

**PENGARUH PROPORSI DAUN JAMBU BIJI DAN KUNYIT DALAM
CAMPURAN MINUMAN HERBAL TERHADAP PENGHAMBATAN
AKTIVITAS ENZIM α -AMILASE DAN α -GLUKOSIDASE**

(Skripsi)

Oleh

NINGSIH SRI LESTARI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

EFFECT OF PROPORTION OF GUAVA LEAF AND TURMERIC IN A MIXTURE OF HERBAL BEVERAGE ON INHIBITION OF α -AMYLASE AND α -GLUCOSIDASE ENZYMES ACTIVITY

By

NINGSIH SRI LESTARI

This study aimed to evaluate the effect of proportion of guava leaf and turmeric in a mixture of herbal beverage in inhibiting α -amylase and α -glucosidase enzymes activity. The treatments were proportion of guava leaf and turmeric in a mixture of herbal beverage, there were 0%:100% (C1), 20%:80% (C2), 40%:60% (C3), 60%:40% (C4), 80%: 20% (C5), 100%:0% (C6). This research was conducted by Randomized Complete Block Design with a single factor and 4 replications. The parameters that analysed were total phenolic content, inhibition α -amylase and α -glucosidase enzymes activity. The results showed that lessening the proportion of turmeric by 40% or more in a mixture of herbal beverage decreased inhibitory activity herbal beverage against α -amylase enzyme by 14.80% 50.78%. The proportion of guava leaf up to 20% in a mixture of herbal beverage increased the inhibition of α -glucosidase enzymes of 38.49%, but addition of proportion of guava leaf subsequently did not give a significant effect on the increasing

inhibitory activity herbal beverage against α -glucosidase enzyme. The best herbal beverage formulation that gave high inhibition in α -amylase and α -glucosidase was herbal beverage with proportion 40% guava leaf and 60% turmeric, its inhibition of α -amylase enzyme by 64,15% and α -glucosidase enzyme by 68,58%.

Keywords: *Antidiabetic, guava leaves, herbal beverage, turmeric.*

ABSTRAK

PENGARUH PROPORSI DAUN JAMBU BIJI DAN KUNYIT DALAM CAMPURAN MINUMAN HERBAL TERHADAP PENGHAMBATAN AKTIVITAS ENZIM -AMILASE DAN -GLUKOSIDASE

Oleh

NINGSIH SRI LESTARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi daun jambu biji dan kunyit dalam campuran minuman herbal terhadap penghambatan aktivitas enzim -amilase dan -glukosidase. Perlakuan pada penelitian utama adalah proporsi daun jambu biji dan kunyit dalam campuran, yaitu 0%:100% (C1), 20%:80% (C2), 40%:60% (C3), 60%:40% (C4), 80%: 20% (C5), 100%:0% (C6). Parameter yang diamati adalah total fenol, penghambatan aktivitas enzim -amilase dan -glukosidase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan proporsi kunyit sebesar 40% atau lebih dalam campuran minuman herbal menurunkan daya hambat enzim -amilase sebesar 14,80% 50,78%. Penambahan proporsi daun jambu biji sampai 20% dalam campuran minuman herbal meningkatkan daya hambat enzim -glukosidase sebesar 38,49% (21,05% 59,54%), namun peningkatan proporsi daun jambu biji selanjutnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan daya hambat enzim -glukosidase.

Formulasi minuman herbal terbaik yang menghasilkan daya hambat enzim α -amilase dan α -glukosidase yang tinggi adalah minuman herbal campuran 40% daun jambu biji dan 60% kunyit dengan penghambatan enzim α -amilase sebesar 64,15% dan α -glukosidase sebesar 68,58%.

Kata kunci: *Antidiabetes, daun jambu biji, kunyit, minuman herbal.*

**PENGARUH PROPORSI DAUN JAMBU BIJI DAN KUNYIT DALAM
CAMPURAN MINUMAN HERBAL TERHADAP PENGHAMBATAN
AKTIVITAS ENZIM α -AMILASE DAN α -GLUKOSIDASE**

Oleh

NINGSIH SRI LESTARI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENGARUH PROPORSI DAUN JAMBU
BIJI DAN KUNYIT DALAM CAMPURAN
MINUMAN HERBAL TERHADAP
PENGHAMBATAN AKTIVITAS ENZIM
 α -AMILASE DAN α -GLUKOSIDASE**

Nama : **Ningsih Sri Lestari**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514051066

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian



MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing

Ir. Samsu U. Nurdin, M.Si., Ph.D.
NIP 19670615 199403 1 003

Prof. Ir. Tirza Hanum, M.S., Ph.D.
NIP 19470203 197502 2 001

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

Ir. Susilawati, M.Si.
NIP 19610806 198702 2 001

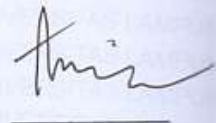
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si., Ph.D.



Sekretaris : Prof. Ir. Tirza Hanum, M.S., Ph.D.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 September 2019

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Ningsih Sri Lestari NPM 1514051066.

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan adapat dipertanggungjawabkan.

Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2019
Yang membuat pernyataan



Ningsih Sri Lestari
NPM.1514051066

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 25 Mei 1997 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Marimin dan Ibu Salimah. Riwayat pendidikan Penulis dimulai dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Sari Teladan yang diselesaikan pada tahun 2003. Kemudian melanjutkan pendidikannya ke Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Beringin Raya yang diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 14 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 9 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2015. Pada tahun yang sama, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Penulis menjalani Kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung pada bulan Januari-Maret 2018 di Desa Pekondoh, Kecamatan Cukuh Balak, Kabupaten Tanggamus. Selanjutnya, pada bulan Juli- Agustus 2018 Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di CV. Citra Buana Sentosa, Yogyakarta. Penulis menjadi anggota di HMJ THP pada tahun periode 2015-2016 dan anggota bidang BKPM FOSI pada tahun periode 2016-2017. Penulis menjadi asisten dosen mata kuliah Kimia Dasar 2, Kimia Analitik, dan Ilmu Gizi Pangan pada

tahun ajaran 2018-2019 semester ganjil, Evaluasi Gizi dan Komponen Bioaktif pada tahun ajaran 2018-2019 semester genap. Penulis memperoleh beasiswa PPA pada tahun 2017-2019.

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim. Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah *subhanallaahu wa ta'ala*, karena rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Proporsi Daun Jambu Biji dan Kunyit dalam Campuran Minuman Herbal Terhadap Penghambatan Aktivitas Enzim -Amilase dan - Glukosidase” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Dalam Kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.
3. Bapak Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Pembimbing Akademik atas bimbingan, bahan dan fasilitas penelitian, saran, dan arahan yang telah diberikan.
4. Ibu Prof. Ir. Tirza Hanum, M.S., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Dua atas bimbingan, saran, dan motivasi yang telah diberikan.

5. Ibu Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada Penulis dalam menyusun skripsi.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen, serta staff di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian atas bantuannya.
7. Kedua orang tua Penulis tercinta, Bapak Marimin dan Ibu Salimah, serta kakak Penulis, Didik Setiyo Wibowo dan Nuraini Safitri yang selalu memberikan do'a, dukungan, semangat dan dorongan sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman terbaikku, Auliya C. Sutanto, Raihan 'Ainun Hasanah, dan Aisyah Anggun R.P. yang tidak pernah lelah mendukung dan memberikan semangat.
9. Fevi, Cynthia, Rafa, Siwi, Tanty, Dea, Yunan, Nova, dan semua teman-teman Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2015 yang telah bersama-sama dari awal perkuliahan.
10. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis sangat menyadari skripsi ini jauh dari kata sempurna, oleh sebab itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan dapat memberikan manfaat bagi penulis pribadi dan bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 9 Oktober 2019

Penulis,

Ningsih Sri Lestari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Kerangka Pemikiran	3
D. Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Daun Jambu Biji	7
B. Kunyit	8
C. Minuman Herbal	9
D. Diabetes Mellitus	10
E. Enzim -Amilase dan -Glukosidase	11
F. Inhibitor Enzim -Amilase dan -Glukosidase	12
G. Fenol	14
III. BAHAN DAN METODE	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	16
B. Bahan dan Alat	16
C. Bahan dan Metode	17
1. Penelitian Pendahuluan	17
2. Penelitian Utama	19

D. Pelaksanaan Penelitian	20
E. Pengamatan	21
1. Pengujian Total Fenol	21
2. Pengujian Penghambatan Ak as -Amilase	22
3. Pengujian Penghambatan Aktivitas -Glukosidase	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Total Fenol	27
B. Penghambatan Aktivitas -Amilase	30
C. Penghambatan Aktivitas -Glukosidase	34
D. Penentuan Perlakuan Terbaik	39
V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	40
B. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	
Tabel 8-29	50-60
Gambar 13-19.....	61-63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Berat daun jambu biji pada penelitian pendahuluan tahap pertama ..	18
2 Berat kunyit pada penelitian pendahuluan tahap pertama	18
3 Berat daun jambu biji pada penelitian pendahuluan tahap kedua	19
4 Berat kunyit pada penelitian pendahuluan tahap kedua	19
5 Perlakuan proporsi daun jambu biji dan kunyit dalam campuran (b/v)	20
6 Jumlah larutan pada analisis penghambatan enzim -amilase	23
7 Komponen fenol dalam daun jambu biji dan kunyit	29
8 Koefisien korelasi antara total fenol dengan penghambatan enzim -amilase dan -glukosidase	34
9 Absorbansi penghambatan aktivitas enzim -glukosidase	50
10 Penghambatan aktivitas enzim -glukosidase (%)	50
11 Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) penghambatan aktivitas enzim -glukosidase	51
12 Analisis ragam penghambatan aktivitas enzim -glukosidase	51
13 Uji BNT penghambatan aktivitas enzim -glukosidase	52
14 IC50 penghambatan aktivitas enzim -glukosidase perlakuan C1 (kunyit)	52
15 IC50 penghambatan aktivitas enzim -glukosidase perlakuan C3	53

16	IC50 penghambatan aktivitas enzim -glukosidase perlakuan C6 (daun jambu biji)	53
17	Absorbansi penghambatan aktivitas enzim -amilase	54
18	Penghambatan aktivitas enzim -amilase (%)	54
19	Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) penghambatan aktivitas enzim -amilase	55
20	Analisis ragam penghambatan aktivitas enzim -amilase	55
21	Uji BNT penghambatan aktivitas enzim -amilase	56
22	IC50 penghambatan aktivitas enzim -amilase perlakuan C1 (kunyit)	56
23	IC50 penghambatan aktivitas enzim -amilase perlakuan C2	57
24	IC50 penghambatan aktivitas enzim -amilase perlakuan C6	57
25	Kurva standar asam galat (mg/L)	58
26	Absorbansi total fenol	59
27	Total fenol (mg/L)	59
28	Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's test</i>) total fenol	59
29	Analisis ragam total fenol	60
30	Uji BNT total fenol	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Total fenol minuman herbal campuran daun jambu biji dan kunyit .	28
2 Penghambatan aktivitas enzim -amilase oleh minuman herbal campuran daun jambu biji dan kunyit	30
3 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -amilase perlakuan campuran 20% daun jambu biji dan 80% kunyit (C2)	31
4 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -amilase perlakuan kunyit (C1)	31
5 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -amilase perlakuan daun jambu biji (C6)	32
6 Penghambatan aktivitas enzim -glukosidase oleh minuman herbal campuran daun jambu biji dan kunyit	35
7 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -glukosidase perlakuan campuran 40% daun jambu biji dan 60% kunyit (C3)	37
8 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -glukosidase perlakuan kunyit (C1)	37
9 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -glukosidase perlakuan daun jambu biji (C6)	37
10 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -glukosidase perlakuan kunyit (C1)	52
11 Kurva total fenol vs daya hambat enzim -glukosidase perlakuan campuran 40% daun jambu biji dan 60% kunyit (C3)	53

12	Kurva total fenol vs daya hambat enzim -glukosidase perlakuan daun jambu biji (C6)	54
13	Kurva total fenol vs daya hambat enzim -amilase perlakuan kunyit (C1)	56
14	Kurva total fenol vs daya hambat enzim -amilase perlakuan campuran 20% daun jambu biji dan 80% kunyit (C2)	57
15	Kurva total fenol vs daya hambat enzim -amilase perlakuan daun jambu biji (C6)	58
16	Kurva standar asam galat	58
17	Sampel minuman herbal	61
18	Pengujian penghambatan enzim -glukosidase	61
19	Pengujian IC50 enzim -glukosidase	61
20	Pengukuran absorbansi	62
21	Inkubasi	62
22	Pengujian penghambatan enzim -amilase	62
23	Pengujian total fenol	63

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Minuman herbal merupakan minuman yang berasal dari bahan alami dan bermanfaat bagi tubuh untuk pencegahan atau pengobatan (Handari, 2014). Saat ini minat masyarakat terhadap minuman herbal semakin meningkat karena minuman herbal cenderung memiliki efek samping yang rendah (Adiguna, 2014; Wibowo, 2013). Salah satu khasiat minuman herbal yang diminati oleh masyarakat adalah untuk pencegahan dan terapi penderita penyakit diabetes mellitus (DM). DM merupakan penyakit yang disebabkan oleh gangguan metabolisme yang terjadi pada organ pankreas yang ditandai dengan peningkatan gula darah atau sering disebut dengan kondisi hiperglikemia (ADA, 2014).

Indonesia merupakan negara dengan penderita DM terbanyak ke-6 di dunia dengan jumlah penderita DM mencapai 10,3 juta jiwa pada tahun 2017 (IDF, 2017). Penyakit DM memiliki hubungan yang erat dengan asupan makanan, seperti pati yang berlebihan. Pati akan dicerna dengan bantuan enzim α -amilase dan α -glukosidase, lalu diserap dalam bentuk glukosa yang akan meningkatkan kadar glukosa dalam darah (Febrinda *et al.*, 2013). Salah satu alternatif pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kadar glukosa darah adalah menghambat kinerja enzim yang menghidrolisis karbohidrat menjadi gula

sederhana (glukosa), yaitu enzim α -amilase dan α -glukosidase (Sales *et al.*, 2012). Enzim α -amilase akan memutus ikatan α -1,4 bagian dalam molekul, amilosa menjadi maltotriosa dan maltosa, dan amilopektin menjadi α -limit dekstrin (Fogarty, 1983), dan enzim α -glukosidase merupakan enzim yang mengkatalisasi pemecahan ikatan α -1,4-glikosida pada maltooligosakarida dan menghidrolisis secara lambat ikatan α -1,6-Dglukosidik menjadi glukosa (Berdanier *et al.*, 2006). Oleh karena itu, dengan dihambatnya kinerja kedua enzim tersebut maka proses pemecahan pati menjadi glukosa akan terhambat sehingga menurunkan kadar gula darah .

Pasien DM tipe II biasanya menggunakan enzim α -amilase dan α -glukosidase inhibitor sintetis, seperti akarbosa, namun obat ini menyebabkan berbagai efek samping pada gastrointestinal, seperti kembung, mual, diare dan flatulensi (Feng *et al.*, 2011). Penggunaan bahan alami sebagai enzim α -amilase dan enzim α -glukosidase inhibitor cenderung lebih aman dibandingkan sintetis, lebih murah, dan mudah ditemukan (Ota *et al.*, 2017). Penghambatan aktivitas enzim dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa fenol yang ada pada tanaman (Mcdougall *et al.*, 2005; Ademiluyi dan Oboh, 2013). Bahan alami yang mengandung fenol antara lain daun jambu biji dan kunyit.

Daun jambu biji merupakan salah satu tanaman di Indonesia yang mengandung senyawa fenol (Akila *et al.*, 2018). Ekstrak daun jambu biji memiliki aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase sebesar 97,006 % (Sukohar *et al.*, 2017) dan enzim α -amilase sebesar 84,68% (Fresga *et al.*, 2016). Penggunaan daun jambu

biji sebagai bahan utama minuman herbal memiliki warna yang kurang menarik sehingga diperlukan bahan lain yang memiliki potensi sebagai enzim inhibitor, pewarna alami, dan mudah ditemukan, salah satunya adalah kunyit. Kunyit memiliki aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase sebesar 68,44% (Nurdin *et al.*, 2017) dan enzim α -amilase sebesar 90,99% (Prabhakar, 2013). Sementara itu, informasi tentang pengaruh proporsi daun jambu biji dan kunyit dalam campuran minuman herbal terhadap penghambatan aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase belum diketahui. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan minuman herbal dari campuran daun jambu biji dan kunyit dalam menghambat aktivitas enzim α -amilase dan enzim α -glukosidase.

B. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh proporsi daun jambu biji dan kunyit dalam campuran minuman herbal terhadap penghambatan aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase.
2. Mencari formula minuman herbal terbaik dari campuran daun jambu biji dan kunyit yang dapat menghambat aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase.

C. Kerangka Pemikiran

Senyawa fenol mampu menghambat aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase sehingga dapat mengendalikan hiperglikemia (Ademiluyi dan Oboh, 2013; Najafian, 2015). Daun jambu biji dan kunyit mengandung fenol, yaitu masing-

masing sebesar 511 mg GAE/g (He dan Venant, 2004) dan 496 mg GAE/ g (Nisar et al., 2015). Ekstrak daun jambu biji memiliki aktivitas penghambatan enzim -glukosidase sebesar 97,006% (Sukohar *et al.*, 2017) dan enzim -amilase sebesar 84,68% (Fresga *et al.*, 2016). Kunyit juga memiliki aktivitas penghambatan enzim -glukosidase dan -amilase yang cukup tinggi, yaitu sebesar 68,44% (Nurdin *et al.*, 2017) dan 90.99% (Prabhakar, 2013).

Senyawa fenol yang terkandung dalam minuman herbal campuran daun jambu biji dan kunyit memiliki aktivitas penghambatan enzim -amilase dan -glukosidase. Gugus hidroksil pada struktur fenol dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus OH yang ada pada sisi aktif asam amino enzim (Ng *et al.*, 2015). Selain itu, pati dan senyawa fenol dilaporkan mampu membentuk ikatan kovalen melalui jembatan eter pada C4 karbohidrat dan jembatan H⁺. Kompleks antara fenol dan pati tersebut mengakibatkan perubahan struktur molekul pati sehingga tidak dikenali oleh enzim pencernaan (Deshpande dan Salunke, 1982; Griffiths dan Moseley, 1980). Oleh karena fenol menyebabkan perubahan struktur enzim ataupun pati, maka semakin tinggi total fenol yang terkandung dalam bahan maka efek penghambatan aktivitas enzim -amilase dan -glukosidase dalam memecah pati menjadi glukosa pun semakin besar.

Daya hambat enzim -amilase dan -glukosidase minuman herbal secara teoritis berkorelasi dengan total fenol dalam campuran daun jambu biji dan kunyit.

Semakin besar proporsi daun jambu biji dalam minuman herbal maka total fenol akan semakin tinggi sehingga daya hambat enzim -amilase dan -glukosidase

juga akan semakin besar. Namun beberapa penelitian terdahulu menunjukkan total fenol tidak selalu berkorelasi dengan daya inhibisi enzim α -amilase ataupun α -glukosidase. Misalnya, penelitian Nurdin *et al.* (2017) yang menunjukkan ekstrak kunyit mengandung fenol yang rendah tetapi memiliki daya hambat enzim α -glukosidase yang lebih besar dibandingkan ekstrak jahe, kayu manis, dan kombinasinya yang kandungan fenolnya lebih tinggi. Penelitian Julian (2011) menunjukkan total fenol dalam teh hijau berkorelasi dengan daya inhibisi enzim α -amilase, tetapi pada penelitian Nurdin *et al.* (2019) senyawa fenol pada ekstrak daun salam, daun jeruk purut, daun pandan, dan kombinasinya, korelasi tersebut tidak teramati.

Total fenol yang tidak selalu berkorelasi dengan daya inhibisi enzim α -amilase dan α -glukosidase dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti adanya interaksi komponen bioaktif dan perbedaan jenis fenol yang terkandung dalam masing-masing bahan. Faktor tersebut memberikan efek penghambatan terhadap enzim α -amilase dan α -glukosidase yang berbeda pula. Berdasarkan penelitian sebelumnya, daun jambu biji memiliki efek penghambatan enzim α -glukosidase yang lebih besar dibandingkan kunyit (Sukohar *et al.*, 2017; Nurdin *et al.*, 2017), dan efek penghambatan enzim α -amilase yang lebih rendah (Fresga *et al.*, 2016; Prabhakar, 2013), sehingga semakin besar proporsi daun jambu biji dalam campuran maka efek penghambatan α -glukosidase yang dihasilkan akan semakin besar dan efek penghambatan enzim α -amilase akan semakin rendah, namun ada kemungkinan terjadi efek aditif atau bahkan antagonis karena interaksi antar komponen bioaktif umumnya tidak bisa diprediksi (Che *et al.*, 2013).

D. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semakin besar proporsi daun jambu biji dibandingkan kunyit dalam campuran minuman herbal, maka penghambatan enzim α -amilase semakin rendah dan penghambatan aktivitas α -glukosidase semakin tinggi.
2. Terdapat formula minuman herbal terbaik dari campuran daun jambu biji dan kunyit yang dapat menghambat aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Daun Jambu Biji

Tanaman jambu biji diklasifikasikan sebagai berikut (Steenis, 2006) :

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Myrtales

Famili : Myrtaceae

Genus : *Psidium*

Jenis : *Psidium guajava*

Tanaman jambu biji (*Psidium guajava*) memiliki ciri tinggi batang 2-10 m dengan banyak cabang. Daun berbentuk bulat lonjong dengan ujung yang tumpul dan bagian pangkal membulat, tepi daun sedikit melengkung ke atas dengan panjang 6-14 cm dan lebar 3-6 cm. Bunga tunggal berwarna putih dan bertangkai dan berkumpul 1-3 bunga. Buah jambu biji berbentuk bulat hingga bulat telur, berwarna hijau sampai hijau kekuningan (Dalimartha, 2003).

Ekstrak daun jambu biji memiliki aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase sebesar 97,006% (Winata, 2017) dan enzim α -amilase sebesar 84,68% (Fresga *et*

al., 2016). Menurut Ademiluyi dan Oboh (2013), senyawa fenol mampu menghambat enzim α -glukosidase sehingga dapat mengendalikan hiperglikemia. Menurut Cerio *et al.* (2015), ekstrak daun jambu biji mengandung komponen fenol, seperti katekin, asam galat, guajaverin, gallocatechin, dan quercitrin. Katekin ditemukan lebih banyak dalam ekstrak daun jambu biji dibandingkan komponen fenol lainnya, yaitu sebesar $5.960 \pm 19 \mu\text{g/g}$ daun. Kandungan asam galat, guajaverin, gallocatechin, dan quercitrin dalam ekstrak daun jambu biji masing-masing sebesar $260 \mu\text{g/g}$ daun, $3.595 \mu\text{g/g}$ daun, $2.446 \mu\text{g/g}$ daun, dan $2.078 \mu\text{g/g}$ daun (Cerio *et al.*, 2015). Penelitian Musa *et al.* (2012) menunjukkan katekin ($\text{IC}_{90} > 290 \mu\text{g/mL}$) lebih berpotensi menghambat enzim α -glukosidase dibandingkan akarbosa ($\text{IC}_{90} > 645 \mu\text{g/mL}$). Asam galat mampu menghambat enzim α -glukosidase sebesar 43,9% (Oboh, *et al.*, 2016).

B. Kunyit

Klasifikasi ilmiah dari kunyit (Hapsoh dan Hasannah, 2011) adalah :

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Monocotyledoneae

Ordo : Zingiberales

Famili : Zingiberaceae

Genus : Curcuma

Spesies : Curcuma longa L.

Kunyit (*Curcuma Longa L.*) merupakan salah satu tanaman obat yang sering dijumpai di Indonesia. Kunyit pun digunakan sebagai bahan masakan dan zat pewarna alami yang aman. Manfaat utama tanaman kunyit yaitu sebagai bahan obat tradisional, bahan baku industri jamu dan kosmetik, dan bahan bumbu masak. Rimpang kunyit sangat bermanfaat sebagai antikoagulan, menurunkan tekanan darah, obat asma, penambah darah, mengobati sakit perut, gatal-gatal, gigitan serangga, diare dan reumatik (Syukur dan Hernani, 2001).

Rimpang kunyit mengandung senyawa kurkuminoid sebesar 2–9% (b/b) (Priyadarsini, 2014). Kurkuminoid merupakan senyawa yang memberikan pigmen warna kuning pada rimpang kunyit. Kurkuminoid digunakan sebagai antidiabetes, antioksidan dan antibakteri (Rukmana, 1994). Menurut Zhang *et al.* (2013), kurkuminod dapat bersifat sebagai antidiabetes, karena mampu menurunkan kadar glukosa pada mencit yang diinduksikan aloksan. Menurut penelitian Najafian (2015), kurkumin pada kunyit mampu menghambat enzim α -amilase dan menurunkan kadar glukosa darah tikus normal dan diabetes. Kunyit memiliki aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase dan α -amilase yang cukup tinggi, yaitu sebesar 68,27% (Rahmadhani, 2016) dan 90.99% (Prabhakar, 2013).

C. Minuman Herbal

Minuman herbal merupakan minuman yang berasal dari bahan alami dan bermanfaat bagi tubuh untuk penyembuhan jangka panjang (Handari, 2014). Minuman herbal dibuat dari bagian tanaman segar atau kering, seperti daun, bunga, biji-bijian, buah-buahan, akar, atau batang dari spesies tanaman selain

daun *Camellia sinensis* L. (teh hitam dan hijau) (Zhao, *et al.*, 2013). Menurut Chandrasekara, *et al.* (2018), minuman herbal terdiri dari satu atau lebih jenis herbal yang diseduh dalam air panas atau direbus selama 10 menit, kemudian dikonsumsi secara oral. Minuman herbal mengandung banyak senyawa bioaktif alami, seperti karotenoid, asam fenolik, flavonoid, kumarin, alkaloid, poliasetylen, saponin, dan terpenoid. Bukti ilmiah menunjukkan bahwa senyawa bioaktif tersebut memberikan banyak efek biologis, seperti antioksidan, antibakteri, antivirus, antiinflamasi, antialergi, antitrombotik, antikarsinogenisitas, antidiabetik dan efek antipenuaan (Chandrasekara, *et al.*, 2018). Minuman herbal memiliki efek samping sangat kecil karena berasal dari sumber alami, tidak hanya meringankan gejala penyakit tetapi juga dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh, serta menekankan pada peningkatan status kesehatan. (Adiguna, 2014).

D. Diabetes Mellitus

Diabetes Mellitus (DM) merupakan penyakit yang disebabkan oleh gangguan metabolisme yang terjadi pada organ pankreas yang ditandai dengan peningkatan gula darah atau sering disebut dengan kondisi hiperglikemia (ADA, 2014).

Diabetes mellitus (DM) dibagi menjadi dua tipe yaitu diabetes tipe I dan diabetes tipe II. DM tipe I didefinisikan sebagai tipe diabetes yang bergantung pada insulin atau *Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (IDDM), sedangkan DM tipe II didefinisikan sebagai diabetes yang tidak bergantung pada insulin atau *Non Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (NIDDM). Penderita DM tipe I mengalami kerusakan sel pankreas yang menghasilkan insulin, akibatnya sel-sel pankreas tidak dapat mensekresikan insulin atau hanya dapat mensekresikan insulin dalam

jumlah sedikit. Kerusakan pada sel-sel pankreas disebabkan oleh peradangan pada pankreas. Akibat sel-sel pankreas tidak dapat membentuk insulin atau insulin hanya ada dalam jumlah sedikit maka penderita diabetes tipe I ini selalu bergantung pada insulin. Pengobatan DM tipe I dilakukan dengan pemberian insulin kepada penderita (Murray, 2003).

Penderita DM tipe II tidak mengalami kerusakan sel-sel pankreas tetapi insulin yang disekresikan jumlahnya menurun. Penurunan tersebut disertai defisiensi insulin hingga resistensi insulin. DM tipe II umumnya disebabkan oleh obesitas atau kelebihan berat badan. Pengobatan DM tipe II dilakukan dengan pengaturan pola makan dan olah raga, namun dapat pula diobati dengan obat-obat antidiabetes. DM tipe 2 inilah yang banyak diderita oleh masyarakat (Murray, 2003). Menurut Waspadji (2009), pengelolaan DM dapat dilakukan dalam jangka pendek ataupun jangka panjang. Pengelolaan jangka pendek bertujuan untuk menghilangkan keluhan atau gejala DM dan mempertahankan rasa nyaman dan sehat. Pengelolaan jangka panjang bertujuan untuk mencegah penyakit baik makroangiopati/pembuluh darah besar (jantung), mikroangiopati/pembuluh darah kecil (ginjal dan retina mata), maupun neuropati/sistem saraf perifer dengan tujuan akhir menurunkan morbiditas dan mortalitas DM.

E. Enzim α -Amilase dan α -Glukosidase

Enzim α -amilase (EC 3.2.1.1) adalah endoenzim yang bekerja dengan menghidrolisis pati pada ikatan α -1,4 glukosidik menjadi monosakarida dan disakarida. Enzim α -amilase akan memutus ikatan α -1,4 bagian dalam molekul

baik pada amilosa maupun pada amilopektin. Enzim α -amilase bersifat stabil pada kisaran pH antara 5,5–8,0 (Fogarty 1983). Kerja enzim α -amilase pada molekul amilosa meliputi dua tahap. Pertama, degradasi amilosa menjadi maltotriosa yang terjadi secara cepat. Tahap kedua terjadi pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir. Proses ini berlangsung dengan sangat lambat. Hidrolisa enzim α -amilase pada molekul amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa, dan α -limit dekstrin (Winarno, 1980).

Enzim α -glukosidase (EC 3.2.1.20) adalah enzim yang mengkatalisasi pemecahan ikatan 1,4 α -glikosida pada ujung non pereduksi dari maltooligosakarida dengan melepas α -D-glukosa. Enzim ini juga dapat menghidrolisis secara lambat ikatan 1,6- α -Dglukosidik sehingga dapat melanjutkan kerja α -amilase, yaitu menghidrolisis lanjut α -limit dekstrin menjadi glukosa (Berdanier *et al.*, 2006). Enzim α -glukosidase termasuk kedalam kelompok enzim eksoamilase (Reddy *et al.*, 2003). Enzim α -glukosidase merupakan enzim yang mengkatalisis proses akhir pencernaan karbohidrat pada proses pencernaan dengan hasil akhir berupa glukosa. Glukosa yang dihasilkan selanjutnya akan diabsorpsi pada lumen usus halus dan masuk kedalam sirkulasi darah sehingga dapat meningkatkan kadar glukosa darah (Luo *et al.*, 2012).

F. Inhibitor Enzim α -Amilase dan α -Glukosidase

Enzim adalah biomolekul berupa protein yang berfungsi sebagai katalis atau senyawa yang dapat mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi (Wirahadikusumah, 1989). Molekul awal yang disebut substrat akan dipercepat

perubahannya oleh enzim menjadi molekul lain yang disebut produk. Kinerja dari enzim sendiri dapat dihambat oleh inhibitor. Cara kerja inhibitor secara umum adalah dengan menyerang sisi aktif enzim sehingga enzim tidak dapat berikatan dengan substrat sehingga fungsi katalitiknya terganggu (Winarno, 1986).

Semua jenis karbohidrat, termasuk pati mulai mengalami reaksi kimiawi sejak ada di dalam mulut, yaitu oleh enzim α -amilase (ptialin) dalam saliva. Enzim α -amilase (EC 3.2.1.1) merupakan enzim yang membantu dalam proses hidrolisis pati yaitu dengan memutus ikatan α -1,4 glikosidik. Enzim α -amilase termasuk dalam kelas endoamilase yaitu enzim yang memutus ikatan α -1,4 glikosidik bagian dalam amilosa dan amilopektin dengan produk oligosakarida. Karbohidrat berantai panjang, termasuk pati mengalami proses pencernaan sebagian. Setelah melewati lambung, karbohidrat ini akan dicerna lebih lanjut dalam duodenum oleh enzim α -amilase yang dihasilkan oleh pankreas menjadi rantai yang lebih pendek. Pencernaan karbohidrat diakhiri oleh enzim α -glukosidase yang dihasilkan oleh mukosa usus halus menjadi monosakarida yang dapat diserap ke dalam aliran darah (Bender, 2003). Penghambat enzim α -amilase dan α -glukosidase akan berpengaruh terhadap metabolisme di dalam saluran pencernaan antara lain mengganggu atau memperlambat pemecahan karbohidrat sehingga akan mempengaruhi sistem glukosa-insulin (Judge dan Svensson, 2006).

Inhibitor α -amilase dan α -glukosidase merupakan salah satu agen antidiabetik yang bekerja dengan cara menghambat kerja enzim α -amilase dan α -glukosidase. Penghambatan terhadap enzim pada penderita diabetes menyebabkan

penghambatan absorpsi glukosa sehingga menurunkan keadaan hiperglikemia setelah makan. Hal ini merupakan sebuah pendekatan terapeutik bagi hiperglikemia postprandial. Inhibitor α -glukosidase merupakan obat antidiabetes oral yang digunakan untuk mengobati DM tipe II (Sarjono, 2010). Namun, pemberian obat-obat antidiabetik oral dapat menimbulkan efek samping (Lau & Harper 2007). Penggunaan bahan alami diharapkan dapat dijadikan sebagai alternatif enzim α -amilase dan α -glukosidase inhibitor karena cenderung lebih aman dibandingkan enzim α -amilase dan α -glukosidase inhibitor sintetis (Ota *et al.*, 2017).

Salah satu penghambat enzim α -amilase dan α -glukosidase adalah senyawa fenolik yang banyak terdapat pada tumbuhan (Mcdougall *et al.*, 2005; Ademiluyi dan Oboh, 2013). Gugus hidroksil pada struktur fenol dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus OH yang ada pada sisi aktif asam amino enzim (Ng *et al.*, 2015). Selain itu, pati dan senyawa fenol dilaporkan mampu membentuk ikatan kovalen melalui jembatan eter pada C4 karbohidrat dan jembatan H⁺. Kompleks antara fenol dan pati tersebut mengakibatkan perubahan struktur molekul pati sehingga tidak dikenali oleh enzim pencernaan (Deshpande dan Salunke, 1982; Griffiths dan Moseley, 1980)

G. Fenol

Fenol merupakan senyawa dengan gugus OH yang terikat secara langsung pada cincin aromatik (Fessenden dan Fessenden, 1986). Senyawa ini diklasifikasikan menjadi monofenol, difenol, trifenol, oligofenol, dan polifenol. Monofenol hanya

memiliki satu gugus fenolik; di-, tri-, dan oligo- memiliki dua, tiga, atau beberapa gugus fenolik. Golongan utama fenol adalah flavonoid, tanin, kalkon, kumarin, dan asam fenolat. Golongan flavonoid yang terpenting antara lain flavanol, flavanol, flavon, isoflavon, antosianidin, dan flavanon (Scalbert and Williamson, 2000).

Estimasi kandungan fenolik total dapat dilakukan dengan menggunakan pereaksi Folin Ciocalteu. Prinsip pengukuran kandungan fenolik dengan reagen Folin-Ciocalteu adalah terbentuknya senyawa kompleks berwarna biru yang dapat diukur pada panjang gelombang 775 nm. Pereaksi ini mengoksidasi fenolik (garam alkali) atau gugus fenolik hidroksi mereduksi asam heteropoli (fosfomolibdat-fosfotungstat) yang terdapat pada pereaksi Folin-Ciocalteu menjadi suatu kompleks molibdenum tungsten. Senyawa fenolik bereaksi dengan reagen Folin-Ciocalteu hanya dalam suasana basa agar terjadi disosiasi proton pada senyawa fenolik menjadi ion fenolik, sehingga ditambahkan Na_2CO_3 . Kepekatan warna biru yang terbentuk setara dengan konsentrasi ion fenolat yang terbentuk, artinya semakin besar konsentrasi senyawa fenolat maka semakin banyak ion fenolat yang mereduksi asam heteropoli (fosfomolibdat-fosfotungstat) menjadi kompleks molibdenum-tungsten (Apsari dan Susanti, 2011).

III. BAHAN DAN METODE

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung pada Bulan Februari 2019 sampai dengan Mei 2019.

B. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan yaitu daun jambu biji yang diperoleh dari Way Halim dan kunyit yang diperoleh dari Kemiling. Bahan yang digunakan untuk analisis antara lain enzim α -amilase (Sigma, EC 3.2.1.1), enzim α -glukosidase (Sigma, EC 3.2.1.20), buffer fosfat, *starch soluble* (Merck), air suling, Na_2CO_3 , substrat PNPG (*p-nitrophenyl- α -D-glucopyranosyde*), HCl, reagen DNS (Sigma), NaOH, dan kalium natrium tartat tetrahidrat (Merck), reagen folin ciocalteu, dan asam galat. Alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, *water bath*, vorteks, sentrifuge, mikropipet, pipet tip, *stirer*, dan spektrofotometer.

C. Metode Penelitian

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk memperoleh berat maksimum daun jambu biji dan kunyit dalam 100 mL air yang masih diterima panelis. Penelitian pendahuluan ini terdiri dari 2 tahap, yaitu penentuan berat maksimum masing-masing bahan tunggal, yaitu daun jambu biji dan kunyit yang masih diterima oleh peneliti (subjektif) dan penentuan berat maksimum masing-masing bahan tunggal, yaitu daun jambu biji dan kunyit yang masih diterima oleh 50 panelis. Perlakuan pada penelitian pendahuluan tahap pertama disajikan pada Tabel 1-2 dan tahap kedua pada Tabel 3-4.

Serbuk kering daun jambu biji dan serbuk kering kunyit sesuai perlakuan diseduh dalam 100 mL air mendidih, lalu diaduk. Minuman tersebut selanjutnya didiamkan selama 5 menit, kemudian dilakukan penelitian pendahuluan tahap pertama. Minuman dari masing-masing bahan tunggal tersebut, yaitu minuman daun jambu biji dan minuman kunyit diuji sensori secara subjektif terhadap rasa, aroma, dan warna sehingga diperoleh masing-masing satu perlakuan berat maksimum daun jambu biji dan kunyit yang masih diterima secara subjektif oleh peneliti. Penelitian pendahuluan tahap pertama menghasilkan berat maksimum daun jambu biji dan kunyit, yaitu masing-masing sebesar 4 g. Berat tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai berat maksimum daun jambu biji dan kunyit yang digunakan pada penelitian pendahuluan tahap kedua.

Tabel 1. Berat daun jambu biji pada penelitian pendahuluan tahap pertama.

Daun jambu biji (D)	Berat dalam 100 mL (g)
D1	1
D2	2
D3	3
D4	4
D5	5
D6	6

Tabel 2. Berat kunyit pada penelitian pendahuluan tahap pertama.

Kunyit (K)	Berat dalam 100 mL (g)
K1	1
K2	2
K3	3
K4	4
K5	5
K6	6

Penelitian pendahuluan tahap kedua dilakukan dengan pengamatan terhadap rasa, aroma, dan warna oleh 50 orang panelis dengan metode *Central location test*, yaitu dilakukan di area publik. Lokasi yang dipilih untuk pengujian sensori adalah *student corner* Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Hasil penelitian pendahuluan tahap kedua diperoleh masing-masing satu perlakuan berat maksimum daun jambu biji dan kunyit yang masih diterima oleh panelis. Kedua berat tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai berat maksimum daun jambu biji dan kunyit pada penelitian utama, dan berat terendah dari kedua berat maksimum tersebut dijadikan sebagai berat campuran daun jambu biji dan kunyit pada penelitian utama. Penelitian pendahuluan tahap kedua menghasilkan berat maksimum daun jambu biji dan kunyit dalam campuran, yaitu masing-masing sebesar 3 g, sehingga berat campuran daun jambu biji dan kunyit pada penelitian utama sebesar 3 g (bb/v).

Tabel 3. Berat daun jambu biji pada penelitian pendahuluan tahap kedua.

Daun jambu biji (D)	Berat dalam 100 mL (g)
D1	1
D2	2
D3	3
D4	4

Tabel 4. Berat kunyit pada penelitian pendahuluan tahap kedua.

Kunyit (K)	Berat dalam 100 mL (g)
K1	1
K2	2
K3	3
K4	4

2. Penelitian Utama

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) nonfaktorial dengan 4 ulangan. Hasil penelitian pendahuluan dijadikan sebagai berat maksimum campuran (100%), yaitu 3 g (bb/v). Perlakuan pada penelitian utama adalah proporsi daun jambu biji dan kunyit dalam campuran. Proporsi daun jambu biji dan kunyit yang akan dijadikan sebagai perlakuan disajikan pada Tabel 5.

Data yang diperoleh diuji kehomogenan data dengan uji Bartlett, dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Data dianalisis ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan. Selanjutnya, dilakukan uji lanjut dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, dan uji *Pearson Correlation* untuk mengetahui korelasi antara total fenol dan penghambatan enzim α -amilase dan α -glukosidase.

Tabel 5. Perlakuan proporsi daun jambu biji dan kunyit dalam campuran (b/v).

Perlakuan	Daun jambu biji	Kunyit
C1	0%	100%
C2	20%	80%
C3	40%	60%
C4	60%	40%
C5	80%	20%
C6	100%	0%

D. Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan minuman herbal

Pengeringan kunyit dan daun jambu biji dilakukan berdasarkan metode Murhadi *et al.* (2007), yang diawali dengan pemilihan rimpang kunyit dan daun jambu biji yang tua dan segar. Kunyit dicuci hingga bersih dan kemudian diiris tipis-tipis. dan untuk daun jambu biji dipilih yang tua dan segar, dicuci hingga bersih, lalu diblansing dengan cara dicelupkan pada suhu 50°C selama 5 menit. Selanjutnya, kunyit dan daun jambu biji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 40°C selama dua hari atau 48 jam. Kunyit dan daun jambu biji kering selanjutnya dihancurkan menggunakan blender sehingga diperoleh serbuk kering kunyit dan daun jambu biji yang kasar, kemudian diayak sehingga diperoleh serbuk yang lolos pada ayakan 10 mesh tetapi tidak lolos ayakan 20 mesh. Selanjutnya pembuatan minuman herbal dilakukan berdasarkan metode Julian (2011) dengan modifikasi. Serbuk daun jambu biji dan kunyit sesuai perlakuan diseduh dalam 100 mL air panas, lalu diaduk. Minuman herbal tersebut selanjutnya didiamkan selama 5 menit, lalu disaring. Selanjutnya disentrifus dengan kecepatan 7000 rpm selama 5 menit.

E. Pengamatan

Parameter yang diamati terhadap minuman herbal campuran daun jambu biji dan kunyit pada setiap perlakuan adalah pengujian total fenol, penghambatan aktivitas enzim α -amilase dan α -glukosidase.

1. Pengujian Total Fenol

Pengujian total fenol yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode Ismail *et al.* (2012). Tahapan yang dilakukan pada analisis total fenol diawali dengan menyiapkan minuman herbal (sampel) sebanyak 0,2 mL ditambah dengan 0,2 mL aquades dan 0,2 mL reagen folin ciocalteu, dan kemudian divortex selama 1 menit. Setelah itu, campuran ditambahkan dengan 4 mL larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 2% dan divortex kembali selama satu menit lalu didiamkan dalam ruang gelap pada suhu kamar selama 30 menit. Selanjutnya, absorbansi dibaca pada panjang gelombang 760 nm.

Hasilnya diplotkan terhadap kurva standar asam galat dengan menggunakan persamaan regresi linier. Hubungan antara konsentrasi asam galat dinyatakan sebagai sumbu x dan besarnya absorbansi hasil reaksi asam galat dengan pereaksi Folin-Ciocalteu dinyatakan sebagai sumbu y. Pembuatan kurva standar fenol dibuat dengan cara menimbang 10 mg bubuk asam galat kemudian dilarutkan dalam 100 mL air suling. Selanjutnya, dibuat seri pengenceran 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, lalu dilakukan perlakuan seperti sampel. Hasil yang diperoleh diplotkan pada kurva standar, yaitu :

$$y = ax + c$$

Keterangan :

y = Absorbansi sampel

x = Konsentrasi ekuivalen asam galat

a = Gradien

c = Intersef

2. Pengujian Penghambatan Enzim -Amilase

Pengujian penghambatanaktivitas enzim -amilase menggunakan metode

Thalapaneni *et al.* (2008).

a. Persiapan reagen

Larutan pati 1%

Substrat yang digunakan berupa pati 1%. Pati 1% dibuat dari 1 g pati dilarutkan dengan 100 mL buffer fosfat 0,02 M, kemudian dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit, lalu dibiarkan hingga dingin.

Reagen DNS

Pereaksi DNS dibuat dengan melarutkan 438 mg DNS dengan air suling 20 ml.

Larutan DNS tersebut kemudian dicampurkan dengan larutan Kalium natrium tartrat tetrahidrat, yang dibuat dari 12 g Kalium natrium tartrat tetrahidrat dalam 8 mL NaOH 2 M, lalu ditambahkan air suling hingga volume mencapai 40 ml.

Larutan enzim -amilase 0,5 mg/mL

Enzim -amilase sebanyak 25 mg dilarutkan dalam 50 mL buffer fosfat 0,02 M, lalu dihomogenkan dengan menggunakan *stirer*.

b. Pengujian penghambatan enzim -amilase

Larutan minuman herbal (sampel) sebanyak 500 µl dimasukkan ke dalam 500 µl larutan enzim -amilase, lalu diinkubasi pada suhu 25°C selama 10 menit.

Setelah itu, 500 µl larutan pati ditambahkan, lalu diinkubasi kembali pada suhu 25°C selama 10 menit. Setelah inkubasi kedua, reagen DNS sebanyak 1 mL ditambahkan, kemudian diinkubasi ke dalam air mendidih selama 5 menit.

Selanjutnya, campuran reaksi ditambahkan 10 mL air suling, lalu disentrifus dengan kecepatan 7000 rpm selama 3 menit. Setelah itu, absorbansinya dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.

Tabel 6 menunjukkan kombinasi jumlah sampel, buffer fosfat, dan enzim yang diberikan pada sampel (larutan minuman herbal), kontrol, blanko sampel, dan blanko kontrol. Aktivitas inhibisi sampel dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya inhibisi (\%)} = \left[\frac{A_1 - A_2}{A_1} \right] \times 100\%$$

Keterangan :

A_1 = Absorbansi kontrol – Absorbansi blanko kontrol

A_2 = Absorbansi sampel – Absorbansi blanko sampel

Tabel 6. Jumlah larutan pada analisis penghambatan enzim -amilase.

Larutan	Kontrol (µl)	Sampel (µl)	Blanko Kontrol (µl)	Blanko Sampel (µl)
Sampel		500	-	500
Buffer fosfat	-	-	500	500
Enzim	500	500	-	-
Pati	500	500	500	500
Pereaksi DNS	1000	1000	1000	1000
Air suling	15000	10000	15000	10000

c. Analisis IC₅₀ penghambatan enzim -amilase

Berdasarkan perlakuan terbaik, dilakukan pengujian IC₅₀. IC₅₀ merupakan konsentrasi sampel yang mampu menghambat aktivitas enzim -amilase sebanyak 50%. Semakin kecil nilai IC₅₀ yang diperoleh dari suatu sampel uji maka sampel tersebut semakin efektif digunakan sebagai penghambat enzim -amilase. IC₅₀ perlakuan terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan bahan tunggal, yaitu kunyit dan daun jambu biji.

Penentuan IC₅₀ dilakukan dengan membuat sampel perlakuan terbaik, perlakuan kunyit, dan perlakuan daun jambu biji dengan seri pengenceran 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Selanjutnya, dianalisis dengan perlakuan yang sama seperti pada prosedur pengujian penghambatan enzim -amilase. Hasilnya dikonversikan menjadi total fenol, lalu diplotkan pada persamaan regresi linier, kemudian sumbu Y disubstitusi dengan 50 sehingga diperoleh nilai X sebagai total fenol.

3. Pengujian Penghambatan Enzim -Glukosidase

Pengujian penghambatan aktivitas -glukosidase ditentukan dengan menggunakan metode Dewi *et al.* (2007) yang telah dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan berupa perubahan volume sampel minuman herbal yang digunakan pada pengujian penghambatan enzim -glukosidase, yaitu dari 5 µL menjadi 10 µL.

a. Persiapan reagen

Larutan substrat PNPG 20 mM

Substrat PNPG sebanyak 120,6 mg dilarutkan dalam 20 mL air suling, kemudian dihomogenkan menggunakan *stirer*.

Larutan enzim α -glukosidase 0,075 U/mL

Enzim α -glukosidase 19,3 U/mg ditimbang sebanyak 0,9 mg, lalu dilarutkan dalam 10 mL buffer kalium fosfat 0,1 M (pH 7), kemudian dihomogenkan menggunakan *stirer* sehingga diperoleh larutan enzim α -glukosidase 1,737 U/mL. Selanjutnya, larutan enzim α -glukosidase 1,737 U/mL diambil sebanyak 430 μ L, lalu dilarutkan dalam 10 mL buffer kalium fosfat 0,1 M (pH 7) sehingga diperoleh larutan enzim α -glukosidase 0,075 U/mL.

b. Pengujian penghambatan enzim α -glukosidase

Larutan minuman herbal sebanyak 10 μ L ditambahkan campuran reaksi yang terdiri dari 250 μ L PNPG 20 mM, 495 μ L buffer fosfat 100 mM (pH 7).

Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 5 menit, dan reaksi dimulai dengan menambahkan 250 μ L α -glukosidase (0,075 unit). Setelah itu, diinkubasi kembali pada suhu 37°C selama 15 menit. Setelah inkubasi kedua, reaksi dihentikan dengan menambahkan 2 mL Na₂CO₃ 0,1 M, lalu absorbansinya dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm.

Persentase penghambatan aktivitas α -glukosidase dihitung melalui rumus :

$$\text{Daya inhibisi (\%)} = \left[\frac{(A_0 - A_s)}{A_0} \right] \times 100\%$$

Keterangan :

A_s = Absorbansi larutan sampel

A_0 = Absorbansi kontrol (tanpa sampel)

c. Analisis IC₅₀ penghambatan enzim α -glukosidase

Berdasarkan perlakuan terbaik, dilakukan pengujian IC₅₀. IC₅₀ merupakan konsentrasi sampel yang mampu menghambat aktivitas enzim α -glukosidase sebanyak 50%. Semakin kecil nilai IC₅₀ yang diperoleh dari suatu sampel uji maka sampel tersebut semakin efektif digunakan sebagai penghambat enzim α -amilase. IC₅₀ perlakuan terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan bahan tunggal, yaitu kunyit dan daun jambu biji.

Penentuan IC₅₀ dilakukan dengan membuat sampel perlakuan terbaik, perlakuan kunyit, dan perlakuan daun jambu biji dengan seri pengenceran 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Selanjutnya, dianalisis dengan perlakuan yang sama seperti pada prosedur pengujian penghambatan enzim α -glukosidase. Hasilnya dikonversikan menjadi total fenol, lalu diplotkan pada persamaan regresi linier, kemudian sumbu Y disubstitusi dengan 50 sehingga diperoleh nilai X sebagai total fenol.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan sebagai berikut.

1. Semakin besar proporsi kunyit dalam campuran minuman herbal, daya hambat enzim α -amilase semakin meningkat secara signifikan.
2. Penambahan proporsi daun jambu biji sampai 20% dalam campuran minuman herbal meningkatkan daya hambat enzim α -glukosidase sebesar 38,49% (21,05% - 59,54%), namun peningkatan proporsi daun jambu biji selanjutnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan daya hambat enzim α -glukosidase.
3. Formulasi minuman herbal terbaik yang menghasilkan daya hambat enzim α -amilase dan α -glukosidase yang tinggi adalah minuman herbal campuran 40% daun jambu biji dan 60% kunyit (perlakuan C3) dengan penghambatan enzim α -amilase sebesar 64,15% dan α -glukosidase sebesar 68,58%.

B. Saran

Perlu dilakukan uji *in vivo* untuk mengevaluasi khasiat minuman herbal campuran daun jambu biji dan kunyit sebagai antidiabetes.

DAFTAR PUSTAKA

- Ademiluyi, A.O. and Oboh, G. 2013. Soybean Phenolic-Rich Extracts Inhibit Key-Enzymes Linked to Type 2 Diabetes (α -Amylase And α -Glucosidase) and Hypertension (Angiotensin I Converting Enzyme) in Vitro. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 65(3):305–309.
- Adiguna, P. 2014. *The Secret Of Herbal*. Cemerlang Publishing. Yogyakarta.
- Akila, B., Vijayalakshmi, R., Hemalatha, G. and Arunkumar R. 2018. Development and Evaluation of Functional Property of Guava Leaf Based Herbal Tea. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(3):3036-3039.
- American Diabetes Association. 2012. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*. 37(1):581-590.
- Apsari, P. D. dan Susanti, H. 2011. Penetapan Kadar Fenolik Total Ekstrak Metanol Kelopak Bunga Rosella Merah (*Hibiscus sabdariffa* Linn) dengan Variasi Tempat Tumbuh secara Spektrofotometri. *Jurnal Ilmiah Kefarmasian*. 2(1):73-80.
- Bender, D.A. 2003. Introduction to Nutrition and Metabolism 3rd ed. *Taylor and Francis*. London.
- Berdanier, C.D., Dwyer, J., and Feldman, E.B. 2006. *Handbook of Nutrition and Food Second Edition*. CRC Press. USA. 1288 hlm.
- Cerio, E.D., Verardo, V., Caravaca, A.M.G., Gutiérrez, A.F., and Carretero, A.S. 2015. Determination of Polar Compounds in Guava Leaves Infusions and Ultrasound Aqueous Extract by HPLC-ESI-MS. *Journal of Chemistry*. 2015:1-9.

- Chandrasekara, A. and Shahidi, F. 2018. Herbal Beverages: Bioactive Compounds and Their Role in Disease Riskreduction - A Review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 8(4):1-8.
- Che, C.T., Wang, Z.J., Chow, M.S., and Lam, C.W. 2013. Herb-Herb Combination for Therapeutic Enhancement and Advancement: Theory, Practice and Future Perspectives. *Molecules*. 18(5):5125-5141.
- Dalimartha, S. 2003. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 3*. Puspa Swara. Jakarta.
- Deshpande, S.S. and Salunke, D.K. 1982. Interactions of Tannic Acid and Catechin with Legume Starches. *Journal of Food Science*. 47(6):2080-2081.
- Dewi, R.T., Iskandar Y.M., Hanafi, M., Kardono, L.B.S., Angelina, M., Dewijanti, I.D., and Banjarnahor, S.D.S. 2007. Inhibitory Effect of Koji *Aspergillus Terreus* on α -Glucosidase Activity and Postprandial Hyperglycemia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10(18):3131–3135.
- Febrinda, A.E., Astawan, M., Wresdiyati, T., dan Yuliana, N.D. 2013. Kapasitas Antioksidan dan Inhibitor Alfa-Glukosidase Ekstrak Umbi Bawang Dayak. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 24(2):161-167.
- Feng, J., Yang, X.W., and Wang, R.F. 2011. Bio-Assay Guided Isolation and Identification of α -Glucosidase Inhibitors from The Leaves of *Aquilaria Sinensis*. *Phytochemistry*. 72: 242–247.
- Fogarty, W.M. 1983. *Microbial Enzyme and Biotechnology*. Applied Science. London. Hlm 1-92.
- Fresga, R., Dahliaty, A. dan Devi, S. 2016. Analisis Inhibisi dari Infusa Daun Dolar Rambat (*Ficus Pumila*) dan Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*) Terhadap Aktivitas α -Amilase. www.repository.unri.ac.id. Diakses pada 29 November 2018.

- Griffiths, D.W. and Moseley, G. 1980. The Effect of Diets Containing Field Beans of High or Low Polyphenolic Content on The Activity of Digestive Enzymes in The Intestines of Rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 31:255-259.
- Handari, T. 2014. *Terapi Top Herbal Untuk Ragam Penyakit*. DAFA Publishing. Yogyakarta. 175 hlm.
- Handari, T. 2014. *Terapi Top Herbal Untuk Ragam Penyakit*. DAFA Publishing. Yogyakarta.
- Hapsoh dan Hasanah. 2011. *Budidaya Tanaman Obat dan Rempah*. USU Press. Medan.
- He, Q. and Venant, N. 2004. Antioxidant Power of Phytochemicals from *Psidium Guajava* Leaf. *Journal of Zhejiang University SCIENCE*. 5(6):676-683.
- International Diabetes Federation. 2017. IDF Diabetes Atlas Eighth edition 2017. www.diabete.qc.ca . Diakses pada 10 Oktober 2018.
- Ismail, J., Runtuwene, M.R.J., dan Fatimah, F. 2012. Penentuan Total Fenolik dan Uji Aktivitas Antioksidan pada Biji dan Kulit Buah Pinang Yaki (*Areca vestiaria Giseke*). *Jurnal Ilmiah Sains*. 12(2):84-88.
- Jhong, C.H., Riyaphan, J., Lin, S.H., Chia, Y.C., and Weng, C.F. 2015. Screening Alpha-Glucosidase and Alpha-Amylase Inhibitors From Natural Compounds by Molecular Docking in Silico. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology*. 41(4):242–251.
- Judge, N. and Svensson, B. 2006. Review Proteinaceous Inhibitor of Carbohydrate Active Enzymes in Cereals : Implication in Agriculture, Cereal Processing and Nutrition. *Journal Science Food Agriculture*. 86(11):1573-1586.
- Julian, A.R. 2011. Pengaruh Suhu dan Lamanya Penyeduhan Teh Hijau (*Camellia Sinensis*) serta Proses Pencernaan Secara In Vitro Terhadap Penghambatan Aktivitas Enzim Alfa Amilase dan Alfa Glukosidase Secara In Vitro. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 73 pp.

- Kadouh, H.C., Sun, S., Zhu, W., and Kequan Zhou. 2016. α -Glucosidase Inhibiting Activity and Bioactive Compounds of Six Red Wine Grape Pomace Extracts. *Journal of Functional Foods*. 26:577–584
- Lau, A. and Harper, W. 2007. Thiazolidinediones and Their Effect on Bone Metabolism: a Review. *Canadian Journal of Diabetes*. 31(4): 378-383.
- Luo, L., Wang, R., Wang, X., Ma, Z., Li. 2012. Compounds from *Angelica keiskei* with NQO1 Induction, DPPH Scavenging and Alpha-Glucosidase Inhibitory Activities. *Food Chemistry*. 131 : 992-998.
- Marinova, G. and Batcharov, V. 2011. Evaluation of The Methods for Determination of The Free Radical Scavenging Activity by DPPH. *Journal of Agricultural Science*. 1(1);11-24.
- Mcdougall, G., Faina, S., Patricia, D., Pauline, S., Alison, B. and Derek, S. 2005. Different Polyphenolic Components of Soft Fruit Inhibit α -Amylase and α -Glucosidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(7):2760–2766.
- Murhadi, A. S. Suharyono dan Susilawati. 2007. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanta*) dan Daun Pandan (*Pandanus amaryllifolius*). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 28(1):17-24.
- Murray, K.R. 2003. *Harper's Illustrated Biochemistry Ed ke-26*. Longe Medical Pub. London.
- Musa, M.Y., Griffith, A.M., Michels, A.J., Schneider, E., and Frei, B. 2012. Inhibition of α -Amylase and α -Glucosidase Activity by Tea and Grape Seed Extracts and their Constituent Catechins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(36):8924–8929.
- Najafian, M. 2015. The Effects of Curcumin on Alpha Amylase in Diabetics Rats. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*. 17(12):29-34.
- Ng, K., Gu, H. Zhang, C. and Patri, Y. 2015. Evaluation of Alpha Amylase and Alpha Glucosidase Inhibitory Activity of Flavonoids. *International Journal of Food and Nutritional Science*. 2(6):1-6.

- Nisar, T., Iqbal, M., Raza, A., Safdar, M., Iftikhar, F., and Waheed, M. 2015. Estimation of Total Phenolics and Free Radical Scavenging of Turmeric (*Curcuma longa*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 15(7):1272-1277.
- Nurdin, S.U., Sabarina, D., Subeki, and Astuti, S. 2019. Antidiabetic and Antioxidant Activities of Bay, Pandan, Citrus Leaves and their Combination in Vitro. *Biomedical & Pharmacology Journal*. 12(2): 833-841.
- Nurdin, S.U., Sukohar, A., and Ramadhani, O.S. 2017. Antiglucosidase and Antioxidant Activities of Ginger, Cinnamon, Turmeric and Their Combination. *Internasional Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research*. 10(1):296-306.
- Oboh, G., Ogunsuyi, O.B., Ogunbadejo, M.D., and Adefegha, S.A. 2016. Influence of Gallic Acid on α -Amylase and α -Glucosidase Inhibitory Properties of Acarbose. *Journal of Food and Drug Analysis*. 24(3):627-634.
- Ota, A. and Ulrih, N.P. 2017. An Overview of Herbal Products and Secondary Metabolites Used for Management of Type Two Diabetes. *Front Pharmacol*. 8: p. 436.
- Prabhakar, V.K., Jaidka, A., and Singh, R. 2013. In Vitro Study on α -Amylase Inhibitory Activity and Phytochemical Screening of Few Indian Medicinal Plant Having Anti-Diabetic Properties. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 3(8):1-6.
- Pratiwi, G. 2017. *Performance Kapasitas Antioksidan Teh Kulit Manggis, Teh Hitam, Teh Hijau Dan Teh Rosela*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 47 pp.
- Priyadarsini, K.I. 2014. The Chemistry of Curcumin: from Extraction to Therapeutic Agent. *Molecules*. 19(12):20091-20112

- Queralt, A.V., Regueiro, J., Alvarenga, J.F.R., Huelamo, M.M., Leal, L.N., Raventos, R.M.L. 2015. Characterization of The Phenolic and Antioxidant Profiles of Selected Culinary Herbs and Spices: Caraway, Turmeric, Dill, Marjoram and Nutmeg. *Food Science Technology*. 35(1):189-195.
- Reddy, N. S., Nimmagadda, A. Rao., K.A. 2003. An Overview of The microbial -Amylase Family. *African Journal of Biotechnology*. 2:645–648.
- Sales, P.M., Souze, P.M., Simeoni, L.A., and Silveira, D. 2012. -Amylase Inhibitors: a Review of Raw Material and Isolated Compounds from Plant Source. *Journal Pharmaceutical*. 15(1):141-183.
- Sepahpour, S., Selamat, J., Manap, M.Y.A., Khatib, A., Razis, A.F.A. 2018. Comparative Analysis of Chemical Composition, Antioxidant Activity and Quantitative Characterization of Some Phenolic Compounds in Selected Herbs and Spices in Different Solvent Extraction Systems. *Molecules*. 23(402):1-17.
- Sarjono, P, Ngadiwiana, Ismiyarta dan Prasetya. 2010. Aktivitas Bubuk Kayu Manis (*Cinnamomum cassia*) Sebagai Inhibitor -Glukosidase. *Jurnal Sains dan Matematika*. 18(2):59-62.
- Scalbert, A. and Williamson, G. 2000. Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. *The Journal of Nutrition*. 130(8): 2073–2085.
- Setiawan, A.C., Yulinah, E., Adyana, I.K., Permana, H., dan Sudjana, P. 2011. Efek Antidiabetes Kombinasi Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum L.*) dan Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica Val.*) dengan Pembanding Gilbenklamid pada Penderita Diabetes Melitus Tipe II. *Jurnal Universitas Padjajaran Bandung*. 43(1):26-34.
- Simao, A.A., Marques, T.R., Marcussi, S., Correa, A.D. 2017. Aqueous Extract of Psidium Guajava Leaves: Phenolic Compounds and Inhibitory Potential on Digestive Enzymes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 89(3):2155-2165.
- Steenis, C.G.G.J. Van. 2008. Floristic altitudinal zones in Malesia. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 89(4): 289-292.

- Sukohar, A., Nurdin, S.U., Mayasari, D., and Suryawinata, A. 2017. - Glucosidase Inhibitor and Antioxidant Activity Assays of Guava Leaf, Cashew Leaf and The Combinations as Antidiabetic Agent. *International Journal of Research in Ayurveda Pharmacy*. 8(1): 86-90.
- Syukur dan Hernani. 2001. *Budidaya Tanaman Obat Komersial*. Penebar Swadaya. Jakarta. Hal. 76.
- Thalapaneni, N.R., Chidambaram, K.A., Ellapan, T., Sabapathi, M.L., and Mandal, S.C. 2008. Inhibition of Carbohydrate Digestive Enzymes by *Talinum portulacifolium* (Forssk) Leaf Extract. *Journal of Complementary Integrative Medicicne*. 5 (1):1-10.
- Wagner, H. and Ulrich-Merzenich, G. 2009. Synergy Research: Approaching a New Generation of Phytopharmaceuticals. *Phytomedicine*. 16:97–110.
- Wang, R. and Yang, B. 2009. Extraction of Essential Oils from Five Cinnamon Leaves and Identification of Their Volatile Compound Compositions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10:289–292.
- Waspadji, S. 2009. *Diabetes Mellitus : Mekanisme Dasar dan Pengelolaannya yang Rasional*. Dalam S.Soegonde, P.Soewondo, & I. Subekti (Editor), *Penatalaksanaan Diabetes Mellitus Terpadu : Panduan Penatalaksanaan Diabetes Mellitus bagi Dokter dan Edukator*. FKUI. Jakarta.
- Wibowo, S. 2013. *Herbal Ajaib Tumpas Macam-macam Penyakit*. Pustaka Makmur. Jakarta. 120 hlm.
- Winarno, F.G. 1986. *Enzim Pangan dan Gizi*. Gramedia. Jakarta. Hal. 57-59.
- Winarno, F G. 1980. *Enzim Pangan*. Pusat Antar Universitas. Bogor.
- Wirahadikusumah, M. 1989. *Biokimia: Protein, Enzim dan Asam Nukleat*. ITB. Press. Bandung. 91 halaman.
- Wu, H. and Xu, B. 2014. Inhibitory Effects of Onion Against -Glucosidase Activity and its Correlation with Phenolic Antioxidants. *International Journal of Food Properties*. 17(3):599-609.

Zhang, D., M. Fu, S.H. Gao, and JL. Liu. 2013. Curcumin and Diabetes : A Systematic Review. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3857752/. Diakses pada tanggal 8 Agustus 2019.

Zhao, J., Deng, J.W., Chen, Y.W. and Li, S.P. 2013. Advanced Phytochemical Analysis of Herbal Tea in China. *Journal of Chromatography A*. 1313: 2–23.