

**KAJIAN KEMAMPUAN EKSTRAK KASAR UBI JALAR UNGU (*Ipomoea Batatas L.*) DAN TEPUNG UBI JALAR UNGU TERMODIFIKASI DALAM MENGHAMBAT AKTIVITAS ENZIM  $\alpha$ -AMILASE**

**(Skripsi)**

**Oleh  
Indrajati**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2019**

## **ABSTRACT**

### **STUDY OF THE CAPABILITY OF PURPLE SWEET POTATO (*Ipomoea Batatas* L.) AND MODIFIED PURPLE SWEET POTATO FLOUR CRUDE EXTRACT IN INHIBITING $\alpha$ -AMYLASE ENZYME ACTIVITY**

**By**

**INDRAJATI**

Purple sweet potato is one of food materials which has potential as an alternative diet for diabetic mellitus sufferers. Anthocyanin which is the most important content in purple sweet potato has a role in inhibiting  $\alpha$ -amylase enzyme activity. One way to extend the shelf life of purple sweet potato is to process it into modified purple sweet potato flour. The purpose of this research was to find out the capability of crude extract of purple sweet potato and modified purple sweet potato flour in inhibiting  $\alpha$ -amylase enzyme activity. The research was arranged in the Complete Randomized Block Design (CRBD) with four treatments and three replications. Similarity and addition of the data were analyzed using the Bartlett and Tuckey tests. The data then were analyzed by variance to determine the effect between treatments. If there were significant effects of the data, the data were further analyzed by Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 5% of real significance. The in vitro inhibition test of  $\alpha$ -amylase enzyme activity was done using spectrophotometry method. The result showed the inhibition of  $\alpha$ -amylase enzyme activity by crude extract of purple sweet potato and modified purple

sweet potato flour on the treatment of resistant starch rich-purple sweet potato flour (TP) by 41,98%, half gelatinized purple sweet potato flour (TG) by 32,59%, purple sweet potato flour (TU) by 30,72%, and fresh purple sweet potato (US) by 23,13%.

**Keywords:** *-amylase, enzyme activity, crude extract, purple sweet potato*

## **ABSTRAK**

### **KAJIAN KEMAMPUAN EKSTRAK KASAR UBI JALAR UNGU (*Ipomoea Batatas L.*) DAN TEPUNG UBI JALAR UNGU TERMODIFIKASI DALAM MENGHAMBAT AKTIVITAS ENZIM $\alpha$ -AMILASE**

**Oleh**

**INDRAJATI**

Ubi jalar ungu merupakan salah satu bahan pangan yang berpotensi sebagai alternatif diet bagi penderita diabetes melitus. Kandungan terpenting pada ubi jalar ungu yaitu antosianin yang berperan dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase. Salah satu cara untuk memperpanjang masa simpan ubi jalar ungu yaitu mengolahnya menjadi tepung ubi jalar ungu termodifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekstrak kasar ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase. Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Kehomogenan data dianalisis dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tukey. Data yang homogen dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan mengetahui ada tidaknya pengaruh antar perlakuan. Data dianalisis lebih lanjut menggunakan Uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan pada taraf nyata 5%. Pengujian penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan

penghambatan aktivitas enzim -amilase oleh ekstrak kasar ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi pada perlakuan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten (TP) sebesar 41,98%, tepung ubi jalar ungu tergelatinisasi sebagian (TG) sebesar 32,59%, tepung ubi jalar (TU) sebesar 30,72%, dan ubi jalar ungu segar (US) sebesar 23,13%.

**Kata kunci:** -amilase, aktivitas enzim, ekstrak kasar, ubi jalar ungu

**KAJIAN KEMAMPUAN EKSTRAK KASAR UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.) DAN TEPUNG UBI JALAR UNGU TERMODIFIKASI DALAM MENGHAMBAT AKTIVITAS ENZIM -AMILASE**

**Oleh**

**Indrajati**

**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 : **KAJIAN KEMAMPUAN EKSTRAK KASAR  
UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.) DAN  
TEPUNG UBI JALAR UNGU TERMODIFIKASI  
DALAM MENGHAMBAT AKTIVITAS  
ENZIM  $\alpha$ -AMILASE**

Nama Mahasiswa : **Indrajati**

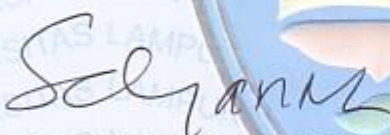
Nomor Pokok Mahasiswa : 1414051048

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

  
**Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc.**  
NIP. 19620720 198603 2 001

  
**Dr. Ir. Sussi Astuti, M.Si.**  
NIP. 19670824 199303 2 002

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

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

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Pembimbing Utama : Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc.**

*Siti Nurdjanah*  
.....

**Anggota Pembimbing : Dr. Ir. Sussi Astuti, M.Si.**

*Sussi Astuti*  
.....

**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Subeki, M.Sc., M.Si.**

*Subeki*  
.....



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 April 2019**



## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Indrajati NPM 1414051048

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 bukan hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, April 2019  
Yang membuat pernyataan



**Indrajati**  
NPM. 1414051048

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 24 Mei 1996, sebagai anak tunggal dari buah hati pasangan Bapak Djunaedi Oetjoe dan Ibu Talina. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Talang, Bandar Lampung, lulus pada tahun 2008. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan menengah di SMP Negeri 3 Bandar Lampung, kemudian pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikannya ke SMA Negeri 8 Bandar Lampung, lulus pada tahun 2014. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada bulan Juli-Agustus 2017, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Moniska Family, Girikerto, Sleman, Yogyakarta. Pada bulan Januari-Maret 2018, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sumberhadi, Kecamatan Melinting, Kabupaten Lampung Timur. Selama di perguruan tinggi, penulis tergabung dalam anggota penuh Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Teknologi Hasil Pertanian. Penulis juga pernah menjadi asisten mata kuliah Pangan Fungsional tahun ajaran 2018/2019.

## SANWANCANA

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas nikmat, petunjuk serta ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dorongan baik itu langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin 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, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc. selaku pembimbing utama atas arahan, saran, bantuan, motivasi, dan bimbingan yang telah diberikan selama proses penelitian dalam penyusunan skripsi.
4. Ibu Dr. Ir. Sussi Astuti, M.Si. selaku pembimbing kedua atas arahan, saran, motivasi, dan bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc. selaku pembimbing akademik dan sebagai pembahas skripsi yang telah memberikan bimbingan, semangat, saran dan kritik yang telah diberikan untuk membangun penyempurnaan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan ilmu serta wawasan kepada penulis selama kuliah.

7. Mama yang telah memberikan doa, dukungan, motivasi, nasihat, dan materi yang selalu menyertai penulis untuk melaksanakan dan menyelesaikan skripsi.
8. Nurmalia Hasan yang selalu menemani dalam suka dan duka selama perkuliahan dan penyusunan skripsi terima kasih atas kebersamaannya.
9. Keluarga dan teman-teman yang selalu menemani dalam suka dan duka selama penyusunan skripsi terima kasih atas bantuan, motivasi, doa, dan dukungannya.

Penulis 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, April 2019

Penulis  
**Indrajati**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Ubi Jalar Ungu .....	8
2.2 Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu .....	10
2.3 Fenol .....	11
2.4 Antosianin .....	13
2.5 Indeks Glikemik .....	17
2.6 Pati .....	19
2.7 Gelatinisasi Pati.....	21
2.8 Pati Resisten .....	22
1.Pati Resisten Tipe 1.....	23
2.Pati Resisten Tipe 2.....	23
3.Pati Resisten Tipe 3.....	23
2.9 Enzim -Amilase.....	24
2.10 Kinetika Penghambatan Enzim.....	25
1.Inhibitor Kompetitif .....	25
2.Inhibitor Non-kompetitif.....	25
2.11 Uji Penghambatan Aktivitas Enzim -Amilase .....	27
<b>III. BAHAN DAN METODE</b> .....	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
3.2 Bahan dan Alat .....	29
3.3 Metode Penelitian .....	30
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.4.1 Penyiapan Tepung Ubi Jalar Ungu .....	31
3.4.2 Penyiapan Tepung Ubi Jalar Ungu Kaya Pati Resisten .....	32
3.4.3 Penyipian Tepung Ubi Jalar Ungu Gelatinisasi Sebagian.....	33
3.4.4 Penyiapan Ekstrak Kasar Sampel .....	35

3.5	Pengamatan .....	37
3.5.1	Pengujian Total Fenol .....	37
3.5.2	Pengujian Total Antosianin.....	39
3.5.3	Pengujian Penghambatan Aktivitas -Amilase.....	40
3.5.3.1	Pembuatan dan Titrasi Pereaksi DNS .....	40
3.5.3.2	Penentuan Persentase Penghambatan -Amilase... ..	42
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>45</b>
4.1	Total Fenol Ubi Jalar Ungu dan Produk Turunannya .....	45
4.2	Total Antosianin Ubi Jalar Ungu dan Produk Turunannya.....	48
4.3	Penghambatan Aktivitas Enzim -Amilase .....	54
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN</b> .....	<b>58</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>59</b>
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia ubi jalar ungu segar per 100g .....	11
2. Perbedaan kandungan gizi ubi jalar ungu, beras, ubi kayu, dan jagung. .	11
3. Perbedaan letak gugus tersubstitusi dari enam antosianidin .....	15
4. Kategori pangan berdasarkan indeks glikemik .....	18
5. Absorbansi asam galat (standar total fenol) pada panjang gelombang 760 nm .....	69
6. Nilai absorbansi total fenol ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi pada panjang gelombang 760 nm .....	69
7. Total fenol ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi yang diperoleh dari kurva standar (ekuivalen terhadap asam galat) (mg/100g) .....	69
8. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett test) total fenol ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	70
9. Analisis ragam total fenol ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	70
10. Uji Duncan total fenol ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	71
11. Nilai absorbansi antosianin ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi pada panjang gelombang 500 nm dan 700 nm .....	72
12. Total antosianin ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi (mg/100g) ...	72
13. Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (Bartlett test) total antosianin ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	73
14. Analisis ragam total antosianin ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	73
15. Uji Duncan total antosianin ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi ...	74

16. Nilai absorbansi aktivitas penghambatan enzim -amilase ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi dengan faktor koreksi .....	75
17. Nilai absorbansi aktivitas penghambatan enzim -amilase ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi setelah dikurang oleh faktor koreksi.....	75
18. Nilai persentase (x100%) aktivitas penghambatan enzim -amilase pada ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	75
19. Uji kehomogenan ragam (Bartlett test) aktivitas penghambatan enzim -amilase ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	76
20. Analisis ragam aktivitas penghambatan enzim -amilase pada ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	76
21. Uji Duncan aktivitas penghambatan enzim -amilase pada ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	77
22. Nilai pH ekstrak kasar ubi jalar ungu dan tepung termodifikasi .....	77



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur kimia fenol .....	12
2. Struktur kimia polifenol .....	13
3. Struktur kimia antosianidin .....	14
4. Struktur rantai linier dari molekul amilosa.....	20
5. Struktur molekul amilopektin.....	21
6. Perbedaan inhibitor kompetitif dan non-kompetitif .....	26
7. Proses pembuatan tepung ubi jalar ungu .....	32
8. Proses pembuatan tepung ubi jalar ungu tergelatinisasi sebagian dan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten .....	34
9. Proses persiapan ekstrak sampel .....	36
10. Pembuatan larutan kurva standar.....	38
11. Persiapan sampel pada masing-masing larutan buffer .....	40
12. Diagram alir pembuatan pereaksi dinitro salisilat (DNS) .....	41
13. Persiapan sampel dan blanko untuk pembacaan absorbansi .....	43
14. Diagram alir penentuan penghambatan -amilase .....	44
15. Total fenol ekstrak ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi .....	46
16. Total antosianin ekstrak ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi .....	50

17. Penghambatan enzim $\alpha$ -amilase ekstrak ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi .....	55
18. Ubi jalar ungu ( <i>Ipomoea batatas</i> L.) .....	78
19. Tepung ubi jalar ungu .....	78
20. Proses pengeringan ubi jalar ungu .....	78
21. Ubi jalar ungu kering .....	78
22. Proses pendinginan ubi jalar ungu .....	78
23. Proses pemanasan ubi jalar ungu .....	78
24. Penimbangan sampel ubi jalar ungu segar (US) .....	79
25. Penimbangan sampel tepung ubi jalar ungu termodifikasi .....	79
26. Ekstrak kasar masing-masing sampel perlakuan.....	79
27. Sampel ekstrak pengukuran kadar total fenol .....	79
28. Sampel ekstrak pengukuran kurva standar asam galat.....	79

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia ditinjau dari cakupan dan potensi sumber daya wilayah memiliki potensi ketersediaan pangan sebagai sumber pangan yang berpotensi menyehatkan. Salah satu pangan yang dikategorikan sebagai pangan yang berpotensi menyehatkan adalah ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L). Bappenas (2015) melaporkan Provinsi Lampung telah mengembangkan penanaman ubi jalar dan menuai hasil yang cukup stabil. Pada tahun 2014, produksi ubi jalar di provinsi Lampung sebesar 42.000 ton, namun data khusus untuk ubi jalar ungu tidak tercantum. Awalnya ubi jalar yang banyak ditemui adalah ubi jalar putih dan kuning. Sejak dikembangkan dua varietas ubi jalar ungu dari Jepang yaitu Ayamurasaki dan Yamagawamurasaki, pemanfaatan ubi jalar ungu semakin memiliki prospek yang baik sebagai sumber pangan yang menyehatkan (Husna, 2013).

Warna ungu pada ubi jalar ungu disebabkan oleh kandungan antosianin yang terdapat pada kulit dan daging ubi jalar ungu. Senyawa antosianin pada ubi jalar ungu berkisar 65,16 – 645,37mg/100g (Widiati, 2010). Pigmen antosianin yang terkandung dalam ubi jalar ungu adalah bentuk mono atau diasetil dari peonidin dan sianidin yang berperan sebagai antimutagenik, antikarsinogenik, mencegah gangguan fungsi hati,

antihipertensi, dan antihiperlemik sehingga dapat dijadikan sebagai pangan fungsional bagi penderita diabetes mellitus tipe 2 (Suda *et al.*, 2003).

Ubi jalar ungu memiliki kelemahan dalam mempertahankan kesegaran dan kandungan antosianin di dalamnya. Salah satu cara untuk mencegah kerusakan antosianin pada ubi jalar ungu adalah dengan mengolahnya menjadi tepung ubi jalar ungu termodifikasi. Selain sebagai media dalam mempertahankan kandungan antosianin, tepung ubi jalar ungu termodifikasi memiliki fungsi sebagai pati resisten sehingga tepung ubi jalar ungu termodifikasi memiliki *double function* sebagai sumber pangan yang berpotensi menyehatkan (Nurdjanah dan Yuliana, 2013).

Dewasa ini telah dilakukan berbagai penelitian untuk menggali potensi antosianin yang terkandung dalam tepung ubi jalar ungu termodifikasi, salah satunya sebagai media penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase (Aprisia, 2017). Namun untuk memaksimalkan potensi kandungan antosianin pada tepung ubi jalar ungu termodifikasi perlu juga dilakukan kajian dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase. Hal ini karena kedua enzim tersebut memiliki peranan yang berbeda dalam sistem pencernaan dan mekanismenya dalam memecah pati menjadi gula-gula sederhana, sehingga dapat diketahui potensi maksimal dari tepung ubi jalar ungu termodifikasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kemampuan ekstrak kasar ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh teknik modifikasi tepung ubi jalar ungu secara fisik terhadap total senyawa fenol, total senyawa antosianin, dan penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase.
2. Mendapatkan perlakuan terbaik ekstrak kasar dari ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi (tepung ubi jalar ungu, tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten, dan tepung ubi jalar ungu gelatinisasi sebagian) dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase.

## 1.3. Kerangka Pemikiran

Hiperglikemia disebabkan oleh terhambatnya penyerapan gula ke dalam tubuh karena kerusakan jaringan pada tubuh (Ganiswarna, 1995; Cavallerano, 2009). Menurut Price dan McCarty (2006) terhambatnya penyerapan gula darah disebabkan oleh resistensi insulin ketika hormon insulin diproduksi dengan jumlah yang tidak memadai atau tidak efektif. Hormon insulin berfungsi mengendalikan kadar gula darah, apabila tubuh mengalami defisiensi insulin akan menyebabkan hiperglikemia. Price dan McCarty (2006) melaporkan bahwa kadar gula darah dapat dikendalikan dengan mengonsumsi bahan pangan yang memiliki indeks glikemik rendah. Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan Suda *et al.* (2003) beberapa bahan pangan dengan indeks glikemik rendah cenderung memiliki senyawa antihiperglikemik seperti antosianin pada ubi jalar ungu. Suda *et al.* (2003) melaporkan bahwa

pemberian antosianin yang diekstrak dari ubi jalar ungu varietas Ayamurasaki (100mg/100g) menurunkan kadar glukosa darah tikus percobaan sebesar 16,5% setelah 30 menit dibanding perlakuan kontrol. Hal tersebut menunjukkan terdapatnya aktivitas antihiperlikemik antosianin dengan menghambat aktivitas enzim dalam proses hidrolisis pati.

Senyawa antosianin yang terkandung pada ubi jalar ungu tinggi, namun untuk mempertahankan kandungan antosianin pada ubi jalar ungu dibutuhkan pengolahan yang tepat. Husna (2013) melaporkan proses pengolahan pada ubi jalar ungu dapat berdampak pada penurunan kadar antosianin yang terkandung dalam ubi jalar ungu tersebut. Efek pengolahan pada ubi jalar ungu karena perebusan, pengkukusan, dan penggorengan menyebabkan penurunan kadar antosianin masing-masing sebesar 29%, 34%, dan 42%, sedangkan pengolahan ubi jalar ungu menjadi keripik mengakibatkan kehilangan kadar antosianin yang tinggi yaitu sebesar 88,47% pada ubi jalar ungu muda dan 85,21% pada ubi jalar ungu pekat (Hong dan Koh, 2015). Penurunan kadar antosianin yang tinggi tersebut disebabkan penggunaan suhu yang sangat tinggi yaitu suhu didih pada minyak ( $177^{\circ}\text{C}$  -  $221^{\circ}\text{C}$ ) dengan ukuran bahan yang sangat tipis (Husna, 2013).

Selain itu pada produk olahan tepung ubi jalar ungu kehilangan kadar antosianin pada bahan mencapai 78,45% pada ubi jalar ungu pekat dan 86,95% pada ubi jalar ungu muda. Kehilangan antosianin terjadi pada proses perendaman dan pengeringan menggunakan sinar matahari secara langsung selama 2-3 hari (Husna, 2013).

Oleh karena itu, diperlukan beberapa upaya untuk mempertahankan kandungan antosianin pada produk olahan berupa tepung ubi jalar ungu termodifikasi. Nurdjanah

dan Yuliana (2013) melaporkan bahwa perlakuan pemanasan ubi jalar ungu pada suhu 90°C selama 30 menit sebelum penepungan menghasilkan total antosianin tertinggi yaitu sebesar 63,15 mg/100g pada perlakuan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten. Selain itu, tepung ubi jalar ungu dapat dimodifikasi menjadi tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten. Menurut Nurdjanah dan Yuliana (2013), tepung ubi jalar ungu yang telah dimodifikasi secara fisik dengan cara pemanasan dan dilanjutkan dengan proses pendinginan dapat mempertahankan kandungan antosianin, memperbaiki sifat fisikokimia tepung, dan memiliki tingkat hidrolisis enzim rendah.

Antosianin yang terdapat pada ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi diharapkan mampu menurunkan tingkat hidrolisis pati oleh enzim  $\alpha$ -glukosidase dan  $\alpha$ -amilase. Aprisia (2017) melaporkan tepung ubi jalar ungu termodifikasi mampu menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -glukosidase sebesar 40% - 65%. Namun untuk memaksimalkan potensi kandungan antosianin pada tepung ubi jalar ungu termodifikasi perlu juga dilakukan kajian dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase. Hal tersebut karena kedua enzim ini memiliki peranan yang berbeda dalam sistem pencernaan dan mekanismenya. Enzim  $\alpha$ -amilase berperan dalam menghidrolisis pati menjadi maltosa, kemudian maltosa dihidrolisis menjadi glukosa oleh enzim  $\alpha$ -glukosidase. Hal ini menyebabkan penghambatan kedua enzim tersebut diperlukan untuk proses hidrolisis pati yang sangat lambat sehingga hiperglikemia dapat dicegah.

Enzim  $\alpha$ -amilase bekerja dengan mengkatalis pemecahan pati menjadi maltosa. Peristiwa pemecahan pati tersebut terjadi sangat cepat dalam usus halus yang akan menyebabkan terjadinya hiperglikemia beberapa menit setelah penyerapan pati

berlangsung (Kotowaro *et al.*, 2006). Penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase atau populer dengan sebutan “*starch blocker*” bekerja dengan cara mengganggu atau memperlambat pemecahan karbohidrat kompleks dalam usus halus. Antosianin memperlambat pemecahan karbohidrat dengan cara menjadi inhibitor baik secara kompetitif dan non-kompetitif terhadap enzim  $\alpha$ -amilase sehingga mengurangi ketersediaan karbohidrat yang tercerna menjadi maltosa (Budiasih, 2011).

Pengaruh penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase terhadap penyerapan karbohidrat dan penurunan kadar glukosa darah setelah makan (*postprandial*) telah diuji pada manusia (*in vivo*) dan menunjukkan bahwa penghambatan tersebut memperlambat penyerapan karbohidrat dan dapat menurunkan kadar gula darah (Judge dan Svensson 2006). Akan tetapi belum terdapat penelitian secara stimulasi (*in vitro*) dengan menggunakan ekstrak kasar ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi sebagai inhibitor dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase. Penelitian ini akan mengkaji apakah senyawa-senyawa yang terkandung pada ekstrak kasar ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi dapat menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase.

#### **1.4. Hipotesis**

Hipotesis yang diajukan adalah :

1. Teknik modifikasi tepung ubi jalar ungu secara fisik berpengaruh terhadap total senyawa fenol, total senyawa antosianin, dan penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase.



2. Terdapat perlakuan terbaik dari ekstrak kasar dari ubi jalar ungu dan tepung ubi jalar ungu termodifikasi (tepung ubi jalar ungu, tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten, dan tepung ubi jalar ungu gelatinisasi sebagian) dalam menghambat aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar ungu merupakan tanaman merambat dengan batang tidak berkayu berbentuk bulat dan umbinya berwarna ungu hingga ungu muda. Klasifikasi taksonomi lengkap tumbuhan ubi jalar ungu adalah kingdom *Plantae*, divisi *Spermatophyta*, subdivisi *Angiospermae*, kelas *Dicotyledonae*, ordo *Convolvulales*, famili *Convolvulaceae*, genus *Ipomoea*, dan spesies *Ipomoea batatas*. Pada tahun 2014-2015 tercatat 3 provinsi yang mampu menyumbang lebih dari 300.000 ton ubi jalar dan varietas ubi jalar ungu termasuk kedalamnya yaitu Jawa Barat, Jawa Timur dan Papua (Bappenas, 2015).

Tanaman ini tumbuh baik di daerah beriklim panas dan lembab, dengan suhu optimum 27°C, kelembaban udara (RH) 50-60%, dengan curah hujan 750-1500 mm/tahun, dan lama penyinaran 11-12 jam per hari yang energi mataharinya akan diubah menjadi energi kimia berupa karbohidrat. Ubi jalar ungu memiliki tekstur lebih berair, kurang masir, dan lebih lembut daripada ubi jalar putih, akan tetapi rasanya tidak semanis ubi jalar putih (Hasim dan Yusuf, 2008). Ubi jalar ungu dapat tumbuh sampai ketinggian 1.000 meter dari permukaan laut dan tidak membutuhkan tanah subur untuk media tumbuhnya (Rukmana, 1997).

Umumnya ubi jalar ungu dibudidayakan pada dataran rendah di Indonesia. Sistem pertanian yang umum digunakan adalah sistem rotasi dan tanaman ini umumnya dipanen sekitar 4-5 bulan setelah masa tanam. Ubi jalar umumnya ditanam pada awal musim kemarau (April-Juni) dan dipanen pada awal atau menjelang musim penghujan (Agustus-Oktober) di daerah sentra produksi. Namun karena daya adaptasinya yang luas, tanaman ini dapat ditanam sepanjang tahun asalkan kebutuhan air pada awal pertumbuhannya dapat tercukupi (Hassanudin dan Wargiono, 2003).

Kemampuan ubi jalar ungu mengubah energi matahari menjadi karbohidrat ditunjukkan tingginya kalori yang diasimilasi yaitu mencapai 215 kal/kg/hari dibandingkan tanaman lain yaitu 150 kal/kg/hari. Ubi jalar ungu termasuk salah satu jenis ubi jalar yang ditanam di Indonesia selain yang berwarna putih, kuning, dan merah (Lingga *et al.*, 1986). Ubi jalar ungu menjadi sumber vitamin C dan betakaroten (provitamin A) yang sangat baik. Kandungan betakaroten ubi jalar ungu lebih tinggi dibandingkan ubi jalar kuning. Selain vitamin C, betakaroten, dan vitamin A, komponen yang terpenting adalah kandungan antosianin (Widjanarko, 2008).

Peran ubi jalar ungu dapat menunjang dua arah didalam program diversifikasi pangan, yaitu horizontal dan vertikal. Dalam diversifikasi horizontal, kembangkan sebagai tanaman baru di daerah berpotensi yang memiliki lahan dan lingkungan yang tepat untuk budidaya. Adapun diversifikasi vertikal diarahkan dalam pengembangan dan penganekaragaman produk (Darmardjati dan Widowati, 1994).

## 2.2. Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar ungu memiliki kandungan serat pangan (*dietary fiber*), karbohidrat bukan serat, mineral (Ca, Mg, K dan Zn), vitamin (A, B1, B2, C, dan E) dan antioksidan (Sulastri *et al.*, 2013). Serat pangan merupakan oligosakarida yang tidak dapat tercerna dan diserap dalam usus halus sehingga akan terfermentasi dalam usus besar. Stakiosa, rafinosa, dan verbaskosa merupakan serat pangan yang terdapat pada ubi jalar ungu (Murtiningsih dan Suyanti, 2011). Kategori asupan serat menurut Muchtadi (2009), yaitu kategori kurang (<20 g), cukup (20-30 g), dan lebih (>30 g), karena itu dengan mengonsumsi 100g ubi jalar artinya telah memenuhi 8% angka kecukupan asupan serat pangan dalam tubuh perharinya. Lebih lanjut Siagian (2004) melaporkan bahwa karbohidrat yang terdapat pada ubi jalar ungu termasuk karbohidrat kompleks yang sulit dicerna.

Ubi jalar ungu mengandung antosianin yang jumlah totalnya bervariasi sesuai dengan varietasnya dan memiliki pigmen yang stabil (Kano *et al.*, 2005).

Kumalaningsih (2006) melaporkan bahwa kandungan antosianin pada ubi jalar ungu mencapai 519 mg/100 g berat basah, sehingga ubi jalar ungu berpotensi besar sebagai sumber antioksidan. Kandungan antosianin yang tinggi pada ubi jalar ungu berfungsi sebagai antimutagenik, antidiabetes, antikarsinogenik, dan antioksidan (Jawi dan Budiasa, 2011 ; Terahara *et al.*, 2004). Ubi jalar ungu juga mengandung zat besi, kalsium, lemak, protein, serat kasar, fosfor, dan riboflavin (Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan, 2002). Komposisi kimia ubi jalar ungu dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 yang menunjukkan perbedaan kandungan

zat gizi ubi jalar ungu dengan bahan pangan lain seperti beras, ubi kayu, dan jagung (Widjanarko, 2008; Suprapti, 2003; Harnowo *et al.*, 1994).

Tabel 1. Komposisi kimia ubi jalar ungu segar per 100g

Sifat kimia dan fisik	Jumlah	
Kadar air (%)	67,8 <sup>a</sup>	68,6 <sup>b</sup>
Kadar abu (%)	3,3 <sup>a</sup>	1,2 <sup>b</sup>
Kadar pati (%)	55,3 <sup>a</sup>	27,5 <sup>b</sup>
Gula pereduksi (%)	1,8 <sup>a</sup>	-
Kadar lemak (%)	0,4 <sup>a</sup>	0,7 <sup>b</sup>
Kadar antosianin (mg/100g)	923,7 <sup>a</sup>	-
Kadar Ca (mg)	-	30,5 <sup>b</sup>
Kadar Fe (mg)	-	0,7 <sup>b</sup>
Kadar P (mg)	-	49,2 <sup>b</sup>
Vitamin A (IU)	-	7700,0 <sup>b</sup>
Vitamin C (mg)	-	22,7 <sup>b</sup>
Total Kalori (kal)	-	122,5 <sup>b</sup>

Sumber: a) Widjanarko (2008); b) Suprapti (2003)

Tabel 2. Perbedaan kandungan gizi ubi jalar ungu, beras, ubi kayu, dan jagung

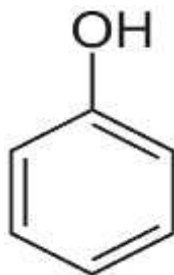
Bahan	Kalori (kal)	Karbohidrat (g)	Protein (g)	Lemak (g)	Vit. A (SI)	Vit. C (mg)
Ubi jalar ungu	123	27,9	1,8	0,7	7000	22
Beras	360	78,9	6,8	0,7	0	0
Ubikayu	146	34,7	1,2	0,3	0	30
Jagung kuning	361	72,4	8,7	4,5	350	0

Sumber : Harnowo *et al.* (1994)

### 2.3. Fenol

Fenol ( $C_6H_5OH$ ) merupakan senyawa organik yang memiliki gugus hidroksil yang terikat pada cincin benzena. Senyawa fenol memiliki beberapa nama lain seperti asam karbolik, fenat monohidroksibenzena, asam fenat, asam fenilat, fenil hidroksida, oksibenzena, benzenol, monofenol, fenil hidrat, fenilat alkohol, dan

fenol alkohol (Nair, 2008). Fenol berbentuk kristal yang tidak berwarna dan memiliki bau yang khas. Senyawa fenol dapat mengalami oksidasi sehingga dapat berperan sebagai reduktor (Hoffman *et al.*, 1997). Fenol bersifat lebih asam bila dibandingkan dengan alkohol, tetapi lebih basa daripada asam karbonat karena fenol dapat melepaskan ion  $H^+$  dari gugus hidroksilnya. Lepasnya ion  $H^+$  menjadikan anion fenoksida ( $C_6H_5O^-$ ) dapat melarut dalam air. Fenol memiliki titik leleh  $41^\circ C$  dan titik didih  $181^\circ C$ . Fenol memiliki kelarutan yang terbatas dalam air yaitu  $8,3g/100 mL$  (Fessenden dan Fessenden, 1992). Struktur fenol dapat dilihat pada Gambar 1.



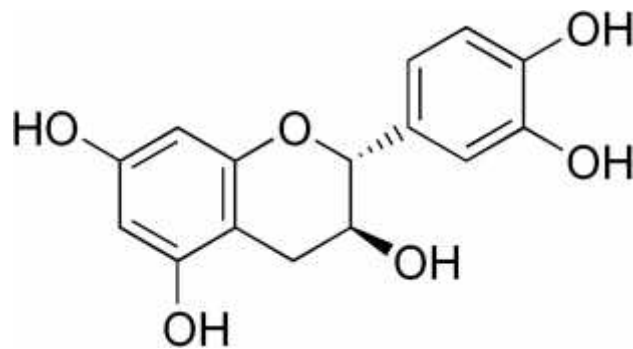
Gambar 1. Struktur kimia fenol

Sumber: Hoffman *et al.* (1997)

Fenol merupakan senyawa yang bersifat toksik dan korosif terhadap kulit (iritasi) dan pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia hingga kematian pada organisme. Tingkat toksisitas fenol beragam tergantung dari jumlah atom atau molekul yang melekat pada rantai benzenanya (Qadeer dan Rehan, 1998). Pada produk-produk pangan senyawa fenol yang ditemukan dan bermanfaat sebagai antioksidan adalah senyawa polifenol.

Polifenol merupakan polimer fenol yang banyak ditemukan pada tumbuhan. Zat ini memiliki tanda khas yakni memiliki banyak gugus fenol dalam molekulnya.

Polifenol memiliki spektrum luas dengan sifat kelarutan pada suatu pelarut yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh gugus hidroksil pada senyawa tersebut yang dimiliki berbeda jumlah dan posisinya (Hattenschwiler and Vitousek, 2000). Turunan polifenol sebagai antioksidan dapat menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas, dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas. Polifenol merupakan komponen yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antioksidan dalam buah dan sayuran (Hattenschwiler and Vitousek, 2000). Gambar struktur polifenol dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kimia polifenol  
Sumber: Hattenschwiler and Vitousek (2000)

#### 2.4. Antosianin

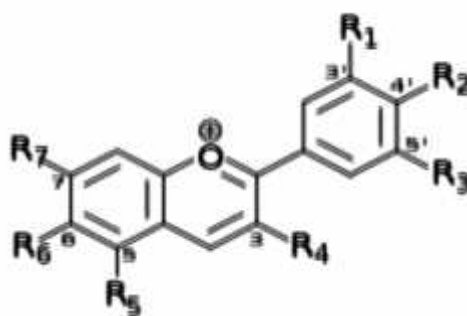
Kandungan penting yang terdapat pada ubi jalar ungu adalah antosianin yang berperan sebagai zat antioksidan dan penghambat enzim  $\alpha$ -glukosidase dan  $\alpha$ -amilase dalam menghidrolisis pati di usus halus (Mardiah *et al.*, 2009).

Antosianin merupakan salah satu bagian penting dalam pigmen setelah klorofil.

Antosianin berasal dari bahasa Yunani yaitu *anthos* yang berarti bunga dan

*kyanos* yang berarti biru gelap. Antosianin merupakan pigmen yang larut dalam air. Pigmen antosianin menghasilkan warna merah sampai biru yang tersebar luas dalam bunga dan daun (Jackman dan Smith, 1996). Antosianin biasanya ditemukan pada ubi jalar ungu, bayam merah, anggur, manggis, dan apel (Dharmawan, 2009).

Antosianin merupakan senyawa flavonoid yang secara alami berbentuk glikosida dari flavilium atau 2-fenil benzopirilium. Zat pewarna alami antosianin tergolong ke dalam turunan benzopiran. Struktur utama turunan benzopiran ditandai dengan adanya dua cincin aromatik ( $C_6H_5OH$ ) yang dihubungkan dengan rantai karbon membentuk cincin. Antosianin merupakan suatu gugus glikosida yang dibentuk dari gugus aglikon dan glikon (Dharmawan 2009). Apabila gugus glikon dihilangkan melalui proses hidrolisis maka akan dihasilkan senyawa antosianidin (Gambar 3). Gugus gula yang umum berikatan dengan antosianidin yaitu glukosa, galaktosa, dan ramnosa.



Gambar 3. Struktur kimia antosianidin  
Sumber: Giusti dan Wrolstad (2003)

Menurut Mateus dan Freitas (2009), terdapat 6 jenis antosianin yang terkandung pada bahan pangan yaitu pelargonidin, cyanidin, peonidin, delphinidin, petunidin, dan malvidin. Antosianin yang terkandung didalam ubi jalar ungu adalah bentuk



mono atau diasetil dari peonidin dan sianidin (Suda *et al.*, 2003). Pengaruh perbedaan letak dan jumlah gugus tersubstitusi pada antosianidin terhadap warna antosianin dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan letak gugus tersubstitusi dari enam antosianidin

Antosianidin	Gugus yang tersubstitusi						Warna
	R3	R5	R6	R7	R4	R2	
Pelargonidin	OH	OH	H	OH	H	H	Orange
Cyanidin	OH	OH	H	OH	OH	H	Merah-Orange
Delphinidin	OH	OH	H	OH	OH	OH	Merah-Biru
Peonidin	OH	OH	H	OH	OMe	H	Merah-Orange
Petunidin	OH	OH	H	OH	Ome	OH	Merah-Biru
Malvinidin	OH	OH	H	OH	Ome	Ome	Merah-Biru

Sumber : Jackman dan Smith (1996)

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan warna antosianin, baik secara enzimatis dan non-enzimatis. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan antosianin secara non-enzimatis adalah pH, cahaya, oksigen, kadar gula, dan suhu (Jackman dan Smith, 1996). Secara enzimatis enzim yang dapat berperan dalam proses degradasi dan mempengaruhi kestabilan warna antosianin salah satunya adalah enzim polifenol oksidase. Enzim polifenol oksidase mengoksidasi senyawa fenolik menjadi semi o-benzoquinon yang kemudian dapat mengalami kondensasi dengan antosianin sehingga terjadi degradasi menjadi senyawa tidak berwarna (Siregar dan Nurlala, 2011). Antosianin umumnya lebih stabil pada larutan asam dibandingkan larutan netral dan larutan basa. Antosianin memiliki struktur kimia yang berbeda tergantung dari pH larutan. Pada pH 1 antosianin berbentuk kation flavinium yang memberikan warna merah. Pada pH 2-4 antosianin berbentuk campuran kation flavinium dan

quinoidal. Pada pH yang lebih tinggi yaitu 5-6 terdapat dua senyawa yang tidak berwarna yaitu karbinol pseudobasa dan kalkon (Ovando *et al.*, 2009).

Selain pH, cahaya merupakan salah satu faktor yang berperan dalam proses degradasi antosianin. Cahaya memiliki energi tertentu yang mampu menstimulasi terjadinya fotokimia dalam molekul antosianin (Jackman dan Smith, 1996).

Oksigen dapat menstimulasi terjadinya proses degradasi antosianin secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung oksigen mampu menyebabkan oksidasi antosianin menjadi senyawa yang tidak berwarna dan menurunkan stabilitas antosianin (Rein dan Heinonen, 2004). Secara tidak langsung beberapa senyawa hidroksiradikal mampu menyebabkan oksidasi pada struktur antosianin sehingga membentuk senyawa tidak berwarna seperti kalkon yang merupakan indikator degradasi warna antosianin (Dharmawan, 2009).

Gula merupakan faktor yang mempengaruhi kestabilan antosianin. Sukrosa merupakan jenis gula yang memiliki efek protektif terhadap antosianin dibanding fruktosa dan laktosa (Markakis, 1982). Penambahan 10% sukrosa pada model minuman ekstrak bayam merah terbukti memiliki efek protektif terhadap total senyawa antosianin (Cai dan Corke, 1999). Penambahan sukrosa yang berlebihan (>13%) pada minuman ekstrak bayam merah cenderung menstimulasi proses degradasi pigmen antosianin yang terkandung di dalamnya (Dharmawan, 2009).

Suhu merupakan faktor yang mempengaruhi kestabilan antosianin. Peningkatan suhu pengolahan hingga penyimpanan dapat menimbulkan kerusakan dan perubahan antosianin. Perubahan antosianin terjadi secara cepat melalui tahapan

hidrolisis pada ikatan glikosidik yang menghasilkan aglikon-aglikon tidak stabil dan terbukanya cincin aglikon sehingga terbentuk gugus karbinol dan kalkon yang tidak berwarna. Senyawa kalkon mampu terdegradasi membentuk senyawa yang lebih sederhana dan tidak berwarna yaitu asam karboksilat seperti asam benzoat yang tersubstitusi dan senyawa karboksil aldehid (Jackman dan Smith, 1996).

Masalah yang muncul dalam proses pembuatan tepung ubi jalar ungu yang diolah yaitu adanya aktivitas enzim polifenol oksidase yang menyebabkan proses pencoklatan. Menurut Uritani (1982), getah umbi banyak mengandung senyawa-senyawa o-difenol yang berupa senyawa asam klorogenat, asam isoklorogenat, asam kafeat dan turunannya. Oksidasi senyawa-senyawa fenol tersebut menghasilkan senyawa melanoidin yang berwarna coklat (Nollet, 1996).

## **2.5. Indeks Glikemik**

Jenkins (1981) memperkenalkan konsep indeks glikemik (IG) sebagai parameter respon kadar glukosa sebagai efek dari mengkonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat. Indeks Glikemik (IG) adalah tingkat pangan menurut efeknya terhadap kadar gula darah (Rimbawan dan Siagian, 2004). Indeks glikemik pangan berarti bagaimana kecepatan suatu makanan yang dikonsumsi tubuh memengaruhi kadar gula darah tubuh. Makanan berbahan dasar karbohidrat memiliki kadar IG yang berbeda-beda dan respon glukosa darah terhadap tiap makanan juga berbeda.

Secara teknis IG ditentukan dengan cara melakukan pengukuran kadar glukosa darah dari pembuluh darah kapiler di ujung jari. Pengukuran biasanya dilakukan dalam waktu dua jam setelah makan, dan kadar glukosa darah diukur

tiap 15-30 menit. Kadar glukosa darah kemudian dipetakan menjadi suatu kurva glikemik (Fernanda *et al.*, 2009). Nilai glikemik suatu makanan dilihat dengan kurva respon gula darah terhadap kandungan karbohidrat dalam makanan yang diuji dibandingkan dengan kurva respon gula darah terhadap karbohidrat (dalam jumlah sama) dari pangan acuan atau “*standard food*” yaitu glukosa murni (Jenkins, 2002). IG glukosa murni sebagai acuan adalah 100.

Kandungan karbohidrat setiap makanan berbeda dalam mempengaruhi kadar gula darah. Almtsier (2004) menyatakan penggolongan karbohidrat dilakukan berdasarkan struktur kimianya menjadi karbohidrat sederhana dan kompleks. Karbohidrat sederhana lebih mudah dan cepat diserap tubuh sehingga lebih cepat menaikkan kadar gula darah dibanding karbohidrat kompleks. Namun penelitian memunculkan hal berbeda, karbohidrat kompleks seperti roti putih, kentang, dan nasi lebih cepat dicerna dan diserap dibandingkan dengan yang sederhana seperti bar coklat dan sereal (Rimbawan dan Siagian, 2004). Kesenjangan tersebut menyebabkan penyusunan penggolongan pangan berdasarkan kecepatan kenaikan kadar gula darah dengan konsep penggolongan karbohidrat yaitu dengan indeks glikemik (Adhi, 2012). Ada tiga kelompok pangan didasarkan indeks glikemik yaitu pangan IG rendah, IG sedang dan IG tinggi yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori pangan berdasarkan indeks glikemik

Kategori Pangan	Rentang Indeks Glikemik
IG rendah	< 55
IG sedang	55-70
IG tinggi	> 70

Sumber : Rimbawan dan Siagian (2004)

Nilai indeks glikemik bahan pangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu proses pengolahan, kandungan senyawa antihiperlemik, tingkat keasaman dan daya osmotik, kadar serat pangan, kadar lemak dan protein serta kadar anti gizi yang terkandung pada bahan pangan (Rimbawan dan Siagian, 2004). Pangan dengan IG rendah berarti karbohidratnya akan dipecah dengan lambat sehingga glukosa yang terlepas ke darah akan lambat pula (*slow release carbohydrate*). Pangan dengan IG tinggi berarti akan melepaskan dengan cepat dan pangan dengan IG sedang berarti melepaskan dengan moderat (Adhi, 2012).

## **2.6. Pati**

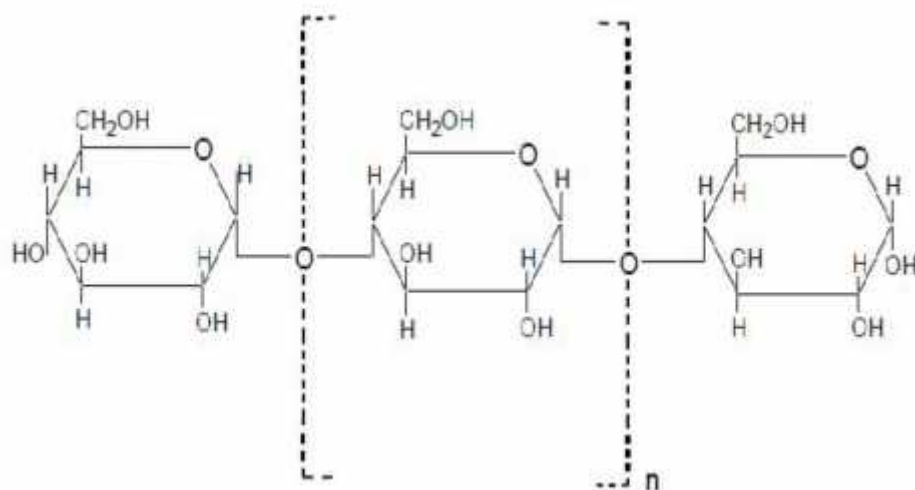
Pati secara alami terdapat dalam senyawa-senyawa organik di alam yang tersebar luas di dalam biji-bijian, akar, dan batang yang disimpan sebagai energi selama dormansi dan perkecambahan. Ketika tanaman menghasilkan molekul-molekul pati, tanaman akan menyimpannya di dalam lapisan-lapisan di sekitar pusat hilum membentuk suatu granula yang kompak (Smith, 1982).

Pati merupakan kombinasi amilosa dan amilopektin yang tersusun dalam granula membentuk pati murni. Amilosa merupakan polimer linier yang mengandung 500-2000 unit glukosa yang terikat oleh ikatan  $\alpha(1,4)$ , sedangkan amilopektin selain mengandung ikatan  $\alpha(1,4)$  juga mengandung ikatan  $\alpha(1,6)$  sebagai titik percabangannya (Smith, 1982 ; Swinkels, 1985 ; Pomeranz, 1991).

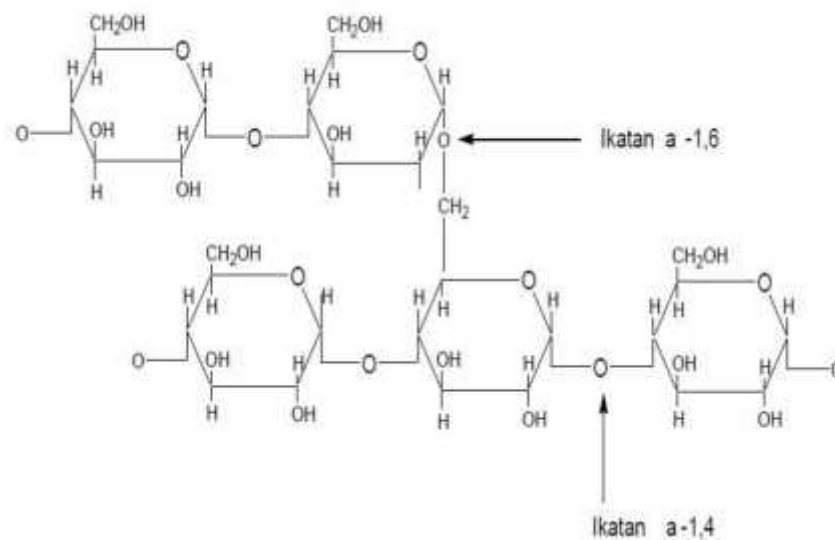
Seluruh jenis pati dihasilkan dengan beberapa perbandingan molekul amilosa dan amilopektin yang jumlahnya tergantung dari sumber tanaman asal, misalnya jagung tersusun dari 25 % amilosa dan sisanya amilopektin. Jagung dengan amilosa tinggi dapat mencapai 80 % amilosa sedangkan tapioka hanya

mengandung 17 % amilosa (Smith, 1982). Setiap jenis pati memiliki karakteristik dan sifat fungsional yang berbeda, peningkatan sifat fungsional dan karakteristik pati dapat diperoleh melalui modifikasi pati. Struktur molekul amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Menurut Swinkels (1985), jika granula pati dipanaskan dan mencapai suhu yang pada saat suhu itu tercapai akan terjadi hilangnya sifat polarisasi cahaya pada hilum dan mengembangnya granula pati yang bersifat tidak dapat kembali disebut dengan gelatinisasi. Kisaran suhu gelatinisasi ditentukan oleh ikatan granula pati yang bervariasi sesuai dengan jenis patinya (Bowo, 2016). Semakin tinggi struktur molekul amilopektin pada pati maka semakin sulit pati tersebut untuk dihidrolisis oleh enzim  $\alpha$ -amilase dan  $\alpha$ -glukosidase, hal itu juga yang menyebabkan tepung pati termodifikasi sulit untuk dihidrolisis oleh kedua enzim tersebut.



Gambar 4. Struktur rantai linier molekul amilosa  
Sumber: Swinkels (1985)



Gambar 5. Struktur molekul amilopektin  
Sumber: Swinkels (1985)

## 2.7. Gelatinisasi Pati

Gelatinisasi merupakan peristiwa pembentukan gel yang diawali dengan pembengkakan granula pati akibat penyerapan air. Bila pati dimasukkan ke dalam air dingin, granula pati akan menyerap air dan mulai membengkak namun terbatas, sekitar 30% dari berat tepung. Proses pemanasan pada pati akan menyebabkan granula pati semakin membengkak karena penyerapan air semakin banyak. Titik suhu yang mengakibatkan pembengkakan maksimal disebut dengan suhu gelatinisasi. Hernanto (2014) menyatakan jika pemanasan yang dilakukan pada suhu 90°C selama 30 menit tanpa penambahan air dapat menggelatinisasi sebagian ubi jalar ungu (500g) dengan jumlah derajat gelatinisasi sebesar 28,114%. Derajat gelatinisasi adalah rasio antara pati yang tergelatinisasi dengan total pati yang terkandung.

Gelatinisasi merupakan perubahan yang terjadi pada granula pati saat mengalami pembengkakan yang tinggi dan tidak dapat kembali ke bentuk semula.

Gelatinisasi disebut juga sebagai peristiwa koagulasi koloid yang mengakibatkan terperangkapnya air. Gelatinasi menyebabkan granula pati tidak dapat kembali ke bentuk semula karena terjadinya perubahan struktur granula pati pada titik suhu gelatinisasi (Winarno, 2002).

Pada struktur granula pati, amilosa dan amilopektin tersusun dalam suatu cincin-cincin. Amilosa dan amilopektin di dalam granula pati dihubungkan dengan ikatan hidrogen. Proses gelatinasi terjadi apabila granula pati dipanaskan didalam air, energi panas akan menyebabkan ikatan hidrogen terputus, dan air masuk kedalam granula pati. Air yang masuk selanjutnya membentuk ikatan hidrogen dengan amilosa dan amilopektin. Meresapnya air ke dalam granula menyebabkan terjadinya pembengkakan granula pati dan mengakibatkan ukuran granula meningkat sampai batas tertentu sebelum akhirnya granula pati tersebut pecah. Pecahnya granula menyebabkan bagian amilosa dan amilopektin berdifusi keluar dan membentuk struktur gel berbentuk matriks tiga dimensi (McCready, 1970).

## **2.8. Pati Resisten**

Makanan berbasis pati diklasifikasikan berdasarkan sifatnya ketika bereaksi dengan enzim menjadi pati glisemik dan pati resisten. Pati glisemik merupakan pati yang telah didegradasi menjadi glukosa oleh enzim pencernaan. Sedangkan pati resisten adalah pati yang tidak tercerna dalam usus halus tapi terfermentasi pada usus besar oleh mikroorganisme (Bridgewater, 1999). Pati resisten selanjutnya diklasifikasi menjadi 3 tipe, yaitu:



### 1. Pati resisten tipe 1

Pati resisten tipe 1 merupakan pati yang sejatinya secara fisik sulit dicerna (pati yang terkunci oleh dinding sel). Pati resisten tipe 1 mempunyai ikatan molekul yang kuat dan terperangkap dalam jaringan, yang membuat enzim-enzim pencernaan tidak dapat masuk ke molekul pati (Haralampu, 2000).

### 2. Pati resisten tipe 2

Pati resisten tipe 2 terdapat secara alami pada pati yang tidak tergelatinisasi karena tidak dimasak, misalnya pati kentang, pisang dan bahan tinggi amilosa lainnya. Karena terperangkap kuat, pati resisten tipe 2 tahan terhadap hidrolisis enzim, namun ketika pemasakan resistensi pati hilang akibat lepasnya barier seluler dan kerusakan pada granula pati (Haralampu, 2000).

### 3. Pati resisten tipe 3

Pati resisten tipe 3 merupakan pati yang terbentuk selama pemanasan lalu pendinginan pati atau disebut dengan istilah retrogradasi pati. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Ningsih (2015) yang melaporkan bahwa kandungan pati resisten tepung ubi jalar ungu termodifikasi tertinggi diperoleh setelah perlakuan pendinginan selama 48 jam yaitu sebesar 31,894%, sedangkan kandungan pati resisten terendah didapatkan pada proses tanpa pendinginan dengan kandungan pati resisten sebesar 18,65%. Retrogradasi pati menghasilkan makrokristal yang membuat pati tahan terhadap panas dan enzim  $\alpha$ -amilase. Struktur pati resisten tipe 3 sangat stabil terhadap panas dan enzim, dan hanya bisa dipecah pada suhu

85-150°. Asp dan Bjork (1992) menyatakan makin tinggi kadar amilosa pati maka makin tinggi proses retrogradasi yang terjadi. Franco *et al.* (1986) menjelaskan bahwa pemanasan yang dilakukan terhadap pati akan mengakibatkan pati tergelatinisasi, kemudian setelah didinginkan akan terbentuk kristal yang resisten terhadap hidrolisis enzim  $\alpha$ -amilase melalui proses rekristalisasi kembali amilosa dan dapat meningkatkan kandungan pati resisten. Selain itu pada saat modifikasi terjadi penyatuan kembali amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin menyebabkan granula pati tahan terhadap panas dan resisten terhadap enzimolisis (Raja dan Shindu, 2000). Sajilata *et al.* (2006) mengemukakan bahwa selama proses pendinginan, amilosa yang terlarut karena gelatinisasi akan mengalami reasosiasi kembali membentuk struktur heliks ganda yang distabilkan oleh ikatan hidrogen yang mengakibatkan pati sulit dicerna oleh enzim  $\alpha$ -amilase.

## **2.9. Enzim $\alpha$ -Amilase**

Enzim  $\alpha$ -amilase termasuk biokatalisator yang merupakan molekul biopolimer dan tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap. Enzim memiliki peranan yang sangat penting dalam berbagai reaksi kimia yang terjadi di dalam sel yang mungkin sangat sulit dilakukan oleh reaksi kimia biasa (Darmajana *et al.*, 2008).

Enzim  $\alpha$ -amilase bekerja dengan memutus ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik pada rantai lurus amilum sehingga menghasilkan glukosa dalam konfigurasi  $\alpha$ , maltosa dan dekstrin (Moo Yong, 1985). Enzim  $\alpha$ -amilase merupakan enzim amilase endospliting yang memutus ikatan glikosidik pada bagian dalam rantai pati secara acak. Enzim  $\alpha$ -amilase berfungsi untuk menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik dan

mampu melewati titik percabangan (ikatan  $\alpha$ -1,6-glikosidik) untuk memutus ikatan-ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik diseberangnya sehingga menghasilkan isomaltase. Hasil hidrolisis pati dan glikogen oleh  $\alpha$ -amilase adalah oligosakarida, maltosa, dan glukosa (Sivaramakrishnan *et al.*, 2006; Kunamneni *et al.*, 2005).

Enzim  $\alpha$ -amilase merupakan enzim yang berperan dalam mengkonversi karbohidrat menjadi glukosa. Glukosa yang dihasilkan selanjutnya diabsorpsi pada lumen usus halus dan masuk ke dalam sirkulasi darah sehingga dapat meningkatkan kadar glukosa darah (Bosenberg, 2008). Peristiwa pemecahan pati tersebut terjadi sangat cepat dalam usus halus yang akan menyebabkan terjadinya hiperglikemia beberapa menit setelah penyerapan pati berlangsung (Kotowaro *et al.*, 2006). Penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase atau populer dengan sebutan “*starch blocker*” bekerja dengan cara mengganggu atau memperlambat pemecahan karbohidrat kompleks dalam usus halus. Antosianin dalam usus halus dapat memperlambat pemecahan karbohidrat dengan cara menjadi inhibitor terhadap enzim  $\alpha$ -amilase sehingga mengurangi ketersediaan karbohidrat yang tercerna menjadi kalori atau mempengaruhi sistem glukosa-insulin (Budiasih, 2011).

## 2.10. Kinetika Penghambatan Enzim

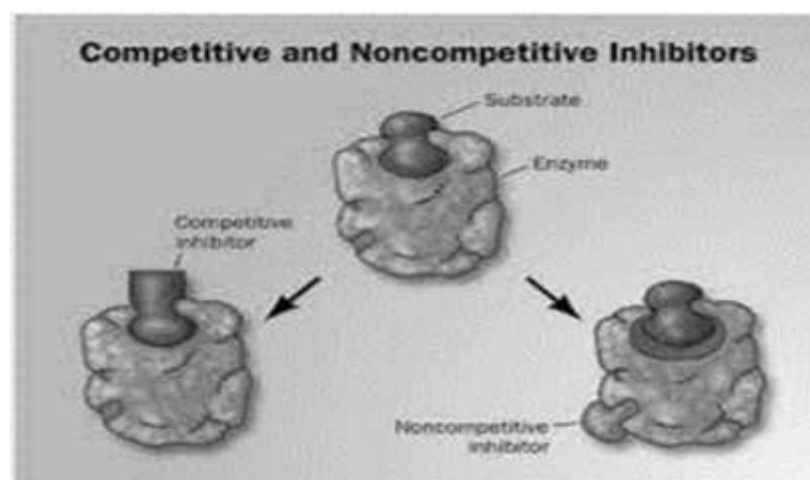
Semua substansi yang dapat mengurangi kecepatan reaksi yang dikatalisis oleh enzim disebut sebagai penghambat (inhibitor). Dilihat dari ikatan enzim, inhibitor dibagi menjadi 2 yaitu inhibitor *reversibel* dan inhibitor *irreversibel*. Inhibitor *reversibel* berikatan dengan enzim melalui ikatan non-kovalen, sedangkan inhibitor *irreversibel* berikatan dengan enzim melalui ikatan kovalen (Champe *et al.*, 2005). Inhibitor *reversibel* terbagi menjadi 2 tipe yaitu :

### 1. Inhibitor Kompetitif

Inhibitor kompetitif berlomba dengan substrat untuk berikatan dengan sisi aktif enzim. Inhibitor kompetitif hanya berikatan secara *reversibel* dengan enzim membentuk kompleks EI dan inhibitor tidak dapat dikatalisa oleh enzim untuk menghasilkan produk baru. Ciri inhibitor kompetitif yaitu dapat diidentifikasi dengan meningkatkan konsentrasi substrat. Bentuk inhibitor kompetitif menyerupai substrat normal atau analog substrat (Lehninger, 1988).

### 2. Inhibitor Non-kompetitif

Pada inhibitor non-kompetitif, inhibitor tidak terikat pada sisi aktif enzim, tetapi terikat pada bagian lain dari enzim. Inhibitor non-kompetitif dapat berikatan secara *reversibel* pada molekul enzim bebas membentuk kompleks EI, mampu berikatan secara *reversibel* dengan kompleks ES membentuk kompleks ESI. Namun, pada kompleks EI masih dapat mengikat substrat yang dapat diubah menjadi produk (Lehninger, 1988). Perbedaan antara inhibitor kompetitif dengan inhibitor non-kompetitif dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbedaan inhibitor kompetitif dan non-kompetitif

Berdasarkan pengujian dilakukan secara stimulasi (*in vitro*), antosianin merupakan inhibitor non-kompetitif yang dapat berikatan secara *reversible* pada molekul enzim bebas namun tidak terikat pada sisi aktif enzim yang akan berikatan dengan substrat (Lehninger, 1988).

Menurut Elmaniar dan Muhtadi (2017), antosianin yang terkandung pada ubi jalar ungu menunjukkan jenis penghambatan campuran. Penghambatan campuran berikatan dengan sisi aktif enzim secara baik dan secara normal ditempati oleh substrat maupun ditempati oleh bagian lain dari enzim. Suatu senyawa dapat mengalami dua penghambatan sekaligus yaitu gabungan dari inhibisi kompetitif dan inhibisi non-kompetitif yang sering disebut sebagai inhibisi campuran (*mixed inhibition*) (Strelow *et al.*, 2012).

### **2.11. Uji Penghambatan Aktivitas Enzim $\alpha$ -Amilase**

Pengujian penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase dapat dilakukan secara *in vitro* dengan metode Bernfeld yaitu mengukur konsentrasi gula pereduksi menggunakan reagen *dinitrosalicylic acid* lalu dihitung persentase penghambatannya (Wahyuni, 2015). Salah satu substrat yang dapat digunakan untuk pengujian penghambatan aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase adalah pati (*soluble starch*) sebagai substrat (Wahyuni, 2015). Enzim  $\alpha$ -amilase akan menghidrolisis substrat pati menjadi gula sederhana lalu hasil hidrolisis direaksikan dengan pereaksi dinitro salisilat (DNS) sehingga terbentuk warna jingga kemerahan yang kepekatannya berbanding lurus dengan kadar glukosa dalam larutan sampel. DNS umum digunakan sebagai pereaksi pada reaksi untuk menghasilkan gula pereduksi, contohnya glukosa dan fruktosa.

Fungsi penambahan DNS adalah untuk memberikan reaksi kompleks yang membantu dalam pembacaan absorbansi larutan pada spektrofotometri (Sastroharmidjojo, 2005). Metode penghambatan ini dilakukan terlebih dahulu dengan membuat 2 jenis larutan yaitu sampel dan blanko yang akan dibaca absorbansinya dalam berbagai jenis perlakuan. Kemudian persentase penghambatan didapat menggunakan rumus

$$\text{Inhibition (\%)} = 100 - \frac{\text{Abs } C - (\text{Abs } S - \text{Abs } B)}{\text{Abs } C} \times 100 \quad (\text{Moein } et \text{ al.}, 2017).$$

### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada bulan Mei sampai Agustus 2018.

#### 3.2. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah ubi jalar ungu dari Padang, Sumatera Barat dengan ciri yang khas yaitu warna kulit luar yang hitam kecoklatan dan warna daging yang sangat ungu. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis yaitu enzim  $\alpha$ -amilase (*bacteria*), *soluble starch* sebagai substrat (*Merck*), dinitro salisilat (DNS), NaOH (*Merck*), aquades, fenol (*Merck*), indikator pp, Na metabisulfit, buffer fosfat, dan glukosa.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain aluminium foil, kain saring, pisau, grinder, alat-alat gelas, *hammer mill*, *hot plate*, *oven blower*, ayakan 80 mesh, *vorteks*, neraca analitik (*Shimidzu AY220*), inkubator, corong, mikro pipet, sentrifugasi, lemari pendingin, dan spektrofotometri.

### **3.3. Metode Penelitian**

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) non-faktorial dengan empat kali ulangan. Penelitian dilakukan dengan 4 taraf perlakuan yaitu ubi jalar ungu segar (US), tepung ubi jalar ungu (TU), tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten (TP), dan tepung ubi jalar ungu gelatinisasi parsial (TG).

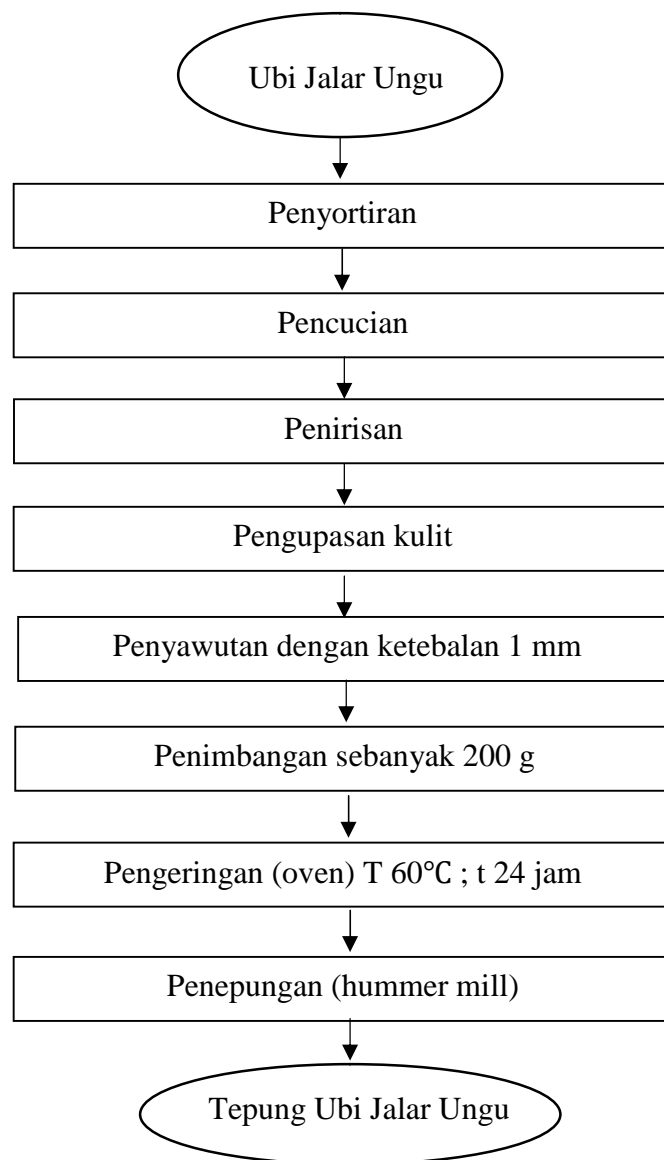
Kehomogenan data dianalisis dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Data yang homogen kemudian dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan. Data dianalisis lebih lanjut menggunakan Uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan pada taraf nyata 5%.



### **3.4. Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.4.1. Penyiapan Tepung Ubi Jalar Ungu**

Pembuatan tepung ubi jalar ungu menggunakan metode Nurdjanah dan Yuliana (2013). Ubi jalar ungu disortasi dan dicuci hingga bersih, kemudian ditiriskan. Kemudian, ubi jalar ungu dikupas dan disawut dengan ketebalan 1 mm. Ubi jalar ungu yang telah disawut selanjutnya ditimbang sebanyak 200g dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah didinginkan pada suhu 25°C selama 15 menit (suhu ruang), ubi jalar ungu kering ditepungkan dengan menggunakan *hammer mill* dan diayak menggunakan ayakan berukuran 80 mesh. Diagram alir penyiapan tepung ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses pembuatan tepung ubi jalar ungu  
Sumber: Nurdjanah dan Yuliana (2013)

### 3.4.2. Penyiapan Tepung Ubi Jalar Ungu Kaya Pati Resisten

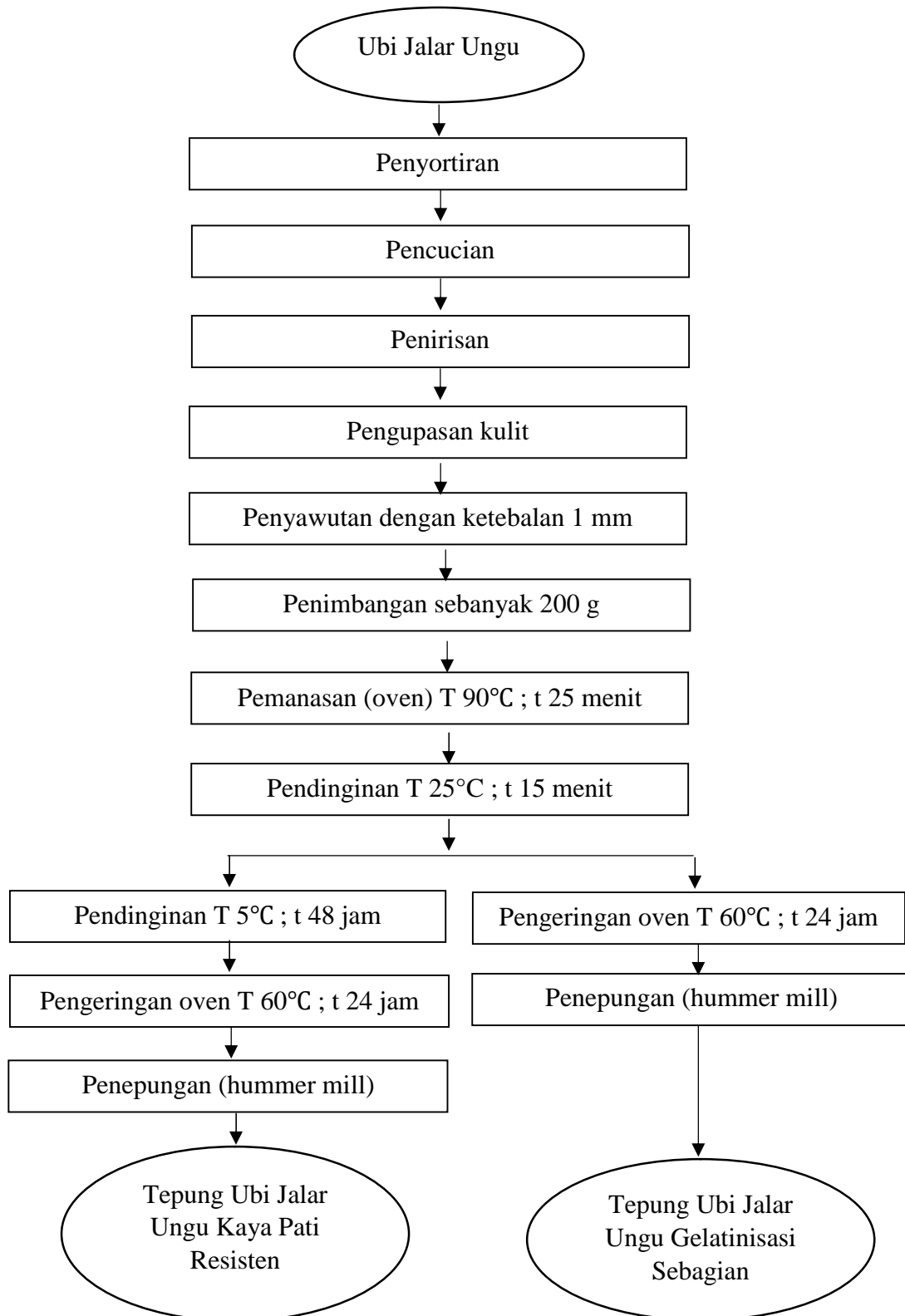
Pembuatan ubi jalar ungu termodifikasi kaya pati resisten dilakukan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Nurdjanah *et al.* (2017).

Disiapkan ubi jalar ungu yang telah disortasi, lalu ubi jalar ungu dicuci sampai bersih dan ditiriskan. Selanjutnya, kulit ubi jalar ungu dikupas dan disawut lalu

diambil sebanyak 200g dilanjutkan dengan proses pemanasan menggunakan alat pemanas berputar pada suhu 90°C selama 25 menit. Setelah proses pemanasan selesai dilanjutkan dengan pendinginan sampel pada suhu 25°C selama 15 menit (suhu ruang), kemudian sampel disimpan dalam lemari pendingin dengan suhu 5°C selama 48 jam, lalu sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah sampel kering dilakukan pembuatan tepung dengan *hammer mill*, dan dilakukan pengayakan dengan ayakan 80 mesh. Diagram alir pembuatan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten (teretrogradasi) dapat dilihat pada Gambar 8.

#### **3.4.3. Penyiapan Tepung Ubi Jalar Ungu Gelatinisasi Sebagian**

Tepung ubi jalar ungu gelatinisasi sebagian dibuat menurut metode yang dikembangkan oleh Hidayat *et al.* (2009) dengan beberapa modifikasi. Ubi jalar ungu yang telah disortasi, dicuci sampai bersih dan ditiriskan. Selanjutnya, kulit ubi jalar ungu dikupas dan disawut dengan ketebalan 1 mm lalu diambil sebanyak 200g dilanjutkan dengan proses pemanasan menggunakan alat pemanas berputar pada suhu 90°C selama 25 menit lalu didinginkan pada suhu 25°C selama 15 menit (suhu ruang). Proses pemanasan sampel untuk dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah sampel kering didinginkan pada suhu ruang dilakukan pembuatan tepung dengan *hammer mill*, dan dilakukan pengayakan dengan ayakan 80 mesh. Diagram alir pembuatan tepung ubi jalar ungu gelatinisasi sebagian dapat dilihat pada Gambar 8.

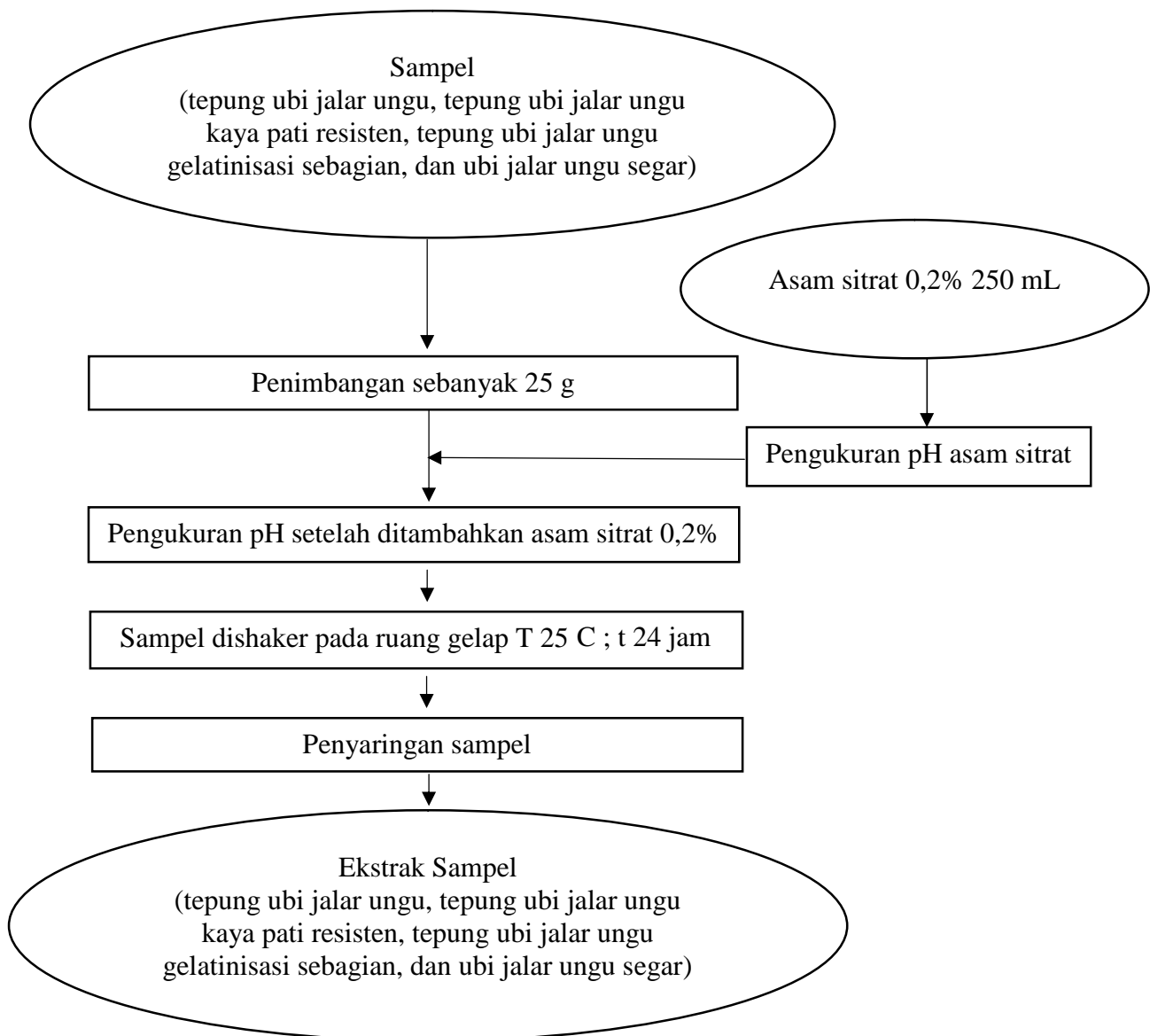


Gambar 8. Proses pembuatan tepung ubi jalar ungu gelatinisasi sebagian dan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten.

Sumber: Nurdjanah dan Yuliana (2013); dan Hidayat *et al.* (2009)

#### 3.4.4. Penyiapan Ekstrak Kasar Sampel

Penyiapan ekstrak masing-masing sampel (tepung ubi jalar ungu, tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten, tepung gelatinisasi sebagian, dan ubi jalar ungu segar) dilakukan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Saona *et al.* (2011). Masing-masing sampel yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 25 g. Selanjutnya ditambahkan larutan asam sitrat 0,2% sampai 250 mL. pH pelarut sebelum dan sesudah penambahan sampel diukur menggunakan pH-meter guna mengetahui perubahan pH pada masing-masing sampel setelah ditambahkan asam sitrat 0,2%. Kemudian sampel dishaker selama 24 jam pada ruang gelap dan suhu ruang. Sampel selanjutnya disaring dengan corong Buchner. Diagram alir penyiapan ekstrak sampel dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses persiapan ekstrak sampel  
Sumber: Aprisia (2017)

### 3.5. Pengamatan

#### 3.5.1 Pengujian Total Fenol

Pengujian total fenol dilakukan dengan metode Ismail (2012) untuk mengetahui seberapa besar kandungan senyawa fenol di dalam ekstrak sampel. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan reagen *Folin Ciocalteu* yang dapat mereduksi senyawa antioksidan. Adanya senyawa fenol ditandai dengan perubahan warna larutan dari hijau (warna reagen *Folin Ciocalteu*) menjadi warna biru akibat telah teroksidasi dan mereduksi senyawa antioksidan. Tahapan analisis total fenol diawali dengan menyiapkan sampel sebanyak 0,2 mL ditambah dengan 0,2 mL akuades dan 0,2 mL reagen *Folin Ciocalteu*, dan kemudian divortex selama 1 menit. Setelah itu, ditambah dengan 4 mL larutan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 2 % dan divortex kembali selama satu menit lalu didiamkan dalam ruang gelap pada suhu kamar selama 30 menit. Setelah itu dibaca absorbansi pada panjang gelombang 760 nm.

Apabila nilai absorbansi tidak terbaca, maka sampel uji terlebih dahulu dilakukan pengenceran dengan pengenceran tingkat 1 (1/10). Selain itu, disiapkan blanko sebanyak 0,2 mL ditambah dengan 0,2 mL akuades dan 0,2 mL reagen *Folin Ciocalteu*, dan kemudian divortex selama 1 menit. Setelah itu, ditambah dengan 4 mL larutan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 2 % dan divortex kembali selama satu menit lalu didiamkan dalam ruang gelap pada suhu kamar selama 30 menit. Setelah itu dibaca absorbansi pada panjang gelombang 760 nm. Kurva standar disiapkan dengan cara menimbang asam galat sebanyak 1mg/100ml.





### 3.5.2 Pengujian Total Antosianin

Pengukuran total kadar antosianin dengan menggunakan metode spektrofotometri dengan perbedaan pH yang dikembangkan oleh Giusti dan Worlstrad (2001) dan Hosseinian *et al.* (2008). Disiapkan 2 tabung reaksi, tabung pertama untuk larutan buffer KCL pH 0,1 dan tabung kedua untuk larutan buffer Na-Asetat pH 4,5. Selanjutnya dimasukkan ekstrak sampel sebanyak 1 mL pada setiap tabung dan diencerkan menggunakan larutan buffer masing-masing sampai volume 10 mL (Faktor pengenceran = 10). Sampai hasil pengenceran masing-masing dilakukan pembacaan absorbansi pada panjang gelombang 500 nm dan 700 nm. Persiapan sampel pada masing-masing larutan buffer dapat dilihat pada Gambar 11. Untuk menentukan nilai absorbansinya digunakan persamaan berikut :

$$A = (A_{\lambda_{vis\ max}} - A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{\lambda_{vis\ max}} - A_{700})_{pH\ 4,5}$$

Konsentrasi antosianin dalam ekstrak dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

Keterangan:

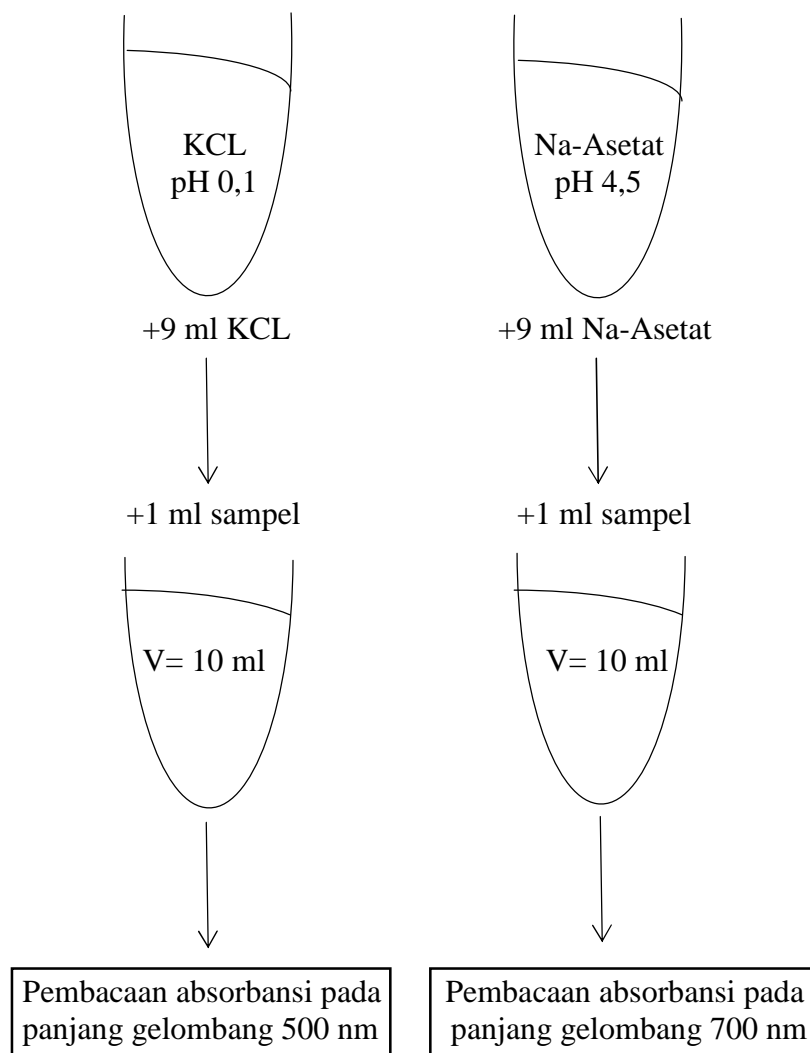
A = Absorbansi

MW = Bobot Molekul Sianidin-3-Glukosida (449)

DF = Dilution Factor (Faktor Pengenceran)

g = Koefisien Ekstingsi Molar Sianidin -3-Glukosida (26.900 L/cm)

I = Tebal Kuvet (1 cm)



Gambar 11. Persiapan sampel pada masing-masing larutan buffer

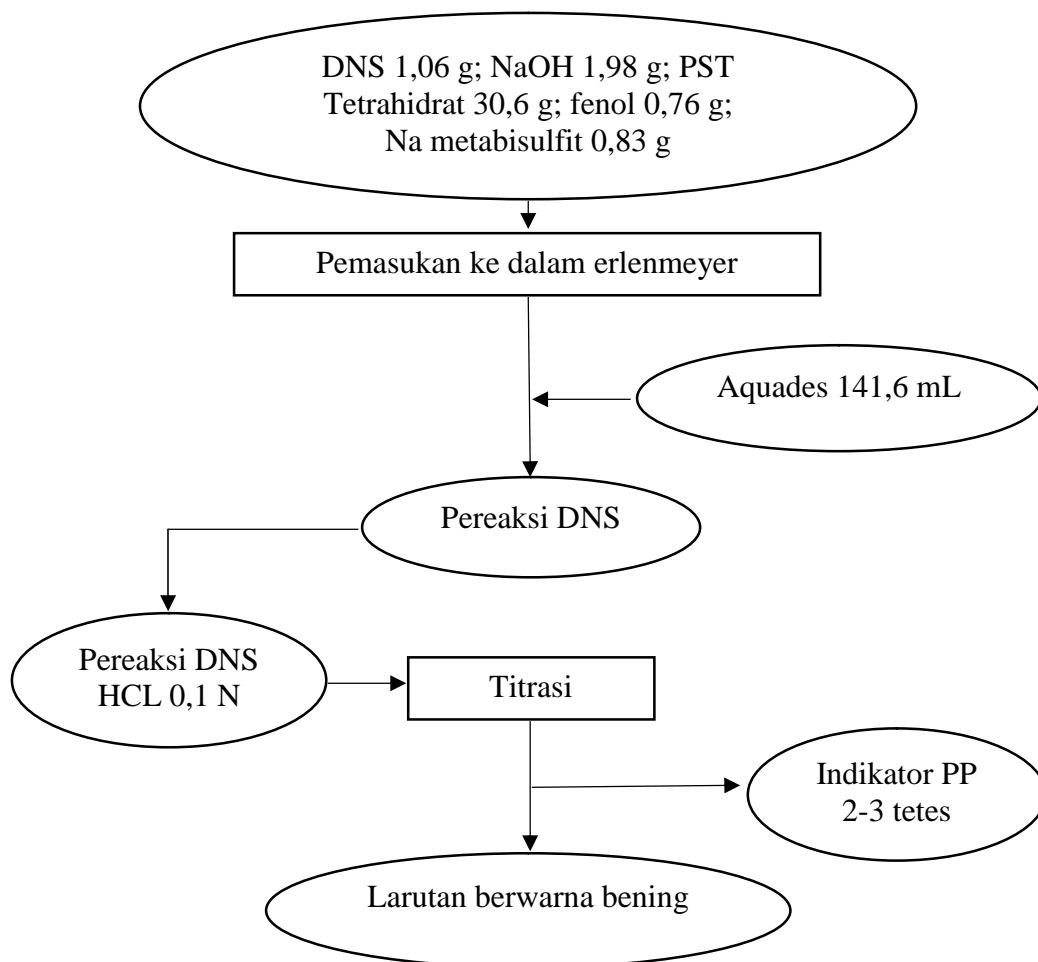
### 3.5.3. Pengujian Penghambatan $\alpha$ -amilase

#### 3.5.3.1. Pembuatan dan Titrasi Pereaksi Dinitro Salisilat (DNS)

Pembuatan pereaksi DNS menggunakan metode Apriyantono *et al.* (1989).

Sebanyak 1,96g dinitro salisilat dan 1,98g NaOH, 3,06g K.N. TartratTetrahidrat, 0,0076g fenol dan 0,83g Na-metabisulfit ditimbang lalu dimasukkan ke dalam 141,6 mL akuades. Kemudian titrasi 3 mL pereaksi DNS dengan HCl 0,1N dan ditambahkan 2-3 tetes indikator pp sampai berubah warna menjadi bening.

Diagram alir pembuatan pereaksi dinitrosalisilat dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram alir pembuatan pereaksi dinitro salisilat (DNS)  
Sumber: Apriyantono *et al.*(1989)

### 3.5.3.3. Penentuan Persentase Penghambatan $\alpha$ -amilase

Penentuan penghambatan enzim  $\alpha$ -amilase menggunakan metode Bernfeld (1959) yang telah dimodifikasi. Dimasukkan sampel sebanyak 50 $\mu$ l, lalu enzim  $\alpha$ -amilase yang telah dilarutkan dengan buffer fosfat 6,9 dimasukkan kedalam tabung reaksi sebanyak 80 $\mu$ l (4 unit/ml), setelah itu, ditambahkan pati 0,2% yang juga telah dilarutkan dengan buffer fosfat 6,9 sebanyak 1,1 mL, campuran tersebut dihomogenkan lalu diinkubasi selama 15 menit pada suhu 37°C. Ditambahkan 1,2 mL pereaksi DNS, diinkubasi selama 7 menit pada suhu 85°C, lalu dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Persiapan sampel untuk pembacaan absorbansi pada spektrofotometri dapat dilihat pada Gambar 13 dan diagram alir proses penentuan penghambatan  $\alpha$ -amilase dapat dilihat pada Gambar 14. Persentase penghambatan  $\alpha$ -amilase dihitung menggunakan rumus

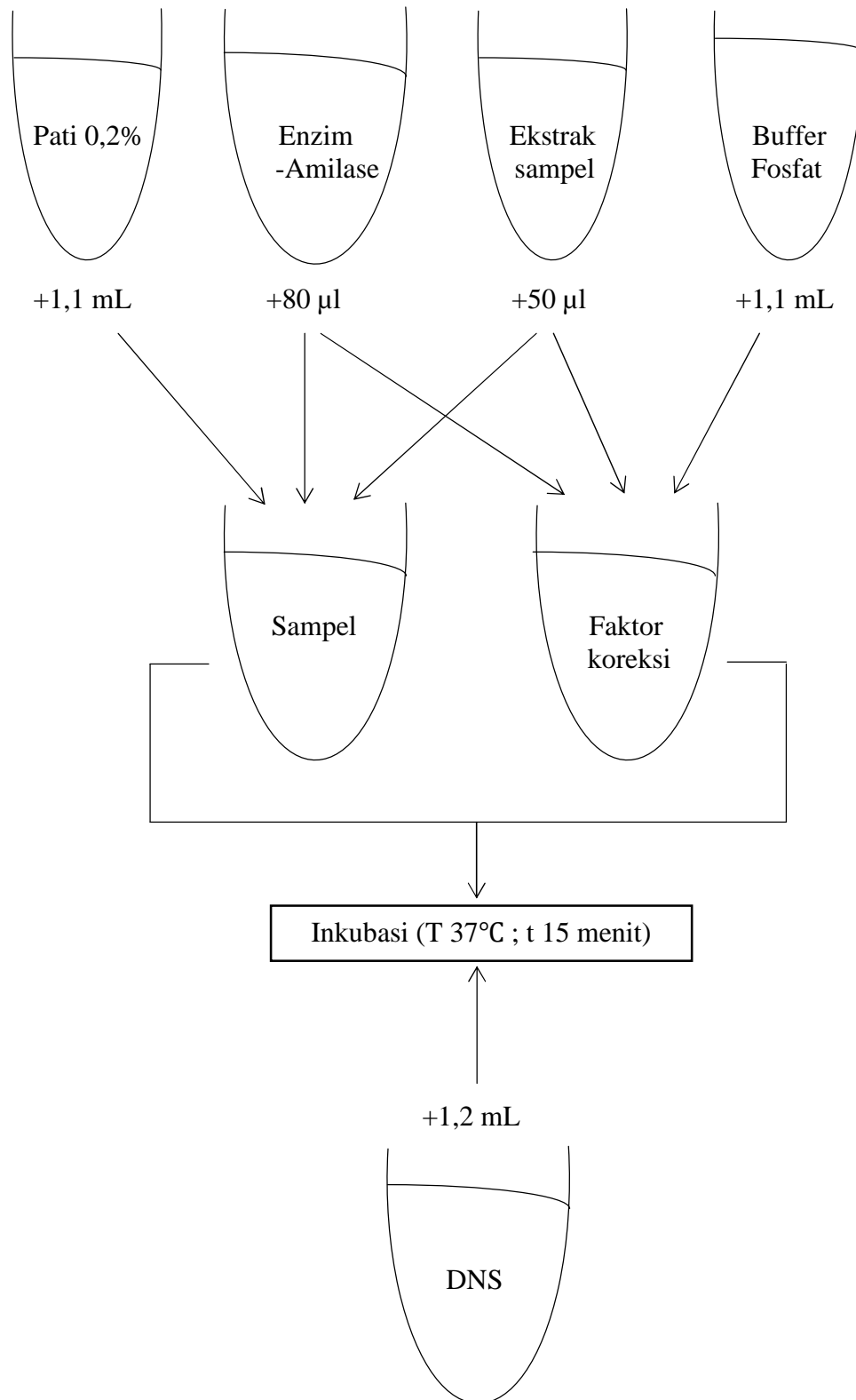
$$\text{Inhibition (\%)} = 100 - \frac{\text{Abs C} - (\text{Abs S} - \text{Abs B})}{\text{Abs C}} \times 100 \text{ (Moein, 2017).}$$

Keterangan:

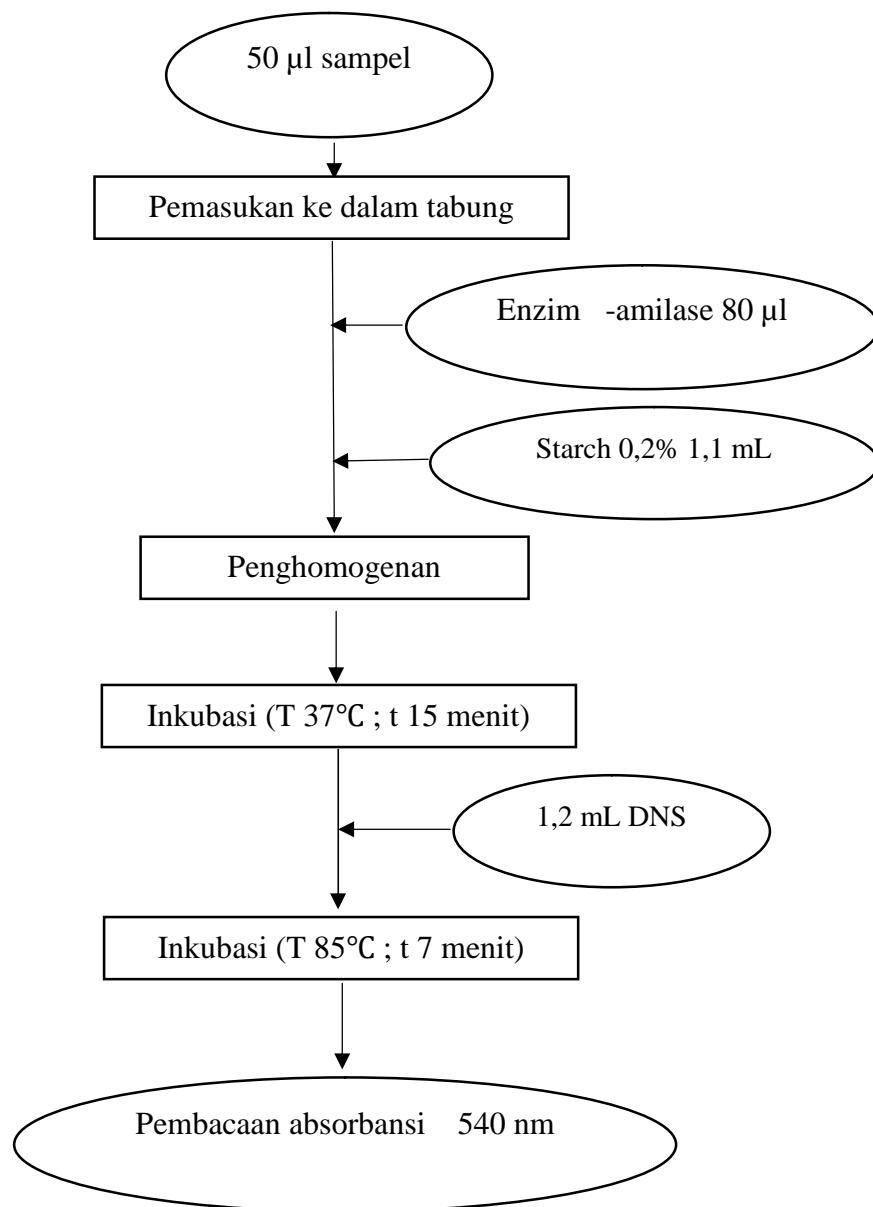
Abs C = Absorbansi Control

Abs S = Absorbansi Sampel

Abs B = Absorbansi Blanko



Gambar 13. Persiapan sampel dan blanko untuk pembacaan absorbansi



Gambar 14. Diagram alir penentuan penghambatan  $\alpha$ -amilase  
Sumber: Moein *et al.* (2017)

## V. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Teknik modifikasi tepung secara fisik berpengaruh sangat nyata terhadap total senyawa fenol, total senyawa antosianin, dan penghambatan aktivitas enzim -amilase.
2. Tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten (TP) merupakan perlakuan modifikasi tepung ubi jalar ungu secara fisik yang memiliki penghambatan aktivitas enzim -amilase tertinggi sebesar 41,98%.

### 5.2. Saran

Perlu dilakukan uji penghambatan aktivitas enzim -amilase secara *in vivo* untuk membuktikan bahwa tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten dapat menghambat enzim -amilase secara optimal sehingga dapat digunakan sebagai rujukan diet bagi penderita Diabetes Millitus dalam mengatasi hiperglikemia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, D.H. 2012. Asupan Zat Gizi Makro, Serat, Indeks Glikemik Pangan Hubungannya dengan Persen Lemak Tubuh pada Polisi Laki-Laki Kabupaten Purworejo. (Skripsi). Universitas Indonesia, Jakarta.
- Almatsier, S. 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Aprisia, D. 2017. Uji Penghambatan Aktivitas Alfa-Glukosidase Menggunakan Antosianin Ubi Jalar Ungu dan Produk Olahannya yang dieksrak Menggunakan Larutan Asam. (Skripsi). Universitas Lampung, Lampung.
- Apriyantono, A., Fardias, D., Puspitasari, N.L., dan Budiyanto, S. 1989. *Analisis Pangan*. IPB. Bogor. Hal:51.
- Asp, N.G, and Bjork, I. 1992. *Resistant Starch: Review in Trends in Food Science and Technology 3*. Elsevier. London
- Bakara, T.L. 2017. Uji Mutu Fisik dan Mutu Kimia Kue Nagasari dari Tepung Ubi Jalar Ungu sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Wahana Inovasi*. 6:44-55.
- Bappenas. 2015. Produksi Ubi Jalar Menurut Provinsi (ton) 1993-2015. <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/883>. Diakses pada tanggal 5 November 2018.
- Bosenberg, L. H. 2008. The Mechanism of Action of Oral Antidiabetic Drugs. A Review of Recent Literature. *The Journal of Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa*. 13(3):80-88.
- Bowo, A. 2016. Modifikasi Pati Tapioka secara Cross-Linking dengan Menggunakan Natrium Asetat. (Skripsi). Universitas Lampung, Lampung.
- Bridgewater, A.V. 1999. Principles and Practice of Biomass Fast Pyrolysis Processes of Liquid. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 51(1):3-22



- Budiasih, W. 2011. Penghambat -Amilase: Jenis, Sumber, dan Potensi Pemanfaatannya dalam Kesehatan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 22(2):197-201.
- Cai, Y. and Corke, H. 1999. Amarthus Betacyanin Pigment Applied in Model Food System. *Journal of Food Science*. 6:1248-1252.
- Cavallerano, J. 2009. Praktek Pedoman Klinis Pasien dengan Diabetes Mellitus. *ADA Klinis*. 3:2-7.
- Champe, P.C., Harvey, R.A., and Ferrier, D.R. 2005. *Lippincott's Illustrated reviews: Biochemistry*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Chang, C.H., Lin, H.Y., Chang, C.Y., and Liu, Y.C. 2006. Comparisons on The Antioxidant Properties of Fresh, Freeze-Dried and Hot-Air-Dried Tomatoes. *Journal of Food*. 77(3):478-485.
- Damardjati, D.S. dan Widowati, S. 1994. Pemanfaatan Ubijalar dalam Program Diversifikasi Guna Mensukseskan Swasembada Pangan. *Edisi Khusus Balittan Malang*. 3:1-25.
- Darmajana, D.A., Agustina, W., dan Wartika. 2008. Pengaruh Konsentrasi Enzim -Amilase Terhadap Sifat Fisik dan Organoleptik Filtrat Bubur Buah Pisang (Bahan Pembuatan Tepung Pisang Instan). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*, Lampung. Hal:44
- Dharmawan, I.P.G. 2009. Pengaruh Kopigmentasi Pewarna Alami Antosianin dari Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan Brazileindari Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.) terhadap Stabilitas Warna pada Model Minuman Ringan. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan. 2002. Budidaya Aneka Kacang dan Umbi. <http://www.tanamanpangan.deptan.go.id/akabi>. Diakses pada tanggal 13 November, 2017.
- Elmaniar, R. dan Muhtadi. 2017. Aktivitas Penghambatan Enzim -Glukosidase Oleh Ekstrak Etanol Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas* L). *The 5<sup>th</sup> Urecol Proceeding*. 745-751.
- Fernanda L.L., Mirtes, S., Rene, B., and Denise, V.D.M. 2009. Understanding the Glycemic Index and Glycemic Load and Their Practical Application. *BAMBED*. 37:296-300.
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J.S. 1992. *Organic Chemistry*. Third Edition. Brooks/Cole Publishing Inc. New York.

- Franco, C.M.L., Preto, S.J., Ciacco, C.F., and Travares, D.O. 1986. Studies on The Susceptibility of Granular Cassava and Corn Starches to Enzymatic Attack. *Journal of Starch Study*. 40(2):29-32.
- Furuta, S., Suda, I., and Oki, T. 1998. High *tert*-butylperoxyl Radical Scavenging Activities of Sweet Potato Cultivars with Purple Flesh. *Food Science Technology*. 4:33-35.
- Ganiswarna, S. 1995. *Farmakologi dan Terapi*. Edisi IV. Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ginting, E., Jusuf, M., Rahayuningsih, A., Widodo, Y., Ratnaningsih, A., Krisnawati, dan Suprpto. 2006. Pemanfaatan Ubi Jalar Kaya Antosianin dan Betakaroten. *Laporan Teknis Penelitian APBN No: E.5/ROPP/APBN/2006*. Balitkabi Malang. 38p.
- Giusti, M.M. dan Wrolstad, R.E. 2001. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Journal of Current Protocols in Food Analytical*. Wiley-Interscience. New York. 2-13.
- Giusti, M.M and Wrolstad, R.E. 2003. Acylated Anthocyanin from Edibles Source and Their Application in Food System. *Journal of Biochemical Engenering*. 14:217-225.
- Hadriyono, K.R.P. 2011. Karakter Kulit Manggis, Kadar Polifenol dan Potensi Antioksidan Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Pada Berbagai Umur Buah dan Setelah Buah Dipanen. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Haralampu, S.G. 2000. Resistant Starch—a Review of The Physical Properties and Biological Impact of Resistant Starch. *Journal of Carbohydrate Polymers*. 41(1): 285-292.
- Harnowo, D., Antarlina, S.S., dan Mahagyosuko, H. 1994. Pengolahan Ubi Jalar Guna Mendukung Diversifikasi Pangan dan Agroindustri. *Jurnal Teknologi Pangan*. 4:145–157.
- Hasim, A. dan Yusuf, M. 2008. *Ubi Jalar Kaya Antosianin Pilihan Pangan Sehat*. Sinar Tani, Jakarta.
- Hassanuddin, A. dan Wargiono, J. 2003. Research Priorities for Sweet Potato in Indonesia. *Proceeding of CIP-Indonesia Research Revised Workshop*. Hlm 15-19.
- Hattenschwiller, S and Vitousek, P.M. 2000. The Role of Polyphenols Interrestrial Ecosystem Nutrient Cycling. Review PII: S0169-534(00).

- Hernanto, J. 2014. Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi Secara Fisik Pada Berbagai Tahap Pemanasan. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung
- Hidayat, B., Kalsum, N., dan Surfiana. 2009. Karakterisasi Tepung Ubi Kayu Modifikasi yang Diproses Menggunakan Metode Prigelatinisasi Parsial. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 14(2):148-159.
- Hoffman, M.R., Martin, S.T., Choi, W., and Bahneman, D.W. 1997. Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis. *Journal of Chemical*. 10(2):69-96.
- Hong, K.H. dan Koh, E. 2015. Effects of Cooking Methods on Anthocyanins and Total Phenolics in Purple-Fleshed Sweet Potato. *Journal of Food Processing and Preservation*. 13(3):1-10.
- Hosseinian, F.S., Li, W., and Beta, T. 2008. Measurement of Anthocyanin and Other Phytochemical in Purple Wheat. *Journal of Food Chemistry*. 109(2):916-924.
- Huang, L., Li, D.Y., Wang, S.X., Zhang, S.M., Chen, J.H., and Wu, X.F. 2005. Cloning and Identification of Methionine Synthase Gene from *Pichia pastoris*. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. 37(6):371-378.
- Husna, N.E. 2013. Kandungan Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Ubi Jalar Ungu Segar dan Produk Olahannya. *Jurnal Agritech*. 33(2):296-302
- Ismail, J., Runtuwene, M.R.J, dan Fatimah, F. 2012. Penentuan Total Fenolik dan Uji Aktivitas Antioksidan pada Biji dan Kulit Buah Pinang Yaki (*Arecavestiararia Giseke*). *Jurnal Ilmiah Sains*. 12(2):84-88.
- Jackman, R. L. and Smith, J.L. 1996. *Anthocyanins and Betalains*. In: Hendry, G.A. F. and Houghton, J.D. Natural Food Colorants. 2<sup>nd</sup> Edition. Chapman and Hall, London.
- Jawi, I.M. dan Budiasa, K. 2011. Ekstrak Air Ubi Jalar Ungu Menurunkan Total Kolesterol serta Meningkatkan Total Antioksidan Darah Kelinci. *Jurnal Veteriner*. 12(2):120-125.
- Jayanti, R.T. 2011. Pengaruh pH, Suhu Hidrolisis Enzim -Amilase dan Konsentrasi Ragi Roti untuk Produksi Etanol menggunakan Pati Bekatul. (Skripsi). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Jenkins D.J.A., Wolever, T.M.S., Taylor, R.H., Fielden, H., and Baldwin, J.M. 1981. Glycemic Index of Foods : a Physiological Basis for Carbohydrate Exchange. *American Society for Clinical Nutrition*. 13(4):362-366.

- Jenkins, D.J.A. 2002. Glycemic Index: Over View of Implication in Health and Disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 76:66-273.
- Judge, N. and Svensson, B. 2006. Review Proteinaceous Inhibitor of Carbohydrate Active Enzymes in Cereals: Implication in Agriculture, Cereal Process, and Nutrition. *Journal of Food Agricultural*. 22:42-51.
- Kano, M., Takayanagi, T., Harada, K., Makino, K., and Ishikawa, F. 2005. Antioxidative activity of Anthocyanins from Purple Sweet Potato (*Ipomea batatas* L.) Cultivar Ayamurasaki. *Journal of Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 69(5):979-988.
- Kotowaro, M.I., Mahomoodally, M.F., Gurib, F.A., and Subratty, A.H. 2006. Screening of Traditional Antidiabetic Medicinal Plants of Mauritius for Possible  $\alpha$ -Amylase Inhibitory Effect in Vitro. *Journal of Medicine and Science*. 20:228-231.
- Kumalaningsih, S. 2006. *Antioksidan Alami*. Trubus Agrisarana. Surabaya.
- Kunamneni, A., Permaul, K., and Singh, S. 2005. Amylase Production in Solid State Fermentation by The thermophilic Fungus *Thermomyces Lanuginosus*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 10:(2)168-171
- Lehninger, A.L. 1988. *Dasar-Dasar Biokimia Jilid I*. Erlangga, Jakarta.
- Lingga, P., Sarwono, B., Rahardi, I., Rahardjo, P.C., Afriastini, J., Wudianto, R., dan Apriadi, W. 1986. *Bertanam Ubi-umbian*. PT Penebar Swadaya, Jakarta.
- Limbong, S.M. 2016. Kajian Pengaruh Pemberian Tepung Ubi Jalar Ungu Berkadar Pati Resisten Tinggi Terhadap Kadar Gula Darah, Berat Badan, Berat Feses dan Histologi Pankreas Mencit. (Skripsi). Universitas Lampung, Lampung.
- Liyana-Pathirana, C.M and Shahidi, F. 2005. Antioxidant Activity of Commercial Soft and Hard Wheat (*Triticum Aestivum* L.) as Affected by Gastric pH Conditions. *Journal of Agricultural Food Chemical*. 53(7):24-33
- Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Soobrattee, M.A., and Aruom, O.I. 2002. Antioxidant Activities of Phenolic, Proanthocyanidin, and Flavonoid Components in Extracts of *Cassia fistula*. *Journal of Agricultural Food Chemical*. 50(18):5042-5047.
- Madhavi D.L., Deshpande, S.S., and Salunkhe, D.K. 1996. Food Antioxidants, Technological, Toxicological, and Health Perspectives. Marcel Dekker, New York.

- Manik, V.M. 2017. Kajian Respon Glikemik Beberapa Produk Olahan Ubi Jalar Ungu. (Skripsi). Universitas Lampung, Lampung.
- Markakis, P. 1982. *Anthocyanin as Food Colors*. Academic Press, New York.
- Mateus, N. and Freitas, V.D. 2009. *Anthocyanins as Food Colorants*. Springer Science Business Media. LLC, Porto.
- McCready, R.M. 1970. *Starch and Dextrin in Method in Food Analysis* (M.A Joslyn, ed). Academic Press, New York.
- Moein, S., Pimoradloo, E., Moein, M., and Vessal, M. 2017. Evaluation of Antioxidant Potentials and  $\alpha$ -Amylase Inhibition of Different Fractions of Labiatae Plants Extracts: As a Model of Antidiabetic Compounds Properties. *Biomedical Research International*. 3(2):11-34.
- Moo-Young, M. 1985. *Comprehensive Biotechnology*. Volume 14. Pergamon Press, New York.
- Muchtadi, T.R. dan Sugiono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Tinggi Pusat antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Naim, I.R. 2016. Kajian Substitusi Tepung Terigu dan Tepung Ubi Jalar Ungu Berdasarkan Pati Resisten Tinggi terhadap Kualitas Muffin. (Skripsi). Universitas Lampung, Lampung.
- Nair, I.C. 2008. Biodegradation of Phenol. *African Journal of Biotechnology*. 7(25):4951-4958.
- Ningsih, N.Y. 2015. Pengaruh Lama Pendinginan Terhadap Kandungan Pati Resisten Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Nollet, L.M.L. 1996. *Handbook of Food Analysis: Physical Characterization and Nutrient Analysis*. Marcell Dekker Inc, New York.
- Nurdjanah, S. dan Yuliana, N. 2013. Produksi Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi secara Fisik Menggunakan Rotary Drum Dryer. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun Pertama*. Universitas Lampung, Lampung.
- Nurdjanah, S., Yuliana, N., Astuti, S., Hernanto, J., dan Zukryandry, Z. 2017. Physico Chemical, Antioxidant, dan Pasting Properties of Pre-heated Purple Sweet Potato Flour. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 5(4):140-146.

- Oki, T., Furuta, S., and Suda, I. 2002. Involvement of Anthocyanins and Other Phenolic Compounds in Radical-Scavenging Activity of Purple-Fleshed Sweet Potato Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemicals*. 67:1752-1756.
- Ovando, A.C., Hernández, M.P., Rodríguez, J.A., and Vidal, C.A.G. 2009. Chemical Studies of Anthocyanins. *Journal of Food Chemistry*. 113:859–871.
- Palamidis, N. and Markakis, T. 1975. Structure of Anthocyanin. *Journal of Food Science*. 40(1):1047.
- Pomeranz Y. 1991. *Functional Properties of Food Components*. Academic Press, San Diego.
- Price, A dan McCarty, L. 2006. *Patofisiologi : Konsep Klinis Proses-proses Penyakit*. Edisi 6. Diterjemahkan oleh Peter Anugrah. EGC, Jakarta.
- Pujimulyani, D., Raharjo, S., Marsono, Y., dan Santoso, U. 2010. Aktivitas Aantioksidan dan Kadar Senyawa Fenolik pada Kunir Putih (*Curcuma mangga Val.*) Segar dan setelah Blanching. *Agritech Journal*. 30(2):68-74.
- Qadeer dan Rehan. 1998. *Proses Pengolahan Minyak Bumi*. Wacana Prima. Bandung
- Raja, M. K. C. and Shindu, P. 2000. Properties of Starch Treated Arrowroot (*Marantha arundinacea*L) Starch. *Starch Journal*. 52(1):471-476.
- Rimbawan dan Siagian, A. 2004. *Indeks Glikemik Pangan: Cara Mudah Memilih Pangan yang Menyehatkan*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rein, M.J. and Heinonen, M. 2004. Stability and Enhancement of Berry Juice Colour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(10):3106-3113.
- Robards, K., Prenzler, P., Tucker, D., Swatsitang, G., and Glover, W. 1999. Phenolic Compounds and Their Role in Oxidative Process in Fruits. *Journal of Food Chemicals*. 66(2):401-436
- Rukmana, R. 1997. *Ubi Jalar Budidaya dan Pascapanen*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sajilata, M. G., Singhal, R.S., and Khulkarni, P.R. 2006. Resistant Starch-A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5(1):4-15.

- Saona, E., Luis, R., and Wrolstad, R.E. 2001. *Extraction, Isolation, and Purification of Anthocyanins*. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley & Sons, Inc.
- Sastroharmidjojo, H. 2005. *Kimia Dasar*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shi, Z., Minn, L., and Farancis, F.J. 1992. Stability of Anthocyanins from *Tradescania Pallida*. *Journal of Food and Science*. 57(3):758-771.
- Siregar, Y.D. dan Nurlela. 2011. Ekstraksi dan Uji Stabilitas Zat Warna Alami dari Bunga Kembang Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) dan Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.). Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Sivaramakrishnan, S., Dhanya, G., Kesavan, M.N., Carlos, R.S., and Ashok, P. 2006. -Amylases from Microbial Sources. *Journal of Food Technology and Biotechnology*. 44(2):173–184.
- Smith P.S. 1982. *Starch Derivatives and Their Use in Foods in Food Carbohydrates*. Lineback, D.R., and G.E. Inglet (ed). Wesport, Publ. Co. Inc, Connecticut.
- Strelow, J., Dewe, W., Iversen, P., Brooks, W., H. Radding, H.B., McGee, J.A., and Weidner, J. 2012. *Mechanism of Action Assays for Enzymes*. In J. McGee and J. Weidner (Ed). Assay Guidance Manual.
- Suda, I., Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., and Furuta, S. 2003. Review: Physiological Functionality of Purple-fleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanins and Their Utilization in Food. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 37:167-173.
- Sulastri, Erlidawati, Syahrial, Nazar, M., dan Andayani, T. 2013. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Hasil Budidaya Daerah Saree Aceh Besar. *Jurnal Rekayasa dan Lingkungan*. 9(3):125-130.
- Suprpti, M.L. 2003. *Tepung Ubi Jalar Ungu: Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Kanisius. Yogyakarta.
- Swinkels, J.J.M. 1985. *Sources of Starch, It's Chemistry and Physics In Starch Conversion Technology*. Van Beynum G.M.A., and A. Roels (ed). Marcel Dekker, New York.
- Tensiska, E., Sukarminah, dan Natalia, D. 2006. Ekstraksi Pewarna Alami dari Buah Arben (*Rubus Idaeus* L.) dan Aplikasinya pada Sistem Pangan. *Journal of Food Chemicals*. 3(4)56-78.

- Terahara, N., Honda, T., Hayashi, M., dan Ishimaru, K. 2004. New Anthocyanins from Purple Pods of Pea. *Journal Bioscience, Biotechnol, and Biochemichal*. 64(12):2569-2574.
- Uritani, I. 1982. *Postharvest Physiology and Pathology of Sweet Potato from The Biochemical View Point In Sweet Potato: Proceeding of The First International Simposium*. Villareal,R.L. and T.D. Shanhua, Tainan, Taiwan, China. Hal. 421-428.
- Vatai, T., Knez, Z., and Skerget, M. 2009. Extraction of Phenolic Compounds from Elder Berry and Different Grape Marc Varieties Organic Solvents and/or Supercritical Carbon Dioxide. *Journal of Food Engineering*. 90(2):246-254
- Wahyuantari, B. 2011. Penghambat -Amilase: Jenis, Sumber, dan Potensi Pemanfaatannya dalam Kesehatan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 22:197-201.
- Wahyuni. 2015. *Pengujian Aktivitas Enzim -Amilase*. Research Gate Publication. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Widiati, H.A. 2010. Karakterisasi Plasma Nutfah Ubi Jalar Berdaging Umbi Predominan Ungu. *Buletin Plasma Nutfah*. 16(2):85-89.
- Widodo, Y. 1989. Prospek dan Strategi Pengembangan Ubi Jalar sebagai Sumber Devisa. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 8(4):83-88.
- Widjanarko, S. 2008. Efek Pengolahan terhadap Komposisi dan Fisik Ubi JalarUngu dan Kuning. <http://www.simonwidjanarko.wordpress.com/2008/06/19/efek-pengolahan-terhadap-komposisi-kimia-fisik-ubi-jalar-ungudan-kuning/>. Diakses pada tanggal 12 November 2017.
- Winarno, FG. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia. Jakarta
- Woolfe, J.A. 1999. *Sweet Potato an Untapped Food Resource*. Chapman and Hall, New York.
- Wrolstad, R.E., Durst, R.W., and Lee. J. 2005. Tracking Color and Pigment Changes in Anthocyanin Products. *Journal Trends in Food Science and Technology*. 16(1):433-428.
- Yahya, J.A. 2010. *Kajian Pemanfaatan Tepung Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L.) dalam Pembuatan Spreads Ubi Jalar*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.