini telah dijelaskan oleh Ononamadu et al., (2020) Dengan spektrofotometer UV–Vis, intensitas warna larutan diukur pada panjang gelombang 580 nm. Nilai absorbansi yang terukur, dihitunglah persentase inhibisi yang akan digunakan untuk mencari nilai  $IC_{50}$ .

Nilai  $IC_{50}$  cuka buah belimbing wuluh dalam menghambat enzim  $\alpha$ -amilase yaitu 2822 mg/ml. Dengan nilai signifikansi  $0,008 < 0,05$  hal ini menunjukkan bahwa cuka buah belimbing wuluh berpotensi menurunkan kadar gula darah dengan menghambat enzim  $\alpha$ -amilase. Namun, nilai  $IC_{50}$  melampaui 200 mg/ml, kemampuan penurunan kadar gula darahnya dikategorikan sangat lemah. Sejalan dengan penelitian (Gaspersz et al., 2022) dimana nilai  $IC_{50}$  ekstrak etanol daun kirinyuh sebesar  $3730,15 \pm 28,91$  mg/ml yang juga termasuk ke dalam kategori sangat lemah. Menurut (Meila & Noraini, 2017) kategori nilai  $IC_{50}$   $< 50$  mg/ml sangat kuat; 50–100 mg/ml kuat, 100–150 mg/ml sedang, 150–200 mg/ml lemah, dan sangat lemah jika nilai  $> 200$  mg/ml.

Hal ini dimungkinkan karena struktur kimia senyawa aktif mengalami perubahan dikarenakan proses pembuatan cuka buah belimbing wuluh dilakukan pemanasan hingga suhu mencapai  $70^\circ\text{C}$ , kondisi ini bisa menyebabkan kerusakan struktur senyawa aktif seperti flavonoid. Normalnya flavonoid tidak mampu bertahan pada suhu tinggi diatas  $50^\circ\text{C}$ , sehingga flavonoid pada cuka buah belimbing wuluh mengalami perubahan struktur yang menyebabkannya tidak dapat beraktivitas secara optimal (Yuliantari et al., 2017).

Peran vital enzim  $\alpha$ -amilase dalam pencernaan karbohidrat dimulai di mulut dan berlanjut ke usus halus. Sebagai metalloenzim yang memerlukan kalsium,  $\alpha$ -amilase berfungsi mengurai polisakarida kompleks menjadi molekul glukosa yang lebih sederhana agar mudah diserap tubuh (Sharma et al., 2023). Di dalam mulut,  $\alpha$ -amilase disekresikan oleh kelenjar ludah dan memulai proses pencernaan pati segera setelah makanan dikonsumsi. Enzim ini bekerja pada ikatan glikosidik  $\alpha$ -1,4 yang ditemukan dalam pati, mengubahnya menjadi maltosa dan dekstrin (Tannous et al., 2023). Ketika makanan yang sudah sebagian tercerna bergerak ke lambung, lingkungan asam di lambung akan menonaktifkan  $\alpha$ -amilase dari ludah untuk sementara. Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase ini kembali berlangsung karena dihasilkan pankreas, ke dalam usus halus untuk memecah pati (Tannous et al., 2023). Cairan pankreas menetralkan kimus (*chyme*) yang asam, sehingga  $\alpha$ -amilase dapat berfungsi secara optimal. Sepanjang proses ini,  $\alpha$ -amilase bekerja bersama dengan enzim lain seperti sukrase-isomaltase dan maltase-glukoamilase di *brush border* usus halus. Enzim-enzim tersebut melengkapi aksi  $\alpha$ -amilase

dengan memecah disakarida menjadi monosakarida, yang kemudian siap untuk diserap (Barber et al., 2022; Tannous et al., 2023).

Penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase oleh cukubelimbing wuluh disebabkan oleh adanya senyawa metabolit seperti flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin. Secara spesifik, flavonoid berfungsi sebagai inhibitor non-kompetitif yang memungkinkan flavonoid dan substrat berikatan dengan enzim  $\alpha$ -amilase secara simultan di sisi ikatan yang berbeda. Kondisi ini mencegah pemecahan karbohidrat menjadi glukosa. Alkaloid meniru substrat enzim  $\alpha$ -amilase secara kompetitif karena strukturnya mirip dengan substrat enzim. Ini memungkinkan alkaloid untuk menempel pada sisi aktif enzim, mengurangi atau bahkan menghentikan kemampuan enzim dalam mengubah karbohidrat menjadi glukosa (Alda, 2022). Tanin memiliki kemampuan dalam berikatan dengan karbohidrat sehingga aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dalam memecah karbohidrat menjadi glukosa dapat terhambat (Ćorković et al., 2022). Saponin dapat meniru bentuk substrat enzim  $\alpha$ -amilase sehingga sisi aktif enzim tersebut dapat terikat. Hal ini menghalangi enzim untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa (Nafiu & Ashafa, 2017).

Nilai  $IC_{50}$  *acarbose* menunjukkan hasil yaitu 2548,463 mg/ml. Dengan nilai signifikansi  $p=0,008 < 0,05$  hasil ini menunjukkan *acarbose* dapat menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase secara kompetitif dan reversible. Obat ini bekerja dengan meniru substrat, menempel pada sisi aktif enzim, dan dapat menghalangi enzim untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa (Alda, 2022).

Kekuatan inhibisi *acarbose* juga sangat lemah, namun masih lebih besar dibandingkan dengan cuka buah belimbing wuluh. Perbedaan ini terjadi karena *acarbose* hanya memiliki satu senyawa sintetik untuk menghambat enzim, sedangkan cuka belimbing wuluh mengandung beberapa senyawa yang mungkin berinteraksi satu sama lain (Fathiyah, 2023).

Meskipun hasil  $IC_{50}$  cuka buah belimbing wuluh dan *acarbose* masuk kedalam kategori sangat lemah, akan tetapi hasil  $IC_{50}$  cuka buah belimbing wuluh sudah mendekati  $IC_{50}$  *acarbose*. Dibuktikan dengan nilai signifikan antara cuka belimbing wuluh dan *acarbose* sama-sama  $0,008 < 0,05$ . Meskipun nilai  $IC_{50}$  *acarbose* lebih unggul, penggunaan *acarbose* dalam jangka panjang berpotensi memicu efek samping seperti mual dan

diare, risiko hipoglikemia (gula darah rendah) dan gangguan pencernaan lainnya (Adiputra, 2023). Cuka belimbing wuluh dapat menjadi pilihan alternatif yang efektif untuk menghambat enzim  $\alpha$ -amilase, mengingat produk ini berasal dari bahan alami. Proses pembuatannya pun relatif sederhana dan bahan-bahannya mudah didapatkan, sehingga dapat dilakukan oleh masyarakat umum.

Terdapat beberapa keterbatasan yang ditemukan selama penelitian ini, seperti keterbatasan laboratorium, maka penelitian dilakukan secara In Vitro, sehingga belum dapat menggambarkan aktivitas biologis di dalam tubuh yang dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor seperti pH pencernaan, metabolisme tubuh, dan interaksi antar enzim.

## Kesimpulan

Cuka belimbing wuluh mampu menghambat enzim  $\alpha$ -Amilase secara bermakna. Berdasarkan tingkat kekuatan inhibisi enzim  $\alpha$ -amilase, nilai  $IC_{50}$  cuka buah belimbing wuluh 2822 mg/ml, termasuk dalam kategori sangat lemah. Namun nilai ini mendekati nilai kontrol positifnya yaitu *acarbose* yang memiliki nilai  $IC_{50}$  sebesar 2548,463 mg/ml. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut kearah In Vivo agar dapat mengamati efeknya secara biologis.

## Deklarasi Konflik Kepentingan

Seluruh penulis menegaskan bahwa penelitian ini dilakukan secara independen tanpa adanya pengaruh dari pihak mana pun yang dapat menimbulkan potensi konflik kepentingan.

## Ucapan Terima Kasih

Dengan penuh rasa syukur, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung, mulai dari proses perencanaan penelitian, pengumpulan data, hingga tahap akhir penulisan artikel ini.

## Daftar Rujukan

Adiputra, R. (2023). Efek samping penggunaan obat anti diabetes jangka panjang : sebuah meta analisis. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(3), 3951–3959. [10.31004/jkt.v4i3.17784](https://doi.org/10.31004/jkt.v4i3.17784)

- Alda, L. A. (2022). Uji Aktivitas Penghambatan Enzim  $\alpha$ -amilase oleh Ekstrak Herba Ciplukan (*Physalis Angulate L*) Secara In Vitro. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(15), 335–346. [10.5281/zenodo.7049485](https://doi.org/10.5281/zenodo.7049485)
- Bahdanovich, P., Axelrod, K., Khlystov, A. Y., & Samburova, V. (2022). Optimized Spectrophotometry Method for Starch Quantification. *Analytica*, 3(4), 394–405. [10.3390/analytica3040027](https://doi.org/10.3390/analytica3040027)
- Barber, E., Houghton, M., Visvanathan, R., & Williamson, G. (2022). Measuring key human carbohydrate digestive enzyme activities using high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. *Nature Protocols*, 17(12), 2882–2919. [10.1038/s41596-022-00736-0](https://doi.org/10.1038/s41596-022-00736-0)
- Ćorković, I., Gašo-Sokač, D., Pichler, A., Šimunović, J., & Kopjar, M. (2022). Dietary Polyphenols as Natural Inhibitors of  $\alpha$ -Amylase and  $\alpha$ -Glucosidase. In *Life* (Vol. 12, Issue 11). MDPI. [10.3390/life12111692](https://doi.org/10.3390/life12111692)
- Dona, R., Ningrum, T. E. W., Hamzah, F., & Wahyuni, D. T. (2024). Penentuan Kadar Asam Asetat Dalam Larutan Cuka Makan Yang Beredar Di Pekanbaru Dengan Metode Alkalimetri. *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 13(1), 18–22. [10.51887/jpfi.v13i1.1875](https://doi.org/10.51887/jpfi.v13i1.1875)
- Elsan, R., & Minarsih, T. (2022). Analisis Sildenafil Sitrat dalam jamu kuat dengan metode Spektrofotometri UV-Vis. *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*, 5(1), 43–50. [10.35473/ijpnp.v5i1.1569](https://doi.org/10.35473/ijpnp.v5i1.1569)
- Gaspersz, N., Fransina, E. G., & Ngarbingan, A. R. (2022). Uji Aktivitas Penghambatan Enzim  $\alpha$ -Amilase dan Glukoamilase dari Ekstrak Etanol Daun Kirinyuh (*Chromolaena odorata L.*). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 19(2), 51. [10.30872/jkm.v19i2.1120](https://doi.org/10.30872/jkm.v19i2.1120)
- Hardoko. (2020). Studi Aktivitas Antidiabet Cuka Buah Mangrove Pedada (*Sonneratia alba*) Secara In Vivo. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 399–407. [10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.13](https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.13)
- Idayanti, F., & Rosida, D. F. (2022). Karakteristik Fisikokimia Cuka Buah Kersen, Belimbing dan Anggur dengan Penambahan Konsentrasi Inokulum *Acetobacter aceti*. *Agritepa*, 9(2).
- IDF. (2021). International Diabetes Federation. In *Diabetes Research and Clinical Practice* (Vol. 102, Issue 2). [10.1016/j.diabres.2013.10.013](https://doi.org/10.1016/j.diabres.2013.10.013)
- Indrayani, S., & Mustarichie, R. (2020). Review Artikel: Aktivitas Antidiabetes Beberapa Tanaman di Indonesia. *Farmaka*, 18(1), 58–65. [10.24198/jf.v18i1.22233](https://doi.org/10.24198/jf.v18i1.22233)
- Iswandi, I., Sipa, E. W. S., & Rejeki, E. S. (2023). Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Berbagai Minyak Goreng Setelah Dan Sebelum Penggorengan Dengan Metode Titrasi Alkalimetri. *MEDFARM: Jurnal Farmasi Dan Kesehatan*, 12(1), 1–8. [10.48191/medfarm.v12i1.145](https://doi.org/10.48191/medfarm.v12i1.145)
- Kusmiyati, M., Sudaryat, Y., Rismiarti, Z., & Sari, E. D. (2023). Uji Aktivitas Ekstrak Daun Dan Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) Sebagai Antidiabetes Melalui Inhibisi  $\alpha$ -Amilase. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 15(1), 163–171. [10.34011/juriskesbdg.v15i1.2118](https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i1.2118)
- Kusuma, M. H. P., Rakhmatullah, A. N., & Yunarti, A. (2023). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol 70% Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) Menggunakan Metode DPPH. *Jurnal Surya Medika*, 9(1), 27–33. [10.33084/jsm.v9i1.5130](https://doi.org/10.33084/jsm.v9i1.5130)
- Laily, I., Santy, W. H., & Nu, V. (2019). Effect of Mixed Cultures in Alcoholic Fermentation on the Physicochemical and Sensory Properties of Bilimbi Vinegar (*Averrhoa bilimbi L.*). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 7(3), 9–18. [10.21776/ub.jpa.2019.007.03.2](https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2019.007.03.2)
- Linda, T., & Sari, E. (2024). Analisis Kadar Asam Asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) Dalam Cuka Rambai Yang Difermentasi Pada Industri Rumahan Di Desa Sungai Pangkalan Kecamatan Sungai Raya. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 8(1), 181–185. [10.30602/jlk.v8i1.1669](https://doi.org/10.30602/jlk.v8i1.1669)
- Lu, X., Xie, Q., Pan, X., Zhang, R., Zhang, X., Peng, G., Zhang, Y., Shen, S., & Tong, N. (2024). Type 2 diabetes mellitus in adults: pathogenesis, prevention and therapy. In *Signal Transduction and Targeted Therapy* (Vol. 9, Issue 1). Springer Nature. [10.1038/s41392-024-01951-9](https://doi.org/10.1038/s41392-024-01951-9)
- Meila, O., & Noraini, N. (2017). (Antidiabetic Activity of Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa*) Extract through Inhibition of  $\alpha$ Glucosidase Activity). *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)*, 3(2), 132–137. [10.22487/j24428744.2017.v3.i2.8814](https://doi.org/10.22487/j24428744.2017.v3.i2.8814)
- Nafiu, M. O., & Ashafa, A. O. T. (2017). Bioautography-based Identification of

- Antioxidant Metabolites of Solanum nigrum L. and Exploration Its Hepatoprotective Potential agChester, K. et al. (2017) 'Bioautography-based Identification of Antioxidant Metabolites of Solanum nigrum L. and Explorati. *Pharmacognosy Magazine*, 13(52), 576–582. 10.4103/pm.pm
- Ononamadu, C. J., Ezeigwe, O. C., Owolarafe, T. A., Ihegboro, G. O., Lawal, T. A., Salawu, K., Umeogaju, U. F., & Aminu, I. (2020). Starch-iodine assay method underestimates  $\alpha$ -amylase inhibitory potential of antioxidative compounds and extracts. *Biotechnologia*, 101(1), 45–54. 10.5114/bta.2020.93103
- Pambudi, D. B., Fajriyah, N. N., & Maharisti, R. A. (2021). Test of  $\alpha$ -Amylase Inhibition Activity in Ethanol Extract. *Urecol Journal Health Sciences*, 1(1), 1–7. 10.53017/ujhs.1
- Rahmawati, Azis, N. N., & Clarita, L. (2021). Penetapan Kadar Asam Asetat pada Cuka Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr.) Berdasarkan Lama Penyimpanan. *Jurnal Medika*, 6(1), 16–22. 10.53861/jmed.v6i1.192
- Santoso, I., Simanjuntak, P., & Rahmaniar. (2017). Isolation of  $\beta$ -sitosterol from n-hexane Extracts of Mimba Leaves (*Azadirachta indica* A. Juss) and  $\alpha$ -Glucosidase Enzyme Treatment. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 15(2). [10.35814/jifi.v15i2.523](https://doi.org/10.35814/jifi.v15i2.523)
- Saraswati, R. A., & Setyaningsih, E. (2018). Potensi Tanaman Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap Beberapa Penyakit pada Sistem Cardiovascular. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek III*, Pp 155-160.
- Sharma, A., Dubey, R., Bhupal, R., Patel, P., Verma, S., Kaya, S., & Asati, V. (2023). An insight on medicinal attributes of 1,2,3- and 1,2,4-triazole derivatives as alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibitors. *Molecular Diversity*, 28(5), 3605–3634. 10.1007/s11030-023-10728-1
- Susantyo, S. L. N., Purwanto, M. G. M., & Pantjani, T. (2020). Pemanfaatan Buah Ceremei (*Phyllanthus acidus* L. Skeels) sebagai Bahan Baku Pembuatan Cuka. *Calyptra*, 9(1), 1–18.
- Tannous, S., Stellbrinck, T., Hoter, A., & Naim, H. (2023). Interaction between the  $\alpha$ -glucosidases, sucrase-isomaltase and maltase-glucoamylase, in human intestinal brush border membranes and its potential impact on disaccharide digestion. *Front Mol Biosci*, 10, 1160860. 10.3389/fmolb.2023.1160860
- Wahid, A. R., & Safwan, S. (2020). Skrining Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder Terhadap Ekstrak Tanaman Ranting Patah Tulang (*Euphorbia tirucalli* L.). *Lumbung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 1(1), 24. 10.31764/lf.v1i1.1208
- Yasmin, F., Meyyammai, S., Abd Razak, K. N., Samad, N. A., Widyawati, T., & Yusoff, N. A. (2023). Inhibitory Effects of Nipa Palm Vinegar on the Carbohydrate Hydrolysing Enzymes. *Sains Malaysiana*, 52(3), 795–803. 10.17576/jsm-2023-5203-09
- Yuliantari, N. W. A., Widarta, I. W. R., & Permana, I. D. G. M. (2017). Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kandungan Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Menggunakan Ultrasonik The Influence of Time and Temperature on Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Sirsak Leaf (*Annona mur.* *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 4(1), 35–42.